

## 일부 어린이집의 실내공기 중 메치실린내성 포도알균의 오염 실태 및 특성

김종오 · 김영진\*

동남보건대학교 환경보건과, \*(주)청룡환경

### A Study on the Concentration and Characteristics of Methicillin-resistant Staphylococci in the Indoor Air of Childcare Facilities

Jong Oh Kim and Young Jin Kim\*

Department of Environmental Health, Dongnam Health University

\*Chung Ryong Environment Co., LTD.

#### ABSTRACT

**Objectives:** This study aims to understand the concentration, diversity, and antibiotic characteristics of staphylococci present in the indoor air of child-care facilities.

**Methods:** Air sampling was performed from October 2012 to January 2013 in 120 child-care facilities in Seoul, Korea. Methicillin-resistant bacteria were selected from the total obtained airborne bacteria and subjected to 16S rRNA analysis for methicillin-resistant staphylococcal species determination. Identified staphylococcal strains were tested for resistance to a range of antibiotics.

**Results:** Average total airborne bacterial concentration was  $508.9 \pm 246.3$  CFU/m<sup>3</sup>. Indoor concentration of total airborne bacteria had a significant positive correlation with the CO<sub>2</sub> concentration in the child-care facilities. Methicillin-resistant staphylococci were present in 13.3% of the child-care facilities studied. A total of four species (*S. epidermidis*, *S. cohnii*, *S. saprophyticus*, *S. sp.*) and 55 strains were identified from the indoor air of the child-care facilities. *Staphylococcus cohnii* was the most common species (54.5%), followed by *S. epidermidis* (38.2%). All of the isolated staphylococcal strains exhibited high resistance to oxacillin, erythromycin, mupirocin, and ceftizoxime. Especially, *S. saprophyticus* strains showed more multidrug resistance to oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin, and tetracycline than did other species.

**Conclusion:** The results of this study showed that a monitoring system for multidrug-resistant bacteria is needed in facilities for children, as the community-associated infections of these bacteria are increasing.

**Keywords:** Methicillin-resistant staphylococci, coagulase-negative staphylococci, total airborne bacteria, child-care facilities, indoor air

#### I. 서 론

포도알균속 (*Staphylococcus*)은 그람양성의 구균으로 약 40개 이상의 종을 포함하고 있으며 대부분은

해가 없고, 일반적으로 사람이나 동물의 피부나 점액질 막에 거주하고 있다.<sup>1)</sup> 이들 포도알균은 혈장을 응고시키는 coagulase의 생산 여부에 따라 2개의 그룹으로 나누어지며, coagulase를 생산하는 *S. aureus*와

†Corresponding author:

coagulase음성포도알균(coagulase-negative staphylococci, CNS)로 분류된다.<sup>2)</sup>

황색포도알균(*S. aureus*)은 피부감염, 균혈증 폐렴, 식중독 등의 감염증을 일으키며 특히 메티실린에 내성을 나타내는 황색포도알균(methicillin-resistant *S. aureus*: MRSA)은 항생물질에 대한 내성을 갖지 않는 본래의 황색포도알균보다 독성은 증가하지 않으나 이 MRSA감염으로 인해 항생제치료를 어렵게 하여 환자나 면역체계가 약한 사람들을 위협하게 할 수 있다.<sup>3)</sup> 이 MRSA는 병원에서 가장 많이 분리되는 의료관련감염 원인균의 하나로 알려져 있으며, 최근에는 의료감염 (healthcare-associated) MRSA와 지역사회 획득 MRSA(community associated MRSA: CA-MRSA)가 증가하면서 상호간의 역학에 대하여 세계적으로 관심이 고조되고 있다.<sup>4,8)</sup> 또한 황색포도알균은 외생독소를 분비하여 toxic shock syndrome이나 Staphylococcal Scalded Skin Syndrome 과 같은 질병을 일으키기도 한다.<sup>2)</sup> 국내 종합병원을 대상으로 한 조사에서도 환자의 임상 검체에서 분리된 황색포도알균의 75%가 메티실린에 대해 내성을 보였다.<sup>9)</sup> 이처럼 환자에게서 높은 비율로 MRSA를 보유하고 있기 때문에 환자나 의료진과 환경간의 접촉을 통한 전파의 위험성이 매우 높다고 할 수 있다.<sup>10)</sup>

coagulase음성포도알균은 1980대 전까지는 의료시료에서 흔히 발견되는 비병원성으로 거의 해가 없는 세균으로 간주되었다. 그러나 1980년대 혈관 catheter 환자에게서 패혈증을 유발하는 것으로 밝혀진 이후로 병원 내 환자나 통원환자에 있어 중요한 감염원으로 취급되고 있으며, 병원에서 흔하게 발견되고 있는 미생물 중 하나이다.<sup>11)</sup> 이 기회감염성균들은 bacteraemia, central nervous system shunt infection, endocarditis, urinary tract infection, surgical site infection, endophthalmitis, foreign body infection 등을 일으킬 수 있으며, 이들은 면역기능이 떨어진 환자나 미숙아들에게 있어 중대한 감염을 일으키고 있다.<sup>12,13)</sup> 또한, 이들 CNS는 널리 사용되고 있는 항생제들에 대해 내성을 갖고 있으며, 특히 vancomycin 내성 치료에 사용되는 linezolid에 대해서도 내성을 보이는 coagulase음성포도알균도 보고되고 있어 그 위험성이 증가하고 있다.<sup>14)</sup>

