

## 국내 양돈장의 차단방역 수준 평가 및 돼지썩코바이러스 2형 감염의 위험요인에 관한 연구

최성현 · 박선일<sup>1</sup>

강원대학교 수의과대학 및 동물의학종합연구소

(Accepted: August 24, 2015)

### Assessing Biosecurity Practices on Commercial Pig Farms across Korea and Risk Factors for Porcine Circovirus Type 2 Infection

Sung-Hyun Choi and Son-II Pak<sup>1</sup>

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

**Abstract :** The primary aim of this study was to investigate biosecurity practices in pig farms and to determine the major risk factors associated with PCV2 infection for a sampled swine population in Korea. To this end, we analyzed data from a cross-sectional study of 296 farrow-to-finish farms, which was conducted between March and September 2014 to explore the prevalence of swine disease at farm level. Face-to-face interviews by on-site visit of trained veterinarians were conducted with the farm owners or managers using a standardized questionnaires with information about basic demographical data and management practices. Farms were classified as negative or positive through the use of infection profiles that combined data on serological testing including PCR antigen test result, antibody titer and sero-conversion pattern at each age category taking into account vaccination status. Data were analyzed using multivariate ordinal logistic regression. Results from this study indicated that biosecurity level of the farms was considered not good given low compliance of the biosecurity programs and facilities in the farm: off-site removal of dead stocks (7%), off-site location of storage facility for incoming feeds (12.6%), off-site pick-up location for finishers (19.3%), restrictions on feed supplier vehicles for farm entrance (19.6%), restriction of finisher trucks entering the farm (22.4%), and restriction on manure disposal trucks entering the farm (26.4%). In the final model (n=255), allowance of finisher truck driver to the pig unit had increased risk of infection (OR = 2.4, 95% CI 1.22-4.67) whereas farms with a sign forbidding the entrance had decreased risk of infection (OR = 0.19, 95% CI 0.10-0.58). Further comprehensive research with larger sample size is required to better understand the multifactorial characteristic that some predisposing risk factors that were not available in this study. To the best knowledge of the authors, this was the first study to use empirical data to report risk factors associated with PCV2 infection in the Korean pig farms. Results from the current study could be used to decide optimal biosecurity measures to reduce the impact of PCV2 infection to farmers and policy makers.

**Key words :** porcine circovirus type 2, biosecurity, risk factor.

## 서 론

돼지 썩코바이러스(Porcine circovirus, PCV)는 1974년 Tischer 등(28)이 보고한 돼지 신장세포주(PK-15)에서 유래된 비병원성 바이러스인 PCV1(PCV type 1)과 1997년 최초로 분리된 병원성 바이러스인 PCV2(PCV type 2)로 구분되며 (11), 이후 PCV2는 이유자돈 전신소모증후군(postweaning multisystemic wasting syndrome, PMWS)과 관련이 있는 것으로 확인되었다(3,4,7,8,10,28). PCV2에 감염된 돼지는 발육 지연, 체중감소, 림프절 종대 등 임상증상과 육안 병변은 비 특이적이거나 현미경적으로는 림프절, 편도, 비장 등 림프조직

의 육아종성 염증과 간, 신장 및 기타 장기의 병변 등을 특징으로 한다(7,11,25,33). 폐사율은 일령에 따라 차이가 있어 약 2-30% 수준으로 알려져 있으며, 발생 사례에 따라 70-80%로 매우 높은 수준을 보이기도 한다(16,20,27).

