

항생제 처방 지원 프로그램이 항생제 처방과 사용량에 미치는 효과

김현영^{1*} · 조재현² · 고영택²

¹울지대학교 간호대학, ²국립경찰병원

(2012년 12월 26일 접수 · 2013년 2월 3일 수정 · 2013년 2월 6일 승인)

Effects on the Antimicrobial Use of Clinical Decision Support System for Prescribing Antibiotics in a Hospital

Hyun-Young Kim¹, Jae-Hyun Cho², and Young Taeg Koh²

¹ College of Nursing, Eulji University, Daejeon 301-746, Korea

² National Police Hospital, Seoul 138-708, Korea

(Received December 26, 2012 · Revised February 3, 2013 · Accepted February 6, 2013)

Objective: This study was to define the clinical effect on the clinical decision support system (CDSS) for prescribing antibiotics integrated with the order communication system in a National Hospital. **Method:** We extracted data collected before integrating the CDSS of 4,406 adult patients in 2007 and data collected after integrating the CDSS of 4,278 adult patients in 2009. These patients were 50.4% and 45.2% of all patients admitted in 2007 and 2009, respectively. The clinical effect was defined as the proportion of prescribed antibiotics, the length of antibiotics use, and the DDDs (defined daily doses) of antibiotics per 1,000 patient-days using these retrospective data. **Results:** There were a significant change in the proportion of patient prescribed penicillins with extended spectrum (OR=0.55, $p=0.01$), penicillins included beta-lactamase inhibitors (OR=0.75, $p<0.001$), 3rd cephalosporin (OR=1.47, $p<0.001$). The mean of the length of antibiotics use was decreased statistically from 6.09±5.48 to 5.85±5.51 days ($p=.003$). The DDD of glycopeptides was decreased from 24.43 DDD to 19.55 DDD per 1000 patient-days. The DDD of 3rd cephalosporins was also decreased from 15.88 to 11.65. **Conclusion:** Therefore, the clinical decision support system for prescribing antibiotics was effective for the clinical outcomes.

□ Key words - antibiotics prescribing, clinical decision support, DDD, antimicrobial usage

항생제는 감염질환을 치료하거나 예방할 수 있는 핵심 약물로 매우 중요하며, 우리나라 전체 의약품 생산액의 약 16%를 차지한다. 그러나, 항생제가 부적절하게 사용될 경우에는 약물의 효과 저하나 내성균 발생 등의 의료의 질 저하를 초래하는 원인이 되며, 이로 인하여 환자의 비용 부담이 증가할 수도 있다.¹⁻³⁾ 최근 국내 의료기관에서 지불하는 약제비 중에서 항생제가 차지하는 비중이 점차 감소하고 있지만, 여전히 항생제 사용량이 외국에 비해 높은 편이다. 또한, 수술 후 감염을 예방하기 위해 필요 이상의 광범위 항생제가 오남용 되고 있으며 이를 개선하기 위한 의료기관의 노력이 필요하다.^{2,4,5)}

이와 같은 문제를 해결하기 위한 효율적인 대안으로서 임상 의사결정지원시스템(clinical decision support system, CDSS)

에 대한 연구가 지속되고 있다. CDSS는 보건의료인의 의사 결정을 돕기 위한 컴퓨터 시스템이다. 특히, 처방전달시스템과 통합된 CDSS는 약물과 약물 상호작용, 항생제 처방 또는 약물용량 조절 등에 관한 근거기반의 지식을 의료진에게 전달함으로써 투약 오류 감소에 기여한다. 지난 수십 여 년 동안 CDSS를 임상에 적용하기 위한 많은 노력들이 있었고,⁶⁻⁸⁾ 이러한 노력들은 임상 실무 수행 능력의 향상, 투약 오류의 감소, 적절한 예방적 활동과 같은 긍정적 효과를 가져왔다.⁹⁻¹¹⁾ 하지만, 항생제 처방 CDSS의 임상 효과를 규명한 국내 연구는 그리 많지 않으며, 선행 연구들은 주로 제한 항생제 사용에 초점을 두고 시행되었다.^{8,12)} 이에 본 연구는 국내의 국립병원에서 적용 중인 항생제 처방지원 프로그램이 항생제 처방과 사용량에 미치는 효과를 규명하고자 시도되었다.

