

동물에서의 광견병 발생상황 및 대책

이경기

국립수의과학검역원 질병진단센터

Outbreaks and Control of Animal Rabies in Korea

Kyoung Ki Lee

Since rabies virus infection is fatal for both human and animals, the protective immunization by vaccines against animals is a critical importance for disease prevention and control. In Korea, recurrence of sylvatic rabies was reported in Gangwon province, which is the northern border area in 1993. During the years of 1994-2009, 417 animal rabies cases were registered in Gangwon and Gyeonggi provinces. The national animal rabies eradication program has performed to reduce rabies outbreaks by annual vaccination of dogs and cattle since 1995, and the oral vaccination of raccoon dogs with annual vaccinia-rabies glycoprotein (V-RG) bait vaccine. Additionally, serological surveillance on domestic animals has been executed since 1999 to monitor the anti-rabies antibody titers from Gangwon and Gyeonggi provinces where the vaccination campaign has been implemented.

National Veterinary Research and Quarantine Service,
Anyang, Korea

Key Words: Rabies, Vaccination, Raccoon dogs

서론

광견병(rabies)은 오랜 세월동안 사람과 함께 존재하고 있는 치명적인 인수공통 전염병(zoonosis)으로서 대부분 온혈동물에 감염되는 바이러스성 질병이다. 광견병 바이러스는 사람에서 알려진 병원성 바이러스중 가장 높은 치사율을 나타내며, 극소수의 예외를 제외하고 임상적인 증상을 나타내는 광견병 감염 동물이나 환자는 대부분 사망한다(1). 전 세계적으로 매년 45,000-55,000명의 사람이 광견병 감염으로 사망하고, 그 중 약 95%는 아시아에서 발생하고 있으며, 사망자중 50% 이상이 어린이에서 발생한다. 이처럼 무섭고 치명적인 바이러스는 전 세계의 다양한 야생동물 즉 여우, 코요테, 늑대, 너구리, 스컹크, 박쥐, 몽구스, 자칼, 야생들개, 야생고양이 등에 감염되며, 사람이 광견병에 노출되는 경우는 주로 감염된 개에 의해 교상으로 감염되지만 드물게 감염된 야생동물이 전파시키기도 한다. 광견병바이러스는 Rhabdoviridae의 Lyssavirus에 속하는 탄환모양의 바이러스로서 모든 포유동물의 신경조직, 타액선, 각막상피세포 등에서 증식하며, 보통 알콜, 산, 자외선 및 포르말린 등의 소독으로 쉽게 사멸한다.

본 글에서는 국내 동물의 광견병 발생상황과 예방대책에 대해 간략히 서술하고자

Copyright © 2010 by The Korean Society of Infectious Diseases | Korean Society for Chemotherapy

Submitted: February 22, 2010

Corresponding Author: Kyoung Ki Lee, D.V.M., Ph.D.

Animal Diagnosis Division, National Veterinary Research and Quarantine Service, 480, Anyang 6 Dong, Manan Gu, Anyang, Gyeonggi Do 430-824, Korea

Tel: +82-31-467-1854, Fax: +82-31-467-1868

E-mail: leekki@nvrqs.go.kr

www.icjournal.org

한다.

