

전염성과 환경성 병원균의 구분: 두 가지에서 순응비율까지

Contagious and environmental pathogen : from dichotomy to sliding scale

손봉환 박사 / 국립수의과학검역원, 낙농진흥회, 대한수의사회 국가수의자문위원
한국유질유방염연구회 고문, “유방염의 이해” 등 책의 저자

“전염성유방염 contagious mastitis”과 “환경성유방염 environmental mastitis”은 유우유선 감염원인이 되는 병원균의 역할을 분류하기 위하여 사용되는 명칭이다.

전염성병원균의 최초 서식처는 감염 분방이다. 반면에 환경성병원균의 최초서식처는 유우의 환경이다. 환경성병원균에 노출은 동물의 비유기 또는 비 비유기 동안 어느 때에나 생긴다. *Staphylococcus aureus*는 전염성이고, *Streptococcus uberis*는 환경성으로 구분한다(Fox and Gray, 1993; Leigh, 1999; Smith and Hogen, 1993). 이 2분 법적 분류기로 나누는 *Sta. aureus*와 *Str. uberis*가 낙농목장에서 준 임상과 임상 유방염의 우세한 원인으로 있는 네덜란드 목장에서 연구된 것이다.

■ 목장수준에서 유방염의 기능(작용)

*Staphylococcus aureus*와 *Streptococcus uberis*의 활동은 네덜란드 3개 목장의 종적인 전망연구에서 관찰한 것이다. 목장은 표준 유방염예방계획의 모든 요점이 아니라고 하여도 대부분이 실시되므로 중간수준 함유 체세포수(bulk milk somatic cell count = BMSCC 20만~30만)의 최소년간 이력을 기준으로 선발된 것이다(Zadoks 등, 2001a). *Sta. aureus*와 연쇄구균 종류는 각 목장에서 중요 감염원인이 되어왔다. 18개월동안 분방 우유시료는 모든 비유중인 동물에서 3주 간격으로 수집하였다. 추가적인 시료는 분만 시 또는 구입 시(착유목장에 들러 온 것), 건유 또는 도태(착유목장에서 나간 것) 그리고 임상유방염이 보이는 것에서 수집하였다.

모든 우유시료는 NMC(National Mastitis Council)표준으로 세균배양을 하였다 (Harmon 등 1990). 분방의 감염상태는 여러 계속적인 시료가 제공하는 세균종류와 cfu(colony form unit)의 수로 정리하였다 (Zadoks 등, 2001b). *Sta. aureus*와 *Str. uberis* 인지를 구별하기 위하여 이 목장연구에서 전염성 또는 환경성 병원균으로 형태화 하였다. 이 두 가지 접근은 수학적 모델과 분자확인을 사용하였다.

■ 유방염의 수학적 모델화

개체와 개체 접촉을 통하여 전달되는 질병인 전염성유방염과 같은 것은 Reed-Frost 모델인 수학적 용어로 설명이 가능하다. 이 모델은 자체가 노출되므로 감염개체의 수에 의하여 감수성 개체에 감염의 가능성을 추정하는 것이다. 예를 들면 기타 질병 요인인 환경성 병원균 감염의 가능성은 개체와 감수성과 환경 내에서 감염의 압박 사이 균형에 의존된다.

감염목장의 동료들이 동일하게 감염되지 않는다는. 그러한 모델은 Greenwood 모델로 알려졌다. 수학적 모델에서 예상되는 신 유방염사례의 수와 관찰은 그런 모델 결정을 위하여 사용할 수 있다. 전달의 모델인 이것에서 가장 좋고 많은 작용의 유방염이 설명된다(De Jong, 1995; Zadoks 등, 2001).

■ 유방염의 분자분석 역학

세균은 유전과 종류로 분류된다. 세균성 종류 내에서 세균 주의 앞으로 분류는 가능하다.

