

< Original Article >

서울지역 동물보호소 내 유기견의 개 심장사상충 감염 실태조사

김능희* ·곽정연 ·김혜라 ·박형숙 ·김두환 ·이주형

서울특별시보건환경연구원

Investigation of *Dirofilaria immitis* infection in stray dogs from public animal shelters in Seoul

Neung-Hee Kim*, Jeong-Yeon Kwak, Hye-Ra Kim, Hyeong-Suk Park,
Doo-Hwan Kim, Ju-Hyung Lee

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health & Environment, Gwacheon 427-070, Korea

(Received 5 August 2014; revised 15 September 2014; accepted 24 September 2014)

Abstract

Dirofilaria immitis infection is one of the most important parasitic diseases in dogs and public health. It often elicits nodules in the pulmonary parenchyma and in the subcutaneous tissues of human. In this study, we investigated the prevalence of *D. immitis* infection among 754 dogs in Seoul area from April to December 2012. The infection rate of 754 dogs was 9.8% (74/754) by the antigen test (canine SNAP 4Dx). The infection rates of *D. immitis* in dogs at the age of <2, 2~4, 5~7, 8~10, and >10 years were 3.7% (7/189), 12.9% (30/233), 15.0% (19/127), 9.8% (18/184), and 0% (0/21), respectively. The infection rates in the female and male dogs were 9.7% (33/340) and 9.9% (41/414), respectively. The regional infection rates in northern and southern Han river region of Seoul were 10.7% (44/410) and 8.7% (30/344), respectively. In order to confirm *D. immitis* infection, we performed PCR on serum samples of 74 dogs which tested positive for *D. immitis* antigen by the antigen test and we detected a specific gene ITS-2 in 59 serum samples. In conclusion, this study suggests that treatment and preventive care on the *D. immitis* infection should be considered in dogs of Seoul area.

Key words : *Dirofilaria immitis*, Stray dogs, Antigen test, PCR, Seoul.

서 론

개 심장사상충증은 *Dirofilaria immitis*에 의해 열대, 아열대 및 온대기후 지역에 속한 국가에서 발생하는 모기 매개성 질병이다. *D. immitis*는 가늘고 긴 실모양의 선충으로 몸길이는 수컷(12~16 cm)이 암컷(25~30 cm)보다 짧으며, 주로 개, 고양이와 말에 감염이 되고 야생에서는 늑대, 여우를 포함해 족제비, 바다표범 등에 기생하는 것으로 알려져 있다(Soulsby, 1982). 여러 포유동물 중 특히 개에서 폐동맥, 우심실, 우심방에 기생하여 혈액순환 장애 등 다양한 증상을

유발하여 문제시 되고 있으며, 모기가 매개체가 되어 사람에게도 감염이 되는 인수공통감염병이다. 사람에서는 대개 성충으로 발육할 가능성은 낮으나, 폐에 원형음영이나 피하조직에 결절을 형성하기도 한다(Hatasushika 등, 1992). 모기 체내에 있던 제 3기 감염 유충이 숙주를 흡혈하는 순간 피하에 침입하여 약 6개월 후 성충으로 발육하며, 종숙주의 우심실과 폐동맥에 기생한다. 따라서 *D. immitis*에 중감염 된 개는 폐와 심장에 동맥내막염과 삼출물의 증가 및 울혈성 심장기능 부전을 특징으로 하는 증상을 보인다(Rawlings와 Calvert, 1995).