최근 의료기관의 서비스 평가가 중요해지면서 항생제 오남용의 감소, 병원 감염관리 등 의료의 질 향상을 나타내는 지표의 개선을 위해 개별 의료기관마다 많은 노력을 하고 있다. 국내에서 적절한 항생제 사용을 위한 노력의 일환으로 적용하고 있는 방법에는 제한항생제를 관리하는 시스템 사

Correspondence to : 김현영

울지대학교 간호대학

대전광역시 중구 용두동 143-5

Tel: +82-42-259-1716, Fax: +82-42-259-1709

E-mail: hykim007@ulji.ac.kr

Table 1. General Characteristics.

	Pre administration (Year 2007)	Post administration (Year 2009)	χ^2 or T	P
	Mean±SD	Mean±SD		
Age	42.89±21.30	43.02±21.97	-.285	.776
	N (%)	N (%)		
Gender				
Male	3239 (73.5%)	3102 (72.5%)	.299	.152
Female	1167 (26.5%)	1176 (27.5%)		
Clinics				
Medical part	1189 (27.0%)	1158 (27.1%)	.942	.475
Surgical part	3217 (73.0%)	3120 (72.9%)		
Underlying conditions				
Digestive	1119 (25.4%)	1079 (25.2%)		
Intrathoracic	686 (15.6%)	683 (16.0%)		
Musculoskeletal	854 (19.4%)	894 (20.9%)		
Neurosensory	522 (11.8%)	488 (11.4%)	13.526	.060
Genitourinary	721 (16.4%)	607 (14.2%)		
Hematological	68 (1.5%)	84 (2.0%)		
Integumentary	296 (6.7%)	286 (6.7%)		
Others	140 (3.2%)	157 (3.7%)		
Operation				
Yes	2540 (57.6%)	2436 (56.9%)	.515	.260
No	1866 (42.4%)	1842 (43.1%)		

여 DDD/1,000-patients/day 단위를 사용하였다.

자료의 분석

자료 분석은 SPSS statistics 20.0 version을 사용하였다. 항생제 처방 지원 프로그램의 적용 전후의 차이를 비교하기 위하여 다음과 같이 분석하였다. 프로그램 적용 전후의 대상자 특성과 동질성 검증은 빈도와 백분율, 변수의 특성에 따라 χ^2 또는 T-test를 사용하였다. 프로그램 적용 전후의 항생제 분류별 사용 분포의 차이 검증은 이분형로지스틱 회귀분석을 사용하여 odds ratio를 구하였고 프로그램 적용 전후의 항생제 분류별 사용기간의 차이 검증은 T-test 사용하였다. 더불어, 프로그램 적용 전후의 항생제를 치료를 받은 적이 있는 모든 환자에게 사용한 항생제 사용량과 폐렴 진단을 받은 환자에게 사용한 항생제 사용량은 DDD/1,000-patients/day 단위를 사용하여 구하였고, 개별 사용량 간의 차이 검증은 T-test를 사용하였다.

연구 결과

연구 대상자의 특성

분석 대상은 주사 항생제 치료를 받은 16세 이상 성인 환자로 항생제 처방 지원 프로그램을 적용하기 이전인 2007년 1월 1일부터 12월 31일까지 4,406명과 프로그램을 적용한 이후인 2009년 1월 1일부터 12월 31일까지 4,278명이다. 이는 동일 기간인 2007년의 입원환자 8,735명 중에 50.4%, 2009년

입원환자 9,472명 중에 45.2%에 해당한다. 프로그램을 적용하기 이전과 이후에 항생제를 치료를 받은 환자들의 평균 연령, 성별, 진료과와 수술 여부는 두 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 동질한 것으로 나타났다(Table 1).

