

광주와 전남지역 사육견의 개심장사상충(*Dirofilaria immitis*) 감염률 조사

정대영 · 김희정 · 이태욱 · 김내영 · 이정치* · 신성식*

전라남도 축산기술연구소 중부지소, 전남대학교 수의과대학*

Prevalence of canine heartworm infection among dogs in Kwangju and Chonnam area

Dae-young Chung, Hee-jeong Kim, Tae-uk Lee, Nae-young Kim, and
Jeong-chee Lee*, Sung-shik Shin*

Central Branch of Chonnam Livestock Research Institute, Posung-eup, Chonnam
College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Kwangju, South Korea*

Abstract

We have investigated the prevalence of canine heartworm (*Dirofilaria immitis*) infection among 100 mixed-breed dogs raised in Chonnam Province(Koheung, Posung, Changheung, and Hwasoon) and 100 dogs randomly selected from visiting dogs to the College of Veterinary Medicine, Chonnam National University for routine physical examination. Blood samples taken from dogs were examined for the presence of *Dirofilaria immitis* microfilaria by the modified Knott's test, and an antigen test which was based on the sandwich ELISA(DiroCHEK®, Synbiotics, Inc., San Diego, California, USA) was used to detect the adult heartworm-specific antigen from serum samples. The results were then compared with those of the modified Knott's test.

Five(2.5%) of the 200 examined dogs were microfilaria-positive, while 8 dogs(4%) were antigen-positive, which suggested that the antigen test was more sensitive than the microfilarial test in detecting heartworm infection. All dogs that were microfilaria-positive were also antigen-positive. The place of origin of the heartworm-positive dogs were of Naju (4/26, 15.4%), Koheung(3/32, 9.4%), and Hwasoon (1/19, 5.3%), while none of dogs raised in Kwangju, Posung, and Changheung areas were infected with the parasite. Although not significant, more infected dogs were observed

in older ages, while the difference in infection rate between male (4/98, 4.1%) and female (4/102, 3.9%) was not recognized.

Our results indicated that a relatively low infection rate was observed in dogs raised in Kwangju and Chonnam area compared to the infection rate reported previously in other areas of South Korea.

Key words : *Dirofilaria immitis*, Canine heartworm, Prevalence, Korean dogs

I. 서 론

심장사상충(*Dirofilaria immitis*, Leidy 1856)은 모기에 의해 매개되고 성충은 주로 종숙주의 우심실과 폐동맥에 기생하나 드물게는 대정맥, 간정맥, 세기관지, 뇌, 눈, 복강, 대동맥 및 대퇴동맥에서도 발견되는 백색 선충으로^{1,2,3} 심장과 폐 뿐만 아니라 간과 신장 등 여러 장기에서 질병을 일으키며, 특히 개에서 문제시 되고 있는 기생충이다. 그러나 이 기생충은 고양이, 여우, 늑대, 말 등과 같은 여러 포유 동물에도 기생하는데^{3,4}, 사람에서도 감염이 보고되고 있어 인수공통기생충으로도 알려져 있다⁵. 개의 심장사상충증은 미국, 호주 및 일본에서는 아주 오래전 부터 알려져 왔고 미국 및 캐나다에서는 현재 가장 중요한 개의 질병중의 하나로 취급되고 있으며, 최근에는 멕시코, 남아메리카 및 남유럽등지에서 문제시되고 있다⁶. 우리나라에서는 1962년도부터 이미 이 질병에 대한 보고가 있었고⁷, 수차례의 감염율조사를 통해 국내 사육견의 약 10~20%가 감염되어 있다는 것이 알려져 있으나 임상수의사들의 인식부족으로 인해 최근에서야 그 중요성이 부각되고 있다.

