

: 개와 고양이의 심장사상충 감염 통제를 위한 지리정보시스템 활용

최근 지리정보시스템(geographic information system, GIS)이 빠르게 발전하면서 이를 다양한 분야에서 학문적, 실용적 방법에 적용하고자 하는 노력이 많이 이루어지고 있다.

지리공간적인 도구들로서 GIS, 지리위치추적시스템(global positioning system, GPS), 원격탐사(remote sensing, RS), 가상지구(virtual globes, VG; Google Earth™) 등은 건강관련정보와 기후관련정보를 동시에 시각화하기에 매우 유용한 도구들이며, 이것들은 또한 환경과 건강의 연관성을 이해할 수 있게 해주고, 향후의 연구에서 새로운 가설들을 테스트할 수 있게 해 준다. 현재 질병 연구에 있어서 매개감염병에 대한 분포패턴은 변하고 있다는 것을 알 수 있다. 예를 들면 유럽의 경우 최근에는 심장사상충과 피내사상충 감염은 유럽 전 지역에 퍼져 있다. 그러나 과거에는 이러한 질병들이 유럽에서 드물게 발생되었었다. *Dirofilaria immitis*와 *Dirofilaria repens*의 분포패턴 변화의 관점에서 지리공간적 도구들은 현재 지도작성(영역샘플링 포함), 모니터링, 생태적 분석, 위험도 측정, 예보(관리 시기 선택 포함), 조기 경보 등에 점점 더 유용해지고 있으며, 특히 매개체 질환인 심장사상충과 피내사상충 감염의 감시에도 유용하다고 생각된다. 이러한 모든 노력의 목적은 질병에 감염되지 않도록 하는 예측, 감시, 예방, 통제 수단으로 활용하기 위해서이다.

서론

많은 요소들이 인간과 동물, 생태시스템의 건강의 상호의존성의 평가증진에 기여하고 있다. 이는 학문분야를 뛰어넘어 전지구적 건강에 도달하기 위한 “One Medicine–One Health”의 범주에 속한다(Conrad et al., 2009). 건강은 다양한 결정요소의 결과이며 인간과 반려동물 건강 상태의 선행요소는 종종 상호의존적이고, 상호연관되어 있다. 또한 이는 매우 복잡한 인과관계의 그물을 형성하고 있다. 세 번째 밀레니엄의 초기에 기후변화와 환경변화가 있었으며 지리공간적인 건강, 지리공간적인 도구들의 광범위한 개념에 대한 고려는 많은 건강문제에 있어서 이 복잡한 인과관계의 그물에 대한 질문에 대답을 해 줄 수 있게 되었다(Rinaldi et al., 2010).

과거 20~25년동안 감염과 기생충질병, 그리고 이들의 벡터들의 분포를 연구하는데 있어 지리공간적 도구들(GIS, GPS, RS, VG(Google Earth™))의 응용에 의지하는 경우가 증가했다(Bergquist and Rinaldi, 2010). 본 연구는 개와 고양이의 *Dirofilaria immitis*와 *Dirofilaria repens*의 감염을 통제하는 지리공간적 도구로서 GIS와 다른 지리공간적 도구들의 유용성을 보여주는데 그 목적이 있다.

박 소 리
서울대학교 수의과대학
국립과천과학관/동물생태학자
sorapark@snu.ac.kr



채 준 석
서울대학교 수의과대학
동물병원 내과교수
jschae@snu.ac.kr



지리공간 도구들과 사상충

지리공간적 건강 리소스 데이터는 전 지구적 접근이 가능하며, 진보된 소프트웨어 분석 기법들은 전자건강지도의 발달을 가능케 하고 *Dirofilaria* spp.로 인해 야기되는 질병을 포함하여 여러 기생충 감염의 전염 모델을 만들 수 있게 하였다(Genchi et al., 2005, 2009; Vezzani and Carbajo, 2006; Medlock et al., 2007; Mortarino et al., 2008). 매개감염 (*D. immitis* 와 *D. repens*로 인해 야기되는 것 같은)은 “환경적”으로 간주되는데, 이것들이 주는 고통은 환경적 요소에 기인하며, 이들이 정착시 분포패턴이 공간적으로 이질적인 환경과 매우 강하게 연관되어 있기 때문이다 (Stensgaard et al., 2009). 일반적으로 말하자면, GIS는 다른 데이터 층을 구성하므로 날씨와 환경 데이터와 함께하는 *Dirofilaria* 의 분포를 동시에 시각화하는 것을 가능하게 해주며, 이는 감염과 연관된 생태적 리스크 요소를 측정하는데 사용된다.

