

사람에서 중요한 항생제(CIA)



임 숙 경
농림수산검역검사본부
세균질병과 수의연구관
imsk0049@korea.kr

I. 서론

1928년 알렉산더 플레밍 박사가 우연히 페니실리움(penicillium)이라는 푸른곰팡이가 세균을 죽이는 항균물질이 만들어 진다는 것을 발견하였고, 다른 연구자들의 노력에 의해 드디어 1940년 페니실린(penicillin)이라는 항생제가 만들어졌다. 페니실린이 개발된 이후 새로운 계열의 항생제가 개발되어 획기적인 인간의 감염성 질병 치료제로 사용되면서 항생제는 기적의 약으로 불리었으며 일부 과학자들은 전염성 질병과의 전쟁에서 우리 인간이 승리하였다고 선언하였다.

그러나 인간이 항생제를 사용함과 동시에 세균은 항생제 목표물의 구조를 변형시키거나 항생제에 결합력이 낮은 유사체를 만들기도 하고 세균의 유출펌프에 의해 세균 내 약물을 유출시켜 세포내 약물의 농도를 낮게 함으로써 항생제의 기능을 약화시키는 방법으로 항생제에 저항하게 되었다. 이러한 항생제 내성을 극복하는 방법 중의 하나는 새로운 항생제 개발이 필요하나 새로운 항생제가 시장으로 나오게 되면 내성 출현을 지연시키기 위해 병원에서는 생명을 위협하는 감염증의 치료에만 사용하도록 제한하여 왔다. 이러한 항생제 사용에 대한 관리로 제약회사는 재정적 악화로 새로운 항생제 개발을 포기하거나 연구 개발에 대한 투자를 줄이고 있으며 대부분 대형 제약회사들은 심장병이나 정신병 등과 같이 일생동안 치료해야 하는 약물의 개발로 방향을 전환하고 있다. 따라서 새로운 항생제 개발이 어려워짐에 따라 지금까지 개발된 항생제 효능을 오랫동안 유지하기 위한 항생제 내성 출현과 확산을 막을 수 있는 항생제내성 위해관리전략이 필요하다.

식용동물은 살모넬라균(Salmonella)이나 캄필로박터균(Campylobacter) 등 사람 식중독세균 감염증의 주된 감염원으로 알려져 있으며 항생제내성유전자를 가지고 있는 대장균이나 장구균 같은 정상세균총도 식품 chain을 통해 사람에게 전달될 수 있다. 나라별로 다소 상황은 다르겠지만 일반적으로

사람과 비교해볼때 가축에서 항생제 사용량이 더 많은 것으로 알려져 있으며 동물이나 식품 등에서 동일하거나 유사한 항생제 내성균 또는 내성유전자가 사람에서도 보고되고 있어 사람에서 항생제내성 위해를 줄이기 위해서는 사람뿐만 아니라 동물에서도 항생제내성에 대한 위해 관리 전략이 필요하다.

특히 이러한 항생제 내성관리는 사람에서 중요하게 사용하는 항생제에 대해 우선적으로 필요하며 이에 세계보건기구(WHO, World Health Organization)에서는 사람에서 중요하게 사용하는 항생제들에 대한 우선순위 목록(WHO list)을 개발하였다. WHO 목록은 사람에서 사용하는 중요한 항생제에 대해 식용동물에서 이러한 항생제를 어떻게 관리하고 사용할지를 결정하는 관리자나 생산자에게 위해관리전략을 세우는데 도움이 될 것이다. 본 원고에서는 사람에서 감염을 일으키는 주요 세균과 WHO 목록이 개발된 과정, 기준, 항생제 목록에 대해서 기술하였다.

II. 본론

1. 사람의 주요 세균성 질병

1) 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)

황색포도상구균은 다양한 병원성인자를 가지고 있어서 사람에서 가장 빈번하게 감염을 일으키는 병원성세균 중의 하나로 알려져 있으며 항생제가 도입되기 전에는 이 세균으로 인한 사망률이 약 80%로 매우 높았다. 그러나 페니실린 등의 항생제 사용으로 사망률이 감소하였으나 다른 세균감염증에 비해 여전히 비교적 높은 사망률을 나타내고 있다. 또한 황색포도상구균은 다양한 항생제에 내성을 나타내며 그 중에서도 메티실린내성황색포도상구균(Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)은 1961년에 영국에서 최초

로 사람에서 보고된 이래 세계적으로 급속히 퍼져나가 1970년대 이후에는 미국을 비롯한 여러 나라에서 사람에게 심각한 내성균으로 알려졌다. MRSA란 글자 그대로 Class A β -lactamase에 의해 분해되지 않는 반합성 페니실린제제인 메티실린(methicillin)에 내성을 나타내는 황색포도상구균을 말한다.

