

< Original Article >

## 국내 한우의 소바이러스성 설사 바이러스 지속감염우에 대한 실태 조사

조종숙<sup>1\*</sup> · 김경동<sup>1</sup> · 박홍제<sup>1</sup> · 임연수<sup>2</sup> · 홍성희<sup>1</sup> · 서창원<sup>1</sup> · 류희정<sup>1</sup> · 신령자<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(주)메덱스, <sup>2</sup>농협중앙회 한우개량사업소

### Prevalence for persistently infected cattle with bovine viral diarrhea virus in Korea

Jong-Suk Cho<sup>1\*</sup>, Gyung-Dong Kim<sup>1</sup>, Hong-Je Park<sup>1</sup>, Yeoun-Su Lim<sup>2</sup>, Sung-Hee Hong<sup>1</sup>,  
Chang-Won Seo<sup>1</sup>, Hee-Jeong Ryu<sup>1</sup>, Ryeong-Ja Sin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MEDEXX, Seongnam 463-400, Korea

<sup>2</sup>NongHyup Hanwoo Improvement Center, Seosan 356-831, Korea

(Received 1 May 2013; revised 10 June 2013; accepted 13 June 2013)

#### Abstract

Bovine viral diarrhea virus (BVDV) is very important disease in domestic and wild ruminants and has a world wide distribution. Cattle persistently infected with BVDV (BVDV-PI) are the primary reservoir for BVDV infection in Korean native cattle herds. The prevalence of cattle persistently infected with BVDV (BVD-PI) was determined using 4,260 heads from 29 Korean native cattle farms at 8 districts from 2011 to 2012. The sera and ear notches were collected for each sample. We surveyed BVD-PI cattle using antibody ELISA and antigen capture ELISA for detection of antibody and antigen respectively. Three thousand seventy-six cattle (72.2%) were positive for BVDV antibody and a total of 27 BVD-PI cattle were found in 12 farms. 11 cattle (40.7%) out of the total 27 BVDV-PI cattle were six months old or under. The positive rate of BVDV antibody (83.2%) from 12 farms with BVD-PI cattle was higher than the positive rate of BVDV antibody (63.6%) from 17 farms without BVD-PI cattle.

**Key words :** BVDV, Persistently infected cattle (PI cattle), ELISA

## 서 론

소바이러스성 설사(Bovine viral Diarrhea, BVD)는 가축 및 야생 반추류에서 전 세계적으로 발생하여 설사, 번식 장애 등을 일으켜 큰 피해를 주는 전염병이다(Barker 등, 1993; Houe, 1999; Brodersen, 2004; Bachofen 등, 2010).

BVD의 원인체는 Togaviridae, pestivirus 속의 single-stranded RNA virus인 BVD virus로써 실험실 세포

배양 시에 세포변성 유무에 따라 세포변성형과 비세포변성형으로 분류되고 바이러스의 5' untranslated region에 대한 염기서열 분석에 따라 크게 BVDV1a, BVDV1b 및 BVDV2a로 나누어진다(Ridpath 등, 1994; Walz 등, 2010). BVDV는 체내에 침입 후 혈액을 통해 신경계, 림프조직, 소화기, 호흡기계, 피부 등 전신으로 침입한다(Bielefeldt Ohmann, 1988). BVDV에 감염된 소는 외관상 증상을 나타내지 않거나 생식기계 또는 그 이상의 체내 기관에 침입하여 높은 폐사율을 나타내는 등 다양한 증상을 나타낸다(Baker, 1995). BVDV에 의한 경제적 피해는 북미에서 연간 백만 두

\*Corresponding author: Jong-Suk Cho, Tel. +82-31-628-3900,  
Fax. +82-31-628-3939, E-mail. [lisacho@medexx.com](mailto:lisacho@medexx.com)