국내에서 조사된 일부 논문에서 어린이집의 실내

공기에서 포도알균이 검출된다고 보고되었으나 이들의 항생제 내성 특성에 대해서는 조사된 바가 없으며,<sup>15,16)</sup> Szweczyk 등<sup>17)</sup>의 논문에서도 소아 중환자실 실내에 분포하는 포도알균의 분리 및 이들의 항생제에 대한 내성을 조사하였으나 MRSA 등의 지역사회감염 가능성이 높은 어린이집에서의 연구는 이루어지고 있지 못하고 있다.<sup>18)</sup> 따라서 본 연구의 목적은 어린이집에 분포하는 메티실린 내성균의 오염도를 확인하고, 부유세균 중 메티실린에 대해 내성을 보이는 포도알균의 확인 및 동정, 다른 항생제에 대한 내성을 확인하는데 있다. 또한, 민감 계층인 어린이들이 오랜 시간 거주하고 있는 어린이집의 총부유세균을 측정하고 총부유세균과 이들의 오염도에 영향을 준다고 알려진 실내환경요인과의 관계를 살펴보고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사대상

서울 지역에 위치한 120개 어린이집을 대상으로 2012년 10월부터 2013년 1월까지 어린이집의 총부유세균, 메티실린 내성 포도알균을 측정하였다.

실내공기의 시료는 어린이들이 가장 많이 생활하는 공간인 거실이나 놀이방에서 오전 10시부터 오후 4시 사이에서 채취하였으며, 부유세균과 환경요인간의 연관성을 알아보기 위해, 이산화탄소, 상대습도, 실내온도 등의 환경요인도 함께 측정하였다.

### 2. 시험방법

1) 실내공기 중 부유세균 측정 및 메티실린 내성 포도알균의 분리

#### a. 부유세균의 측정

시료포집은 충돌법의 측정기기인 세균포집기(MAS-100, Merck, USA)를 측정 장소에 따라 1.2~1.5 m 높이로 설치하여 100 L/min의 유속으로 2분 30초 동안 포집하였다. 포집이 완료된 tryptic soy agar(MERCK, Germany)는 미생물실로 운반하여 35°C에서 48시간 동안 배양기(MIR-253/152, SANYO, JAPAN)에서 배양 후 콜로니를 측정하였다. 배양 중에 발생하는 곰팡이의 성장을 저해시키기 위해 cycloheximide(Sigma-Aldrich, USA)를 50 mg/L의 농도로 첨가하였다.

b. 메치실린 내성 포도알균의 분리

TSA에 oxacillin(Sigma-Aldrich, USA)을 25 g/mL의 농도로 첨가하여 선별배지를 조제한 후 총부유세균 배지에서 출현한 콜로니를 이쭈시개로 선별배지에 옮겨 찍어 oxacillin 내성균을 선별하였다.<sup>17)</sup> 선별된 콜로니는 그람염색(YD Diagnostics, Korea)을 실시하여 현미경 (BX50, OLYMPUS, Japan)으로 그람 양성 구균을 선별하였다.

2) 분자유전학적방법을 이용한 균주동정

포도알균의 동정을 위한 세균의 16S rRNA의 증폭은 순수분리한 세균의 콜로니를 이용하여 colony PCR을 수행하였다. PCR장비로는 ABI9700(Applied Biosystems, USA)를 이용하였고, 16S rRNA를 증폭하기 위해 9F (5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3')와 1512R (5'-ACGGCTACCTTGTTACGACTT-3')를 primer로 사용하였다. PCR 반응액은 PCRMix (Bioneer, Korea) 10 µL, 10 pmol primer 각각 2 µL, template DNA 2 µL, 3차 증류수 14 µL를 가하여 총 30 µL로 조절하여 사용하였다. PCR 반응조건은 predenaturation을 94°C에서 10분, denaturation을 94°C에서 45초, annealing을 55°C에서 45초, extension을 72°C에서 1분로 하여 30회 중합하였다. final extension은 72°C에서 10분으로 하였다. 증폭된 PCR 산물을 1% agarose gel(E&S, Korea)상에서 전기영동으로 확인하였고 PCR 산물 정제 kit(Genotech, Korea)를 이용하여 정제하였다. 정제된 PCR 산물은 (주)제노텍(Daejun, Korea)에 의뢰하여 ABI3730 (Applied Biosystems, USA)을 이용하여 염기서열을 분석한 후 NCBI Data base와 비교하여 유사성을 확인하였다.

