

<Original Article>

대전지역 길고양이의 톡소포자충 (*Toxoplasma gondii*) 감염 실태 조사

성선혜* · 유상식 · 임여정 · 정년기 · 문병천

대전광역시 보건환경연구원 동물위생연구부

Investigation of *Toxoplasma gondii* infection on stray cats in Daejeon

Sun-Hye Sung*, Sang-Sik Yoo, Yeo-Jeong Im, Nyun-Ki Chung, Byung-Chun Moon

Veterinary Research Department, Daejeon Metropolitan City Institute of Health and Environment, Daejeon 305-338, Korea

(Received 13 December 2011; revised 19 March 2012; accepted 23 March 2012)

Abstract

This study was performed to evaluate the prevalence rate of *Toxoplasma gondii* on 217 stray cats in Daejeon. The positive infection rate of *T. gondii* was 15.7% in enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), 12.4% in latex agglutination test (LAT), 14.7% in indirect immunofluorescent antibody test (IFA) and 0.5% in polymerase chain reaction (PCR) respectively. In districts, Yuseong-gu was shown the highest seropositive rate of *T. gondii* as 31.8% in ELISA, 22.7% in LAT and 31.8% in IFA. In gender, the seropositive rate of female cats was slightly higher than that of male cats as 17.2% in ELISA, 15.2% in LAT, 15.2% in IFA and 1.0% in PCR. Cats captured in National science museum, detached house and apartment was shown relatively high prevalence rate of *T. gondii*.

Key words : *Toxoplasma gondii*, Stray cats, ELISA, LAT, IFA

서 론

톡소포자충(*Toxoplasma gondii*)은 사람을 포함한 대부분의 온혈동물과 조류를 중간 숙주로 하고 고양이를 종숙주로 하는 원충으로 전 세계에 분포하며 동물과 사람에서 톡소포자충증(toxoplasmosis)을 일으키는 인수공통전염병의 원인체로 알려졌다(서와 주, 1999).

톡소포자충은 고양이의 장벽 상피세포에서 유성생식과 무성생식을 영위하며 고양이 이외의 동물은 모두 중간숙주로서 이들 체내에서는 무성생식만을 영위하며 영양형은 거의 모든 장기에 침입하여 증식하고 마침내 시스트형이 되어 중추신경계나 근육 내에서 장기간 생존을 계속한다(이, 1999).

돼지와 양에서는 유·사산을 일으켜 경제적 손실을 크게 일으키는 것으로 알려져 있고(Dubey, 1994), 인체의 감염은 식육 중의 cyst나 외체에 분산하여 흙이나 식품 중에 섞여 있는 oocyst의 경구섭취에 의한 후천성 감염과 임신부에서 태반을 통하여 태아에게 감염되는 선천성 감염이 알려졌다.

사람이 톡소포자충에 감염되면 경미한 증상을 나타내거나 무증상으로 지나치는 경우가 대부분이지만 장기 이식자, 암 환자, 후천성면역결핍증(AIDS) 환자와 같은 면역기능이 저하된 사람들은 심근염, 뇌염 및 폐렴 등으로 발전하여 때때로 사망에 이르는 결과를 가져오기도 하며(서와 주, 1999), 선천적 톡소포자충증은 유사산이나 뇌수종, 망막 맥락막염 등을 일으킬 수 있다.

고양이의 톡소포자충증에 대한 혈청학적 및 분자

*Corresponding author: Sun-Hye Sung, Tel. +82-42-870-3486,
Fax. +82-42-870-3489, E-mail. ssune123@korea.kr

생물학적 감염률에 대한 연구는 현재 여러 국가에서 진행되고 있다(Györke 등, 2011; Kulasena 등, 2011). 우리나라의 연구는 서울, 경기, 진주지역을 대상으로 길고양이 및 집고양이에 대한 *T. gondii*의 감염조사가 이루어져 있다(서와 주, 1999; 김, 2010; 김 등, 2009; Kim 등, 2008). 최근 대전을 비롯하여 전국적으로 길고양이의 과도한 개체 수 증가에 따라 동물복지, 공중위생 그리고 생태계 측면에서 다양한 문제들이 야기됨에 따라(김, 2010) *T. gondii* 감염조사의 중요성이 대두되고 있다.

