

경남 지역내 소 *Neospora caninum*에 대한 감염률 조사

박애라* · 하대식 · 조성숙 · 권영택 · 박동엽 · 이국천 · 허정호
경남 축산진흥연구소 중부지소

(접수 2010. 4. 8, 게재승인 2010. 6. 11)

Seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* in Korean indigenous cattle in Gyeongnam central area

Ae-Ra Park*, Dae-Sik Hah, Seong-Suk Jo, Young-Taek Kwun,
Dong-Yeop Park, Kuk-Cheon Lee, Jung-Ho Heo

Central branch of Gyeongnam Livestock Veterinary Promotion Research Institute, Kimhae 621-833, Korea

(Received 8 April 2010, accepted in revised from 11 June 2010)

Abstract

This survey was carried out to investigate the seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* in Korean indigenous cattle that was raised in central area province Gyeongnam, Korea. A total of 719 sera were tested for *N. caninum* antibodies using ELISA (Herdcheck anti-*Neospora*, IDEXX Laboratories Inc., Westbrook, Maine USA). Seroprevalence of individual and farm were 29.8%(214/719) and 53.2%(50/94). Regional seropositive rates of the samples were 61%(47/77), 23.3%(7/30), 13.8%(49/355), 37.6%(77/205), 65.4%(34/52) at Changwon, Jinhae, Gimhae, Miryang, Yangsan, respectively. It showed difference at the age and on the herd size of farms. A herd of cattle above the age of 5 was more infective than under 4 years. And in seroprevalence by herd size farms having under 30 heads was top(35.7%). Seropositive 214 herds of *N. caninum* antibodies were tested for brucellosis by test tube. Positive rate of double infection was 16.4%(35/214).

Key words : *Neospora caninum*, Seroprevalence, Korean indigenous cattle, ELISA

서 론

*Neospora caninum*은 분류학상 첼복포자충문, 구포자충아강, 근육포자충과에 속하는 원충으로 개와 젓소 등에서 유산과 신경근염을 유발한다고 알려져 있다 (Dubey, 1996; Jenkins, 1997). 이 외에도 염소(Barr 등, 1992), 양(Dubey 등, 1990), 말(Marsh 등, 1996), 사슴 (Dubey 등, 1996) 등에서 자연발생예가, 고양이, 마우

스, 돼지, 원숭이 등에서 실험적 감염예가 보고되었다 (Dubey 등, 1999).

*N. caninum*은 매우 유사한 형태학적 구조를 가진 *Toxoplasma gondii*로 잘못 알려져 왔다가 1988년 Dubey 등(1996)이 후구마비로 폐사한 개에서 다발성 신경염과 근염을 관찰하고 세포배양법으로 본 원충을 최초로 분리하여 *N. caninum*이라 명명하였다.

소의 네오스포라증은 미국을 비롯하여 남아프리카, 네덜란드, 일본, 캐나다 등 전 세계적으로 발생하고 있으며(Dubey 등, 1996), 한국에서는 1997년 김 등(1997)

*Corresponding author: Ae-Ra Park, Tel. +82-55-211-5770,
Fax. +82-55-211-5779, E-mail. zippypark@korea.kr

이 임신 6개월령의 유산된 젓소 태아에서 *N. caninum*에 의한 감염을 최초로 보고하였다. 이후 1998년 김 등이 소에서 *N. caninum*을 분리 보고하였고, 젓소에서 반복 유산을 일으킬 수 있음을 입증하였다(김 등, 1998).

소에서 *N. caninum*에 의한 유산의 양상을 살펴보면 미국 캘리포니아에서는 여름이나 초가을보다 겨울에 다발하고 네덜란드에서는 늦여름이나 초가을에 많이 발생한다고 보고된 바 있어 나라마다 차이는 있지만 연중 발생하는 것으로 알려져 있다(Anderson 등, 1991; Moen 등, 1995; Thurmind 등, 1995).