3) 환경인자 측정

실내온도와 상대습도, 이산화탄소는 CO<sub>2</sub> 분석기(7545, TSI, USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 메치실린 내성 포도알균의 항생제 내성조사

분리된 포도알균의 항생제 감수성 조사는 디스크 확산법을 적용하였다. Müller-Hinton broth(Difco, USA)에 시험균주를 배양한 후 0.5 McFarland standard에 맞추어 탁도를 조절하였다. Müller-Hinton agar(Difco, USA)에 도말한 후 12종의 항생제 디스크(Oxoid, UK)를 놓은 후 35°C에서 22시간 배양하

Table 1. Environmental factors in child-care facilities

	Temp.(°C)	Relative Humidity(%)	CO <sub>2</sub> (ppm)
mean	18.6	36.8	1138.7
S.D	2.0	10.4	550.8
Max	22.8	56.1	3027
Min	12.2	13.3	432

Table 2. Correlation relationship between airborne bacteria and environmental factors

	Airborne bacteria	Temperature	Relative Humidity	CO <sub>2</sub>
Airborne bacteria	1.00			
Temperature	0.05 (P>0.05)	1.00		
Relative Humidity	0.25 (P>0.05)	0.06 (P>0.05)	1.00	
CO <sub>2</sub>	0.50 (P<0.05)	0.10 (P>0.05)	0.15 (P>0.05)	1.00

였으며, 억제대의 직경을 mm 단위로 측정하여 Clinical Laboratory Standards Institute(CLSI) guideline에 따라 해석하였다.<sup>19)</sup>

4. 통계처리

SPSS 14.0 for Windows로 부유세균 농도와 환경인자간의 상관관계는 Correlation analysis 방법을 적용하여 통계적 유의성을 검정하였다.<sup>16)</sup>

III. 결 과

1. 어린이집 환경요인 측정

Table 1에서 나타난 바와 같이 조사기간 중 어린이집의 평균 실내 온도는 18.6±2.0, 상대습도는 36.8±10.4%로 나타났으며, 이산화탄소의 경우 평균 1138 ppm으로 측정되었다.

2. 총부유세균의 오염도 및 환경요인과의 관계

측정된 120곳의 어린이집 총부유세균의 평균 오염도는 508.9±246.3 CFU/m<sup>3</sup>로 기준에 발표된 어린이집의 부유세균오염도에 비해 낮은 오염도를 보였는데,<sup>20,21)</sup> 이는 측정기간이 동절기로 실내 보온을 위해 창문 등의 환기시설을 닫음으로써 실외 세균에 의한

**Table 3.** Indoor concentrations of total airborne bacteria and oxacillin resistant bacteria in child-care facilities

	Total airborne bacteria*	1 <sup>st</sup> selection (oxacillin resistant bacteria)	2 <sup>nd</sup> selection (Gram staining)
mean(CFU)	126	10	2
S.D(CFU)	62	11	5

\* air sampling volume : 250 L

영향이 감소하여 낮은 오염도를 보인 것으로 판단된다.<sup>16)</sup> 측정대상의 7.5%인 9곳에서는 기준치인 800 CFU/m<sup>3</sup>을 초과하였다. 가장 높은 곳은 1,560 CFU/m<sup>3</sup>로 기준치의 2배에 육박하였다.

Table 2에서 실내 부유세균 오염도와 환경요인과의 관계에서는 이산화탄소 농도와 양의 상관성이 통계적으로 입증되었다(p<0.05).

**3. 메치실린 내성 부유세균 오염도**

Table 3에서 보면 어린이집 평균 10 CFU의 내성

균이 검출되었으며 총부유세균의 7.9%가 oxacillin에 내성을 나타냈다. Oxacillin에 내성을 보이는 균주를 그람 염색과 현미경 관찰을 통해 그람 양성 구균을 선별한 결과 내성균 중 20%를 차지하고 있었다.

**4. 메치실린 내성 포도알균의 종분류**

그람 양성균 구균으로 판정된 216개의 균을 PCR로 균의 유사성을 조사한 결과, Table 4에서와 같이 4종의 coagulase음성포도알균과 이들의 55개의 균주가 확인되었다. Oxacillin 내성을 보인 포도알균이 검출된 어린이집은 16개로 조사대상 어린이집의 13.3%를 차지하고 있다.

Table 5의 결과를 보면 본 연구에서도 검출된 포도알균 중 *S. cohnii*와 *S. epidermidis*가 각각 54.5%와 38.2%로 우점종을 차지하고 있다. *S. cohnii*가 검출된 어린이집은 8곳, *S. epidermidis*는 7곳에서 검출되었고 한 어린이집에서는 *S. cohnii*와 *S. epidermidis* 두 종이 모두 검출되었다. Oxacillin 내성 *Staphylococcus saprophyticus*와 *Staphylococcus sp.*는 각각 한 곳에서 확인되었다.

