

종합병원의 실내공기에 분포하는 부유 세균과 진균의 입경별 종류와 특성

김기연¹ · 이창래² · 김치년² · 원종욱² · 노재훈^{2*}

¹신시네티대학교 환경보건학과 · ²연세대학교 의과대학 산업보건연구소

Size-based Characteristics of Airborne Bacteria and Fungi Distributed in the General Hospital

Ki-Yeon Kim¹ · Chang-Rae Lee² · Chi-Nyon Kim² · Jong Uk Won² · Jaehoon Roh^{2*}

¹Center for Health Related Aerosol Studies, Department of Environmental Health, Univ. of Cincinnati

²Institute for Occupational Health, College of medicine, Yonsei University

The objective of this study is to provide fundamental data for pertinent management of indoor air quality through investigating the size-based characteristics of bioaerosol distributed in the general hospital. Measurement sites are main lobby, ICU, ward and laboratory and total five times were sampled with six-stage cascade impactor. Based on the result of this study, concentrations of airborne bacteria and fungi were the highest in main lobby as followed by an order of ward, ICU and laboratory. Concentrations of airborne bacteria was generally higher than those of airborne fungi and the ratio of indoor and outdoor concentration of both exceeded 1.0 in all the measurement sites of the general hospital. The predominant genera of airborne bacteria identified in the general hospital were Staphylococcus spp.(50%), Micrococcus spp.(15–20%),

Corynebacterium spp.(5–20%), and Bacillus spp.(5–15%). On the other hand, the predominant genera of airborne fungi identified in the general hospital were Cladosporium spp.(30%), Penicillium spp.(20–25%), Aspergillus spp.(15–20%), and Alternaria spp.(10–20%). In regard to size distribution of bioaerosol, the detection rate was generally highest on 5 stage(1.1–2.1 μ m) for airborne bacteria and on 1 stage(>7.0 μ m) for airborne fungi. Cleanliness of facilities in the general hospital and condition of HVAC system should be monitored regularly to prevent indoor air contamination by airborne microorganisms.

Key Words : general hospital, airborne bacteria, airborne fungi, size distribution, bioaerosol

I. 서론

병원 건물의 밀폐화로 인한 실내 공기 오염과 병원내 항생제의 남용으로 인해 병원성 감염(noscomial infection)에 의한 환자들의 피해 사례가 국내외적으로 매년 증가하고 있다. 미

국 질병통제센터(Center for Disease Control and Prevention)의 통계 자료에 의하면 매년 2백만명의 환자들이 병원성 감염에 의한 영향을 받으며, 이와 연관되어 약 5%가 사망에까지 이르렀다는 보고가 있다(CDC, 2000). 병원성 감염의 심각성을 인식한 국외 여러 연구자들이 30여년전부터 병원성 감염

접수일 : 2006년 3월 3일, 채택일 : 2006년 4월 19일

* 교신저자 : 노재훈 (서울 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 의과대학 산업보건연구소,

Tel : 02-361-5354, E-mail : jhroh@yumc.yonsei.ac.kr)

의 발생원 및 기작을 규명하고자 하는 많은 역학 연구들이 수행하였으나 명확한 결론을 도출해내지는 못했다(Yu, 1979; Gaynes 등, 1996; Jarvis, 1996; Berthelot 등, 1999).

지금까지 밝혀진 대표적 병원성 감염균에는 Gram - negative bacilli, Neisseria meningitidis, Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes, Streptococcus pneumoniae, Tubercle bacilli 등이 있으며, 이들은 모두 환자의 피부나 머리카락, 옷, 오염된 병실 환경에서 발생되어 공기 매체를 통해 전파된다(Ayliffe 와 Lowbury, 1982). 특히 Aspergillus 와 Serratia marcescens 는 최근 들어 병원성 감염의 발병 사례가 많이 보고되어 전 세계적으로 많은 관심을 갖게 된 부유 미생물로 병원에 입원해 있는 환자들이 Aspergillus 에 의해 감염되면 사망률이 약 90% 에 이른다는 보고가 있으며(Wald 등, 1997; Denning, 1996), Serratia marcescens 는 병원 실내 환경 중, 특히 신생아들의 중환자실에서 심각한 감염성 질병을 유발하는 병원균으로 알려져 있다(Smith 등, 1984; Manning 등, 2001; Prasad 등, 2001).

Schaal (1991)은 병원성 감염균을 발생원 및 전파 경로에 따라 분류하였는데, 환자 및 일반 사람으로부터 직접 전파되는 것으로 Bordetella pertussis, Corynebacterium diphtheriae, Neisseria meningitidis, Mycobacterium tuberculosis, Streptococcus pneumoniae, Streptococcus pyogenes 등이 있으며, 병원 내부에서 발생된 감염성 먼지 입자의 흡입을 통해 발생하는 것으로 Enterobacteriaceae, Legionellae, Mycobacterium tuberculosis, Nocardia spp., Pseudomonas, Staphylococcus aureus 등이 있다고 보고하였다. 또한 병원 실내 공기 중에 분포하는 병원성 감염균의 농도는 공기조화시설의 낙후로 인한 공기 덕트의 오염 및 부적절환 환기 시스템의 운용(Rhame 등, 1984; Anderson 등, 1996), 외부로부터 반입되는 음식물, 꽃, 과일 등의 유기성 물질(Schwab 등, 1982; Staib, 1984), 노후화로 인한 병원 내부 시설 자재의 오염(Amow 등, 1991) 등으로 인해 증가될 수 있다.