국내 광견병 발생상황

국내 광견병 발생에 관한 최초의 기록은 1907년부터 1910년까지 4년간 한국의 광견병 발생 실태를 보고한 것이 있으며, 고려 중기의 한 의서에는 광견병에 대한 치료법이 기술되어 있는 점으로 미루어 보아 오랜 옛날부터 광견병이 발생했을 것으로 추정된다. 국내 발생 공식 기록으로는 1907년 일본사람 시중초태에 의한 것이 최초이며, 1945년까지 매년 200-800두씩 발생되었으며, 그 후 점차 감소되었다. 1974년과 1975년 82두와 91두의 다발생시기를 거쳤고, 1885년부터 1992년까지 8년간 발생이 없다가 1993년 경기도 철원군 동송읍에서 재발생한 이래 현재까지 지속적으로 발생하고 있다(2, 3). 특히 국내 발생은 선진국에서 주로 발생하는 형태의 야생동물에 의한 발생 즉 산림형 광견병(sylvatic rabies)으로서 야생너구리(*Raccoon dog*, *Nyctereutes procyonoides koreensis*)에 의해 전파되고 있다. 따라서 국내의 광견병 매개체인 야생너구리의 밀도나 행동반경 등의 생태에 따라 국내 광견병 발생건수 및 지역이 결정된다고 해도 과언이 아니다(4). 발생건수에서는 Table 1과 같이 1994년, 1998년 및 2002년에 다른 연도보다 상당히 높은 발생건수를 보여주고 있어 4년 주기의 유행 양상을 보였으나, 2005년부터 2007년까지 발생건수가 많지 않은 것을 감

안하면 일반적인 전염병과 같은 주기적인 유행은 성립하지 않는 것으로 판단된다. 2007년의 발생건수가 3건으로 급감하였으며, 이러한 원인은 야생너구리의 개체수가 어떤 이유로 감소하였거나 야생동물 및 가축에 대한 예방접종 등의 방역 활동이 강화된 결과로 추정해 볼 수 있다.

지역별로는 1993년 재발생초기에는 경기도와 강원도지역중 휴전선과 인접한 파주, 연천, 철원 등의 한강 북쪽지역에서 다발하였으나, 점차 남쪽으로 확산되어 2004년 북한강 이남인 강원도 춘천과 홍천에서 신규 발생하였고, 2005년에는 경기도의 김포와 남한강에 근접한 양평에서 발생하였으며, 2006년 10월에는 기존 발생지역인 고양과 인접한 서울의 은평구에서 광견병 감염 너구리가 발견되었다. 2007년에 경기도에서는 광견병이 발생하지 않았고, 2008년도에 경기도 포천에서 1건 발생하였으나 이것은 강원도 속초에서 감염되어 이동한 개에 의해 발생한 것으로 역학조사 결과 밝혀짐에 따라 최근 3년간 경기도에서 광견병이 발생하지 않고 있다. 1993년 이후부터 현재까지 광견병 발생하는 지역은 아래 그림과 같이 총 19개 시·군(경기도 9, 강원도 9, 서울)이다(Fig. 1).

발병동물로는 개, 소 및 너구리가 대다수를 차지하고 있다. 2003년부터 2009년까지 축종별 발생건수를 살펴보면 소가 47두(38.2%)로 가장 높고, 개가 41두(33.3%), 야생너구리가 35건(28.5%)로 조사되었다(Fig. 2). 개의 경우 도심지역이나 주택내에서 사육되는 개에서 발생하는 경우는 거의 없으며, 주로 야산 주변에 한두마리씩 사육되는 개