**Table 4.** Number of staphylococcal strains of Indoor Air of child-care facilities

Childcare facility	Number of oxacillin-resistant bacteria	Number of staphylococcal strains	
		species	Number of strains
A	14	<i>Staphylococcus cohnii</i>	2
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3
B	9	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3
C	5	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2
D	13	<i>Staphylococcus cohnii</i>	6
E	5	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2
F	53	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4
G	58	<i>Staphylococcus cohnii</i>	5
H	5	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2
I	31	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	5
J	18	<i>Staphylococcus cohnii</i>	5
K	13	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	2
L	6	<i>Staphylococcus cohnii</i>	2
M	34	<i>Staphylococcus sp.</i>	2
N	6	<i>Staphylococcus cohnii</i>	3
O	4	<i>Staphylococcus cohnii</i>	2
P	13	<i>Staphylococcus cohnii</i>	5
Total			55

**Table 5.** Frequency of staphylococcal species isolated from indoor air of child-care facilities

Species	Number of strains (% of strains)
<i>Staphylococcus cohnii</i>	30(54.5%)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	21(38.2%)
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	2(3.6%)
Staphylococcus sp.	2(3.6%)
Total	55

**5. 분리된 oxacillin내성 staphylococcus의 항생제 내성조사**

본 연구에서 확인된 *S. cohnii*의 30균주, *S. epidermidis* 21균주, *S. saprophyticus* 2균주, *Staphylococcus* sp. 2균주에 대해 oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, gentamicin, lincomycin, linezolid, ciprofloxacin, ceftizoxime, mupirocin, quinupristin/dalfopristin, tetracycline, chloramphenicol 등의 13종의 항생제에 대한 내성을 조사하였다.

Table 6를 보면 *S. cohnii*는 oxacillin(100%), clindamycin(93.3%), erythromycin(96.7%), mupirocin (100%), ceftizoxime(100%), lincomycin(100%)에 대해 실험균주의 90% 이상이 내성을 보였다. 또한, *S. epidermidis*의 항생제 저항성 테스트 결과 oxacillin

(100%), erythromycin(100%), gentamicin(90.5%), ceftizoxime(100%), tetracycline(100%), ciprofloxacin (100%)에 대해 높은 내성을 보였다. 특히, *S. saprophyticus*의 두 균주 모두 oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin, tetracycline 등 8종의 항생제에 대해 내성을 보였으며, *S. sp.*의 경우도 oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin 등 7종의 항생제에 내성을 나타냈다.

**IV. 고 찰**

사회변화와 핵가족화, 여성의 사회참여가 늘어남에 따라 각 가정에서 담당하였던 육아활동이 현재는 대부분 어린이집에서 담당하고 있는 추세이다. 어린이집의 수가 1990년에 전국 1,919개소에서 2012년 42,527개소로 계속 증가하고 있는 추세이다. 어린이집을 이용하는 어린이의 수도 48,000명에서 1,487,361명으로 31배 증가하는 등 주택을 제외한 어린이집에서 장시간 머무르게 되는 영유아들의 수가 증가하고 있으며, 특히 복지시설의 영유아들은 시설 내에서 24시간을 거주하고 있다.<sup>22)</sup>

이처럼 영유아들이 장시간 어린이집에 머무름에 따라 중이염, 인두염, 부비강염, 기관지염, 폐렴과 같

**Table 6.** Resistant test to various antibiotics of two staphylococcal species.

Antibiotic	<i>S. cohnii</i> (n=30)	<i>S. saprophyticus</i> (n=2)	<i>S. epidermidis</i> (n=21)	<i>S. sp.</i> (n=2)
	Resistant(%)	Resistant(%)	Resistant(%)	Resistant(%)
Oxacillin	30(100%)	2(100%)	21(100%)	2(100%)
Vancomycin	5(16.7%)	2(100%)	3(14.3%)	2(100%)
Clindamycin	28(93.3%)	2(100%)	3(14.3%)	2(100%)
Erythromycin	29(96.7%)	2(100%)	21(100%)	2(100%)
Gentamicin	5(16.7%)	1(50%)	19(90.5%)	ND
Lincomycin	30(100%)	2(100%)	2(9.5%)	2(100%)
Linezolid	ND*	ND	ND	ND
Ciprofloxacin	10(33.3%)	ND	21(100%)	1(50%)
Ceftizoxime	30(100%)	2(100%)	21(100%)	2(100%)
Mupirocin	30(100%)	2(100%)	10(47.6%)	2(100%)
Quinupristin/Dalfopristin	16(53.3%)	ND	5(23.8%)	ND
Tetracycline	6(20%)	2(100%)	21(100%)	ND
Chloramphenicol	8(26.7%)	ND	4(19.0%)	ND

