

## 3차병원에서 수술예방항생제 사용의 적정성 평가

남은영<sup>1</sup> · 김홍빈<sup>1,2</sup> · 배현옥<sup>3</sup> · 문소영<sup>4</sup> · 나선희<sup>1</sup> · 김세용<sup>1</sup> · 윤도란<sup>1</sup>

이하연<sup>1</sup> · 김주혜<sup>1</sup> · 김충종<sup>1</sup> · 송경호<sup>1</sup> · 김의석<sup>1</sup> · 김남중<sup>1</sup>

서울대학교 의과대학 내과학교실<sup>1</sup>, 분당서울대학교병원 감염관리실<sup>2</sup>, 의료정보팀<sup>3</sup>, 경영혁신실<sup>4</sup>

## Appropriateness of Surgical Antibiotic Prophylaxis in a Tertiary Hospital

Eun Young Nam<sup>1</sup>, Hong Bin Kim<sup>1,2</sup>, Hyunok Bae<sup>3</sup>, Soyoung Moon<sup>4</sup>, Sun Hee Na<sup>1</sup>, Se Yong Kim<sup>1</sup>, Doran Yoon<sup>1</sup>,  
Ha Youn Lee<sup>1</sup>, Joohae Kim<sup>1</sup>, Chung-Jong Kim<sup>1</sup>, Kyoung-Ho Song<sup>1</sup>, Eu Suk Kim<sup>1</sup>, Nam Joong Kim<sup>1</sup>

Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Infection Control Office<sup>2</sup>,  
Center of Medical Informatics<sup>3</sup>, Department of Management Innovation<sup>4</sup>, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

**Background:** This study aimed to evaluate the quality of surgical antibiotic prophylaxis (SAP) in a tertiary hospital.

**Methods:** Medical, anesthetic, and nursing records from the 27,320 procedures conducted in a tertiary hospital during 2012 were retrospectively reviewed. Three clinical performance indicators of SAP (selection of antibiotic, timing of the first administration, duration of prophylaxis) were included as part of the National Hospital Evaluation Program (NHEP) of the Health Insurance Review and Assessment Service. In addition, 2 other parameters were assessed according to recent guidelines (weight-based initial dosing for obesity, intraoperative re-dosing for excessive blood loss, and prolonged duration of procedures).

**Results:** Prophylactic antibiotics were administered in 19,637 (71.8%) of 27,320 total procedures. Quality of the 3 performance indicators was higher in the types of operations included in NHEP than in other procedures. However, additional doses were administered in 15 (1.2%) of 1,299 surgical procedures that lasted more than twice the half-life of the antibiotic used, and in 9 (3.3%) of 273 procedures with excessive blood loss greater than 1,500 mL. NHEP and non-NHEP results did not differ significantly.

**Conclusion:** Three SAP quality indicators showed more improvement in NHEP surgical procedures than in non-NHEP, but the other parameters did not perform well regardless of NHEP assessment. Therefore, more measures to improve the appropriateness of SAP should be developed.

**Keywords:** Clinical performance indicator, Quality, Surgical antibiotic prophylaxis

## Introduction

의료관련감염이 발생하면 입원기간이 연장되고 의료비가 상승하며 항균제 투여에 따른 부작용

용, 내성률 증가 등의 문제가 생길 수 있다. 수술 부위감염은 2-3번째로 흔한 의료관련감염이지만, 적절한 예방항생제를 투여하고 예방관리지침을 잘 따르면 발생률을 35% 정도 낮출 수 있다[1].