국내의 경우 부유 미생물에 의한 병원 실내 공기 오염과 관련하여 상대적으로 많은 연구들이 수행되었으나(정낙은 등, 1986; 손향은 등, 1990; 송재훈과 배직현, 1990; 하권철과 백남원, 1991; 최중태와 김윤신, 1993; 정선희와 백남원, 1998; 조현종 등, 2000; 이은규, 2001; 이철민 등, 2004; 이창래 등, 2005), 거의 대부분이 배양법에 근거한 정량 평가에만 치중되어 있어 병원 실내 공기에 분포하고 있는 부유 미생물의

종류를 규명하고자 하는 정성 평가 연구는 미흡한 실정이다. 병원성 감염의 예방 대책을 수립하기 위해서는 실제 병원성 감염을 유발하는 부유 미생물의 종류와 특성을 규명하는 연구가 선행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 국내 종합병원의 실내공기에 분포하는 부유 미생물의 종류와 특성을 입경별로 조사하여 효율적인 병원 실내공기 관리방안 설정을 위한 기초 자료를 제시하는 데 목적이 있다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2004년 4월 6일부터 5월 15일까지 경기 인천에 위치한 450병상 규모의 종합병원 한 곳을 대상으로 병원내 중앙로비, 중환자실, 일반외과병실, 병리검사실 4개 지점과 비교 지점으로 병원 실외 공기 유입구 1개 지점을 선정하였다. 조사 시간은 오전(10:00-12:00)과 오후(2:00-4:00)로 구분하여 실시하였으며, 상부 1m 동일 지점에서 일주일에 1회씩 총 5회 측정하였다.

2. 측정 및 분석방법

1) 시료 포집 및 배양

28.3 ℓ/min의 유량으로 설정된 six-stage viable particulate cascade impactor (Model 10-800, Andersen Inc, USA)를 사용하여 10분씩(±2분) 시료를 포집하였으며, 각 단계별 공기역학적 직경 범위는 1stage (>7.0 μm), 2stage (4.7-7.0 μm), 3stage (3.3-4.7 μm), 4stage (2.1-3.3 μm), 5stage (1.1-2.1 μm), 6stage (0.65-1.1 μm)이다(Andersen, 1958). 시료 채취 전에 70% alcohol로 포집기 내부를 소독처리 한 후, 멸균 확인된 배지를 사용기기에 장착하였다. 포집이 완료된 배지는 미생물실로 즉시 운반하여 세균용 배지인 Trypticase soy agar (Lot 2087730, Becton Dickinson and Company, USA)는 37℃ 조건하의 배양기에서 1-2일간, 진균용 배지인 Malt extract agar (Lot 3111376, Becton Dickinson and Company, USA)는 실온 조건 (20-25℃)에서 3-5일 동안 배양하였다. 배양 후 배지에 형성된 집락

$$\text{CFU(Colony Forming Unit)/m}^3 = \text{Colony counted on agar plate} / \text{Air volume(m}^3) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Air volume(m}^3) = 28.3 \ell / \text{min} \times \text{sampling time(min)}/10^3 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{총 표본수} \dots\dots\dots (3)$$

$$: \text{시간}(2, \text{오전과 오후}) \times \text{측정장소}(6, \text{내부}5\text{과 외부}1) \times \text{반복}(5) \times \text{배지 종류}(2, \text{세균과 진균}) = 120\text{개}$$

(colony) 을 계수한 값에 공기량(m³)으로 나누는 방법으로 부유 미생물의 농도(CFU/m³)를 표시하였으며(식 1, 2 참조), 총 표본수는 120개였다(식 3 참조).

호흡성 부유세균은 입경 크기가 4.7 μm 이하의 범위에 해당 되는 것으로 6단계 관성충돌기의 3 ~ 6 stage에서 검출된 세균을 의미한다(Li와 Kuo, 1993; Pastuszka 등, 2000).

2) 동정

배양된 모든 부유세균은 Bergey 's manual 분류법에 따라 균종을 1차 동정하였고, Gram 염색 후 자동화동정 시스템인 VITEK (Model VITEK 32 system, bioMerieux Inc., France)을 통해 biochemical test를 실시하여 2차 동정하였다. 부유진균의 경우 광학현미경을 통해 균집락의 모양과 색깔, 영양균사, 유성 및 무성 생식 기관 및 포자의 색깔과 형태를 관찰하여 Ainsworth, Baron 등의 분류 검색법에 따라 균속을 동정하였다.

3) 통계 처리

SAS package(1999)를 이용하여 병원 내부 시설에 따른 농도 차이를 우점종에 한하여 측정 데이터의 정규분포 여부를 검토한 후 ANOVA 및 Duncan의 다중 비교 분석 방법을 적용하여 통계적 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 종합병원 내부시설에 따른 부유세균과 진균의 종류와 농도