우리나라 사람에서 황색포도상구균의 감염 현황을 살펴보면 2005년부터 2007년 조사한 결과에 의하면 병원에서 분리된 세균 중 두 번째로 높은 분포를 나타낸 세균이 황색포도상구균으로 조사되었으며 이중 64%가 MRSA로 나타났다.

축산분야에서 황색포도상구균은 닭, 돼지, 소 등 많은 동물에서도 감염을 일으키는 것으로 알려져 있으며 특히 젖소 유방염의 주요 원인균으로 알려져 있다. 비록 지금까지는 MRSA가 주로 사람에서 문제가 되는 것으로 인식되어 왔으나, 최근에는 유럽을 중심으로 가축에서도 분포하고 있는 것으로 보고되고 있으며, 우리나라에서도 1999년 애완견에서 MRSA가 최초로 보고된 이래 젖소우유, 돼지 비장 등 다양한 동물에서 보고되고 있다.

특히 최근에는 사람에서 MRSA 분포가 낮은 북유럽 국가에서도 동물유래 특히 돼지 유래 MRSA가 점차 증가하는 보고되고 있으며 수의사나 축주 등 가축과 직접 또는 간접적으로 접촉기회가 많은 사람에서 일반인에 비해 높게 분포하고 있는 것으로 알려지면서 가축에서의 MRSA에 대해 공중보건학적 중요성이 부각되고 있다.

2) 대장균(*Escherichia coli*)

대장균은 사람에서 요로감염증, 혈류감염을 일으키는 가장 흔한 감염성 원인체로 알려져 있다. 중국, 멕시코 등과 같은 개발도상국에서는 혈류감염에서 분리된 대장균의 항생제 내성이 증가하고 있다. 대장균의 주요 보균원은 장(bowel)으로 식품은 대장균의 중요한 벡터로 알려져 있다. 비록 대장균이 상대적 인 숙주특이성이 있지만 동물유래 항생제내성균(닭유래 플로르퀴놀론 내성 대장균)은 사람에서 질병을 일으키거나 정착하는 것으로 보고되고 있다. 사람에서 대장균증 치료에 주로 사용하는 항생제로는 제3세대 세팜계 항생제(3rd cephalosporins), 플로르퀴놀론(fluoroquinolones), 아미노글루코사이드계(aminoglycosides) 항생제이며 덴마크, 호주 등 일부 국가를 제외한 대부분의 국가에서 이들 항생제의 내

성률이 증가하고 있다. 우리나라 사람에서 대장균증의 감염 현황을 살펴보면 2005년부터 2007년 조사한 결과에 의하면 병원에서 분리된 세균 중 대장균이 가장 높게 분포하였으며, 제3세대 세팜계(11-45%), 플로르퀴놀론(27-42%), 아미노글루코사이드계(gentamicin: 25-32%) 내성도 비교적 높게 나타났다.

식용동물에서도 이들 항생제 사용으로(제 3,4세대 세팜계 항생제 사용으로 인한 광범위베타락타마제산생(ESBLs, extended spectrum β -lactamases) 산생균, 플로르퀴놀론 내성균) 중요한 항생제 내성균이 증가할 수 있으며 축산물, 환경 등을 통해 식용동물의 내성균이 사람으로 전달될 수 있다. 국내 축산분야의 이들 항생제내성률을 살펴보면 축종별로 다소 차이는 있으나 돼지와 닭에서 분리한 대장균의 내성률은 다른 선진국에 비해 상당히 높은 수준으로 보고되고 있다.

