

항균마감재료와 병원 내 적용 부위 고찰

- 항생제 내성균을 중심으로

A study on Antibacterial Finishing Materials and Application Areas in the Hospital

- Focused on Antibiotic-resistant Bacteria

권순정* Kwon, Soonjung | 박용현** Park, Yonghyun

Abstract

Purpose: In general, cross-infection caused by bacteria occurs more in hospitals than in local communities. In most cases, infectious diseases spread through contact transmission (direct contact, indirect contact). This study tries to examine which places are most likely to detect infections bacteria and what materials should be used to effectively suppress the spread of infectious bacteria. **Methods:** Domestic and international literature have been reviewed to determine which bacteria are common and spread in which places. At the same time, antibacterial experiments for several finishing materials are performed to determine the survival period of bacteria for each material. The experiment is conducted mainly on antibiotic-resistant bacteria (MRSA, CRE, etc.) that have a high mortality rate and are very contagious. **Results:** MRSA has a high incidence in many hospital departments with surgery or immunocompromised patients, such as the elderly, organ transplant patients, and hemodialysis patients. There are experimental results that MRSA dies early in ceramics or silk wallpaper. CRE has a high incidence in hospital departments where there are many patients who are prone to bacteria entering the body directly, such as ventilator patients or critically ill patients with surgical wounds. There are experimental results that CRE dies early in silk wallpaper. In addition, bacteria die on the surface for a variety of reasons. Most MRSA and CRE develop in patients with impaired immunity or surgery, and rapidly die in copper or materials with antibacterial properties. **Implications:** If finishing materials surface with the ability to kill specific bacteria is used in the place where a large number of specific bacteria are detected, the spread of infectious diseases can be effectively controlled.

주제어: 실내 마감재료, 항균, 항생제 내성균

Keywords: Interior finishing materials, antibacterial, antibiotic-resistant bacteria

1. 서론

1.1 배경 및 목적

우리나라 항생제 내성균의 발현율은 세계적인 수준으로 매우 심각한 상황이다. 항생제 내성률은 현재 우리나라 상황과 같이 고령 인구 비율이 높고 항생제 사용량이 많을수록 높게 나타난다. 항생제 내성균은 코로나19 대유행과 호흡기 바이러스 감염의 합병증으로 2차 감염에 대해 다시금 대두되었다. 질병관리청의 자료(질병관리청, 2021: 53)에 따르면 주요 내성균은 지역사회 감염(CO감염)보다 병원감염(HO감염)의 비율이 더욱 높

다. 본 연구에서는 세균으로 인한 교차감염의 확산을 효과적으로 억제하기 위해 항균 성능이 있는 재료가 무엇인지, 그리고 이 재료를 병원 내 어디에 적용해야 하는지 파악하고자 한다.

1.2 연구방법

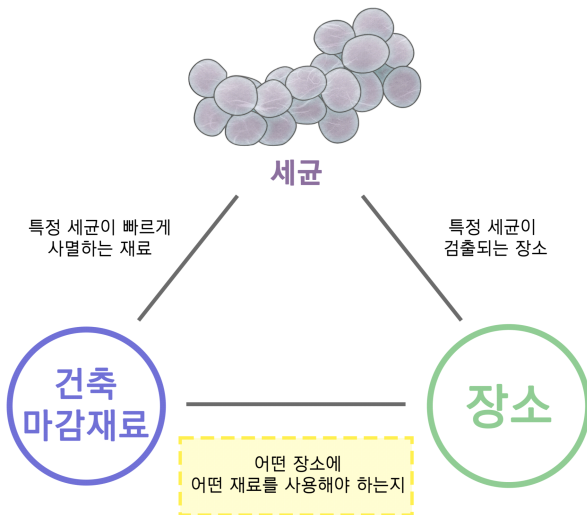
본 연구의 범위는 바이러스를 제외한 세균만을 고찰하였다. 세균 중 사망률 및 감염율이 높은 항생제 내성균은 '주요 항생제 내성균'이라는 이름으로 6종류를 따로 구분해 두었다.¹⁾ 본 논문에서는 주요 항생제 내성균 중 실험이 용이한 MRSA와

* 명예회장, 교수, 건축학과, 아주대학교(주저자: sjkwon@ajou.ac.kr)

** 회원, 석사과정, 건축학과, 아주대학교(교신저자: babypig98@ajou.ac.kr)

1) "감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(시행 2024. 2. 17.) [법률 제 19644호, 2023. 8. 16., 일부개정]"에 지정된 주요 항생제 내성균 6개는 VRSA, VRE, MRSA, MRPA, MRAB, CRE가 있다.