국내의 개 심장사상충 감염조사는 1962년 경남 진주시에서 최초 보고한 감염률 21%를 시작으로 인

*Corresponding author: Neung-Hee Kim, Tel. +82-2-570-3438,
Fax. +82-2-570-3442, E-mail. salmonella@seoul.go.kr

천지역 2.7% (1997), 충남 동부지역 19% (2002), 대구 지역 23.2% (2000~2002), 대전지역 12.1% (2003), 전북 전주지역 14% (2004), 경남 남부지역 22.5% (2007)의 지역적인 조사가 이루어졌으며, 최근에는 전국을 대상으로 6.9% (2012)의 감염률을 보고하는 등 지속적인 조사보고를 하고 있다(Park과 Lee, 1962; Lee 등, 1999; Lee 등, 2003; Jang 등, 2004; Lim 등, 2003; Lee 등, 2005; Kim 등, 2009; Jung 등, 2012). 국외의 경우 1996년 Bidgood과 Collins가 호주 시드니 지역의 개를 대상으로 감염률 11.4%를 보고하였으며, 최근에는 2010년 이란의 도심지역 개를 대상으로 6%의 감염률을 보고하는 등 많은 조사연구가 진행되고 있다(Bidgood과 Collins, 1996; Razi 등, 2010). 심장사상충의 인체감염에 대한 국내 보고는 Lee 등(2000)이 폐질환 환자에서 심장사상충의 폐감염에 대해 최초 보고한 이후 최근에는 Kang 등(2013)이 흉부 CT 촬영에서 비정상 소견이 있는 환자에서 폐감염 사례를 보고하였으며, Kim 등 (2002)은 간 결절 형성 환자에서 간감염 사례를 보고하기도 하였다(Lee 등, 2000; Kang 등, 2013; Kim 등, 2002). 국외의 경우 유럽, 미국, 일본, 브라질 등에서 감염사례 보고가 있다(Chai, 2011).

서울지역을 대상으로 개 심장사상충 감염에 대한 조사는 Yoon (2002)이 사육견으로부터 1.5%의 감염률을 보고한 이후 최근까지 조사 사례가 없어 이번 조사를 통해 서울시 유기견 보호소 내 개에 대한 심장사상충 감염실태를 조사하여 인수공통전염병으로써 중요한 질병에 대한 예방의 기초 자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

시료

본 조사는 2012년 4월부터 12월까지 서울시 유기동물 보호소 내 계류 중이던 개 754마리를 대상으로 실시하였다. 대상 동물을 성별로 분류하면 암컷 340

두, 수컷 414두이며, 연령별로는 2세 미만이 189두, 2세 이상 4세는 233두, 5세 이상 7세는 127두, 8세 이상 10세는 184두, 10세 초과 21두였다. 지역별로는 한강을 중심으로 북부지역은 410두, 남부지역은 344두였다. 혈액 채취는 대상견의 요골쪽피부정맥(cephalic vein)에서 채취하여 사용하였다.

심장사상충 검사

심장사상충 검사는 혈액내에 유리되어 존재하는 심장사상충 특이항원을 검출하는 면역학적 방법을 이용한 간이검사 키트(canine SNAP 4Dx; IDEXX, westbrook, ME, USA)로 항원을 검사하였으며, 항원검사에서 양성으로 판정된 혈액을 대상으로 *D. immitis* 감염 확인을 위해 PCR법을 이용한 유전자 검사를 실시하였다.

PCR 검사

Genomic DNA 추출: 감염확인을 위한 genomic DNA 추출은 QIAamp[®] DNA Mini Kit(QIAGEN, valencia, CA, USA)를 사용하였다.

PCR: Mar 등(2002)의 방법에 따라 target gene을 ITS-2로 한 primer를 제작(Table 1)하였으며 예상 증폭산물은 302 bp이었다. PCR 반응 조건은 94°C에서 3분간 preheating한 후 94°C에서 3분간 denaturation, 63°C에서 1분간 annealing, 72°C에서 30초간 elongation을 30회 반복수행한 후 72°C에서 7분간 post-elongation을 실시하였다. 증폭된 반응산물은 1.5% agarose를 이용하여 확인하였다.

통계학적 분석

항원검사에서 얻은 결과를 성별, 연령별, 지역별 기준으로 상호 비교 분석하였다. 여기서 얻은 수치들의 유의성 검증을 위하여 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) V.17.0을 이용하여 chi-square test를 실시하였다.