PCV2는 PMWS의 중요한 원인체이지만 PCV2 단독에 실험적으로 감염된 돼지에서는 산발적인 PMWS가 발현되지만 (2) 돼지 파코바이러스(porcine parvovirus, PPV)(2,14), 돼지 생식기호흡기증후군 바이러스(porcine reproductive and respiratory syndrome virus, PRRSV)(9,13,26), *Mycoplasma hyopneumonia*(21) 등의 병원체에 복합적으로 감염된 경우에는 보다 중증의 병변을 유발하며, 자연적으로 감염된 돼지에서 관찰되는 증상과 유사한 소견을 보이는 것으로 보고되어 PCV2는 PMWS의 필요조건이지만 임상증상을 자극하는 충분조건은 아닌 것으로 알려져 있다. 또한 우리나라를 비롯한

<sup>1</sup>Corresponding author.  
E-mail : paksi@kangwon.ac.kr

많은 국가의 양돈장에 PCV2 감염이 상재해 있다는 점에서 PCV2에 감염된 돼지가 PMWS 증상을 발현하기 위해서는 복합적 요인이 관여하는 다요인성 질병(multifactorial)으로 인정되는 특성이 있어(4,9,16) 바이러스 분리나 항체 검사 단독만으로는 PMWS 진단과 관리방법을 어렵게 하고 있다(22).

국내에서는 PMWS(17)와 PCV2(6)가 1999년과 2000년에 처음으로 보고된 이래 국내 양돈장에서 PCV2 감염이 지속적으로 발생하고 있으며, 이에 따라 정부에서는 돼지 소모성 질환의 발생을 억제하기 위하여 2005년부터 돼지소모성질환 지도지원사업과 2009년에는 PCV2 백신접종 비용 지원 사업을 추진하고 있다. PMWS가 다요인성 질병이라는 특성은 병원체뿐만 아니라 숙주와 환경의 복합적 요인들이 상호 연관되어 발생한다는 것을 의미하기 때문에 이러한 역학적 연관고리를 차단할 수 있는 개별 농장 단위의 차단방역(biosecurity) 수준을 향상시키지 않은 상태에서는 정책의 실효성을 기대하기 어렵다. 이러한 측면에서 선진국에서는 농장내부로 질병이 유입되고 농장외부로 질병이 확산되는 경로를 차단하기 위한 근본적인 대안으로 차단방역 수준의 중요성에 대한 교육과 홍보를 강화하고 있고 PMWS 감염과 관련된 위험요인에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다(16,19,23,32,33,34). 국내 연구에서도 PRRSV 감염은 PCV2 감염의 주요 위험요인으로 보고된바 있으며(18), 2000년 이후 PCV2 감염이 지속적으로 증가하고 있지만(13) 국내 양돈장에서의 위험요인에 관한 광범위한 연구는 수행된바 없다. 따라서 본 연구에서는 국내 양돈장을 대상으로 PCV2 감염의 위험요인을 분석한 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 자료

본 연구에서는 농림축산식품부의 돼지소모성질병지도지원사업 정책에 의거하여 2014년 3월부터 9월까지 전국 344개 표본 양돈장에 대한 질병 실태조사를 통하여 수집된 자료 중 종돈장과 AI센터를 제외하고 설문항목에 대한 분석이 가능하고 혈액검사 결과가 제공된 296건의 농가 자료에 대하여 차단방역 이행수준을 평가하였다. 차단방역 수준을 평가하기 위한 설문조사표는 농장 환경 및 차단방역 시설, 농장 방문객 및 출입차량 관리, 외부 도입돈 및 사료관리, 농장 및 돈사관리, 농장 질병관리 및 예방, 농장 관련 정보 등으로 구성되어 있으며, 모든 자료는 농림축산식품부와 방문조사 계약을 체결한 양돈 전문 수의사가 농장을 직접 방문하여 면접조사로 수집되었다.