항생제 사용 현황

항생제 처방 지원 프로그램을 사용하기 전인 2007년에는 총 10,047 건의 항생제가 처방되었고, 사용 후인 2009년에는 9,062건의 항생제가 처방되었다. 시스템을 적용하기 이전에 가장 많은 빈도로 처방된 항생제 성분은 2세대 cephalosporins (31.76%), aminoglycoside (23.73%) 그리고 3세대 cephalosporins (9.20%) 순이었다. 프로그램을 적용한 이후에 cephalosporins과 fluoroquinolones는 증가 양상을 보였고 penicillin과 aminoglycoside는 감소 양상을 보였다. 이러한 분포로 처방된 항생제 중에서 glycopeptide, carbarpenems, 3세대 cephalosporins, 1세대 cephalosporins과 fluoroquinolones의 Odds Ratio (OR)는 유의하게 증가하였고, 광범위 penicillins, 베타락탐계 penicillins과 metronidazole의 OR은 유의하게 감소하였다(Table 2).

항생제 사용 기간

항생제를 사용한 기간의 평균은 시스템을 적용하기 이전에 6.09±5.48일에서 시스템을 사용한 이후에 5.85±5.51일로 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다($p=0.003$). 특히, 3세대 cephalosporins, 광범위 penicillins, aminoglycoside 항생제의 평균 사용기간이 통계적으로 감소한 것으로 나타났다. Glycopeptide

Table 2. Rate of antibiotics prescription.

	Proportion of patients treated N (%)		Odd Ratio (OR) (95% CI)	P
	Pre admin	Post admin		
Glycopeptide	74 (0.74%)	119 (1.31%)	1.71 (1.23-2.37)	.001
Carbapenems	78 (0.78%)	142 (1.57%)	1.90 (1.38-2.60)	<.001
3rd Cephalosporins	924 (9.20%)	1,196 (13.19%)	1.47 (1.32-1.63)	<.001
2nd Cephalosporins	3,191 (31.76%)	3,095 (34.14%)	1.02 (0.94-1.11)	.615
1st Cephalosporins	95 (0.95%)	203 (2.24%)	1.97 (1.49-2.59)	<.001
Fluoroquinolones	845 (8.41%)	963 (10.62%)	1.14 (1.03-1.28)	.016
Penicillins with extended spectrum	416 (4.14%)	232 (2.56%)	0.55 (0.47-0.66)	<.001
Penicillins incl. beta-lactamase inhibitors	922 (9.18%)	727 (8.02%)	0.75 (0.67-0.84)	<.001
Aminoglycoside	2,385 (23.73%)	1,411 (15.57%)	0.93 (0.85-1.02)	.113
Lincosamide	159 (1.58%)	156 (1.72%)	1.11 (0.88-1.39)	.397
Metronidazole	487 (4.85%)	356 (3.93%)	0.10 (0.08-0.12)	<.001
Monobactam	378 (3.76%)	338 (3.73%)	0.93 (0.79-1.09)	.356
Others	93 (0.93%)	124 (2.29%)	1.39 (1.20-1.60)	<.001
Total	10,047 (100%)	9,062 (100%)		

항생제의 평균 사용 기간은 8.07±12.1에서 6.82±6.8로 감소하였으나, 통계적으로 유의하지 않았다(Table 3).