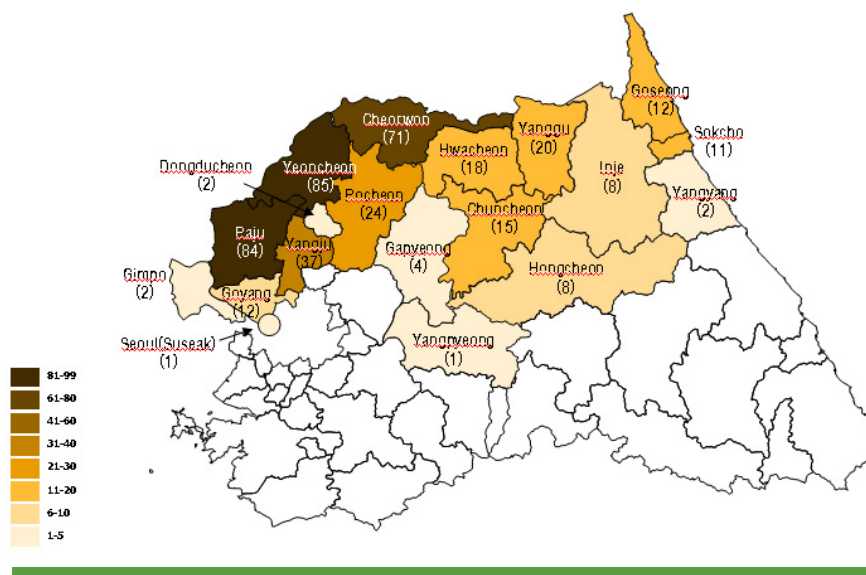


Figure 1. Regional outbreaks of animal rabies in Korea (1993-2009.3).

Table 1. Status of Rabies Outbreak in Korea (AIMS)

Province	Years																	Total
	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	
Gyeonggi	0	16	4	5	9	41	24	26	17	57	19	7	6	11	0	1	0	243
Gangwon	1	13	2	0	10	19	11	2	15	21	11	19	8	7	3	13	18	173
Seoul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total	1	29	6	5	19	60	35	28	32	78	30	26	14	19	3	14	18	417

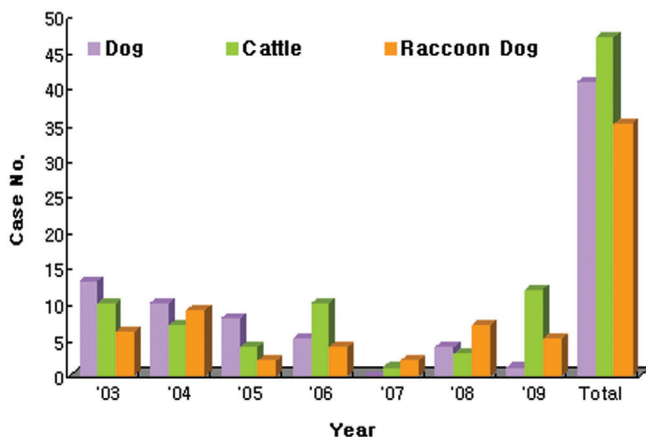


Figure 2. Species of animal rabies in Korea.

에서 대부분 발생하고, 소의 경우도 너구리가 자주 목격되는 산림주변에 위치한 축사에서 사육되는 개체에서 주로 발생되었다. 야생너구리는 임상증상 발현으로 민가에 출현하여 동물과 싸우는 과정에서 포획된 개체가 많지만, 실제적으로는 발생 보고된 건수보다 감염에 의한 자연 폐사된 개체수도 많을 것으로 추측된다. 특히 최근에는 강원도 속초, 고성 등지에서 감염된 너구리가 민가에 출현하는 사례가 간혹 보고되고 있다.

국내 광견병 발생에 따른 예방대책

국내에서 발생되고 있는 광견병을 예방하기 위하여 크게 가축과 야생동물에 대한 대책으로 구분할 수 있다.

가축에 대한 대책

광견병은 백신접종에 의한 면역형성으로 거의 완벽하게 사전 예방이 가능한 질병이므로 개와 소 등 가축에 대하여 철저한 광견병 예방접종을 실시하는 것이 매우 중요하다. 특히, 국가방역사업의 일환으로 과거 발생지역에서 사육되고 있는 개와 소에 대하여는 전두수 예방접종을 의무적으로 실시하여야 하며, 비발생지역의 경우 농촌지역 사육견에 대하여 우선적으로 백신접종을 하여야 한다. 현재 국내 사용되고 있는 광견병백신으로는 국내 제조사에서 생산되는 생백신(live vaccine)과 외국 및 국내 제조사의 비활성화백신(inactivated vaccine)이 있다. 국내 생백신에 사용되고 있는 ERA주는 조직배양으로 순화된 바이러스로서, 외국에서 도입되어 1970년대 후반 국립수의과학검역원(구 가축위생연구소)에서 안전성 및 효능에 대한 연구결과를 통해 1982년부터 현재까지 동물에 사용되고 있다(5). 비활성화백신으로는 여러 광견병 순화주를 비활성화한 제품이 사용되고 있다. 생백신 및 비활성화백신의 면역지속기간은 다양하지만 동물에서 안정화된 면역을 유지하기 위해서는 매년 보강접종을 권장하고 있다. 일부 동물병원에서 생백신에 의한 부작용 사례를 제기하고 있으나