의 송아지 생산을 기준으로 우군상태 및 BVDV의 병원성과 감염률에 따라 1~4천만 불의 경제적 손실이 있는 것으로 보고되고 있다(Houe, 2003). 특히 암소는 비세포변성형 바이러스가 생식기에 감염될 경우 태아감염으로 진행되며 감염된 임신 시기에 따라 배아사망으로 인한 재발정, 유산, 사산, 선천성 기형 송아지의 출산과 지속적인 농장의 감염을 일으키는 지속 감염 송아지(persistently infected calves, PI)를 출산하게 되는데, 주로 임신 42일에서 125일 사이에 임신우가 비세포변성형 BVDV에 노출될 경우에 태반감염되며, 생존한 PI는 BVD바이러스에 면역관용 상태이며 살아있는 동안 지속해서 바이러스를 배출하게 된다(Fulton 등, 2006). BVD PI는 동일개체에서 3~4주간격으로 검사하여 바이러스가 분리되는 소를 말하며 BVD의 주요 전파요인으로 농장 내 BVD 근절을 위해 가장 먼저 색출하여야 한다(Taylor 등, 1995; Braun 등, 1998; Brodersen 등, 2004; Houe 등, 2006).

Houe (1999)는 북미의 우군 내 BVD PI 감염실태를 조사한 결과 PI는 0.1~1.8%의 비율로 존재한다고 하였으며, 이러한 PI의 차이는 우군의 구성, 우사의 구조, 백신여부 등에 기인한 것이라 하였다. Fulton 등 (2009)은 북미 중남부 지역의 30개 우군의 송아지 4,530두를 대상으로 BVD PI를 조사한 결과 5개 우군에서 25두의 PI를 확인하였으며, 국내에서는 Bae 등 (2007)이 4개 한우 농장의 송아지를 대상으로 조사하여 0.7%의 PI를 확인한 바 있다.

현재 BVD의 근절 또는 통제를 위한 효과적인 수단으로 백신 및 감염원의 조기 색출을 통한 우군 내 BVD 발생을 예방하는 것이 가장 효과적인 방법으로 대두하고 있으며, 우군 내 주 감염원인 PI의 효과적인 진단을 위해 중합효소연쇄반응법(Polymerase chain reaction, PCR), 면역조직화학염색법(Immunohistochemistry, IHC), 효소면역법(Enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 등의 다양한 진단법들이 이용되고 있다(Houe 등, 2006). 이번 조사에서는 BVD의 발생과 주요 전파원인인 PI의 지역별 농장 내 실태를 파악하고 PI의 농장 내 존재에 따른 우군의 피해 정도 등을 살펴봄으로써 BVD로 인한 경제적 피해의 심각성을 재고하여 향후 국내 BVD 근절 대책 수립을 위한 기초 자료로 삼고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 대상농가 및 시료채취

2011년부터 2012년까지 전국 8개도 29개 한우농장에 사육 중인 한우 4,260두를 대상으로 BVDV 항체 및 항원검사를 하였다. 먼저 연령을 파악하고 공시축의 경정맥에서 5 ml의 혈액을 진공튜브를 이용하여 채취하여, 실온에서 충분히 굳힌 후 실험실에서 3,000 rpm, 20분간 원심분리한 후 혈청을  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 냉동보관 하였다. 채혈 보정 시 귀의 상피조직을 채취하기 위해 ear notcher를 이용하여 10 mg의 조직을 채취한 다음 실험실로 운송하여 실험 전까지  $2\sim 8^{\circ}\text{C}$ 에 냉장보관 하였다. 1차 검사에서 양성인 개체에 대해 3~4주 후 위와 동일한 방법으로 시료를 채취하였다.