DDD 변화

DDD 사용량이 감소한 항생제 종류는 glycopeptides, 3세대 cephalosporins, 광범위 penicillin이었다. Glycopeptide는 24.43에서 19.55로, 3세대 cephalosporins은 15.88에서 11.65로, 광범위 penicillin은 58.54에서 45.73 DDD/1,000-patients/

day로 각각 감소하였다. 이 중에서 3세대 cephalosporins의 개인별 사용량 또한 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다. DDD 사용량이 증가한 항생제 종류는 cabapenem이 30.16에서 39.55로, 1세대 cephalosporins이 13.24에서 24.16으로, 2세대 cephalosporins이 49.31에서 62.92 DDD/1,000-patients/day로 변화하였다. DDD 사용량이 증가한 항생제 중에 개인별 사용량에서는 cabapenem, 2세대 cephalosporins, fluoroquinolones, 베타락탐계 penicillins이 통계적으로 유의한

Table 3. Length of antibiotics use**(Unit: day)**

	Pre admin.	Post admin.	T	p
Glycopeptide	8.07±12.1	6.82±6.8	.923	.357
Carbapenems	8.67±7.9	10.10±11.8	-.962	.337
3rd Cephalosporins	6.88±5.6	5.26±4.6	7.316	<.001
2nd Cephalosporins	5.64±5.3	5.52±4.8	.932	.351
1st Cephalosporins	5.26±4.93	6.80±8.8	-1.934	.054
Fluoroquinolones	4.95±4.1	4.74±4.8	1.000	.317
Penicillins with extended spectrum	9.69±6.9	8.34±6.2	2.468	.014
Penicillins incl. beta-lactamase inhibitors	4.14±5.4	6.18±11.9	-.420	.680
Aminoglycoside	6.03±4.9	5.40±5.2	3.295	.001
Lincosamide	7.45±5.4	5.24±3.6	4.247	<.001
Metronidazole	5.17±3.9	5.89±3.8	-2.614	.009
Monobactam	9.26±6.8	8.20±5.4	2.419	.016
Others	5.43±5.7	6.83±6.8	-.494	.625
Total	6.09±5.48	5.85±5.51	2.991	.003

Table 4. Consumption of used antibiotic classes in DDD per 1000 patient-days.

Antibiotic classes	Unit: DDD/1,000-patients/day	
	Pre admin.	Post admin.
Glycopeptide	24.43	19.55
Carbapenems**	30.16	39.55
3 rd Cephalosporins**	15.88	11.65
2 nd Cephalosporins**	49.31	62.92
1 st cephalosporins	13.24	24.16
Fluoroquinolones*	15.96	19.63
Penicillins with extended spectrum	58.54	45.13
Penicillins incl. beta-lactamase inhibitors**	9.82	13.26
Aminoglycoside**	14.98	14.52
Lincosamide	16.59	12.85
Metronidazole	12.54	14.25
Monobactam	40.98	43.14
Others	13.67	20.10

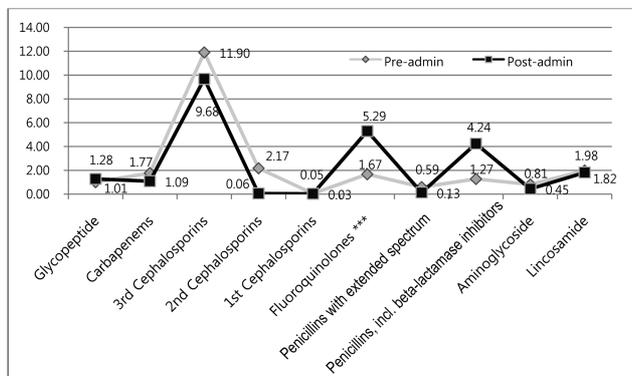
* $p < .05$; ** $p < .01$.

변화를 나타냈다(Table 4).

더불어, 특정 질환에 따른 항생제 사용량의 변화를 알아보기 위하여 폐렴 진단을 받은 환자를 대상으로 DDD 사용량 변화를 분석하였고, 그 결과는 Fig. 2와 같다. Carbapenems, 3세대와 2세대 cephalosporins의 DDD 사용량이 감소하였으나, 개인별 사용량에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. Fluoroquinolones 계열 항생제의 DDD 사용량은 1.67에서 5.29DDD/1,000-patients/day로 변화하였고 개인별 사용량은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p = .002$)

고찰 및 결론

의료환경이 변화하고 항생제를 포함한 약제급여의 적정성



*** $p = .002$

Fig. 2. Comparison of DDD for antimicrobial use on patients with pneumonia.

