

공주, 연기지역 젖소의 *Neospora caninum* 항체 양성을 및 갓 태어난 송아지의 감염양상 조사

손정훈 · 박배근 · 서상희 · 손화영 · 조성환¹ · 류시윤¹

충남대학교 수의과대학 · 동물위과학연구소

(게재승인: 2010년 8월 3일)

Estimation of *Neospora caninum* Seroprevalence in Dairy Cattle in Gongju and Yeongi and Transmission Pattern to Newborn Calves

Jeong-Hoon Son, Bae-Keun Park, Sang-Heui Seo, Hwa-Young Son, Sung-Whan Cho¹ and Si-Yun Ryu¹

Research Institute of Veterinary Science, College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract : To examine the seroprevalence of *Neospora caninum* (*N. caninum*) infections in cattle raised at farms where an abortion had previously occurred in Gongju city and Yeongi-gun of Chungnam Province, 280 head of cattle from six farms were examined by ELISA. Thirty-two pregnant cattle from four farms were examined to determine the abortion rate in *N. caninum*-infected pregnant cattle and the infection pattern in newborn calves. The six farms where the abortions had previously occurred demonstrated positive reactions to *N. caninum*. Although the mean seropositive rate of the six farms was 17.5%, the range of seropositivity was 3.4-57.1% due to the difference in seroprevalence between farms. The general pattern of seropositivity in cows was higher than in heifers. In addition, the abortion rate of *N. caninum*-positive in 18 out of 32 pregnant dams raised in four farms was 16.7%. The seroprevalence of newborn calves from *N. caninum*-positive pregnant animals differed according to the farm but was 86.7% overall. In contrast, 14 newborn calves from the *N. caninum*-negative pregnant cattle showed negative responses. This suggests that *N. caninum* is endemic and occurs through vertical transmission from chronically-infected dams. Therefore, aborted dams should be discarded.

Key words : *Neospora caninum*. dairy cattle, Korea.

서 론

Neospora caninum (*N. caninum*)은 포자충강 근육포자충과에 속하는 원충으로 개에서 cyst-forming sporozoon으로 처음으로 보고된 이래(9), *Toxoplasma gondii*와 구별되는 신종 포자충종을 나타내는 의미에서 *Neospora*로 명명되었으며 현재 *Neospora* 속에는 *N. caninum* 한 종만 존재한다(18). *N. caninum*의 중간숙주는 가축인 소, 양, 말을 비롯하여 몇몇 야생동물이 있고(15,17), 종숙주는 개(23)와 효묘테(21)로 알려져 있다.

N. caninum 감염은 개에서는 심각한 신경증상을 유발하고, 소를 비롯한 여러 동물에서는 주로 유산의 원인이 된다. 현재 소에서 발생하는 유산의 가장 중요한 원인체로 인식되고 있으며(5,15-17,19,20), 유산과 관련된 번식장애로 인한 경제적 손실은 막대하다(5,16,20). *N. caninum*은 내인성감염인 수직전파와 외인성감염인 수평전파 양식으로 전파된다. 이 두 경로

에 의해 감염된 어미소는 유산 혹은 정상 분만을 하게 되는 데, 정상 분만인 경우에는 선천적으로 *N. caninum*에 감염된 송아지 또는 감염되지 않은 송아지를 분만한다(5,16,17,20).

임상에서 유산이 발생하였을 때 어미소의 *N. caninum* 감염유무를 확인하는 방법으로 널리 행해지고 있는 진단법에는 간접형광항체검사법(indirect fluorescent antibody test; IFAT)과 효소면역항체검사법(enzyme-linked immunosorbent assay; ELISA)이 있다. 이들 방법을 이용하면 유산이 발생한 목장에서 개체별로 *N. caninum* 감염유무를 신속히 진단할 수 있다. 근래에는 기생충의 외인성감염과 만성감염 유무를 밝히기 위한 목적 및 감염된 어미소로부터 태어날 송아지의 선천적 감염유무와 감염된 임신우에서 유산 발생을 예견할 수 있는 지표를 개발하기 위한 다방면의 연구가 진행되고 있으며, 최근에는 수월성, 샘플의 동시 처리 능력 등을 바탕으로 ELISA법이 주로 이용되고 있다(10-14,19,22,24,25,29,33).