CRE를 위주로 고찰하였다. 국내외 문헌들을 고찰하여 세균감염에 대한 특성을 도출하고 어떤 세균이 병원 내 어떤 장소에서 많이 발생하고 확산되는지 파악한다. 동시에 실내 마감재료별 항균 실험을 진행하여 국내에 일반적으로 사용된 실내 마감재료의 항균 성능을 검토하고 어떤 재료가 어떤 세균을 빠르게 사멸시키는지 확인한다. 도출해낸 균과 장소, 균과 재료의 관계를 통해 어디에 어떤 실내 마감재료를 사용해야 세균으로 인한 교차감염 확산을 효과적으로 억제할 수 있는지 제시한다.



[그림 1] 연구 방법 개념도

2. 이론적 고찰

2.1 항생제 내성균

메티실린내성황색포도알균(MRSA; Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*)은 메티실린 및 그 외의 베타락탐계 항생제에 내성을 나타내는 황색 포도알균을 말한다. 감염위험도가 높은 환자는 주로 노인, 항암제 치료를 받는 환자, 수술을 받은 환자, 혈액투석을 받는 환자, 장기이식 수술을 받은 환자, 면역력이 저하된 환자, 만성 기저질환 환자 등이 있다(서울대병원, 2024). 감염병의 주된 전파경로는 접촉전파(직접, 간접)를 통해 전파된다. 사람의 피부나 구강, 인후 점막 등에 일반적으로 존재하는 세균이지만, 침습적인 시술이나 수술 등을 통해 감염병을 유발할 수 있다.

카바페넴내성장내세균목(CRE: Carbapenem - Resistant Enterobacteriaceae)은 카바페넴계 항생제에 내성을 나타내는 장내세균목²⁾의 균종을 말한다. 감염위험도가 높은 환자는 주로 중환자실에 장기 입원하거나 면역체계가 저하된 중증 환자 등이 있다(서울대병원, 2024). 전파경로는 접촉전파(직접, 간접)를 통해 전파된다. CRE 감염 환자의 수는 국내만이 아닌 전세계적으로 증가하는 추세이다.

2) 장내세균목의 하위 분류 세균은 살모넬라, 대장균, 폐렴막대균 등이 있다.

2.2 항생제 내성균의 전파방식

CRE와 MRSA를 포함한 대부분의 세균은 주로 환자에게서 나온 세균이 의료진의 손 혹은 의료기구 등의 표면을 통해 직접 혹은 간접적인 접촉으로 전파된다. 특히 침습기구를 통해 체내에 직접적으로 오염된 표면이 닿을 경우 감염병 전파의 위험도가 높아진다.

병원 내 표면에 존재하는 미생물의 농도는 환자나 의료진의 피부에 존재하는 미생물의 농도보다 낮다. 하지만 낮은 농도라도 병원성 미생물의 전파를 유발할 수 있다. MRSA, C.difficile, VRE, Acinetobacter처럼 일반적인 환경에서 장기간 생존할 수 있는 세균의 경우에는 실내의 모든 표면이 균의 저장소가 된다. 미숙한 청소, 부적절한 소독 등으로 인하여 표면에서 미생물이 장기간 생존한다면 표면을 통한 전파로 병원내 감염이 유행할 수 있다.

3. 항생제 내성균이 많이 검출되는 장소

3.1 세균감염에 취약한 부서

오픈 데이터 소스(Institute for Hygiene and Environmental Medicine, 2018)를 활용하여 세균에 감염된 환자를 타입별로 분류하여 조사하였다. 기간은 1950.1.1부터 현재(2024.04.11)까지 보고된 데이터를 기반으로 분석하였다. 균은 MRSA의 기반이 되는 황색포도알균과 CRE의 기반이 되는 장내세균목 중 점으로 분석하였다. 장내세균목 중 감염 환자가 많은 Enterobacter, Escherichia, Klebsiella, Salmonella, Serratia를 중점으로 데이터를 분석하였다.

