식품위해요소로서의 메치실린내성 황색포도상구균 (MRSA)

Methicillin-resistant Staphylococcus aureus(MRSA) as a Foodborne Biological Hazard

황인균, 곽효선, 윤상현*

In-Gyun Hwang, Hyo-Sun Kwak and Sang-Hyeon Yoon*

식품의약품안전평가원, 식품위해평가부, 미생물과

Food Microbiology Division, Food Safety Evaluation Department, National Institutes of Food and Drug Safety Evaluation

Ⅰ 서 론

항생제는 세균의 증식을 억제하거나 죽이는 물질로 세균 감염에 의한 질병을 치료하는 데에 없어서는 안 될 중요한 약제이다. 최초의 항생제인 페니실린은 2차대전 때 전염병과 상처 감염으로 인해 전장에서 사라질 수 있던 수많은 생명을 구해내면서 '기적의 약'이라는 찬사를 받기도 하였다. 그러나 현재 항생제의 효과는 예전만 못하다. 항생제가 사용되어지는 동안 세균도 '항생제 내성'이라는 대응방안을 찾아 발전시켜 왔기 때문이다. 지금처럼 항생제내성 문제가 심각해진 데에는 항생제를 맹신하고 무슨 병이든 항생제를 복용하는 환자와, 예방적 목적의 항생제를 관행적으로 투약해온 의료진 모두 자유로울 수 없다.

항생제는 사람의 질병치료 뿐만 아니라 동물의 질병치료와 예방에도 사용되고 있다. 특히, 식용가축의 경우 생산량 증가 등을 위해 많은 량의 항생제가 사용되고 있어 항생제 내성균의 발생과 확산이 우려된다. 황색포도상구균은 병원감염의 주요 원인균으로 황색포도상구균의 항생제 내성문제는 주로 병원감염에서 주요하게 다루어져 왔으며 현재까지의 연구도 대부분 병원감염에 주안점을 두어 왔으나, 최근 병원감염에서 중요하게 다루어지고 있는 메치실린내성 황색포도상구균(MRSA)이 동물에서 발견된 사례들이 보고되고, 동물에서 발견되는 MRSA는 사람의 MRSA와는 유전적으로 다른 특징을 가진 것으로 확인됨에 따라 축수산분야 또한 MRSA 확산의 또 다른 인자로서 관심을 받고 있다.

다수의 연구결과에서 알 수 있듯이(이경원, 2004-2007) MRSA의 일차적인 관리대상은 병원이다. 특히 병원내 감염을 통해 MRSA 보균자가 되면, 병원 퇴원 후 지역사회에 MRSA를 전파시키는 병원소 역할을 하게 된다는 점에서 병원내 감염은 우선적이고도 강력하게 관리되어야 한다. 그러나, 가축에 상재하는 MRSA 또한 도축, 가공, 유통단계를 거치면서 지역사회로 전파될 수 있으며(De Boer 등, 2009), 특히 사람과 달리 식품 유통망을 타고 짧은 시간에

*Correspondence to: Sang Hyeon Yoon
Food Microbiology Division, Food Safety Evaluation Department, National Institutes of Food and Drug Safety Evaluation, Korea Food and Drug Administraiton
#5, Tongil-ro, Eunpyung-gu, Seoul, 122-704, Korea
Tel: +82-2-380-1682
E-mail: yoonsh@korea.kr

전국적인 확산을 가져올 수 있는 있다는 데에 주목해야 한다. 확산된 MRSA는 사람에게도 전이되어 상재균화 될 수 있으므로, 지역사회에 MRSA를 전파하는 또 다른 공급원이 될 수 있다는 점에서 이 또한 지속적인 관심으로 관리되어야 할 부분이다.

2. 황색포도상구균(Staphylococcus aureus)

2.1 황색포도상구균의 특성

황색포도상구균은 원내감염 균혈증의 26%와(송재훈, 2009) 식중독 발생 원인의 4.2%를(식약청, 2009) 차지하는 병원감염의 주요 원인균이자 주요 식중독균 중의 하나이다. 건강한 사람은 황색포도상구균과 접촉하거나 일부 섭취하여도 건강에 문제를 일으키거나 질병을 유발하지는 않으나, 상처를 통해 감염되는 경우나 환자나 유아등 면역력이 저하되어 있는 사람에서는 질병을 일으키기도 한다. 식품을 통해 섭취되었을 경우에는 황색포도상구균이 생성하는 독소에 의해 식중독을 일으킬 수 있다. 황색포도상구균의 환경적응성은 매우 뛰어나다. 일반적으로 37℃, pH 7, 호기조건에서 잘 생육하나 7-48℃의 온도범위 및 pH 4-10 등 넓은 환경범위에서 생육이 가능하다. 자연계에 폭넓게 분포하지만 사람, 동물 등 온혈동물의 피부나 점막 등에서 많이 발견되며, 육류 및 야채 등 식품의 원료에서도 많이 발견되지만 다른 미생물과 공존 시에는 생존 경쟁력이 낮아 원료식품으로 인해 식중독을 일으키는 경우는 드물다(Le Loir 등, 2003). 황색포도상구균이 생성하는 장독소(Enterotoxin)는 열에 매우 강하여 100℃에서 30분간 가열하여도 파괴되지 않으며, 건조, 냉장, 냉동, 상온 등 대부분의 유통 조건에서 안정하다(Atanasoba 등, 2001). 또한, 방사선에 의해서도 잘 파괴되지 않기 때문에 감염형 식중독과 달리 열처리나 방사선 조사 처리를 한 식품을 섭취할 경우에도 식중독이 발생할 수 있다.

