

## 전국 7개 종합병원의 혈액 투석 환자의 Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* 비강 보균율과 분자역학 분석

김재석<sup>1</sup> · 이선화<sup>2</sup> · 정윤성<sup>3</sup> · 노경호<sup>4</sup> · 이해경<sup>5</sup> · 장숙진<sup>6</sup> · 이혜수<sup>7</sup> · 김정욱<sup>8</sup>  
이성희<sup>9</sup> · 염준섭<sup>10</sup> · 이상오<sup>11</sup> · 최정실<sup>12</sup> · 유소연<sup>13</sup> · 정재심<sup>14</sup> · 김미나<sup>15</sup>

한림대학교 의과대학 강동성심병원 진단검사의학과<sup>1</sup>, 네오딘의학연구소<sup>2</sup>, 울산대학교 의과대학 울산대학교병원 진단검사의학과<sup>3</sup>, 고려대학교 의과대학 안암병원 진단검사의학과<sup>4</sup>, 가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 진단검사의학과<sup>5</sup>, 조선대학교 의과대학 진단검사의학과<sup>6</sup>, 전북대학교 의과대학 진단검사의학과<sup>7</sup>, 울산대학교 의과대학 강릉아산병원 진단검사의학과<sup>8</sup>, 제주한마음병원 진단검사의학과<sup>9</sup>, 성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 내과<sup>10</sup>, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 내과<sup>11</sup>, 가천대학교 간호대학<sup>12</sup>, 가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 감염관리실<sup>13</sup>, 울산대학교 의과대학 임상전문간호학<sup>14</sup>, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 진단검사의학과<sup>15</sup>

## Nasal Colonization and Molecular Characterization of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* among Hemodialysis Patients in 7 Korean Hospitals

Jae-Seok Kim<sup>1</sup>, Sun-Hwa Lee<sup>2</sup>, Joseph Jeong<sup>3</sup>, Kyoung Ho Roh<sup>4</sup>, Hae-Kyung Lee<sup>5</sup>, Sook Jin Jang<sup>6</sup>,  
Hye Soo Lee<sup>7</sup>, Jeong-Uk Kim<sup>8</sup>, Sung Hee Lee<sup>9</sup>, Joon Sup Yeom<sup>10</sup>, Sang Oh Lee<sup>11</sup>, Jeong Sil Choi<sup>12</sup>,  
So-Yeon Yoo<sup>13</sup>, Jae Sim Jeong<sup>14</sup>, Mi-Na Kim<sup>15</sup>

Department of Laboratory Medicine, Hallym University College of Medicine, Kangdong Sacred Heart Hospital<sup>1</sup>, Neodin Medical Institute<sup>2</sup>, Department of Laboratory Medicine, University of Ulsan and Ulsan University Hospital<sup>3</sup>, Ulsan, Korea University College of Medicine, Anam Hospital<sup>4</sup>, Seoul, The Catholic University of Korea College of Medicine, Uijeongbu St. Mary's Hospital<sup>5</sup>, Uijeongbu, Chosun University College of Medicine<sup>6</sup>, Gwangju, Chonbuk National University Medical School<sup>7</sup>, Jeonju, University of Ulsan College of Medicine and Gangnung Asan Hospital<sup>8</sup>, Gangnung, Hanmaeum General Hospital<sup>9</sup>, Jeju, Department of Internal Medicine, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University, School of Medicine<sup>10</sup>, University of Ulsan College of Medicine and Asan Medical Center<sup>11</sup>, Seoul, Nursing College, Gachon University, Incheon<sup>12</sup>, Infection Control Office, The Catholic University of Korea College of Medicine, St. Vincent's Hospital<sup>13</sup>, Suwon, Department of Clinical Nursing, University of Ulsan College of Medicine<sup>14</sup>, Ulsan, Department of Laboratory Medicine, University of Ulsan College of Medicine and Asan Medical Center<sup>15</sup>, Seoul, Korea

**Background:** *Staphylococcus aureus* is a major bacteremia-causing pathogen in hemodialysis patients, frequently colonizing patient skin and mucosa. Active infection control is necessary to prevent methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) infection in hospitals; however, the spread of community-associated MRSA has recently become a concern for MRSA infection control. We evaluated the nasal colonization of MRSA among hemodialysis patients and the molecular characterization of the MRSA isolates.

