

## 급성패혈증형 돼지단독예에서 분리한 *Erysipelothrix rhusiopathiae*의 혈청형 및 병원성

백 영 숙 · 김 봉 환  
경북대학교 수의과대학  
(1990. 8. 18 접수)

### Serotype and pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from the cases of acute septicemic swine erysipelas

Young-sook Baek, Bong Hwan Kim

College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University

(Received Aug. 18, 1990)

**Abstract:** The serotypes and pathogenicity of 47 isolates of *Erysipelothrix rhusiopathiae* from pigs with acute septicemic swine erysipelas were investigated.

The serotypes were determined by agar gel precipitation test using autoclave extracted antigens. All of the 47 isolates (42 strains from Youngnam and 5 strains from Kyunggi province) were serotype Ia.

Five field isolates of *Erysipelothrix rhusiopathiae* serovar Ia were tested for pathogenicity in mice. All of 5 selected isolates were pathogenic for mice and LD<sub>50</sub> was  $3.7 \times 10^8$  viable cells. Mice immunized subcutaneously with live vaccine did not die after challenge with virulent isolates of *E. rhusiopathiae*.

**Key word:** *Erysipelothrix rhusiopathiae*, serotypes, pathogenicity, acute septicemic swine erysipelas

### 서 론

*E. rhusiopathiae*는 cell wall의 peptidoglycan층의 항원적 특성에 따라 여러 혈청형으로 나누어져 있다. 1949년 Dedie에 의해 A, B, N의 세 group으로 분류된 이래, 현재 Kucsera<sup>1</sup>의 기준에 따라 총 23종의 혈청형으로 분류되어 있으며 type specific antigen이 없는 것은 N형으로 구분하고 있다.<sup>2-5</sup> 이처럼 다양한 혈청형 및 광범위한 숙주역에도 불구하고 이 균은 각종 생물 화학적 성상의 동질성으로 말미암아 하나의 species로 통일되었으나, 최근 Takahashi et al<sup>6,7</sup>은 serotype 7로 분류된 균중에서 병원성이 없는 것은 유전학적으로 *E. rhusiopathiae*와 완전히 다르다는 것을 밝히고 이것은 새로운 species인 *Erysipelothrix tonsillae*로 분류

할 것을 주장하였다.

*E. rhusiopathiae*의 혈청형의 중요성은 Traub<sup>8</sup>가 특정한 균주만이 효과적인 면역항원을 가지고 있음을 보고한 이래 인식되기 시작하였으며, Dedie<sup>9</sup>는 B type균이 protective antigen을 가지고 있다고 하였다. Murase et al<sup>10-12</sup>은 *E. rhusiopathiae*의 혈청형은 보균동물과 관계가 깊으며 임상형 돼지단독은 특정한 혈청형에 의해서만 발생한다고 하였다. 이후 여러 학자들이 돼지단독의 병인론에 있어서 혈청형 및 임상형의 상호관련성을 보고한 바 있다.<sup>13-15</sup>

Wood et al<sup>5,16</sup>은 돼지에서 임상형 돼지단독을 일으키는 균은 type 1 및 2라고 하였으며, Takahashi et al<sup>17-19</sup>은 type 1과 2 이외의 비교적 드문 혈청형 역시 원인균으로서의 역할이 가능하다고 하여 계속적인 연

구의 필요성을 강조하였는가 하면 건강한 돼지의 편도에 존재하는 균은 type 7, 2, 6 등이라고 하였다. 관절염 유래균의 대부분은 type 2인 것으로 알려져 있으나, 이와는 달리 Iwamatsu et al<sup>14</sup>은 type 1a가 type 2에 비해 압도적으로 많음을 보고하였다. 한편 Eamens<sup>20</sup>, Eamens와 Nicholls<sup>21</sup>, Eamens et al<sup>22</sup>은 돼지관절염에서 유래한 type 1a와 양의 관절염에서 유래한 type 2균이 mouse와 돼지에 대한 독리에 있어서 현저한 차이를 나타낸다고 하였다. 이처럼 돼지에 있어서 *E rhusiopathiae*의 혈청형 및 병원성의 연관성에 대해서는 더 계속적인 연구가 필요한 실정이다.