### BVDV 항체 및 항원검사

공시축의 혈청을 이용하여 BVDV의 항체검사를 다음과 같이 실시하였다. BVDV 항체검사용으로 시판되고 있는 BVDV Antibody Test ELISA Kit (IDEXX, Switzerland)를 이용하여 제조사의 설명에 따라 실험을 실시하였고, 항원검사는 혈청과 귀 조직을 이용하여 시판용 BVDV Antigen capture ELISA Kit (IDEXX, Switzerland)를 이용하여 제조사의 설명에 따라 실험을 실시하였다. 실험 후 최종 결과 판독은 ELISA reader (TECAN, Austria)를 이용하여 흡광도 450 nm에서 optical density (OD)를 측정하였다. 항원검사는 시료 흡광도(Sample OD)와 음성대조 시약흡광도(NCx)의 차가 0.3 이상이면 양성으로 처리하였으며, 항체검사는 시료 흡광도(Sample OD)와 양성대조 시약 흡광도(PCx)의 비(S/P ratio)가 0.3이상이면 양성으로 판정하였다.

### PI의 확인

1차 항원검사서 양성인 개체는 3~4주 이후 혈액 및 귀 조직을 채취하여 1차와 동일한 실험을 하여 항원이 다시 검출될 경우 BVD PI로 간주하였다.

## 결 과

2011년부터 2012년까지 8개도 29개 농장에서

**Table 1.** Results of the BVDV antibody and BVDV PI cattle at 8 regions

Region	No. of exam		No. of antibody positive (%)	No. of PI farm (%)	No. of PI (%)
	Farm	Head			
Gangwon	4	617	413 (66.9)	1 (25.0)	3 (0.5)
Gyeonggi	4	424	337 (79.4)	2 (50.0)	2 (0.5)
Gyeongnam	3	438	315 (71.9)	3 (100)	9 (2.1)
Gyeongbuk	4	672	380 (56.5)	2 (50.0)	7 (1.0)
Jeonnam	4	528	368 (69.7)	1 (25.0)	2 (0.4)
Jeonbuk	4	861	673 (78.2)	1 (25.0)	1 (0.1)
Chungnam	4	350	281 (80.3)	1 (25.0)	2 (0.6)
Chungbuk	2	370	309 (83.5)	1 (50.0)	1 (0.3)
Total	29	4,260	3,076 (72.2)	12 (41.4)	27 (0.6)

**Table 2.** Distribution of the positive rate of BVDV antibody and BVDV PI cattle according to the age

Age (month)	No. of head	No. of antibody positive (%)	No. of PI cattle (%)
≤ 6	846	614 (72.6)	11 (1.3)
7~12	572	201 (35.1)	9 (1.6)
13~18	427	237 (55.5)	1 (0.2)
19~24	420	303 (72.1)	3 (0.7)
25~36	688	540 (78.5)	3 (0.4)
>36	1,307	1,181 (90.4)	- (-)
Total	4,260	3,076 (72.2)	27 (0.6)

BVDV 항체검사를 하고 항원검사 결과 양성인 공시축에 대해 3~4주 후 2차 항원검사를 하여 BVD PI를 확인한 결과는 Table 1과 같았다. 공시축 4,260두 중에서 3,076두(72.2%)가 BVDV 항체 양성으로 조사되었고, 지역별로 경북이 가장 낮은 56.5%의 양성률을 나타냈지만, 충북은 83.5%의 높은 양성률을 나타내었다. PI는 총 4,260두 중에서 27두(0.63%)가 확인되었으며, 총 29개 농장 중에서 12개(41.4%) 농장은 지속감염우가 존재하는 농장(PI farm)으로 조사되었다.

연령별 BVDV의 항체 양성률과 PI 검출률은 Table 2와 같았다. 36개월령 이상의 1,307두 중에 1,181 (90.4%)가 항체 양성이었다고 6개월령 이하의 송아지는 846두 중에서 614두(72.6%), 7~12개월령에서는 572두 중에서 201두(35.1%), 13~18개월령은 427두 중에서 237두(55.5%), 19~24개월령은 420두 중에서 303두(72.1%), 25~36개월령은 688두 중에서 540두(78.5%)가 항체 양성을 나타내어, 7개월령 이후부터 월령이 증가함에 따라 항체 양성률도 증가하는 것으로 나타났다. PI는 6개월령 이하 송아지에서 11두(1.3%)가 확인되었으며, 7~12개월령에서는 9두(1.6%), 13~18개월령에서는 1두(0.2%), 19~24개월령과 24~