개의 심장사상충증을 진단하는 방법은 임상증세외에 흉부 X-ray검사, 초음파검사, 혈액에서 필라리아자충(L1)을 검출하는 방법과 면역학적 방법에 의해 성충의 항원을 검출하는 방법 등이 있는데^{3,6,8,9,10,11,12}, 이 진단법들은 모두 심장사상충이 성충으로 발육한 후에 비로소 가능하며, 보통 감염된 모기로 부터 감염된 후 약 4-6개월 정도로 알려져 있다. 이들 진단법 중 보편적으로 쓰여왔던 방법은 혈액내에 존재하는

필라리아자충을 검사하는 것인데, 일단 이 방법으로 필라리아자충이 확인되면 양성견으로 확진할 수 있다. 그러나 심장사상충의 필라리아자충은 피부조직에 기생하면서 병원성이 없는 *Dipetalonema reconditum*을 비롯한 타 사상충의 자충과 형태학적으로 비슷하기 때문에 감별진단해야 한다^{13,14,15,16,17}. 또한 필라리아자충은 채혈시간과 계절에 따라 정기 출현성이 있고¹⁸ 성충이 심장에 기생하면서도 혈액내에 필라리아자충이 검출되지 않는 이른바 잠복감염(occult infection)의 경우^{8,19,20,21,22,23}가 많아 이 검사법은 오진율이 매우 높다. 이 같은 경우 혈액내 필라리아자충의 검사법만으로는 정확한 감염여부를 알 수 없으며, 실제 감염률도 낮게 나타난다^{22,24}. 현재 심장사상충의 진단에 가장 정확한 방법으로 알려져 있는 것은 단클론항체를 이용하여 혈액내 성충특이항원의 존재여부를 확인하는 항원검사법으로 알려져 있으며, 혈액내 필라리아자충의 존재여부와 관계없이 체내에 성충이 존재하면 기생부위와도 관계없이 검출한다. 이 방법에 의한 진단율은 99% 이상으로 알려져 있으며, 미국심장사상충학계에서 공식적으로 추천하는 방법이기도 하다⁸. 국내에서 심장사상충에 관한 연구는 전주⁹, 전주²⁵, 이리²⁶, 진도^{27,28}, 대구¹⁸ 등의 지역에서와 전국적인 감염율 조사²⁹가 이루어진 바 있다. 이들 조사의 대부분은 혈액중에서 필라리아자충을 검출하는 방법이었으며, 대구지방의 개에 대한 항원검사법이 최근 이¹⁹에 의해 보고되었으나 광주/전남지역에서 사육되는 개에 대한 조사는 진도군에서의 조사를 제외하고는 없다. 이런 실정임에도 불구하고 최근 애견인구가 늘어나고

심장사상충의 감염률이 높은 일본, 호주, 및 미국등지에서 개들이 수입되고 있는데, 만약 감염견들이 수입되어 이 기생충을 전파시킨다면 우리나라에서의 감염율이 한층 높아질 가능성이 있다. 따라서 이 연구는 광주/전남지역에서 사육되고 있는 개를 대상으로 필라리아자충검사법인 modified Knott's test와 성충항원검사법을 이용하여 이 지역에서의 심장사상충의 감염실태를 조사하고 두 검사방법간의 검출률의 차이와 감염견들에 대한 성별, 연령별, 그리고 지역별 감염실태를 알아보고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

1995년 9월과 10월에 전남중부지역인 고흥, 보성, 장흥 및 화순군에서 사육되고 있는 축견 100두와 1994년 10월부터 1995년 10월 사이에 전남대학교 수의과대학 동물병원에 내원한 광주 및 인근지역의 개 100두를 포함하여 총 200두 (수컷 : 98, 암컷 : 102)를 대상으로 하였다.

2. 실험재료의 채취

혈액채취는 오전 10시부터 오후 6시 사이에 실시하였고 대상견의 요골쪽 피부정맥 (cephalic vein)으로 부터 6ml를 채혈하였다. 그 중 1ml는 modified Knott's test를 실시하기 위해 2% formalin 용액 9ml와 혼합하고 나머지 5ml에서 분리한 혈청은 항원검사를 실시하기 전까지 -20°C 에 동결보관하였다.

3. 필라리아자충검사

말초혈액내의 필라리아자충검사는 modified Knott's test로 실시하였다. 혈액 1ml를 2% formalin 용액 9ml에 넣고 잘 혼합하여 적혈구를 충분히 용혈시킨 후 1500 rpm에서 5분간 원심분리시킨 다음 상층액을 제거하였다. 남아있는 침전물에 동량의 1 : 1000 new methylene blue 용액을 첨가하여 잘 혼합한 후 경검하였으며, *D immitis*와 *D reconditum*의 감별은

형태학적 특징에 준하여 실시하였다³⁰⁾.