현재까지 밝혀진 *N. caninum*의 감염경로는 감염된 소의 72~95%가 태반을 통해 감염된 것으로 밝혀져 수직감염에 의한 것으로 알려져 있지만(Dubey 등, 1996) 같이 사육되는 개를 통한 전파, 우유나 초유에 의한 송아지로의 전파, BVD 등 질병에 의한 면역저하 등도 본 질병 전파의 요인이 될 수 있는 것으로 알려져 있다(Hemphill 등, 2000).

Sawada 등(1998)은 네오스포라 감염에 의한 유산경험이 있거나 혈청검사 결과 네오스포라 양성을 보인 적이 있는 젓소 목장의 개 48두와 도시에서 사육하는 개 198두의 혈청검사를 실시한 결과 각각 31.3%와 7.1%의 항체양성을 확인하여 소와 개가 관계가 있음을 보였으며, 또 McAllister 등(1998)은 개와 소 사이에 수평감염 가능성을 제시한 바 있다.

최근에 개가 원충의 감염 또는 오염된 조직을 섭취하고 감염되어 분변을 통하여 외계에 저항성을 갖는 oocyst를 배출하고 다시 재 감염됨으로써 개가 *N. caninum*의 종숙주임이 밝혀졌다. 따라서 *N. caninum*에 감수성이 있는 숙주는 개의 분변에 오염된 음수나 사료의 섭취를 통해 수평감염될 수 있음을 설명할 수 있게 되었다(Conrad 등, 1993).

네오스포라증에 대한 혈청학적 진단법으로는 간접형광항체법(IFA)(김 등, 1997; 김 등, 1998)과 면역조직염색법(Thilsted 등, 1989), 효소면역항체검사법(ELISA)(Williams 등, 1997), 포르말린으로 불활화된 원충이 원충 특이 면역글로불린을 응집하는 원리를 이용한 neospora agglutination test (NAT)법(Romand 등, 1988)이 확립되어 있다.

이 질병에 대한 조사연구는 주로 젓소를 중심으로 이루어졌으며, 한우에 대한 연구는 극히 미미한 실정이다. 또한 현재 경남지역에서 사육중인 한우에 대한 *N. caninum*의 감염실태 조사는 아직 이루어지지 않았

다. 현재 근절사업이 추진 중인 소 브루셀라병과 그 임상증상이 유사하고 특히 증상 없이 유산을 일으켜 농가에 막대한 손실을 끼치는 *N. caninum*에 대한 항체 보유 실태를 파악함으로써 앞으로 neosporosis 근절을 위한 방역대책 수립 등을 위한 기초 자료로 활용하고자 이 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

2008년 1~12월까지 경남 중동부지역 5개시의 한우 사육 농가를 대상으로 지역별 사육비율에 따라 무작위로 선정된 94농가 719두의 혈청을 공시재료로 사용하였다. 혈액은 미정맥이나 경정맥에서 채취하였으며, 응고된 혈청은 분리하여 검사 전까지 -20°C 에 냉동 보관하였다가 본 시험에 사용하였다.

검사 및 방법

ELISA: *N. caninum*의 검사는 ELISA를 이용한 Neospora antibody test kit (Herdcheck anti-Neospora sensitivity 100%, specificity 98.9%, IDEXX Laboratories Inc., Westbrook, Maine USA)를 사용하였다. 검사방법은 kit에 포함된 혈청희석액을 이용하여 100배 희석한 가검혈청을 100 μl 씩 분주하여 실온에서 30분 동안 배양한 후 약 300 μl 의 PBS로 4회 세척하고 goat anti-bovine HRPO conjugate를 100 μl 씩 가한다음 실온에서 30분 동안 배양하고 다시 PBS로 세척한 후 TMB 기질 용액을 100 μl 씩 분주하여 실온에서 10분간 배양한 후 다시 stop solution을 100 μl 씩 가하고 흡광도 650nm에서 측정하여 S/P 비율이 0.5이상은 양성으로 판정하고 0.5미만은 음성으로 판정하였다.

브루셀라병검사

N. caninum 항체검사를 실시한 94농가 719두에 대하여 브루셀라병 검사를 실시하였다. 진단액은 검역원의 *B. abortus* 시험관 응집반응용 항원시약을 사용하였다. 각각의 4부 시험관에 0.5% 페놀용액으로 100배 희석한 시험관 진단액을 2ml씩 분주 후 가검혈청 0.08ml, 0.04ml, 0.02ml, 0.01ml, 0.005ml를 넣어 혈청을 25배, 50배, 100배, 200배, 400배로 희석하여 100배 이상에서

응집될 경우 양성으로 판정하였다.