[표 1] outbreak-database에 나라별 보고된 세균감염 환자수

나라	보고된 감염 환자 수(명)
미국 USA	638
영국 UK	257
프랑스 France	153
일본 Japan	91
대만 Taiwan	49
중국 China	30
한국 Korea	27
총합 Total	1,245

본 사이트에 접속 후 몇가지 조건(Must match)을 부여하고 어떤 형식(Group-By)으로 결론 표가 도출될 것인지 검색한 것을 조합하여 데이터를 분석하였다. 분석할 나라는 조건1(TPF를 1950-01 TO 2024.04)을 부여하고 나라별(CY)로 결과값을 도출(Group-By)하여 감염병 관련 데이터 보고가 많은 상위 3개의 나라(미국, 영국, 프랑스)를 선정하였다. 추가로 우리나라와 기후가 비슷한 동아시아 지역의 나라(한국, 일본, 중국, 대만)를 포함하여 총 7개 나라를 선정하였다.

[표 2] 병원 진료과별 포도상구균(*Staphylococcus aureus*) 감염 환자 수

진료과	나라							
	미국	영국	프랑스	한국	일본	중국	대만	합계
Neonatology	35	11	4	1	4	-	3	58
Surgery	27	17	7	-	2	1	2	56
Internal medicine	11	5	5	-	1	-	-	22
Gynecology /obstetrics	4	5	2	-	-	-	1	12
Orthopedics	3	5	2	-	-	-	-	10
Different Dept. (not listed)	5	3	2	-	-	-	-	10
General medicine	7	2	-	-	1	-	-	10
Pediatrics	4	-	1	-	1	-	1	7
Transplantation	4	-	-	-	1	-	1	6
Neurology /psychiatry	1	2	-	-	-	-	1	4
Dermatology	3	1	-	-	-	-	-	4
Hemodialysis	3	-	-	-	-	1	-	4
Not mentioned	3	-	-	-	1	-	-	4
Geriatrics	-	4	-	-	-	-	-	4
Hematology /oncology	1	-	1	-	1	-	-	3
Urology	-	3	-	-	-	-	-	3
Neurosurgery	1	-	-	-	1	-	-	2
Ophthalmology	-	2	-	-	-	-	-	2
Cardiology	-	-	-	-	-	1	-	1
Ear, Nose and throat	-	-	-	1	-	-	-	1
total	112	60	24	2	13	3	9	223

[표 2]의 데이터는 조건1(GE="Staphylococcus")로 포도상구균을 중점 세균으로 부여하고, 조건2(TPF:1950-01 TO 2024.04)로 기록 기간을 부여하고, 조건3(CY="USA")³⁾으로 나라를 설정하여 DE(Department Name)의 형태로 결과값을 도출한 것을 각 나라별로 정리한 것이다.

Staphylococcus aureus(포도상구균)는 Neonatology(신생아실)에서 가장 많은 감염 환자가 보고되었으며, 그 뒤로 Surgery(수술실), Internal medicine(내과) 순으로 감염 환자가 많이 보고되었다.

[표 3] 병원 부서별 포도상구균(*Staphylococcus aureus*) 감염 환자 수

부서	나라							
	미국	영국	프랑스	한국	일본	중국	대만	합계
Intensive care unit	53	35	12	1	6	1	6	114
Inpatient care (not ICU)	46	15	9	1	8	1	2	82
Outpatient care	6	5	-	-	-	-	-	11
Nursing home	4	-	-	-	-	-	-	4
total	109	55	21	2	14	2	8	211

[표 3]의 데이터는 조건1(GE="Staphylococcus")로 포도상구균을 중점 세균으로 부여하고, 조건2(TPF:1950-01 TO 2024.04)로 기록 기간을 부여하고, 조건3(CY="USA")으로 나라를 설정하여 FY(Facility)의 형태로 결과값을 도출한 것을 각 나라별로 정리한 것이다.

Staphylococcus aureus(포도상구균)는 Intensive care unit(중환자실)에서 가장 많은 감염 사례가 보고되었고, 다음으로 일반 병동부에서 세균 감염병이 많이 전파되었다.