4. 항원검사법

항원검사법은 체내에 기생하고 있는 심장사상충의 성충으로 부터 유리되어 혈액내에 존재하는 특이항원을 검출하기 위한 단클론항체와 sandwich ELISA법을 이용한 진단법으로서, 현재 외국에서 상품화되어 시판되고 있는 것들 중에서 DiroCHEK[®](Synbiotics, Inc., San Diego, California, USA)³¹⁾를 이용하여 실시하였다.

5. 통계처리

항원검사법과 필라리아자충검사법간의 유의성은 McNemar's test를, 성별간의 차이와 연령간의 차이는 Fisher's Exact test를 사용하여 검정하였다.

III. 결 과

광주/전남지역에서 사육되고 있는 개에 대한 심장사상충의 감염율을 modified Knott's test와 DiroCHEK[®]를 이용한 항원검사법으로 조사한 결과는 Table 1에 표시하였다. 총 200두 중 감염견은 modified Knott's test에서 5두 (2.5%)와 항원검사법에서 8두(4%)로 나타났다. Modified Knott's test에서 자충이 발견된 감염견은 모두 항원검사법에서도 양성반응을 보임으로써 항원검사법이 modified Knott's test보다 더 높은 검출성적을 보였으나 유의성있는 차이가 인정되지 않았다($\alpha=0.05$). 성별에 따른 감염률을 비교한 결과는 수컷의 경우 총 98두 중 항원양성반응을 보인 것은 4두로서 4.1%의 감염률을 보였고, 암컷의 경우 102두 중 4두에서 항원양성을 보여 3.9%의 감염률을 나타내어 성별간에도 유의성있는 차이가 인정되지 않았다($\alpha=0.05$).

심장사상충 감염견들의 지역별 감염률을 살펴보면 Table 2와 같다. 나주에서 조사한 26두 중 4두 (15.4%)가 양성반응을 보임으로써 조사지역 중 가장 높게 나타났으며, 고흥과 화순

지역의 감염률은 9.4%와 5.3%로 각각 조사되었다. 그러나 광주, 보성, 장흥지역에서는 조사 대상 123두 모두 음성반응을 보였다. 연령에 따른 감염률은 Table 3에 나타난 바와 같이 2세

이하에서 2.6% (3/114두), 그리고 2세 이상에서는 5.8% (5/86두)로 각각 조사되어 나이가 증가함에 따라 높았으나, 이 결과 역시 유의성있는 차이가 인정되지 않았다($\alpha=0.05$).

Table 1. Prevalence of *Dirofilaria immitis* infection among dogs of Kwangju and Chonnam area.

Sex	Antigen test*	Microfilarial test**
Male	4/ 98 (4.1%)	3/ 98 (3.1%)
Female	4/102 (3.9%)	2/102 (1.9%)
Total	8/200 (4.0%)	5/200 (2.5%)

*DiroCHEK®(Synbiotics, Inc., San Diego, California, USA)

**Modified Knott's test(see Materials and Methods section for detailed procedure)

Table 2. Distribution of the heartworm-positive dogs in Kwangju and Chonnam area by location

Location	Number of dogs		Infection rate (%)
	Examined	Infected*	
Kwangju	73	0	0
Naju	26	4	15.4
Koheung	32	3	9.4
Posung	46	0	0
Hwasoon	19	1	5.3
Changheung	4	0	0
Total	200	8	4.0

*Diagnosis was based on the result of the antigen test (DiroCHEK®, Synbiotics, Inc., San Diego, California, USA).

Table 3. Infection rate of *Dirofilaria immitis* by age among dogs in Kwangju and Chonnam area.

Age (year)	Number of dogs examined	No of heartworm-positive dogs (%)
≤ 2	114	3*(2.6)
> 2	86	5 (5.8)
Total (%)	200	8 (4.0)

*Diagnosis was based on the result of the antigen test(DiroCHEK®, Synbiotics, Inc., San Diego, California, USA)