돼지단독을 면역학적으로 방어함에 있어서는 생균 또는 사균을 면역원으로 사용하여 좋은 효과를 거둘 수 있음이 여러 학자들에 의해 보고 되어진 바 있으며, 각 혈청형간의 cross protection 및 돼지에서 더 나은 면역반응을 도출할 수 있는 균주의 중요성 또한 언급 되어지고 있다.<sup>23-27</sup>

White<sup>28</sup>는 killed *E rhusiopathiae*를 면역원으로 사용함으로써, homologous type의 감염에 대해 좋은 방어효과를 나타내었다고 하였으며, Wood<sup>29,30</sup>, Wood et al<sup>16</sup>, Takahashi et al<sup>31</sup>, Sawada와 Takahashi<sup>32,33</sup>는 type 2균으로 면역한 결과 혈청형 1a, 1b, 2, 5, 8, 11 등의 감염에는 좋은 방어효과를 거둘 수 있었으나, 혈청형 9, 10, 20에 대해서는 효과적인 방어를 기대할 수 없으며 특히 관절염 등의 발병은 방어하지 못한다고 하였다. Shuman et al<sup>34,35</sup>은 이 균이 돼지에서 관절염을 유발하는 주원인은 균의 직접감염이나, 생균 또는 사균으로 면역된 건강한 돼지가 단독증상 없이 관절염을 나타낼 가능성도 있다고 하였다. 우리나라에서도 일찍이 오와 김<sup>36,37</sup>이 돼지단독 생균백신을 보급 하였으며 박 등<sup>38</sup>은 *Pasteurella multocida*, *Bordetella bronchiseptica*, *E rhusiopathiae*, *Escherichia coli*을 포함하는 혼합 vaccine이 효과적임을 보고한 바 있다.

우리나라에서 돼지단독은 광복이전 부터 발생하고 있으며 이로 인한 피해도 상당히 크다. 그럼에도 불구하고 매년 돼풀이 발생하여 양축가에게 큰 경제적 손실을 끼치는 돼지단독에 대한 연구는 아직까지 미진한 상태이며 돼지단독균의 병원성 및 면역원성의 규명은 물론, 현재 우리나라에서 유행하고 있는 급성 패혈증형 돼지단독균의 혈청형조차 밝혀지지 않고 있어 이 병의 구체적인 병인론에 접근한 효과적 방역을 기대하기가 어려운 실정이다.

이와 같은 배경을 근거로하여 본 연구는 우리나라에서 최근 그 발생이 증가하여 문제시 되고 있는 돼지단독의 정확한 진단 및 효과적 예방을 목적으로 급성패

혈증형 돼지단독으로부터 분리한 *E rhusiopathiae*의 혈청형을 동정함과 아울러, mouse에 대한 병원성시험 및 감염 방식시험 등을 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시균

1988년 6월 부터 1989년 12월 사이에 돼지단독이 발생하였던 영남지방 7개 농장의 급성패혈증형 돼지단독으로부터 분리한 *E rhusiopathiae* 42주와 경기, 인천지역 분리균 5주 및 미국 USDA의 Dr. R. L. Wood로부터 분양 받은 표준균주 type 1a, 1b, 2~22, N 등 24주를 혈청형 동정 및 병원성시험 등을 위해 공시하였다.<sup>39</sup>

### 2. *E rhusiopathiae*의 혈청형 동정

가토면역혈청의 제조 : *E rhusiopathiae* serotypes 1a, 1b, 2~12 및 분리균 2주에 대한 가토면역혈청을 Wood와 Harrington<sup>40</sup> 및 Wellmann et al<sup>41</sup>, Takahashi et al<sup>17</sup>의 방법에 따라서 제조하였다. 현액한천배지서 37°C 48시간 배양한 표준균주 및 분리균 집락을 Tween 80이 0.1% 첨가된 tryptic soy broth (Difco) 10ml에 접종하여 일야배양하였으며 이것을 다시 동종의 broth (TSB: 0.1% Tween 80첨가) 200ml에 재접종하여 37°C 48시간 배양 후 formalin을 0.5%(v/v)가 되게 첨가하여 37°C 18~20시간 방치하였다. 이 배양액을 3,500rpm에서 20분간 원심분리하여 균체를 수거한 후, saline으로 3회 원심수세하였으며 spectrophotometer를 이용하여 540nm에서 OD가 1.8이 되도록 saline에 부유시킨 것을 4°C에 보관하면서 토끼집종을 위한 항원으로 사용하였다. 면역항원의 직중은 약 2.5~3kg 정도되는 토끼의 이경맥을 통해 3~4일 간격으로 4회 접종하였으며 항원의 양은 1, 2, 4, 6ml로 매번 증량하였다. 마지막 접종후 8~9일째에 심장재혈을 통하여 전채혈하고 현청을 분리하여 -20°C에 보관하면서 사용하였다.