### 통계분석

농장의 감염상황은 PCV2의 특이유전자인 ORF2 유전자 검출용 PCV2 ORF2 PCR 항원검사(메디안디노스틱, 한국)와 VDPo PCV2 NC Ab ELISA 항체검사(메디안디노스틱, 한국) 결과에 근거하여 항원 양성 여부, 항체역가 변화 양상, 돼지 일령별 혈청양전 패턴, 백신접종 상황 등을 종합하여 255개 농가의 자료를 1-5형의 감염유형(profile)으로 분류하였다. 모돈군과 자돈군 모두 항원 음성이면서 모돈군에서는 낮은 항체역가 수준을 보이며 자돈군에서 항체 양전이 없는 경

우를 profile 1로 분류하였으며, 모돈군에서 항원 음성이고 항체역가 균일한 양성으로 보이며, 자돈군의 경우 이유자돈 이후의 일령에서 항체가 양전되며 이후 항체 역가가 지속적으로 하강하거나 변화가 없는 경우를 profile 2로 분류하였다. 본 연구에서는 profile 1-2를 비감염농장(negative, n = 113), 기타 3-5유형을 감염농장(positive, n = 142)으로 분류하였다. 위험요인 분석을 위하여 회귀계수  $\beta_0$ 와  $\beta_n$ , 독립변수  $X$ 로 이루어진 로지스틱 회귀모형(logistic regression model)은 다음과 같다.

$$P(Y = 1|X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$

로지스틱 회귀분석을 이용한 단변량 분석(univariate analysis)에서 유의수준(P-value)이 0.25 보다 작은 변수를 선정하여 최종 다변량 분석(multivariate analysis)에 투입하였으며(30), 각 범주의 교차비(odds ratio, OR)를 계산하였다. 최종모형은 단계적투입법(stepwise)을 이용하였으며, 유의성은 Wald 통계량  $p < 0.05$ 에서 판정하였다. 분석결과 해석의 용이성을 고려하여 상호작용 효과(interaction effect)는 고려하지 않았으며, 최종모형의 적합도(goodness-of-fit)는 Hosmer-Lemeshow 적합성 검정으로 평가하였다(12). 모든 자료는 통계패키지 SAS(version 9.3, SAS Institute, Cary, NC)를 사용하여 분석하였다.

## 결 과

296개 농장의 차단방역 수준을 분석한 결과 농장외부에서 폐사체 관리(7%), 지대사료 반입창고가 농장외부에 설치된 경우(12.6%), 농장외부에 출하대 위치(19.3%), 사료운반차량의 농장내부 진입 금지(19.6%), 출하차량의 농장내부 출입금지(22.4%), 분뇨처리차량의 농장내부 진입 금지(26.4%) 등 양돈장의 차단방역 관련 시설과 농장에서의 이행 수준이 전반적으로 낮은 것으로 나타났다(Table 1). 위험요인 분석이 가능한 255건의 자료에 대한 단변량 분석에서 유의한 17개 변수(Table 2)에 대한 최종 다변량 모형에서 출하차량기사가 돈사 내부로 출입하는 것을 통제하지 않는 경우 감염의 위험이 2.4배 증가하고(OR = 2.39, 95% CI 1.22-4.67), 농장 경계용 울타리를 설치하는 경우 감염위험이 감소하였으며(OR = 0.19, 95% CI 0.10-0.58) 최종 모형의 적합도는 충족되는 것으로 나타났다(chi-square = 0.0043, df = 1, p = 0.9748) (Table 3).

## 고 찰

PMWS 감염과 관련된 전염성(infectious) 위험요인에 대한 연구는 매우 많지만(2,9,11,14,21,26) 비전염성(non-infectious) 위험요인에 대한 연구는 상대적으로 제한적이다. 문헌고찰 결과 모돈의 항체역가 수준이 낮은 경우(5,9), 7주령 돼지에서 PCV2 항체 역가가 낮고 이후 항체 양전이 없는 경우, 임신 모돈이 PPV나 PRRSV에 감염된 경우(23,24,34), 모돈의 PCV2 감염(9,33), 농장 자체적으로 정액 수집(23), 모돈의 산차(parity)가 낮거나 사육밀도가 높은 경우(9), 농장의