수술예방항생제는 수술부위감염을 감소시킬 목적으로 청결창상이나 청결-오염창상에서 투여하는 항생제를 뜻한다. 적절한 투여 시기는 피부절개 전 1시간 이내이지만, 반코마이신이나 퀴놀론계 항생제의 경우 반감기와 투여시간을 고려하여 절개 전 2시간 이내에 투여해야 한다[2-4]. 또한, 대장이나 직장수술 이외에는 1세대 세팔로스

Received: July 10, 2014

Revised: October 1, 2014

Accepted: October 21, 2014

Correspondence to: Hong Bin Kim, Infection Control Office, Seoul National University Bundang Hospital, 82, 173 beon-gil, Gumi-ro, Bundang-gu, Seongnam 463-707, Korea

Tel: 031-787-7021, Fax: 031-787-4052

E-mail: hbkimmd@snu.ac.kr

포린을 추천하며, 중증 혹은 혼합감염으로 항균 범위가 적절치 않은 경우 이외에는 병용 투여 역시 추천하지 않는다[4,5]. 대개 예방항생제는 한번 투여하는 것으로 충분하며, 수술 후 24시간 이내에 중단하도록 권고하고 있다[4,6]. 수술 시간 동안 충분한 수술예방항생제 농도를 유지하기 위해서는 초기에 적절한 용량을 투여해야 한다. 과거 지침에서는 가장 대표적인 항생제인 세파졸린의 초기투여용량을 1-2 g으로 추천하였지만, 최근 발표된 권장지침에서는 2 g으로 권고하고 있다[4,7,8]. 또한, 비만인 환자에서는 투여용량을 늘려야 하며, 수술 시간이 투여한 항생제의 반감기보다 2배 이상 길어지는 경우나 수술 중 실혈량이 1,500 mL를 초과할 경우에는 수술 중 다시 투여하는 것이 바람직하다[4,5,9,10].

하지만, 2004년과 2006년 국내 수술예방항생제 사용의 적정성을 평가한 연구들에서 이와 같은 지침에 대한 순응도는 현저히 떨어지는 것으로 보고되었다[11,12]. 건강보험심사평가원에서는 수술예방항생제 사용실태를 파악하고 적절한 수술예방항생제 사용을 유도하기 위해 2007년 8월부터 ‘수술의 예방적 항생제 사용 평가’를 실시하고 있다. 처음에는 8개 수술이 대상이었지만 2012년에는 11종류로 확대하였으며, 피부절개 전 1시간 이내 투여율, 아미노글리코사이드 항생제나 3세대 이상 세팔로스포린 투여율, 2가지 이상 항생제 병용투여율, 평균 투여일수 등을 평가지표로 활용하고 있다[13].

저자들은 2007년 1사분기(1월-3월)와 2012년 한 해 동안 시행된 수술을 대상으로 (1) 건강보험심사평가원의 수술 예방적항생제 사용 평가 도입 전, 후의 적정성 평가 대상인 수술과 그렇지 않은 수술에서 예방항생제 사용의 적정성을 비교하고, (2) 적정성 평가지표에는 포함되지 않았지만 일반적으로 지침에서 권고하는 내용인 비만인 환자에서 증량이나 수술 시간과 수술 중 실혈량에 따른 추가 투여 등이 적절히 시행되는지 확인하였다.

## Materials and Methods

### 1. 연구대상

적정성 평가 도입 이전인 2007년 1월 1일부터

3월 31일까지와 도입 이후인 2012년 1월 1일부터 2012년 12월 31일까지 경기도에 소재한 한 종합병원(896병상)에서 시행한 모든 수술을 대상으로 하였다. 18세 미만의 환자에서 시행한 수술, 응급 수술, 수술예방항생제를 투여하지 않은 수술은 분석에서 제외하였다.

### 2. 연구방법 및 조사항목

2012년 건강보험심사평가원에서 지정한 11종류의 수술(위절제술, 대장절제술, 복강경하 담낭절제술, 고관절치환술, 슬관절치환술, 자궁적출술, 제왕절개술, 심장수술, 개두술, 전립선절제술, 녹내장수술)을 기준으로 ‘적정성 평가(National Hospital Evaluation Program, NHEP) 대상’과 그렇지 않은 수술로 구분하였다.