열처리 추출항원의 제조 : Takahashi et al<sup>17</sup>의 방법에 준하였으며 현액한천배지상에서 37°C 48시간 배양한 각 분리균 및 표준균주의 집락을 0.1% Tween 80이 첨가된 tryptic soy broth(TSB)에 접종하여 37°C 48시간 배양하였다. 이를 3,500rpm에서 20분간 원심분리하여 균체를 수거한 다음 saline으로 3회 원심세척하였으며 세척이 끝난 균세포에 처음 분량의 1/30이 되도록 증류수를 첨가한 후 121°C에서 1시간 동안 고압증기 처리하여 항원을 추출한 다음 원심분리하여 상층액은 4°C에 보관하면서 현청형을 동정하기 위한 열처리 추출항원으로 사용하였다.

**혈청형 동정:** Wood와 Harrington<sup>40</sup> 및 Takahashi et al<sup>17</sup>의 방법에 준하여 agar-gel precipitin test로 실시하였다. sodium azide가 0.1% 포함된 saline에 special agar-noble(Difco)을 0.8%가 되도록 녹인 후 깨끗이 닦은 slide glass(76×26mm)에 5~6ml씩 분주하여 굳히고 내경이 4mm이고 각 well 중심간의 간격이 8mm인 gel puncher를 사용하여 1개의 central well과 6개의 surrounding wells를 뚫어내었다. central well에 antiserum을 그리고 surrounding well에 antigen을 넣어준 다음 습윤한 용기에 넣어 실온에서 24~48시간 반응시킨 다음 결과를 판정하였다.

### 3. 병원성시험

mouse에 대한 *E rhusiopathiae*의 병원성 및 감염방어 시험은 Iwamatsu et al<sup>14</sup> 및 Eamens<sup>20</sup>의 방법에 준하였으며 LD<sub>50</sub>은 Reed와 Muench<sup>42</sup>의 방법에 따라 측정하였다. 접종균액은 발생지역을 감안하여 선정된 5개 균주를 각각 tryptic soy broth(TSB; 0.1% Tween 80 포함)에 접종한 후 37°C 18시간 배양하였으며, 이 균액 0.1ml(10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup>CFU)를 취하여 체중이 20~25g 정도되는 mouse의 좌서경부 피하로 접종하였다. 한 균주당 5마리의 mouse에 실시하여 14일간 관찰하면서 quantal method에 의해 결과를 판정하였다. 폐사된 mouse는 각 실질장기로부터 균회수를 실시하여 폐사의 원인이 접종균에 의한 것임을 증명하였다. LD<sub>50</sub>을 구하기 위하여 TSB에 18시간 배양한 균액을 원심분리하여 균체를 모은 다음 동량의 saline에 부유시켰다. 이 균부유액에 대하여 10<sup>-1</sup>에서부터 10<sup>-7</sup>까지 serial dilution을 실시하였으며 균액희석에는 saline을 사용하였다. 희석배수별로 각기 5마리의 mouse 좌서경부 피하

에 0.5ml씩 접종하였으며 각 희석 균액에 대하여 viable cell count를 실시하였다. 접종된 mouse는 14일간 관찰하면서 폐사율을 기록하였으며 Reed와 Muench<sup>42</sup>의 방법에 따라 LD<sub>50</sub>치를 구하였다.