ERA주에 대한 안전성은 과거부터 여러 연구 결과로 입증되었으며, 특히 매년 상당량의 생백신이 방역사업에 사용되고 있으나, 심각한 부작용이 보고되지 않은 점으로 미루어 이러한 부작용은 백신과 직접적으로 관련된 것이 아니라 접종동물의 과민반응 등에 의한 것으로 추측된다. 그러나 외국에서는 흑시라도 있을 수 있는 순화주의 병원성 회복 가능성을 우려하여 생백신 대신 비활성화백신의 사용을 권장하고 있는 추세이다.

광견병바이러스를 방어할 수 있는 면역수준은 다른 질병에 비해 잘 정의되어 있다. 즉 세포표면에 광견병바이러스가 결합할 때는 바이러스 외피(envelope) 구성단백질인 당단백질(glycoprotein)이 그 역할을 하며, 이 당단백질에 대한 항체 즉 바이러스 중화항체(virus neutralizing antibody, VNA)가 광견병의 방어에 직접적인 역할을 한다(6). 중화항체의 수준도 최소 방어 항체역가(0.5 international unit, IU)가 국제적인 기준에 의해 설정되어 있다. 따라서 백신접종 동물의 면역수준을 파악하거나 생백신, 비활성화백신 혹은 광견병바이러스의 당단백질을 발현하는 아단위 백신 등의 효능을 평가할 경우에도 이러한 중화항체역가가 사용된다.

국내 광견병 백신접종상황을 파악하기 위하여 검역원에서는 매년 상·하반기로 나누어 광견병이 발생하고 있는 강원도와 경기도 19개 시·군 및 그 인접 시·군에서 사육되고 있는 개와 소에 대하여 무작위 채혈을 통한 광견병 중화항체검사를 실시하고 있다. 최근 6년간 개의 평균 항체양성률은 약 62%수준으로 파악되고 있으며, 소의 경우 개보다 낮은 평균 35%수준을 유지하고 있어 소의 예방접종상황이 개보다 부진함을 알 수 있다. 국제적으로 광견병을 통제하려는 나라는 개를 위주로 한 동물의 항체양성률이 평균 70% 이상 되어야 한다는 점을 감안하면 국내의 예방접종률도 현재보다 높아져야 할 것이다(7). 이를 위해 매년 실시하고 있는 항체검사 결과를 토대로 항체양성률이 저조한 지역에 대하여는 예방접종을 강화하여야 하며, 특히 광견병 감염의 위험성이 높은 대상을 선정하여 우선적으로 예방접종을 하여야 한다. 즉 사육지역별로는 발생지역의 산간 및 하천주변지역, 소규모 부락지역, 도심지역에서 사육되고 있는 동물순으로 집중하도록 하고, 사육환경별로는 방견, 노지사육견, 애완견, 케이지사육견 순으로 집중하여야 광견병 발생 감소의 효과를 가져올 것이다. 특히 다른 나라와 같이 개 등록제나 미접종에 대한 법적 제재 등으로 예방접종률을 높이는 방안이 필요하지만, 국내 농촌지역의 사육환경 및 인식과 단기간 사육되는 식용개 등의 현실적인 문제로 인해 예방접종률을 높이기 쉽지만은 않다.

