

## 사슴에서의 구제역 증상과 전파 가능성<sup>†</sup>

박종현\* · 이광녕 · 김수미 · 고영준 · 이향심 · 조인수

국립수의과학검역원 해외전염병과

(접수 2010. 3. 22, 게재승인 2010. 6. 11)

## Clinical sign and transmission of foot-and-mouth disease in deer, Review<sup>†</sup>

Jong-Hyeon Park\*, Kwang-Nyeong Lee, Su-Mi Kim, Young-Joon Ko,  
Hyang-Sim Lee, In-Soo Cho

Foreign Animal Disease Division, National Veterinary Research and Quarantine Service, Anyang 430-757, Korea

(Received 22 March 2010, accepted in revised from 11 June 2010)

### Abstract

Foot-and-mouth disease (FMD) commonly infects cloven-hoofed livestock animals such as cattle, pig, sheep, and goat and its clinical signs are well-known. Besides livestock, FMD can be transmitted among cloven-hoofed animals in the wild. FMD mostly affects livestock animals in farms, but, wild animals are likely to play a pivotal role in spreading the disease due to their way of free living. In the case of deer, the clinical signs of FMD vary widely from subclinical to severe infections. Thus, in some deer species, it may be hard to verify clinical signs of FMD. A deer may carry the virus up to 11 weeks after exposure, shedding the virus during the period. However, deer is not considered as a typical host for persistent infection like buffalo, cattle or sheep. In Korea, small-scale livestock farms which have less than 10 animals make up 63.6% of the entire livestock farms. Considering raising environment in deer farms, it is assumed that the risk of virus excretion and consequent transmission of FMD among deers is relatively lower than other cloven-hoofed animals. However, Sika deer and Elk which are typical deer species in Korea would manifest mild to subclinical symptoms upon FMD infection. Therefore, laboratory testing is necessary to confirm FMD in these animals because of difficulty in verifying clinical signs and the risk of virus shedding during inapparent infection.

**Key words** : Deer, Clinical sign, Transmission

### 서 론

구제역은 우제류에 감염되는 수포성 병변을 특징으로 하며(Bachrach, 1968), 우리나라에서는 법정 1종 가축전염병으로 관리하고 있다. 원인체는 구제역바이러스(foot-and-mouth disease virus, FMDV)로 *Picornaviridae*의 *Aphthovirus*속에 속하며, O, A, C, Asia1, SAT1, SAT2 및 SAT3의 7가지 혈청형이 존재한다(Bachrach, 1968).

구제역은 발굽이 두 개로 갈라진 우제류 가축 즉, 소, 돼지, 양, 염소 등에서 흔히 감염되어 그 일반증상은 널리 알려져 있다. 구제역은 동물 질병 중에서 전염성이 매우 높고 발열, 심한 타액 분비, 수포의 형성을 특징으로 하는 바이러스성 전염병이다. 병변은 입 주변, 혀, 코에서 발생되며 발굽 또는 유두, 지간 부위에 수포를

\* Corresponding author: Jong-Hyeon Park, Tel. +82-31-467-1719, Fax. +82-31-449-5882, E-mail. parkjhvet@korea.kr

<sup>†</sup>This work was supported by internal fund from National Veterinary Research and Quarantine Service in 2010.

형성하여, 감염 점막부위에는 미란으로 이어져 세포가 괴사된다(Alexandersen 등, 2003). 이 질병의 병원성의 정도는 동물 축종에 따라 다양하다. 어린 동물에서 폐사되는 경우가 종종 보인다. 일반적으로 소의 경우는 구강의 병변이 많이 발생하고, 돼지의 경우는 족부에 병변이 발생하는 경우가 많다고 알려져 있다(Alexandersen와 Mowat, 2005). 구제역은 가축 이외에도 우제류 야생동물에서도 감염된다. 이번 국내에서 2010년 1월에 발생한 포천 구제역 발생 농장 주변의 사슴농가에서 구제역 항체 양성개체가 발견되었다.

사육되는 야생동물의 특징적인 증상을 미리 안다면 구제역에 대한 사전 방역조치를 취하여 방역 효율이 향상될 수 있다. 따라서 우리나라에서의 사슴현황과 일반적으로 잘 알려져 있지 않은 사슴의 축종 별 구제역에 대한 병원성, 증상 및 전파 가능성에 대하여 논의하고자 한다.