평가, 항생제 처방을 공개와 같은 제도적 변화로 인하여 항생제 사용에 많은 변화가 있었다. 더불어, 근거기반의 지식을 바탕으로 최선의 진료를 지향하는 의료기관들의 노력이 병원정보화의 발전에 의해 실현 가능성이 높아졌고, 처방전달시스템에 결합된 다양한 의사결정지원 서비스로 인해 항생제 처방의 적절성 향상, 항생제 사용량의 감소와 입원기간의 감소와 같은 질적 변화가 나타나고 있다.^{7,9,23)}

항생제 처방을 지원하기 위한 방법으로는 제한항생제 프로그램을 사용한 특정 항생제의 사용 제한, 항생제에 대한 교육, 전산처방 시스템을 통한 항생제 관리 등이 있다.^{2,8,12)} 본 연구는 이 중에서 처방전달 시스템과 연계되어 있으며 항생제 처방이 필요한 원인에 따라 적절한 항생제를 추천하는 방식으로 처방을 지원하는 프로그램의 효과를 분석한 것이다. 항생제 처방을 지원하는 대다수 프로그램의 공통적인 중재는 정맥투여에서 구강 투여로 항생제를 전환하고, 광범위 항생제보다는 협범위 항생제를 사용하도록 권고하는 것이다.¹⁰⁾ 본 연구에서 분석한 프로그램 또한 균 배양 검사 결과와 균이 배출된 부위에 따라 가장 적절한 항생제를 선택할 수 있는 추천 항생제를 제시하도록 설계되었다. 이러한 기능은 검체에서 배양된 균과 항생제 감수성 결과에 대한 보고에 기초하여 적절한 항생제를 권고하도록 설계된 ADVISE 프로그램의 효과를 고려할 때 중요한 기능이라 할 수 있다. 즉, 광범위 항생제의 사용이 유의미하게 감소하였고 초기 치료를 협범위 항생제로 시작하거나 단계적 축소 치료가 효율적으로 발생한 결과에 의미를 부여할 수 있다.²¹⁾ 본 시스템은 진단에 따른 경로는 인체 시스템에 따라 점차 세부적인 선택의 과정을 거쳐 적절한 항생제를 선택할 수 있도록 하였으며, 원인균에 따른 항생제 처방을 위한 경로에는 균 배양 검사 이력과 그 결과를 데시보드 형태로 제시하여 항생제 선택을 위한 의사결정에 참고할 수 있도록 구성하였다. 이러한 구성은 사용자의 활용성을 향상하기 위한 전략으로 고려되었다. 수술 환자에게 예방적 항생제가 부적합하게 투여된 경우에 수술부위의 감염 가능성이 유의하게 높게 나타난 연구 결과¹⁾에 근거하여 본 시스템은 예방적 항생제의 적절한 사용을 위한 기능을 포함하였다.

본 연구의 대상인 항생제 처방지원 프로그램은 선행 연구에서 11개의 제한 항생제에 대한 권고를 제공하는 프로그램,²⁰⁾ 항생제 내성 또는 항생제 과다 사용과 밀접하게 연관된 것으로 판단되는 급성 호흡기 감염(acute respiratory tract infection)에 관한 권고를 제공하는 두 개의 프로그램^{24,25)}과는 달리 인체 시스템에 따른 대부분의 질환과 단일 기관에서 사용하고 있는 모든 항생제를 다루고 있다. 따라서, 본 시스템을 사용하기 이전과 이후의 전체 항생제 처방과 사용량에 미치는 효과를 분석하였다. 전체 항생제 중에서 가장 많이 처방된 항생제는 cephalosporins, aminoglycoside이었고, 이는 입원한 환자에게 치료와 감염 예방을 위해 가장 많이 사용되는 항생제 계열이 cephalosporins과 aminoglycoside이라는 사실과 일

