

임숙경

수의학박사

농림수산검역본부 세균질병과

imsk0049@korea.kr



# 배합사료에 성장촉진항생제 사용 금지 영향 평가-덴마크 사례

## 서론

가축에서 항생제는 질병 치료뿐만 아니라 질병을 예방하고 성장을 촉진하기 위한 목적으로도 사용된다. 질병 예방과 성장촉진 목적으로 사용되는 항생제는 대부분 음수나 배합사료에 첨가하여 그룹 형태로 투여된다. 특히 배합사료에 첨가하여 사용되고 있는 항생제는 낮은 농도로 오랜 기간 사용되기 때문에 가축에서 내성 유발의 주된 요인으로 간주되어 왔다. 따라서 유럽 등 선진국에서는 항생제 내성 관리를 위해 배합사료에 첨가하여 사용하는 항생제 사용을 제한하거나 금지하는 정책을 추진하고 있다.

1969년 영국 Swann위원회에서는 가축에서 항생제 사용이 사람의 건강에 위해를 줄 수 있기 때문에 가축에서 신중사용을 권장하였다. 특히 사람에서 중요하게 사용되거나 사람에서 사용하는 항생제와 교차내성(cross-resistance)을 일으키는 항생제는 배합사료에 첨가하여 사용하는 것을 엄격하게 제한할 것을 권장하였다. 이를 계기로 영국에서는 가축에서 사용하는 항생제를 치료용과 배합사료에 첨가하여 사용할 수 있는 두 가지 그룹으로 분류하여 치료용 항생제는 질병예방목적으로 사용하지 않도록 하였다. 다른 유럽 국가들에서도 성장촉진 목적으로 배합사료에 첨가하여 사용하는 항생제에 대해 제한적으로 사용해야 한다는 움직임이 시작되었다.

유럽 국가 중 축산 선진국인 덴마크의 성장 촉진용 항생제(antimicrobial growth promoter, AGP) 사용 금지 현황을 살펴보면, 사람에서 사용하는 vancomycin과 교차내성이 있는 것으로 알려진 glycopeptide계 항생제인 avoparcin을 1995년 5월에 금지한 이래, 1998년 1월에는 streptogramin계 항생제인 virginiamycin을 금지하였다. 그리고 1998년 2월에는 소, 육계, 그리고 35kg이상의 돼지에서 AGP를 금지하였으며 1999년 12월에는 35kg이하의 돼지를 포함하여 모든 가축에서 농장 자발적으로 배합사료에 성장촉진용 항생제를 금지하였다. 그리고 2006년 1월에는 항콕시듐제제를 금지하여 현재는 모든 항생제와 항콕시듐제제를 배합사료에 첨가하여 사용하는 것을 금지하였다.

한국의 배합사료 첨가 항생제 금지 정책 추진 현황을 살펴보면 1997년 apramycin, spiramycin, olaquinoxidone 등 6종, 2005년 5월에는 oxytetracyclineHCl, erythromycin 등 28종, 2009년 1



월에는 oxytetracycline, chlortetracycline 등 7종, 2011년 7월에는 virginiamycin 등 9종을 금지하여 현재 항콕시딕제제 9종을 제외한 모든 항생제는 배합사료에 첨가하는 것이 금지되었다. 본 원고에서는 덴마크에서 배합사료에 AGP 금지 후 그 영향을 평가하기 위해 항생제 사용량, 항생제 내성을, 사람에서 식중독 발생, 동물의 질병 발생, 가축 생산성 변화 등에 대해 WHO(World Health Organization) 국제 전문가 패널에서 평가한 보고서를 소개하고 덴마크의 사례를 통해 우리가 준비하고 배워야 할 점들을 살펴보고자 한다.