현재 우리나라에서 사용되고 있는 돼지단독생균백신의 효능을 알아보기 위하여 시판생균백신(복합자) 0.1ml를 5마리의 mouse피하에 접종하였으며 14일이 경과한 후에 대조군 mouse 5마리와 함께 분리균 배양액 0.1ml씩을 접종하여 감염방어 여부를 14일간 관찰하였다.

### 결과 및 고찰

Wood와 Harrington<sup>40</sup> 및 Takahashi et al<sup>17</sup>의 agar-gel diffusion test에 의해 *E rhusiopathiae*의 혈청형을 동정한 결과는 Table 1에 나타난 바와 같이 공시균 47주 모두가 serotype 1a로 나타났다.

우리나라의 경우 주 등<sup>43</sup>은 경기지역의 병돈으로부터 분리한 7주의 *E rhusiopathiae* 가운데 1a가 1주(14.3%), 1b가 2주(28.6%), 2가 4주(57.1%)라고 보고한 바 있으며, Wood와 Harrington<sup>40</sup>은 돼지에서 분리한 *E rhusiopathiae*의 혈청형을 분류한 결과 1a, 1b 및 2가 각각 21.1%, 15.1%, 41.2%로 가장 많았으며, 동정이 되지 않는 균주도 3.5%가 된다고 하였다. Takahashi et al<sup>17,18</sup>은 만성돼지단독예에서 분리한 균 가운데 1a, 1b 및 2형이 각각 12.2%, 7.5%, 71.4%로 90% 이상을 차지하였으며 건강한 돼지의 tonsil 유래균 가운데서는 2형이 31.7%, 7형 및 6형이 각각 54%, 9.5%라고 보고하였다. 또한 Iwamatsu et al<sup>14</sup>은 관절염 및 임파절염유래균 75주 가운데 1a, 2 및 6형이 각각 66.7

**Table 1.** Serotype of 47 cultures of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from the cases of acute septicemic swine erysipelas

Farms	No. of isolants	No. of isolants of each serotype												
		1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ssangrim	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kejin	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Duggok	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Youngchun 1	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Youngchun 2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taegu	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unyang	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inchun	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kimpo	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	47	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Table 2.** Pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* serovar 1a isolated from pigs with acute septicemic erysipelas

Strain	Inoculum	Pathogenicity for mice		Protection of vaccinated mice***
		Mortality*	LD <sub>50</sub> **	
KE8909-1	1.6×10 <sup>7</sup> CFU	5/5	3.7×10 <sup>3</sup>	5/5
KE8908-9	1.6×10 <sup>7</sup> CFU	5/5	NT	5/5
KE8907-9	1.6×10 <sup>7</sup> CFU	5/5	NT	5/5
KE8806-1	1.6×10 <sup>7</sup> CFU	5/5	NT	5/5
89386	1.6×10 <sup>7</sup> CFU	5/5	NT	5/5

\* No. of dead mice/No. of tested mice.

\*\* No. of viable bacteria/mouse.

\*\*\* No. of survived mice/No. of challenge-exposed with 1.6×10<sup>7</sup> CFU of the organism.

NT: Not tested.

%, 17.3%, 10.7%라고 하였으며 Cross와 Claxton<sup>44</sup>은 패혈증형 및 관절염형 돼지단독에서 다같이 serotype 1 및 2가 분리되는 것으로 돼지 관절염은 bacteraemia의 결과로서 생긴다고 하였다. Eamens et al<sup>13</sup>은 돼지, 가금, 편양 및 야생조류 등에서 균분리를 실시한 결과 serotype 1b가 28%로서 가장 흔히 나타났다고 하였으며, 패혈증을 나타낸 돼지로부터 분리한 22주 가운데 serotype 1a가 12주, serotype 1b와 2가 각각 5주씩 된다고 하였다. 이상의 성적과 비교할 때 본 실험성적은 패혈증형 돼지단독에서 가장 흔히 분리되는 혈청형이 1a라고 한 Cross와 Claxton<sup>44</sup> 및 Eamens et al<sup>13</sup>, Takahashi et al<sup>17</sup>의 견해와는 거의 일치하나 주 등<sup>43</sup>의 성적과는 상당한 차이가 인지되었다.