\* ND : not detected

은 호흡기 감염이 발생하며, 특히 중이염의 경우 어린이들의 어린이집의 머무르는 시간과 밀접한 것으로 알려지고 있다. 또한 위장관 감염에 의해 설사증세도 흔하게 발생하고 있어 감염성 질환의 높은 위험성이 항상 존재하고 있다. 또한, 어린이집을 다니는 어린이들에게서 다제 내성 세균이 흔하게 발견되고 있는데 이는 다수의 감염질환이 퍼져 있고 이를 치료하기 위해 항생제를 다량으로 사용함으로써 유래되는 것으로 추정되고 있다.<sup>23,24)</sup>

조 조사 기간 중 대상 어린이집의 실내환경을 측정한 결과, 대다수의 어린이집에서 가습기를 갖고 있음에도 불구하고 가습기에 의한 사회적 문제로 낮은 기온에도 가습기를 가동하고 있지 않아 면역력이 약한 어린이들에게 적절한 상대습도가 유지되고 있지 않았으며, 이산화탄소의 경우 조사된 어린이집의 42.5%인 51개소에서 기준치인 1000 ppm을 초과하고 있어 환기가 제대로 이루어지고 있지 못함을 알 수 있다. 특히 최고 3,000 ppm을 초과하는 곳도 있어 인체 조절기능이 취약한 어린이들의 건강에 좋지 않은 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

실내 부유세균의 오염도와 온도 및 상대습도 간에는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다( $p>0.05$ ). 온도와 상대습도가 실내 부유세균 변화에 어떤 영향을 주는가에 대해서는 연구자들 사이에 의견이 일치하고 있지 않으며,<sup>25)</sup> 본 연구에서는 실내 온도와 상대습도가 부유세균의 발생 양상에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 한편 실내 부유세균 농도가 이산화탄소 농도와 양의 상관성이 통계적으로 입증되었는데, 실내 부유세균의 주요 발생원 중 하나가 거주자이고 이산화탄소의 농도가 높아 실내 환기가 제대로 이루어지고 있지 못하고 있다는 것을 알 수 있다.<sup>16)</sup>

본 연구의 조사 대상 120개 어린이집 중 99%인 119개 어린이집에서 oxacillin에 내성을 띠는 부유세균이 검출되었으며 총부유세균 중 내성균이 차지하는 비율이 가장 높은 곳은 36.5%(31/85)이었으며, 가장 많은 균이 검출된 곳은 58 CFU(58/390)로 어린이집에서의 항생제 내성균 출현이 높다는 것을 확인해주고 있다.<sup>24)</sup> Oxacillin에 내성을 보인 균주 중 일부만이 그람양성 구균으로 확인되었으며 이는 어린이집 실내 공기 중에 그람음성 등의 다른 oxacillin 내성균이 존재한다는 것을 보여주고 있다. 실제 노

약자에게 폐렴을 발생시키는 *Klebsiella*나 기회감염성 균인 *Acinetobacter*도 oxacillin에 내성을 나타내고 있다는 보고<sup>26,27)</sup>가 있으며 안<sup>15)</sup>의 연구에 의하면 어린이집에서도 *Klebsiella* 이외의 다른 그람 음성균도 다수 검출되고 있어 이에 대한 자세한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

그람양성균 구균으로 판정된 216개의 균의 유사성을 조사한 결과, 4종의 coagulase-음성포도알균이 확인되었으며 *Kocuria*, *Aerococcus* 등의 다른 그람양성 구균도 oxacillin에 대한 내성을 보이고 있는 것으로 확인되었다(data not shown). 안<sup>15)</sup>에 의하면 어린이집의 실내공기에서 황색포도알균이 검출되었으나 본 연구에서는 황색포도알균은 검출되지 않았다. Szewczyk 등<sup>17)</sup>의 논문에서도 소아과 중환자실 실내에 분포하는 포도알균을 분석한 결과 황색포도알균은 검출되지 않았으며, 확인된 포도알균 9종 중 *S. cohnii*(44%)와 *S. epidermidis*(23%)가 우점종으로 확인되었다. 본 연구에서도 검출된 포도알균 중 *S. cohnii*와 *S. epidermidis*가 각각 54.5%와 38.2%로 우점종을 차지하고 있으며 이 *S. cohnii*와 *S. epidermidis*는 어린이집이나 노인요양시설의 실내공기에도 검출된다는 보고가 있다.<sup>15,25)</sup>