**Table 1.** Frequency distribution of biosecurity measures on 296 farrow-to-finish pig farms

No	Biosecurity measures investigated	Frequency (%)
1	Keeping farm management (production) records by computer	8.2
2	Absence of foreign workers on the farm	34.8
3	Endorse HACCP accreditation by government authority	35.1
4	Endorse non-antibiotic accreditation on the farm	14.9
5	Purchasing semens from specific diseases-free operations	57.8
6	Sick pigs are completely separated from the rest of the herd	56.3
7	Self disposal of dead stocks in a timely manner	93.0
8	Absence of livestock facilities within a 1km radius of the farm	49.4
9	Off-site removal of dead stocks	7.0
10	Fence surrounding the farm perimeter	60.4
11	Presence of a sign forbidding the entrance	86.8
12	Parking lot outside the farm	76.4
13	Providing clothing and boots for visitors before entering the farm	85.9
14	Disinfection of vehicles before entering the farm	84.1
15	Compulsory registering for visitors	82.2
16	Restricting access of visitors with foreign travel in the previous 7 days	80.4
17	Off-site pick-up location for finishers	19.3
18	Off-site location of storage facility for incoming feeds	12.6
19	Do not allow feed supplier truck to enter the farm	19.6
20	Do not allow feed supplier truck driver to enter the farm	91.7
21	Do not allow finisher truck to enter the farm	22.4
22	Do not allow finisher truck driver to enter the pig unit	86.2
23	Restriction on manure (slurry) disposal trucks entering the farm	26.4
24	Using a footbath for the entrance of each barn	85.6
25	Use of dedicated clothing to enter the farm	58.0
26	Maintenance of log book (record) for insect control	75.5
27	Avoiding introduction of sows from other farms	17.5
28	Clinical monitoring of newly introduced sows	95.1
29	Reviewing for health status record of the source herd prior to purchasing pigs	81.6
30	Routine checking for temperature at each pig unit	80.4
31	Supply of chlorinated drinking water	44.5
32	Periodic on-site clinical monitoring of pigs by veterinarian	62.9
33	Consultation with veterinarians for choosing vaccine	89.0
34	Vaccine storage at desirable temperature	98.2
35	Use of a syringe to treat each sow	77.6
36	Keeping medical records of treatment and vaccination	65.6
37	Health monitoring of sows by periodic blood testing	27.6
38	Periodic monitoring of the herd using written biosecurity plan in place	54.9
39	Providing employee on educational program for biosecurity measures	49.1
40	Direct transport finisher to the auction markets	70.6

규모가 클수록(9,23,34), 다른 농장의 돼지와 접촉한 경험이 있는 방문객의 출입 통제하지 않을 경우, 5마일 이내에 PMWS에 감염된 농장이 있는 경우, PRRSV를 포함한 다른 병원체에 복합적으로 감염된 경우(34), 후보 종돈 구입, *Mycoplasma hyopneumonia* 감염, 수의사의 연간 농장방문 빈도가 많은 경우, 격리돈사 시설 부적절(1), 일령이 다른 돼지와 혼합사육(23) 등은 PMWS 감염의 위험요인으로 보고되었다. 한편 이유돈사와 분만돈사의 비우는 기간이 길수록, 외부 기생충을 정기적으로 구제하는 경우, 후보돈 자체 선발

(23), 비육돈의 사육밀도가 낮은 경우, 다른 농장의 돼지와 접촉한 외부 방문객의 출입 제한(1) 등은 감염의 위험을 경감시키는 방어효과(protective effect)가 있는 것으로 보고되었다. 본 연구에서는 출하차량기사가 돈사 내부로 출입하는 것을 통제하지 않는 경우 감염의 위험이 2.4배 증가하는 것으로 나타났으며(OR = 2.4), 농장 경계용 울타리를 설치하는 경우 방어효과(OR = 0.19)가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 위험요인은 농장 내부로 질병이 유입되는 것을 통제하기 위한 차단방역의 중요한 요소로서 소모성질병인 PRRS와 많은