균 주의 분류 또는 특수형(subtype)은 표현형과 유전형적 기술에 의하여 완성된다. 항생제의 감수성검사, 혈청형 검사 그리고 파지형(phage typing)과 같은 표현형 기술은 표현 특성의 표시에 의존된다. Ribotyping, pulsed-field gel electrophoresis 또는 PCR-based typing과 같은 방법은 유전자적 기술 또는 분자형 결정방법은 세균의 유전적 물질 내에서 변화를 아는 것이다. 낙농목장에서 유방염의 파급은 전염성 전달의 결과이다.

동물의 대부분은 같은 세균 주로 감염이 될 것이다. 같은 목장 여러 소에서 분리된

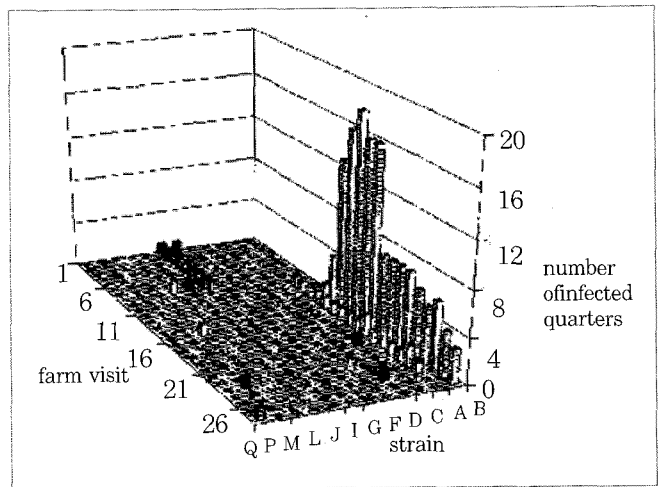


그림1. 분방의 수는 95±5 비유기 동물이 있는 목장에서 3주 간격으로 18개월 27회 방문관찰기간 동안 *Str. uberis*의 특수 균 주로 감염되어 있었다. 균 주는 RAPD fingerprinting에 의하여 54개 관찰된 감염증상 중 39가 특성화 된 것이다.

균 주 비교는 비 전염성 전파의 확인을 허용한다.

■ *Streptococcus uberis* 전염성병원균 같은 행태

한 연구목장에서 *Str. uberis* 유방염이 발생하였다.

수학적 모델로 감염된 수는 신 감염의 수에 대한 특수한 예견자였음을 밝히었다. 이것은 전염성 전달을 제시하였다. 무작위 확대 polymorphic DNA(RAPD) fingerprinting에 의하여 분리한 *Str. uberis*의 균 주 결정은 그 생각을 지지하였다. 목장에서 분리된 거의 대부분은 한 균 주에 속하였다(그림1). 우세균 주로 감염은 건유우는 아니고 비유우에서만 관찰되었다. 반면에 다른 균 주는 건유우와 첫 분만 우에서 관찰되었다.

혼합적 관찰의 요점은 착유기를 통한 *Str. uberis*의 전염성 전달쪽이었다. 그리고 실제로 *Str. uberis*는 착유기구에서 분리되었다.

한 마리 또는 두 마리 비 감염 우가 *Str. uberis* 감염 우를 후에 착유한다고 하여도 감염 우에서 *Str. uberis* 균 주는 아직도 유두 컵 라이너에서 분리되었다. *Str. uberis* 유방염의 환경 자연상태에서 분석은 현재상태에 의한 발견과 같이 표준유방염예방관리 계획에서 전염성유방염관리 시 측정목표는 *Str. uberis*유방염 박멸에는 실패의 결과가 된다(Bramley, 1984). 사실상 표준유방염관리계획의 실행은 *Str. uberis* 유방염의 발생

(incidence와 prevalence)에서 유의한 감소를 보였다(Neave 등, 1969; Robinson 등, 1985). 5가지 중점예방계획의 측정이 생략될 때 유방염발생이 생긴다(Catell, 1969; Zadoks 등, 2001). 여러 가지 균 주 연구는 착유 시 *Str. uberis*의 전염성 전달이 생긴다는 것을 제시하였다(Bassegio 등, 1997; Hill, 1988; Phuektes 등, 2001). 그리고 우리 연구는 착유기는 *Str. uberis* 전달 물질로서 작용한다는 것을 보여주었다.