3) 식중독세균(살모넬라균 및 캄필로박터균)

사람에서 문제가 되고 있는 주요 식중독 세균으로는 살모넬라균이나 캄필로박터균이 있으며 특히 이들 식중독세균의 항생제 내성 증가가 공중보건학적으로 중요하게 부각되고 있다. 캄필로박터균과 살모넬라균은 식용동물로부터 축산식품, 물, 환경 등을 통해 사람에게 전달되는 것으로 알려져 있다. 사람에게 대부분의 살모넬라 설사는 항생제 치료가 필요하지는 않으나 균혈증, 전신성 감염 등 증상이 보일 경우 항생제 치료가 필요하며 이 때 주로 플로르퀴놀론과 3세대 세팜계 항생제가 사용된다. 특히 어린이 살모넬라 감염증에서는 항생제내성이 문제가 되고 있으며 플로르퀴놀론은 관절에 손상을 주는 등의 부작용 때문에 제3세대 세팜계 항생제가 주로 사용되고 있다. 우리나라 가축이나 식육 등에서 분리된 살모넬라균의 이들 항생제에 대한 내성률은 외국에 비해 높지는 않지만 최근에 닭(고기)에서 제 3세대 세팜계 항생제내성이 증가하고 있다.

캄필로박터균도 선진국 등에서는 가장 흔한 식중독 세균중의 하나로 우리나라도 최근 증가 추세를 보이고 있다. 대부분 사람의 캄필로박터균 감염은 일부 돼지에서 유래된 *C. coli*에 의해서도 이루어지지만 닭(고기)으로부터 유래된 *C. jejuni*에 의해 감염된 경우가 대부분을 차지한 것으로 알려져 있다. 캄필로박터균도 살모넬라균 식중독과 마찬가지로 대부분의 항생제 치료 없이 경과되나 증상이 오래 지속되거나 전신성 반

응을 보일 경우 항생제 치료가 필요하다. 캄필로박터균 식중독을 치료하는 항생제로는 주로 마크로라이드계(macrolides)와 플로르퀴놀론 항생제가 사용된다. 캄필로박터균에서 플로르퀴놀론 내성이 증가하고 있는 추세로 이는 가축에서 이들 항생제 사용과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 가축에서 플로르퀴놀론 항생제를 금지하거나 소량으로 사용한 스웨덴, 노르웨이, 호주 등의 나라에서는 비록 사람에서 오랫동안 플로르퀴놀론을 사용하였지만 내성률이 비교적 낮다. 그러나 스페인, 중국, 미국 등 식용동물에서 플로르퀴놀론을 비교적 많이 사용하는 나라에서는 사람 및 동물 모두에서 이들 항생제 내성률이 높게 나타나고 있다. 마크로라이드계 항생제는 사람에서 캄필로박터균 감염증, 특히 어린이 감염증에서 플로르퀴놀론을 사용할 수 없는 경우에 사용되고 있다. 가축에서도 이 항생제는 널리 사용되고 있어서 마크로라이드 내성 캄필로박터균이 가축이나 축산물에서도 보고되고 있다. 우리나라의 경우 가축 및 식육에서 분리된 캄필로박터균의 내성률을 살펴보면 마크로라이드계 내성률은 비교적 낮으나 플로르퀴놀론 내성률은 매우 높은 편이다.

2. 사람에서 중요한 항생제 목록

1) 항생제 중요도 목록이 만들어진 과정

사람에서 중요하게 사용되는 항생제를 포함하여 수많은 항생제가 수의 및 농업 분야 등에서 널리 사용되고 있어 이에 대한 우려의 목소리가 높아지고 있다. WHO가 주관한 2005년 오스트레일리아 캔버라에서 열린 1차 전문가 회의에서는 사람에서 사용하는 항생제의 중요도에 따라 *Critically Important Antimicrobials(CIA)*, *Highly Important Antimicrobials(HIA)*, *Important Antimicrobials(IA)* 3개의 그룹으로 분류하였다. 목록에 포함되지 않는 항생제는 중요하지 않는 것으로 간주하였다.

2007년 덴마크 코펜하겐에서 열린 2차 WHO 전문가회의에서는 항생제의 중요도를 결정짓는 2개의 기준과 1차 전문가회의에서 결정된 목록과 새로 개발된 항생제에 대한 검토가 이루어졌다. 특히 2차 회의에서는 CIA 목록 중 우선적으로 관리가 필요한 항생제 목록을 작성하였다.

이와 관련하여 2009년 코펜하겐에서 열린 제1차 AGISAR(Advisory Group on Integrated Surveillance of Antimicrobial Resistance)에서는 2007년 CIA 목록(1차

version)과 새로 개발된 항생제에 대해 새로운 과학적 정보를 바탕으로 재검토하여 2차 CIA 목록을 작성하였다.

2) 항생제 목록은 무엇을 위해 사용하는가?