Table 1. Primer sequences used to amplify *D. immitis* DNA

Primer	Primer sequences	Target gene	Product size	Genbank accession No.
<i>D. immitis</i> - F1	CATCAGGTGATGATGTGATGAT	ITS-2	302 bp	AF217800
<i>D. immitis</i> - R1	TTGATTGGATTTTAACGTATCATT			

결 과

D. immitis 감염률

2012년 4월부터 12월까지 서울지역 유기견 보호소에 계류했던 개 754마리를 대상으로 실시한 개 심장사상충 간이키트 항원 검사에서는 74마리가 양성으로 나타나 감염률이 9.8%로 확인되었다(Table 2).

성별에 따른 D. immitis 감염률

성별에 따른 개 심장사상충 감염률을 보면 암컷은 9.7% (33/340두)의 양성률을 나타내었으며, 수컷은 9.9% (41/414두)의 양성률을 나타내었고(Table 3), 성별에 따른 유의성은 확인되지 않았다($P>0.05$).

연령에 따른 D. immitis 감염률

개 심장사상충의 연령별 감염률을 보면 2세 미만에서는 3.7% (7/189), 2세 이상 4세 이하에서는 12.9% (30/233), 5세 이상 7세 이하에서는 15.0% (19/127), 8세 이상 10세 이하에서는 9.8% (18/184), 10세를 초과한 (0/21) 경우에는 감염개체가 나타나지 않았다(Table 4). 이번 조사의 결과를 보면 8세 이상의 높은 연령의 개체에서는 다소 낮아 지는 경향을 보이지만 대체로 2세 미만의 어린 개체보다는 연령이 증가할수록 감염률이 높게 나타났으며, 통계학적으로도 유의성이 인정 되었다($P<0.05$).

Table 2. Infection rate of *D. immitis* in dogs from Seoul animal shelters using SNAP 4Dx

No. examined	No. positive (%)
754	74 (9.8)

Table 4. Infection rate of *D. immitis* in dogs from Seoul animal shelters by age using SNAP 4Dx

Age (years)	<2	2 to 4	5 to 7	8 to 10	>10
No. examined	189	233	127	184	21
No. positive (%)	7 (3.7)	30 (12.9)	19 (15)	18 (9.8)	0

Significant statistical difference ($P<0.05$).

지역별 D. immitis 감염률

서울지역을 한강을 중심으로 북부와 남부로 나눠 *D. immitis* 감염률을 조사해 본 결과 강북구를 포함한 한강 북부지역은 10.7% (44/410), 강남구를 포함한 남부지역은 8.7% (30/344)로 나타나(Table 5), 북부지역의 감염률이 조금 더 높게 나타났으나 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다($P>0.05$).

PCR 결과

항원 간이키트 검사에서 양성이 확인된 혈액 74건에 대해 *D. immitis* 특이 primer를 이용하여 PCR 검사를 실시한 결과 59 (79.7%)건에서 302bp의 *D. immitis* 유전자를 확인할 수 있었다.

고 찰

모기 매개에 의해 감염되는 개 심장사상충은 감염동물의 말초혈관에 순환중인 자충을 모기가 흡혈하면 모기 체내로 들어가 감염유충이 된 후 이 모기가 다른 감수성 동물을 흡혈함으로써 감염이 성립된다(Lee, 1993). 이번 조사는 최근 1인 가구 등 소가족형 가구의 증가와 반려동물에 대한 인식이 높아짐에 따라 반려견 사육이 늘어나고 있어 중요한 인수공통기생충인 *D. immitis* 감염실태를 조사하여 공중보건의 기초 자료로 활용하고자 하였다. 국내 *D. immitis* 감염에 대한 조사는 Park 등(1962)이 진주지방 사육

Table 3. Infection rate of *D. immitis* in dogs from Seoul animal shelters by sex using SNAP 4Dx