결 과

항체 양성률

경남 중부지역에서 사육중인 한우 암소에 대한 *N. caninum*의 감염실태를 알아보기 위하여 94농가 719두의 혈청을 ELISA로 검사하였다. 한우의 항체 양성율은 농가별로는 94농가 중 50농가가 감염되어 53.2%, 두수별로는 719두 중 214두가 감염되어 29.8%의 감염률을 나타내었다(Table 1).

지역별 항체 양성률

경남 중부지역 5개시의 지역별 항체 양성율은 농가별 양성율은 김해시가 59%로 가장 높았다. 중부지역 전체적으로는 53.2%로 절반이상의 농가가 감염되어 있었다. 개체별 감염률은 양산시가 65.4%로 가장 높아 지역별로 감염양상의 차이가 있었다(Table 2).

Table 1. *N. caninum* seropositive ratio for Korean indigenous cattle

	Positive/Test	Positive (%)
Farms	50/94	53.2
Heads	214/719	29.8

Table 2. Positive rate of *N. caninum* in Korean indigenous cattle according to regions

Area	Positive/Farms (%)	Positive/Heads (%)
Changwon	7/13 (53.8)	47/77 (61)
Jinhae	1/3 (33.3)	7/30 (23.3)
Gimhae	23/39 (59)	49/355 (13.8)
Miryang	13/28 (46.4)	77/205 (37.6)
Yangsan	6/11 (54.6)	34/52 (65.4)
Total	50/94 (53.2)	214/719 (29.8)

Table 4. Seropositive ratio of double infection of Neosporosis and Brucellosis

Area	Neosporosis positive		Brucellosis positive		Positive (%)	
	Farms	Heads	Farms	Heads	Farms	Heads
Changwon	7	47	3	12	42.9	25.5
Jinhae	1	7	0	0	0	0
Gimhae	23	49	6	18	26.1	36.7
Miryang	13	77	3	5	23.1	6.5
Yangsan	6	34	0	0	0	0
Total	50	214	12	35	24	16.4

연령별 감염률

연령이 높아질수록 소에서 감염률이 높다는 보고(황의경, 2003)가 있어 1~4세와 5세 이상으로 구분하여 항체 양성율을 비교하였다. 1~4세의 경우 25.4% (127/500), 5세 이상의 경우 39.7%(87/219)로 연령이 높을수록 항체 양성율 또한 다소 높아지는 경향을 나타내었다(Table 3).

사육규모별 양성률

30두 이하, 31~70두 이하, 71두 이상의 사육 규모별로 나누어 항체 양성율을 비교한 바 1~30두를 사육하는 농가의 양성율(35.7%)이 가장 높게 나타났다(Fig. 1).

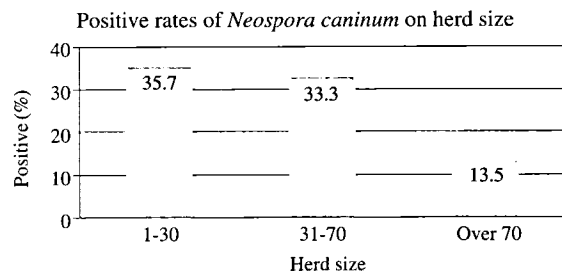


Fig. 1. Positive rate of *N. caninum* in Korean indigenous cattle according to farms herd size.