CIA 목록은 비인체분야에서 항생제 사용으로 생긴 항생제 내성에 대해 위해도 평가와 위해관리 전략의 우선순위를 결정하고 항생제 내성을 관리하는데 도움이 되는 참고자료로써 사용될 수 있다. 구체적으로 살펴보면 1) 사람에서 항생제 효능을 오랫동안 유지하기 위해서는 CIA로 분류된 중요한 항생제를 중심으로 우선적으로 위해관리 전략 수립 2) 국가차원의 항생제 내성을 모니터링하는 항생제감수성검사 실험을 디자인 3) 항생제 내성과 관련된 국가 정책을 수립하는데 활용할 수 있다. 그러나 이러한 항생제 목록을 위해관리 전략을 개발하거나 동물이나 사람의 치료 가이드라인의 설정 시 단순히 본 자료만 참고해서는 안 되며 동일한 그룹내에서 다른 CIA의 중요성을 최소화해서 활용되어서도 안 된다.

3) 어떻게 분류되었는가?

사람에서 사용하는 항생제의 중요도에 따라 *Critically Important Antimicrobials(CIA)*, *Highly Important Antimicrobials(HIA)*, *Important Antimicrobials(IA)* 3개의 그룹으로 정하였으며 목록은 항생제별로 아래의 2가지의 기준에 따라 정해졌다.

기준 1 : 사람에서 심각한 질병을 치료하는 유일한 치료제 또는 대체 치료제가 거의 없는 경우

기준 1에서는 사람의 심각한 질병 치료에 대체할 수 있는 항생제가 없거나 극히 제한적인 항생제는 중요하게 간주된다. 여기서 말하는 심각한 질병은 치료하지 않고 방치할 경우 심각한 이병률과 사망률을 초래할 수 있는 질병을 의미한다. 이러한 항생제가 중요한 이유는 내성출현으로 항생제의 효능이 상실될 경우 사람의 질병을 치료할 수 없어 사람의 건강에 중대한 영향을 미치기 때문에 이러한 항생제의 효능은 오랫동안 보존해야 하기 때문이다.

기준 2 : 사람이외의 source로부터 사람으로 전달될 수 있는 세균이나 내성유전자를 획득할 수 있는 세균에 의해 야기된 질병을 치료하는데 사용되는 항생제

기준 2에서는 사람이외의 source로부터 전달된 세균의 감

염증 치료에 사용되는 항생제는 중요하게 고려되어야 한다. 사람 이외의 source에서 유래된 세균 중 황색포도상구균, 장구균, 대장균, 캄필로박터균, 살모넬라균 등은 사람에서 질병을 일으키는 것으로 잘 알려져 있다. 이러한 병원성세균이나 식중독세균 외에도 동물, 식품, 환경 등으로부터 전달된 대장균, 장구균 등의 지표세균은 이들이 보유하고 있는 내성 유전자가 사람의 병원성세균으로 전달될 수 있고, 정상세균 총이지만 면역이 억제된 사람에서는 그 자체가 병원성으로 작용할 수 있기 때문에 이들 표에서 언급하였다.

Critically Important Antimicrobials : 기준 1과 2에 동시에 해당되는 항생제
Highly Important Antimicrobials : 기준 1 또는 2에 해당되는 항생제
Important Antimicrobials : 기준 1 또는 2에 해당되지 않는 항생제

표에는 각 항생제 그룹별 몇 개의 항생제 제제를 명시하였으며 그 그룹에 속한 모든 항생제를 포함하지는 않았다. 또한 목록에 명시된 모든 항생제가 표에 명시된 질병에 효과와 안전성이 반드시 입증되지는 않았다.

3. 우선적으로 관리가 필요한 항생제

2007년 제2차 WHO 전문가회의에서 사람의 CIA 속하는 항생제 중 항생제내성으로부터 최우선적으로 위해관리 (risk management)를 해야 하는 항생제 목록 개발의 필요성이 제기되었다. 1) 대체 치료제가 없거나 극히 제한적인 항생제로 치료해야하는 질병에 걸린 사람이 많은 경우 2) 사람에서 비교적 사용이 많은 항생제 3) *E. coli*, *Campylobacter*, *Salmonella*와 같은 비인체에서 사람으로 세균 또는 내성유전자가 전달가능성이 있거나 세균의 전달로 인한 질병 치료에 사용되는 항생제에 대해서는 최우선적으로 관리해야 한다고 생각하였다.