2.2 황색포도상구균의 병원성

황색포도상구균은 모낭염(folliculitis), 종기(furuncle), 큰 종기(carbuncle), 연조직(cellulitis), 농가진(impetigo), 화상피부증후군(scalded skin syndrome), 수술후 감염 등을 일으키는 세균으로 작용하며 그 중에서도 많은 것은 피부감염이다. 건강한 사람에서는 피부화농성질환이나 중이염 등을 일으키지만 중증의 감염질환까지 진전되는 경우는 드물다. 하지만 항암치료 등 장기간의 치료로 인해 면역력이 저하된 상태에서는 카테터 등을 통해 혈액 속에 세균이 감염되는 경우 균혈증이 발생할 수 있다. 피부 이외 감염으로는 균혈증, 심내막염, 수막염, 폐렴, 화농성 관절염, 골수염 등이 있다. 비강 보유 여부는 감염과 상관성이 낮다(Jensen등, 1999).

2.3 황색포도상구균 식중독

황색포도상구균은 또한 식중독을 일으키는 가장 흔한 식중독균 중 하나이다. 황색포도상구균 식중독은 보툴리누스 식중독과 함께 대표적인 독소형 식중독으로서 황색포도상구균이 생성하는 장독소를 섭취함으로써 발생한다. 많은 종류의 포도상구균이 독소를 생성할 수 있지만 대부분의 포도상구균 식중독은 황색포도상구균에 의해서 발생한다. 현재까지 확인된 포도상구균이 생성하는 장독소는 16가지(A, B, C1, C2, C3, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N and O)이다(Le Loir 등, 2003). 식중독을 일으키기 위한 장독소의 량은 사람마다 다를 수 있으나 일반적으로 1ug이면 식중독을 일으킬 수 있으며, 이러한 수준의 장독소를 생성하기 위해서는 식품 중 황색포도상구균이 105~106 cells/g 수준까지 자라야 한다고 알려져 있다(Brown, 1982). 황색포도상구균이 증식하는 과정 중 생산된 이 독소가 함유된 식품을 섭취하면 독소가 위나 장에 흡수되어 구토 · 설사 · 복통을 일으킬 수 있다. 일반적으로 짧은 시간(평균 3시간)에 식중독을 일으키고 특별한 경우를 제외하고 24시간 이내에 자연 치유되며 사망하는 예는 거의 없다. 우리나라의 경우 황색포도상구균 식중독의 비율은 10% 내외이며, 2008년도의 경우 총 354건(7,487명)의 식중독 발생 중 15건이 황색포도상구균 식중독으로 전체 식중독의 4.2%에 해당하였다(식약청, 2009).

2.4 국내 가축 및 식품에서의 황색포도상구균 검출 실태

식약청 및 국립수의과학검역원에서 2003-2008년 수행한 식품 중 황색포도상구균의 모니터링 결과를 보면(우건조, 2003-2004, 권기성, 2005-2006, 황인균, 2008, 정석찬, 2003-2008) 동물 분변의 경우 소와 돼지에서는 황색포도상구균이 검출되지 않은데 비해 닭의 경우는 26.7%에서 황색포도상구균이 검출되었다. 반면 도축장의 동물 도체에 대한 검사결과에서는 소에서 9.8%, 돼지에서 18.8%, 닭에서 43.1%가 검출되어 동물보다 더 높은 검출률을 나타내었다. 또한 축산물에서는 소고기 19.6%, 돼지고기 17.5%, 닭고기 34.7%에서 황색포도상구균이 검출되었다.

<표1> 국내 동물 및 축산물에서의 황색포도상구균 검출 현황('03-'08 종합)

구 분	검출률			
	소	돼지	닭	평균
동물(분변)	0.0	0.0	26.7	6.7
축산물(도축장)	9.8	18.8	36.6	21.9
축산물(유통)	19.7	17.5	34.7	23.8

전체적으로 동물보다는 도체나 축산물에서 황색포도상구균이 많이 검출되었으며, 이로부터 축산물의 황색포도상구균의 오염이 동물의 분변보다는 환경이나 작업자, 동물의 피부 등에 의해 발생한다고 추정할 수 있다. 수산물의 경우에는 5% 정도의 검출률을 보였다. 일반적으로 황색포도상구균은 섭취단계에서 가열조리에 의해 사멸되기 때문에 검출 자체가 문제가 되는 것은 아니다. 하지만 조리단계에서 부적절하게 가열처리 되거나 다른 식품원료와 구분 없이 보관할 경우 불완전 살균과 교차오염 등으로 최종제품에서 균이 증식하여 독소를 생성함으로써 식중독을 일으킬 가능성이 있으므로 주의를 기울여야 한다. 가공식품의 경우에는 주로 가열되지 않은 야채류의 원재료가 사용되는 샐러드, 샌드위치 등의 신선제품이나 김밥 등 제조과정에서 사람의 수작업이 필요한 편의제품에서 주로 검출되는 것으로 알려져 있다. 식약청의 조사결과에서는 샐러드나 샌드위치 등에서는 황색포도상구균이 검출되지 않았으나 김밥, 햄버거 등 편의식품에서는 3.8%에서 황색포도상구균이 검출되었다.