따라서 이번 조사는 대전지역의 길고양이 중성화 시술 사업(Trap-neuter-release program, TNR)과 연계하여 대전지역 길고양이에 대한 톡소포자충의 감염 실태를 파악하여 인수공통전염병과 동물질병의 예방대책에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

대상동물

2009년 4월 13일부터 2010년 12월 2일까지 20개월 동안 TNR 사업을 수행하기 위해 대전지역 지정 동물병원에 포획 내원한 길고양이 217마리를 대상으로 하였다. 행정구역별 길고양이의 조사대상은 대덕구가 56.7%로 다른 구에 비해 월등히 많았고 다음은 서구 23.0%이었으며 유성구 10.1%, 동구 5.5% 그리고 중구 4.6%이었다. 길고양이의 성별분포는 수컷이 54.4%로 많았고 암컷은 45.6%이었다(Table 1).

공시혈액

시험에 공여할 혈액은 개체별로 2 ml를 채취하였다. 채취한 혈액은 DNA 분리를 위해서 1 ml를 EDTA 처리하여 -20°C 에서 냉동보관 하였다. 혈청학적 검

Table 1. Studied stray cats in Daejeon

District	Male (%)	Female (%)	Total (%)
Dong-gu	9 (7.6)	3 (3.0)	12 (5.5)
Jung-gu	6 (5.1)	4 (4.0)	10 (4.6)
Seo-gu	30 (25.4)	20 (20.2)	50 (23.0)
Yuseong-gu	13 (11.0)	9 (9.1)	22 (10.1)
Daeduk-gu	60 (50.8)	63 (63.6)	123 (56.7)
Total	118 (54.4)	99 (45.6)	217 (100.0)

사를 위해 나머지 1 ml를 2시간 동안 상온에 방치한 후 1,500 rpm으로 10분간 원심분리 후 상층액은 파스츄어 피펫으로 채집하여 eppendorf tube에 옮긴 뒤 56°C 에서 30분간 비동화 처리하여 -20°C 에서 냉동보관하여 사용하였다.

DNA 분리

혈액 내 genomic DNA는 EDTA 처리를 한 전혈로부터 100 μl 를 채취하여 DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Germany)를 사용하여 추출하였다.

Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

*T. gondii*에 대한 항체검사는 ID Screen Toxoplasmosis Indirect Kit (IDVET, France)를 사용하여 제조사의 설명에 따라 실시하였다. 각 시료의 흡광도는 450 nm에서 측정하였다.

Indirect immunofluorescent antibody test (IFA)

*T. gondii*의 빠른 분열소체(tachyzoite)가 코팅된 슬라이드(농림수산검역검사본부 제조)를 이용하였다. 양성과 음성 대조혈청 그리고 Anti-feline IgG FITC conjugate는 VMRD (USA)사 제품을 이용하였다. 반응은 가검혈청을 1 : 100으로 희석하여 37°C 배양기에서 항원과 30분간 반응시킨 후 FITC conjugate를 가하여 30분간 반응시킨 다음 형광현미경으로 관찰하였다.

Latex agglutination test (LAT)

Toxo-MT kit (EIKEN Chemical, Japan)를 사용하여 제조사의 설명에 따라 실시하였다. 반응의 판독은 응집상이 가장 강하게 반응하는 순서부터 3으로 하여 2, 1, 0.5 및 0의 순으로 하였으며 1 : 32 이상에서 응집 시 양성으로 판정하였다.

Polymerase chain reaction (PCR)

Target gene은 Stiles 등(1996)의 primer와 서와 주(1999)가 제시한 온도조건으로 PCR을 수행하였으며, AccuPower PCR premix kit (Bioneer, Korea)을 사용하였다. 전기영동은 Agilent DNA 1000 chip에 증폭 산물과

시약들을 넣은 후 Agilent 2100 bioanalyzer (Agilent Technologies, Germany)로 501 bp의 증폭산물을 확인하였다.

분석방법

조사 내용의 분석과 통계적 검증은 SPSS (statistical package for the social science)/PC⁺ 통계 프로그램을 이용하였으며 변수 간 검증은 χ^2 -test를 실시하였다.