진료기록과 처방전, 간호기록, 마취기록을 포함한 의무기록을 후향적으로 검토하였으며, 환자의 나이, 성별, 키, 체중, 체질량지수(body mass index, BMI), 응급수술여부, 수술시작시간, 수술 종료시간, 수술예방항생제 투여시간, 수술예방항생제 종류와 용량, 수술 중 예방항생제 추가 투여 여부, 추가 투여 시간과 용량, 수술 후 수술예방항생제 지속시간, 퇴원시 항생제 처방 여부를 조사하였다. 이를 바탕으로 최초투여시기(① 피부절개 전 1시간 이내에 수술예방항생제 투여율), 1세대 세팔로스포린 이외의 항생제 사용률(② 아미노글리코사이드 투여율, ③ 3세대 이상 세팔로스포린 투여율, ④ 항생제병용 투여율), 투여기간(⑤ 퇴원시 항생제 처방률, ⑥ 평균 투여일수)을 확인하였다. 또한, 비만인 환자에서 항생제 증량 여부나 수술 시간이 증가하거나 수술 중 실혈량이 1,500 mL를 초과할 때 항생제를 다시 투여하였는지 조사하였다. 대한비만학회에서 제시한 한국인의 비만기준은 체질량지수  $25 \text{ kg/m}^2$  이상[14]이고 세계보건기구(WHO)가 정의한 비만은 체질량지수  $30 \text{ kg/m}^2$  이상[15]이므로 본 연구에서는 이 두 가지 기준에 따라 각각 분석하였다. 적절한 용량의 기준은 수술예방항생제의 초기투여 용량은 세파졸린의 경우 2 g을 기준으로 하였고, 다른 항생제는 2013년 지침[4]에서 제시한 용량을 기준으로 하였다.

**Table 1.** Appropriateness of surgical antibiotic prophylaxis (SAP) according to surgical procedures by National Hospital Evaluation Program (NHEP)

Parameter	The 1 <sup>st</sup> quarter of 2007				2012				<i>P</i> -value for 2007 vs. 2012
	Total SAP (n=4,349)	NHEP surgery (n=1,169)	Non-NHEP surgery (n=3,180)	<i>P</i> -value	Total SAP (n=19,637)	NHEP surgery (n=4,177)	Non-NHEP surgery (n=15,460)	<i>P</i> -value	
Preoperative-dose timing									
Within 60 min before surgical incision	3,144 (72.3%)	768 (65.7%)	2,376 (74.7%)	<0.001*	18,419 (93.8%)	4,160 (99.6%)	14,259 (92.2%)	<0.001*	<0.001*
Selection of antibiotics other than 1 <sup>st</sup> generation cephalosporins									
Aminoglycoside	533 (12.3%)	185 (15.9%)	348 (10.9%)	<0.001*	648 (3.3%)	0 (0.0%)	648 (4.2%)	<0.001*	<0.001*
Third-generation cephalosporins	2,208 (50.8%)	529 (45.2%)	1,679 (52.8%)	<0.001*	2,133 (10.9%)	34 (0.8%)	2,099 (13.6%)	<0.001*	<0.001*
Antibiotic combination	3,269 (75.2%)	650 (55.6%)	2,619 (82.4%)	<0.001*	473 (2.4%)	7 (0.2%)	466 (3.0%)	<0.001*	<0.001*
Duration of prophylaxis									
Antibiotic prescriptions at discharge	2,759 (63.4%)	457 (39.1%)	2,302 (72.4%)	<0.001*	7,167 (36.5%)	58 (1.4%)	7,109 (46%)	<0.001*	<0.001*
Days of prophylactic antibiotic use	4 (0-7.0)	1.2 (0.3-4.0)	4 (0.6-8.3)	<0.001 <sup>†</sup>	3.9 (0.5-10.0)	1.0 (0.3-3.6)	4.0 (0.8-10.0)	<0.001 <sup>†</sup>	<0.001 <sup>†</sup>
Weight-based initial dosing									
BMI>25 kg/m <sup>2</sup>	NA	NA	NA		705/5,316 (13.2%)	88/1,210 (7.3%)	531/3,363 (15.8%)	<0.001*	NA
BMI>30 kg/m <sup>2</sup>	NA	NA	NA		86/743 (11.6%)	10/198 (5.1%)	76/545 (13.9%)	0.001*	NA
Intraoperative redosing									
Excessive blood loss >1,500 mL	NA	NA	NA		9/273 (3.3%)	3/125 (2.4%)	6/248 (2.4%)	0.991*	NA
Duration of surgery >2 half-lives of antibiotic	NA	NA	NA		13/1,299 (1.0%)	4/396 (1.0%)	9/903 (1.0%)	0.982*	NA

\*The data were analyzed by chi-square, Fisher's exact. <sup>†</sup>The median days (Interquartile test) and *P*-value by Mann whitney test. Abbreviation: NA, not applicable.