표1에 나타난 바와 같이 총 부유세균의 농도 양상은 정규 분포를 보이는 것으로 입증되었다. 측정 결과 중앙 로비가 가장 높았고(p<0.05) 다음으로 일반 병동, 실험실, 중환자실 순으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었으며(p>0.05), 호흡성 부유세균의 농도 또한 동일한 경향을 보였다. 종합병원 내 부대시설의 종류에 관계없이 Staphylococcus spp.가 동정된 전체 부유세균 중 약 50%를 차지하였으며, 다음으로 Micrococcus spp. (15-20%), Corynebacterium spp.(5-20%), Bacillus spp. (5-15%) 순으로 나타났다. 호흡성 부유세균의 경우도 대체로 같은 경향을 보이는 것으로 조사되었다. 이 4 종류의 부유세균들이 차지하는 총 비율이 전체 부유세균에 대해 약 90% 이상을 나타내 종합병원 부대시설의 실내 공기에서 분포하는 우점종이라는 사실이 입증되었다. Jaffal 등(1997)은 병원 실내 공기에서 동정된 부유세균은 동정할 수 없는 세균의 비율이 가장 높다고 하였고, 다음으로

staphylococci, Bacillus, Micrococcus 순이라 보고하여 미동정 부유세균을 제외하면 본 연구 결과와 거의 유사하였다. 이들은 미동정된 bacteria는 외부 먼지에서 유래된 것으로 추정하였으며, 동정된 박테리아 중 병원성은 총 박테리아의 1% 이하로 매우 낮다고 하였는데, 대부분의 병원성 미생물은 공기 중에 부유되어 전파되는 방식보다는 환자가 병원 직원 및 외부 방문 사람들과의 물리적 접촉에 의해 주로 전파되기 때문이라 보고하였다.

표 2에서 제시하는 바와 같이 총 부유진균의 농도는 부유세균의 경우와 마찬가지로 중앙 로비가 가장 높았고 다음으로 실험실, 일반 병동, 중환자실 순으로 나타났으나, 중환자실의 경우만 통계적으로 가장 낮은 농도를 보이는 것으로 조사되었다(p<0.05). 호흡성 부유진균의 경우 동일한 경향을 보였으나 통계적 차이는 없었다(p>0.05). 종합병원 내 부대시설의 종류에 관계없이 Cladosporium spp.가 동정된 전체 부유진균 중 약 30%를 차지하여 가장 높았으며, 다음으로 Penicillium spp. (20-25%), Aspergillus spp. (15-20%), Alternaria spp. (10-20%) 순으로 나타났으며, 호흡성 부유진균의 경우도 동일한 경향을 보였다. 이 4종류의 부유진균들이 차지하는 총 비율이 전체 부유세균에 대해 약 85-90%를 나타내 종합병원 부대시설의 실내 공기에서 분포하는 부유진균의 우점종이라는 사실이 규명되었다. Wu 등(2000)은 병원성 곰팡이에 해당되는 Aspergillus, Penicillium, Fusarium이 병원 실내 공기에서 많이 검출되어 병원성 감염의 원인이 될 수 있다 하였고, Jaffal 등(1997)은 병원 실내 공기에서 동정된 곰팡이 우점종이 Aspegillus niger, Chaetomium spp., Alternaria spp.라 하였으며, 병원 중환자실의 실내 공기에서 분포하는 부유진균을 연구한 Li와 Hou(2003)는 Penicillium이 우점종이라 보고하여 본 연구 결과와 거의 유사한 것으로 조사되었다. 다른 실내 환경의 분포 특성과 마찬가지로 병원 실내 공기 중에 Aspergillus가 상당 비율로 검출되는 이유는 내건성(Xerophilic)이기 때문에 공기 중에 부유하여 상당 기간 생존할 수 있기 때문이라 판단된다(Van Bronswijk 등, 1986). 또한 Aspergillus 속에 해당되는 포자들은 2-5μm 크기의 상대적으로 작은 병원성 균으로(Bennett, 1995) 일반 사람들의 경우 호흡과 동시에 제거되어 건강에 큰 영향을 미치지 않으나, 감염 저항성이 약한 환자들은 노출시 쉽게 폐렴과 같은 호흡기계 증상들을 나타내는 것으로 보고되고 있으므로(Denning, 1998), 각별한 주의가 필요하다.

전반적으로 부유세균의 농도가 부유진균의 농도보다 높은 것으로 나타났는데, 이는 Li와 Hou(2003)의 선행 연구 결과와 동일하였다. 중앙로비의 농도가 가장 높은 이유는 많은 사람들의 빈번한 출입이 있기 때문이라 판단되며, 이는 병원 내 주변 환경보다는 사람의 활동성에 의한 바이오에어로졸

농도 기여도가 높다고 보고한 Jaffal 등(1997)의 연구 결과에 근거할 수 있다. 중환자실의 농도가 상대적으로 낮은 이유는 높은 환기 효율이 적용되는 clean room이기 때문이라 판단되며, 방문자의 출입 또한 엄격히 통제되므로 중환자실내 분포하는 부유 미생물은 대부분 인간에서 유래된 것으로 (Jaffal 등, 1997) 의사 및 간호사의 왕래가 주요 발생원이라 사료된다(Li와 Hou, 2003). 실내의 농도 비율은 종합병원 내 부대시설의 종류에 관계없이 1 이상으로 나타났다. 부유세균과 진균의 실내의 농도 비율이 1 이상이면 미생물에 의한 실내 공기 오염을 의심할 수 있다는 Gallup 등(1987)의 연구 결과를 토대로 본 연구에서 조사된 병원 실내 공기가 부유 미생물에 오염되어 있음을 알 수 있다. 하지만 실내 부유 미생물의 종류 및 농도는 대부분 외부에서 유입된 것이 대부분이고(Pastuszka 등, 2000; Wu 등, 2000) 계절에 따라 외부 부유 미생물의 농도 변이가 차이가 크기 때문에(Reponen, 1989), 부유 미생물에 의한 실내 공기 오염의 판단시에는 세심한 주