야생동물에 대한 대책

야생동물에 대한 광견병 근절정책은 나라마다 다르겠으나 우선 전 파매개동물을 확인하고 그 동물에 대한 집중적인 대책을 세우는 것이 중요하다. 예를 들어 북미 대륙의 경우 스컹크, 미국너구리, 코요테, 붉은여우 등이 다양한 지역에 분포하고 있고, 유럽에서는 붉은여우와 너구리가 그 주요한 매개동물로 혼재되어 있어 지역별로 정확한 동물종을 파악한 후 근절정책을 사용하고 있다. 과거 여우에 광견병이 만연되어 있던 유럽에서는 여우를 사냥하거나 포획하여 그 개체

수를 줄이므로 자연감염경로를 차단하는 방법이 이용되었으나, 그러한 방법으로는 여우 개체수를 일정수준이하로 줄일 수 없었으며, 동시에 광견병 발생을 감소시키지도 못했다. 따라서 백신을 이용하여 야생동물에 방어면역을 유도함으로써 감염개체수를 감소시키고 확산을 차단하는 방법으로 전환되었고, 특히 대부분 목적하는 야생동물이 육식동물이기 때문에 백신이 함유된 고기미끼를 야생동물 서식지에 살포하여 야생동물의 섭취를 유도함으로써 광견병 방어면역 형성을 유도하는 연구가 1970년대 북미와 유럽에서 시작되었다. 1978년 스위스에서 최초로 미끼백신(bait vaccine)이 적용되었고, 독일과 같은 서유럽에서도 이용되어 여우의 광견병 감염건수를 상당수 낮추는 효과를 가져왔으며, 이어 동유럽국가에서도 너구리에 이러한 프로그램이 적용되어 성공적인 결과를 낳았다. 그 결과, 1990년 21,000여건에 달하던 발생 건수가 2004년에는 5,400여건으로 줄어들어 지금까지 네덜란드, 이탈리아, 스위스, 프랑스, 벨기에, 룩셈부르크 및 체코는 공식적으로 광견병 비발생국가로 인정되고 있다. 미국에서는 과거 미끼백신이 너구리, 여우, 코요테 등에 사용되었고, 특히 텍사스의 경구백신 프로그램(ORV)은 코요테와 회색여우의 광견병 근절에 높은 효과를 가져왔다.

야생동물의 미끼백신으로 사용된 1세대 백신으로는 국내 생백신 주인 ERA주를 이용하였으며, 1989년 SAD-B19 약독화 백신과 비활성화백신의 경구투여 효과 등이 시험되었으나(8), 약독화 바이러스의 병원성 회복 가능성과 비활성화항원을 이용한 경구면역의 경우 최소의 효능을 보기 위해서는 상당한 양의 항원이 필요로 하는 산업적 생산 부적합 등의 문제점으로 인해 자가 증식이 가능한 새로운 백신이 필요하였다.

광견병 바이러스의 외부 표면에 존재하는 당단백질이 광견병 대부분의 변이주도 방어할 수 있는 항체를 생성한다는 사실로부터, 1978년 vaccinia로 알려진 smallpox 바이러스에 광견병바이러스의 당단백질 유전자를 도입함으로써 광견병에 대한 강력한 면역반응을 유도하는 재조합 vaccinia 바이러스(vaccinia-rabies glycoprotein recombinant virus vaccine, VRG)가 개발되었다(9, 10). 이러한 재조합 vaccinia 바이러스가 실험동물에서 방어 항체를 산생하고, 그 항체에 의해 치사 공격집종에도 방어 효과를 나타냈으며, 동물의 피하, 근육, 피내 및 구강 점막에서도 비슷한 효과를 나타내는 것으로 확인되었다(1). Vaccinia 바이러스가 폭 넓은 환경의 온도에서 안정하다는 장점이 있어 유럽 및 북미지역에서 공중 살포와 직접 살포 등을 통해 주요 원인 야생동물의 예방에 성공적인 결과를 얻었다. VRG 이외에 약독화 SAD주로부터 보다 병원성을 줄인 SAG-1과 SAG-2 경구용 백신도 이용되었고, 이 백신은 여러 유럽 국가에서 적용되어 안전성과 효과가 입증되었으며, 특히 SAG-2는 VRG와 함께 WHO에서 공식적으로 인정하는 경구용 백신이다(11, 12).