IV. 고 찰

본 연구에서는 1995년 9월과 10월에 전남중부지역인 고흥, 보성, 장흥 및 화순군에서 사육되고 있는 축견 100두와 1994년 10월 부터 1995년 10월 사이에 전남대학교 수의과대학 동물병원에 내원한 광주 및 인근지역에 있는 개 100두를 포함하여 총 200두를 대상으로 심장사상충의 감염실태를 조사한 결과 modified Knott's test에 의해 2.5%와 항원검사법에 의해 4.0%의 검출률을 보여 항원검사법이 더 높은 검출률을 보였다. 그러나 두 방법간의 검출률의 차이는 인정되지 않았는데, 이는 양성반응을 나타낸 개의 수가 적었기 때문으로 사료된다. 항원검사법에 의해 양성반응을 보인 개 8두중 필라리아자충이 검출되지 않은 3두는 위양성 반응으로 간주할 수도 있겠으나, 본 조사에서 사용된 항원검사법의 위양성가능성이 1% 이하라는 보고³¹⁾를 고려할 때, 이러한 검출률의 차이는 체내에 성충이 존재하면서도 말초혈액 내에 필라리아자충이 검출되지 않는 이른바 잠복감염에 의한 것으로 사료된다^{12,18,27,31,33,34)}. 잠복감염은 기생하고 있는 성충의 종류가 동일한 성으로만 구성되어 있거나 감염한 기생충이 성충으로 자라지 않은 상태일 때, 신체 면역학적 기전이 성충을 제거하지 못하고 필라리아자충만 제거한 경우, 그리고 필라리아자충 구제제를 투여한 경우 등에 발생된다²³⁾. 특히 필라리아자충을 제거하나 성충은 제거하지 못하는 ivermectin은 내,외부 기생충 구제제로 개에서도 사용하는 경우가 많아 잠복감염의 가능성은 더 높아질 것으로 추정되고 있다^{9,13,31)}. 지금까지 외국에 보고된 잠복감염의 발생율은 5~67%로 다양하다¹²⁾. 심장사상충의 자충이 검출되지 않은 3두의 항원양성견에 대한 확진은 이들을 부검하여 성충의 존재를 확인하는 것이겠으나 가정집에서 사육하는 개들을 대상으로 혈액샘플만을 채취한 본 조사의 성격상 성충을 직접 확인하지는 못하였다.

본 조사의 결과는 과거에 타 지역에서 조사 보고된 심장사상충 감염률보다 현저하게 낮은 것으로 나타났다. 국내 심장사상충의 감염률은

진주지방 축견에서 21.0%⁷⁾, 전주지방 축견에서 23.0%²⁵⁾, 이리지방의 축견에서 17.1%²⁶⁾, 진도견에서 3.1%²⁸⁾와 12.3%²⁷⁾ 그리고 최근 전국적인 규모의 조사에서 9.6%²⁷⁾로 각각 보고되었다. 이렇게 감염률이 광주/전남지방에서 낮게 나타난 정확한 이유는 알 수 없었으나, 본 조사의 대상견들 중 57% (114/200두)가 2세 이하의 어린동물이어서 상대적으로 중간숙주 모기에 노출될 기회가 적었다는 것과, 또한 광범위구충제로 널리 사용되는 ivermectin에 의해 필라리아자충의 전파가 감소된 것 등이 중요한 인자들로 사료된다.

지역별 감염률은 나주시에서 15.4%로 가장 높게 나타났고 고흥과 화순에서는 각각 9.4%와 5.3%였으며, 보성, 장흥 및 광주에서는 감염견이 발견되지 않았다. 광주와 같은 도시권은 이 기생충의 매개체인 모기의 서식이 지속적인 방역으로 억제되고 다른 조사지역에 비해 상대적으로 모기와 접촉할 기회가 적어서 감염률이 낮게 나타난 것으로 사료된다. 또한 보성은 조사 대상견의 연령이 어리고 장흥은 조사대상견의 숫자가 적었기 때문으로 생각된다.

연령에 따른 감염률은 2세 이하에서 2.6%, 2세 이상에서 5.8%가 항원 양성견으로 나타나 나이는 개에서 감염률이 높은 경향을 알 수 있었다. 비록 양성반응을 보인 개의 수가 적어 유의성있는 차이가 인정되지 않았으나, 나이든 개에서 감염률이 높은 경향은 이²⁵⁾와 이²⁹⁾ 등의 조사에서도 확인되었는데, 이는 노령견일 수록 모기와 접촉할 기회가 많고 그만큼 이 기생충에 감염될 수 있는 기회가 증가되기 때문으로 생각된다^{29,32)}. 또한 이²⁸⁾는 진도견에서 *Dipetalonema* sp와의 혼합감염된 증례를 보고하였는데, 이 연구 결과에서는 *Dipetalnonema* sp의 자충의 형태에 속하는 필라리아자충은 검출되지 않았다.