## 본 론

### 1. 항생제 사용량

성장 촉진용 항생제 금지 후 항생제 사용량 변화 추이를 살펴보면, 전체 항생제 사용량이 감소하였을 뿐만 아니라 가축에서 항생제에 노출되는 기간도 감소하였다. 전체 사용량을 살펴보면 항생제 사용량이 가장 높았던 1994년 205톤에 비해 2001년에는 94톤으로 약 54%감소하였다. 항생제 노출 기간은 AGP 금지 이전에는 닭과 돼지에서 사육 기간 내내 항생제에 노출되었으나 금지 후에는 평균적으로 육계에서는 0.4일(생존기간 2kg까지 42일 소요), 돼지에서는 7.9일(100kg까지 170일소요) 감소하였다. 항생제 종류별로 변화 추이를 살펴보면 돼지에서는 AGP 금지 전에 비해 주로 사람에서 사용하는 항생제와 동일 계열 항생제인 tetracycline, penicillin, macrolide 등의 사용이 증가하였다. 특히 이유단계의 돼지에서 항생제 사용량 증가가 뚜렷하게 나타났는데 배합사료 금지 전에는 0.8ADD(animal daily dose)이었으나 금지 후에는 1.5ADD로 증가하였다. 이유단계 돼지에서 증가된 항생제 종류로는 주로 치료용으로 사용되는 aminoglycoside, macrolide, tetracycline, tiamulin로 나타났다. 그러나 비육·육성단계에서의 항생제 사용량 변화를 살펴보면 AGP 금지 전에는 0.2ADD이었으나 AGP 금지 후에 0.4ADD로 증가하였다가 곧 AGP 금지 이전 단계로 회복되었다. 그러나 사람에서 중요하게 사용하는 항생제인 cephalosporins와 fluoroquinolone의 사용량은 큰 변화가 없었으며 2000-2001년에 사용된 치료용 항생제의 전체 사용량은 1994년과 유사하였다. 가금류에서 항생제 사용량 변화는 AGP 금지 전·후에 큰 변화가 없었다.

## 2. 항생제 내성율

배합사료에 첨가하여 사용하는 항생제 중 사람에서 항생제 내성으로 인한 문제를 일으킨 사례는 거의 보고되지 않았다. 가축에서 AGP 금지를 평가할 수 있는 내성율 변화 등에 대한 자료가 사람에서는 매우 적지만 AGP 금지 후 enterococci에 대해 배합사료에 첨가하여 사용하는 항생제의 내성율을 조사한 결과, 전반적으로 내성율이 낮아진 것으로 조사되었다. 특히 사람에서 분리한 *E. faecium*에서 streptogramin계 (수의용 virginiamycin; 인의용 quinupristin/dalfopristin) 항생제 내성이 감소하는 등 가축에서 AGP 금지와 관련된 내성율의 변화가 관찰되었다. 또한 사람에서 중요하게 사용되고 있는 항생제의 내성을 encoding하는 내성유전자(determinants)를 가지고 있는 내성균주 수도 감소한 것으로 나타났다.

배합사료에 첨가하여 사용된 항생제 중 1995년에 금지된 avoparcin의 내성율을 닭유래 *E. faecium*에서 조사한 결과, AGP 금지 전에는 약 60-80%였으나 금지 후에 약 5-35%로 감소하였다. 이러한 내성율은 2008년 조사한 결과에서도 지속적으로 낮게 유지되었다. 그러나 돼지 유래 *E. faecium*에서는 avoparcin의 내성율이 약 15-20%로 AGP 금지 전과 후에 큰 차이가 없었다. 이는 tylosin 내성에 관여하는 *erm* 유전자와 avoparcin 내성 유전자인 *van* 유전자가 근접하게 위치하고 있어 tylosin의 지속적인 사용으로 tylosin 내성과 동시에 avoparcin의 내성 유전자도 함께 획득하여 avoparcin의 내성이 감소하지 않는 것으로 추정되고 있다.

덴마크에서 배합사료에 첨가하여 사용하는 항생제는 주로 그람양성세균(장구균 등)에 효과가 있기 때문에(quinoxalines 제외) 그람 음성세균(대장균, 살모넬라균 등)에서 AGP 금지 영향을 평가하는 것은 어렵다. 그러나 *S. Typhimurium*에서 내성율을 조사한 결과 AGP 금지 후 치료용으로 사용한 tetracycline의 사용증가로 *S. Typhimurium*에서 tetracycline의 내성이 증가하였다. 그러나 사람에서 살모넬라 감염증 치료에 tetracycline을 거의 사용하지 않기 때문에 살모넬라에서 tetracycline의 내성 증가가 사람에게 미치는 영향은 매우 제한적이라고 한다.

## 3. 사람의 건강에 미치는 영향

AGP 금지가 사람에게 미치는 영향을 평가한 결과, 식품에서 항생제 잔류나 덴마크에서 돼지고기와 닭고기 섭취와 관련된 주요 인수공통전염병과 식중독세균인 살모넬라균, 캄필로박터균, 예시니아균 등의 발생 증가에는 영향을 미치지 않았다.