의를 기울일 필요가 있다. 병원 내 바이오에어로졸 농도의 결정 요인은 거주하는 사람의 수와 외부에서 반입된 꽃과 과일 등의 유기성 물질이고(Jaffal 등, 1997), 병실의 바닥 청소 상태와 바이오에어로졸의 농도 간에는 직접적 연관성이 없으며(Arlet 등, 1989; Streifel 등, 1989; Li와 Hou, 2003), 환기 필터 효율 차이에 따라 병원내 부대시설별 바이오에어로졸의 농도 차이가 난다(Streifel 등, 1989). 대부분의 바이오에어로졸은 비병원성이나, 민감하거나 감염 저항성이 약한 사람들에게는 질병을 일으키는 잠재적 원인이 될수있어 환자들이 있는 병원의 실내 공기에서는 큰 문제를 일으킬 소지가 있다(Gammage와 Kaye, 1985). 따라서 향후 연구시에는 개인시료가 지역시료보다 5-10배 높기 때문에(Sewell 등, 1995; Virtanen 등, 1988) 실제 부유 미생물의 노출량을 측정하기 위해서는 개인시료 평가를 적용해야 하며, 배지를 통한 배양 분석법은 측정 오차가 심하므로(Crook과 Sherwood-Higham, 1997) DNA 분석과 같은 분자생물학 기술이 도입될 필요가

Table 1. Identification and level of airborne bacteria in the general hospital

		Main lobby			ICU			Ward			Laboratory		
		†Conc. (cfu/m ³)	(%)	‡ I/O ratio	Conc. (cfu/m ³)	(%)	I/O ratio	Conc. (cfu/m ³)	(%)	I/O ratio	Conc. (cfu/m ³)	(%)	I/O ratio
Staphylococcus spp.	Total	216 ^a	58.1	2.9	116 ^b	57.4	1.5	131 ^b	44.7	1.7	95 ^b	43.6	1.3
	*Resp.	132 ^a	58.4	3.4	81 ^b	57.0	2.1	93 ^b	47.2	2.4	53 ^b	44.5	1.4
Micrococcus spp.	Total	62 ^a	16.7	2.1	27 ^b	13.4	0.9	50 ^a	1.7	1.7	46 ^a	21.1	1.5
	Resp.	41 ^a	18.1	3.2	20 ^b	14.1	1.5	29 ^b	14.7	2.2	23 ^b	19.3	1.8
Corynebacterium spp.	Total	26 ^a	7.0	1.2	15 ^b	7.4	7.0	34 ^a	11.6	1.6	50 ^a	22.9	2.4
	Resp.	15 ^a	6.6	1.0	11 ^a	7.7	0.7	23 ^a	11.7	1.5	25 ^a	21.0	1.7
Bacillus spp.	Total	32 ^a	8.6	1.8	18 ^b	8.9	1.0	44 ^a	15.0	2.4	18 ^b	8.3	1.0
	Resp.	17 ^a	7.5	1.4	13 ^a	9.2	1.1	26 ^a	13.2	2.2	10 ^a	8.4	0.8
Enterococcus spp.	Total	5	1.3	-	3	1.5	-	7	2.4	-	3	1.4	-
	Resp.	4	1.8	-	3	2.1	-	6	3.0	-	3	2.5	-
Streptococcus spp.	Total	2	0.5	2.0	3	1.5	3.0	5	1.7	5.0	1	0.5	1.0
	Resp.	2	0.9	2.0	3	2.1	3.0	5	2.5	5.0	1	0.8	1.0
Enterobacteriaceae spp.	Total	3	0.8	-	2	1.0	-	2	0.7	-	1	0.5	-
	Resp.	3	1.3	-	2	1.4	-	2	1.0	-	1	0.8	-
E-Coli spp.	Total	2	0.5	-	2	1.0	-	1	0.3	-	0	0.0	-
	Resp.	2	0.9	-	2	1.4	-	1	0.5	-	0	0.0	-
Klebsiella spp.	Total	0	0.0	-	1	0.5	-	1	0.3	-	0	0.0	-
	Resp.	0	0.0	-	1	0.7	-	1	0.5	-	0	0.0	-
Unidentified	Total	24	6.5	3.0	15	7.4	1.9	18	6.1	2.3	4	18	0.5
	Resp.	10	4.4	3.3	6	4.2	2.0	11	5.6	3.7	3	2.5	1.0
Total	Total	372 ^a	100.0	2.4	202 ^b	100.0	1.3	293 ^b	100.0	1.9	218 ^b	100.0	1.4
	Resp.	226 ^a	100.0	2.7	142 ^b	100.0	1.7	197 ^a	100.0	2.4	119 ^b	100.0	1.4

*: Respirable concentration - Sum of airborne bacteria concentration measured on the 3~6 stage
 †: Result of Duncan test - a, b, c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different (p=0.05)
 ‡: Geometric mean
 †: ratio of indoor and outdoor concentration of airborne bacteria

있다.

2. 입경 크기에 따른 부유세균과 진균의 분포 특성

그림 1과 그림 2는 종합병원 부대시설에서 동정된 부유세균 및 진균 중 우점종에 해당되는 4종류의 미생물 종을 본 연구에서 이용된 Andersen cascade air sampler (6 stage)에 의해 입경 크기에 따른 분포 양상을 보여주고 있다. 부유세균의 경우 종합병원의 부대시설의 종류와 관계없이 전반적으로 5 stage (1.1–2.1 μm)에서 검출률의 가장 높은 경향이 있다. Bacillus 속만은 1 stage (>7.0 μm)에서 가장 높은 점유율을 보였다. 한편 부유진균의 경우 4가지 우점종 모두 대체로 1 stage (>7.0 μm)에서 가장 높은 검출율을 보이는 것으로 분석되었다. 일반적으로 실내 공간에 분포하고 있는 부유 미생물의 종류 및 농도는 대부분 외부에서 유입된 것으로 보고되고 있으나(Pastuszka 등, 2000; Wu 등, 2000), 이와는 달리 본 연구에서는 4곳의 병원 부대시설의 입경별 분포 양상이 외부와 다른 것으로 나타나 내부에 또 다른 부유 미생물의 발생원이 잠재하고 있음을 확인할 수 있었다.