현재의 질병역학 연구는 매개감염의 분포패턴이 변하고 있다는 것을 명확하게 보여준다. 예를 들면 유럽의 경우 심장사상충과 사상충 피내 감염은 전 유럽에 걸쳐 퍼져있다. 그러나 북유럽과 동유럽 국가의 경우 과거에는 이같은 현상은 매우 드물었거나 보고된 적이 없었다(Rinaldi et al., 2011). *D. immitis* 와 *D. repens*의 분포패턴 변화 관점에서 지리공간적 도구들은 심장사상충과 심장사상충 피내감염의 맵핑(영역샘플링 포함), 모니터링, 생태적 분석, 리스크측정, 예보(관리 시기의 선택 포함), 조기경보, 감시에 점점 더 유용해지고 있다. 더 나아가 GIS나 RS가 제시한 영역의 우세한 기후, 환경적 특성에 대한 지식은 연구 중인 종에게 요구되는 지식과 이러한 정보를 비교함으로써 계절적으로 질병을 예보하는데 도움을 줄 수 있다.

기후기반예보시스템은 유효적산온도(Growing Degree Days, GDD)개념을 이용하여 발전했는데, 이는 생물계절학에서 발전한 도구로 처음 사용되어졌다. 원예가들은 이 도구를 이용하여 작물이 성숙하고 꽃들이 개화하는 시기를 예보했다.

GDD는 매일 매일의 최고기온과 최저기온의 평균값을 기초기온과 비교하여 계산되었는데 T_{base} 는 다음의 방정식을 사용한다. $GDD = (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_{base}$. 한 기생충의 성장이 불규칙적인 기온에 강하게 영향을 받는 경우 이 방정식을 응용할 때는, 이 GDD 개념이 리스크 예보와 질병 관리를 결정하는데 있어 매우 유용하다. GDD는 *Dirofilaria*를 포함한 여러 매개질병 감염에 응용될 수 있다(Genchi et al., 2005, 2009, Rinaldi et al., 2011; Vezzani and Carbajo, 2006; Medlock et al., 2007).

GIS기반의 *Dirofilaria* 분포예보를 위한 학술적 모델은 여러 유럽 국가의 필드데이터와 함께 유효

하다(Genchi et al., 2005, 2009, Rinaldi et al., 2011). 그러나 이러한 모델들의 한계는 미(소)기후(microclimate)의 영향이나 애벌레 발생단계에서의 수많은 모기 벡터들의 적응 등과 같이 잠재적으로 매우 중요한 여러 요소들을 이 모델들이 간파하지 못한다는 사실에 기반해 있다(McCall et al., 2008). 또한 *Dirofilaria* 전파가 다중적 요소에 의존한다는 것은 매우 잘 알려져 있다. 따라서 리스크측정은 매우 복잡한 것이다(Simóon et al., 2009). 이와 같이 기온 보다는 다른 파라미터를 이용한 GIS기반의 질병학적 예보모델들을 구축하여 이것으로 심장사상충과 심장사상충피내감염의 통제와 관리에 대한 새로운 전략을 디자인하는 것이 매우 중요시 되고 있다.

GIS를 기반으로 한 샘플 수집과 지도작성

질병역학에서 GIS의 가장 유용한 기능 중 하나는 지도작성(mapping)에 있으며, 이것의 효용이 지속적이라는 것이다. 지도 형식 안에서 건강(실증성 혹은 발생률) 데이터의 표현에 대한 해석과 통합, 빈도 인지, 현상들의 집합을 용이하게 한다(Rinaldi et al., 2006). 가장 최근의 논문은 GIS나 다른 지리공간적 도구를 이용하여 그린 지도(point maps, choropletic maps)를 포함한 *Dirofilaria* 감염 질병학에 속한다(Cringoli et al., 2001; Mortarino et al., 2008; Otranto et al., 2009; Pantchev et al., 2009). GIS는 또한 다음의 과정을 통한 영역샘플링과 연구디자인을 위한 도구이다. 1) 연구 지역 선정, 2) 연구 개체군의 선정과 샘플 사이즈의 계산, 연구 개체군, 발생률 예측, 활력도, 표준오차의 변수로 사용, 3) 연구 지역에서의 샘플 선정, 4) 기생충학적 결과의 지리적 참고를 연구 단위에 적절하게 반영(행정단위, 자치단위, 지방단위 혹은 다른 행정단위), 5) GIS로 지도를 작성 (Rinaldi et al., 2006).