**Table 3.** Number of BVDV PI cattle in PI farms (n=27)

PI farm	Region	No. of examination	No. of PI cattle (%)	Vaccination
F	Gyeongbuk	54	6 11.1	○
B	Gyeongnam	170	6 3.5	×
I	Gangwon	162	3 1.9	○
M	Jeonnam	123	2 1.6	×
R	Gyeongnam	126	2 1.6	○
U	Chungnam	142	2 1.4	×
W	Gyeonggi	72	1 1.4	×
O	Gyeongnam	163	1 0.6	×
Q	Gyeongbuk	173	1 0.6	×
X	Gyeonggi	188	1 0.5	×
V	Chungbuk	235	1 0.4	○
Z	Jeonbuk	319	1 0.3	×
Total	8	1,865	27 1.4	4

36개월령에서 각각 3두가 확인되었으나 36개월령 초과에서는 확인되지 않았다.

BVD PI가 확인된 12개 농장에 대해서 BVD 백신 실시 유무와 PI 검출률을 조사한 결과는 Table 3과 같았다. 농장별로 PI가 1두인 농장이 6호, 2두가 확인된 농장이 3호, 3두가 확인된 농장이 1호, 6두가 확인된 농장이 2호였으며, 4개 농장에서 BVD에 대한 백신을 실시하는 것으로 조사되었다.

PI farm과 지속감염우 미검출농장(Non PI farm)의 연령별 BVDV 항체 양성률을 조사한 결과는 Table 4와 같았다. PI farm은 1,865두 중에서 1,552두(83%)가 항체 양성을 나타내었고 Non PI farm은 2,395두 중에서 1,524두(63.6%)가 항체 양성을 나타내었다. 6개월령 이하의 송아지에서는 PI farm과 Non PI farm의 항체 양성률이 각각 75.5%와 69.7%를 나타내었으나 6~12개월령에서는 PI farm과 Non PI farm에서 각각 52.7%와 22.4%의 항체 양성률을 나타내어 연령별로

**Table 4.** Comparison of BVDV antibody between PI farms and Non PI farms

Age (month)	PI farm		Non PI farm	
	No. of exam	No. of antibody positive (%)	No. of exam	No. of antibody positive (%)
≤ 6	424	320 (75.5)	422	294 (69.7)
7~12	241	127 (52.7)	331	74 (22.4)
13~18	172	135 (78.5)	256	102 (39.8)
19~24	202	178 (88.1)	218	125 (57.3)
25~36	301	286 (95.0)	387	254 (65.6)
>36	525	506 (96.4)	782	675 (86.3)
Total	1,865	1,552 (83.2)	2,395	1,524 (63.6)

항체 양성률에 차이가 확인되었다.

## 고 찰

BVD는 1940년대 북미 지역의 젖소에서 우역(rinderpest)과 유사한 바이러스성 설사와 위장관계의 궤양을 특징 등을 최초 보고되었다(Olafson 등, 1946). BVD는 감염시기 및 환경요인에 따라 다양한 임상증상을 나타내고, 특히 태반을 통과하여 태아에 감염되어 면역관용상태로 태어난 송아지는 임상증상을 나타내지 않으면서 바이러스를 평생 지속해서 배출하여 농장 내 질병 발생의 주요인으로 인식되고 있다. BVD PI cattle는 감염되어도 증상을 나타내지 않으며 지속해서 바이러스를 배출하여 질병을 전파시키며, 감염우의 면역력을 저하해 세균, 바이러스 및 진균 등의 2차 병원체의 감염 시 심하면 폐사에 이르기도 한다(Schoder 등, 2004). 독일을 포함한 일부 유럽 국가에서는 이 질병의 경제적인 피해를 줄이기 위해 백신정책과 지속감염우의 색출을 위한 항체 및 항원검사의 지속적인 실시로 근절을 위한 국가적인 방역대책을 수립하여 실시하고 있다(Houe 등, 2006; Ståhl과 Alenius, 2012). 국내에서는 일부 지역을 대상으로 항체 및 항원 조사가 이루어져 BVD의 감염상황이 확인되고 있어 농장별 감염 정도에 따라 설사, 번식장애 및 타 질병과의 복합감염에 의한 질병발생으로 경제적인 피해가 예상된다(Bae 등, 2007; Chon과 Kim, 2007; Jean 등, 2005; Song과 Choi, 2010). O'Connor 등(2007)은 12,030두의 송아지를 대상으로 12두(0.1%)의 PI를 확인하여 보고한 바 있으며, Fulton 등(2009)은 30개 우군 4,530두를 대상으로 PI를 확인한 결과 25두(0.55%)를 보고한 바 있다. 이번 조사에서는 전국