2.5 황색포도상구균의 항생제내성 특성

국내 축산분야에서 분리된 황색포도상구균은 테트라싸이클린에 대한 내성률이 가장 높으며, 그 외 페니실린 및 겐타마이신 내성률이 높다(정석찬, 2003-2008). 유통식품에서 분리한 황색포도상구균의 항생제내성 실태는, 페니실린에 대한 내성률이 80% 수준으로 가장 높았으나 테트라싸이클린 내성률은 15-30% 수준으로 상대적으로 낮았으며, 소고기, 돼지고기 등 그 외 다른 유통 식품들의 테트라싸이클린 내성률도 전반적으로 낮았다(우건조, 2003-2004, 권기성, 2005-2006, 황인균, 2008). 2005년 전남대학교에서 수행된 일반인에서 분리한 황색포도상구균의 항생제내성 조사결과를 보면 축산물에서 분리된 균과 달리 테트라싸이클린에 대한 항생제 내성률이 상대적으로 낮으며 반대로 페니실린에 대한 내성률이 월등히 높음을 확인할 수 있다(신동현, 2005). 유통 축산물은 일부 항생제를 제외하면 사람과 도축장 축산물에서 확인되는 항생제 내성률의 중간정도의 수치를 나타내는 것으로 확인되어 유통 중 사람이나 환경으로부터의 미생물 오염이 발생하고 있는 것으로 추정된다.

외국의 경우는 국가마다 다른 경향을 나타내고 있으며 우리나라와도 다른 내성 패턴을 보여주고 있다. 주요 선진국의 가축을 대상으로 한 황색포도상구균의 내성실태 조사결과에 의하면, 덴마크(DANMAP, 2007)의 가축에서 분리한 황색포도상구균은 페니실린에 대해 77%가 내성을 나타낸 반면 테트라사이클린에 대한 내성률은 2%로 매우 낮았다. 스웨덴(SVARM)의 경우는 양에서 분리한 황색포도상구균은 페니실린에 대해 74%의 내성률을 보였으며 테트라싸이클린에 대해서는 4%의 낮은 내성률을 보여 덴마크와 유사하였다. 그러나 미국(NARMS)이나 캐나다(CIPARS)의 조사대상에는 황색포도상구균이 포함되어 있지 않다. 덴마크와 스웨덴은 배합사료의 항생제 사용이 금지되어 있고 수의사 처방제에 의한 항생제 사용이 의무화되어 축산분야의 항생제 소비량이 매우적다. 테트라싸이클린 사용량이 높고 이에 따른 테트라싸이클린 내성률이 높은 우리나라와는 대조적이다. 유통식품의 경우 황색포도상구균의 내성실태 조사자료가 제한적이기는 하지만, Pesavento 등(2007)의 연구결과

<표2> 국내 유통식품에서 분리한 황색포도상구균의 주요 항생제 내성 실태(식약청, '03- '08 종합)

구분	축산물			
	닭고기	돼지고기	소고기	평균
Penicillin	54.4	88.1	83.3	69.4
Ampicillin	49.0	63.6	64.1	57.7
Gentamicin	33.3	15.2	7.7	20.3
Amikacin	1.3	0.0	0.0	0.6
Trimethopenem/sulfamethoxazole	1.3	4.8	0.0	1.2
Oxacillin	1.3	0.0	8.3	2.3
Erythromycin	17.7	23.8	2.3	20.2
Clindamycin	28.6	20.8	-	16.8
Vancomycin	2.5	0.0	4.2	0.0
Tetracyclin	50.6	61.9	29.2	46.2
Cefoxitin	3.0	3.6	3.6	2.5
Ciprofloxacine	3.0	5.2	7.1	5.0
Chloramphenicol	0.0	10.5	0.0	2.5
Rifampin	3.0	0.0	0.0	1.3

에 의하면, 이탈리아에서 유통되는 소고기, 돼지고기, 가금류 고기에서 분리한 황색포도상구균의 항생제내성 조사결과 암피실린에 대해 가장높은 내성률(42.9%)을 나타낸 반면, 페니실린(16.7%)과 테트라싸이클린(19.0%)에 대해서는 상대적으로 낮은 내성률을 나타내었다. 또한 옥사실린에 대해 35.7%의 높은 내성률을 나타내어 우리나라와는 대조를 보였다.

3. 항생제 사용과 항생제 내성 발생

3.1 축 · 수산분야 항생제 사용실태

동물용의약품은 가축 질병예방 및 치료와 사료첨가제로 이용되어 그동안 우리나라 축산업에 있어 가축의 질병방지와 성장촉진을 통해 생산성을 높이고 사료효율을 증진시키는 등 양축농가의 소득증대와 축산이 대규모로 발전하는데 기여한 바가 크다. 그러나 우리나라의 비임상분야 항생제 사용실태는 주요 선진국에 비해 매우 높은 수준이다. 2009년 우리나라의 연간 항생제 총 사용량은 998톤 수준이며(정석찬, 2009) 정부차원의 적극적인 대처로 2000년 이후 점차 감소하고 있기는 하지만, 육류1톤 생산시 사용되는 항생제량은 '08년 기준 0.54kg/톤으로 이는 미국의 1.7배, 일본의 1.4배 수준이며 축산 선진국인 덴마크에 비해서는 9배 수준으로 아직도 높은 수준이다. 비임상분야 항생제 판매량 중 테크라싸이클계, 페니실린계 및 설파계 항생제가 전체 판매량의 70% 정도를 차지할 정도로 사용빈도가 높다. 이중 테트라사이클린이 전체 판매량의 절반가량을 차지하였으나 '07년 이후 사용량이 급격히 감소하고 있다. 테트라싸이클린은 동물의 성장촉진과 질병예방목적으로 축산분야에서 널리 사용되는 약제로, '04년과 '07년 두차례에 걸쳐 옥시테트라싸이클린(oxytetracyclin)과 클로르테트라싸이클린(chlortetracyclin)이 배합사료용 첨가제 목록에서 삭제된 이후 사용량이 급격히 감소하고 있다.