연구방법

연구 지역에서의 샘플링 과정은 질병매핑에 핵심적 역할을 한다. 공간샘플링 기법은 한동안 시도되어졌으나 이 방법의 응용은 자연현상(식물이나 토양의 유형, 무기물 조성) 이나 지속적인 현상(공기 오염)의 샘플링에는 제한적이다(Kumar, 2007). 기생충학에서는 공간샘플링이 수의학에서 새롭게 연관되는 것만큼 질병역학 연구에서 이용되었다(Rinaldi et al., 2006). 공간샘플링은 비공간 샘플링기법과는 다른데 왜냐하면 샘플이 지리학적 위치 또는 이들의 연관된 특성을 기반으로 선택되기 때문이다. 다수의 공간 샘플링 기법이 발달되고 테스트되었다(Kumar, 2007). 메인 공간 샘플링 설

계는 조직적 격자 샘플링, 무작위 샘플링, 비례 할당(배치), 그리고 연구자의 판단과 선택에 기초한 판단적 샘플링이다. 조직적 격자 샘플링은 기하학적 도형 패턴을 초기값화 할 준비를 하고, 연구하고자 하는 영역위에 격자를 올려놓아 샘플링 할 곳을 표시하였다. 정의를 내리기 위한 기초 변수는 격자의 기하학(직사각, 정사각, 삼각, 육각)과 격자의 기원, 격자의 간격(x축과 y축에 인접한 2개의 중심간 거리), 그리고 샘플링 밀도를 밝히기 위한 것이다. 샘플은 일반적으로 그물 격자의 중심에 대응하는 일정한 공간간격에 의해 수집되었다. 이 접근법은 개체군 영역분포에 대한 지식은 요구되지 않는다. 이는 매우 용이한 수단이며, 한쪽으로 치우치지 않은 샘플을 제공한다. 따라서 조직적 격자 샘플링은 전 유럽과 같이 넓은 영역에서의 *Dirofilaria* 감염 연구에 있어 좋은 샘플링 과정이 될 수 있다(그림 1). 판단 샘플링은 연구되고 있는 현상에 대한 특징의 세밀한 사전 지식에 의해 실시되었다. 또 다른 접근법은 비례 할당(각 행정단위에서 검사되는 동물의 수(이웃 지역, 자치구역)는 그 행정단

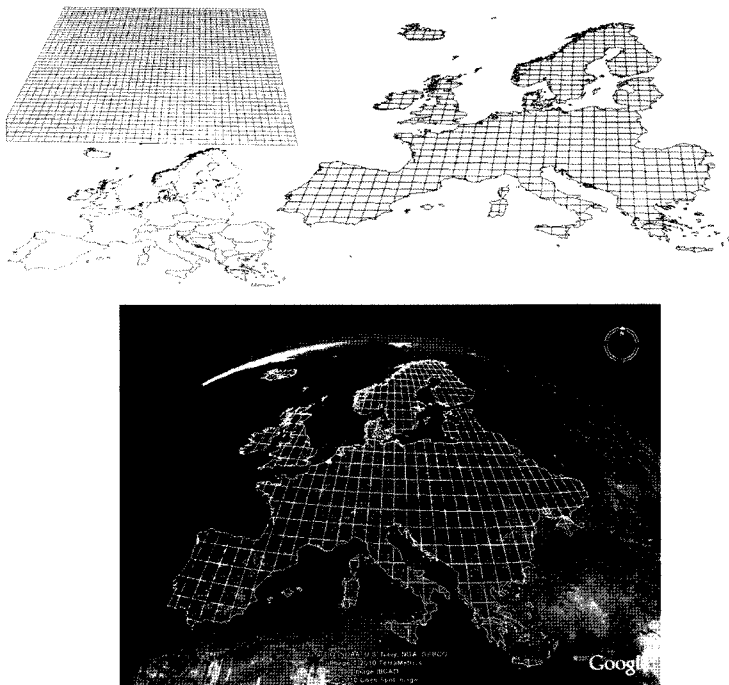


그림 1. 유럽에서 사상충 감염 연구를 위한 격자 샘플 수집(Rinaldi et al., 2011).