### 우리나라의 사슴과 구제역

우리나라는 1950년대 일본과 대만에서 꽃사슴의 수입이 있는 뒤 1970년대 북미와 뉴질랜드에서 엘크와 레드디어를 수입하였고, 1992년부터 수입이 자율화되어 지속적으로 증가되는 추이를 보였다. 2000년대 들어서는 사슴만성소모성 질병(CWD)발생으로 인하여 북미로부터 수입이 금지되었다. 국내에서 사슴 사육의 주요 목적은 녹용의 생산에 있으며 세계적으로는 뉴질랜드, 중국, 러시아, 미국, 호주, 한국 순으로 사육두수가 많다.

2008년 기준으로 사슴 사육 농가는 6천호 정도이고 사육두수는 2만두 정도를 사육하고 있다(<http://www.koreadeer.or.kr/>)(Fig. 1). 사육 농가 및 사육두수는 2002년을 정점으로 감소 추세에 있다. 2008년 기준으로 과거 1993-94년에 해당하는 사육 규모와 비슷하다. 사슴의 농가 사육 규모는 1~9마리를 키우는 농가가 63.6%를 차지하고 있으며, 10~49마리 사육농가는 30.6%로 구성되어 있었다. 사육되는 품종별로는 꽃사슴이 54.1%로 가장 많았고 그 다음은 엘크가 36.8%로 많이 사육되는 동물이었다. 레드디어 및 순록은 사육이 적은 편이었다. 품종과 상관없이 경기 및 충남에서 17% 정도로 사슴의 사육이 가장 많았다. 그 다음은 강원, 충북, 전남 순이었다. 또한 품종도 꽃사슴과 엘크를 주로 키우는 농가가 대부분이었다. 꽃사슴은 경기, 강원, 경남지역에서 6,000~8,600두 규모로 많이 사육되

고 있다. 엘크는 충남지역에서 9,400두 정도로 많이 사육되고 있는 것으로 확인되었다.

사슴에 대한 구제역 검사는 2005~2007년 전북지역 5개 시군 총 31 농가에서 국내에서 사육되는 사슴 78두(꽃사슴 67두, 레드디어 6두, 엘크 5두)와 야생고라니 7두를 검사하여 모두 구제역에 대하여 음성으로 확인한 바 있다(조 등, 2009).

### 야생동물 및 사슴에서 구제역 자연감염 사례

야생동물 중 사슴, 여우, 캥거루, 고슴도치, 가젤, 임팔라, 물소, 영양, 아시아코끼리 등은 구제역의 자연감염이 알려진 동물들이다(USDA, 1994).

야생동물에 대한 구제역의 발생역사는 1926~1929년에 미국 캘리포니아에서 구제역 발생기간 동안 검은꼬리 사슴(mule deer) 10%에서 구제역 병변이 있는 것을 발견했다(Pinto, 2004). 1927년에는 스칸디나비아에서 순록에 감염되었으며, 1937년에 남로디지아(지금의 짐바브웨)에서 누(wildebeest), 얼룩 영양(kudu)과 멧돼지에서 발견되었다. 1938년에 프랑스 파리의 동물원에서 소, 가우르(gaur), 아프리카 물소, 인도 가얏(gayal), 들소, 수돼지, 흑 멧돼지(warthog)와 맥(tapir)의 야생동물에 발생 보고가 있다. 1940년의 스위스 베른의 동물원에 들소와 야생염소(ibex)는 감염되었지만 가까이 있는 사슴에는 확산되지 않았다. 1946년에서 영국의 구제역 발생 동안 고슴도치와 사슴에서 구제역 병변이 잘 관찰되었으며 감염된 농장근처에서 발견되었다. 구제역 발생이 1942년, 1948년과 1955년에 아르헨티나, 부에노스아이레스 동물원에서 확인되었는데 소, 버팔로, 수드(suids), 영양, 맥(tapir), 사슴과 곰에 감염되었다고 보고되었다(Pinto, 2004).

2001년에 영국과 네덜란드의 구제역 발생에서 가축에서 질병을 억제 또는 근절하는 차원에서 방사 또는 사육되는 사슴이 살처분되었다.

아프리카에서 구제역 전파 가능성을 감소시키기 위해 가축 사육 울타리는 가축과 야생 동물 사이에 직접 접촉, 특히 아프리카 물소, 임팔라와 얼룩 영양(kudu)을 방지하기 위해 세워졌으나 야생 동물과 가축 사이에 감염방지를 위해 적절히 분리시키는 것은 매우 어려운 일로 생각되고 있다(Pinto, 2004).