국내의 *N. caninum* 감염은 김 등(1)에 의해 젖소의 유산태아에서 처음으로 보고된 이래 많은 연구자들에 의해 연구되어져 왔으나, 국내에서 사육중인 소의 지역별, 목장별, 품

¹Corresponding author.
E-mail : syryu@cnu.ac.kr

종별 및 개체별 감염률에 대한 조사가 대부분이다(2-4,26).

본 연구는 충남 공주와 연기군에서 유산이 발생하였던 목장에서 사육중인 젖소를 대상으로 *N. caninum*에 대한 항체 양성률을 ELISA법을 이용하여 조사함과 동시에 *N. caninum*에 감염된 어미소로부터 갓 태어난 송아지의 감염양상을 조사하였다.

재료 및 방법

동물 및 임신 진단

기존에 유산이 발생하였던 충청남도 공주시 소재 5곳의 목장과 연기군 소재 1곳의 목장을 대상으로 2009년 3월부터 2010년 1월 사이에 생후 1년 이상 된 젖소 암소 총 280두의 혈청을 공시하였다(Table 1). 이들 목장은 부르셀라병 및 결핵검사에서 모두 음성이었으며, 매년 예방접종 프로그램에 따라 Infectious Bovine Rhinotracheitis virus, Bovine Viral Diarrhea virus, Myxovirus Parainfluenza3, Bovine Respiratory Syncytial virus, *Haemophilus sommus*가 포함된 소 호흡기 5종 종합백신(Bar Vac® Elite 4-HS, Boehringer Ingelheim, St. Joseph, MI)을 이용하여 예방접종하였다.

N. caninum 양성우로부터 태어나는 송아지의 감염여부를 알아보기 위해 6곳의 목장 중 4곳에서 사육중인 임신 2개월 이상 된 *N. caninum* 양성우 18두와 음성우 14두에 대해서 유산 또는 분만이 어미소와 송아지의 혈액을 채취하여 조사하였다(Table 1). 유산된 태아에서는 심장에서 혈액을 채취하였으며 여의치 않을 경우에는 흉수를 채취하여 공시하였고, 정상 분만한 송아지는 분만 즉시 송아지가 초유를 섭취하기 전에 혈액을 채취하여 공시하였다. 채취한 혈액은 응고 후 혈청을 분리한 다음 -70°C에서 보관하면서 실험에 이용하였다.

임신 진단은 직장을 통한 초음파임신진단기로 인공수정 후 5-7주경에 임신진단한 후, 임신 10-12주경에 재검사하여 임신 지속 유무를 확인한 다음, 유산이나 분만 때까지 송아지의 생사를 지속적으로 확인하였다. 유산한 경우 어미소는 결핵 및 부르셀라 감염 여부를 가축위생시험소에 의뢰하여 다시 확인하였다.

혈청학적 검사

Neospora caninum antibody Test Kit (CHEKIT Neospora ELISA, IDEXX Laboratories, Liebefeld-Bern Switzerland)를 사용하여 조사하였다. 모든 혈청 샘플은 혈청 희석액으로 10

배 희석하여 항원이 코팅된 마이크로플레이트에 100 µl/well씩 증복 분주한 후 37°C에서 1시간 배양한 다음, 4회 세척하였다. 이어서 anti-ruminant-IgG-PO conjugate를 100 µl/well를 분주한 후 37°C에서 1시간 배양, 세척과정을 거쳐, tetramethylbenzidine (TMB) substrate를 100 µl/well씩 분주하여 실온에서 15분 배양한 후 stop solution을 100 µl/well 첨가하고 450 nm에서 흡광도(OD)를 측정하여 S/P값을 계산하였다.