CIA 속하는 항생제 중에서 전문가들은 아래의 두 기준을 개발하였다.

기준 1 : 사람에서 심각한 질병을 치료하기위해 사용하는 항생제 중 대체 치료제가 없거나 아주 제한적인 경우

기준 1.1 대체치료제가 거의 없는 항생제로 치료해야 하는 질병에 감염된 사람이 많은 경우

기준 1.2 사람에서 항생제내성에 대한 선택적 압력에 영향을 미칠 수 있는 항생제로 그 사용 빈도가 높은 항생제

기준 2 : 사람이외의 source에서 전달된 세균 또는 내성유전자를 갖고 있는 세균에 의해서 야기된 질병 치료에 사용되는 항생제인 경우

기준 2.1 대장균, 캄필로박터균, 살모넬라균과 같이 사람 이외의 source로부터 사람으로 세균 또는 내성유전자의 전달 가능성이 높은 경우

위의 3가지 세부기준에 모두 충족한 항생제에 대해서는 최우선 순위 목록을 작성하였다. 여기에 속하는 항생제로는 ① 퀴놀론(Quinolones) ② 제3,4세대 세팔로스포린계(3rd & 4th Cephalosporins) ③ 마크로라이드계(Macrolides)로 위 항생제 그룹에 속하는 항생제에 대해서는 가장 우선적으로 위해 관리가 필요함을 언급하였다. 그러나 WHO 전문가 회의는 CIA 속하는 다른 항생제의 중요성을 간과해서는 안 된다고 강조하였다.

① 퀴놀론(Quinolones)계 항생제는 식용동물에서 널리 사용되는 항생제이며 퀴놀론 내성 살모넬라균이 동물에서 보고되고 있다. 이 항생제는 사람에서 살모넬라 감염증 치료에 사용이 가능한 몇 안 되는 항생제중의 하나로 주로 성인의 살모넬라 감염증에 사용된다. 또한 살모넬라 식중독은 사람에서 높은 빈도로 발생되고 있다.

② 제3,4세대 세팔로스포린계(3rd & 4th Cephalosporins)계 항생제도 식용동물에서 널리 사용되는 항생제로 동물에서 3rd & 4th Cephalosporins 내성 살모넬라균이 보고되고 있다. 이 항생제는 사람에서 살모넬라 감염증 치료에 사용할 수 있는 몇 안 되는 항생제중의 하나로 특히 어린이 감염증에 사용된다. 또한 살모넬라 식중독은 사람에서 높은 빈도로 발생되고 있다.

③ 마크로라이드계(Macrolides) 항생제는 식용동물에서 널리 사용되는 항생제로 마크로라이드 내성 캄필로박터균이 동물에서 보고되고 있다. 이 항생제는 사람에서 캄필로박터균 감염증 치료에 사용이 가능한 몇 안 되는 항생제중의 하나로 주로 플로르퀴놀론을 사용할 수 없는 심각한 캄필로박터균 감염증에 사용된다. 또한 캄필로박터 식중독은 사람에서 높은 빈도로 발생되고 있다.

III. 결론

식용동물에서 항생제의 사용으로 생긴 항생제내성 식중독 세균 등은 식품, 동물접촉, 환경 등을 통해 사람으로 전달될 수 있다. 따라서 식용동물에서 사용하는 항생제 중 사람에게 중요하게 사용되는 항생제에 대한 위해관리는 식용동물에서 항생제내성균의 출현 및 사람으로의 전파를 억제함으로써 사람에게 항생제의 효능을 오랫동안 유지하는데 도움이 될 것으로 생각된다. WHO 목록은 사람에게서 사용하는 항생제내성제(항생제)의 상대적인 중요성에 대한 국제적인 동의로서 축산분야의 임상수의사, 규제관련기관, 정책입안자, 이해관련자 등이 식용동물에서 항생제 사용에 대한 위해관리전략을 개발할 때 이 목록을 참고할 수 있을 것으로 생각된다. 사람에게 중요하게 사용되는 항생제는 현재 또는 앞으로도 공중보건에 중대한 영향을 미칠 수 있기 때문에 동물과 사람 모두를 위해 CIA의 속하는 항생제 특히 퀴놀론, 마크로라이드계, 제3,4세대 세팜계 항생제 등은 우선적으로 항생제내성 위해관리 전략이 무엇보다도 필요할 것으로 생각된다. ▽