2001년에 영국과 네덜란드의 구제역 발생에서 가축에서 질병을 억제 또는 근절하는 차원에서 방사 또는 사육되는 사슴이 살처분되었다.

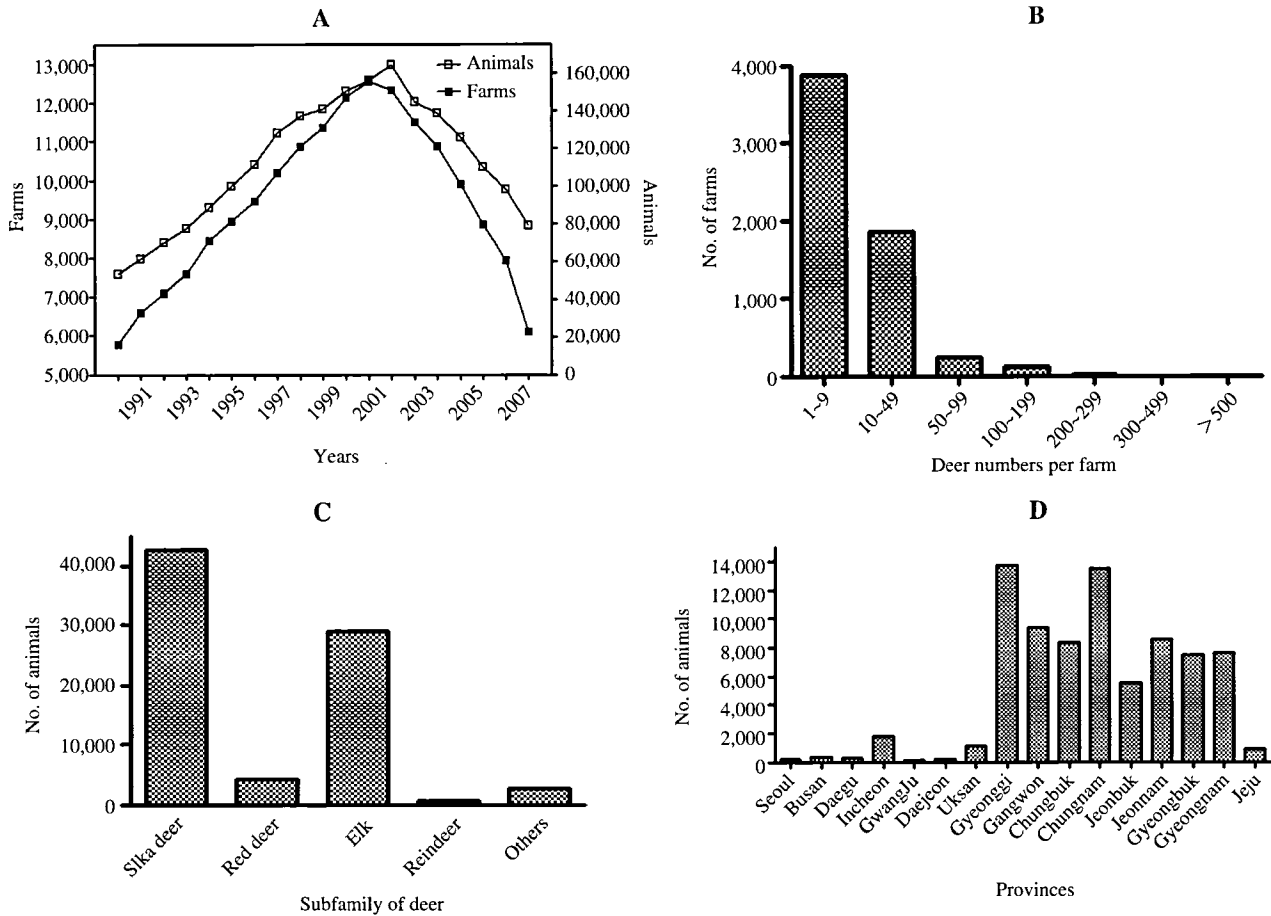


Fig. 1. Animal numbers in deer farms in Korea, 2008. A. Change of numbers of deers and farms during 1990-2008, B. Numbers of farms according to deer density, C. Numbers of subfamilies of deer, D. Numbers of deers in each province of Korea.