### 3. 자료분석

자료 분석은 통계 프로그램 SPSS statistics 18.0 (Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 평가대상 수술과 비평가대상 수술로 구분하고 적정성 평가지표 항목 중 수술 전 1시간 이내 투여, 적절한 항균제 선택, 퇴원시 항생제 처방률과 비평가지표에서 양군간의 차이는 chi-square, Fisher's exact test를 이용하여 비교 분석하였다. 투여 기간 중 평균 투여 일수는 Mann-Whitney test를 이용하여 양군을 비교하였다.  $P$ 값이 0.05 미만인 경우에 통계적 유의성이 있는 것으로 하였다.

## Results

### 1. 적정성 평가대상 수술과 그렇지 않은 수술의 비교

2007년 1월 1일부터 3월 31일까지 수술은 5,987건이었으며, 응급수술이나 18세 미만 환자에서 시행된 수술, 예방적 항생제가 투약되지 않았거나 감염으로 항생제를 이미 사용하고 있었던 수술 1,638건을 제외한 총 4,349건(72.6%)을 분석하였다. 2012년 한 해 동안 시행된 수술은 27,320건이었지만, 2007년과 같은 제외기준을 적용한 수술 7,683건을 제외하고 총 19,637건(71.9%)의 수술을 분석하였다.

각 기간별로 적정성 평가대상 수술과 그렇지 않은 수술에서 평가지표에 포함된 피부절개 전 1시간 이내 투여율, 아미노글리코사이드 투여율, 3세대 세팔로스포린 투여율, 항생제 병합투여율, 퇴원시 항생제 처방률, 항생제 사용일수 등의 분석자료는 Table 1에 제시하였다. 평가대상 수술과 비평가대상 수술 양군에서 2007년 1사분기에 비해 2012년에 평가지표의 수행률이 유의하게 증가하였으며, 평가대상 수술이 비평가대상 수술에 비해 결과가 더 우수하였다.

### 2. 수술이 길어지거나 대량 실혈 발생, 혹은 비만인 경우

19,637건의 수술 중 12,509건(63.7%)에서 적절한 용량이 투여되었다. 두 가지 비만 기준에 따라 분석하였을 때, 체질량지수  $30 \text{ kg/m}^2$ 과 체질

량지수  $25 \text{ kg/m}^2$  이상의 환자에서 항생제를 증량한 경우는 각각 11.6% (86/743), 13.2% (705/5,316)였으며, 두 기준 모두에서 비평가대상 수술이 오히려 유의하게 높은 수행률이 관찰되었다. 수술 시간이 수술 전 투여한 예방항생제 반감기의 2배를 초과하였던 수술만을 분석하면 항생제를 추가 투여한 경우는 1,299건 중 13건(1.0%)이었으며, 수술 중 실혈량이 1,500 mL 이상인 수술만을 분석하였을 때는 3.3% (9/273)이었다. 두 지표에서 양군간에 수행률은 유의한 차이가 없었다.

## Discussion

2004년 6개 병원, 1,895명을 대상으로 시행한 연구에서 권고지침에 따라 수술예방항생제를 투약한 경우는 0.5%였으며, 83.1%에서 2가지 이상의 항생제를 병합하였다. 수술시작 시간이 확인 가능한 1,676명 중 절개 전 1시간 이내 투여율은 1.2%였으며, 의무기록이 확인 가능한 1,748명 중 24시간 이내 수술예방항생제를 종결한 경우는 0.2%에 불과하여 지침에 따라 시행되지 않는다는 것을 확인할 수 있었다[11]. 하지만, 2007년 건강보험심사평가원에서 수술예방항생제 적정성 평가를 시작한 다음 6개 병원을 대상으로 시행한 연구에서는 이전에 비해 투여 시기나 항생제 선택의 적정성, 사용기간 등의 지표가 향상되었다고 보고하였다[16]. 또한, 평가대상에 해당하지 않는 수술에서도 평가대상 수술만큼 현저하게 개선되지는 않았지만, 이전에 비해 향상되었다고 보고하였다. 하지만, 수술 시간이 항생제 반감기의 2배를 넘는 수술 123건 중 항생제가 추가 투여된 경우는 없었다[16].