Sex	No. of examined dogs	No. of positive dogs (%)
Female	340	33 (9.7)
Male	414	41 (9.9)
Total	754	74 (9.8)

Table 5. Infection rate of *D. immitis* in dogs in each area of Seoul

Region of Han river	District	No. examined	No. positive (%)
Northern	Gangbuk	32	3
	Seodaemun	32	4
	Eunpyoung	32	5
	Dongdaemun	34	2
	Dobong	32	2
	Jungrang	3	2
	Yongsan	33	2
	Seongdong	32	9
	Nowon	32	2
	Mapo	20	0
	Gwangjin	32	2
	Seongbuk	32	4
	Jung	32	3
	Jongno	32	4
	subtotal	410	44 (10.7)
	Southern	Gangnam	32
Guro		32	6
Yangcheon		33	3
Gangseo		32	2
Songpa		32	2
Geumcheon		32	2
Yeondeongpo		32	4
Gangdong		32	2
Gwanak		31	0
Seocho		32	2
Dongjak		24	4
Subtotal		344	30 (8.7)
Total	754	74 (9.8%)	

개에 대해 필라리아자충 검사법으로 21%의 감염률을 최초 보고한 후, 최근 Jung 등이 전국의 유기견을 대상으로 항체검사를 한 결과 6.9%의 감염률을 조사하는 등 지금까지 많은 조사가 이루어지고 있다(Lee 등, 2010; Lee 등, 2005; Lim 등, 2003; Jung 등, 2012). 이번 조사에서는 서울지역 유기견 보호소에 계류 중인 개 754두를 대상으로 항원검사를 실시한 결과 9.8% (74/754)로 나타났다. 이는 Lee 등(1993)이 대구지역 사육견에 대해 조사한 4.8%, Lee 등(1999)의 인천지역 사육견에 대한 조사인 2.7% 보다는 높게 나타났으며, Jang 등(2004)이 조사한 대전지역 사육견에 대한 감염률 12.1%, Lee 등(2005)이 전주지역에서 조사한 14%, Koh 등(2007)이 광주지역에서 조사한 결과 12.4% 및 Jung 등(2012)이 전국 유기견을 대상으로 조사한 6.9%와는 유사한 결과를 나타내었다. 반면 Kim 등(2007)의 경남 남부지역 농장 사육견에 대한 *D. immitis* 감염조사에서는 22.5%, Seo 등(2001)의 수도권 일대 번식농장 사육견의 감염률 50.3%와는 상

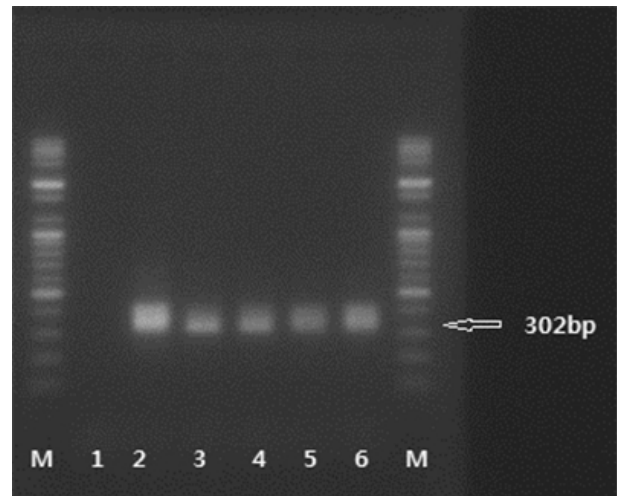


Fig. 1. Gel electrophoresis of PCR products in a 1.5% agarose gel using filarial specific ITS-2 region primer. M: 100bp DNA ladder (Bioneer, Daejeon, Korea). lane 1: Negative control, lane 2~6: DNA of six different individual preparations of blood.