**Table 2.** Results of the univariate analysis of risk factors associated with porcine circovirus type 2 (PCV2) infection ( $p \leq 0.25$ ) (n = 255)

Variable	Category	PCV2 -	PCV2 +	OR	p value
Foreign workers on the farm	Presence	34	70	0.68	0.1852
	Absence	32	97		
Sick pigs are completely separated from the rest of the herd	Yes	54	88	0.72	0.2052
	No	51	60		
Self disposal of dead stocks in a timely manner	Self	14	128	1.91	0.1991
	Other	6	105		
Fence surrounding the farm perimeter	Yes	49	93	0.71	0.1833
	No	47	63		
Presence of a sign forbidding the entrance	Yes	9	133	0.24	0.0006
	No	24	86		
Providing clothing and boots for visitors before entering the farm	Yes	21	121	0.56	0.0759
	No	26	84		
Do not allow finisher truck to enter the farm	Yes	117	25	1.84	0.0468
	No	79	31		
Do not allow finisher truck driver to enter the pig unit	Yes	14	128	0.64	0.2572
	No	16	94		
Off-site pick-up location for finishers	Yes	131	11	2.33	0.0373
	No	92	18		
Do not allow feed supplier truck driver to enter the farm	Yes	122	20	1.70	0.1111
	No	86	24		
Using a footbath for the entrance of each barn	Yes	14	128	0.56	0.1276
	No	18	92		
Use of dedicated clothing to enter the farm	Yes	54	88	0.71	0.1837
	No	51	59		
Maintenance of log book (record) for insect control	Yes	29	113	0.65	0.1529
	No	31	79		
Avoiding newly introduction of sows from other farms	Yes	116	26	0.65	0.2313
	No	96	14		
Routine checking for temperature at each pig unit	Yes	20	122	0.42	0.0066
	No	31	79		
Periodic monitoring of the herd using written biosecurity plan in place	Yes	57	85	0.70	0.1564
	No	54	56		
Use of a syringe to treat each sow	Yes	26	116	0.69	0.2297
	No	27	83		

OR: odds ratio

**Table 3.** Results of the final multivariate analysis of risk factors associated with porcine circovirus type 2 (PCV2) infection

Variable	Coefficient	SE	Wald $\chi^2$	OR	95% CI
Presence of a sign forbidding the entrance	-1.423	0.4488	0.23	0.19	0.099 - 0.575
Do not allow finisher truck driver to enter the pig unit	0.8697	0.3429	6.43	2.39	1.219 - 4.673

Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit: chi-square = 0.0043, df = 1, p = 0.9478

SE: Standard error, OR: odds ratio, CI: confidence interval

부분에서 위험요인을 공유한다. 문헌에 의하면 돈군 크기, 인근 양돈장과의 거리, 농장의 지리적 밀도 및 돼지사육 밀도, 정액구입, 외부 양돈장에서 돼지 구입 등은 PRRS 감염의 위험요인으로 보고되었다(9,30,31). 감염된 돼지로부터 건강한 개체로 PMWS가 전파되는 경로는 감염된 돼지와 직접 접촉을 포함하여 공기전파의 가능성(4)이 있음을 고려할 때 PCV2를 효과적으로 관리하기 위해서는 농장의 전반적인 사양관리 개선뿐만 아니라 PRRS를 포함한 기타 복합감염을 예방하여 감염 압력(infection pressure)을 줄이는 노력이 필수적이며(1,27), 이는 양돈장의 차단방역 수준을 최적화함으로써 달성할 수 있다(19).