29개 농장(백신실시 6개소) 4,260두 중에서 3,076두(72.2%)가 항체양성이었으며, 29개 농장 중에서 PI가 확인된 곳은 12개 농장(41.4%) 27두(0.6%)에서 검출되어 Bac 등(2007)이 4개 농장 539두에서 보고한 4두(0.7%)와 유사한 검출률을 나타내었다. 또한, 조사한 PI farm에서의 PI 검출률은 0.3~11.1%로 농장에 따라 큰 편차를 보였으며, 이러한 결과는 Houe (1999)가 북미지역 PI 감염실태조사 결과인 농장별 다양한 PI 검출률(0.1~1.8%)과 유사한 결과를 나타내어 우군의 규모, 우사 형태, 백신 유무 등 여러 가지 사양 조건에 따른 차이인 것으로 생각된다.

이번 조사에서 확인된 27두의 PI를 연령별로 분류하면 6개월 이하의 소에서 11두(40.7%), 7~12개월 이하의 소에서는 9두(33.3%)가 확인되어 12개월 이하에서 PI의 비중이 74.0%인 것으로 조사되었으며, 이러한 결과는 Houe (1992)가 덴마크의 22개 젖소농장 2,823두를 대상으로 지속감염우의 분포를 조사한 결과 129두의 PI 중에서 6개월 이하에는 57두(44.2%)라고 보고한 결과와 유사하였으며, 이는 Voges 등(2006)이 지속감염 상태로 태어난 송아지는 생존 기간이 정상 분만우에 비해 짧다고 보고한 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 이번 조사에서 PI farms (12호)과 Non PI farms (17호)에서 연령별 BVDV 항체양성률 조사한 결과 6개월 이하 송아지에서는 항체 양성률이 각각 75.5%와 69.7%로 나타나 농장별 항체 양성률이 유사하게 나타났으나, 이후 개월 수의 증가에 따라 36개월령까지 약 30%의 항체 양성률의 차이를 보이는 것으로 나타나, 소수의 면역관용상태로 태어난 송아지의 출산을 시점으로 농장 내 동거우로 BVDV가 전파되어 사육 개월 수가 증가함에 따라 모체이행항체가 감소하는 6개월 이후 BVDV 항체양전 현상(seroconversion)에 의한 것으로 생각된다.

Rush 등(2001)은 분만 후 9개월령까지 송아지를 대상으로 항체 및 항원검사를 실시한 결과 150~260일령의 송아지에서 BVDV에 대한 감염 위험률이 가장 높은 것으로 보고하여 Muñoz-Zanzi 등(2002)이 보고한 모체이행항체 소실기에 BVDV 감염에 의한 영향인 것으로 생각되며, 이번 조사에서 PI farm에서 Non PI farm에 비해 6개월령 이상의 소에서 BVDV 항체 양성률이 높은 것과 유사한 결과를 나타내었다.

Hilbe 등(2007)은 258두의 송아지에서 상피조직과 혈청을 채취하여 IHC, Ag ELISA, PCR를 이용하여 항원 및 항체검사를 한 결과, 항원검사에서도 모든 방법이 유사한 결과를 나타낸 것으로 보고한 바 있다.