이번 연구에서도 평가지표에 포함된 피부절개 전 1시간 이내의 투여율, 1세대세팔로스포린 이외의 항생제 사용률, 평균 투여일수 등은 2007년 평가 도입 직전에 시행된 것보다 유의하게 호전되었고, 평가가 실시되고 있는 2012년에는 평가대상 수술에서 더 나은 결과를 나타냈다. 따라서, 외부 평가가 긍정적인 영향을 끼쳤다고 판단한다. 또한 평가대상 수술과 비평가대상 수술 모두에서 이러한 지표들은 2012년 7월부터 9월까지 건강보험심사평가원에서 조사한 결과와 비교하

더라도 이전에 비해 향상된 결과이며, 이는 지속적으로 의료기관 내에서 질 향상을 위한 노력을 기울인 영향으로 판단한다[16]. 이 연구를 수행한 병원에서는 수술예방항생제의 적절한 사용을 위해 1) 예방적 항생제는 절개 전 30-60분에 최초 투여하고, 2) 예방적 항생제로 1세대 세팔로스포린(대장수술의 경우 2세대인 세포테탄)을 사용하고 병용투여하지 않으며, 3) 예방적 항생제 투여 기간은 수술 후 3일 이내로 제한하는 진료지라잡이를 도입하여 활용하고 있으며, 매 분기마다 평가대상 수술뿐만 아니라 모든 수술에 대한 평가지표를 분석하여 그 결과를 관련된 의료진들과 공유하고 있기 때문에 향후 더 향상될 것으로 기대하고 있다[17].

비만인 환자와 정상체중인 환자에서는 같은 용량의 항생제를 투여하더라도 약물의 지방친화성에 따른 약동학의 차이로 혈중농도와 조직농도가 다르게 측정된다[18,19]. 예를 들어, 위성형술의 경우 세파졸린 1 g을 투여하였을 경우, 비만 환자군이 정상체중 환자군에 비해 혈중농도와 조직농도가 낮게 측정되었으며, 비만 환자군의 경우 세파졸린 2 g 투약하였을 경우 수술부위 감염률이 16.5%에서 5.6%로 감소하였다[20]. 또한, 수술 시간이 4시간 이상인 경우 수술 중 항생제를 추가 투여하면 최소억제농도 이하로 감소하였던 항생제 농도가 다시 상승하여 수술부위 감염률을 낮추는 효과가 있으며[2,22,23], 수술 시간이 4시간 미만이라도 평균 실혈량이 1,500 mL 이상이면 수술부위를 봉합할 때 혈액이나 조직에서 최소억제농도 이하로 항생제가 검출되므로 추가 투여가 바람직한 것으로 알려져 있다[23]. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 여러 수술예방항생제 사용지침에서는 비만인 환자에서는 항생제를 증량하고, 수술 시간이 투여 항생제의 반감기보다 2배 이상 길어지면 다시 투여해야 하며, 실혈량이 증가하는 경우에도 항생제를 다시 투여하도록 추천하고 있다[5,8,24]. 그러나 본 연구에서는 수행률이 낮았는데 이에 대한 관심이나 개선하려는 노력이 부족하기 때문일 것이라 추정한다.

요약하면 건강보험심사평가원의 수술예방항생제 적정성 평가 도입 이후 평가대상이 되는 수술

과 그렇지 않은 수술에서 모두 이전에 비해 피부 절개 전 1시간 이내 투여율, 1세대 세팔로스포린 이외의 항생제 사용률, 평균 투여일수 등의 지표는 개선되었다. 평가항목에 포함되지는 않았지만 체중에 따른 용량변경이나 수술 시간 혹은 실혈량의 변화에 따른 추가 항생제 투여 등 일반적인 권고사항에 따라 수술예방항생제를 적절하게 사용하기 위한 노력과 관심이 더 필요한 상황이다.