**Methods:** Nasal swabs were obtained from 482 hemodialysis patients in 7 nationwide hospitals in November 2009, and cultured for MRSA colonization. Swabs were inoculated and cultured in 6.5% NaCl tryptic soy broth, then subcultured on MRSASelect medium (Bio-Rad, Hercules, CA) for 20-24 h. Multiplex PCR was performed to analyze staphylococcal cassette chromosome *mec* (SCC*mec*) types of MRSA isolates.

**Results:** Of 482 hemodialysis patients, 57 (11.8%) carried MRSA, ranging from 6.7% to 19.0%. Among the 57 MRSA isolates, we identified 3 (5.3%) SCC*mec* II, 1 (1.8%) SCC*mec* IIA, 30 (52.6%) SCC*mec* IIB, 1 (1.8%) SCC*mec* III, 6 (10.5%) SCC*mec* IV, and 16 (28.1%) SCC*mec* IVA subtypes.

**Conclusion:** The MRSA carriage rate (11.8%) of hemodialysis patients in this study was high. The SCC*mec* IIB subtype, a healthcare-associated strain, was the predominant strain, although SCC*mec* IV isolates, typically found in community-associated MRSA infections, were also frequently observed. To prevent healthcare-associated MRSA infections in hemodialysis patients, standardized infection control measures should be performed, and efforts to reduce MRSA carriage rates should be considered.

**Keywords:** Colonization, Dialysis unit, Hemodialysis, Infection control, MRSA, *Staphylococcus aureus*

Received: August 21, 2013

Revised: October 10, 2013

Accepted: October 18, 2013

Correspondence to: Mi-Na Kim, Department of Laboratory Medicine, University of Ulsan and Asan Medical Center, 88, Olympic-ro 43 gil, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea

Tel: 02-3010-4511, Fax: 02-478-0884

E-mail: mnkim@amc.seoul.kr

\*This study was granted by Korean Centers for Disease Control and Prevention in 2009.

## Introduction

투석 환자는 면역기능이 저하된 경우가 많고, 투석을 위해 투석용 중심정맥관 카테터나 동정맥루 등을 가지고 있어 감염의 위험성이 높고[1], 투석 중에 혈액과 체액에 노출이 될 수 있으며 수혈 받는 경우도 많아 감염에 취약하다. 또한, 혈액 투석 환자는 장기적으로 투석실을 이용함에 따라 항균제 내성균에 노출되거나 감염증에 이환될 위험이 비교적 높으며, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)나 vancomycin-resistant enterococci (VRE) 같은 항균제 내성균을 보균할 위험도 상대적으로 높다[2-4]. *S. aureus*를 보균한 환자에서는 감염증의 위험이 높아진다고 알려져 있으므로, 수술을 위해 입원한 환자나, 투석환자, 감염의 위험이 높은 환자에서는 비강에 mupirocin 도포를 고려할 것을 권장하고 있다[5].

우리나라 투석환자에서도 MRSA 감염증이 제일 흔하게 발생하는데, 혈액투석을 위한 카테터 삽입시 14.1%에서 혈류감염이 발생하고 이중 MRSA가 30%로 가장 많았으며[6], 또 다른 투석실에서는 전체 혈류감염의 36%가 *S. aureus* 이며 이 중 MRSA가 반을 차지하였고, *Staphylococcus* species, *Streptococcus* species, *Enterococcus* species 등의 피부와 점막 상재균이 주요 원인균이라는 보고도 있다[7].

이 연구는 국내 7개 병원을 대상으로 투석실 환자와 의료진의 비강 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) 보균율을 조사하며, MRSA 균주의 분자생물학적인 분석을 통하여 국내 투석환자에 대한 MRSA 감염관리의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## Materials and Methods

2009년 11월에 전국 7개 종합병원의 혈액투석 환자와 의료인을 대상으로 비강내 도말 검체를 얻었으며 각 기관당 50-100개 정도의 검체를 수집하였다. 비강 도말 검체는 6.5% NaCl tryptic soy broth인 MRSA swab (아산제약, 서울, 대한민국)에 넣어 35°C에서 1일간 배양한 뒤, 배양액 1 방울을 MRSASelect(Bio-Rad, Hercules, CA) 평판

배지에 접종하여 20-24시간 배양하였다. MRSA 의심 집락이 자란 배지는 냉장 보관하면서, 수일 이내에 중앙검사실로 운송하였다. 배지에 환자, 의사, 간호사를 구분하는 것 외에 다른 정보는 표시하지 않았다.