우리나라의 경우 너구리가 광견병을 전파시키는 주요 야생동물이므로 1998년에 미끼예방약을 이용한 국내 광견병 방제에 관한 연구를 통해 국내 서식하고 있는 너구리의 밀도, 이동경로 및 행동권에 관한 조사와 VRG 및 SAG-1 백신의 효능 및 안전성에 관한 조사를 수행하였고, 그 결과로 2001년부터 VRG백신이 실제 야외에 적용되고 있다. 현재 살포대상지역은 광견병 발생지역과 그 인접지역으로서 너구리가 자주 출몰하는 지점을 중심으로 사람이 직접 살포하고 있다.

너구리는 초겨울인 11-12월과 겨울을 휴면상태로 보낸 이후인 2-3월에 왕성한 식욕을 보이므로 주로 이러한 시기에 2회 살포를 실시하고 있다. 미끼백신의 살포 후 그 효과를 평가하기는 상당히 어려운 일종의 하나이며, 국내에서는 살포 1개월 후 살포지점에 남아 있는 미끼백신을 수거하여 섭취율을 조사하고 있으며, 지역별로 차이는 있으나 약 80-90%의 섭취율을 보이고 있다.

광견병 의심동물의 진단과 처치

광견병바이러스는 신경친화성 바이러스이므로 일반적인 바이러스와 달리 감염후 임상증상 발현이전인 잠복기에는 혈중에 바이러스가 검출되지 않고, 항체 형성도 되지 않다가, 임상증상 발현 후 폐사 직전에야 항체가 형성되지만, 그 시기와 항체 수준도 일정하지 않다. 또한 감염시기 및 증상에 따라 타액에 바이러스 존재 양상도 다양하므로 타액에 대한 항원검사만으로 광견병을 진단할 수 없다. 따라서 동물에 대한 최선의 광견병 진단은 사후 검사를 통한 진단(post-mortem diagnosis)만이 확실한 방법이다(11). 실험실내 광견병 진단법은 뇌조직(암몬각, 소뇌, 대뇌)에 존재하는 광견병바이러스 항원을 특이항체로 염색하여 판별하는 형광항체검사법(fluorescent antibody test, FAT)이 국제적으로 가장 많이 사용되고 있는 표준 진단법이며(12, 13), 그 외 뇌조직 염색소견에서 네그리소체(negri body) 등의 유무를 관찰하는 조직염색법(histologic examination)과 뇌조직 유체액을 마우스 뇌내 혹은 조직배양된 신경세포에 접종하여 바이러스를 분리하는 방법 등이 이용되고 있다. 최근에는 광견병바이러스 유전자를 검출하는 역전사중합효소연쇄반응(RT-PCR) 등이 응용되고 있으며(15, 16), 이러한 검사법을 이용하여 진단뿐만 아니라 광견병바이러스의 유전자 염기서열을 분석함으로써 광견병바이러스의 혈청형 및 유전자형에 대한 분류가 가능하며, 세계 각 지역에서 발생하는 광견병바이러스와 역학적 근연관계도 구명할 수 있다. 현재 국내에서 발생하고 있는 광견병바이러스에 대한 이러한 염기서열 분석 결과, 중국이나 동남아시아와는 다른 형으로서 북극지역에서 유래된 바이러스(artic strain)와 근연관계에 있는 것으로 파악되었다(17, 18).