$S/P\text{값}(\%) = \frac{\text{sample mean OD} - \text{negative control mean OD}}{\text{positive control mean OD} - \text{negative control mean OD}} \times 100$

제조사의 설명서에 따라 S/P값이 40% 이상은 양성, 30% 이상 40% 미만은 의양성, 30% 미만은 음성으로 판정하였다.

유산 양상의 분류

예비조사에서 2007년 9월부터 2009년 2월까지 각 목장별로 기록된 유산우 관리 대장에 근거하여 Wouda 등(33)의 분류에 따라 유산이 2개월 이내에 12.5% 이상 발생한 경우를 유행병성(epidemic) 유산, 그리고 Davison 등(10)의 분류에 따라 1년 동안 3% 이상의 소에서 유산이 발생한 경우를 지방병성(endemic) 유산으로, 3% 미만의 소에서 유산이 발생한 경우를 산발성(sporadic) 유산으로 분류하였다.

결 과

목장별 및 목장내 개체별 항체 양성률

유산이 발생하였던 6곳 목장 모두에서 *N. caninum*에 대한 항체가 검출되어 목장의 항체 양성률은 100%였다. 2009년 3월부터 2010년 1월까지 11개월 동안 총 280두에 대한 개체별 항체 양성률의 평균은 17.5%였지만, 목장별로 다양하였다. 유행병성 유산이 발생하였던 목장 A의 항체 양성률이 57.1%로 가장 높았고, 지방병성 유산이 발생하였던 목장 B, C, D 및 E에서 각각 20.9%, 47.6%, 3.7%, 3.4%를, 그리고 산발성 유산이 발생하였던 목장 F에서 항체 양성률이 13.6%로 나타났다(Table 2). 의양성우는 2곳의 목장에서 발견되었으나 차후 재검사에서 음성으로 판정되었다.

목장별 경산우와 초임우간의 항체 양성률

Table 3에서와 같이 목장 A, B 및 C에서는 경산우에서 항체 양성률이 높은 편이지만, 목장 D와 E에서는 초임우의 항체 양성률이 높았고, 목장 F에서는 초임우와 경산우가 비슷하였다.

Table 1. Numbers of used animals in 6 dairy herds

Herd	A	B	C	D	E	F	Total
No. of used dams to observe seroprevalence	21	81	21	54	59	44	280
No. of used dams to observe serostatus of calves	11 (7/4) ^a	-	11 (7/4) ^a	4 (1/3) ^a	-	6 (3/3) ^a	32 (18/14) ^a

^a; Number of seropositive dams/seronegative dams

Table 2. *N. caninum* seropositivity and previous abortion rates

Herd	Seropositive animals/Total No. of animals (%) ^a	False-positive animals/Total No. of animals (%) ^b	Previous aborted animals/Total No. of previous used animals (%) ^c	Previous culled animals (%) ^d	Previous abortion pattern
A	12/21(57.1)	0/21(0)	6/18(33.3)	1 (16.6)	Epidemic
B	17/81(20.9)	0/81(0)	5/48(10.4)	0	Endemic
C	10/21(47.6)	1/21(4.8)	2/21(9.5)	0	Endemic
D	2/54(3.7)	0/54(0)	3/40(7.5)	2 (66.7)	Endemic
E	2/59(3.4)	0/59(0)	3/50(6)	3 (100)	Endemic
F	6/44(13.6)	3/44(6.8)	1/37(2.7)	0	Sporadic
Total	49/280(17.5)	4/280(1.43)	20/214(9.3)	5 (25)	

^a; Seroprevalence were examined between March 2009 and January 2010.

^b; False-seropositive cows were determined to be seronegative cows in a reexamination.

^c; The records of previous aborted cows were reported between September 2007 and February 2009.

^d; With respect to the total number of previous aborted cows.

Table 3. *N. caninum* seropositivity in the cows and heifers

Herd	n	Seropositive cows/Total number of cows (%)	Seropositive heifers/Total number of heifers ^a (%)
A	21	11/18 (61.1)	1/3 (33.3)
B	81	14/48 (29.1)	3/33 (9.1)
C	21	10/21 (47.6)	0/0
D	54	1/40 (2.5)	1/14 (7.1)
E	59	1/50 (2.0)	1/9 (11.1)
F	44	5/37(13.5)	1/7 (14.3)
Total	280	42/214 (19.6)	7/66 (10.6)

^a; Age of heifers is over than 1-year old.