이번 조사에서는 혈청과 귀 상피조직을 대상으로 상용화된 ELISA kit를 이용하여 항원검사를 한 결과이며, RT-PCR 및 IHC 등의 방법은 이용하지 않았다. 추후 검사방법 간의 유사성과 민감도를 조사할 필요성이 있는 것으로 생각된다. PI의 존재는 동거우의 농장 내 지속적인 감염으로 유량감소, 설사, 번식장애 등의 발생으로 농장의 생산성을 저하해 경제적인 피해를 초래하게 된다. 이번 조사를 토대로 전국 단위의 BVDV 감염실태와 주요 감염원인 PI의 확인으로 농장의 피해를 최소화하기 위해 PI의 조기 진단과 색출로 농장의 생산성 향상을 위한 근본적인 대책 수립이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

## 결 론

2011년부터 2012년까지 전국 8개 도의 29개 한우 농장에서 사육중인 4,260두의 소를 대상으로 연령별로 구분하여 혈액 및 귀상피조직을 채취하여 ELISA 법으로 BVDV의 항체 및 항원검사를 실시한 결과는 다음과 같았다. 4,260두 중에서 3,076두(72.2%)가 항체양성을 나타내었고 PI는 12개 농장에서 27두가 확인되었으며, 6개월 이하의 송아지에서 11두(40.7%)가 검출되었다. 6개월령 이상의 소에서 PI farm에서의 항체 양성률이 Non PI farm보다 높은 것으로 조사되었다.

## 감사의 글

본 논문은 농림수산식품기술기획평가원 연구개발비(311001-3)지원으로 이루어졌습니다.

## 참 고 문 헌

- Baker JC. 1995. The clinical manifestation of bovine viral diarrhoea infection. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 11: 425-445.
- Bae YC, Kim HY, Park JW, Yoon SS, Woo GH, Lee OS, Kang MI. 2007. Prevalence for persistent infection with bovine viral diarrhoea virus in Korean native calves. *Korean J Vet Res* 47: 163-167.
- Bachofen C, Braun U, Hilbe M, Ehrensperger F, Stalder H, Peterhans E. 2010. Clinical appearance and pathology of cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus of different genetic subgroups. *Vet Microbiol* 141: 258-267.
- Barker IK, Dreumel AAV, Palmer N. 1993. Bovine virus diarrhoea. pp. 149-159. In: Jubb KVF, Kennedy PC, Palmer N(ed.). *Pathology of domestic animals*. Vol. 2. 4th ed. Academic Press, San Diego.
- Bielefeldt Ohmann H. 1988. BVD virus antigens in tissues of persistently viraemic, clinically normal cattle: implication for the pathogenesis of clinically fatal disease. *Acta Vet Scand* 29: 77-84.
- Braun U, Schönmann M, Ehrensperger F, Hilbe M, Brunner D, Stärk KD, Giger T. 1998. Epidemiology of bovine virus diarrhoea in cattle on communal alpine pastures in Switzerland. *Zentralbl Veterinarmed A* 45: 445-452.
- Brodersen BW. 2004. Immunohistochemistry used as a screening method for persistent bovine viral diarrhoea virus infection. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 20: 85-93.
- Chon SK, Kim NS. 2007. Detection rate of bovine viral diarrhoea virus in dairy calves with capture-ELISA. *J Vet Clin* 24: 169-171.
- Fulton RW, Hessman B, Johnson BJ, Ridpath JF, Saliki JT, Burge LJ, Sjeklocha D, Confer AW, Funk RA, Payton ME. 2006. Evaluation of diagnostic tests used for detection of bovine viral diarrhoea virus and prevalence of subtype 1a, 1b, and 2a in persistently infected cattle entering a feedlot. *J Am Vet Med Assoc* 228: 578-584.
- Fulton RW, Whitley EM, Johnson BJ, Ridpath JF, Kapil S, Burge LJ, Cook BJ, Confer AW. 2009. Prevalence of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) in persistently infected cattle and BVDV subtypes in affected cattle in beef herds in south central United States. *Can J Vet Res* 73: 283-291.
- Hilbe M, Stalder H, Peterhans E, Haessig M, Nussbaumer M, Egli C, Schelp C, Zlinszky K, Ehrensperger F. 2007. Comparison of five diagnostic methods for detecting bovine viral diarrhoea virus infection in calves. *J Vet Diagn Invest* 19: 28-34.
- Houe H. 1992. Age distribution of animals persistently infected with bovine virus diarrhoea virus in twenty-two Danish dairy herds. *Can J Vet Res* 56: 194-198.
- Houe H. 1999. Epidemiological features and economical importance of bovine virus diarrhoea virus (BVDV) infections. *Vet Microbiol* 64: 89-107.
- Houe H. 2003. Economic impact of BVDV infection in dairies. *Biologicals*. 31: 137-143.
- Houe H, Lindberg A, Moennig V. 2006. Test strategies in bovine viral diarrhoea virus control and eradication campaigns in Europe. *J Vet Diagn Invest* 18: 427-436.
- Jean YH, Kim JH, Kim DY, Jeong SW, Cho DY, Moon OK. 2005. Systemic Aspergillosis associated with bovine viral diarrhoea virus infection in Korean native calves. *Korean J Vet Res* 45: 93-97.
- Muñoz-Zanzi CA, Thurmond MC, Johnson WO, Hietala SK. 2002. Predicted ages of dairy calves when colos-