Table 1. Cervoid family naturally or experimentally susceptible to foot-and-mouth disease virus (FMDV) (Pinto, 2004)

Common name	Scientific name	Type of infection
Marsh deer	<i>Blastocerus dichotomus</i>	Experimental
Moose	<i>Alces alces</i>	Natural/Experimental
Mule deer	<i>Odocoileus hemionus</i>	Natural
Red deer	<i>Cervus elphus</i>	Natural/Experimental
Reindeer	<i>Rangifer tarandus</i>	Natural/Experimental
Roe deer	<i>Capreolus caprelous</i>	Natural/Experimental
Sika deer	<i>Cervus nippon</i>	Natural/Experimental
Spotted deer	<i>Axis axis</i>	Natural
White tailed deer	<i>Oedocoilleus virginianus</i>	Natural/Experimental
Elk <i>Alces machlis</i>	<i>Natural/Experimental</i>	
Fallow deer	<i>Dama dama</i>	Natural/Experimental
Columbian deer	<i>Odocoileus columbicus</i>	Natural

아프리카에서 구제역 전파 가능성을 감소시키기 위해 가축 사육 울타리는 가축과 야생 동물 사이에 직접 접촉, 특히 아프리카 물소, 임팔라와 얼룩 영양(kudu)을 방지하기 위해 세워졌으나 야생 동물과 가축 사이에 감염방지를 위해 적절히 분리시키는 것은 매우 어

려운 일로 생각되고 있다(Pinto, 2004). (Table 1).

사슴에서 구제역의 임상증상 및 병원성

구제역은 매우 전염성이 높고 발열, 심한 타액 분비,

수포의 형성을 특징으로 한다. 이 질병의 정도는 여러 종에 따라 달라진다. 때로 폐사되는 경우도 있다 (Alexandersen와 Mowat, 2005). 양, 염소, 버팔로와 일부 야생동물에서는 임상증상이 비교적 미약하다 (Alexandersen 등, 2003).

사슴의 구제역 임상증상은 감수성 가축에서 보이는 일반적인 임상증상과 거의 유사하다. 사슴은 일반적으로 2~20일에만 임상증상을 보일 수 있으며, 일반적으로 파행과 타액분비와 같은 구제역의 특이적 임상증상을 쉽게 볼 수는 없다. 사슴의 임상 증상은 일반적으로 소와 양 및 염소에서 보여주는 중간 정도라 할 수 있다 (<http://www.defra.gov.uk>).

사슴과(Cervidae)에서 품종별 병원성의 정도는 미약하거나 불현성 감염까지 매우 다양하다. 레드디어와 다마스슴에서는 증상은 미약하고, 노루 및 문착사슴에서는 때로는 심한 증상을 보인다(Gibbs 등, 1975b). 질병의 병원성 정도는 바이러스의 양과 바이러스주의 병

원성에 의존하며, 숙주의 적응성 및 건강상태에 따라 좌우된다.

### 사슴에서 감염실험

감염된 소를 2시간 동안 동거시켜 바이러스에 노출 후 노루와 문착사슴에서 구제역의 전형적인 임상 증상을 보였으며, 꽃사슴에서는 미약했고, 보통 다마스슴 및 레드디어에서는 불현성 감염을 보였다(Gibbs 등, 1975b). 노루 및 문착사슴은 움직이기 싫어하고, 피부의 색깔이 변하고 수포와 같은 병변을 보였다. 각종 동물 종은 같은 동종, 소 및 양에 전파하였고, 혈액 및 인 후두에서 바이러스가 검출되었고, 감염동안 공기로 배출되었으며, 그 양상은 소와 양과 비슷하였다(Gibbs 등, 1975b).

꽃사슴 및 문착사슴에서 구강 및 발굽에서 구제역 병변을 보였으며, 특히 문착 사슴에선 심하고 일부 사슴은 폐사되었다. 이들 사슴에서의 바이러스 혈증은



**Fig. 2.** Clinical signs of Sika deer and Elk. A. Unruptured vesicles on lateral surface of tongue in Sika deer (<http://www.defra.gov.uk>), B. Ulcerated area on buccal mucosa in Sika deer (<http://www.defra.gov.uk>), C. Infected Elk experimentally (Rhyan et al, 2008), D. Deep erosion above bulb of heel in 8 DPI in Elk (Rhyan et al, 2008).