국내 양돈장에서 소모성질환의 발생을 억제하기 위하여 정부에서는 2009년부터 백신접종 비용 지원 사업을 추진하고 있다. PCV2 백신의 효과와 관련하여 Kristensen 등(15)은 2006-2008년 기간 동안 출간된 논문 107편 중 분석 기준에 부합하는 24편 66건의 자료를 이용한 메타분석에서 평균 일당 증체량(average daily weight gain)은 사육일령에 따라 30-40 g 증가하였고 이러한 증가는 PRRS 음성 돈군일수록 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한 폐사율은 포유-출하돈의 경우 5.4%, 출하돈에서는 4.4% 감소하였으며 PRRS 감염 여부는 폐사율과 관련이 없는 것으로 보고하였다. 이러한 연구 결과에 의하면 PCV2 감염을 예방하기 위한 백신접종의 경제적 기대효과는 분명하므로 정부의 백신접종 지원 사업을 지속적으로 추진하는 것이 바람직하며, 국내 양돈장을 대상으로 기대되는 경제적 효과분석에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

PMWS 감염과 관련한 국내외에서 보고된 일부 위험요인에 대해서는 상반된 결과가 보고되고 있는데 이를테면 Fraile 등(9)은 모돈의 산차(parity)가 낮은 경우 감염의 위험이 증가한다고 보고한 반면 Wieland 등(33)은 모돈의 산차가 높을수록 위험이 증가한다고 보고하였다. 이러한 차이는 조사 대상 농장의 역학적 특성의 차이와 분석과정에서 혼란효과(confounding effect)가 개입되었을 가능성이 있으므로(16) 향후 국내 양돈장에 대한 PMWS 감염의 위험요인에 대한 연구계획을 수립할 때 역학적 및 통계학적으로 유효한 방법으로 보다 광범위하고 체계적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 결 론

본 연구는 국내 양돈장에서 다발하고 있는 돼지췌코바이러스 2형(PCV2)에 대한 차단방역 이행수준(n=296)과 감염의 위험요인(n=255)을 분석하고자 2014년 3월에서 9월까지 수행한 표본 양돈장에 대한 질병실태조사 자료를 분석하였다. 농장외부에서 폐사체 관리(7%), 지대사료 반입창고가 농장외부에 설치된 경우(12.6%), 농장외부에 출하대 위치(19.3%), 사료운반차량의 농장내부 진입 금지(19.6%), 출하차량의 농장내부 출입금지(22.4%), 분뇨처리차량의 농장내부 진입 금지(26.4%) 등 양돈장의 차단방역 관련 시설과 농장에서의 이행 수준이 전반적으로 낮아 질병유입 위험에 노출되어 있는 농장이 많은 것으로 추정되었다. 단변량 분석에서 PCV2 감염위험과 관련이 있는 유의한 변수를 최종 다변량