위의 동물 개체군에 비례한다인데, 만약 개들의 개체군이 알려져 있지 않다면, 이는 그 행정 단위의 표면구역에 비례한다. 이 마지막 접근법은 남부 이탈리아의 Mt. Vesuvius 구역에서 개의 심장사상충 연구에 이용되었으며(Cringoli et al., 2001), Naples 시에서도 같은 연구에 이용되었다(Rinaldi et al., 2007). 이 연구는 Naples 시에서 수행되었으며, 21개의 인접지역으로 나뉘어 있고, 358마리의 개들을 모집하였다(그림 2).

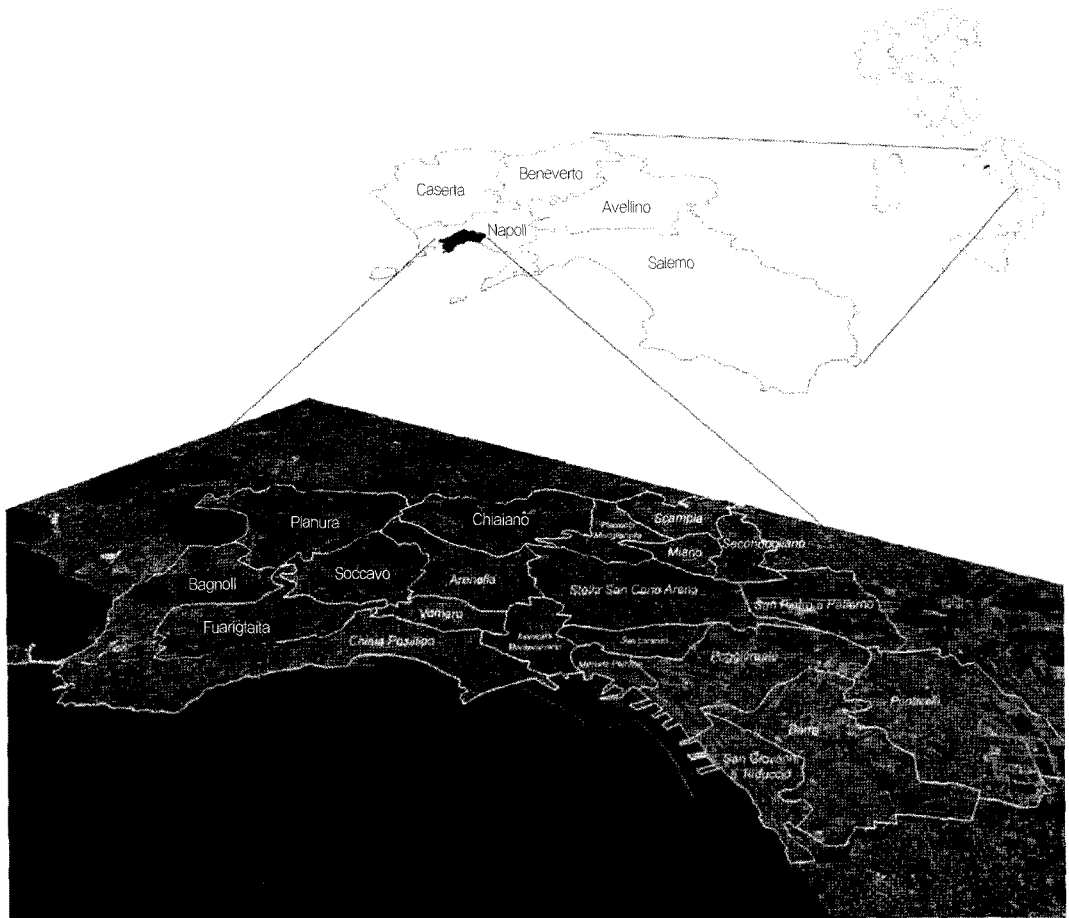


그림 2. Naples 시 주변의 21 지역의 위성사진(Rinaldi et al., 2011).

이 샘플 사이즈는 Thrusfield(1995)가 제안한 공식을 이용하여 계산되었으며, 이는 매우 큰(이론적으로는 무한한) 개체군에 이용되며, 다음의 값을 따랐다; Cringoli et al. (2001)의 사전 조사에 의한 데이터를 바탕으로 예상 발생률은 16%, 신뢰도 99%, 그리고 절대정밀도(absolute precision) 5%가 요구된다.