■ *Staphylococcus aureus* 환경성 병원균으로서 행태

Sta. aureus 전파를 위하여는 연구목장 내 감염존재의 수는 신 감염의 수 예측요인으로서 유의성이 없다. 이것은 거기에 전염성 전달이 안 되거나 제외된다는 것을 시사한다. 병원균의 "전염"은 번식 수 R에 의하여 용량화 할 수 있다. R은 최초의 감염이 보이기 전 최초 감염에 의하여 생기는 신 감염의 수인 것이다. R이 하나보다 적을 때 전염성 전달만으로는 수적인 질병의 유지가 되지 않는다. 우리 연구에서 각 목장은 R이 하나 이하가 되는 것에서 계산하였다. 이것은 *Sta. aureus*유방염의 전염성 전달은 실제로 관리가 된다는 것을 제시한 것이다.

그렇게 된다고 하여도 신 감염은 계속 생긴다. 최고의 유방염관리에도 불구하고 신 *Sta. aureus* 감염은 또한 다른 목장에서도 관찰되었다(Schukken 등, 1991; Hillerton

등, 2002). 만일 감염동료가 감염근원이 아니라면 무엇인가? 거의 대부분에서와 같이 환경이다. 유우의 환경은 많은 장소에서 *St. aureus*가 존재한다. 그리고 환경성 *St. aureus*는 착유기에 노출되지 않은 첫 분만 우와 전유 우에 감염의 원인이 잘 될 수 있다 (Roberson 등, 1998).

다시 수학적 모델과 야외관찰에서 결과는 균주 형태자료로 협조가 된다. 주어진 목장에서 분리의 대부분은 언제나 하나의 특성 종류에 속한다. 같은 시기에 *St. aureus* 주의 번식은 대부분 목장우우에서 분리된다(Matthews 등, 1994). 목장 내에서 분리빈도가 낮으면 혼합적으로 보아서 다른 균 주이거나 드문 균 주의 환경근원으로 설명할 수 있다.

우리 연구에서 분만 시 첫 분만 우에서 분리된 *St. aureus*는 한 목장 내 비유중인 소에서 분리된 것보다 다른 균 주에 속할 것이다. 그것은 비유중인 목장은 첫 분만 우에 대한 것은 감염근원이 아니라는 것을 보증하는 것이다.

다른 목장에서 신 감염은 감염동물이 3주 일상적인 시료로 결정 시 착유목장에 존재하지 않는 시기에 발생한 것이다.

결론이 아니라고 하여도 관찰은 목장동료보다 환경이 감염의 근원 이었음을 제시하는 것이다. 첫 분만 우의 경우 측정되는 환경성 감염에서 분리된 균 주는 비유중인 목장에 존재하는 균 주와 차이가 있다(Zadoks 등, 2000).

■ 현 상황의 재정리

결론에서 논의 되는 것은 *St. aureus* 또는 *Str. uberis*가 응용되는 전염성 전달이 된다는 주장이 사용되고, 또한 이 두 균 주에 응용되는 전염성 전달의 일상적 근원이라는 주장이 논거라는 것이다. 그리고 논거확대에 대한 것은 종류 사이가 다르다는 것이다. 유방염병원균의 역할은 종류를 기준으로 2분 법에 의한 것보다 전염성과 환경성 전달의 균형의 진행적 순응 비율로 표시되었다(그림2).