[표 4] 병원 진료과별 장내세균목(*Enterobacteriaceae*) 감염 환자 수

진료과	나라							
	미국	영국	프랑스	한국	일본	중국	대만	합계
Neonatology	51	15	5	1	-	2	5	79
Surgery	23	6	12	1	1	1	1	45
Not mentioned	23	9	4	2	4	1	1	44
Internal medicine	8	7	7	2	1	-	1	26
Pediatrics	18	5	1	1	1	-	-	26
General medicine	10	3	1	-	1	-	-	15
Neurosurgery	2	2	2	3	2	-	-	11
Neurology /psychiatry	2	3	5	-	-	-	1	11
Geriatrics	4	5	2	-	-	-	-	11
Hematology /oncology	8	1	-	-	1	-	-	10
Transplantation	6	1	-	-	-	-	-	7
Hemodialysis	6	-	-	-	-	-	-	6
Gynecology /obstetrics	1	2	1	-	1	-	-	5
Orthopedics	2	1	2	-	-	-	-	5
Different Dept. (not listed)	2	1	-	1	-	-	1	5
Urology	-	2	-	-	-	-	-	2
Ophthalmology	-	2	-	-	-	-	-	2
Cardiology	-	-	-	-	-	1	-	1
Emergency	-	-	-	-	-	-	1	1
Rehabilitation	-	-	-	1	-	-	-	1
Dermatology	-	-	-	-	-	-	-	0
Ear, Nose and throat	-	-	-	-	-	-	-	0
total	166	65	42	12	12	5	11	313

3) UK, France, Korea, Japan, China, Taiwan으로 변경하여 진행하였다.

[표 4]의 데이터는 조건1(GE="Enterobacter")⁴⁾로 장내세균목을 중점 세균으로 부여하고, 조건2(TPF:1950-01 TO 2024.04)로 기록 기간을 부여하고, 조건3(CY="USA")으로 나라를 설정하여 DE(Department Name)의 형태로 결과값을 도출한 것을 각 나라별로 정리한 것이다.

Enterobacteriaceae(장내세균목)는 Neonatology(신생아실)에서 가장 많은 감염 환자가 보고되었으며, 그 뒤로 Surgery(수술실), Internal medicine(내과)와 Pediatrics(소아과) 순으로 감염 환자가 많이 보고되었다.

[표 5] 병원 부서별 장내세균목(Enterobacteriaceae) 감염 환자 수

부서	나라							
	미국	영국	프랑스	한국	일본	중국	대만	합계
Intensive care unit	74	19	19	5	2	3	7	129
Inpatient care (not ICU)	53	35	15	5	10	1	2	121
Outpatient care	14	6	1	-	-	-	1	22
Nursing home	18	2	-	-	-	-	-	20
total	159	62	35	10	12	4	10	292

[표 5]의 데이터는 조건1(GE="Enterobacter")로 장내세균목을 중점 세균으로 부여하고, 조건2(TPF:1950-01 TO 2024.04)로 기록 기간을 부여하고, 조건3(CY="USA")으로 나라를 설정하여 FY(Facility)의 형태로 결과값을 도출한 것을 각 나라별로 정리한 것이다.

Enterobacteriaceae(장내세균목)는 Intensive care unit(중환자실)에서 많은 감염 사례가 보고되었지만 일반병동부(Inpatient care (not ICU))와 차이가 크지 않다.

Staphylococcus aureus와 Enterobacteriaceae는 모두 신생아실에서 가장 많은 감염 환자가 보고되었다. 그리고 수술실과 내과 또한 감염 사례가 많이 보고되었다. 부서별로 확인하였을 때 두 균주 모두 중환자실에서 가장 많은 감염 환자가 보고되었고, 중환자실과 비슷하게 일반 병실에서도 많은 감염 사례가 보고되었다.

3.2 해외 지침 검토를 통한 세균 감염에 취약한 표면 고찰

독일과 미국은 병원에서 안전한 실내 환경을 조성하기 위해 표면 청소 및 소독에 대한 표면 청소 지침이 있다. 병원 위생 및 감염 예방 위원회(KRINKO)에서 발간한 지침에서의 권고 사항과 CDC에서 발간한 지침에서의 권고 사항을 분석한다. 표면에 따른 감염병 확산의 위험도를 구분한 기준과 고위험 표면의 장소를 고찰하여 효과적으로 세균감염을 억제하기 위해 특별한 관리가 필요한 장소를 도출한다.

4) Escherichia, Klebsiella, Salmonella, Serratia를 바꾸어가며 조건1을 변경하였다.