<표3> 주요 국가의 축산물 생산량 대비 동물용 항생제 사용량

국가명	스웨덴	덴마크	영국	프랑스	미국	일본	한국
항생제 사용량(kg/톤)	0.03	0.06	0.13	0.22	0.31	0.39	0.54

※ 기준년도 : 스웨덴, 덴마크, 영국, 프랑스, 한국 ('08), 미국('07), 일본('04)

우리나라 동물용의약품 사용실태의 특징은 수의사 처방률이 낮고 배합사료용 및 자가치료 예방용 항생제 사용량이 높다는데 있다. 그러나 배합사료용 항생제 감축 등 정부차원의 대책에 힘입어 전체 항생제 판매량 중 배합사료용 항생제가 차지하는 비율은 '02년 50%에서 '09년 29%로 감소하였으며, 판매량에서도 774톤에서 288톤으로 63% 감소하였다. 페니실린계 항생제 사용량은 '02년 128톤에서 '07년 267톤으로 오히려 2배 이상 증가하였으나, '09년 사용량은 151톤 수준으로 '07년 이후 빠르게 감소하고 있다. 설파계 항생제 사용량 또한 '02년 209톤에서 '09년 92톤으로 절반 이상 감소하였다.

3.2 임상분야 항생제 사용실태

우리나라의 임상분야 항생제 사용량도 외국에 비해 매우 높은 수준이다. 병원에서의 처방률은 28.4%로 의약분업('00년)과 항생제 처방률 공개('02년)등을 통해 점차 낮아지고는 있으나 WHO 권장치인 23%보다는 높은 실정이다. 세균의 항생제 내성은 국가에 따라서 정도의 차이는 있지만 거의 대부분의 국가에서 문제가 되고 있다. 항생제 내성 발생이 항생제의 사용에 의해 생겨난 현상이라는 사실에 대부분 동의하지만 그렇다고 감염병의 가장 중요한 치료제인 항생제를 사용하지 않을 수도 없다. 최근 축수산 식품의 항생제내성 문제가 많이 부각되고 있지만 근본적으로 항생제내성의 1차적인 원인은 병의원의 항생제 사용과 관련된다. 특히 식품의 MRSA 분리율이 1% 이내인 반면 종합병원 등은 MRSA 분리율이 65-70%에 달하며, 불특정 환자들이 드나드는 환경이므로 MRSA의 병원내 감염과 사회 전파에 큰 원인을 제공하고 있다. OECD 국가의 항생제 사용량 자료와 비교해 볼 때 우리나라는 아직 항생제를 많이 쓰고 있는 나라에 속하며, 우리나라의 2006년 항생제 사용량은 23.8 (DDD/1,000명/1일)로 OECD 국가 중 5번째로 높다(오옥희, 2009).

2007년 기준 전체 사용량 중 페니실린계 항생제 사용량이 차

<표4> 우라나라의 연도별 동물용 항생제 판매실적(정석찬, 2009)

항생제 (계열)	연도별 항생제 사용량(Kg)							
	2009년	2008년	2007년	2006년	2005년	2004년	2003년	2002년
Tetracyclines	287,712	470,946	624,236	629,984	723,476	698,632	723,698	774,331
Sulfonamides	92,122	157,455	183,209	184,259	200,010	164,373	180,651	209,182
Penicillins	150,589	170,721	266,968	225,089	229,462	169,205	130,016	127,675
Aminoglycosides	51,209	73,188	93,727	82,130	71,863	62,829	78,775	74,335
Macrolides	88,124	68,556	75,342	74,486	55,325	48,587	47,642	59,754
Quinolones	37,418	51,257	56,585	47,637	52,854	44,509	32,726	40,418
Ionophores	51,366	46,947	58,744	51,192	63,056	57,003	61,737	60,252
Polypeptides	96,532	43,581	38,889	35,198	34,133	24,005	24,729	22,688
Phenicols	54,543	35,892	34,367	28,268	24,918	20,351	9,955	2,453
Pleuromutilins	35,025	20,015	21,195	22,648	18,170	12,980	15,079	16,986
Quinoxalines	4,601	18,008	13,070	9,987	15,592	35,424	29,608	26,893
Lincosamides	5,674	12,048	16,373	18,084	14,433	11,981	9,848	11,193
Cephems	3,163	2,694	1,962	3,297	2,169	1,876	9,545	838
Streptogramins	8,164	5,081	4,942	4,522	4,926	4,848	4,253	4,132
Orthosomycins	5,566	5,203	5,429	4,660	4,039	3,644	5,405	5,794
Glycolipid	2,469	1,971	2,341	2,407	2,980	2,943	4,940	5,243
Nitrofurans	0	0	0	0	0	0	63,034	90,182
Others	23,890	27,053	29,334	33,960	36,076	4,821	6,892	8,924
Total	998,167	1,210,616	1,526,713	1,457,808	1,553,482	1,368,011	1,438,533	1,541,273

<표5> OECD 국가 연도별 항생제의 DDD값 비교('98-'06) ※ (단위: DDD/1000 habitants/day)