당한 차이를 보이고 있으며, 이는 실내외 사육환경의 차이와 집단사육 환경에서 모기에 노출되는 기회가 더 많기 때문으로 생각된다. *D. immitis* 감염률에 대한 국외의 조사를 살펴보면 Bidgood 과 Collins (1996)는 호주 시드니 지역 개에 대해 11.4%, Razi Jalali 등 (2010)은 이란 Ahvaz 지역 개에 대해 6%로 조사 보고하여 이번 조사에도 유사한 결과로 나타났다.

성별에 따른 감염률 차이에 대한 조사 결과 암컷은 9.7% (340/754), 수컷은 9.9% (414/754)로 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다. 과거 Lee 등(1999), Lim 등 (2003), Jang 등(2004)의 조사에서 암컷에 비해 수컷의 감염률이 다소 높게 나타났음을 보고하였으나, 이번 조사에서는 국내의 경우 Seo 등(2001)과 Lee 등(1996)의 조사결과와 국외의 경우 Copland 등(1992)의 호주 남부지역 개에 대한 조사결과와 같이 성별에 따른 유의성 있는 차이가 없음을 확인하였다.

연령 변화에 따른 감염률 차이에 대한 조사 결과 2세 미만에서는 3.7% (7/189), 2세 이상 4세 이하에서는 12.9% (30/233), 5세 이상 7세 이하에서는 15.0% (19/127), 8세 이상 10세 이하에서는 9.8% (18/184), 10세를 초과한(0/21) 경우에는 감염개체가 나타나지 않았다. 이 결과는 국내에서 Yoon 등(2002)이 서울지역 개를 대상으로 조사한 결과 2세 미만의 어린개체가 감염률이 가장 낮으며, 3세 이상 7세 미만의 개체들의 감염률의 가장 높게 나타나고, 7세 이상의 개체에서 다시 감염률이 낮아지는 결과와 유사하게 나타났으며, 국

외의 경우 Montoya 등(1998)이 조사한 결과인 3세 미만의 개체가 가장 낮은 감염률을 나타내고 3세 이상 6세 미만의 개체에서 가장 높은 감염률, 6세 이상의 개체에서 다소 낮아지는 감염률을 조사한 결과와도 유사한 결과를 보였다. 이 결과는 본 조사대상인 서울지역 유기견의 대부분이 가정내 사육 애완견종이 대부분임을 감안할 때 어린 개체와 노령의 개체들은 3세 이상 7세 미만의 외부 활동량 가장 많은 개체들 보다는 모기에 노출되는 기회가 다소 줄어들어 감염률이 낮아지는 경향을 보이는 것으로 판단된다.

지역별 감염률은 한강을 중심으로 북부와 남부로 구분하여 비교해 본 결과 북부지역 10.7% (44/410), 남부지역 8.7% (30/344)로 나타나 북부지역이 조금 높은 감염률을 보였으나 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다. 이는 한강 북부지역이 도심의 아파트 밀집지역이 많은 한강남부 지역보다 단독주택 형태의 주거지가 많아 실외 사육환경이 더 많은 것에 기인한 것으로 생각된다.

항원검사에서 양성으로 확인된 74두에 대해 *D. immitis* 특이 유전자인 ITS-2 유전자를 증폭하여 확인한 결과 59두(79.7%)에서 유전자 특이 밴드를 확인할 수 있었다. 이는 Kim 등(2009)이 *D. immitis* 항원 양성 혈액을 이용하여 PCR 검사로 84%의 *D. immitis* 특이 유전자를 확인한 결과와 유사하게 나타났다. Rishniw 등(2006)과 Lee 등(2010)은 *D. immitis* 감염 확인법에 있어 PCR 진단법이 형태학적 진단법의 한계를 극복하고 좀 더 정확한 진단법임을 보고하기도 하였다.