이 연구에서 우리는 참고문헌의 지리학적 단위로써 인접지역을 선택했으며, 각각의 인접지역에서 샘플링된 개들의 숫자는 각 인접지역의 표면에 비례했다.

개들의 개체군이 연구 지역에 균일하게 분포한다는 가정 하에 GIS 프로그램이 연구된 전체 표면에 대한 연구지역 표면적의 비례에 기반한 각각의 인접지역을 위한 샘플 사이즈를 계산하였다.

증상이 없는 개들의 혈액샘플을 낮동안 sodium citrate vacuum tubes에 채취하여 분석할 때 까지 냉장고에 보관하였다.

이 혈액샘플이 도착한 날에 수정된 Knott technique (Knott, 1939)을 이용하여 분석하였다. 그리고 microfilariae의 형태계측 확인 작업이 이루어졌다(McCall et al., 2008).

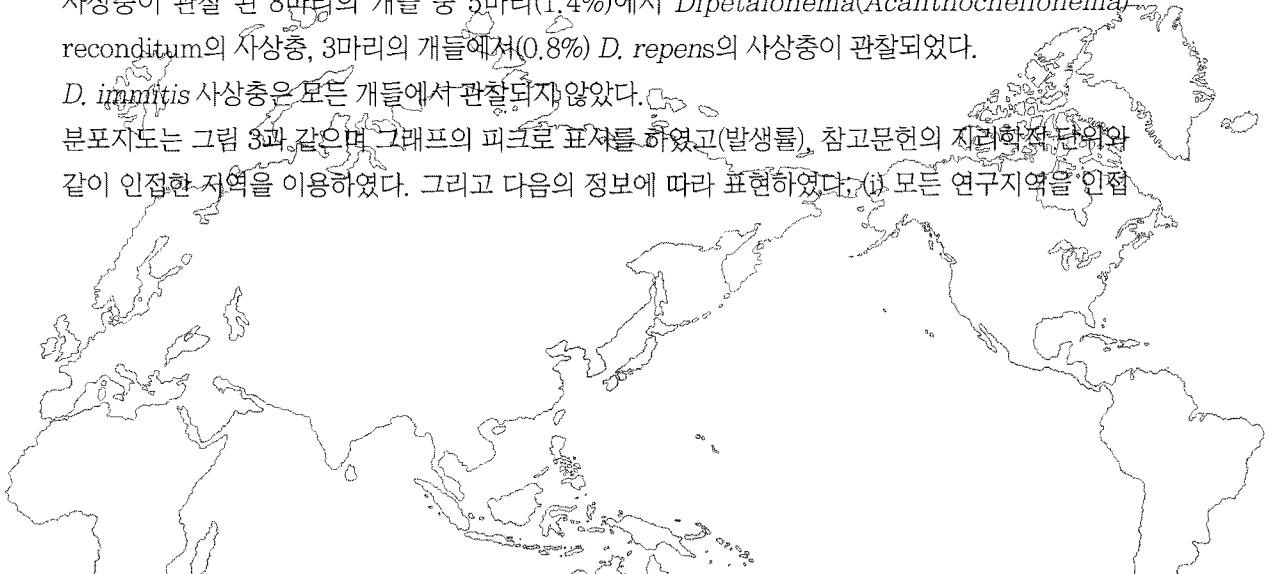
연구결과

사상충은 358마리의 개들 중 8마리의 개들에게서 관찰되었다(발생률=2.2%).

사상충이 관찰 된 8마리의 개들 중 5마리(1.4%)에서 *Dipetalonema(Acanthocheilonema) reconditum*의 사상충, 3마리의 개들에서(0.8%) *D. repens*의 사상충이 관찰되었다.