*S. aureus*로 동정된 균주는 oxacillin 또는 cefoxitin 디스크 확산법으로 메티실린 내성을 확인하였다. MRSA에 대해서는 staphylococcal cassette chromosome *mec* (SCC*mec*) 유형 분석을 multiplex PCR로 시행하여[8], *mecA* 유전자 확인과 분자생물학적 분석을 시행하였다. Panton-Valentine leukocidin (PVL)은 PCR로 검사하였다[9].

## Results

투석환자 482명 중 57명(11.8%)에서 MRSA가 분리되었으며, 병원별로 환자들의 보균율은 6.7%에서 19%까지 다양하였다(Table 1).

투석 환자에서 분리된 MRSA 57 균주의 SCC*mec* 유형 분석 결과 SCC*mec* II 3 균주(5.3%), SCC*mec* IIa 1 균주 (1.8%), SCC*mec* IIb 30 균주 (52.6%), SCC*mec* III 1 균주(1.8%), SCC*mec* IV 6 균주 (10.5%), SCC*mec* IVa 16 균주(28.1%)였으며, Panton-Valentine leukocidin 유전자는 SCC*mec* IV 1 균주에서만 검출되었다. 아형을 종합하면 SCC*mec* II 형이 34 균주로 제일 많았고, SCC*mec* IV 형이 28 균주, SCC*mec* III 형 1 균주로 조사되었다.

의료인은 기관별 평균 검사자 수가 13명이었고, MRSA는 간호사 67명 중 5명(7.5%), 의사 24명 중 1명(4.2%)에서 분리되었으며, 검체 수집에 참여한 6개 병원 중 3개 병원에서만 분리되었다. 간호사에서 분리된 5 균주의 SCC*mec* 유형은 SCC*mec* IIb 2 균주, SCC*mec* IV 1 균주, SCC*mec* IVa 2 균주였으며, 의사에서 분리된 1 균주는 SCC*mec* IVa 형으로서 의료인의 비강에서는 지역사회 유행 MRSA가 상대적으로 높게 분리되었다.

## Discussion

*S. aureus*는 혈액투석, 지속적 복막투석, 당뇨, 말기 간 질환자, HIV 감염, *S. aureus* 피부감염,

**Table 1.** Characteristics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates from nasal swabs of dialysis patients and nurses according to the hospitals and particular SCCmec subtypes

Hospital No.	No. of patients	No. (%) of MRSA carriage in patients	No. (%) of SCCmec subtypes						No. of nurses	No. (%) of MRSA carriage in nurses	No. (%) of SCCmec subtypes		
			II	IIa	IIb	III	IV	IVa			IIb	IV	IVa
1	45	3 (6.7)			3				11	0			
2	78	6 (7.7)		1	3		2		N/A	N/A			
3	84	8 (9.5)	1					7	13	2 (15.4)	1		1
4	50	5 (10.0)	1		2		1	1	10	2 (20.0)	1	1	
5	54	6 (11.1)			3			3	13	0			
6	87	13 (14.9)			7	1	2*	3	11	0			
7	84	16 (19.0)	1		12		1	2	9	1 (11.1)			1
Total	482	57 (11.8)	3 (5.3)	1 (1.8)	30 (52.6)	1 (1.8)	6 (10.5)	16 (28.1)	67	5 (7.5)	2 (40.0)	1 (20.0)	2 (40.0)

\*One of SCCmec IV MRSA isolate possessed Panton-Valentine leukocidin gene.

비만, 뇌혈관질환 등의 환자에서 보균하는 경우가 많으며, 또한 보균자는 *S. aureus*에 의한 감염증이 발생할 위험이 높다[10]. 투석환자는 병원감염이나 지역사회 감염에 취약할 수 있으며, 특히 MRSA에 의한 감염증이 발생하는 경우 MRSA 감염증으로 인한 사망의 위험이 높아질 뿐만 아니라 전반적인 사망률도 높아진다고 한다. 2007년 독일의 한 투석전문기관에서 감염증상이 없는 혈액투석환자를 대상으로 비강 보균율을 전향적으로 조사하였을 때 MRSA 보균율은 12%로 본 연구의 11.8%와 유사하였다. 또한, pulsed-field gel electrophoresis 분석결과 다양한 유전형을 보임으로써 대부분 MRSA 보균자는 투석 환자간 전파나 의료진간의 전파가 원인이라기보다는 이전의 입원시 획득한 것으로 추정되었다. 이들 MRSA 보균자를 mupirocin으로 치료한 결과 12개월간 *S. aureus*로 인한 감염증이 발생하지 않았다[11]. 2011년 대만의 보고에서는 혈액투석환자 중 MRSA 보균자는 9.48%로서 다양한 요인으로 인해 사망할 위험이 2.46배 높다고 하였고, 감염과

연관된 사망률은 4.99배, *S. aureus* 감염발생은 4.31배가 높았다고 한다[12]. 2013년 싱가포르의 연구에서도 투석환자의 MRSA 보균율은 15.1%로 다른 입원환자의 5.8%에 비해 높았고, MRSA 감염의 상대적 위험도도 3.2배 높았다[13].