유산율 및 유산 태아의 항체 양성율

4곳의 목장에서 사육중인 32두의 임신우에서 *N. caninum* 양성우 18두 중 3두가 유산하여 유산율은 16.7%였다(Table 4). 유산한 3두 모두는 경산우로 기존에 유행병성 유산이 발생하였던 A 목장의 *N. caninum* 양성우에서 발생하였으며, 유산 시기는 각각 인공수정 후 142일, 185일, 199일이었다. 인

공수정 후 185일된 유산 태아의 심장 혈액에서는 *N. caninum*에 대한 양성 반응이 나타났지만, 인공수정 후 142일된 태아는 혈액을 채취할 수 없었기에 혈액이 고인 흉수를 채취하여 조사하였던바 음성이었으며, 나머지 1두의 유산 태아는 심하게 미이라화 되어 확인할 수 없었다. 유산된 태아의 혈청 반응을 확인할 수 없었던 1두는 계속된 임신에서 인공수정 후 214일에 반복 유산하였으며 미이라화가 상당히 진행되어 혈청학적 검사를 할 수 없었다.

목장별 송아지의 항체 양성률

유산우를 제외한 *N. caninum* 만성 감염우 15두로부터 13두의 양성 송아지가 태어났으며, 갓 태어난 송아지의 항체 양성율은 86.7%였다(Table 5). 양성 송아지 중 1두는 사지를 구부린 채 횡외자세를 취하였으며 슬개골 반사와 의식이 없었고 호흡은 매우 약한 상태를 유지하다가 출생 후 12시간이 경과하는 시점에 폐사하였다. A와 F 목장에서는 각각 한 마리씩의 양성 송아지가 태어났다. 한편, *N. caninum* 음성 임신우 14두로부터 갓 태어난 송아지 14두는 음성반응을 나타내었다(Table 5).

Table 4. Abortion rates and seropositive rates in the 32 selected cows and heifers

Herd	No. of total pregnant heifers/No. of total pregnant cows (n)	No. of seropositive pregnant heifers/No. of seropositive pregnant cows (n)	No. of aborting heifers/No. of aborting cows (%)
A	3/8 (11)	1/6 (7)	0/3 (42.9) ^a
C	0/11 (11)	0/7 (7)	0/0
D	4/0 (4)	1/0 (1)	0/0
F	3/3 (6)	1/2 (3)	0/0
Total	32	3/15 (18)	0/3 (16.7) ^a

^a; With respect to the total number of seropositive animals

Table 5. Serostatus of newborn calves from seropositive and seronegative dams

Herd	n	No. of seropositive newborn calves/No. of seropositive dams (%)	No. of seronegative newborn calves/No. of seronegative dams (%)
A	8	3/4 (75)	4/4 (100)
C	11	7/7 (100)	4/4 (100)
D	4	1/1 (100)	3/3 (100)
F	6	2/3 (66.7)	3/3 (100)
Total	29	13/15 (86.7)	14/14 (100)

고 찰

젓소의 목장별 *N. caninum*에 대한 항체 양성율은 외국의 경우 16-90% 사이로 국가 및 지역별로 다양하며(8,27,28), 국내에서도 전국 평균은 53.5%로 보고되어 있으나(3), 충남 공주를 포함한 인접지역에서 부르셀라 양성 또는 의양성 농가를 대상으로 한 조사에서는 93.3%로 차이가 있다(4). 본 조사에서 기존에 유산이 발생했었던 목장을 대상으로 양성율을 조사한 결과 조사 대상 6곳의 목장 모두에서 양성 반응이 나타났다. 이로 미루어 *N. caninum*이 주위에 광범위하게 유행하는 것으로 생각된다.