모형에 투입하여 분석한 결과 출하차량기사가 돈사 내부로 출입하는 것을 통제하지 않는 경우 감염의 위험이 2.4배 증가하는 반면에 농장 경계용 울타리를 설치하는 경우 감염위험이 감소하는 방어효과가 있는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 광역경제권연계협력사업(Biosecurity 질병감시 및 중앙통제시스템개발 사업)과 강원대학교 동물의학종합연구소의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Alarcon P, Velasova M, Mastin A, Nevel A, Stärk KD, Wieland B. Farm level risk factors associated with severity of post-weaning multi-systemic wasting syndrome. *Prev Vet Med* 2011; 101: 182-191.
- Allan GM, Kennedy S, McNeilly F, Foster JC, Ellis JA, Krakowka SJ, Meehan BM, Adair BM. Experimental reproduction of severe wasting disease by co-infection of pigs with porcine circovirus and porcine parvovirus. *J Comp Pathol* 1999; 121: 1-11.
- Allan GM, Ellis JA. Porcine circoviruses: a review. *J Vet Diagn Invest* 2000; 12: 3-14.
- Baekbo P, Kristensen CS, Larsen LE. Porcine circovirus diseases: a review of PMWS. *Transbound Emerg Dis* 2012; 59: 60-67.
- Calsamiglia M, Fraile L, Espinal A, Cuxart A, Seminati C, Martín M, Mateu E, Domingo M, Segalés J. Sow porcine circovirus type 2 (PCV2) status effect on litter mortality in postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS). *Res Vet Sci* 2007; 82: 299-304.
- Choi C, Chae C, Clark EG. Porcine postweaning multisystemic wasting syndrome in Korean pig: detection of porcine circovirus 2 infection by immunohistochemistry and polymerase chain reaction. *J Vet Diagn Invest* 2000; 12: 151-153.
- Clark G. Postweaning multisystemic wasting syndrome. *Proc Am Assoc Swine Pract* 1997; 28: 499-501.
- Ellis J, Hassard L, Clark E, Harding J, Allan G, Willson P, Strokappe J, Martin K, McNeilly F, Meehan B, Todd D, Haines D. Isolation of circovirus from lesions of pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome. *Can Vet J* 1998; 39: 44-51.
- Fraile L, Calsamiglia M, Mateu E, Espinal A, Cuxart A, Seminati C, Martín M, Domingo M, Segalés J. Prevalence of infection with porcine circovirus-2 (PCV-2) and porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) in an integrated swine production system experiencing postweaning multisystemic wasting syndrome. *Can J Vet Res* 2009; 73: 308-312.
- Hamel AL, Lin LL, Nayar GP. Nucleotide sequence of porcine circovirus associated with postweaning multisystemic wasting syndrome in pigs. *J Virol* 1998; 72: 5262-5267.
- Harms PA, Sorden SD, Halbur PG, Bolin SR, Lager KM, Morozov I, Paul PS. Experimental reproduction of severe disease in CD/CD pigs concurrently infected with type 2 porcine circovirus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Vet Pathol* 2001; 38: 528-539.
- Hosmer DW, Hosmer T, Le Cessie S, Lemeshow S: A comparison of goodness-of-fit tests for the logistic regression model. *Stat Med* 1997; 16: 965-980.