메치실린에 내성을 갖는 coagulase음성포도알균은 메치실린에 내성을 갖지 않는 coagulase음성포도알균에 비해 erythromycin 등 여러 항생제에 내성을 갖는 것으로 알려지고 있다.<sup>28,29)</sup> *S. cohnii*의 경우 oxacillin, clindamycin, erythromycin, linezolid, novobiocin, mupirocin 등의 항생제에 내성이 있는 것으로 보고되고 있으며,<sup>30-32)</sup> *S. epidermidis*는 rifampin, linezolid 등의 항생제에 대한 내성이 보고되고 있다.<sup>12,33,34)</sup> 본 연구에서 *S. cohnii*는 oxacillin, clindamycin, erythromycin, mupirocin, ceftizoxime, lincomycin에 대해 실험균주의 90% 이상이 내성을 보였으며, lincomycin, mupirocin, ceftizoxime는 분리된 *S. cohnii* 균주들에 대해 항균력이 없어 억제대를 볼 수 없었다. 또한, *S. epidermidis*의 항생제 저항성 테스트 결과 oxacillin, erythromycin, gentamicin, ceftizoxime, tetracycline, ciprofloxacin에 대해 높은 내성을 보였다. Ciprofloxacin, tetracycline, ceftizoxime, erythromycin 역시 *S. epidermidis*의 균주들에 대해 억제대가 나타나지 않았다. 낮은 출현 빈도를 보인 *S. saprophyticus*의 두 균주 모두

oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin, tetracycline 등 8종의 항생제에 대해 내성을 보였으며, *Staphylococcus* sp.의 경우도 oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin 등 7종의 항생제에 내성을 나타냈다. 특히 mupirocin은 이들 4종의 coagulase음성포도알균에 대해 항생제로 전혀 작용하고 있지 못하다고 있으며, 페니실린계 항생제를 사용할 수 없는 환자에게 사용하는 erythromycin에 대한 내성도 광범위하게 퍼져있음을 알 수 있다.

조사된 4종의 포도알균은  $\beta$ -lactam계 항생물질인 oxacillin과 ceftizoxime이 작용하고 있지 않는 것으로 보아 4종의 포도알균 모두 페니실린을 무력화시키는 *mecA* 유전자와 cephalosporin에 내성을 나타내는 *ampD* 유전자를 갖고 있다고 추정되며 이에 대해서는 자세한 연구가 필요할 것 같다.<sup>35,36</sup> 4종류 포도알균의 일부 균주에서 다제 내성균의 치료에 사용되는 vancomycin에 대해 내성을 보이고 있어 항생제 오남용에 의한 위험성을 보여주고 있다. 그러나 vancomycin의 내성균 치료에 사용되는 linezolid에 대해서는 내성을 보이는 균주는 검출되지 않았다.<sup>31</sup>

2011년 질병관리본부에서 발표된 자료의 MRSA의 항생제 내성과 비교해보면 *S. cohnii*는 MRSA보다 erythromycin과 clindamycin에 대한 내성률이, *S. epidermidis*은 erythromycin, gentamicin, tetracycline의 내성률이, *S. saprophyticus*나 *Staphylococcus* sp.도 erythromycin, clindamycin 등의 항생제에 대한 내성이 MRSA보다 높았다.<sup>37</sup> 포도알균의 항생제 내성률은 항생제 오남용으로 인해 계속 증가될 것으로 예상되며, 이들 다제 내성균에 의한 원내 감염뿐만 아니라 지역사회 감염 역시 증가하고 있기 때문에 국민보건측면에서 취약 계층, 특히 어린이나 노인층의 집단 거주시설에 대한 다제 내성균의 지속적인 모니터링이 실시되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

서울지역 120개 어린이집의 부유세균을 측정된 결과 평균 농도는 508.9 CFU/m<sup>3</sup>로 측정되었으며, 조사된 어린이집의 총부유세균 중 7.9%가 methicillin에 내성을 보였으며 그람염색, 현미경관찰, PCR을

이용한 균주 선별결과 4종의 coagulase음성포도알균이 확인되었고 *S. cohnii*와 *S. epidermidis*가 각각 54.5%와 38.2%로 우점종을 차지하고 있다.

본 조사대상 어린이집에서 검출된 포도알균의 항생제 내성을 조사한 결과, 우점종인 *S. cohnii*와 *S. epidermidis* 뿐만 아니라, 낮은 빈도로 검출된 *S. saprophyticus*와 *Staphylococcus* sp.도 다양한 항생제에 대해 높은 내성을 보이고 있다. *S. cohnii*는 oxacillin, clindamycin, erythromycin, mupirocin, ceftizoxime, lincomycin에 대해, *S. epidermidis*는 oxacillin, erythromycin, gentamicin, ceftizoxime, tetracycline, ciprofloxacin에 대해, *S. saprophyticus*는 oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin, tetracycline에 대해 내성을 보였으며, *Staphylococcus* sp.의 경우도 oxacillin, vancomycin, clindamycin, erythromycin, lincomycin, ceftizoxime, mupirocin 등 7종의 항생제에 내성을 나타냈다. 이들 다제 내성 coagulase음성 포도알균 감염의 유행률, 사망률 및 치료의 경제적 비용이 상당할 뿐만 아니라, 내성유전자의 보관소로 작용할 수 있다고 알려지고 있어 이들에 의한 감염에 주의하는 것이 필요하다.<sup>12</sup>