면양에서와 같이 지속되었고 유사한 역가를 지니고 있었으며, 꽃사슴에서는 인후두에서 지속감염(persistent infection)된 바이러스가 검출되었고, 문착사슴에서는 검출되지 않았다. 구제역 바이러스는 감염된 사슴이 사육되던 공기에서 소가 감염될 수 있는 충분한 바이러스양이 검출되었다(Gibbs 등, 1975a).

레드디어, 다마사슴, 노루에서는 바이러스 혈증 검사 및 항체조사는 임상증상의 관찰보다 감염을 확인할 수 있는 데 더욱 믿을 만한 지표로 삼을 수 있다. 바이러스의 항체 및 역가는 소와 면양의 역가와 비슷하였으며, 인두부위에서의 바이러스는 다마사슴에서만 63일간 지속되었다. 이들 사슴에서 나오는 공기 중의 바이러스 양은 소와 양과 비슷하였다(Forman 등, 1974)

엘크를 실험한 결과 접촉축에서는 일시적인 식욕부진, 유연, 40°C가 넘는 열 반응과 미약한 절음 및 혀, 발에서 수포 및 궤양 등 증상이 보였으나 비교적 미약한 병변을 보였으며, 접촉한 동물은 임상증상을 발현하지 않았다. 그러나 혈청양성 및 바이러스 분리가 되어 감염을 확인할 수 있었다(Rhyan 등, 2008). 접촉된 엘크와 접촉한 소는 임상증상이 발현되지 않았고, 엘크에서 엘크로 또는 엘크에서 소로의 전파를 실험적으로 임상적으로 확인하기 어렵다. 엘크에서 28일 이후에는 바이러스는 검출되지 않았다(Rhyan 등, 2008) (Fig. 2).

### 사슴에서 다른 동물로 구제역 전파 가능성

여러 사슴 즉 레드디어, 다마사슴, 문착사슴, 꽃사슴, 노루(Forman와 Gibbs, 1974; Forman 등, 1974; Gibbs 등, 1975a; Gibbs 등, 1975b)와 흰꼬리 사슴(McVicar 등, 1974)은 가축 사육농장에 구제역을 발생시키는 원인으로 증명되었다. 농장사육 사슴은 함께 사육되는 다른 감수성 가축과의 접촉이 있을 수 있어 위험하고, 야생 사슴은 전파가 될 만한 적절한 환경에서 중요한 역할을 수행할 가능성은 충분히 있다.

북아메리카에서 서식하는 흰꼬리 사슴과 검은 꼬리 사슴을 포함한 대부분의 사슴은 구제역바이러스 전파가 증명되어 높은 위험 범주에 해당한다. 레드디어, 꽃사슴과 다마사슴 등은 사슴 농장에 자연 감염되고 전파가 가능하다. 소와 양과 같이 사슴은 활발히 움직여 서로 잠깐 스치는 동안 감염되어 심한 병변이 형성되기 이전 일지라도 매우 높은 전염성을 보일 수 있다. 또한 무증상 또는 미약한 병변을 가진 사슴 조차도 주변으로 전파가 가능하다(Sutmoller 등, 2003).

사슴은 바이러스를 위한 이상적 숙주로서 역할을 할 수 있고 전파에 있어서 보독동물로서 중요한 역할을 할 수 있다는 것은 고려되어야 한다(Thomson 등, 2003). 미국 캘리포니아에서 1924년 발생에서 20,000마리 이상 사슴이 질병의 확산을 막기 위해 살처분되었고 2,000마리 이상은 바이러스가 활동 중이었거나 병변이 치유되는 경우를 보였다(McVicar 등, 1974). 그러나 유럽에서 사슴은 바이러스 전파 동물로 역할을 한 것처럼 보이지 않는다(Forman 등, 1974). 구제역이 발생된 지난 50년 이상 동안 영국에서 사슴이 직접적으로 관련이 있다는 어떤 보고도 없었다.

흰꼬리 사슴에서는 구제역바이러스 O형 감염을 확인하였다. 구제역은 사슴으로부터 다른 사슴까지, 사슴으로부터 다른 가축까지, 그리고 가축으로부터 사슴까지 접촉에 의해 전파되었다(Rhyan와 Spraker, 2010).