치한다.²⁶⁾

항생제 처방을 위한 CDSS의 사용은 항생제 처방율의 변화를 가져오며, 시간이 경과할수록 점차 항생제 처방 비율이 감소한 것으로 나타났다.¹⁴⁾ 본 연구에서도 항생제 처방 비율이 2007년에 50.4%에서 2009년에 45.2%로 감소한 것으로 나타났다. 이는 항생제 처방 지원 프로그램을 적용하기 직전 시점과 적용 직후 시점을 비교한 결과로서 시계열적으로 추적 관찰을 하면 의미있는 변화가 나타날 것으로 생각된다.

항생제 처방을 지원하기 위하여 모바일 기기를 이용하여 실시간으로 의사결정지원 서비스를 제공한 프로그램을 적용한 이후에 항생제 사용량이 유의하게 감소하였으며, 특히 β -lactamase-resistant penicillins과 vancomycin이 감소하였다.⁹⁾ 본 연구에서는 광범위 penicillins과 vancomycin을 포함하는 glycopeptide의 사용량이 감소한 것으로 나타났다. 광범위 penicillins은 감염을 예방하거나 의심되는 상황에서 광범위하게 적용할 수 있는 항균제로서 자주 처방되므로, 항생제 사용의 적정성을 유지하기 위해 설계된 프로그램에 매우 민감한 것으로 해석된다.²¹⁾ 이들 항생제를 처방받은 환자수는 본 시스템의 사용전과 사용후에 거의 비슷하였으나, 항생제 처방 기간이 감소하여 전체 항생제 사용량 감소에 기여한 것으로 해석할 수 있다.⁹⁾ 본 연구의 프로그램은 제한 항생제를 관리하기 위하여 감염내과의 승인을 받은 후에 사용할 수 있도록 하였으며, 이로 인해 glycopeptide의 DDD 사용량이 감소하였고 평균 투여 기간이 6.82일로 유지된 것으로 나타났다. 선행 연구에서 vancomycin을 2차 제한 항생제로 분류하여 감염내과 의사가 승인한 기간 동안에만 사용하도록 설계된 단일 병원의 프로그램과 유사한 효과를 나타낸 결과이다.¹²⁾

항생제 처방을 지원하는 CDSS의 임상 효과를 분석하는 것은 매우 복잡하며 가장 추천되는 방식은 무작위배정 연구를 시행하는 것이나, 의료진이나 환자를 무작위배정으로 할 당하는 것이 임상환경에서 매우 어려운 문제이다. 이에 대한 대안으로서 제시되는 항생제 중재의 임상효과를 평가 방식은 DDDs를 분석하는 것이다.^{21,27)} 본 연구에서는 DDD/1000patients-day 단위로 항생제 사용량을 분석하였으며, 기관에서 관리하는 약물 코드와 WHO에서 배포한 ATC/DDD index의 코드를 매칭하여 DDD 정보를 구하였다. 해당 병원의 약물 관리 마스터에 DDD 관련 정보를 포함하고 있지 않았으므로, 기관 코드 '125704BIJ'에 해당하는 성분명 'cefazolin sodium'을 사용하여 ATC/DDD index의 코드 'J01DB04 cefazolin'과 매칭한 후 제시된 DDD 3g을 적용하였다. 이 과정에서 DDD 정보가 없는 의약품은 DDD 사용량 산출에서 제외하였다. 이와 관련하여 의약품의 합리적인 사용을 유도하고 총량을 파악하기 위해서 국내 의약품 목록에 DDD를 포함하여 관리할 것을 제안한 내용을 유의할 필요가 있다.^{28,29)}