[표 6] 독일 병원 내 표면 청소 및 관리 지침 중 위험도 구분 (KRINKO, 2022, Table 2.의 표를 재구성)

위험도 구분	구역 예시	표면관리지침
(a) 감염 위험이 증가하지 않는 구역 (Areas without increased risk of infection)	계단, 복도, 행정실, 사무실, 식당, 강의실, 교실, 기술 구역, 대기실	- 모든 공간: 청소
(b) 잠재적인 감염 위험이 있는 구역 (Areas With potential risk of infection)	일반 병동, 외래진료실, 방사선실, 물리치료실, 위생실, 투석실, 분만실, 기능 진단실, 정신과, 시술실, 대기실, 환자 수송차량	- 자주 만지거나 환자 가까이 있는 표면: 맨손, 맨발이 닿는 공간: 소독 및 소독약으로 표면 청소 - 거의 만지지 않는 바닥 및 표면: 청소
(c) 감염 위험이 큰 구역 (Areas with increased risk of infection)	중환자실, 중간 치료 시설(IMC), 화상치료 구역, 이식 구역, 혈액 구역, 신생아 집중치료실(NICU)	- 자주 만지거나 환자 가까이 있는 표면: 맨손, 맨발이 닿는 공간: 소독 및 소독약으로 표면 청소 - 바닥: 소독 - 거의 만지지 않는 표면: 청소
(d) 안전한 구역 (Clean Work areas)	조제실, 수액 창고, 세탁실, 청결 물품 창고	- 방부처리 하기 전 표면: 소독 - 기타 법률 요구사항 준수
(e) 특정 감염 위험이 있는 구역 (Areas with a specific risk of infection)	격리구역(전실을 포함한 공간), 격리병상 관리 구역	- 자주 만지거나 환자 가까이 있는 표면: 맨손, 맨발이 닿는 공간: 소독 및 소독약으로 표면 청소 - 바닥: 소독 - 거의 만지지 않는 표면: 소독 후 청소
(f) 의료진의 감염 위험만 있는 구역 (Areas where there is only a risk of infection for staff)	미생물학 실험실, 폐기물 처리실	- 독일의 TRBA(Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe) 참조

독일에서는 6가지로 구역을 나누어 표면 청소 지침을 구체화하였다. 감염병으로 입원한 환자로부터의 거리, 세균감염 위험도가 높은 환자들이 주로 생활하는 공간 또는 환자와 의료진의 손이 닿는 빈도수에 따라 위험도를 구분하였다. 위험도에 따라 나눈 6가지 구역은 (a)감염 위험이 증가하지 않는 구역, (b)잠재적인 감염 위험이 있는 구역, (c)감염 위험이 큰 구역, (d)안전한 구역, (e)특정 감염 위험이 있는 구역, (f)의료진의 감염 위험만 있는 구역이다. 이중 감염의 위험도가 높은 곳은 (b), (c), (e), (f)이다.

미국에서는 감염병을 효과적으로 억제하기 위해 환경 표면을 의료장비 표면(혈액 투석기, 손잡이 등)과 관리표면(바닥, 벽 등)으로 나누어 의료시설의 표면관리를 한다. 미국의 표면관리 지침에서는 다양한 요인으로 위험군을 분리한다. a)환경에 있는 사람들의 수, b)미생물의 활동량, c)환경의 수분량, d)미생물 성

장을 돕는 물질의 존재, e)공기 중에서 유기체가 제거되는 속도, f)먼지가 쌓이는 것을 방지하기 위한 지표면 및 표면의 방향 유형(수평, 수직)을 요소로 도출하였다. 추가로 감염 환자 진료 구역에서는 A)환자와 직접 접촉할 가능성, B)손 접촉 정도와 빈도, C)미생물의 환경적 원천(토양, 먼지 및 물)의 유무 등을 추가 요인으로 꼽아 분류하였다(CDC, 2019: 88).

3.3 소결

세균으로 인한 교차감염이 주로 발생하는 장소가 있다. 황색 포도상구균과 장내세균목을 중점으로 진료과별 감염 환자 발생 수를 분석하였을 때 신생아실, 수술실, 내과에서 감염 환자가 많이 보고되었다. 부서별로 보았을 때 주로 외래진료보다는 병동에서 감염 환자가 발생하였고, 중환자실과 일반 병실의 환자 발생 수는 큰 차이가 없다. 독일과 미국에서는 교차감염을 효과적으로 억제하기 위해 표면 청소 및 관리 지침을 만들었다. 두 나라 모두 환자와의 거리 혹은 손이 닿는 빈도나 횟수 등에 따라 고위험 표면으로 분류하였고, 미국은 환경적인 상황이나 표면의 형태, 미생물의 특성들을 추가적인 요인으로 꼽았다. 먼지가 쌓이지 않고, 미생물의 생존기간을 늘리는 유기체가 없는 공간이 저위험군으로 분류된다.