Countries	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Australia	23.6	22.7	22.8	22.6	21.1	20.5	22.2	22.6	22.3
Belgium	28.8	28.7	27.8	26.4	26.6	27.0	25.9	27.4	27.1
Czech Republic	20.7	22.6	20.8	22.0	20.9	21.6	17.9	22.0	20.4
Denmark	15.3	14.6	15.1	15.8	16.3	16.7	17.5	18.3	19.0
Finland	23.3	23.2	24.0	24.9	23.0	23.5	21.8	22.9	22.1
Germany	14.7	15.0	15.1	14.1	14.1	14.3	13.6	15.1	14.2
Greece	27.9	31.9	33.5	34.0	35.0	36.9	38.7	-	-
Hungary	-	27.5	24.2	24.0	22.6	23.8	22.5	24.1	21.4
Iceland	23.9	22.6	21.4	20.6	21.1	21.0	22.9	24.4	25.2
Italy	-	-	-	23.2	22.9	23.4	23.1	24.2	-
Korea	-	-	-	-	-	23.0	24.3	24.7	23.8
Luxembourg	-	-	-	-	-	-	27.2	28.0	27.1
Netherlands	-	-	-	10.9	10.8	10.9	10.9	11.6	12.3
Norway	-	17.2	16.9	17.4	17.9	17.9	18.1	19.3	20.1
Portugal	-	-	18.0	18.0	26.6	26.6	23.9	25.5	23.8
Slovak Republic	28.1	30.0	27.0	31.0	28.0	29.4	26.8	29.5	27.2
Sweden	19.2	18.7	18.0	18.1	17.8	17.7	17.7	18.3	18.8
United Kingdom	-	-	-	-	-	-	-	17.0	15.3

지하는 비중은 무려 38.7%에 달해 병원의 높은 MRSA의 발생률과 밀접한 관계가 있을 것으로 추정된다. 그 외 1~3세대 세팔로스포린계가 27.8%, 플루오르퀴놀론계 10.7%, 마크롤라이드계 10.5%, 테트라싸이클린계가 5.0% 사용되는 것으로 조사되었다.

3.3 항생제 사용과 항생제 내성의 발생

항생제를 사용한 농장이나 동물에서 상대적으로 높은 항생제 내성이 관찰되어 항생제 사용과 항생제 내성간의 관계를 간접적으로 증명한 연구가 많이 진행되어 있다. Hummel 등(1986)은 독일의 돼지농장에서 신규 개발 항생제인 nourseothricin을 사료에 섞어 사용 후, 당시까지 돼지 분변 중 발견 사례가 없는 nourseothricin 내성 대장균 출현 및 농장과 접촉이 없는 인근 지역 거주자에서 nourseothricin 내성 대장균 검출을 보고하였다. 신규개발 항생제 사용 후 나타난 신종 내성균은 항생제 사용이 내성균 출현의 원인이며, 농장과 직접 접촉이 없는 인근지역 거주자에서 내성균 검출은 환경을 통해 내성균 전파가 가능하다는 결과로 풀이된다. 이 외에도 항생제 사용과 항생제 내성간의 관계를 보여주는 연구사례는 많다. 현재 많은 과학자들이 분자유전학적인 연구를 통해 항생제 사용에 따른 내성 발생 기전을 직접적으로 증명해 보이고자 노력하고 있다.

4. 식품과 메치실린내성 황색포도상구균(MRSA)

4.1 메치실린내성 황색포도상구균(MRSA)

MRSA(Mechicillin Resistant Staphylococcus aureus)는 페니실린 분해효소에 저항성을 갖도록 개발된 항생제인 메치실린에 내성을 나타내는 황색포도상구균을 말한다. MRSA에 감염되면 치료에 사용할 수 있는 항생제가 극히 제한되므로 치료에 어려움을 겪을 수 있으며 경우에 따라서는 생명이 위태로울 수도 있다. MRSA는 유전자의 특징 및 전파경로를 바탕으로 크게 병원을 기반으로 하는 HA-MRSA (Health care-acquires MRSA), 지역사회를 기반으로 하는 CA-MRSA (Community-associated MRSA) 및 가축을 기반으로 하는 LA-MRSA (Livestock-associated MRSA)등 3가지로 구분되며, 가축 중에서는 돼지가 가장 중요한 MRSA의 숙

주 역할을 하고 있는 것으로 알려져 있다.

황색포도상구균은 중요한 원내감염균이다. 특히, 원내감염에서 분리된 황색포도상구균 중에는 methicillin에 내성인 MRSA가 많은 실정으로, MRSA는 세파계 항생제 등 β-lactam을 기본 구조로 하는 대다수의 β-lactam계 항생제 및 aminoglycoside, macrolide, quinolone 등 거의 모든 종류의 항생제에 대해 광범위한 내성을 나타내는 경우가 많아 보건 및 건강분야에서 주요 문제로 인식되고 있다.

4.2 식품 위해요소로서의 MRSA

동물 및 식품은 사람으로 MRSA를 전이시키는 병원소 또는 매개체 역할을 할 수 있으므로 보건 관점에서도 중요하게 생각된다. 지금까지 가축 사육단계에서 MRSA는 돼지 농장 농부들과 도살장 작업 인부에서 주로 검출되어 식품 위해요소가 아니라 작업 위해요소 정도로 인식되어 왔으나, 최근에는 MRSA가 식품에서도 위해요소가 될 수도 있다는 의견이 점차 확산되고 있다. MRSA는 가축 및 애완동물에까지 상재균화되어 나타나기도 하는데, 소, 닭, 말, 돼지, 개, 토끼, 새, 고양이 등에서 MRSA가 검출된 보고들이 있다(Leonard 등, 2008). 또한 축?수산 식품은 식품 유통망을 타고 각 지역으로 빠르게 이동되므로 축산식품이 MRSA에 오염된 경우 그 전파속도는 지역사회 MRSA의 전파 속도보다 매우 빠를 것으로 예상된다. 식육은 MRSA의 오염원으로서 충분한 가능성을 가지고 있으며 식품과 관련된 MRSA는 지금 시점에서 새롭게 부각되는 문제점이라고 할 수 있다. 따라서 MRSA 관리는 임상과 비임상을 구분하는 것이 의미가 없으며, 임상과 비임상을 총괄하는 항생제 사용 및 내성률 관리가 필요하다.