각 지역별 분리균 5주의 mouse에 대한 병원성시험 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. Eamens<sup>20</sup> 및 Iwamatsu et al<sup>14</sup>의 방법에 의해 수행한 mouse에 대한 병원성시험에서 각 분리균의 일야배양액 0.1ml(1.6×10<sup>7</sup> CFU)을 공격한 mouse 모두가 3~4일만에 폐사하여 그 병원성이 인정되었으며 이 가운데 한 균주를 택하여 Reed와 Muench<sup>42</sup>의 방법에 따라 LD<sub>50</sub>을 측정된 결과는 3.7×10<sup>3</sup> viable cells이었다. Eamens<sup>20</sup>는 관절염 유래균 가운데 serotype 1a, 1b, 2의 LD<sub>50</sub>이 각각 3.0, 2.0×10<sup>2</sup>, 6.6×10 CFU라고 하였으며 tonsil 유래균은 1b가 4.9×10<sup>3</sup>, 2가 3.9×10<sup>2</sup>이라고 보고한 바 있다. 그리고 Takahashi et al<sup>45</sup>은 Indonesia에서 도살 돼지의 편도로부터 분리한 *Erhusiopathiae*중 88.4%가 mouse에 매우 virulent하여 LD<sub>50</sub>이 10<sup>3</sup> CFU 이하였다고 보고하였다. 한편 Takahashi et al<sup>19</sup>이 일본내 도살 돼지의 편도로부터 분리한 *Erhusiopathiae*의 LD<sub>50</sub>은 혈청형 2, 6, 11, 12, 16 등이 10<sup>2.0</sup> CFU 이하로서 mouse에 매우 virulent한데 비해 7형은 10<sup>2.0</sup> CFU

에서부터 10<sup>6.1</sup> CFU 이상에 이르기까지 병원성의 차이가 상당히 인정된다고 하였다. 한편 Iwamatsu et al<sup>14</sup>은 관절염 및 일야배양 유래균 가운데 serotype 1a의 대부분은 mouse에 대해 무독주라고 보고한 바도 있다. 이상의 결과를 비교할 때 본 실험성적은 급성돼지단독 유래의 serotype 1a가 mouse에 매우 pathogenic하다고 한 Takahashi et al<sup>18</sup>의 견해와 일치하였으며 Eamens<sup>20</sup>, Takahashi et al<sup>19,45</sup>의 성적과도 유사하였다.

시판되는 생균 vaccine의 효능을 알아보기 위해 Iwamatsu et al<sup>14</sup>의 방법에 의해 감염방어시험을 실시한 결과 vaccine 접종 후 야외분리균의 일야배양액으로 공격한 mouse 모두가 생존하여 그 효력이 인정되었다.

## 결 론

1988년 6월 부터 1989년 12월 사이에 돼지단독이 발생하였던 영남지방 7개 농장의 급성 패혈증형 돼지단독으로부터 분리한 42주 및 경기, 인천지역 분리균 5주 등 47주의 *E. rhusiopathiae*에 대한 혈청형을 조사하고 병원성시험 등을 실시하였다.

serotyping결과 영남지방 분리균 42주 및 경기, 인천지역 분리균 5주 등 47주 모두가 type 1a로 동정되었다.

mouse에 대해서는 강한 병원성을 나타내어 LD<sub>50</sub>이 3.7×10<sup>3</sup> viable cells이었으며 돼지단독 생균 vaccine으로 면역한 mouse 모두는 야외분리균의 공격을 내과하였다.