V. 결 론

1995년 9월과 10월에 전남중부지역인 고흥, 보성, 장흥 및 화순군에서 사육되고 있는 축견 100두와 1994년 10월 부터 1995년 10월 사이에

전남대학교 수의과대학 동물병원에 내원한 광주 및 인근지역에 있는 개 100두를 포함하여 총 200두 (수컷 : 98, 암컷 : 102)를 대상으로 개 심장사상충의 감염실태를 조사하였다. 이 조사에 사용된 진단법은 혈액내에 존재하는 필라리아자충을 검출하는 modified Knott's test와 단클론항체와 ELISA를 이용하여 혈액내에 존재하는 성충특이항원을 검출하는 항원검사법 (DiroCHEK®, Synbiotics, Inc., San Diego, California, USA)을 사용하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 필라리아자충 검출법과 항원검사법에 의한 개심장사상충의 감염률은 2.5% (5/200두)와 4% (8/200두)로 각각 조사되었다.

2. 항원검사에 양성반응을 보인 8마리의 사육지역은 나주(4/26, 15.4%), 고흥(3/32, 9.4%), 그리고 화순 (1/19, 5.3%)이었으며, 광주(0/73), 보성(0/46), 장흥(0/4) 지역에서는 양성견이 검출되지 않았다.

3. 연령차이에 따른 감염률은 2세 이하에서 2.6% (3/114), 2세 이상에서는 5.8% (5/86)로 나이든 개에서 감염률이 높은 경향을 나타냈다.

4. 성별에 따른 감염률은 수컷이 4.1% (4/98), 암컷이 3.9% (4/102)로서 유의성있는 차이가 인정되지 않았다.

5. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 광주/전남 지역 사육견들의 개심장사상충 감염률은 과거에 전국적으로 조사된 감염률(9.6~20%)과 비교하여 볼 때 현저하게 낮음을 알 수 있었다.

VI 참고문헌

- Buoro IBJ, Atwell RB. 1983. Urinalysis in canine dirofilariasis with emphasis on proteinuria. *Vet Rec.* p.112 : 252-253.
- Hamir AN. 1987. Heartworm (*Dirofilaria immitis*) in the brain of dog. *Vet Rec* 120 : 207-208.
- Knight DH. 1992. Heartworm disease. In : Morgan RV, ed. *Small Animall Practice*. 2nd ed, Churchill Livingstone Inc. p. 137-145.
- Soulsby EJJ. 1982. *Helminths, Arthropods and Protozoa of Domesticated Animals*. 7th ed, Bailliere Tindall, London. p.307-319.
- Hatsushika R, Okino T, Shimizu M et al. 1992. The prevalence of dog heartworm (*Dirofilaria immitis*) infection in stray dogs in Okayama, Japan. *Kawasaki Med J.* p.18 : 75-83.
- Knight DH. 1992. *How Current knowledge has affected the diagnosis, prevention, and treatment of heartworm infection*. In : Soll MD, ed. *Proceedings of the Heartworm Symposium 92*. Batavia, IL : American Heartworm Society. p.253-259.
- 박응복, 이희석. 1962. 진주지방 축견의 건사상충 조사. *진주농대 연구보고*. p.1 : 34-58.
- American Heartworm Society. 1992. *Recommended procedures for the diagnosis and management of heartworm (Dirofilaria immitis) infection*. In : Soll MD, ed. *Proceedings of the Heartworm Symposium 92*. Batavia, IL : American Heartworm Society. p.289-294.
- Courtney CH. 1992. *Guidelines for the use of parasitologic and serologic screening for heartworm infection*. In : Soll MD, ed. *Proceedings of the Heartworm Symposium 92*. Batavia, IL : American Heartworm Society. p.1-4.
- Ewing SA. 1986. Examination for parasites. In : Coles EH, ed. *Veterinary clinical pathology*, 4th ed. Philadelphia, WB Saunders Co. p.385-386.
- Hoskins JD, Hagstad HV, Hribernik TN et al. 1984. Heartworm disease in dogs from Louisiana : Pretreatment clinical and laboratory evaluation. *J Am Anim Hosp Assoc.* p.20 : 205-210.
- Rawlings CA, Calvert CA. Heartworm disease. 1995. In : Ettinger SJ, ed. *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 4th ed,