가축에서 식중독세균의 발생율을 조사한 결과, 닭 및 돼지에서 캄필로박터균과 살모넬라균의 유의



성 있는 증가는 관찰되지 않았다. 특히 살모넬라는 덴마크에서에서 추진한 엄격한 살모넬라균 관리 정책에 따라 AGP 금지로 인해 가축(돼지, 닭)이나 축산물(돼지고기, 닭고기)에서 살모넬라균의 증가를 초래하지 않은 것으로 추정되고 있다. 다만 사람에서 식중독 발생율은 달걀에 *S. Enteritidis* 오염으로 살모넬라 감염증이 증가하였다. 캄필로박터균의 경우는 분리방법 개선 등을 통해 검출율이 증가하였으나 전반적으로 AGP 금지가 식중독 발생에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

사람에서 분리한 식중독세균의 내성율을 살펴보면 *C. jejuni*에서는 AGP 금지 후 erythromycin, quinolone, streptomycin, and tetracycline의 내성율은 다소 증가하였다. 그러나 이들 항생제 내성 증가가 AGP의 금지와 상관성이 있는지에 대해서는 알려지지 않았다. *S. Typhimurium*에서 tetracycline의 내성율을 조사한 결과 내성이 다소 증가하였다. 이는 돼지에서 치료용으로 tetracycline 사용이 증가함으로써 돼지고기에서 내성이 증가하고 사람에서 이러한 돼지고기 섭취와 관련이 있는 것으로 추정된다. 환자에서 분리한 *C. jejuni*의 내성율을 조사한 결과, AGP 금지 후 erythromycin, quinolone, streptomycin, tetracycline의 내성은 증가하였으나 AGP 금지와 내성증가와의 연관성에 대해서는 증명되지 않았다.

#### 4. 동물의 건강과 복지에 미치는 영향

돼지에서 AGP 금지 후 사육단계별 항생제 사용량을 조사한 결과, 이유시기의 사육단계에서 항생제 사용이 유의성 있게 증가하였다. 또한 비육·육성단계에서도 설사를 치료하기 위한 항생제가 일시적으로 증가하였다. AGP 금지 후 농가에서는 비록 진단 실험실에서 정확한 진단은 받지 않았으나 축주들의 보고에 의하면 이유단계에서 설사 질병 치료가 증가하였다. 또한 DVI(Danish Veterinary Institute)의 자료에 의하면 1998년 초기에 비해 1999년 말부터 2000년 중반까지 대장균증과 로소니아(Lawsonia) 감염증이 증가하였다. 이는 1999년까지는 돼지 35kg 이하의 돼지에서 AGP를 사용할 수 있어 이때 대부분 사용된 quinoxalines 항생제가 대장균과 로소니아 감염 치료 및 예방에 효과가 있었던 것으로 추정되고 있다. 그러나 1999년 말부터 35kg이하의 돼지에서 대장균과 로소니아 감염이 증가된 것은 AGP 금지와 관련이 있는 것으로 추정되고 있다.

양계산업에서는 AGP 금지 이전부터 괴사성 장염(necrotic enteritidis, NE) 증가를 예상하여 펀드를 조성하여 생산자에게 손실을 보상해주는 시스템을 도입하였다. 또한 항록시뉼제제(monesin, narasin, salinomycin)가 괴사성장염의 원인균인 *Cl. perfringens* 억제 효과가 있는 것으로 알려져 있어 항록시뉼제제 사용 기간에는 괴사성 장염은 크게 문제가 되지 않았던 것으로 추정되고 있

다. 그러나 항콕시듐 제제 대신 콕시듐 백신을 대체했을 때 괴사성 장염 발생이 증가하였다. 따라서 양계산업에서는 괴사성장염이 육계 산업에 영향을 미쳤으나 항콕시듐제제의 사용으로 그 영향은 크지 않았다.

### 5. 가축 생산성 및 경제성에 미치는 영향

AGP 금지 후 가축에서 생산성을 조사한 결과 일부 동물에서 생산성 저하를 초래하였다. 비육·육성 단계의 돼지에서는 사료효율이나 생산성에 미치는 영향은 크지 않았다. 그러나 돼지산업의 경제성에 미친 요소는 생산시스템 개조, 사료효율 감소, 이유기 폐사율 증가, 성장촉진용 대체제 구입과 관련된 비용, 치료용 항생제 증가 등으로 전체적으로 돼지 생산 비용이 약 1% 증가하였다. 그러나 덴마크에서 돼지고기 생산량은 AGP 금지 후에도 지속적으로 증가하였다.