## Summary

**배경:** 본 연구는 일개 3차병원에서 수술예방항생제의 적정성을 평가하기 위하여 시행되었다.

**방법:** 2012년 한 해 동안 시행된 수술 27,320건을 대상으로 후향적으로 의무기록을 검토하였다. 건강보험심사평가원에서 실시하는 병원평가의 하나인 수술예방항생제 사용의 3가지 적정성 평가지표(적절한 항생제 선택, 수술 전 1시간 이내 투여, 투여 기간)를 적정성 평가 대상인 수술과 그렇지 않은 수술로 구분하여 양군을 비교하고, 적정성 평가지표에는 포함되지 않았지만 일반적으로 지침에서 권고하는 비만인 환자에서 증량이나 수술 시간과 수술 중 실혈량에 따른 추가 투여 등이 적절히 시행되는지 확인하였다.

**결과:** 수술 27,320건 중 수술예방항생제를 투약한 19,637건을 분석하였다. 적정성 평가지표의 실행률은 적정성 평가대상 수술이 비평가대상 수술보다 높았으나, 수술 시간이 수술 전 투여한 항생제 반감기의 2배를 초과하였던 수술 중 항생제를 추가 투여한 경우는 1.2% (13/1,299)이었으며, 수술 중 실혈량이 1,500 mL 이상인 수술에서 항생제를 추가 투여한 경우는 3.3% (9/273)이었다. 수술 시간과 대량 실혈에 따른 추가 투여는 양군에서 유의한 차이는 없었다.

**결론:** 3가지 질 지표(적절한 항생제 선택, 수술 전 1시간 이내 투여, 투여 기간)는 적정성 평가대상 수술에서 비평가대상 수술에 비해 유의하게 양호한 결과를 보였다. 하지만 수술이 길어지거나 대량 실혈을 하는 경우, 혹은 비만인 경우에는 예방적 항균제 용량을 재조정해야 함에도 불구하고, 평가 대상 여부에 무관하게 매우 미흡한 결과를 보였다. 향후 수술예방항생제를

일반적인 권고사항에 따라 적절하게 사용하기 위한 노력과 관심이 더 필요하다.

## References

1. de Lissovoy G, Fraeman K, Hutchins V, Murphy D, Song D, Vaughn BB. Surgical site infection: incidence and impact on hospital utilization and treatment costs. *Am J Infect Control* 2009;37:387-97.
2. Steinberg JP, Braun BI, Hellinger WC, Kusek L, Bozikis MR, Bush AJ, et al; Trial to Reduce Antimicrobial Prophylaxis Errors (TRAPE) Study Group. Timing of antimicrobial prophylaxis and the risk of surgical site infections: results from the Trial to Reduce Antimicrobial Prophylaxis Errors. *Ann Surg* 2009;250:10-6.
3. Weber WP, Marti WR, Zwahlen M, Misteli H, Rosenthal R, Reck S, et al. The timing of surgical antimicrobial prophylaxis. *Ann Surg* 2008;247:918-26.
4. Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM, Perl TM, Auwaerter PG, Bolon MK, et al; American Society of Health-System Pharmacists; Infectious Disease Society of America; Surgical Infection Society; Society for Healthcare Epidemiology of America. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. *Am J Health Syst Pharm* 2013;70:195-283.
5. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999;20:250-78.
6. McDonald M, Grabsch E, Marshall C, Forbes A. Single- versus multiple-dose antimicrobial prophylaxis for major surgery: a systematic review. *Aust N Z J Surg* 1998;68:388-96.
7. ASHP Therapeutic Guidelines on Antimicrobial Prophylaxis in Surgery. American Society of Health-System Pharmacists. *Am J Health Syst Pharm* 1999;56:1839-88.
8. Bratzler DW, Houck PM; Surgical Infection Prevention Guidelines Writers Workgroup; American Academy of Orthopaedic Surgeons; American Association of Critical Care Nurses; American Association of Nurse Anesthetists; American College of Surgeons; American College of Osteopathic Surgeons; American Geriatrics Society; American Society of Anesthesiologists; American Society of Colon and Rectal Surgeons; American Society of Health-System Pharmacists; American Society of PeriAnesthesia Nurses; Ascension Health; Association of periOperative Registered Nurses; Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology; Infectious Diseases Society of America; Medical Letter; Premier; Society for Healthcare Epidemiology of America; Society of Thoracic Surgeons; Surgical Infection Society. Antimicrobial prophylaxis for surgery: an advisory statement from the National Surgical Infection Prevention Project. *Clin Infect Dis* 2004;38:1706-15.
9. Zelenitsky SA, Ariano RE, Harding GK, Silverman RE. Antibiotic pharmacodynamics in surgical prophylaxis: an association between intraoperative antibiotic concentrations and efficacy. *Antimicrob Agents Chemother* 2002;46:3026-30.
10. Edmiston CE, Krepel C, Kelly H, Larson J, Andris D, Hennen C, et al. Perioperative antibiotic prophylaxis in the gastric bypass patient: do we achieve therapeutic levels? *Surgery* 2004;136:738-47.
11. Choi WS, Song JY, Hwang JH, Kim NS, Cheong HJ. Appropriateness of antibiotic prophylaxis for major surgery in Korea. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007;28:997-1002.
12. Sakong P, Lee JS, Lee EJ, Ko KP, Kim CH, Kim Y, et al. Association between the pattern of prophylactic antibiotic use and surgical site infection rate for major surgeries in Korea. *J Prev Med Public Health* 2009;42:12-20.
13. Health Insurance Review & Assessment Service.