참고 문헌

- Collignon P, Powers JH, Chiller TM, Aidara-Kane A, Aarestrup FM. World Health Organization ranking of antimicrobials according to their importance in human medicine: A critical step for developing risk management strategies for the use of antimicrobials in food production animals. Clin Infect Dis. 2009 Jul 1;49(1):132-41.
- Collignon P, Courvalin P and Aidara-Kane A. 2008. Clinica Importance of Antimicrobial Drugs in Human Health, Blackwell publishing, Oxford, UK.
- Lee K, Lee MA, Lee CH, Lee J, Roh KH, Kim S, Kim JJ, Koh E, Yong D, Chong Y; KONSAR Group. 2010. Increase of ceftazidime- and fluoroquinolone-resistant *Klebsiella pneumoniae* and imipenem-resistant *Acinetobacter* spp. in Korea: analysis of KONSAR study data from 2005 and 2007. Yonsei Med J. 2010 Nov;51(6):901-11.
- WHO. 2005. Critically important antibacterial agents for human medicine for risk management strategies of non-human use. Report of a WHO working group consultation, Canberra, Australia, 1518 February 2005. See: http://www.who.int/foodborne_disease/resistance/amr_feb2005.pdf
- WHO. 2007. Critically important antimicrobials for human medicine: categorization for the development of risk management strategies to contain antimicrobial resistance due to non-human antimicrobial use. Report of the second WHO Expert Meeting, Copenhagen, Denmark, 2931 May 2007. See: http://www.who.int/foodborne_disease/resistance/antimicrobials_human.pdf
- WHO. 2009. Critically Important Antimicrobials for Human Medicine. WHO Advisory Group on Integrated Surveillance of Antimicrobial Resistance. http://www.who.int/foodsafety/foodborne_disease/OA_2nd_rev_2009.pdf
- 농식품부 · 농림수산검역검사본부. 2011. 2011년도 「축산 항생제내성균 감시체계 구축 보고서」 -항생제사용 및 항생제내성 모니터링

Acknowledgement

본 원고는 Clinical Importance of Antimicrobial Drugs in Human Health. Blackwell publishing (저자: Collignon 등)의 일부와 2009년 코펜하겐에서 개최된 AGISAR 전문가회의에서 논의한 “Critically important antimicrobials”의 보고서 일부를 번역한 것입니다.

표 1. Critically Important Antimicrobials

Critically Important Antimicrobials				
항생제	기준 1	기준 2	사람에서 치료 질병	전달가능한 질병 및 원인체
Aminoglycosides amikacin, arbekacin, gentamicin, netilmicin, tobramycin, streptomycin	Yes	Yes	다제내성결핵, 장구균성 심내막염	마이코박테륨, 장내세균, 장구균
Ansamycins rifabutin, rifampin, rifaximin	Yes	Yes	마이코박테리움(결핵 등)	마이코박테리움
Carbapenems and other penems doripenem, ertapenem, faropenem, imipenem, meropenem	Yes	Yes	다제내성 장내세균 감염	장내세균(대장균, 살모넬라균 등)
Cephalosporins (3rd and 4th generation) cefepime, cefixime, cefoperazone, cefoperazone/sulbactam, cefoselis, cefotaxime, ceftiofime, cefpodoxime, ceftazidime, ceftizoxime, ceftiofiprole, ceftiofloxone	Yes	Yes	어린이 살모넬라균 감염증, 세균성 뇌수막염치료, 4세대 세팜계는 호흡기감소성 발열환자	장내세균(대장균, 살모넬라균 등)
Glycopeptides teicoplanin, vancomycin	Yes	Yes	다제내성 장구균, 다제내성 MRSA	
Glycylcyclines tigecycline	Yes	Yes	MRSA	MRSA