13. Kim D, Ha Y, Oh Y, Chae C. Prevalence of porcine circovirus types 2a and b in pigs with and without post-weaning multisystemic wasting syndrome. *Vet J* 2011; 188: 115-117
14. Krakowka S, Ellis JA, Meehan B, Kennedy S, McNeilly F, Allan G. Viral wasting syndrome of swine: experimental reproduction of postweaning multisystemic wasting syndrome in gnotobiotic swine by coinfection with porcine circovirus 2 and porcine parvovirus. *Vet Pathol* 2000; 37: 254-263.
15. Kristensen CS, Baadsgaard NP, Toft N. A meta-analysis comparing the effect of PCV2 vaccines on average daily weight gain and mortality rate in pigs from weaning to slaughter. *Prev Vet Med* 2011; 98: 250-258.
16. López-Soria S, Segalés J, Rose N, Viñas MJ, Blanchard P, Madec F, Jestin A, Casal J, Domingo M. An exploratory study on risk factors for postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in Spain. *Prev Vet Med* 2005; 69: 97-107.
17. Lyoo YS, Kim JH, Park CK. Identification of porcine circoviruses with genetic variation from lymph nodes collected in pigs with PMWS. *Korean J Vet Res* 1999; 39: 353-358.
18. Lyoo KS, Park YH, Park BK. Prevalence of porcine reproductive and respiratory syndrome virus, porcine circovirus type 2 and porcine parvovirus from aborted fetuses and pigs with respiratory problems in Korea. *J Vet Sci* 2001; 2: 201-207.
19. Madec F, Rose N, Grasland B, Cariolet R, Jestin A. Post-weaning multisystemic wasting syndrome and other PCV2-related problems in pigs: a 12-year experience. *Transbound Emerg Dis* 2008; 55: 273-283.
20. Nielsen EO, Enøe C, Jorsal SE, Barfod K, Svensmark B, Bille-Hansen V, Vigre H, Bøtner A, Baekbo P. Postweaning multisystemic wasting syndrome in Danish pig herds: productivity, clinical signs and pathology. *Vet Rec* 2008; 162: 505-508.
21. Opriessnig T, Thacker EL, Yu S, Fenaux M, Meng XJ, Halbur PG. Experimental reproduction of postweaning multisystemic wasting syndrome in pigs by dual infection with *Mycoplasma hyopneumoniae* and porcine circovirus type 2. *Vet Pathol* 2004; 41: 624-640.
22. Ostanello F, Caprioli A, Di Francesco A, Battilani M, Sala G, Sarli G, Mandrioli L, McNeilly F, Allan GM, Prosperi S. Experimental infection of 3-week-old conventional colostrum-fed pigs with porcine circovirus type 2 and porcine parvovirus. *Vet Microbiol* 2005; 108: 179-186.
23. Rose N, Larour G, Le Diguierher G, Eveno E, Jolly JP, Blanchard P, Oger A, Le Dimna M, Jestin A, Madec F. Risk factors for porcine post-weaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in 149 French farrow-to-finish herds. *Prev Vet Med* 2003; 61: 209-225.
24. Rose N, Abherve-Guéguen A, Diguierher LG, Eveno E, Jolly J-P, Blanchard P, Oger A, Jestin A, Medec F. Effect of the Pietrain breed used as terminal boar on postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in the offspring in four PMWS-affected farms. *Liv Prod Sci* 2005; 95: 177-186.
25. Segalés J, Segalés J, Plana-Durán J, Balasch M, Rodríguez-Arriola GM, Kennedy S, Allan GM, McNeilly F, Latimer KS, Domingo M. Pathological, immunohistochemical, and in-situ hybridization studies of natural cases of postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in pigs. *J Comp Pathol* 1999; 120: 59-78.
26. Rovira A, Balasch M, Segalés J, García L, Plana-Durán J, Rosell C, Ellerbrok H, Mankertz A, Domingo M. Experimental inoculation of conventional pigs with porcine reproductive and respiratory syndrome virus and porcine circovirus 2. *J Virol* 2002; 76: 3232-3239.
27. Segalés J, Domingo M. Postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in pigs. A review. *Vet Q* 2002; 24: 109-124.
28. Tischer I, Rasch R, Tochtermann G. Characterization of papovavirus and piconavirus-like particles in permanent piglet kidney cell lines. *Zentralbl Bakteriol Orig A* 1974; 226: 153-167.
29. Tischer I, Miels W, Wolff D, Vagt M, Griem W. Studies on epidemiology and pathogenicity of porcine circovirus. *Arch Virol* 1986; 91:271-276.
30. Velasova M, Alarcon P, Williamson S, Wieland B. Risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection and resulting challenges for effective disease surveillance. *BMC Vet Res* 2012; 8: 184.
31. Weigel RM, Firkins LD, Scherba G. Prevalence and risk factors for infection with Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV) in swine herds in Illinois (USA). *Vet Res* 2000; 31: 87-88.
32. Wellenberg GJ, Stockhofe-Zurwieden N, Boersma WJ, De Jong MF, Elbers AR. The presence of co-infections in pigs with clinical signs of PMWS in The Netherlands: a case-control study. *Res Vet Sci* 2004; 77: 177-184.
33. Wieland B, Werling D, Nevel A, Rycroft A, Demmers TG, Wathes CM, Grierson S, Cook AJ, Done SH, Armstrong D, Wathes CM. Porcine circovirus type 2 infection before and during an outbreak of postweaning multisystemic wasting syndrome on a pig farm in the UK. *Vet Rec* 2012; 170: 596.
34. Woodbine KA, Medley GF, Slevin J, Kilbride AL, Novell EJ, Turner MJ, Keeling MJ, Green LE. Spatiotemporal patterns and risks of herd breakdowns in pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome. *Vet Rec* 2007; 160: 751-762.