본 연구를 통하여 항생제 처방 지원 프로그램이 일부 광범위 항생제와 제한 항생제의 사용량 감소에 기여한 것으로

나타났으나, 몇 가지 제한점을 갖고 있다. 첫째는 본 연구는 항생제의 사용 기간과 사용량을 분석한 결과로서, 프로그램을 사용한 이후에 항생제 내성률의 변화 또는 부적절한 항생제 처방율의 변화와 같은 항생제 처방의 질적인 측면의 분석이 이루어지지 않았다는 것이다. 선행 연구에서 적절한 항생제 처방을 지원하는 시스템을 적용한 이후에 특정 균에 대한 내성과 항생제 사용량 간에 유의한 변화가 나타난 결과^{3), 30)}를 고려할 때에 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 본 연구에서는 폐렴 진단을 받은 환자의 항생제 사용량 변화를 고찰하였으나, 추후 특정 질환에서 연령별, 중증도별, 신기능별로 나누어 구체적인 효과에 대한 평가가 필요할 것이다. 두 번째는 DDD 사용량 분석에서 ATC/DDD index가 없는 항생제는 제외하였으므로, 모든 항생제의 사용량을 나타내지 못한다는 것이다. 위와 같은 제한 사항과 단일 기관에서 나타난 효과이기 때문에 본 연구의 결과를 전체에 적용하는 데에는 한계가 있으나, 항생제의 처방의 적절성 향상을 위한 항생제 처방 지원 프로그램의 효과를 시사하고 있으며 향후 항생제 처방 CDSS 도입 시에 근거자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 말씀

이 논문은 2011년도 을지대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

1. 김경훈, 박춘선, 장진희 등. 요양급여적정성 평가자료를 이용한 예방적 항생제 사용과 수술부위 감염 발생의 관련성 연구. 대한예방의학회지 2010; 43(3): 235-44.
2. 방지환, 송경호, 박완범 등. 국내 의료기관의 항생제 사용 실태와 규제 시스템 조사. 감염과 화학요법 2006; 38(6): 316-24.
3. 윤연경, 김민자, 손장욱 등. 일개 대학병원에서 항생제 사용량과 분리 균주의 항생제 내성률에 관한 시계열 분석. 감염과 화학요법 2008; 40(2): 93-101.
4. 김동숙, 장선미, 김남순. DDD 기준 국내 항생제 사용의 인구사회학적 특성에 관한 연구 : 2004년도 건강보험청구자료를 이용하여. 한국약료경영학회지 2010; 2(2): 47-59.
5. Kim B. Compliance with an infectious disease specialist's advisory consultations on targeted antibiotic usage. J Infect Chemother 2005; 11(2): 84-8.
6. Evans RS. Case studies in clinical decision support: LDS hospital experience. Clinical Decision Support: The Road Ahead. Boston: Academic press; 2007.
7. Cho I, Kim J, Kim JH, et al., Design and implementation of a standards-based interoperable clinical decision support