Critically Important Antimicrobials				
항생제	기준 1	기준 2	사람에서 치료 질병	전달가능한 질병 및 원인체
Lipopeptides daptomycin	Yes	Yes	다제내성 MRSA	MRSA, 장구균
Macrolides and Ketolides azithromycin, clarithromycin, erythromycin, midecamycin, roxithromycin, spiramycin, telithromycin	Yes	Yes	다제내성 살모넬라균, 캄필로박터균, 레지오넬라균	살모넬라균, 캄필로박터균
Oxazolidinones Linezolid	Yes	Yes	다제내성 장구균, 다제내성 MRSA	MRSA, 장구균
Macrolides and Ketolides azithromycin, clarithromycin, erythromycin, midecamycin, roxithromycin, spiramycin, telithromycin	Yes	Yes	다제내성 살모넬라균, 캄필로박터균, 레지오넬라균	살모넬라균, 캄필로박터균
Oxazolidinones Linezolid	Yes	Yes	다제내성 장구균, 다제내성 MRSA	MRSA, 장구균
Penicillins(natural, aminopenicillins, antipseudomonal) amoxicillin, amoxicillin/clavulanate, ampicillin, ampicillin/sulbactam, azlocillin, carbenicillin, mezlocillin, penicillin G, penicillin V, piperacillin, piperacillin/tazobactam, ticarcillin, ticarcillin/clavulanate	Yes	Yes	다제내성 슈도모나스(Pseudomonas spp), 장구균, 리스테리아	P. aeruginosa, 대장균 등 장내세균, 장구균
Quinolones cinoxacin, ciprofloxacin, enoxacin, gatifloxacin, gemifloxacin, levofloxacin, lomefloxacin, moxifloxacin, nalidixic acid, norfloxacin, ofloxacin, piperidic acid, sparfloxacin	Yes	Yes	다제내성 쉬겔라, 살모넬라균, 캄필로박터균	대장균, 살모넬라균 등 장내세균, 캄필로박터균
Streptogramins quinupristin/dalfopristin, pristinamycin	Yes	Yes	MRSA, 다제내성 장구균	장구균, MRSA
Tetracyclines chlortetracycline, doxycycline, minocycline, oxytetracycline, tetracycline	Yes	Yes	리케치아, 클라미디아, 부르셀라균 감염	부르셀라균

표 2. Highly Important Antimicrobials

Highly Important Antimicrobials				
항생제	기준 1	기준 2	사람에서 치료 질병	전달가능한 질병 및 원인체
Aminopenicillins medillinam	No	Yes	다제내성 쉬겔라	장내세균(대장균 등)
Aminocyclitols spectinomycin	No	Yes		장내세균(대장균 등)
Aminoglycosides (Other) kanamycin, neomycin	No	Yes		장내세균(대장균, 살모넬라균 등), 장구균
Amphenicols chloramphenicol, thiamphenicol	No	Yes	세균성뇌수막염, 장티푸스, 호흡기질병	장구균, 장내세균 (대장균, 살모넬라균 등)
Cephalosporins (1st and 2nd generation) cefactor, cefamandole, cefazolin, cefuroxime, cephalexin, cephalothin, cephradine, loracarbef	No	Yes	어린이 패혈증	장내세균(대장균 등)
Cephameycins cefotetan, cefoxitin	No	Yes	어린이 패혈증	장내세균(대장균 등)
Fusidic acid	No	Yes	MRSA	MRSA
Monobactams aztreonam	No	Yes		장내세균(대장균 등)

Highly Important Antimicrobials				
항생제	기준 1	기준 2	사람에서 치료 질병	전달가능한 질병 및 원인체
Pseudomonic acids Mupirocin	No	Yes		MRSA
Penicillins (Antistaphylococcal) cloxacillin, cloxacilin, flucloxacilin, oxacillin, nafcillin	No	Yes		황색포도상구균(MRSA 등)
Pleuromutilins relapamulin	No	Yes		황색포도상구균(MRSA 등)
Polymyxins colistin, polymyxin B	Yes	No	다제내성 장내세균	
Riminoenzymes Clotazimine	Yes	No	나병	
Sulfonamides, DHFR inhibitors and combinations para-aminobenzoic acid, pyrimethamine, sulfadiazine, sulfamethoxazole, sulfapyridine, sulfisoxazole, trimethoprim	No	Yes		장내세균(대장균 등)
Sulfones apsone	Yes	No	나병	

표 3. Important Antimicrobials

Important Antimicrobials				
항생제	기준 1	기준 2	사람에서 치료 질병	전달가능한 질병 및 원인체
Cyclic polypeptides bacitracin	No	No		
Cyclic ethers fosfomycin	No	No	취가독산산생 대장균 O157	
Lincosamides clindamycin, lincomycin	No	No		
Nitrofurantoin furazolidone, nitrofurantoin	No	No		
Nitroimidazoles metronidazole, tinidazole	No	No	혐기성세균감염 (C. difficile 등)	