결 과

일반적 특성

이번 실험 대상인 대전지역 길고양이 217두의 분포는 수컷 54.4%, 암컷 45.6%이었다. 이들의 체중 분포는 3 kg 이상부터 6 kg 미만이 63.1%를 차지하고 있었으며, 6 kg 이상과 3 kg 이상은 각각 18.9%, 18.0%

Table 2. Gender distribution of stray cats in 217 cases by weight and captured places

Classification	No. of cats (%)		
	Male	Female	Total
Weight			
< 3 kg	19 (16.1)	20 (20.2)	39 (18.0)
3 kg ≤ - <6 kg	74 (62.7)	63 (63.6)	137 (63.1)
≥6 kg	25 (21.2)	16 (16.2)	41 (18.9)
Captured places			
Park	12 (10.2)	10 (10.1)	22 (10.1)
National science museum	4 (3.4)	4 (4.0)	8 (3.7)
Detached house	17 (14.4)	14 (14.1)	31 (14.3)
Apartment	28 (23.7)	22 (22.2)	50 (23.0)
University or school	3 (2.5)	11 (11.1)	14 (6.5)
Market or shopping center	11 (9.3)	9 (9.1)	20 (9.2)
Filtration plant	4 (3.4)	8 (8.1)	12 (5.5)
Others or unknown	39 (33.1)	21 (21.2)	60 (27.6)
Total	118 (54.4)	99 (45.6)	217 (100.0)

로 비슷하게 나타났으며 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2).

행정구역별 감염률

행정구역별 감염률은 검사방법에 따라 구역별로 차이가 있었고, 동일한 행정구역이라도 차이가 있었다. ELISA 검사 결과에서 유성구가 31.8%로 가장 높게 나타났으며, 다음은 서구 20.0%, 대덕구 12.2%, 중구 10.0% 그리고 동구 8.3% 순위로 나타났다. LAT법에서 유성구가 22.7%로 가장 높게 나타났으며, 다음은 서구 14.0%, 대덕구 10.6%, 중구 10.0% 그리고 동구 8.3% 순위로 나타났다. IFA법에서 유성구가 31.8%로 가장 높게 나타났으며, 다음은 서구 20.0%, 동구 16.7%, 중구 10.0% 그리고 대덕구 9.8% 순위로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). PCR법에서 서구는 2.0%로 나타났다(Table 3).

성별 감염률

성별 감염률은 암컷이 높게 나타났다. 그러나 검사방법에 따라 동일한 성이라도 다소 차이가 있었으며, 통계적으로 유의하지 않았다. ELISA법은 암컷이 17.2%로 높게 나타났으며, 수컷은 14.4%로 나타났다. LAT법은 암컷이 15.2%로 높게 나타났으며, 수컷은 10.2%로 나타났다. IFA법은 암컷이 15.2%로 높게 나타났으며, 수컷은 14.4%로 나타났다. PCR법은 암컷에서만 2.0%로 나타났다(Table 4).

포획장소별 감염률

포획장소별 감염률은 국립중앙과학관이 가장 높게 나타났고 대학교 또는 학교, 정수장에서는 검출되지

Table 3. District distribution of *T. gondii* positive cases by ELISA, LAT, IFA and PCR in 217 stray cats

District	No. of cats	No. of positive (%)			
		ELISA	LAT	IFA*	PCR
Dong-gu	12	1 (8.3)	1 (8.3)	2 (16.7)	0 (0.0)
Jung-gu	10	1 (10.0)	1 (10.0)	1 (10.0)	0 (0.0)
Seo-gu	50	10 (20.0)	7 (14.0)	10 (20.0)	1 (2.0)
Yuseong-gu	22	7 (31.8)	5 (22.7)	7 (31.8)	0 (0.0)
Daeduk-gu	123	15 (12.2)	13 (10.6)	12 (9.8)	0 (0.0)
Total	217	34 (15.7)	27 (12.4)	32 (14.7)	1 (0.5)

* $P < 0.05$

Table 4. Gender distribution of *T. gondii* positive cases by ELISA, LAT, IFA and PCR in 217 stray cats

Gender	No. of cats	No. of positive (%)			
		ELISA	LAT	IFA	PCR
Male	118	17 (14.4)	12 (10.2)	17 (14.4)	0 (0.0)
Female	99	17 (17.2)	15 (15.2)	15 (15.2)	1 (1.0)
Total	217	34 (15.7)	27 (12.4)	32 (14.7)	1 (0.5)

Table 5. Captured places distribution of *T. gondii* positive cases by ELISA, LAT, IFA and PCR in 217 stray cats