닭에서는 사료효율이 2-3% 감소한 것으로 나타나 AGP 금지 영향은 매우 제한적이었으며 AGP 금지와 관련된 증체량, 육계에서 폐사율 등은 변화가 없었다. 닭에서는 1kg의 체중 증가를 위해 사료효율이 1.74kg/kg (1995-1997년)에서 1.78 kg/kg (1998-2000년)로 큰 변화가 없었으며 폐사율도 AGP 금지 전(1995-1997년)에 4.1%에서 금지 후(1998-2000년) 4.0% (1998-2000년)로 감소하였다. 도축되는 가축의 수를 조사한 결과에서도 돼지와 육계 모두 약 20% 증가한 것으로 나타났다. 결론적으로 닭에서는 AGP 금지가 닭 생산성에 미치는 영향은 매우 낮았다.

## 결론

덴마크에서는 AGP 금지 후 건강한 가축을 생산하기 위해 농장에 질병이 유입되는 것을 차단하기 위한 방어시스템 강화, 선별 사육을 통한 질병 저항성 강화, 농장 내에서 질병 전파 방지, 장내감염을 방어할 수 있는 혼합배율 개발, 효과적으로 질병에 이환된 가축 선별 등에 집중적인 연구 투자가 이루어졌다. 특히 AIAO(all-in-all-out) 시스템은 로소니아 감염증 등 장내세균을 제어하는 데 상당한 효과가 있었다. 또한 호흡기계 질병, 전신성 질병, 신생돈 설사 등의 질병에 대해서도 백신을 적극적으로 권장하여 사전에 질병을 방어하는데 집중하였다. 또한 가축에서 항생제와 동등한 정도의 성장 개선을 위해 돼지 사료에 유기산, 발효된 액체사료 급여 등 사료 첨가물, 사료 형태 등 사료 급여 전략에 대한 연구가 진행되었다. 결론적으로 덴마크에서는 축주, 수의사, 사료회사, 연구자 등이 AGP 금지의 영향을 최소화하기 위해 모든 분야에서 적극적으로 대처해 왔다.

덴마크와 유사한 가축 생산시스템을 가지고 있는 나라에서는 가축에서 AGP 금지 후 나타나는 결과



가 덴마크와 비슷할 수 있다. 그러나 덴마크의 양돈 및 양계 생산시스템은 다른 나라에 비해 여러 가지 면에서 앞선 축산 선진국이다. 따라서 덴마크와 같은 생산시스템을 갖추지 못한 국가에서 AGP를 금지할 경우 덴마크와 전혀 다른 결과를 초래할 수 있다. 또한 국가별로 사료금지 형태, 기후, 수의 서비스 등이 차이가 크며 현재 사용하는 항생제 종류에 따라 AGP 금지가 질병과 생산성에 미치는 영향도 다를 수 있다.

올해 7월부터 배합사료에 항생제 사용이 전면 금지된 국내에서 배합사료 항생제 금지 정책이 긍정적인 효과를 거두기 위해서는 덴마크 사례를 통해 발생할 수 있는 문제점, 즉 이유단계에서의 로소니아 등 소화기질병 증가, 치료용 항생제 증가 등에 대해 주의 깊게 추이를 조사하고 대처할 수 있는 방법 등을 연구하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

### Acknowledgement

본 원고는 World Health Organization에서 “Impacts of antimicrobial growth promoter termination in Denmark”에 대해 발간한 보고서(WHO/CDS/CPE/ZFK/2003.1)를 번역한 것입니다. 

### 참고문헌

1. Aarestrup FM (2002). Effects of termination of AGP use on antimicrobial resistance in food animals, In: International Invitational Symposium: Beyond Antimicrobial Growth Promoters in Food Animal Production, November 6-7 2002, Foulum, Demark
2. Annual Report on Zoonoses in Denmark 2001, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, ISSN 0909- 4172, <http://www.svs.dk>
3. DANMAP (2002). DANMAP 2001 – Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, foods and humans in Denmark, ISSN 1600-2032, <http://www.vetinst.dk>
4. Emborg HD, Andersen JS, Seyfarth AM, Andersen SR, Boel J, Wegener HC (2002a). Relations between the occurrence of resistance to antimicrobial growth promoters among *Enterococcus faecium* isolated from broilers and broiler meat, *International Journal of Food Microbiology*; 2633: 1-12.
5. EMEA (1999). Antibiotic resistance in the European Union associated with therapeutic use of veterinary medicines, Report and qualitative risk assessment by the committee for veterinary medicinal products, The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, <http://www.emea.eu.int/index/indexv1.htm>
6. Røn NE and Jacobsen E (1995). In: N, E, Røn, Ed.: Use of antibiotics in the pig production, Federation of Danish Pig Producers and Slaughterhouses, 1995 (See Flemming Bager for full citation)