D. immitis 사상충은 모든 개들에서 관찰되지 않았다.

분포지도는 그림 3과 같으며 그래프의 피크로 표지를 하였고(발생률), 참고문헌의 지리학적 단위와 같이 인접한 지역을 이용하였다. 그리고 다음의 정보에 따라 표현하였다; (i) 모든 연구지역을 인접



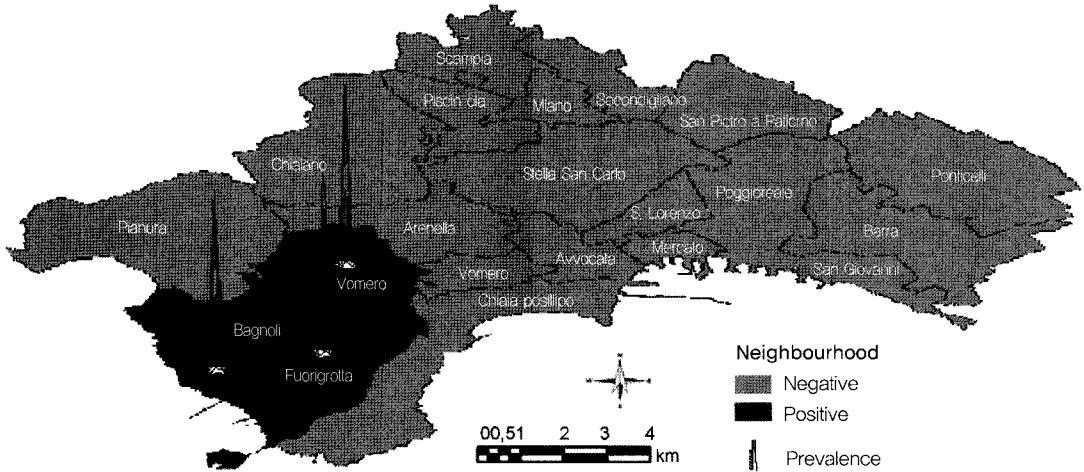


그림 3. 비례 그래프 분포지도. Naples 시의 개에 감염된 *Dirofilaria repens*(Rinaldi et al., 2011).

지역으로 나눔 (ii) 양성반응인 개(진한색)가 있는 인접지역, 그리고 (iii) 인접지역의 발생률(%)은 다음과 같이 정의하였다: (인접지역의 양성반응이 나온 개들의 수) / (전체 연구지역에서 조사된 모든 개들의 수) × 100.


결론

GIS 기반으로 작성된 지도로부터 유래한 정보는 이 연구에 포함된 데이터에서 볼 수 있으며, 사상충 감염의 통제프로그램을 계획, 관리, 모니터링하는 작업도구로서 제공될 수 있다. 또한 정밀한 질병 역학적 지도를 제작하고, 이와 관련된 공간적 해결은 기생충과 벡터들의 성공적인 통제를 위한 효과적인 디자인과 도구들이 꼭 필요한 것으로 간주되고 있다(Sabesan et al., 2000).

사상충의 인수공통 역할에 따라 *D. immitis*와 *D. repens*는 인간과 동물, 그리고 생태계 건강의 상호의존과 관련되어 있고, 이것들은 학문의 분야를 뛰어 넘어 전 지구적 건강으로의 “One Medicine – One Health”에 근접한다. 전 지구적 건강 연구를 위해 현재 우선되는 것 중 하나는 정보와 통신

기술이다. 수의학적 그리고 공중보건학적 계획은 시각적 탐구와 지리공간적 데이터 분석을 통해 목적을 이룰 수 있다. 건강 데이터의 통계적이고, 활동적이며, 상호작용이 가능한 지도는 매우 유용한 의사 결정자(decision-makers)가 될 수 있다(Cinnamon et al., 2009).

이는 또한 개와 고양이의 심장사상충 감염의 통제를 위한 도구로서도 사용될 수 있다. *D. immitis* 와 *D. repens*의 분포패턴 변화의 관점에서 지리공간적 도구들은 지도작성(영역샘플링 포함), 생태적 분석, 예보, 조기 경보, 그리고 심장사상충과 사상충 피내감염 모두의 감시에 점점 더 유용해지고 있다.

결론은 GIS의 사용은 개와 고양이의 심장사상충과 다른 감염을 통제할 목적으로 질적인 과정의 진보와 표준화를 궁극적 목적으로 삼고 있는 여러 과학 학회(The American Heartworm Society, AHS; The European Scientific Counsel Companion Animal Parasites, ESCCAP; The New-borne European Dirofilaria Society, EDIS)의 질병역학에 있어서 획기적인 도구로서 강력히 받아들여지고 있다. 