Captured places	No. of cats	No. of positive (%)			
		ELISA	LAT	IFA	PCR
Park	22	2 (9.1)	1 (4.5)	1 (4.5)	0 (0.0)
National science museum	8	3 (37.5)	2 (25.0)	3 (37.5)	0 (0.0)
Detached house	31	5 (16.1)	3 (9.7)	5 (16.1)	0 (0.0)
Apartment	50	11 (22.0)	11 (22.0)	10 (20.0)	1 (2.0)
University or School	14	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Market or Shopping center	20	3 (15.0)	2 (10.0)	2 (10.0)	0 (0.0)
Filtration plant	12	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Others or unknown	60	10 (16.7)	8 (13.3)	11 (18.3)	0 (0.0)
Total	217	34 (15.7)	27 (12.4)	32 (14.7)	1 (0.5)

않았다. 그러나 검사방법에 따라 동일한 포획장소라도 다소 차이가 있었으며, 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

ELISA법에서 국립중앙과학관이 37.5%로 가장 높게 나타났으며, 다음은 아파트 22.0%, 기타 및 미상 16.7%, 단독주택 16.1%, 시장 15.0% 그리고 공원 9.1%로 순위로 나타났다. 또한, LAT법과 IFA법에서도 ELISA방법에 따른 감염률 순위와 같았으나 감염률 수치는 차이가 있었다. PCR법에서는 아파트 지역에서 포획된 고양이 한 개체에서만 검색되었다(Table 5).

검사방법에 따른 검출률

검사방법에 따른 검출률은 ELISA>IFA>LAT>PCR 순으로 나타났다(Table 3). 검출률이 높은 ELISA 방법에서 검출된 *T. gondii*에 대해 LAT 방법에서는 73.5%, IFA 방법 88.2% 그리고 PCR 방법 2.9%가 검출되었으며, 공히 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다($P<0.001$)(Table 6). 또한, 검출률이 낮은 PCR 방법에서 검출된 *T. gondii*에 대해 ELISA 방법, LAT 방법 그리고 IFA 방법은 100.0% 검출되는 것으로 나타났으며, 공히 통계적으로 유의하였다($P<0.01\sim 0.05$)(Table 6). 3가지 항체 검사법에서 ELISA방법에

서 검출되고 LAT에서도 검출된 경우는 25마리였으며, 그 중 IFA에서도 검출된 경우는 23마리이었다. 따라서 모두 양성인 경우는 23마리(10.6%)로 나타났다(Table 6).

고 찰

*T. gondii*의 종숙주인 길고양이와 집고양이는 주요 감염원으로서 분변의 oocyst를 통해 사람이나 동물을 감염시킬 수 있다. 사람에서 대부분 경미한 증상을 나타내거나 또는 무증상으로 지나치지만 면역기능이 저하된 환자에서는 치명적인 결과를 초래하기도 하고, 임산부에서 유사산, 선천적으로 감염된 신생아에서는 뇌수종 등을 일으킬 수 있다.

또한, 최근에는 경제적인 여건 등으로 기르는 고양이를 유기함에 따라 집고양이가 길고양이화 되는 개체수가 급격하게 증가되고 있다. 따라서 인수공통전염기생충인 *T. gondii*에 대한 대전지역의 길고양이의 감염 실태를 조사하였다. 이번 조사의 대상은 217마리이다. 이는 2009~2010년도 대전지역 길고양이의 TNR 실적인 765마리의 28.4%이며, 각 행정구역별로는 대덕구가 56.7%로 가장 많은 부분을 차지하고 있는데 이것은 대덕구가 TNR 실적 중 57.5%를 차지하

Table 6. Comparison of ELISA, LAT, IFA and PCR analysis for detecting *T. gondii* positive cases in 217 stray cats

Method	ELISA (%)	LAT (%)	IFA (%)	PCR (%)
ELISA		73.5 (25/34) [§] *	88.2 (30/34)*	2.9 (1/34) [†]
LAT	92.6 (25/27)*		85.2 (23/27)*	3.7 (1/27) [‡]
IFA	93.8 (30/32)*	71.9 (23/32)*		3.1 (1/32) [‡]
PCR	100.0 (1/1) [†]	100.0 (1/1) [†]	100.0 (1/1) [†]	

* $P < 0.001$, [†] $P < 0.05$, [‡] $P < 0.01$, [§]No. of positive using both row and column method/No. of positive using row method.

로 그만큼 검체수가 많은 것으로 생각한다(대전광역시 대덕구청, 2009; 대전광역시 대덕구청, 2010). 반면에 서구 23.0%를 제외하고 그 외의 구는 10% 미만으로서 각 구별 감염률을 비교하는 것은 다소 무리가 있다.