감염실험에서 노루, 다마 사슴, 꽃사슴, 레드디어와 문착사슴은 대략 유사한 양으로 바이러스를 배출했다. 사슴과 다른 우제류 가축 사이의 전염이 서로 간 발생할 수 있다(Thomson 등, 2003). 또한, 흰꼬리 사슴은 비강 감염과 접촉 감염 모두 감수성이 있었다(McVicar 등, 1974).

### 사슴에서 바이러스의 지속감염

바이러스 노출 후 14일을 지나서는 레드디어와 노루의 인후두부위에서 바이러스를 좀처럼 발견하기 어렵다. 일부 레드디어는 보독동물(캐리어)로서 분류 기점인 4주 후(28일)에도 바이러스가 검출되었다(Gibbs 등, 1975a). 엘크에서는 28일 이후에는 바이러스가 검출되지 않았다(Rhyan 등, 2008). 다마 사슴은 최소 5주간 바이러스를 지니고 있으며, 12마리의 다마사슴으로부터 노출된 6마리에서 2개월 동안 여전히 바이러스가 검출되었다. 꽃사슴은 28일 이상 인두에서 바이러스를 가지고 있었다(Gibbs 등, 1975a). 흰꼬리사슴은 노출 뒤에 최대 5주까지 바이러스 양이 규칙적으로 상승되어 지니고 있지만, 그 중 한 마리는 노출 후 11주에도 인후두에서 바이러스가 검출되었다(Sutmoller 등, 2003).

이러한 것은 바이러스에 노출 후 4주후에 검사된 사슴에서 인후두에서 바이러스가 검출되었고, 한 마리는 인후두에서 11주 후에도 바이러스를 지니고 있어 보독동물로서의 가능성이 있음도 확인되었다(McVicar 등, 1974).

## 고 찰

사슴은 반추동물로 사회적인 서열이 뚜렷하고, 계절 번식을 한다. 계절적으로 사료섭취 정도와 체중의 변화가 심하며 야간에 채식하는 습성이 있으며, 발정기에는 사나워 다루기 어렵고 야생 습성이 남아 있다. 이러한 동물을 구제역 검사를 위하여 임상관찰과 혈액을 채취하는 일도 그리 쉽지 않은 일이다. 그러나 사슴에서의 임상증상이 매우 다양하여 임상검사만으로는 부족할 수 있다.

구제역의 지속감염은 다마사슴과 꽃사슴을 포함하여 실험적으로 레드디어에서 보고된 바 있다. 사슴은 증명된 바에 의하면 최고 11주까지 구제역바이러스를 보유함이 확인되었다(Sutmoller 등, 2003). 실험적으로 구제역바이러스 O형은 흰꼬리 사슴과 검은 꼬리 사슴에서 병원성이 강하나 엘크에서는 병원성이 약하다(Rhyan와 Spraker, 2010). 또한, 혈청형에 따른 병원성의 차이가 연구된 바 없으므로 야생동물에서의 혈청형에 따른 병원성도 앞으로 연구해야 할 과제이다.

구제역은 주로 가축에서 경제적으로 많은 손실을 주는 질병이며, 실험적으로 야생동물에서도 위험한 질병으로 증명되었다. 흰꼬리 사슴, 순록과 엘크를 포함하여 구제역에 감수성이 있으며, 품종마다 다양하나 구제역 전파가 가능하여 잠재적인 위협으로 존재한다.

사육되는 사슴의 경우도 바이러스를 전파할 가능성이 있지만, 발생농가로부터 일단 야생 생활하는 동물 무리에 구제역 감염되어 바이러스가 침투된다면 그것은 다른 감수성 동물 종으로도 퍼질 수 있으며, 지속 감염이 가능한 동물의 경우 계속 바이러스를 지닐 수 있고 구제역을 계속 발생시킬 가능성도 있다. 따라서 발생지역의 야생동물 검사는 근절의 중요한 요소로 작용될 수 있다.

야생동물의 한정된 지리학적인 분포 또는 사슴의 자연적 습성 때문에 구제역의 역학에서 중요한 의미를 두고 있지 않고 있으나(Forman 등, 1974), 이것은 매우 오래 전에 영국 상황에서 평가된 것이다. 세계적으로 1970년대 이후부터 현재까지의 사슴의 수는 많은 변동이 있다. 따라서 사슴의 전파 가능성에 대한 오래 전에 내려졌던 결론에 대한 유효성은 다시 재평가되어야 할 필요는 있다.