한편, 현재 사용되고 있는 광견병 항체검사는 광견병 감염 유무를 판별할 수 있는 시험법이 아니며, 주로 광견병 백신접종에 의한 면역형성 유무를 알아보기 위한 검사법이라 하겠다. 앞에서도 언급한 광견병바이러스에 대한 중화항체검사가 검사는 국제적으로 공인된 검사법으로서 특히 동물(주로 개나 고양이)과 함께 외국을 여행하거나 이주할 경우, 유럽을 포함한 대부분의 상대국가에서는 그 동물에 대한 광견병 백신접종 및 중화항체검사가 결과를 필수적으로 동반하도록 요구하고 있다. 더군다나 광견병 중화항체검사 결과도 국제광견병표준진단실(AFSSA, Nancy)에서 인증하는 실험실에서 검사한 성적만을 인정하고 있다. 이러한 규정은 1999년 유럽공동체 국가사이에 광견병 근절에 대한 노력의 일환으로 시작되었다가 현재에는 거의 전 세계적으로 적용되고 있으며, 국내에서는 검역원과 (주)중앙백신연구소에서 AFSSA로부터 광견병 중화항체검사기관으로 인정받았다.

사람을 문 동물을 실험실내 진단을 위해 안락사후 검역원이나 병성감정기관에 검사 의뢰하는 것이 간편한 방법이지만 임상증상이나

역학적 측면에서 전혀 광견병 감염의 가능성이 희박할 경우 굳이 가까운 동물을 희생시킬 필요가 없으며, 관찰을 통한 광견병 감염 여부를 판별할 수 있다. 먼저 동물의 축주로부터 그 동물의 평소의 행동 습성을 파악하여야 하며, 특히 과거 비슷한 위해 행동이 있었는지, 혹은 광견병의 고상을 유발할만한 원인이 있는지 알아보아야 한다. 일반적으로 당해 동물은 10일간의 임상적인 관찰을 실시하지만, 특히 발생지역에서 사육되는 동물이거나 과거 백신접종이 없었던 개 혹은 집박에서 키우면서 야생동물(특히 너구리)에 접촉할 가능성이 있는 개체에 대하여는 평소의 행동 습성과 참고로 세심한 관찰이 필요하고, 축주가 간과할 수 있는 야생동물과의 싸움과정중에 생길 수 있는 상처 유무도 유의하여 관찰하여야 한다. 관찰기간중 사람을 물기 전과 행동의 변화가 없는 건강한 개체에 대하여는 동물과 사람의 처치가 필요하지 않지만, 이상증상이 관찰되는 개체는 신속히 광견병검사를 의뢰하여야 하며, 사람에게 대하여도 백신 및 면역혈청 치료를 실시하여야 한다. 너구리와 같은 야생동물에 물린 사람은 지체없이 광견병 치료를 받도록하고, 그밖에 쥐, 토끼, 햄스터, 기니피그 같은 동물에 물렸을 경우에는 광견병 감염 가능성이 아주 희박하다.

결론

광견병 바이러스처럼 병원성 및 치사율에서 다른 어느 바이러스보다 더 치명적이지만 백신접종으로 거의 완벽하게 예방할 수 있다. 사람의 경우처럼 감염 후에도 신속한 백신 및 면역혈청 치료로 치료가 되는 바이러스성 질병은 드물 것이다. 이러한 광견병의 국내 근절을 위하여 동물에 대한 예방접종을 현재보다 높여야 하겠으나, 앞에서도 언급한바와 같이 개의 식용문화와 농촌지역의 예방접종 인식 부족등의 어려움이 있는 것이 현실이다. 하지만 외국에서도 광견병에 대한 사회적 인식을 높이고, 후진국에서 사람의 희생을 줄이려는 목적에서 국제 광견병 협의체를 구성하고, 특히 매년 9월중에 세계 광견병의 날로 지정하여 여러 가지 캠페인을 하고 있다. 따라서 국내에서도 현재보다 조금만 더 근절에 대한 의지 및 홍보로 광견병 예방접종을 높이고 야생동물의 미끼예방사업을 효율적으로 수행하고 관리한다면 국내 광견병 발생은 더 이상 확산되지 않고 근절될 수 있을 것이다.