길고양이의 성별 개체 수에는 큰 차이가 없으나 수컷이 많은 것으로 나타났다. 길고양이의 체중별 개체 수에서 3 kg 이상~6 kg 미만이 63.1%를 차지하고 있다는 것은 길고양이의 평균체중대로 상대적으로 많이 분포되어 있기 때문일 것이다. 따라서 길고양이의 체중은 포획, 중성화 시술 등에 계획 입안 시 고려할 사항이라 생각한다. 포획되는 장소는 기타지역을 제외하고 보면 아파트 단지 주변에서 23.0%로 가장 많은데 이는 가정에서 배출되는 날고기와 같은 먹이 등을 쉽게 얻을 수 있는 환경여건에서 비롯됐을 것으로 생각한다.

이번 연구에서 *T. gondii*의 감염률에 대해 ELISA, LAT 그리고 IFA의 혈청학적 방법으로 조사한 것은 각 검사법의 민감도 차이를 알기 위해서였고 분자생물학적 방법으로는 항원 검출을 위해 PCR을 수행하였다. 그 결과 ELISA 방법이 15.7%로 가장 높게 나타났고 다음은 LAT, IFA 그리고 PCR 순위였으며, 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다($P < 0.05 \sim 0.001$). 이는 ELISA 방법에 의한 김과 김(1989)의 제주도 37.7%에 비해 낮게 나타났으며, Kim 등(2008)의 경기도 부천, 과천, 양주지역 16.1%와 김(2010)의 서울지역 15.3%와 비슷한 결과였다. 이것은 과거에 비해 *T. gondii*의 항체보유율이 낮아지고 있기 때문으로 추정된다. 또, LAT 방법에 의한 서와 주(1999)의 경남 진주 지역 26.7%에 비해 낮게 나타났으며, 김 등(2009)의 서울지역 13.3%와는 비슷하였다. 그리고 IFA 방법에 의한 김과 김(1989)의 25.4%, 서와 주(1999)의 33.9%에 비해 낮게 나타났다. 이것 또한, 과거와 현재의 항체보유율 차이로 인한 것으로 생각한다.

성별에 따른 대전 지역의 *T. gondii* 감염률은 ELISA 방법이 암컷이 17.5%, 수컷이 14.4%로 나타났으나 김(2010)에서는 수컷 18.6%, 암컷 12.5%로 이번 실험과

반대되는 결과를 보였다. 포획장소별 *T. gondii* 감염률은 ELISA 방법에서 사람의 주거지인 아파트나 단독주택이 22.0%, 16.1%로 비교적 높게 나타났는데, 이는 고양이가 먹이를 구하기 용이하고 야생동물의 자기구역의 표시와 활동에 따른 경쟁이 약하여 서식 밀도가 높아져 감염률도 높을 것으로 생각한다. 따라서 길고양이의 개체수를 한정하는 방법으로 아파트 단지의 고양이의 포획, 중성화 수술의 필요성이 있다고 생각한다.

항체 유무의 조사는 ELISA가 LAT와 IFA보다 높게 나타났으므로 ELISA가 가장 민감도가 높은 검출방법으로 보여진다. 이는 Kim 등(2008)의 조사와 같은 경향이였다. PCR 검출률은 0.5%로 나타났고 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다($P < 0.05 \sim 0.001$). 그러나 서와 주(1999)의 5.3%, Kim 등(2008)의 13.2% 그리고 김(2010)의 36.1%와 많은 차이가 있는데 이것은 이번 실험이 DNA 추출 시 전혈을 그대로 사용하였고(Burg 등, 1988; 서와 신, 2001), Nested PCR을 실시하지 않았으며(송, 2010) 또한 감염 시기에 따른 검출 차이(서와 주, 2009) 때문으로 생각된다.

한편, 톡소포자충 진단의 특이성에서는 PCR이 거의 100%의 특이성을 보여준다고 보고되었으므로(Stiles 등, 1996; Burg 등, 1989) 민감도가 좋은 ELISA와 특이도가 좋은 PCR의 검사 결과를 비교한다면 비교적 정확한 감염률을 알 수 있으리라 판단되지만, 이번 실험 결과에서 비교는 다소 무리일 수 있다.