Table 3. Positive rate of *N. caninum* in Korean indigenous cattle according to their age

Area	1~4 years	≥ 5 years
	Positive/Test (%)	Positive/Test (%)
Changwon	22/41 (53.7)	25/36 (69.4)
Jinhae	3/19 (15.8)	4/11 (36.4)
Gimhae	41/289 (14.2)	8/66 (12.1)
Milryang	41/121 (33.9)	36/84 (42.9)
Yangsan	20/30 (66.7)	14/22 (63.6)
Total	127/500 (25.4)	87/219 (39.7)

브루셀라와 네오스포라의 혼합감염률

브루셀라와 네오스포라의 혼합감염률을 알아보기 위하여 네오스포라 항체양성 개체에 대하여 브루셀라 병 검사를 실시한 결과 혼합 감염된 농가의 비율은 창원시가 가장 높게 나타났고 혼합 감염된 개체의 비율은 김해가 가장 높았다. 진해시와 양산시의 경우 검사 대상 모두 브루셀라병 음성이었다(Table 4).

고 찰

소의 질병 중 축산농가에 가장 큰 피해를 주는 질병은 여러 가지가 있을 수 있으나 크게 송아지설사, 호흡기질병, 번식장애 등을 들 수 있다. 이중 설사와 호흡기질병은 외관적으로도 쉽게 인식할 수 있지만 번식장애 피해는 외관적으로 구별이 힘들고 그 시기도 다양하며, 또한 경우도 극히 미미하여 간과하는 경우가 많다. 이러한 번식장애 중 특히 유사산이 소 사육 농가의 주된 관심사중의 하나인데 유사산을 일으키는 병원미생물에는 세균, 바이러스, 기생충, 곰팡이 등이 있고, 특히 브루셀라병이 유사산 질병 중 가장 많은 발병률을 나타내며 피해가 커 중점적으로 근절사업을 실시하고 있다.

최근에 원충성 질병인 네오스포라도 상당히 높은 비율을 차지하여 문제시 되고 있는데(Sawada 등, 1998) 이 질환은 아직 농가의 인식도 전무한 상태이며 유사산 이외의 다른 증상이 잘 나타내지 않기 때문에 감염 농가에서도 쉽게 인식하기 어려워 유사산 발생시 브루셀라병으로 오인하기 쉽다. 또한 조사한 바와 같이 브루셀라균과 *N. caninum*의 혼합감염인 경우에는 더욱 그러하다(Table 4).

현재까지 네오스포라증의 진단에서는 어미소의 혈청검사와 유산된 태아조직에 대한 병리조직학 및 면역조직학적 관찰을 실시하여 원충의 유무확인이 중요한 지표가 되고 있다(Dubey 등, 1996). 혈청학적 검사 방법으로는 IFAT, ELISA, NAT 등이 있으며, 네오스포라 항체양성을 검사 및 혈청역학 검사를 위해서는 IFA 기법이 보편적으로 사용되고 있는 실정이다. 그러나 IFA의 경우 검사하고자 하는 숙주 동물의 항체에 대하여 형광이 부착된 2차 항체가 반드시 필요하고 또한 마이크로 플레이트 제조시 사용된 항원의 상태, 고정 방법에 따라 tachyzoite에서 발현하는 형광을 판단할 수 있는 숙련자의 숙련 정도에 따라 판독이 달라질 수 있는 문제점이 있다(Dubey 등, 1996). ELISA 기법의

경우 대량의 혈청검사에 용이하다는 장점은 있으나 항원으로 사용된 부위 및 접합체의 성상과 질에 따라 결과가 달라질 수 있어 Pare 등(Par 등, 1995)은 소의 혈청내 항체를 검출하기 위하여 *N. caninum* tachyzoite lysate 항원을 이용한 ELISA를 개발하여 항원으로 이용한 개유래 원충주 또는 소유래 원충주에 상관없이 같은 시험결과를 얻었다고 보고하였다. Dubey 등(1996)은 *N. caninum* tachyzoite lysate를 항원으로 사용한 ELISA에서 네오스포라와 유사한 Apicomplexa 문에 속하는 *Sarcocystis cruzi*를 인공감염 시킨 동물의 혈청이 교차반응을 나타내는 문제점을 제시하였다. 이러한 ELISA의 단점을 극복하기 위하여 Baszler 등(1996)은 *N. caninum* tachyzoite의 carbohydrate epitope에는 반응하지만 *T. gondii* 또는 *Sarcocystis* sp.와는 반응하지 않는 단클론항체(Mab 4A4-2)를 생산하였으며, 이 단클론항체를 이용한 competitive inhibition ELISA를 개발하여 근래에는 이 ELISA법을 많이 사용하고 있다.