References

- World Health Organization Media Center. Rabies Fact Sheet. 2001
- Kim CH, Lee CG, Yoon HC, Nam HM, Park CK, Lee JC, Kang MI, Wee SH. Rabies, an emerging disease in Korea. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health* 2006;53:111-5.
- Kim JH, Hwang EK, Sohn HJ, Kim DY, So BJ, Jean YH. Epidemiological characteristics of rabies in South Korea from 1993 to 2001. *Vet Rec* 2005;157:53-6.
- Kuzmin IV, Botvinkin AD, McElhinney LM, Smith JS, Orciari LA, Hughes GJ, Fooks AR, Rupprecht CE. Molecular epidemiology of terrestrial rabies in the former Soviet Union. *J Wildl Dis* 2004;40:617-31.
- Titoli F, Pestalozza S, Irsara A, Palliola E, Frescura T, Civardi A. Attenuated rabies virus, ERA strain, in cattle and dogs vaccinated with multiple doses. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 1982;5:193-7.
- Xiang ZQ, Knowles BB, McCarrick, JW, Ertl HC. Immune effector mechanisms required for protection to rabies virus. *Virology* 1995;214:398-404.
- Coleman PG, Dye C. Immunization coverage re-quired to prevent outbreaks of dog rabies. *Vaccine* 1996;14:185-6.
- Rupprecht CE, Dietzschold B, Cox JH, Schneider LG. Oral vaccination of raccoons (*Procyon lotor*) with an attenuated (SAD-B19) rabies virus vaccine. *J Wildl Dis* 1989;25:548-54.
- Kieny MP, Lathe R, Drillien R, Spehner D, Skory S, Schmitt D, Wiktor T, Koprowski H, Lecocq JP. Expression of rabies virus glycoprotein from a recombinant vaccinia virus. *Nature* 1984;313:163-5.
- Rupprecht CE, Wiktor TJ, Johnston DH, Hamir AN, Dietzschold B, Wunner WH, Glickman LT, Koprowski H. Oral immunization and protection of raccoons (*Procyon lotor*) with a vaccinia-rabies glycoprotein recombinant virus vaccine. *Proc Natl Acad Sci USA* 1986;83:7947-50.
- Orciari LA, Niezgodna M, Hanlon CA, Shaddock JH, Sanderlin DW, Yager PA, Rupprecht CE. Rapid clearance of SAG-2 rabies virus from dogs after oral vaccination. *Vaccine* 2001;19:4511-8.
- WHO expert consultation on rabies. 1st report, WHO Technical report series no. 931. Geneva: World Health Organization; 2005
- Bourhy H, Rollin PE, Vincent J, Sureau P. Comparative field evaluation of the fluorescent antibody test, virus isolation from tissue culture and enzyme immunodiagnosis for rapid laboratory diagnosis of rabies. *J Clin Microbiol* 1989;27:519-23.
- Dean D, Ableseth M, Atanasiu P. The fluorescent antibody test. In: Meslin FX, Kaplan M, Koprowski H, eds. *Laboratory techniques in rabies*. 4th ed. Geneva, Switzerland: World Health Organization;1996:88-95.
- Crepin P, Audry L, Rotivel Y, Gacoin A, Caroff C, Bourhy H. Intravital diagnosis of human rabies by PCR using saliva and cerebrospinal fluid. *J Clin Microbiol* 1998;36:1117-21.
- David D, Yakobson B, Rotenberg D, Dveres N, Davidson I, Stram Y. Rabies virus detection by RT-PCR in decomposed naturally infected brains. *Vet Microbiol* 2002;87:111-8.
- Hyun BH, Lee KK, Kim IJ, Lee KW, Park HJ, Lee OS, An SH, Lee JB. Molecular epidemiology of rabies virus isolates from South Korea. *Virus Res* 2005;114:113-25.
- Park YJ, Shin MK, Kwon HM. Genetic characterization of rabies virus isolates in Korea. *Virus Genes* 2005;30:341-7.