우리나라는 사육 규모에 있어 1-9마리를 사육하는 농가가 대부분을 이루고 있고 꽃사슴과 엘크가 주종을

이루고 있다. 꽃사슴은 구제역의 증상은 심하지 않으나 바이러스를 28일 이상 갖고 있어 일정기간 구제역 전파가 가능할 수 있고(Gibbs 등, 1975a), 엘크는 자연 감염은 될 수 있으나 임상증상을 관찰하기는 어려우며, 같이 사육되는 엘크 끼리 또는 소로도 전파되기도 어려운 것으로 보인다(Rhyan 등, 2008). 따라서 꽃사슴은 미약한 임상증상을 보일 수 있고, 엘크는 임상증상을 보이지 않을 수 있으므로 구제역에 대한 감염여부를 확인할 경우 임상검사 뿐 아니라 혈청검사에 의존하여 확인되어야 할 것이다.

일반적으로 사슴에서 감염시 이환율은 높으나 다른 동물과의 격리 사육으로 고립된 사슴에서 감염 후 바이러스를 전파하기에는 사육의 특성상 전파가 그리 용이하지 않을 것으로 보인다. 그러나 발생 주변지역에서는 사육 사슴에 대한 충분한 임상관찰을 수행하고, 필요시 혈청검사와 소독 조치가 이어져야 한다.

## 참 고 문 헌

- 조영숙, 추금숙, 이정원, 카머게리, 채가로바이나, 설민숙, 박현중, 김범석, 임채웅. 2009. 사육사슴 및 야생고라니의 소 바이러스성 전염병에 대한 혈청학적 연구. 한국가축위생학회지 32(2): 111-117.
- Alexandersen S, Mowat N. 2005. Foot-and-mouth disease: host range and pathogene- Alexandersen S, Zhang Z, sis. *Curr Top Microbiol Immunol* 288: 9-42.
- Donaldson AI, Garland AJ. 2003. The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *J Comp Pathol* 129(1): 1-36.
- Alexandersen S, Zhang Z, Donaldson AI, Garland AJ. 2003. The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *J Comp Pathol* 129(1): 1-36.
- Forman AJ, Gibbs EP. 1974. Studies with foot-and-mouth disease virus in British deer (red, fallow and roe). *Comp Pathol* 84(2): 215-220.
- Forman AJ, Gibbs EP, Baber DJ, Herniman KA, Barnett IT. 1974. Studies with foot-and-mouth disease virus in British deer (red, fallow and roe). II. Recovery of virus and serological response. *J Comp Pathol* 84(2): 221-229.
- Gibbs EP, Herniman KA, Lawman MJ. 1975. Studies with foot-and-mouth disease virus in British deer (muntjac and sika). Clinical disease, recovery of virus and serological response. *Comp Pathol* 85(3): 361-366.
- Gibbs EP, Herniman KA, Lawman MJ, Sellers RF. 1975. Foot-and-mouth disease in British deer: transmission of virus to cattle, sheep and deer. *Vet Rec* 96(26): 558-563.

- McVicar JW, Suttmoller P, Ferris DH, Campbell CH. 1974. Foot-and-mouth disease in white-tailed deer: clinical signs and transmission in the laboratory. Proc Annu Meet U S Anim Health Assoc 78: 169-180.
- Pinto AA. 2004. Foot-and-mouth disease in tropical wildlife. Ann N Y Acad Sci 1026: 65-72.
- Rhyan J, Deng M, Wang H, Ward G, Gidlewski T, McCollum M, Metwally S, McKenna T, Wainwright S, Ramirez A, Mebus C, Salman M. 2008. Foot-and-mouth disease in North American bison (*Bison bison*) and elk (*Cervus elaphus nelsoni*): susceptibility, intra- and inter-species transmission, clinical signs, and lesions. J Wildl Dis 44(2): 269-279.
- Rhyan JC, Spraker TR. 2010. Emergence of diseases from wildlife reservoirs. Vet Pathol 47(1): 34-39.
- Suttmoller P, Barteling SS, Olascoaga RC, Sumption KJ. 2003. Control and eradication of foot-and-mouth disease. Virus Res 91(1): 101-144.
- Thomson GR, Vosloo W, Bastos AD. 2003. Foot and mouth disease in wildlife. Virus Res 1(1): 145-161.
- United States Department of Agriculture. 1994. Foot and mouth disease: Sources of out-breaks and hazard categorization of modes of virus transmission. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Centers for epidemiology and animal health.