경남 중부지역의 한우사육농가 총 94농가 719두 혈청을 ELISA로 검사한 결과 농가별 항체양성율은 53.2%, 개체별 항체 양성율은 29.8%로 나타났다. 이는 2001년 허 등(2001)의 충남지역 젃소와 한우를 검사한 결과 젃소는 64.2%, 한우 47.8% 항체양성을 보고한 것보다는 낮지만 김 등(2002)의 한우의 전국적 항체양성율 4.1%보다는 월등히 높은 양성율이다. 그 외 강원지역의 한우감염률 17.9%(황, 2003), 경북 울진지역의 한우감염률 7.6%(전 등, 2008) 보다는 높았지만 이는 대상지역간의 감염정도 뿐만 아니라 지역별 시료의 수 및 대상의 연령, 대상선정방법 등의 차이에 따른 원인이 있는 것으로 판단된다. 경남 중부지역 지역별 검사 결과는 김해시의 경우 농가별 감염률이 가장 높게 나타났고 양산시는 농가별, 개체별 감염률이 모두 높게 나타나 지역별 감염양상의 차이를 나타내었다. 연령별 항체양성율은 1~4세와 5세 이상의 군으로 나누어 비교하였다. 1~4세의 소에서는 25.4%, 5세 이상의 소에서는 39.7%의 양성율이 나타나 경남 중부지역에서도 연령이 높을수록 항체양성율이 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 2003년 황의 보고(황의경, 2003)에서 연령이 높아질수록 항체양성율 또한 다소 높아진다는 보고와 유사한 결과이다.

또한, 사육규모별로 30두 이하, 31~70두 이하, 71두 이상의 그룹으로 나누어 본 결과 30두 이하의 사육규모를 가진 농가의 감염률이 35.7%로 가장 높게 나타

났고 규모가 커질수록 양성율이 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 사육규모가 커질수록 축주의 사양관리에 대한 인식이 높고 외부로부터의 감염을 차단하는 현대적인 시설과 전문적이고 철저한 관리가 이루어지기 때문으로 분석된다. 그러나 사육규모가 작은 농장의 일부는 검사한 전두수가 양성으로 판정되어 앞으로 이에 대한 대책마련이 요구된다.

축주들의 경우 대부분 브루셀라병은 심각하게 인식하고 있으나 네오스포라는 생소한 질병으로 질병명조차 알지 못하는 경우가 많아 유산을 경험하더라도 네오스포라 감염은 의심하지 못하는 상황이다. 네오스포라 항체양성을 나타낸 개체에 대해 브루셀라병 검사를 실시한 결과 16.4%가 양성으로 나타나 일부에서는 브루셀라병과 혼합감염이 되어있는 것으로 나타났다. 지역별로 사육규모 비율에 따른 검사두수를 선정하였으므로 실제양상과는 차이가 있을 것으로 생각되지만 일부 혼합 감염된 경우를 제외하면 네오스포라의 감염으로 유사산이 발생하는 경우가 상당할 것으로 판단되므로 네오스포라 감염증에 대한 농가홍보와 이에 대한 심도 있는 연구가 지속되어야 할 것이다.

이번 조사 연구결과 국내에서 조사된 다른 연구결과와 마찬가지로 경남 중부지역에서 사육하는 한우에서도 상당히 높은 수준으로 *N. caninum*에 감염되어 있음이 밝혀졌다. 지금까지 *N. caninum*에 대한 유효한 예방약 또는 치료제가 개발되어 있지 않고 유사산 및 이상우 질병을 일으키는 아까바네병 및 브루셀라병과 유사하기에 가능한 예방대책으로는 이 원충의 종숙주이자 소에게 병을 전파하는데 중요한 역할 하는 것으로 밝혀진 개와 접촉하는 것을 우선적으로 차단하여야 하며, 뿐만 아니라 야생설치류, 고양이, 조류 등의 분변 또는 분비물로부터 사료나 음수원이 오염되지 않도록 하는 등 강력하고 다각적인 초동방역이 동원되어야 할 것으로 사료되어진다.