*N. caninum*에 대한 개체별 항체 양성율은 국내에서 사육 중인 젓소의 평균이 8.4-35.6%로 보고자에 따라 차이가 있으며(2,3), 충남 공주를 포함한 인접지역에서는 64.2%였다(4). 이와 같이 목장내 개체별 양성율은 국내외를 막론하고 지역과 조사방법 등에 따라 차이를 보이고 있다(2-5,8,10,27,28,33). 본 연구에서도 목장내 개체별 항체 양성율의 평균은 17.5%였지만, 목장별로 차이가 있어 목장 A, C에서 뚜렷이 높은 양성율을 나타내었다. 목장 A에서는 2007년 9월부터 2009년 2월 사이에 유행병성 유산이 한 번 발생했던 적이 있었지만, 목장 C에서는 같은 기간 동안에 동일한 종류의 유산은 없었다. 하지만, 개체별 항체 양성율을 조사하기 18개월 전인 2007년 9월 이전의 기록이 없어 목장 C에서 유행병성 유산의 발생 유무는 알 수 없지만 지방병성 유산이 일어났던 다른 목장에 비해 C 목장의 개체별 양성율이 월등히 높은 점으로 미루어 과거에 유행병성 유산이 발생하였을 것으로 추정된다. 또한, 본 조사 결과 유산이 발생했었던 목장에서 유산우의 도태율이 높을수록 목장내 개체 항체 양성율은 낮았다. 이는 *N. caninum* 감염과 유산은 밀접한 관계가 있으며, 유산력이 있었던 목장에서 유산한 소는 가급적 도태하는 것이 바람직하다는 것을 의미한다(24).

*N. caninum*에 의한 유산 빈도와 연령대별 항체 양성율과의 상관관계는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 유행병성 유산은 출생 후 외부 환경에 존재하는 기생충의 감염에 의한 것으로 특정 연령대에서 항체 양성율이 높게 나타나지만, 지방병성 및 산발성 유산은 대개 만성 감염되어 있는 양성 어미 소로부터 송아지로 기생충의 수직감염에 의한 것으로 모든

연령대에서 항체 양성율이 비슷하게 나타난다(10,13,33). 이것과 관련하여 Dijkstra 등(13)은 출생 후 감염이 있었던 것으로 추측되는 목장에서 특정 연령대의 경산우가 다른 연령대에 비해 항체 양성율이 높고, 이들 경산우에서 주로 유산이 일어났다고 보고하였다. 본 조사에서 경산우와 1년 이상 된 초임우로 나누어 항체 양성율을 조사한 결과 유행병성 유산이 일어났던 목장 A에서도 경산우가 초임우에 비해 1.8배 정도의 높은 항체 양성율을 보였고, 경산우에서만 유산이 일어났다. 그러나, 지방병성 및 산발성 유산이 있었던 목장의 경우 양성율이 높은 연령대는 다양하였다. 목장 D와 E에서 경산우의 항체 양성율이 낮은 이유는 기존에 유산한 경력이 있는 경산우를 도태하였기 때문이라고 생각된다.

*N. caninum*에 감염된 비임신우는 무증상이지만 임신우에서는 유산이 발생하는데, 양성우는 음성우에 비해 유산의 위험이 3.5배 더 높고(11), 대부분 임신 4-7개월 된 양성우에서(5,6,26,30), 여름과 초가을에 주로 유산이 일어난다(33). 본 조사에서도 A 목장에서 임신 4-6개월된 *N. caninum* 양성우에서만 6-8월 사이에 유산이 발생하였다. A 목장은 임신한 양성우 7두에 대한 유산율은 42.9%이고, 공식된 임신한 젓소 11두에 대한 유산율이 27.3%로, 유행병성 유산이 발생한 것으로 생각된다.