4.3 가축 및 식품의 황색포도상구균 및 MRSA 검출 현황

식품을 대상으로 한 MRSA 실태조사 연구는 매우 제한적이다. 그러나, 현재까지의 연구결과를 보면, 소고기, 돼지고기를 포함한 유통식품의 MRSA 오염실태는 아직까지는 심각한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 식약청이 2003-2008년 유통식품을 대상으로 한 모니터링에서는 총 1,789건의 검체에서 220주의 황색포도상구균이 분리되었으며 이중 2주(1.0%)가 MRSA로 최종 확인되었으며 이는 조사 대상 유통 축산물의 0.1%에 해당한다. MRSA가 검출된 검체는 2건 모두 소고기였다. 축산물 도체의 경우 2003-2008년 사이에 실험된 총 2,748건의 검체 중 소에서 9건, 돼지에서 4건 및 닭에서 3건 등 총 16건이 분리되어 0.6%의 검출률을 보였다.

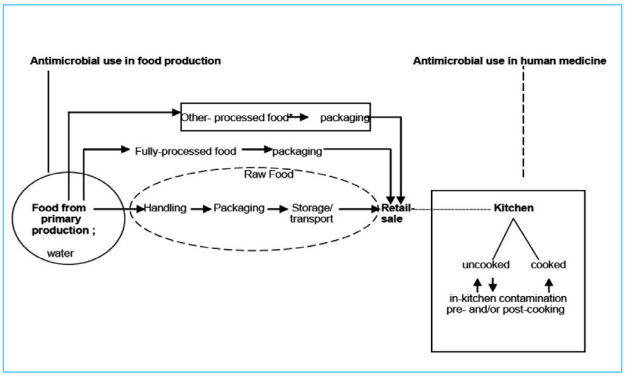

그림 1식품을 통한 항생제 내성균의 전파(EFSA, 2008)

4.4 MRSA의 전파 및 확산

MRSA에는 일반적인 MLST 형태가 존재한다는 것이 알려져있다. 지금까지 동물에서는 ST398이라는 특정한 유전형이 주로 발견되었으며(오스트리아, 벨기에, 캐나다, 덴마크, 프랑스, 독일), 네덜란드와 싱가포르에서는 이 유전형이 동물에서뿐 아니라 사람에서도 발견되었다(Van Loo 등, 2007). 스웨덴과 스위스는 아직 발견사례가 없다. 현재까지의 지식으로는 ST398은 그 근원은 알 수 없으나 동물에서 사람으로 전이된 것으로 보인다. 현재 여러 방면으로 추가적인 연구가 진행 중이나 MRSA ST398은 식용가축에 광범위하게 퍼져 있는 것으로 보인다. 예로 독일의 경우 돼지에서 분리한 황색포도상구균의 12.5%가 MRSA로 판정되었으며 유전형은 모두 ST398이었다. 이 종류의 MRSA가 왜 돼지 등 가축에 상재균화 되었는지와 그 유래가 어디인지는 아직 밝혀지지 않았다. 한편 동물에서 분리한 MRSA가 사람 분리주에서 주로 나타나는 유전형태를 보여 동물의 MRSA와 사람 분리주와의 밀접한 연관성을 제시하는 보고도 있다.

4.5 MRSA 감염에 의한 질병 발생

MRSA 발생초기에는 주로 병원을 중심으로 꾸준히 증가되었으나, 1990년대에 들어서는 관련 항생제의 복용과 병원 출입 경험이 없는 사람에서도 MRSA가 검출되면서 MRSA는 병원내 문제가 아닌 사회문제로 대두되게 되었다. 이전 문헌들에 의하면 지역사회의 MRSA 분리율은 1% 내외로 알려져 있으나, 최근의 문헌들은 MRSA 감염이 증가하는 것으로 보고하고 있다. 식약청에서 조사한 자료에 의하면 국내 환자에서 분리된 황색포도상구균의 65~75%가 MRSA로 확인되었으며, 의료인과 일반인에서 분리한 황색포도상구균도 각각 12.1%와 5.8%가 MRSA로 조사되었다(신동현, 2005). MRSA는 질병 치료에 많은 문제를 일으키고 있다. 전에는 위험도가 낮게 인식되었던 상처에 감염되어 질병을 심화시키고 일반인들에게도 병증을 일으키고 있다. 미국 CDC의 자료에 의하면, 지역사회유래 MRSA 감염 사례는 10명/10만명(1988-1990년)에서 259명/10만명(1993-1995년)으로 급격하게 증가하였다(Herold 등, 1998). 이미 미국에서는 매년 MRSA에 의한 사망자가 AIDS에 의한 사망자 수보다 많다. MRSA 감염은 MRSA 감염에 의한 사망률 증가 등의 직접적 문제 뿐 아니라 보건의료 체계의 비용을 증가시킨다는 점에서 그 관리의 중요성이 대두되고 있다. 미국 CDC의 자료에 의하면 MRSA에 의한 감염은 1968년에 최초로 보고되었으며, 2005년에는 94,360명이 감염되어 이중 18,650명이 사망하였다. 또한, 2007년 자료에 의하면 매년 1,200,000명이 MRSA에 노출되고 이중 423,000명에서는 MRSA가 상재균화 되고 있는 것으로 추정된다고 보고하였다.