따라서 사육중인 개와 기타 동물에 대한 연관성연구와 감염률조사를 통한 타당성 있는 연구 및 다각적인 상관관계 역학조사 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

결 론

*N. caninum*은 유사산을 일으키는 원인체로 주로 젖소에 대해서는 연구가 이루어지고 있으나 한우에 대한

연구는 부족한 실정이다. 이번 조사에서는 경남 중부 지역에서 한우에 대한 *N. caninum*의 항체양성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 경남 중부지역 5개시의 94농가 719두를 검사하여 50농가 214두가 양성으로 판정되어 농가의 53.2%, 개체의 29.8%가 항체양성을 나타내었다.

2. 지역별 *N. caninum*의 감염률은 창원 61%, 진해 13.8%, 김해 13.8%, 밀양 37.6%, 양산 65.4%로 높은 수준으로 감염된 것으로 나타났고 김해시의 경우는 개체의 감염률은 가장 낮으나 농가의 감염률은 5개 시 중 가장 높게 나타났다.

3. 연령별로는 1~4세와 5세 이상의 그룹으로 나누었을 때 5세 이상의 연령군에서 39.7%로 1~4세군의 25.4%보다 높게 나타나 연령이 높을수록 항체 양성율이 높은 것으로 조사되었다.

4. 1~30두, 31~70두, 71두 이상의 사육규모별 구분에서 30두 이하의 한우를 사육하고 있는 농가에서 양성율이 가장 높았고 사육규모가 커질수록 양성율이 감소하는 경향을 나타내었다.

5. *N. caninum* 항체양성 개체에 대한 브루셀라병 검사결과 16.4%의 혼합감염율을 보였다.

참 고 문 헌

- 김대용, 황우석, 김재훈, 허 권, 황의경, 이병천, 진영화, 이재진, 최상호. 1997. *Neospora*에 의한 소 유산 발생. 대한수의학회지 37(3): 607-612.
- 김재훈, 손현주, 황의경, 황우석, 허권, 진영화, 이병천, 이재진, 강영배, 山根逸郎. 1998. 국내 소에서 *Neospora caninum*의 분리. 대한수의학회지 38(1): 139-145.
- 김재훈, 황의경, 손현주, 진영화, 윤순식, 김대용. 1998. *Neospora caninum*에 의한 젖소의 반복유산. 대한수의학회지 38(4): 853-858.
- 전령훈, 장영술, 이은미, 최정혜, 박노찬. 2008. 울진군 한우 *Neospora caninum* 감염 실태조사. 한국가축위생학회지 31(3): 363-367.
- 정재명, 권미순, 윤여백, 한규삼. 2005. 정읍지역에서 사육중인 한우에서 *Neospora caninum* 항체 양성율 조사. 한국가축위생학회지 28(2): 99-106.
- 허 인, 김경진, 김 희, 허진희, 박일규, 강승원, 정우석. 2001. 소에서 *Neospora caninum*에 대한 항체가 조사. 한국가축위생학회지 24(1): 9-14.
- 황의경. 2003. 강원도 사육 한우에서 *Neospora caninum*에 대한 항체양성을 조사. 대한수의학회지 43(2): 283-288.