## 참 고 문 헌

1. Kucsera G. Proposal for standardization of the

- designations used for serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* (Migula) Buchanan. *Int J Syst Bacteriol* 1973;23:184~188.
2. Gledhill AW. Swine erysipelas. In: *Infectious Disease of Animals-Disease due to Bacteria*, Vol. 2, edited by Stableforth, A.W. and Galloway, I.A. Butterworths Scientific Publications, London, 1959;651~670.
  3. Jones D. Genus *Erysipelothrix* Rosenbach 1909. In: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol.2, Williams and Wilkins, Baltimore, 1986; 1245~1249.
  4. Nørrung V. Two new serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Nord Vet Med* 1979;31: 462~465.
  5. Wood RL, Haubrich DR, Harrington R Jr. Isolation of previously unreported serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* from swine. *Am J Vet Res* 1978;39:1958~1961.
  6. Takahashi T, Fujisawa T, Benno Y, et al. *Erysipelothrix tonsillarum* sp nov isolated from tonsils of apparently healthy pigs. *Internatl. J Syst Bact* 1987;37:166~168.
  7. Takahashi T, Tamura Y, Sawada T, et al. Enzymatic profiles of *Erysipelothrix rhusiopathiae* and *Erysipelothrix tonsillae*. *Res Vet Sci* 1989;47:275~276.
  8. Traub E. Immunisierung gegen Schweinrotauf mit Konzentrierten Adsorbatinstoffen. *Monatsschr Veterinaermed* 1947;2:165~173.
  9. Dedie K. Die Säurelöslichen Antigene von *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Monatsschr Veterinaermed* 1949;4:7~10.
  10. Murase N, Suzuki K, Nakahara T. Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. II. Serological behaviours of the strains isolated from fowls including those from cattle and humans. *Jpn J Vet Sci* 1959;21:177~181.
  11. Murase N, Suzuki K, Nakahara T, et al. Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. I. Serological behaviours of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs. *Jpn J Vet Sci* 1959;21:113~121.
  12. Murase N, Suzuki K, Isayama Y, et al. Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. III. Serological behaviours of the strains isolated from the body surface of marine fishes and their epizootiological significance in swine erysipelas. *Jpn J Vet Sci* 1959;21:215~218.
  13. Eamens GJ, Turner MJ, Catt RE. Serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in Australian pigs, small ruminants, poultry, and captive wild birds and animals. *Aust Vet J* 1988;65:249~252.
  14. Iwamatsu S, Miyamoto S, Takahashi T, et al. Serotype, pathogenicity and antimicrobial susceptibility of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs with arthritis and lymphadenitis. *J Jpn Vet Med Ass* 1988;41:328~332.
  15. Wood RL. Swine erysipelas: A review of prevalence and research. *J Am Vet Med Ass* 1984; 184:944~948.
  16. Wood RL, Booth GD, Cutlip RC. Susceptibility of vaccinated swine and mice to generalized infection with specific serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Am J Vet Res* 1981;42:608~614.
  17. Takahashi T, Sawada T, Takagi M, et al. Serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strains isolated from slaughter pigs affected with chronic erysipelas. *Jpn J Vet Sci* 1984;46:149~153.
  18. Takahashi T, Sawada T, Seto K, et al. Pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strains of serovars 1a, 3, 5, 6, 8, 11, 21 and type N isolated from slaughter pigs affected with chronic erysipelas. *Jpn J Vet Sci* 1985;47:1~8.
  19. Takahashi T, Sawada T, Muramatsu M, et al. Serotype, antimicrobial susceptibility and pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolates from tonsils of apparently healthy slaughter pigs. *J Clin Microbiol* 1987;25:536~539.
  20. Eamens GJ. Pathogenicity of field isolates of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in mice, rats and pigs. *Aust Vet J* 1988;65:280~284.
  21. Eamens GJ, Nicholls PJ. Comparison of inoculation regimes for the experimental production of swine erysipelas arthritis. I. Clinical, pathological and bacteriological findings. *Aust Vet J* 1989;66:212~216.
  22. Eamens GJ, Chin JC, Nicholls PJ. Comparison of inoculation regimes for the experimental production of swine erysipelas arthritis. II.