부유세균과 진균의 입경별 분포 양상이 서로 상이한 이유는 형태학적 차이에 기인한 것으로 판단되는데, 일반적으로 세균보다는 진균의 입자 형태가 크기 때문이다. 특히 3 stage부터 6 stage에서 검출된 부유세균과 진균은 흡입시 코와 기관지점막을 거쳐 사람의 폐에 침착되어 면역력이 약한 환자

의 경우 호흡기 감염을 일으킬 수 있다. 이러한 5 μm 이하의 입자상 물질들은 쉽게 공기 중에 먼지와 부유하다가 전파됨으로써 병원성 감염을 유발할 수 있는 잠재적 유해 인자이다 (McCluskey 등, 1996). 따라서 부유 미생물에 의한 병원 실내공기의 오염 및 그에 따른 병원성 감염의 예방 차원을 위해 위에서 언급한 입경 범위에 포함되는 부유세균과 진균을 주요 관리대상으로 설정해야 할 것이다. 실제 중환자실의 경우 정량 평가 측면에서는 부유세균과 진균 모두 상대적으로 낮은 농도를 보이는 것으로 조사되었으나, 그림에서 제시하는 바와 같이 호흡성 범위(3 stage ~ 6 stage)에 해당되는 비율이 검출된 전체 부유 미생물에 대해 평균 50%를 상회하여 병원 내 다른 부대시설에 비해 상당히 높았다. 또한 중환자실은 병원성 균에 대한 질병 저항성이 일반 사람들보다는 미약하므로 중환자실의 실내 공간 청결도에 대한 각별한 주의를 기울여 부유 미생물에 의한 실내 공기 오염을 근원적으로 차단할 필요성이 있다고 사료된다.

IV. 결론

본 연구는 국내 종합병원에 부속하고 있는 중앙로비, 일반 병동, 중환자실, 실험 분석실의 실내공기에 분포하는 부유 미생물의 종류와 특성을 6단계 관성충돌기를 이용하여 입경별로 조사하여 효율적인 병원 실내공기 관리방안 설정을 위한 기초 자료를 제시하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었

Table 2. Identification and level of airborne fungi in the general hospital

		Main lobby			ICU			Ward			Laboratory		
		‡Conc. (cfu/m³)	(%)	‡ I/O ratio	Conc. (cfu/m³)	(%)	I/O ratio	Conc. (cfu/m³)	(%)	I/O ratio	Conc. (cfu/m³)	(%)	I/O ratio
Cladosporium spp.	Total	†48 ^a	30.8	30.8	23 ^a	35.4	2.1	28 ^a	29.2	2.5	44 ^a	34.9	4.0
	*Resp.	29 ^a	32.6	32.6	16 ^b	34.0	2.3	17 ^b	33.3	2.4	24 ^a	32.4	3.4
Penicillium spp.	Total	37 ^a	23.7	23.7	18 ^b	27.7	2.6	25 ^{ab}	2.6	3.6	31 ^a	24.6	4.4
	Resp.	22 ^a	24.7	24.7	11 ^b	23.4	2.8	12 ^b	23.5	3.0	15 ^{ab}	20.3	3.8
Aspergillus spp.	Total	27 ^a	17.3	17.3	10 ^b	15.4	1.7	18 ^{ab}	18.8	3.0	18 ^{ab}	14.3	3.0
	Resp.	16 ^a	18.0	18.0	7 ^b	14.9	3.5	9 ^{ab}	17.6	4.5	13 ^a	17.6	6.5
Alternaria spp.	Total	21 ^a	13.5	13.5	8 ^b	12.3	2.0	11 ^b	11.5	2.8	15 ^{ab}	11.9	3.8
	Resp.	12 ^a	13.5	13.5	9 ^a	19.1	9.0	6 ^a	11.8	6.0	10 ^a	13.5	10.0
Unidentified	Total	23	14.7	14.7	6	9.2	2.0	14	14.6	4.7	18	14.3	6.0
	Resp.	10	11.2	11.2	4	8.5	1.3	7	13.7	2.3	12	16.2	4.0
Total	Total	156 ^a	100.0	100.0	65 ^b	100.0	2.1	96 ^{ab}	100.0	3.1	126 ^a	100.0	4.1
	Resp.	89 ^a	100.0	100.0	47 ^a	100.0	2.8	51 ^a	100.0	3.0	74 ^a	100.0	4.4

* : Respirable concentration - Sum of airborne bacteria concentration measured on the 3~ 6 stage

† : Result of Duncan test - a, b, c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different (p=0.05)