- Anderson ML, Blanchard PC, Barr BC, Dubey JP, Hoffman RL, Conrad PA. 1991. *Neospora*-like protozoan infection as a major cause of abortion in California dairy cattle. *J Am Vet Med Assoc* 198(2): 241-244.
- Barber JS, Trees AJ. 1996. Clinical aspects of 27 cases of neosporosis in dogs. *Vet Rec* 139: 439-443.
- Barr BC, Anderson ML, Blanchard PC, Daft BM, Kinde H, Conrad PA. 1990. Bovine fetal encephalitis and myocarditis associated with protozoal infections. *Vet Pathol* 27: 354-361.
- Barr BC, Anderson ML, Woods LW, Dubey JP, Conrad PA. 1992. *Neospora*-like protozoal infections associated with abortion in goats. *J Vet Diagn Invest* 4: 365-367.
- Bazler TV, Knowles DP, Dubey JP, Gay JM, Mathison BA, McElwain TF. 1996. Serological diagnosis of bovine neosporosis by *Neospora caninum* monoclonal antibody-base competitive inhibition enzyme-linked immunosorbent assay. *J Clin Microbiol* 34: 1423-1428.
- Conrad PA, Sverlow K, Anderson ML, Rowe J, BonDurant R, Tuter G, Breitmeyer R, Palmer C, Thurmond M, Ardans A. 1993. Detection of serum antibody responses in cattle with natural or experimental *Neospora* infections. *J Vet Diagn Invest* 5: 572-578.
- Dubey JP, Carpenter JL, Speer CA, Topper MJ, Uggla A. 1988. Newly recognized fetal protozoan disease of dogs. *J Am Vet Med Assoc* 192: 1269-1285.
- Dubey JP, Hartley WJ, Lindsay DS, Topper MJ. 1990. Fatal congenital *Neospora caninum* infection in a lamb. *J Parasitol* 76: 127-130.
- Dubey JP, Lindsay DS, Adams DS, Gay JM, Baszler TV, Blagburn BL, Thulliez P. 1996. Serologic responses of cattle and other animals infected with *Neospora caninum*. *Am J Vet Res* 57: 329-336.
- Dubey JP, Lindsay DS. 1996. A review of *Neospora caninum* and neosporosis. *Vet Parasitol* 67: 1-59.
- Dubey JP, Rigoulet J, Lagourette P, George C, Longeart L, LeNet JL. 1996. Fatal transplacental neosporosis in a deer (*Cervus eldi siamensis*). *J Parasitol* 82: 338-339.
- Dubey JP. 1999. Recent advances in *Neospora* and neosporosis. *Vet Parasitol* 84: 349-367.
- Hemphill A, Gttstein B. 200. European perspective on *Neospora caninum*. *Int J Parasitol* 30: 877-924.
- Kim JH, Lee JK, Hwang EK, Kim DY. 2002. Prevalence of antibodies to *Neospora caninum* in Korean native beef cattle. *J Vet Med Sci* 64(10): 941-943.
- Jenkins MC, Wouda W, Dubey JP. 1997. Serological response over time to recombinant *Neospora caninum* antigens in cattle after a neosporosis-induced abortion. *Clin Diagn Lab Immunol* 4(3): 270-274.
- Marsh AE, Barr BC, Madigan J, Lakritz J, Nordhausen R, Conrad PA. 1996. Neosporosis as a cause of equine protozoal myeloencephalitis. *J Am Vet Med Assoc* 209: 1907-1913.
- McAllister MM, Dubey JP, Lindsay DS, Jolley WR, Wills RA, McGuire AM. 1998. Dogs are definitive hosts of *Neospora caninum*. *Int J Parasitol* 28: 1473-1478.
- Moen AR, Wouda W. 1995. Field experiences with bovine *Neospora* abortion in Dutch dairy herds. *Proceedings, Symposium Neospora abortion Bij Het Rund*. 8 November 1995. Morra 2, Drachiten: 11-17.
- Par J, Hietala SK, Thurmond MC. 1995b. An enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for serological diagnosis of *Neospora* sp. infection in cattle. *J Vet Diagn Invest* 7: 352-359.
- Romand S, Thulliez P, Dubey JP. 1988. Direct agglutination test for serologic diagnosis *Neospora caninum* infection. *J Parasitol* 84: 50-53.
- Sawada M, Park CH, Kondo H. 1998. Serological survey of antibody to *Neospora caninum* in Japanese dogs. *J Vet Med Sci* 60: 853-854.
- Thilsted JP, Dubey JP. 1989. Immunohistochemical diagnosis of *Neospora caninum* in tissue sections. *Am J Vet Res* 50: 1981-1983.
- Thurmond MC, Anderson ML, Blanchard PC. 1995. Seasonal trends of *Neospora* abortion in California dairy cows. *J Parasitol* 81: 364-367.
- Williams DJ, McGarry J, Guy F, Barber J, Trees AJ. 1997. Novel ELISA for detection of *Neospora*-specific antibodies in cattle. *Vet Rec* 140: 328-331.