투석 환자는 투석을 위해 자주 병원을 방문하며, 입원하는 경우도 발생하므로 MRSA를 보균할 위험이 높고, 투석환자에서 MRSA 전파 경로를 찾기 위해 MRSA의 분자생물학적 역학조사가 다양하게 이루어졌다. 투석기관의 의료진에서 분리된 MRSA를 환자에서 분리된 MRSA와 분자역학형별을 비교했을 때 서로 달라서, 의료진과 환자 간에 MRSA가 전파되지 않았다는 보고가 있다[11]. 2012년 대만에서의 보고는 혈액투석 환자가 보균한 MRSA의 대부분이 CA-MRSA인 SCCmec IV, V, V<sub>T</sub> 유형이었으므로[14], CA-MRSA에 의한 전파 위험도 적지 않을 것으로 생각한다. 그러나, 2013년 MRSA 보균율이 8.9%였던 일본의 혈액투석환자에게서는 주로 SCCmec II, III 유형이 분리되어 HA-MRSA가 많았으나, 의료진과 혈액투석환자가 보균하고 있

는 MRSA는 유전자 형이 다른 것으로 나타났다 [15]. 최근 전세계적으로 SCCmec IV형인 CA-MRSA가 문제가 되는데, 우리나라에 유행하는 CA-MRSA의 SCCmec 유전형도 SCCmec IVa으로 알려져 있다[16]. 혈액투석환자는 주로 지역사회에 거주하지만, 병원 투석실에 자주 방문하게 되어 CA-MRSA의 보균 위험이 높을 것으로 추정된다.

이번 연구에서는 국내 종합병원 투석환자의 MRSA 보균율은 6.7%-19.0% (평균 11.8%)로 상당수 환자가 비강내 MRSA 보균자였다. 환자와 의료진에서 분리된 MRSA 균주는 SCCmec IIb 형 또는 IV와 IVa 형이 우세하여 HA-MRSA와 CA-MRSA가 혼재하고 있음을 시사한다. 전체 투석환자 482중 CA-MRSA로 알려진 SCCmec IV 유형은 총 22명에서 검출되어 전체 환자의 4.6%를 차지하였다. 미국 미시건에서 2006년 조사한 혈액투석 환자의 MRSA 보균율 21.7%와 CA-MRSA 보균율 8.3% [17]에 비해서는 이번 연구조사 결과는 낮았지만, 국내에서도 상당수 혈액투석 환자는 CA-MRSA를 보균하고 있는 것으로 생각한다. HA-MRSA로 추정되는 SCCmec IIb 형이 많이 분리된 기관에서는 다른 기관보다 MRSA 보유율이 상대적으로 높은 경향을 보여서 병원 입원시 MRSA에 노출된 경우가 많은 것으로 추정된다. 하지만 SCCmec IV, IVa 형도 40% 가까이로 높으므로 지역사회 유래 MRSA의 전파 가능성에 대한 주의가 필요할 생각한다. 또한 국내에 거의 없는 것으로 알려진 PVL 양성 SCCmec IV 형도 1 균주 분리되었으므로, 이 균종의 유입에도 주의를 기울여야 할 것으로 생각한다.

의료진에서 MRSA가 분리된 3개 기관에서는 기관당 MRSA 보균자는 1-2명으로서, 간호사의 보균율은 11.1%, 15.4%, 20.0%이었는데, 환자의 보균율은 각각 19.0%, 9.5%, 10.0%로 환자 보균율이 높다고 의료진의 보균율이 높다고 보기는 어려웠으며, 간호사에게서 분리된 MRSA의 SCCmec 유형은 SCCmec IIb 2명, SCCmec IV 1명, SCCmec IVa 2명으로 CA-MRSA가 많았다.