- trum-derived bovine viral diarrhea virus antibodies would no longer offer protection against disease or interfere with vaccination. *J Am Vet Med Assoc* 221: 678-685.
- O'Connor AM, Reed MC, Denagamage TN, Yoon KJ, Sorden SD, Cooper VL. 2007. Prevalence of calves persistently infected with bovine viral diarrhea virus in beef cow-calf herds enrolled in a voluntary screening project. *J Am Vet Med Assoc* 230: 1691-1696.
- Olafson P, MacCallum AD, Fox FH. 1946. An apparently new transmissible disease of cattle. *Cornell Vet* 36: 205-213.
- Ridpath JF, Bolin SR, Dubovi EJ. 1994. Segregation of bovine viral diarrhea virus into genotypes. *Virology* 205: 66-74.
- Rush DM, Thurmond MC, Muñoz-Zanzi CA, Hietala SK. 2001. Descriptive epidemiology of postnatal bovine viral diarrhea virus infection in intensively managed dairy heifers. *J Am Vet Med Assoc* 219: 1426-1431.
- Schoder G, Möstl K, Benetka V, Baumgartner W. 2004. Different outcome of intrauterine infection with bovine viral diarrhoea (BVD) virus in twin calves. *Vet Rec* 154: 52-53.
- Song MC, Choi KS. 2010. Phylogenetic analysis of bovine viral diarrhea virus from Korean indigenous calves in Gyeongbuk province. *J Vet Clin* 27: 635-639.
- Stahl K, Alenius S. 2012. BVDV control and eradication in Europe. *Jpn J Vet Res* 60: S31-39.
- Taylor LF, Van Donkersgoed J, Dubovi EJ, Harland RJ, van den Hurk JV, Ribble CS, Janzen ED. 1995. The prevalence of bovine viral diarrhea virus infection in a population of feedlot calves in western Canada. *Can J Vet Res* 59: 87-93.
- Voges H, Young S, Nash M. 2006. Direct adverse effects of persistent BVDv infection in dairy heifers - a retrospective case control study. *Vetscript* 19: 22-25.
- Walz PH, Grooms DL, Passler T, Ridpath JF, Tremblay R, Step DL, Callan RJ, Givens MD. 2010. Control of Bovine Viral Diarrhea Virus in Ruminants. *J Vet Intern Med* 24: 476-486.