임신 185일된 유산 태아의 심장 혈액에서 *N. caninum*에 대한 양성 반응이 나타난데 반해, 임신 142일된 태아의 혈액이 고인 흉수에서 음성이 나타난 이유는 자가용해로 인해 태아의 면역글로블린 분해(degradation)되어 *N. caninum*에 대한 특이 항체 수치가 낮아졌기 때문으로 사료된다(34). 목장 A에서 유산한 3두 중 임신 199일에 유산한 양성 임신우는 조사 기간 동안 반복 유산하여, 반복유산율이 33.3%였다. Anderson 등(7)은 *N. caninum*으로 인한 반복 유산율이 5% 미만이라고 하였으나, Pabón 등(24)은 혈청학적으로 양성인 만성 감염우에서 반복 유산율이 매우 높아 36.8%에 달한다고 하여, 본 조사의 반복 유산율과 비슷하였다. 하지만 2009년 3월 이전에 기록된 A 목장의 유산우 관리 대장에 의하면 유산우 중 반복 유산한 1두를 제외한 나머지 2두 역시 2007년 9월부터 2009년 2월 사이에 유산한 기록이 있어, 실제 목장의 규모가 작을 수록 만성 양성 유산우를 도태하지 않는 경향이 있는 점을 고려해 볼 때 국내 목장에서 만성 양성우의 반복유산율은 매우 높을 것으로 생각된다.

N. caninum 감염 경로는 양성 모축으로부터 임신기간 동안 기생충이 태반을 통하여 태아로 전파되는 내인성감염(endogenous transplacental infection) 즉 수직감염과, 출생 후 외부환경에서 유래한 기생충에 의한 외인성감염(exogenous transplacental infection) 즉 수평감염으로 구분할 수 있으며(31), 목장에서 *N. caninum*의 확산은 주로 수직감염에 의한 것으로 이때 태어난 송아지의 양성율은 80-95% 정도이다(5,12). 본 조사에서도 유산우를 제외한 15두의 양성우로부터 갓 태어난 15두의 송아지 중 13두가 양성 반응을 보여 86.7%의 양성율을 나타내었다. 본 조사에서 정상 분만한 송아지는 초유를 섭취하기 전에 혈액을 채취하여 실험에 이용한

점과 A 목장을 포함하여 *N. caninum* 음성우 14두에서 갓 태어난 송아지가 모두 음성인 점을 고려하면, 유행병성 유산이 일어났던 목장 A를 포함한 모든 목장에서 양성을 나타내는 송아지도 역시 수직감염에 의한 것으로 생각된다. 양성인 13두의 송아지 중 출생 후 12시간에 폐사한 1두를 제외한 12두는 건강하였다. *N. caninum* 만성 감염우에서 유산이 일어나거나 태아가 재감염되는(5,12,14,16,19,22,24,25,32) 이유는 우군을 잘 관리하더라도 다수의 임신우에서 스트레스, 질병, 호르몬 수치의 변화 등의 여러 가지 요인에 의해 어미소에서 면역억제가 일어나고, 이것이 잠복중인 기생충을 재활성화시키기 때문이라고 보고되어 있다(16,24).

*N. caninum*이 소에서 발생하는 유산의 가장 중요한 원인으로 인식되고 있지만(5,15-17,19,20), 본 실험에서 보는 바와 같이 어떤 경우에는 유산이 일어나고 어떤 경우에는 건강한 송아지를 낳는지에 대해서는 아직 명확하게 밝혀져 있지 않기 때문에, 이에 대한 연구가 더 필요하다.

결 론

충남 공주와 연기군에서 유산이 발생하였던 목장에서 사육중인 젖소의 *N. caninum* 항체 양성을 파악하기 위하여 목장 6곳의 젖소 280두를 대상으로 ELISA법을 적용하여 조사하였으며, *N. caninum*에 감염된 양성 임신우의 유산율과 갓 태어난 송아지의 감염양성을 파악하기 위하여 목장 4곳의 임신우 32두를 공시하였다.

기존에 유산이 발생했던 목장 6곳 모두가 *N. caninum* 양성 반응을 보였으며, 목장내 개체별 항체 양성율의 평균은 17.5%였으나 목장별로 개체별 항체 양성율의 차이가 있어 3.4-57.1%였다. 목장별 경산우와 초임우의 항체 양성율은 전체적으로 경산우가 초임우에 비해 높은 편이었다. 그리고, 목장 4곳에서 사육 중인 임신우 32두 중 *N. caninum* 양성 18두의 유산율은 16.7%였으며, 양성 임신우로부터 갓 태어난 송아지의 항체 양성율은 목장별로 차이가 있지만 전체적으로 86.7%였다. 반면에 *N. caninum* 음성 임신우 14두로부터 갓 태어난 송아지 14두는 모두 음성 반응을 나타내었다.