최근 MRSA의 적극감시배양의 유용성과 치료에 대한 논의가 많이 있었다[18-20]. 투석환자나

수술 환자에서는 *S. aureus* 보균자에 대한 mupirocin 제균법이 전체적인 *S. aureus* 감염의 위험을 낮출 수 있는 것으로 알려져 있다[5]. 투석환자를 대상으로 MRSA 보균자를 7년간 추적 관찰한 독일의 연구에서는 처음 4년간은 MRSA 보균자와 비보균자의 생존률이 다르지 않지만, 그 이후에는 MRSA 보균자의 전체 사망률은 55.9%로 비보균자의 37.4%에 비해 낮았고, 특히 mupirocin으로 치료했을때 MRSA 치료가 성공한 군에서 46.1%가 사망한 반면, MRSA 치료가 실패한 군에서는 87.5%가 사망한 것으로 보아 MRSA 보균 여부가 환자의 예후를 추정하는 한 인자가 된다고 하였다[21]. 일반적으로 비강내 *S. aureus* 보균자에 대한 mupirocin 제균법은 일상적으로 사용되고 있지는 않으나, 수술을 위해 입원한 환자, 투석환자, 감염의 위험이 있는 환자에서 사용을 고려해야 한다[5]. 이 연구는 MRSA 보균률과 혈류감염의 연관성에 대한 연구나, 분자역학분석을 통해 전파양상을 추적한 연구가 아니므로, 국내의 투석실 MRSA 전파 양상을 파악하기에는 한계가 있으나, 국내에서 처음으로 다기관 혈액투석 환자의 MRSA 보균률과 SCCmec 유전형을 조사한 것으로 의의가 있다.

저자들이 혈액투석 환자의 비강내 MRSA 보균 여부를 시험하고, MRSA의 분자생물학적 유형 분석을 시행한 결과 상당수 혈액투석 환자가 MRSA 보균자로 조사되었다. MRSA를 보균한 혈액투석환자에서는 MRSA 혈류감염의 위험이 높다고 알려져 있으므로, 투석실에서는 MRSA의 보균자에 대한 적극감시배양의 시행과 MRSA 제균에 대한 고려가 필요할 것이며, 투석실내 적극적인 MRSA 전파 방지 지침을 시행해야 할 것으로 생각한다.

## Summary

**배경:** *Staphylococcus aureus*는 혈액투석환자에서 균혈증을 일으키는 중요한 원인균 중의 하나이며, 피부와 점막의 상재균이 주요 원인으로 알려져 있다. 병원내에서는 methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA)에 대한 적극적인 감염관리가 필요하며, 최근에는 지역사회획득 MRSA의 확산이

문제되고 있다. 이 연구에서는 전국 7개 병원의 투석실 환자의 비강내 MRSA 보균 유무를 파악하고, MRSA 균주의 분자역학분석을 통해 주된 MRSA 균종을 파악하고자 하였다.

**방법:** 2009년 11월에 전국 7개 병원의 투석실에서 혈액투석을 받는 환자 482명을 대상으로 MRSA 보균 여부를 조사하였다. 비강도말은 6.5% NaCl typtic soy broth에 증균한 뒤 MRSASelect 배지(Bio-Rad, Hercules, CA)에 접종하여 20-24시간 배양하였다. MRSA로 동정된 균주는 multiplex PCR로 staphylococcal cassette chromosome *mec* (SCC*mec*) 유형분석을 시행하였다.

**결과:** 혈액투석환자 482명 중 57명(11.8%)에서 MRSA가 분리되었으며, 병원별로 보균율은 6.7%-19.0% 범위를 보였다. MRSA 57 균주의 SCC*mec* 유형은 SCC*mec* II 3주(5.3%), SCC*mec* IIa 1주(1.8%), SCC*mec* IIb 30주(52.6%), SCC*mec* III 1주(1.8%), SCC*mec* IV 6주(10.5%), SCC*mec* IVa 16주(28.1%)였다.

**결론:** 우리나라 혈액투석환자의 MRSA 비강내 보균율은 11.8%로 비교적 높은 것으로 보이며, MRSA 균주에서 병원에서 주로 분리되는 SCC*mec* IIb가 가장 흔히 분리되었으나, 지역사회획득 균주인 SCC*mec* IV 유형의 비율도 적지 않았다. 혈액투석환자에서 MRSA 감염위험을 줄이기 위해 감염관리를 강화해야 하며, MRSA 보균율을 줄이기 위한 노력이 필요할 것으로 생각한다.