‡ : Geometric mean

‡ : ratio of indoor and outdoor concentration of airborne fungi

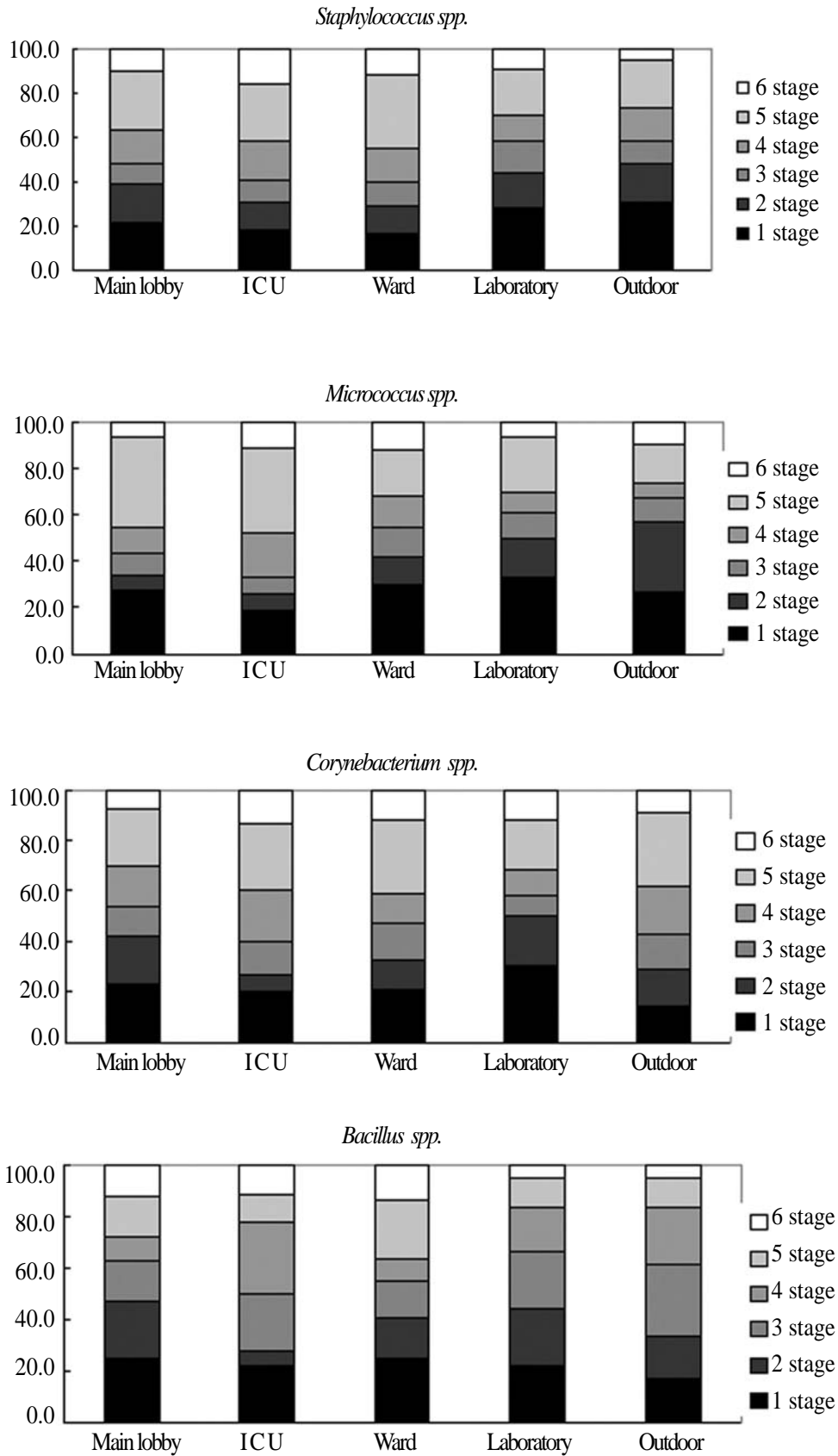


Fig. 1. Size distribution of predominant airborne bacteria in the general hospital.