이번 조사에서 서울지역 유기견의 *D. immitis* 감염률이 9.8%로 조사된 것을 볼 때, 개뿐만 아니라 사람에게도 피하 결절 형성 또는 호흡기 증상을 유발하는 인수공통 질병 원인체인 *D. immitis*의 구제는 공중보건학적으로도 매우 중요한 과제이다. 가정 사육 반려견 뿐만 아니라 유기견 보호소에서 분양을 기다리고 있는 개들에게 매일 정기적인 예방약 투여와 모기의 접촉을 줄여주는 등 공중보건학적 위해요소를 사전에 예방할 수 있는 관리체계를 마련해야 할 것으로 판단된다.

결 론

2012년 4월부터 12월까지 서울시 유기동물 보호소 내 계류 중이던 개 754 (암컷 340, 수컷 414)마리를 대상으로 *D. immitis* 감염률을 조사한 결과, 항원 간

이키트 검사에서 74두(9.8%)가 양성으로 확인되었다.

감염률에 대한 암·수컷의 차이를 비교해 보면 암컷이 9.7% (33/340), 수컷이 9.9% (41/414)로 유사하게 나타났다. 연령별 차이를 비교해 보면 2세 미만에서는 3.7% (7/189), 2세 이상 4세 이하에서는 12.9% (30/233), 5세 이상 7세 이하에서는 15.0% (19/127), 8세 이상 10세 이하에서는 9.8% (18/184), 10세를 초과한(0/21) 경우에는 감염개체가 나타나지 않았다. 지역별 감염률의 차이를 조사한 결과 강북구를 포함한 한강 북부지역은 10.7% (44/410), 강남구를 포함한 남부지역은 8.7% (30/344)로 나타났다. 항원간이키트 검사에서 양성반응을 보인 74두에 대해 *D. immitis* 유전자 검사결과 59두(79.7%)에서 특이 유전자를 확인하였다.

참 고 문 헌

- 이재구. 1993. 선충류. pp. 234-239. In: 이재구. 최신수의기생충학. 대한교과서주식회사, 서울.
- Bidgood A, Collins GH. 1996. The prevalence of *Dirofilaria immitis* in dogs in Sydney. Aust Vet J 73: 103-104.
- Chai JY. 2011. Recent advances in the use of antihelmintics for treating nematode infections. Infec Chemother 43: 26-35.
- Copland MD, O'Callaghan MG, Hajduk P, O'Donoghue PJ. 1992. The occurrence of *Dirofilaria immitis* in dogs in South Australia. Aust Vet J 69: 31-32.
- Hatasushika R, Okino T, Shimizu M, Ohyama F. 1992. The prevalence of dog heartworm (*Dirofilaria immitis*) infection in stray dog in Okayama, Japan. Kawasaki Med J 18: 75-83.
- Jang SI, Song WJ, HA SH, Lee SJ, Chung NK, Moon BC. 2004. Prevalence of heartworm disease in dogs of Daejeon Area. Korea J Vet Serv 27: 133-137.
- Jung BY, Gebeyehu EB, Seo MG, Byun JW, Kim HY, Kwak D. 2012. Prevalence of vector-born diseases in shelter dogs in Korea. Vet Rec 171: 249.
- Kang HJ, Park YS, Lee CH, Yim JJ, Kim YW, Han SK, Chai JY, Lee J. 2013. A case of human pulmonary dirofilariasis in 48-years-old Lorean Man. Korea J Parasitol 51: 569-572.
- Kim MK, Kim CH, Yeom BW, Park SH, Choi SY, Choi JS. 2002. The first human case of hepatic dirofilariasis. J Korean Med Sci 17: 686-690.
- Kim TK, Jo MH, Park MN, Jo EJ, Nam TS, Son SK, Heo JH. 2009. Prevalence of heartworm infection among dogs on breeding farms in southern Gyeongnam area. Korea J Vet Serv 32: 369-375.
- Koh BR, Na HM, Jang MS, Kim JY, Park SD. 2007. Investigation of canine dirofilariasis and brucellosis in free roaming dogs from public animal shelters in Gwangju area. Korean J Vet Serv 30: 155-164.