## References

1. Ravani P, Palmer SC, Oliver MJ, Quinn RR, MacRae JM, Tai DJ, et al. Associations between hemodialysis access type and clinical outcomes: a systematic review. *J Am Soc Nephrol* 2013;24: 465-73.
2. Parker MG and Doebbeling BN. The challenge of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* prevention in hemodialysis therapy. *Semin Dial* 2012;25:42-9.
3. Snyder GM and D'Agata EM. Novel antimicrobial-resistant bacteria among patients requiring chronic hemodialysis. *Curr Opin Nephrol Hyper-*
4. tens 2012;21:211-5.
4. Kee SY, Park CW, Lee JE, Kwon YJ, Pyo HJ; Western Dialysis Physical Association, et al. Healthcare-associated risk factors of vancomycin-resistant Enterococci colonization among outpatients undergoing hemodialysis. *Jpn J Infect Dis* 2012;65:57-60.
5. van Rijen M, Bonten M, Wenzel R, Kluytmans J. Mupirocin ointment for preventing *Staphylococcus aureus* infections in nasal carriers. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;(4):CD006216.
6. Kim HJ, Kim SH, Park WD. The difference of complications and overall survival according to the types of vascular access in hemodialysis. *Korean J Med* 2004;67:22-32.
7. Lee J, Kim S, Jeong J. A study of the bloodstream infections in one university hospital hemodialysis patients. *Korean J Nosocomial Infect Control* 2005;10:19-31.
8. Oliveira DC and de Lencastre H. Multiplex PCR strategy for rapid identification of structural types and variants of the *mec* element in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Agents Chemother* 2002;46:2155-61.
9. Lina G, Piémont Y, Godail-Gamot F, Bes M, Peter MO, Gauduchon V, et al. Involvement of Panton-Valentine leukocidin-producing *Staphylococcus aureus* in primary skin infections and pneumonia. *Clin Infect Dis* 1999;29:1128-32.
10. Wertheim HF, Melles DC, Vos MC, van Leeuwen W, van Belkum A, Verbrugh HA, et al. The role of nasal carriage in *Staphylococcus aureus* infections. *Lancet Infect Dis* 2005;5:751-62.
11. Lederer SR, Riedelsdorf G, Schiff H. Nasal carriage of methicillin resistant *Staphylococcus aureus*: the prevalence, patients at risk and the effect of elimination on outcomes among outclinic haemodialysis patients. *Eur J Med Res* 2007;12: 284-8.
12. Lai CF, Liao CH, Pai MF, Chu FY, Hsu SP, Chen HY, et al. Nasal carriage of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* is associated with higher

- all-cause mortality in hemodialysis patients. Clin J Am Soc Nephrol 2011;6:167-74.
13. Yeoh LY, Tan FL, Willis GC, Ooi ST. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* carriage in hospitalized chronic hemodialysis patients and its predisposing factors. Hemodial Int 2013, in press.
  14. Kang YC, Tai WC, Yu CC, Kang JH, Huang YC. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* nasal carriage among patients receiving hemodialysis in Taiwan: prevalence rate, molecular characterization and de-colonization. BMC Infect Dis 2012;12:284.
  15. Uehara Y, Kuwahara-Arai K, Hori S, Kikuchi K, Yanai M, Hiramatsu K. Investigation of nasal methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* carriage in a haemodialysis clinic in Japan. J Hosp Infect 2013;84:81-4.
  16. Yi J and Kim EC. Microbiological Characteristics of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Korean J Clin Microbiol 2010;13:1-6.
  17. Johnson LB, Jose J, Yousif F, Pawlak J, Saravolatz LD. Prevalence of colonization with community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among end-stage renal disease patients and healthcare workers. Infect Control Hosp Epidemiol 2009;30:4-8.
  18. Hong SK, Kim TS, Park KU, Kim JS, Kim EC. Active surveillance for multidrug-resistant organisms. Ann Clin Microbiol 2013;16:53-60.
  19. Yoo JH. Could the active surveillance culture and decolonization reduce infections by nosocomial methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*? Korean J Nosocomial Infect Control 2009;14:8-14.
  20. Jeon JH and Kim HB. Active surveillance culture for methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. Korean J Nosocomial Infect Control 2009;14:1-7.
  21. Schmid H, Romanos A, Schiffl H, Lederer SR. Persistent nasal methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* carriage in hemodialysis outpatients: a predictor of worse outcome. BMC Nephrol 2013;14:93.