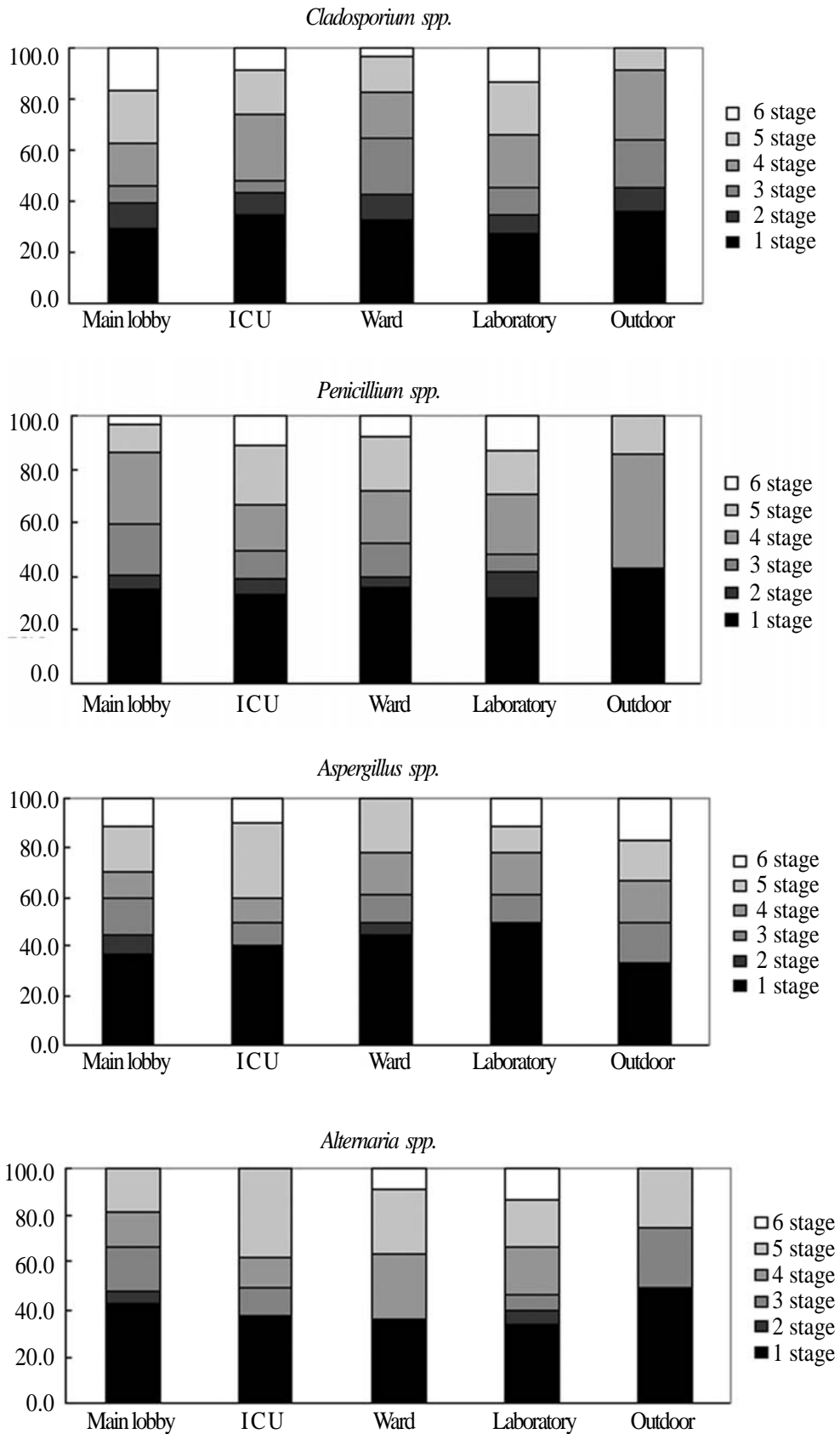


Fig. 2. Size distribution of predominant airborne fungi in the general hospital.

다.

1. 부유세균과 진균의 농도는 중앙 로비>일반 병동>중환자실>실험실 순으로 조사되었다.

2. 종합병원 내 부대시설에서 검출된 부유세균의 우점종은 *Staphylococcus* spp. (약 50%), *Micrococcus* spp. (15-20%), *Corynebacterium* spp. (5-20%), *Bacillus* spp. (5-15%)인 것으로 분석되었다.

3. 종합병원 내 부대시설에서 검출된 부유진균의 우점종은 *Cladosporium* spp. (약 30%), *Penicillium* spp. (20-25%), *Aspergillus* spp. (15-20%), *Alternaria* spp. (10-20%)인 것으로 분석되었다.

4. 전반적으로 부유세균의 농도가 부유진균의 농도보다 높은 것으로 나타났으며, 조사된 종합병원 내 부대시설 모두 실내외 농도 비율이 1 이상인 것으로 조사되었다.

5. 종합병원의 부대시설의 종류와 관계없이 전반적으로 부유세균은 5 stage (1.1-2.1 μ m)에서, 부유진균은 1 stage (>7.0 μ m)에서 가장 높은 검출율을 나타냈다.

이상의 결과를 종합하면 부유 미생물에 의한 병원 실내의 공기 오염을 방지하기 위해서는 병원 실내 공간의 청결도에 대한 각별한 주의와 더불어 위생상태 및 환기설비를 정기적으로 점검할 수 있는 기반을 마련해야 할 것이다.

REFERENCES

손향은, 전경소, 최태열, 김춘원. 병원내 공기오염도 측정. 대한임상병리검사 정도관리학회지 1990;12(1):111-118

송재훈, 배직현. Air Sampler를 이용한 병원 내 공기 중 미생물 오염도의 측정. 감염 1990;22:221-226.

이은규. 일부 종합병원내 공기중 바이오에어로졸의 분포에 관한 연구. 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 2001.

이창래, 김기연, 김치년, 박동욱, 노재훈. 종합병원내 부유 미생물 농도 및 환경 요인과의 상관성 조사. 한국산업 위생학회지 2005;15(1):45-51.

이철민, 김윤신, 이태형, 박원석, 홍승철. 다중이용시설내 공기중 바이오에어로졸 농도분포 특성에 관한 연구. 한국환경과학회지 2004;13(3):215-222.

정낙은, 정세윤, 정용호, 김신규, 최태열, 김춘원, 김기홍. 공기오염측정기(RCS Air Sampler)를 이용한 병원내 공기오염도 측정에 관한 연구. 대한임상병리학회지 1986;6(1):117-123.

정선희, 백남원. 일부 병원 실내에서의 공기중 미생물 오염에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998;8(2):231-241.

조현중, 홍경심, 김지훈, 김현욱. 일부 종합병원 내 영역별 공기 중 미생물 평가. 한국산업위생학회지 2000;10(1):115-125.

최종태, 김윤신. 병원내 공기중 미생물의 농도에 관한 조사 연구. 한국환경위생학회지 1993;19(1):30-36.

하권철, 백남원. 미생물을 이용한 일부 병원, 가정 및 일반 대기질의 평가. 한국산업위생학회지 1991;1(1):73-81.

Andersen AA. New sampler for collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. J Bacteriol 1958;76:471-484.

Anderson K, Morris G, Kennedy H, Croall J, Michie J, Richardson MD, Gibson B. Aspergillosis in immunocompromised pediatric patients: Association with building hygiene, design, and indoor air. Thorax 1996;51:256-261.