- Lee HS. 1993. A survey on the infection rate of *Dirofilaria immitis* of dogs in Daegu Area. J Kor Vet Med Assoc 29: 25-28.
- Lee JC, Lee CY, Shin SS, Lee CG. 1996. A survey of canine heartworm infectious among German shepherds in South Korea. Korean J Parasitol 34: 225-231.
- Lee JH, Sim SW, Kim YJ, An SU, Han KS. 2003. Prevalence of canine heartworm infection among dogs on breeding farms in Chungnam province. Korea J Vet Serv 26: 19-26.
- Lee JW, Eum SS, Park IG, Bea JJ, Joung DS. 2005. Prevalence of heartworms, scabies and demodicosis of pet dogs in Jeonju area. Korea J Vet Serv 28: 39-47.
- Lee KJ, Park GM, Tong TS, Im KI, Jung SH, Jeong NY, Lee WY, Yong SJ, Shin KC. 2000. The first Korean case of human pulmonary dirofilairis. Yonsei Med J 41: 285-288.
- Lee SM, Hwang HS, Kim JH. 1999. Studies on infection rate and histopathological findings of canine heartworms in Incheon city. Korea J Vet Serv 22: 25-35.
- Lee SM, Lee WW, Kang SY, Lee GR, Kim GH. 2010. Diagnosis of canine dirofilariasis using molecular genetic assay. The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment 20: 92-97.
- Lim HS, Cho YJ, Suh DK, Song JS, Lee CS, Bae YC. 2003. A survey on the infection rate of *Dirofilaria immitis* of dogs in Daegu area. Korea J Vet Serv 26: 129-134.
- Mar PH, Yang IC, Chang GN, Fei AC. 2002. Specific polymerase chain reaction for differential diagnosis of *Dirofilaria immitis* and *Dipetalonema reconditum* using primers derived from internal transcribed spacer region 2 (ITS 2). Vet Parasitol 106: 243-252.
- Montoya JA, Morales M, Ferrer O, Molina JM, Corbera JA. 1998. The prevalence of *Dirofilaria immitis* in Gran Canaria, Canary Islands, Spain (1994-1996). Vet Parasitol 75: 221-226.
- Park UB, Lee HS. 1962. Studies on the infection rate of *Dirofilaria immitis* in Chinju area by use of blood test and intracutaneous Test. The Research Bulletin of Chinju Agricultural College 1: 54-58.
- Rawlings CA, Calvert CA. 1995. Heartworm disease. pp. 1046-1068. In: Ettinger SJ, ad Feldman EC(ed.). Textbook of Veterinary Internal Medicine. 4th ed. WB Saunders. Philadelphia.
- Razi Jalali MH, Alborzi AR, Avizeh R, Mosallanejad B. 2010. A study on *Dirofilaria immitis* in healthy urban dogs from Ahvaz, Iran. Iran J Vet Res 11: 357-362.
- Rishniw M, Barr SC, Simpson KW, Frongillo MF, Franz M, Dominguez Alpizar JL. 2006. Discrimination between six species of canine microfilariae by a single polymerase chain reaction. Vet Parasitol 135: 303-314.
- Seo YW, Shin SS, Kim JT. 2001. Occurrence of canine heartworm disease on three breeding farms in the vicinity of Seoul, Korea Korea J Vet Res 41: 79-83.
- Soulsby E.J.L. 1982. *Dirofilaria immitis*. pp. 307-312. In: Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. 7th ed. Bailliere Tindall, London.
- Yoon HY, Yoon CS, Jeong SW, Kim TJ, Park SY, Chung BH, Choi YM, Lee WC. 2002. Prevalence and relative risk of canine dirofilariosis among dogs in Seoul, South Korea. Vet Rec 151: 567-577.