이상의 결과는 *N. caninum*이 주위에 광범위하게 유행하고 있으며, 이것은 만성 감염우로부터 수직감염에 기인한다는 것을 의미하기 때문에, 유산한 소는 가급적 도태하는 것이 바람직하다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. 김대용, 황우석, 김재훈, 허권, 황의경, 이병천, 진영화, 이재진, 최상호. Neospora에 의한 소 유산 발생. 대한수의학회지 1997; 37: 607-612.
2. 조영미, 강승원, 최은진, 정우석, 윤용덕, 황우석. Neospora caninum 간접형광항체진단법 개발 및 국내 가축에서의 항체가 조사. 대한수의학회지 1998; 38: 595-599.
3. 허권, 김재훈, 황우석, 황의경, 진영화, 이병천, 배지선, 강영배, 산근일랑, 김대용. 간접형광항체법을 이용한 국내 젖소의 Neospora caninum에 대한 혈청역학적 연구. 대한수의학회지 1998; 38: 859-866.
4. 허인, 김영진, 김희, 허진희, 박일규, 강승원, 정우석. 소에서 Neospora caninum에 대한 항체가 조사. 한국가축위생학회지 2001; 24: 9-14.
5. Anderson ML, Andrianarivo AG, Conrad PA. Neosporosis in cattle. Anim Reprod Sci 2000; 60-61: 417-431.
6. Anderson ML, Blanchard PC, Barr BC, Dubey JP, Hoffman RL, Conrad PA. Neospora-like protozoan infection as a major cause of abortion in California dairy cattle. J Am Vet Med Assoc 1991; 198: 241-244.
7. Anderson ML, Reynolds JP, Rowe JD, Sverlow KW, Packham AE, Barr BC, Conrad PA. Evidence of vertical transmission of Neospora sp. infection in dairy cattle. J Am Vet Med Assoc 1997; 210: 1169-1172.
8. Bartels CJ, Arnaiz-Seco JI, Ruiz-Santa-Quitera A, Björkman C, Frössling J, von Blumröder D, Conraths FJ, Schares G, van Maanen C, Wouda W, Ortega-Mora LM. Supranational comparison of Neospora caninum seroprevalences in cattle in Germany, the Netherlands, Spain and Sweden. Vet Parasitol 2006; 137: 17-27.
9. Bjerksås I, Mohn SF, Presthus J. Unidentified cyst-forming sporozoan causing encephalomyelitis and myositis in dogs. Z Parasitenkd 1984; 70: 271-274.
10. Davison HC, French NP, Trees AJ. Herd-specific and age-specific seroprevalence of Neospora caninum in 14 British dairy herds. Vet Rec 1999; 144: 547-550.
11. Davison HC, Otter A, Trees AJ. Significance of Neospora caninum in British dairy cattle determined by estimation of seroprevalence in normally calving cattle and aborting cattle. Int J Parasitol 1999; 29: 1189-1194.
12. Davison HC, Otter A, Trees AJ. Estimation of vertical and horizontal transmission parameters of Neospora caninum infections in dairy cattle. Int J Parasitol 1999; 29: 1683-1689.
13. Dijkstra T, Barkema HW, Eysker M, Wouda W. Evidence of post-natal transmission of Neospora caninum in Dutch dairy herds. Int J Parasitol 2001; 31: 209-215.
14. Dijkstra T, Lam TJ, Bartels CJ, Eysker M, Wouda W. Natural postnatal Neospora caninum infection in cattle can persist and lead to endogenous transplacental infection. Vet Parasitol 2008; 152: 220-225.
15. Dubey JP. Neosporosis in cattle. J Parasitol 2003; 89(Suppl): S42-S46.
16. Dubey JP. Review of Neospora caninum and neosporosis in animals. Korean J Parasitol 2003; 41: 1-16.
17. Dubey JP, Buxton D, Wouda W. Pathogenesis of bovine neosporosis. J Comp Pathol 2006; 134: 267-289.
18. Dubey JP, Carpenter JL, Speer CA, Topper MJ, Uggla A. Newly recognized fatal protozoan disease of dogs. J Am Vet Med Assoc 1988; 192: 1269-1285.
19. Dubey JP, Schares G. Diagnosis of bovine neosporosis. Vet Parasitol 2006; 141: 1-34.
20. Dubey JP, Schares G, Ortega-Mora LM. Epidemiology and control of neosporosis and Neospora caninum. Clin Microbiol Rev 2007; 20: 323-367.
21. Gondim LF, McAllister MM, Pitt WC, Zemlicka DE. Coyotes (Canis latrans) are definitive hosts of Neospora caninum. Int J Parasitol 2004; 34: 159-161.
22. Innes EA, Wright SE, Maley S, Rae A, Schock A, Kirvar E, Bartley P, Hamilton C, Carey IM, Buxton D. Protection against