4.6 MRSA 감염에 따른 경제적 영향

MRSA 감염은 병의 치료기간을 증가시킬 뿐 아니라 치료에 소요되는 비용도 증가시킨다. 또한, 감염 초기에 MRSA 감염을 인지하지 못하여 일반적인 치료를 행할 경우 병의 치료를 지연시키게 되어 병증을 악화시키는 결과를 초래할 수 있다. 무엇보다도 중요한 것은 사망률이 높아진다는 것이다. 보건사회연구원의 2006년 연구결과에 의하면 항생제내성으로 인한 의료비 추가부담 및 치료기간 장기화 문제가 발생하고 있는 것으로 나타났다(박은자, 2006). MRSA 균혈증 환자는 항생제 감수성균인 MSSA 균혈증 환자에 비해 입원기간이 1.8배 긴 것이 확인되었다. 2003년 미국의 연구결과에 의하면 비감염 수술환자의 사망률이 2.1% 수준인데 비해 MSSA 감염환자는 6.7%, MRSA 환자의 사망률은 20.7%로서 MRSA 감염에 따른 사망률 증가율이 매우 높았다. 또한 항생제의 치료 효과 약화와 적절한 항생제를 선별하는데 걸리는 시간소요 등으로 입원기간이 증가하고 이에 따른 치료비용도 증가하는 것으로 나타났다. 황색포도상구균 감염시 입원기간은 평균 14.3일로 비감염 환자의 4.3일보다 10일이 더 소요되었으며 치료비용도 $48,824로 비감염 환자의 $14,141보다 3.4배 증가하였다(Noskin 등, 2005). 또한 MRSA 감염환자 수술환자의 경우 평균입원기간 20.1일, 치료비용 $73,165로 조사되어 2배가까이 증가되었다는 보고서도 있다(Engeman 등, 2003).

5. 국내 축산물 소비에 의한 MRSA의 위해수준

국민건강영양조사 자료에 근거하여 계산된 우리나라 국민의 육류섭취에 의한 MRSA 노출 빈도는 연간 1.6회 정도로 예측된다(황인균, 2009). 이는 식품 조리 중 가열에 의한 황색포도상구균 사멸효과를 배제한 경우로서 육류섭취를 통한 MRSA에의 노출 가능성은 매우 낮은 것으로 보인다. MRSA에의 노출은 대부분 닭고기에 의할 것으로 예측되었으나, 닭고기는 생으로 섭취하는 경우가 없고 대부분 튀김이나 볶음 등 충분히 가열한 상태로 섭취하게 되므로 실제로 균을 섭취하게 되는 경우는 극히 미미할 것으로 추정된다. 다만, 소고기의 경우 육회 등으로 섭취하는 경우가 있으므로 미미한 수준이지만 실제로 식품 섭취에 의한 MRSA 노출이 발생 가능할 것으로 예상되며, 닭고기의 경우 가정에서 조리하여 먹는 경우가 많아 조리자의 손이나 조리 도구에 오염되어 가열 조리하지 않는 다른 식품에 교차 오염이 발생할 수 있으므로 이에 따른 간접 노출을 주의하여야 될 것으로 보인다.

<표8> 축산물 섭취에 의한 MRSA 노출 빈도 예측

구분	축산물			계
	닭고기	돼지고기	소고기	
국민 1인당 평균 섭취횟수(N, 회/년)	62.2	79.6	49.7	191.5
유통 축산물 중 황색포도상구균 검출률(RSA, %)	19.6	17.4	34.7	-
황색포도상구균의 Oxacillin 내성률(RMRSA/SA, %)	1.3	0	8.3	-
육류 섭취를 통한 황색포도상구균 노출 수(NSA, 회/년)	12.2	13.9	17.2	43.3
육류 섭취를 통한 MRSA 노출 수(NMRSA, 회/년)	0.2	0	1.4	1.6

※ N=연간 평균 섭취 횟수, 황색포도상구균(SA) 노출 빈도(NSA) = N × SA 오염률(RSA),
MRSA 노출빈도(NMRSA) = NSA × SA 중 MRSA 비율(RMRSA/SA)

6. 결 론

항생제는 감염치료에 없어서는 안돼는 중요한 약제이다. 그러나 항생제 내성 출현으로 인해 항생제로서 감염을 제대로 치료할 수 없는 문제점들이 나타나고 있다. 적절히 선택할 수 있는 항생제가 없기 때문에 감염 환자의 치료 효과가 저하되고, 심각할 경우 사망에 이르기도 한다. 경제적인 손실도 간과할 수 없다. 내성균에 의하여 감염이 발생하는 경우 고가의 새로운 항생제를 처방해야 하며, 치료 효과가 저하되면서 환자의 병원 입원 일수가 늘고 추가적인 치료를 받게 되기 때문에 의료비가 증가하게 된다. 항생제내성은 어느 나라에 있어서나 큰 문제이다. 항생제를 쓰면 내성균이 나타나고, 많이 쓰면 내성균이 빨리 나타나며, 내성균 관리를 철저히 하지 못하면 내성균이 급속히 퍼져 나간다는 사실에 대해서는 이론의 여지가 없다. 그러나 항생제는 병원성 균의 감염에 의한 질병을 치료하는 중요한 치료제이므로 사용을 안 할 수도 없다. 현재로서의 유일한 해결책은 항생제를 꼭 필요한 경우에만 올바른 방법으로 사용하여 항생제 내성의 발생을 최대한 억제하는 수밖에 없다.