- HIRA web site on information. Quality assessment of the use of prophylactic antibiotics for surgery in 2012. <http://www.hira.or.kr/>
14. Korean society for the study of obesity. Guideline for obesity 2012, Seoul: Korean society for the study of obesity. 2012:17-21.
  15. World Health Organization. Obesity. <http://www.who.int/topics/obesity/en/>
  16. Kim ES, Park SW, Lee CS, Gyung Kwak Y, Moon C, Kim BN. Impact of a national hospital evaluation program using clinical performance indicators on the use of surgical antibiotic prophylaxis in Korea. *Int J Infect Dis* 2012;16:e187-92.
  17. Yoo S, Kim S, Lee KH, Jeong CW, Youn SW, Park KU, et al. Electronically implemented clinical indicators based on a data warehouse in a tertiary hospital: its clinical benefit and effectiveness. *Int J Med Inform* 2014;83:507-16.
  18. Falagas ME, Karageorgopoulos DE. Adjustment of dosing of antimicrobial agents for body-weight in adults. *Lancet* 2010;375:248-51.
  19. Pai MP, Bearden DT. Antimicrobial dosing considerations in obese adult patients. *Pharmacotherapy* 2007;27:1081-91.
  20. Forse RA, Karam B, MacLean LD, Christou NV. Antibiotic prophylaxis for surgery in morbidly obese patients. *Surgery* 1989;106:750-6.
  21. Scher KS. Studies on the duration of antibiotic administration for surgical prophylaxis. *Am Surg* 1997;63:59-62.
  22. Morita S, Nishisho I, Nomura T, Fukushima Y, Morimoto T, Hiraoka N, et al. The significance of the intraoperative repeated dosing of antimicrobials for preventing surgical wound infection in colorectal surgery. *Surg Today* 2005;35:732-8.
  23. Markantonis SL, Kostopanagiotou G, Panidis D, Smirniotis V, Voros D. Effects of blood loss and fluid volume replacement on serum and tissue gentamicin concentrations during colorectal surgery. *Clin Ther* 2004;26:271-81.
  24. Engelman R, Shahian D, Shemin R, Guy TS, Bratzler D, Edwards F, et al; Workforce on Evidence-Based Medicine, Society of Thoracic Surgeons. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: Antibiotic prophylaxis in cardiac surgery, part II: Antibiotic choice. *Ann Thorac Surg* 2007;83:1569-76.