- vertical transmission in bovine neosporosis. *Int J Parasitol* 2001; 31: 1523-1534.
23. McAllister MM, Dubey JP, Lindsay DS, Jolley WR, Wills RA, McGuire AM. Dogs are definitive hosts of *Neospora caninum*. *Int J Parasitol* 1998; 28: 1473-1478.
 24. Pabón M, López-Gatius F, García-Ispuerto I, Bech-Sàbat G, Nogareda C, Almería S. Chronic *Neospora caninum* infection and repeat abortion in dairy cows: a 3-year study. *Vet Parasitol* 2007; 147: 40-46.
 25. Paré J, Thurmond MC, Hietala SK. *Neospora caninum* antibodies in cows during pregnancy as a predictor of congenital infection and abortion. *J Parasitol* 1997; 83: 82-87.
 26. Park BK, Kim HS, Ryu SY, Cho SW, Kang SW. A case report of bovine abortion induced by *Neospora* sp. in Korea. *J Vet Sci CNU* 1998; 6:43-47.
 27. Quintanilla-Gozalo A, Pereira-Bueno J, Tabarés E, Innes EA, González-Paniello R, Ortega-Mora LM. Seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy and beef cattle in Spain. *Int J Parasitol* 1999; 29: 1201-1208.
 28. Rodriguez I, Choromanski L, Rodgers SJ, Weinstock D. Survey of *Neospora caninum* antibodies in dairy and beef cattle from five regions of the United States. *Vet Ther* 2002; 3: 396-401.
 29. Schares G, Bärwald A, Staubach C, Söndgen P, Rauser M, Schröder R, Peters M, Wurm R, Selhorst T, Conraths FJ. p38-avidity-ELISA: examination of herds experiencing epidemic or endemic *Neospora caninum*-associated bovine abortion. *Vet Parasitol* 2002; 106: 293-305.
 30. Thilsted JP, Dubey JP. Neosporosis-like abortions in a herd of dairy cattle. *J Vet Diagn Invest* 1989; 1: 205-209.
 31. Trees AJ, Williams DJ. Endogenous and exogenous transplacental infection in *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii*. *Trends Parasitol* 2005; 21: 558-561.
 32. Williams DJ, Guy CS, Smith RF, Guy F, McGarry JW, McKay JS, Trees AJ. First demonstration of protective immunity against foetopathy in cattle with latent *Neospora caninum* infection. *Int J Parasitol* 2003; 33: 1059-1065.
 33. Wouda W, Bartels CJ, Moen AR. Characteristics of *Neospora caninum*-associated abortion storms in dairy herds in the Netherlands (1995 to 1997). *Theriogenology* 1999; 52: 233-245.
 34. Wouda W, Dubey JP, Jenkins MC. Serological diagnosis of bovine fetal neosporosis. *J Parasitol* 1997; 83: 545-547.