이상과 같은 결과를 종합해 볼 때 길고양이의 경우 *T. gondii* 감염이 발생하고 있음을 알 수 있다. 따라서 시민의 건강 보건 위생을 위하여 인수공통전염기생충병의 중요성에 대한 홍보과 보건 교육이 필요하며 길고양이에 대한 지속적인 조사가 이루어져 지금까지 길고양이 등 유기 동물의 소홀한 부분에 더욱 관심을 가져야 할 것으로 본다. 더불어 집고양이를 키우는 사람에게서 *T. gondii*가 발견될 가능성이 크므로 향후 집고양이의 *T. gondii*에 대한 감염률 조사도 이루어질 필요가 있다고 판단된다.

결 론

대전지역 길고양이 TNR 수행을 위해 포획된 217 마리의 길고양이에 대한 *T. gondii* 감염증을 ELISA, LAT, IFA 그리고 PCR로 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 대전지역에서 길고양이가 가장 많이 포획된 장소는 아파트 단지로 23.0%였다. *T. gondii*의 검출률은 4가지 검사방법 중 ELISA가 15.4%로 가장 높게 나타났다. ELISA 방법에서 행정구역별로는 유성구가 31.8%로 가장 높은 양성률을 보였고 성별로는 암컷이 17.2%로 수컷보다 높게 나타났으며 포획장소별로는 국립중앙과학관이 37.5%로 가장 높았으며, 아파트 단지가 22.0%로 나타났다.

참 고 문 헌

- 김능희, 채희선, 한혜진, 손홍락, 김창기, 김선홍, 이정학, 김철훈. 2009. 서울지역 길고양이의 *Toxoplasma* 감염증 실태조사. 한국가축위생학회지 32: 275-279.
- 김승호, 김영주. 1989. 제주도에서 *Toxoplasma* 항체분포에 관한 연구. 1. 돼지, 고양이 및 식육섭취자에 있어서의 *Toxoplasma* 항체분포에 대하여. 대한수의학회지 29: 333-342.
- 김재영. 2010. 서울지역에서 TNR로 중성화 수술한 길고양이와 집고양이에서 *Toxoplasma gondii*에 대한 혈청학적 및 분자생물학적 유병률 조사. 강원대학교 대학원 석사학위논문.
- 대전광역시 대덕구청. 2009. 떠돌이 고양이 개체수조절 사업 보고서(2009. 4).
- 대전광역시 대덕구청. 2010. 떠돌이 고양이 개체수조절 사업 보고서(2010. 10).
- 서명득, 신기욱. 2001. Polymerase chain reaction을 이용한 실험적 감염 돼지의 혈액과 조직으로부터 *Toxoplasma gondii* 검출. 대한수의학회지 41: 89-98.
- 서명득, 주보현. 1999. 중합효소연쇄반응(PCR)을 이용한 고양이 혈액내에서의 *Toxoplasma gondii* 검출에 관한 연구. 대한수의학회지 39: 1151-1160.
- 송은식. 2010. LAT 및 Nested PCR을 이용한 한우에서 *Toxoplasma gondii*의 유병률. 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 이재구. 1999. 원생동물학. pp. 481-490. 최신수의기생충학. 3판. 대한교과서, 서울.
- Burg JL, Perelman D, Kasper LH, Ware PL, Boothroyd JC. 1988. Molecular analysis of the gene encoding the major surface antigen of *Toxoplasma gondii*. J Immunol 141: 3584-3591.
- Burg JL, Grover CM, Pouletty P, Boothroyd JC. 1989. Direct and sensitive detection of a pathogenic protozoan, *Toxoplasma gondii*, by polymerase chain reaction. J Clin Microbiol 27: 1787-1792.
- Dubey JP. 1994. Toxoplasmosis. J Am Vet Med Assoc 205: 1593-1598.
- Györke A, Opsteegh M, Mircean V, Iovu A, Cozma V. 2011. *Toxoplasma gondii* in Romanian household cats: evaluation of serological tests, epidemiology and risk factors. Prev Vet Med 102: 321-328.
- Kim HY, Kim YA, Kang S, Lee HS, Rhie HG, Ahn HJ, Nam HW, Lee SE. 2008. Prevalence of *Toxoplasma gondii* in stray cats of Gyeonggi-do, Korea. Korean J Parasitol 46: 199-201.
- Kulasena VA, Rajapakse RP, Dubey JP, Dayawansa PN, Premawansa S. 2011. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in cats from Colombo, Sri Lanka. J Parasitol 97: 152.
- Stiles J, Prade R, Green C. 1996. Detection of *Toxoplasma gondii* in feline and canine biological samples by use of the polymerase chain reaction. Am J Vet Res 57: 264-267.