황색포도상구균은 동물의 피부에도 존재하는 균이므로 도축과정 중 가축의 피부로부터 오염이 가능하다. 도축된 식육은 가공, 소분 등의 과정을 거쳐 유통된다. 이 과정에서 식육에 오염된 황색포도상구균이 식육과 접촉한 사람으로 전이될 수 있으며 이 과정에서 MRSA의 전이도 가능하다. 축산물은 생으로 섭취하는 경우가 드물며 대부분 가열 조리하여 섭취하므로 MRSA가 실제로 섭취될 가능성은 매우 낮을 것으로 판단된다. 그러나, 소고기나 생선회 등 생으로 섭취가 가능한 육류나 김밥 등은 제조과정에서 사람에 의해 오염될 가능성이 높은 식품을 통해 실제로 식품을 통한 MRSA에의 노출이 가능하므로 이에 대해서는 적극적인 주의와 관리가 요구된다.

참고 문헌

1. 권기성, 식품 중 식중독균 항생제내성 모니터링, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2005
2. 권기성, 식품 중 식중독균 항생제내성 모니터링, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2006
3. 박은자, 항생제내성 경제성평가 연구, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2006
4. 송재훈, 균혈증의주요원인균에대한전국적항균제내성감시및 임상정보 연계 분석 시스템 구축, 국가 항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2008
5. 신동현, 항생제내성 인체 스크리닝, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2005
6. 오옥희, 인체용 항생제 총 사용량 조사('05-07), 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2008
7. 우건조, 식품중 병원성 세균 항생제 내성 모니터링, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2003
8. 우건조, 식품중 병원성 세균 항생제 내성 모니터링, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2004
9. 이경원, 임상환자 항생제내성 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2004
10. 이경원, 임상환자 항생제내성 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2005
11. 이경원, 임상환자, 항생제내성 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2006
12. 이경원, 임상분야 항생제내성률 감소를 위한 진단의학 연구, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2007
13. 정석찬, 축산용 항생제내성 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2003
14. 정석찬, 축산용 항생제 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2004
15. 정석찬, 축산용 항생제내성 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2005

16. 정석찬, 축산용 항생제내성 관리시스템 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2006
17. 정석찬, 축산 항생제내성 및 항생제 사용실태 조사, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2007
18. 정석찬, 가축 및 축산물내 주요 항생제내성 실태조사 및 평가, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2008
19. 정석찬, 가축 및 축산물의 항생제내성 실태조사 및 인체노출 영향평가 모델 구축, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2009
20. 황인균, 식품 중 식중독균 항생제내성 모니터링, 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서, 2008
22. 황인균, 메치실린내성 황색포도상구균의 위해 특성 연구, 2009
21. 식약청, 식중독 예방 대국민 홍보 사이트 (http://fm.kfda.go.kr/index.html), 2009
22. Atanassova, V. et. al., Prevalence of Staphylococcus aureus and staphylococcal enterotoxin in raw pork and uncooked smoked ham-a comparison of classical culturing detection and RFLP-PCR. International Journal of Food Microbiology, 68:105-113, 2001
23. Brown, M.H., Meat microbiology, Applied Science Publishers, London and New York, pp269-486, 1982
24. De Boer E. et. al., Prevalence of methicillin-resistant Staphylococcus aureus in meat. International Journal of Food Microbiology, 134: 52-56, 2009
25. EFSA, Foodborne antimicrobial resistance as a biological hazard, Scientific opinion of the panel on Biological Hazard, EFSA, EU, 2008
26. Engeman JJ, et. al., Adverse clinical and economic outcomes attributable to methicillin resistance among patients with Staphylococcus aureus surgical site infection, Clinical Infectious Disease, 36:592-599, 2003
27. Herold B. C. et. al., Community acquired methicillin resistant Staphylococcus aureus in children with no identified predisposing risk. Journal of Ameriacan Medical Association, 279:593-598, 1998
28. Hummel, R. et al., Spread of plasmidmediated nourseothricin resistance due to antibiotic use in animal husbandry. Journal of Basic Microbiology, 26: 461-466, 1986
29. Jensen A. G. et. al., Risk Factors for Hospital-Acquired Staphylococcus aureus Bacteremia. Archives of Internal Medicine, 159:1437-1444, 1999.
30. Le Loir Y. et al., Staphylococcus aureus and food poisoning, Genetics and Molecular Research, 2:63-76, 2003,
31. Leonard F. C. et. al., Methicillin-resistant Staphylococcus aureus in animal: A review, The Veterinary Journal, 175: 27-36, 2008.
32. Noskin GA et. al., The burden of Staphylococcus aureus infections on hospitals in the United States. Archives of Internal Medicine, 16:1756-61, 2005
33. Tollefson L. et. al., Human health impact from antimicrobial use in food animals., Medecine et Maladies Infectieuses, 34: 514-521, 2004.
34. Van Loo HM. et. al., Methicillin-resistant Staphylococcus aureus in meat products in the Netherlands, Emerging Infectious Diseases, 13:1753-1755, 2007.
35. Varga C. et. al., Associations between reported on-farm antimicrobial use practices and observed antimicrobial resistance in generic fecal Escherichia coli isolated from Alberta finishing swine farms, Preventive Veterinary Medicine, 88:185-192, 2009.
36. Weese J. S. et. al., Methicillin-resistant Staphylococcus aureus and Staphylococcus pseudintermedius in veterinary medicine, Veterinary Microbiology, Available online, 2009.