더욱이 다른 종류는 *St. aureus*(Middleton 등, 2001)와 *Str. uberis*(Zadoks 등, 2002)의 근래연구에서 표시된 것과 같이 그들의 속도와 전염방법 차이이다. 이것에서 “전염성”과 “환경성” 유방염의 개념은 병원균의 수준에서

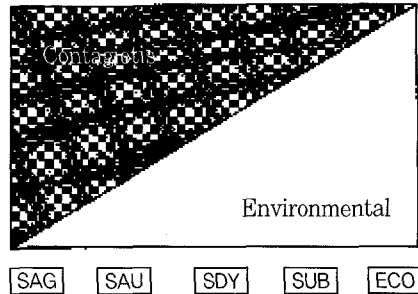





그림2. 유방염병원균의 전염성에서 환경성 역할까지 순응비율. SAG = *Streptococcus agalactiae*: 전염성, 박멸가능(Keefe, 1997; Loeffler et al., 1995). SAU = *Staphylococcus aureus*: 전염성 우세, 환경성 부분적(Roberson et al., 1994). SDY = *Streptococcus dysgalactiae*: 전염성과 환경성의 중간(Bramley, 1984). sub = *Streptococcus uberis*: 전염성 우세, 환경성 부분적(Robinson et al., 1985). ECO = *Escherichia coli*: 환경성 박멸 불가는(Smith and Hogen, 1993)

해석이 요구된다. 그것은 병원균 종류수준보다 그 이상이다. 전염성으로 모든 *Sta. aureus*와 환경성으로 모든 *Str. uberis*의 분류는 유방염 역학에서 과도한 단순화이고, 낙농목장에서 필요 없는 손실과 혼란의 원인이 될 수도 있다.

■ 기록은 문제점의 정확한 위치결정을 도와 준다.

기록은 지극히 중요한 발견의 도구이다. 더

정확한 기록은 개체우와 목장에서 응용이 가능하고 유방염문제점의 더 정확한 진단에 사용된다.

첫 의문에 대한 문제점의 하나는 전염성 또는 환경성 병원균에 의한 것이 첫 원인인지에 있다. 다음 표는 이 원인에 대한 대답을 도와 줄 것이다.   

지시요인	전염성	환경성
합유탱크SCC	언제나 30만 이상	30만 이하 유지
월 목장평균 DHIA SCC	언제나 30만 이상	30만 이하 유지
월 목장평균 DHIA SCC score	4.0 이상	3.5 이하
DHIA 4.0 또는 그 이하인 목장 소%		
또는 DHIA SCC 282천 또는 그 이하	85% 이하	85% 이상
CMT검사 받은 소% 또는 검사성적		
음성 또는 혼적	85% 이하	85% 이상
월별 목장 내 임상유방염 사례%	변할 수 있다	3% 이상(100두 당 3% 이상)
임상사례발생시기	전 비유기간	최초 분만 시와 비유초기
우유시료의 세균배양	전 목장 두별 혼합시료	치료 전 갑자기 임상형. 분만
(치료채취방법)	또는 큰 목장은 소의20~30%	3~10 일 발생 소의 수
유방염 병원균	<i>Sta. aureus</i> , <i>Str. agalactiae</i>	<i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Str. uberis</i>

Source: University of Kentucky Extension publication ASC-140, "Mastitis and Its Control"

DHIA: Dairy Herd Improvement Association

Score: SCC를 10등급으로 나누어 수치로 표시한 것

From: Bulletin of the IDF No.381/2003, Mastitis Newsletter 25:7.

(주) 유방염 원인 균을 전염성과 환경성으로 구분하는 것이 문헌에 많이 사용되고 있다. 여기서 이 두 구분을 명확히 하려는 의도가 있으나 혼동이 되는 경우를 보게 된다. 위의 내용은 이런 점을 정리한 것이다. 목장의 그 때 상황과 기록자료의 분석을 통하여 응용하는 지혜가 필요함을 제시하고 있다. 그러나 *E. coli*와 *Str. agalactiae* 같은 균들은 구별이 확실히 될 수도 있는 것이다.