- Philadelphia, WB Saunders Co. p.1046-1068.
13. Blagburn BL. 1994. Microfilaricidal therapy. *Vet Med*. p.630-638.
 14. Copland MD, O'Callaghan MG, Hajduk P et al. 1992. The occurrence of *Dirofilaria immitis* in dogs in south Australia. *Aust Vet J*. p.69 : 30-32.
 15. Griffiths HJ, Schlotthauer JC. 1964. Laboratory diagnosis of *Dirofilaria immitis* and *Dipetalonema* sp in the peripheral blood of the dog in the United States. *Vet Med* 264-267.
 16. Morgan HC. 1966. Canine blood parasites : Filariasis. *Vet Med*. p.829-841.
 17. Pratt SE, Corwin RM, Selby LA et al. 1981. Prevalence of *Dirofilaria immitis* and *Dipetalonema reconditum* infections in Missouri dogs. *J Am Vet Med Assoc*. p.179 : 592-593.
 18. 이희석. 1993. 대구지역 개의 견사상충의 감염실태. *대한수의사회지*. p.29 : 25-27.
 19. Bruner CJ, Hendrix CM, Blagburn BL et al. 1988. Comparison of serologic tests for detection of antigen in canine heartworm infections. *J Am Vet Med Assoc*. p.92 : 1423-1427.
 20. Courtney CH, Cornell JA. 1990. Evaluation of heartworm immunodiagnostic tests. *J Am Vet Med Assoc*. p.197 : 724-729.
 21. Courtney CH, Zeng QY, Bean ES. 1989. Predicting heartworm burdens with the Diro-CHEK heartworm antigen test kit. *J Am Anim Hosp Assoc*. p.25 : 643-646.
 22. Grieve RB, Glickman LT, Bater AK et al. 1986. Canine *Dirofilaria immitis* infection in a hyperenzootic area : examination by parasitologic finding at necropsy and by two serodiagnostic methods. *Am J Vet Res*. p.47 : 329-332.
 23. McCall JW, McTier TL, Supakorndej P et al. 1994. Further characterization of several commercially-available heartworm antigen test kits. *Proc. 1994 North Am Vet Conf*, North American Veterinary Conference, Orlando, Fla. p.61-463.
 24. Courtney CH, Zeng QY. 1993. Comparison of two antigen tests and the modified Knott's test for the detection of canine heartworm at different worm burdens. *Canine Pract*. p.8 : 5-7.
 25. 이재구. 1966. 아세톤 집충법에 의한 전주 지방 축견의 견사상충 감염률 조사. *대한수의사회지*. p.6 : 42-44.
 26. 이재구, 임병무. 1970. 한국산 축견의 선충류 감염률 조사. *전북대학교 논문집*. p.12 : 7-38.
 27. 김자숙, 김선홍, 이태욱 등. 1985. 진도견의 심장사상충 감염률 조사. *대한수의사회지*. p.21 : 497-499.
 28. 이정길. 1971. 한국 진도견에 있어서의 견사상충 감염에 관한 연구. *전남대학교 논문집*. p.17 : 373-381.
 29. 이상목, 최석하, 이현하 등. 1992. 국내 사육견의 심장사상충 실태조사. *대한수의사회지*. p.28 : 344-347.
 30. Patton S, Faulkner CT. 1992. Prevalence of *Dirofilaria immitis* and *Dipetalonema reconditum* infection in dogs : 805 cases (1980-1989). *J Am Vet Med Assoc*. p.200 : 1533-1534.
 31. McTier TL. 1964. A guide to selecting adult heartworm antigen test kits. *Vet Med*. p.528-544.
 32. Russell RC. 1990. The relative importance of various mosquitoes for the transmission and control of dog heartworm in south-eastern Australia. *Aust Vet J*. p.67 : 191-192.
 33. Supakorndej P, McCall JW, Lewis RE et al. 1992. *Biology, Diagnosis and prevention of heartworm infection in ferrets*. In : Soll MD, ed. *Proceedings of the Heartworm Symposium 92*. Batavia, IL : American Heartworm Society. p.59-70.
 34. Wong MM, Thomford JW. 1991. Serodiagnosis of prepatent dirofilariasis : problems and significance. *J Am Anim Hosp Assoc*. p.27 : 33-38.