참고 문헌

- Bergquist R, Rinaldi L. 2010. Health research based on geospatial tools: a timely approach in a changing environment. *J Helminthol* 84:1-11.
- Cinnamon J, Rinner C, Cusimano MD, Marshall S, Bakele T, Hernandez T, Glazier RH, Chipman ML. 2009. Evaluating web-based static, animated and interactive maps for injury prevention. *Geospat Health* 4:3-16.
- Conrad PA, Mazet JA, Clifford D, Scott C, Wilkes M. 2009. Evolution of a transdisciplinary "One Medicine-One Health" approach to global health education at the University of California. *Davis Prev Vet Med* 92:268-274.
- Cringoli G, Rinaldi L, Veneziano V, Capelli G. 2001. A prevalence survey and risk analysis of filariosis in dogs from the Mt. Vesuvius area of southern Italy. *Vet Parasitol* 102:243-252.
- Genchi C, Rinaldi L, Cascone C, Mortarino M, Cringoli G. 2005. Is heartworm really spreading in Europe? *Vet Parasitol* 133: 137-148.
- Genchi C, Rinaldi L, Mortarino M, Genchi M, Cringoli G. 2009. Climate and Dirofilaria infection in Europe. *Vet Parasitol* 163: 286-292.
- Knott J. 1939. A method for making microfilarial surveys on day blood. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 33:191.
- Kumar N. 2007. Spatial sampling design for a demographic and health survey. *Popul Res Policy Rev* 26:581-599.

- McCall JW, Genchi C, Kramer LH, Guerrero J, Venco L. 2008. Heart-worm disease in animals and humans. *Adv Parasitol* 66: 193-285.
- Medlock JM, Barrass I, Kerrod E, Taylor MA, Leach S. 2007. Analysis of climatic predictions for extrinsic incubation of *Dirofilaria* in the United Kingdom. *Vector Borne Zoonotic Dis* 7:4-14.
- Mortarino M, Musella V, Costa V, Genchi C, Cringoli G, Rinaldi L. 2008. GIS modeling for canine dirofilariasis risk assessment in central Italy. *Geospat Health* 2:253-261.
- Otranto D, Capelli G, Genchi C. 2009. Changing distribution patterns of canine vector borne diseases in Italy: leishmaniosis vs. dirofilariasis. *Parasit Vectors* 26:S2.
- Pantchev N, Norden N, Lorentzen L, Rossi M, Rossi U, Brand B, Dyachenko V. 2009. Current surveys on the prevalence and distribution of *Dirofilaria* spp. in dogs in Germany. *Parasitol Res* 105, 63-74.
- Rinaldi L, Genchi C, Musella V, Genchi M, Cringoli G. 2011. Geographical information systems as a tool in the control of heartworm infections in dogs and cats. *Vet Parasitol* 176:286-290.
- Rinaldi L, Musella V, Biggeri A, Cringoli G. 2006. New insights into the application of geographical information systems and remote sensing in veterinary parasitology. *Geospat. Health* 1: 33-47.
- Rinaldi L, Musella V, Cringoli G. 2010. Climatic changes and geospatial health. *Parassitologia* 52:45-50.
- Rinaldi L, Musella V, Marzatico G, Genchi C, Cringoli G. 2007. Geographical information systems in health application: experience on filariasis and other vector-borne diseases. In: Claerebout, E., Vercruyse, J. (Eds.), *Proceedings of the WAAVP Congress, August 19-23*, p.165.
- Sabesan S, Palaniyandi M, Das PK, Michael E. 2000. Mapping of lymphatic filariasis in India. *Ann Trop Med Parasitol* 94: 591-606.
- Simón F, Morchón R, González-Miguel J, Marcos-Atxutegi C, Siles-Lucas M. 2009. What is new about animal and human dirofilariasis? *Trends Parasitol* 25:404-409.
- Stensgaard AS, Saarnak-Larsen C, Utzinger J, Vounatsou P, Simoonga C, Mushingi G, Rahbek C, Mølenberg F, Kristensen TK. 2009. Virtual globes and geospatial health: the potential uses of Google Earth in the management and control of vector-borne diseases. *Geospat Health* 3:127-141.
- Thrusfield M. 1995. *Veterinary Epidemiology*. Blackwell Science, p.183.
- Vezzani D, Carbaño AE. 2006. Spatial and temporal transmission risk of *Dirofilaria immitis* in Argentina. *Int J Parasitol* 36:1463-1472.