Arlet G, Gluckman E, Gerber F, Perol Y, Hirshc A. Measurement of bacterial and fungal air counts in two bone marrow transplant units. J Hosp Infect 1989;13:63-69.

Arnou PM, Sadigh M, Coasts C, Weil D, Chudy R. Endemic and epidemic aspergillosis associated with in-hospital replication of Aspergillus organisms. J Infect Dis 1991;1:998-1002.

Ayliffe GAJ, Lowbury E. Airborne infection in hospital. J Hosp Infect 1982;3:217-240.

Bennett JE. Aspergillus species. In: Mandell, Douglas and Bennett's principles and practice of infectious diseases. (eds) Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, New York: Churchill Livingstone, pp.2306-2311.

Berthelot P, Galtard F, Amerget C. Investigation of a noscomial outbreak due to Serratia marcescens in a maternity hospital. Infect Control Hosp Epidemiol 1999;20:233-238.

CDC. 2000. Annual Report. URL: <http://www.cdc.gov/noscomial/inf.htm>.

Crook B, Sherwood-Higham JL. Sampling and assay of bioaerosols in the work environment. J Aerosol Sci 1997;28:417-426.

Denning DW. Invasive aspergillosis. Clin Infect Dis 1998;26:781-805.

Denning DW. Therapeutic outcome in invasive aspergillosis. Clin Infect Dis 1996;23:608-615.

Gallup J, Kozak P, Cummins L, Gilman S. Indoors mold spore exposure: characteristics of 127 homes in Southern California with endogenous mold problems. Adv Aerobiol 1987;51:139-147.

Gammage RB, Kaye SV. Indoor and human health. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1985.

Gaynes RP, Edwards JR, Jarvis WR, Culver DH, Tolson JS, Martone WJ. Noscomial infections among neonates in high-risk nurseries in the United States. Pediatrics 1996;98:357-361.

Jaffal AA, Nsanze H, Bener A, Ameen AS, Banat IM, Mogheth AA. Hospital airborne microbial pollution in a desert country. Environ Int 1997;23:167-172.

Jarvis WR. The epidemiology of colonization. Infect Control Hosp Epidemiol 1996;17:47-52.

Li CS, Hou PA. Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms. Sci Total Environ 2003;305:169-176.

Li CS, Kuo YM. Microbiological indoor air quality in subtropical

- areas. *Environ Int* 1993;19:233–239.
- Manning ML, Archibald LK, Bell LB, Banerjee AN, Jarvis WR. *Serratia marcescens* transmission in a pediatric intensive care unit: a multifactorial occurrence. *Am J Infect Control* 2001;29:115–119.
- McCluskey R, Sandin R, Greene J. Detection of airborne cytomegalovirus in hospital rooms of immunocompromised patients. *J Virol Methods* 1996;56:115–118.
- Pastuszka JS, Paw UKT, Lis DO, Wlazlo A, Ulfing K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmos Environ* 2000;34:3833–3842.
- Prasad GA, Jones PG, Michaels J, Garland JS, Shivpuri CR. Outbreak of *Serratia marcescens* infection in a neonatal intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;5:303–305.
- Reponen T. Bioaerosol and particle mass levels and ventilation in Finish homes. *Environ Int* 1989;15:203–208.
- Rhame FS, Streifel AJ, Kersey JH, McGlave PB. Extrinsic risk factors for pneumonia in the patient at high risk of infection. *Am J Med* 1984;76:42–52.
- Schaal KP. Medical and microbiological problems arising from airborne infection in hospitals. *J Hosp Infect* 1991;18:451–459.
- Schwab AH, Harpestad AD, Swartzentruber A, Lanier JM, Wentz BA, Duran AP, Barnard RJ, Read RB. Microbiological quality of some species and herbs in retail markets. *Appl Environ Microbiol* 1982;44:627–630.
- Sewell C, Niven KJM, Hagen S, Kidd MW, Robertson A, Scott AJ, Soutar CA, Spankie SA, Waclawski ER, Allan LJ, Stagg S. Respiratory hazards in dairy and beef farming. IOM Technical Memorandum Series TM/95/06, 1995, p. 171.
- Smith PJ, Brookfield DSK, Shaw DA, Gray J. An outbreak of *Serratia marcescens* infections in a neonatal unit. *Lancet* 1984;1:152–153.
- Staib F. Ecological and epidemiological aspects of aspergilli pathogenic for man and animal in Berlin (West). *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg* 1984;257:240–245.
- Streifel AJ, Vesley D, Rhame FS, Murray B. Control of airborne fungal spores in a university hospital. *Environ Int* 1989;15:221–227.
- Van Bronswijk JEMH, Ruckaert G, Vander Lustgraai B. Indoor fungi distribution and allergenicity. *Acta Bot Neerlandica* 1986;35:329–345.
- Virtanen T, Vilhunen P, Husman K, Happonen P, Mantyjärvi R. Level of airborne bovine epithelial antigen in Finish cowsheds. *Int Arch Occup Environ Health* 1988;60:355–360.
- Wald A, Leisenring W, Van Burik J, Bowden RA. Epidemiology of *Aspergillus* infections in a large cohort of patients undergoing bone marrow transplantation. *J Infect Dis* 1997;175:1459–1466.
- Wu PC, Su HJ, Lin CY. Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. *Sci Total Environ* 2000;253:111–118.
- Wu PC, Su HJJ, Ho HM. A comparison of sampling media for environmental viable fungi collected in a hospital environment. *Environ Res* 2000;82(A):253–257.
- Yu VI. *Serratia marcescens*: Historical perspective and clinical review. *N Engl J Med* 1979;300:887–893.