본 연구에서는 어린이집에 분포하는 메치실린 내성균의 오염실태, 메치실린 내성 포도알균의 종류 및 오염도, 이들 메치실린 내성 포도알균이 갖는 ceftizoxime 등의 항생제에 대한 내성을 처음으로 파악하였다. 그러나 본 연구는 동절기라는 계절에 국한되어 현장조사 하였기 때문에 계절에 따른 실외부유세균에 의한 영향과 연령에 따른 어린이집의 항생제 내성 포도알균의 분포 등이 충분히 반영되지 못하였다. 따라서 계절적 요인과 연령별 분포 등을 고려한 심도 깊은 현장연구 조사가 추후 수행되어야 할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 동남보건대학교 연구지원비에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Wikipedia. *Staphylococcus*. Available: <http://en.wiki>

- pedia.org/wiki/Staphylococcus[accessed 10 June 2013]
2. Infectionnet. Staphylococci. Available: <http://infectionnet.org/notes/microorganisms/staphylococci/> [accessed 10 June 2013]
  3. Wikipedia. /Methicillin-resistant Staphylococcus aureus. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Methicillin-resistant\\_Staphylococcus\\_aureus](http://en.wikipedia.org/wiki/Methicillin-resistant_Staphylococcus_aureus)[accessed 10 June 2013]
  4. Kim HS, Kim Ji. Monitoring of antimicrobial resistance on non-tertiary hospitals in Korea, 2007-2010. *Public Health Weekly Report*. 2012; 5(45): 853-856.
  5. Hardy KJ, Oppenheim BA, Gossain S, Gao F, Peter M, Hawkey PM. A Study of the Relationship Between Environmental Contamination with MethicillinResistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and Patients' Acquisition of MRSA. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. 2006; 27(2): 127-132.
  6. Abudu L, Blair I, Fraise A, cheng KK. Methicillin-resistant Staphylococcus aureus(MRSA): a community-based prevalence survey. *Epidermiology and Infection*. 2001; 126(3): 351-356.
  7. Benoit SR, Estivariz C, Mogdasy C, Pedreira W, Galiana A, Galiana A, et al. Community Strains of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* as Potential Cause of Healthcare-associated Infections, Uruguay, 2002-2004. *Emerging Infectious Disease*. 2008; 14(8): 1216-1223.
  8. Lis DO, Pacha JZ, Idzik D. Methicillin resistance of airborne coagulase-negative staphylococci in homes of persons having contact with a hospital environment. *American Journal of Infection Control*. 2009; 37(3): 177-182.
  9. Yoo JI. Monitoring of antimicrobial resistance on general hospitals in Korea. *Public Health Weekly Report*. 2011; 4(27): 485-487.
  10. Interface. Airborne transmission of disease in hospitals. Available: [http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/6/Suppl\\_6/S697.full](http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/6/Suppl_6/S697.full) [accessed 12 June 2013]
  11. Elsayed S, Laupland KB. Emergence gram-positive bacterial infections. *Clinics Laboratory Medecine*. 2004; 24(3): 587-603.
  12. Piette A, Verschraegen G. Role of coagulase-negative staphylococci in human disease. *Veterinary Microbiology*. 2009; 134(2): 45-54.
  13. Yoon SH, Sung TJ, Shin SH, Kim SK, Lee KH, Yoon HS. A study about clinical characteristics of methicillin resistant-coagulase negative staphylococcus infections in neonatal intensive care unit. *Korean Journal of Pediatric Infectious Diseases*. 2004; 11(1): 112-120.
  14. Nian H, Chu Y, Tian S, Sun, G, Ding L, Guo L, et al. First report of clinical linezolid-resistant *Staphylococcus cohnii* mediated by the *cfr* gene. *African Journal of Microbiology Research*. 2012; 6(23): 5043-5047.
  15. Ahn GR. Study on the Concentration and Diversity of Bacteria in Indoor Air of Daycare centers. [master's thesis]. [Seoul]: Dankook University; 2010.
  16. Kim KY, Jang GY, Park JB, Kim CN, Lee KJ. Field study of characteristics of airborne bacteria distributed in the regulated public facilities. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*. 2006; 16(1): 1-10.
  17. Szewczyk EM, Piotrowski A, Ralska M. Predominant staphylococci in the intensive care unit of a paediatric hospital. *Journal of Hospital Infection*. 2000; 45(2): 145-154.
  18. Qiao Y, Dong F, Song W, Wang L, Yang Y, Shen X. Hospital- and community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a 6-year surveillance study of invasive infections in Chinese children. *Acta Paediatrica*. 1013; 102(11): 1081-1086.
  18. Clinical Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; 23<sup>rd</sup> informational supplement. M100-S23. Wayne, PA: Clinical Laboratory Standards Institute; 2013.
  19. Lee HY, Seong NC, Hong YS, Yoon DW, Sohn JR. Measurement on the indoor air contamination levels in daycare facilities. *Korean Institute of Architecture Sustainable Environment and Building Systems*. 2010; Autumn Symposium: 77-82.
  20. Park KS, Choi SG, Hong JK. The Study on the Distribution of indoor concentration of microorganism in commercial building. *Architecture & Urban Research Information Center*. 2006; 18(8): 620-626.
  21. Ministry of Health and welfare. Child-care Statistics 2012. Available: [http://www.mw.go.kr/front\\_new/jb/sjb030301vw.jsp?PAR\\_MENU\\_ID=03&MENU\\_ID=031604&page=2&CONT\\_SEQ=283136](http://www.mw.go.kr/front_new/jb/sjb030301vw.jsp?PAR_MENU_ID=03&MENU_ID=031604&page=2&CONT_SEQ=283136) [accessed 11 October 2013]
  22. Pnk A, Nurmi T, Sakminen E, Nykyri E. Infections and other illness of children in day-care centers in helsinki I: Incidences and effects home and day-care center variables. *Infection*. 1991; 19(4): 230-236.
  23. Holmes SJ, Morrow AL, Pickering LK. Child-care practices: Effects of social change on the epidemiology of infectious disease and antibiotic resistance. *Epidemiologic Reviews*. 1996; 18(1): 10-28.
  24. Huh EH, Won DH, Moon KW. Trend in study of biological pollutants in indoor air quality in Korea.