- architecture in the context of the Korean EHR. *Int J Med Inform* 2010; 79(9): 611-22.
8. 김정연, 조유미, 최원석 등. 삼차 의료기관에서 전산화 제한 항생제 사용 및 관리 프로그램의 유용성에 관한 연구. *감염과 화학요법* 2006; 38(6): 235-41.
 9. Sintchenko V, Iredell JR, Gilbert GL, *et al.*, Handheld computer-based decision support reduces patient length of stay and antibiotic prescribing in critical care. *J Am Med Inform Assoc* 2005; 12: 398-402
 10. Thursky K. Use of computerized decision support systems to improve antibiotic prescribing. *Expert Rev Anti Infect* 2006; 4(3): 491-507.
 11. Paterson D. The Role of Antimicrobial Management Programs in Optimizing Antibiotic Prescribing within Hospitals. *Clin Infect Dis* 2006; 42(Suppl 2): S90-5.
 12. 이지수. 항생제 사용 프로그램 도입 전후 반코마이신 사용 실태 분석. 서울: 중앙대학교 2010.
 13. 황수희. 신독성약물 용량조절 시스템이 입원환자의 약물 처방과 진료 결과에 미치는 영향. 서울: 서울대학교; 2009.
 14. Samore MH, Bateman K, Alder SC, *et al.*, Clinical Decision Support and Appropriateness of Antimicrobial Prescribing: A randomized trial. *J Am Med Assoc* 2005; 294(18): 2305-14.
 15. Vincent WR, Martin CA, Winstead S, *et al.*, Effects of a pharmacist-to-dose computerized request on promptness of antimicrobial therapy. *J Am Med Inform Assoc* 2009; 16(1): 47-53.
 16. 엄중식, 송준영, 정희진, 김우주. 일개 대학병원에서 외과계의 감염내과 자문의뢰. *감염과 화학요법* 2007; 39(6): 287-91.
 17. Finch RG, Low DE. A critical assessment of published guidelines and other decision-support systems for the antibiotic treatment of community-acquired respiratory tract infections. *Clin Microbiol Infect* 2002; 8 (Suppl 2): 69-91.
 18. Miller SM, Beattie MM, Butt AA. Personal digital assistant infectious diseases applications for healthcare professionals. *Clin Infect Dis* 2003; 39: 1018-29.
 19. Richards MJ, Robertson MB, Dartnell JG, *et al.*, Impact of a web-based antimicrobial approval system on broad-spectrum cephalosporin use at a teaching hospital. *Med J Aust* 2003; 178: 386-90.
 20. Grayson ML, Melvani S, Kirsa SW, *et al.*, Impact of an electronic antibiotic advice and approval system on antibiotic prescribing in an Australian teaching hospital. *Med J Aust* 2004; 180: 455-8.
 21. Thursky K, Busing K, Bak N, *et al.*, Reduction of broad-spectrum antibiotic use with computerized decision support in an intensive care unit. *Int J Qual Health Care* 2006; 18(3): 224-31.
 22. Sintchenko V, Coiera E, Gilbert GL. Decision support systems for antibiotic prescribing. *Curr Opin Infect Dis* 2008; 21: 573-9.
 23. 김백남. 우리나라 항생제 사용 실태 감염과 화학요법 2012; 44(4): 250-62.
 24. Grijalva CG, Nuorti JP, Griffin MR. Antibiotic prescription rates for acute respiratory tract infections in US ambulatory settings. *J Am Med Inform Assoc* 2009; 302(7): 758-66.
 25. Litvin CB, Ornstein SM, Wessell AM, *et al.*, Adoption of a clinical decision support system to promote judicious use of antibiotics for acute respiratory infections in primary care. *Int J Med Inform* 2012; 81(8): 521-6.
 26. 고재이, 김영호, 김민희. 비뇨기과 영역에서 항생제 예방요법에 대한 21개 의료기관의 실태조사. *대한요로생식기감염학회지* 2009; 4(1): 72-9.
 27. Ramsay C, Brown E, Hartman G, Davey P. Room for improvement: a systematic review of the quality of evaluations of interventions to improve hospital antibiotic prescribing. *J Antimicrob Chemother* 2003; 52: 764-71.
 28. 김동숙, 김남순, 이숙향. 수정 델파이 기법을 이용한 의약품의 DDD(일일상용량) 결정과 항생제 사용량 분석: WHO 일일상용량이 없는 항생제를 중심으로 *한국임상약학회지* 2007; 17(1): 19-32.
 29. 이의경, 장선미. DDD 방식에 의한 국내 항생제 사용량 산출 및 항생제 약제비 분석 *임상약리학회지* 2000; 8(1): 28-43.
 30. McGregor JC, Weekes E, Forrest GN, *et al.*, Impact of a Computerized Clinical Decision Support System on Reducing Inappropriate Antimicrobial Use: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Inform Assn* 2006; 13: 378-84.