- Serological findings in a gel diffusion precipitin test and enzyme-linked immunosorbent assay. *Aust Vet J* 1989;66:216~220.
23. Böhm KH, Bollwahn W, Fischer J, et al. Vaccination against erysipelas in breeding farms. 10th IPVS Congress Proceedings, 1988;148. Rio de Janeiro, Brazil.
  24. Sawada T, Muramatsu M, Seto K. Response of growth agglutinating antibody and protection of pigs inoculated with swine erysipelas live vaccine. *Jpn J Vet Sci* 1979;41:593~600.
  25. Sawada T, Muramatsu M, Seto K. Estimation of protective immunity of pigs inoculated with swine erysipelas live vaccine by passive mouse protection test. *Jpn J Vet Sci* 1982;44:565~570.
  26. Seto K, Nishimura Y, Fujiki M, et al. Studies on acriflavin-fast attenuated *Erysipelothrix insidiosa*: Comparison on pathogenicity and immunogenicity between mice and pigs. *Jpn J Vet Sci* 1971;33:161~171.
  27. Timoney JF, Berman DT. *Erysipelothrix* arthritis in swine: Bacteriologic and immunopathologic aspects. *Am J Vet Res* 1970;31:1411~1420.
  28. White TG. Type specificity in the vaccination of pigs with killed *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Am J Vet Res* 1962;23:752~755.
  29. Wood RL. Specificity in response of vaccinated swine and mice to challenge exposure with strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* of various serotypes. *Am J Vet Res* 1979;40:795~801.
  30. Wood RL. Susceptibility of vaccinated swine and mice to acute generalized infection with specific serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. IPVS Congress Proceedings, 1980;196. Copenhagen, Denmark.
  31. Takahashi T, Takagi M, Sawada T, et al. Cross protection in mice and swine immunized with live erysipelas vaccine to challenge exposure with strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* of various serotypes. *Am J Vet Res* 1984;45:2115~2118.
  32. Sawada T, Takahashi T. Cross protection of mice and swine given live-organism vaccine against challenge exposure with strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* representing ten serovars. *Am J Vet Res* 1987;48:81~84.
  33. Sawada T, Takahashi T. Cross protection of mice and swine inoculated with culture filtrate of attenuated *Erysipelothrix rhusiopathiae* and challenge exposed to strains of various serovars. *Am J Vet Res* 1987;48:239~242.
  34. Shuman RD, Wood RL, Cheville NF. Sensitization by *Erysipelothrix rhusiopathiae* (*insidiosus*) with relation to arthritis in pigs. II. Pretreatment with dead cells of serotypes A and B and challenge with live homologous or heterologous cells. *Cornell Vet* 1965;55:387~396.
  35. Shuman RD, Wood RL, Monlux WS. Sensitization by *Erysipelothrix rhusiopathiae* (*insidiosus*) with relation to arthritis in pigs. V. Pretreatment with live cells and challenge with homologous, heterologous or isologous live cells. *Cornell Vet* 1965;55:523~534.
  36. 오화택, 김두희. 돈단독 생균백신생산에 관한 연구. 농사시험연구원보고 1963;6(3):83~86.
  37. 오화택, 김상희. 돈단독 생균백신에 관한 연구. 가축위생연구원보고 1964;10:1~4.
  38. Park JM, Kim JY, Cho SK, et al. Studies on a combined vaccine containing *Pasteurella multocida*, *Bordetella bronchiseptica*, *Erysipelothrix rhusiopathiae* and *Escherichia coli* for use in pigs. *Research Reports of the Rural Development Administration (Vet)* 1988;30:28~36.
  39. 백영숙, 조길재, 김봉환. 급성 폐혈중형 돼지단독에서 분리한 *Erysipelothrix rhusiopathiae*의 생화학적 특성 및 약제감수성. 대한수의학회지 1990;30(4):413~420.
  40. Wood RL, Harrington R Jr. Serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from swine and from soil and manure of swine pens in the United States. *Am J Vet Res* 1978;39:1833~1840.
  41. Wellman G, Kucsera G, Nørrung V. Comparative studies on different methods in typing strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. I. Methods and influence of some factors on their results. *Zbl Bakt Hyg, I. Abt Orig A* 1983;254:42~54.
  42. Reed LJ, Muench H. A simple method for

- estimating fifty percent endpoints. *Am J Hyg* 1938;27:493~497.
43. 주이석, 박용호, 박정문 등. 돼지로부터의 톤단독균 분리동정에 관한 연구. 농시논문집(가축위생) 1988;30(3):45~50.
44. Cross GMJ, Claxton PD. Serological classification of Australian strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs, sheep, turkeys and man. *Aust Vet J* 1979;55:77~79.
45. Takahashi T, Zarkasie K, Sumadi SM, et al. Serological and pathogenic characterization of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolates from tonsils of slaughter pigs in Indonesia. *Vet Microbiol* 1989;21:165~175.