- Journal of Environmental Health Sciences*. 2012; 38(4): 300-310.
25. Hornstein M, Sautjeau-Rostoker C, Pduzzi J, Vesires A, Hong LTH, Barthlmy M, et al. Oxacillin-hydrolyzing  $\beta$ -lactamase involved in resistance to imipenem in *Acinetobacter baumannii*. *FEMS Microbiology Letters*. 1997; 153(2): 333-339.
  26. Johnson AP, M. Warner, George RC, Boswell TC, Fraise AP, Manek N. Oxacillin-resistant pneumococci sensitive to penicillin. *THE LANCET*. 1993; 341(8854): 1222-1227.
  27. Koksal F, Samasti M. Antibiotic resistance patterns of coagulase-negative staphylococcus strains isolated from blood culture of septicemic patients in Turkey. *Microbiology Research*. 2009; 164(4): 404-410.
  28. Bouchami O, Achour W, Hassen AB. Species distribution and antibiotic sensitivity pattern of coagulase-negative Staphylococci other than *Staphylococcus epidermidis* isolated from various clinical specimens. *African Journal of Microbiology Research*. 2011; 5(110): 1298-1305.
  29. Szewczyk EM, Nowak T, Cielikowski T, Ralska M. Potential role of *staphylococcus cohnii* in a hospital environment. *Microbial Ecology and Health and Disease*. 2003; 15(1): 51-56.
  30. Cai JC, Hu YY, Zhang R, Zhou HW, Chen GX. Linezolid-resistant clinical isolates of methicillin-resistant coagulase-negative staphylococci and *Enterococcus faecium* from China. *Journal of Medical Microbiology*. 2012; 61(11): 1568-1573.
  31. Ralska M, Szewczyk EM. *Staphylococcus cohnii* Hoemolysins-Isolation, Purification and Properties. *Folia Microbiology*. 2008; 53(6): 521-526.
  32. Valentin T, Leitner E, Rohn A, Zollner-Schwetz I, Hoenigl M, Salzer HJF, et al. Rifaximin intake leads to emergence of rifampin-resistant staphylococci. *Journal of Infection*. 2011; 62(1): 34-38.
  33. Vena A, Falcone M, Comandini E, Meledandri M, Novelli A, Campanile F, et al. Daptomycin plus trimethoprim/sulfamethoxazole combination therapy in post-neurosurgical meningitis caused by linezolid-resistant *Staphylococcus epidermidis*. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 2013(1); 76: 99-102.
  34. Swenson JM, Robert Skov R, Patel JB. The cefoxitin disk test-what a clinical microbiologist needs to know. *Clinical Microbiology Newsletter*. 2007; 29(5): 33-40.
  35. Mammeri H, Nordmann P. Extended-spectrum cephalosporinase in enterobacteriaceae. *Anti-Infective Agents Medicinal Chemistry*. 2007; 6(1): 71-82.
  36. Yoo JI, Kang KS. Characterization of vancomycin intermediate *Staphylococcus aureus*(VISA) isolated from hospitals. *Public Health Weekly Report*. 2012; 5(32): 601-605.