4. 실내 마감재료 항균성능 평가

4.1 실내 마감재료의 항균 실험⁵⁾

실험의 표본은 국내 의료시설에서 일반적으로 사용되는 실내 마감재료인 SGP(Steel Gypsum board Panel), 바이오타일(도자기질), 실크벽지, 항균 PVC, 항균 수성페인트를 선정하여 사용하였다. 다만 제품을 생산하는 업체마다 다른 방식으로 제품을 생산하기 때문에 본 표본들의 세밀하고 정확한 성분은 알기 어렵다. 균 채택은 실험이 용이한 MRSA와 CRE의 기반이 되는 폐렴간균과 대장균을 사용하여 실험하였다.

항균활성치는 어느 정도 항균 성능이 있는가에 대한 지표로서 2.0 이하는 항균 효과가 없음, 2.0~4.0이 항균 효과가 있음, 4.0 이상이 항균 효과가 뛰어남을 의미한다.

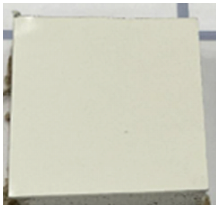



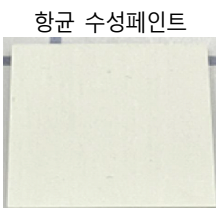
$$R) = (U_t - U_o) - (A_t - U_o) = U_t - A_t$$

[그림 2] 항균활성치 계산식

R : 항균활성치, U_o: 무가공 시험편의 접종 직후 생균 수의 로그값 평균치, U_t: 무가공 시험편의 24시간 후 생균 수의 로그값 평균치, A_t: 항균가공 시험편의 24시간 후 생균 수의 로그값 평균치를 대입하면 항균활성치를 알 수 있다.

5) 본 실험 샘플 및 데이터는 아주대 연구진과 마감재료 생산 업체가 협의하여 FITI에 항균실험을 의뢰하였고, 그 결과로 제시된 시험성적서의 내용 중 일부를 발췌한 것이다.

[표 7] 마감재료별 항균 실험 결과 요약

재료표면	균주	항균활성치 R (사멸률)
SGP (Steel Gypsum board Panel) 	대장균 (Escherichia coli ATCC 25922, ATCC 8739)	0 (0%)
	폐렴간균 (Klebsiella pneumoniae ATCC 4352)	0 (0%)
	메티실린 내성 황색포도상구균 (MRSA, Methicillin-resistant Staphylococcus aureus ATCC 33591)	2.3 (99.5%)
바이오타일(도자기질) 	대장균 (Escherichia coli ATCC 25922, ATCC 8739)	1 (90.0%)
	폐렴간균 (Klebsiella pneumoniae ATCC 4352)	0.4 (60.2%)
	메티실린 내성 황색포도상구균 (MRSA, Methicillin-resistant Staphylococcus aureus ATCC 33591)	4.9 (99.9%)
실크벽지 	대장균 (Escherichia coli ATCC 25922, ATCC 8739)	6.3 (99.9%)
	폐렴간균 (Klebsiella pneumoniae ATCC 4352)	6.3 (99.9%)
	메티실린 내성 황색포도상구균 (MRSA, Methicillin-resistant Staphylococcus aureus ATCC 33591)	4.2 (99.9%)
항균PVC 	대장균 (Escherichia coli ATCC 25922, ATCC 8739)	6.2 (99.9%)
	폐렴간균 (Klebsiella pneumoniae ATCC 4352)	5.9 (99.9%)
	메티실린 내성 황색포도상구균 (MRSA, Methicillin-resistant Staphylococcus aureus ATCC 33591)	5.2 (99.9%)
항균 수성페인트 	대장균 (Escherichia coli ATCC 25922, ATCC 8739)	6.3 (99.9%)
	폐렴간균 (Klebsiella pneumoniae ATCC 4352)	5.9 (99.9%)
	메티실린 내성 황색포도상구균 (MRSA, Methicillin-resistant Staphylococcus aureus ATCC 33591)	4.9 (99.9%)

국내 일반적인 병원에서 실내 마감재료로 사용되는 SGP는 MRSA에는 항균 효과가 있지만, CRE의 기반이 되는 장내세균목에 한해서는 항균 성능이 없다는 결과가 나왔다. 도자기질 또한 MRSA에 대해 항균 효과가 뛰어나지만, 장내세균목에 대해서는 효과가 없다. 실크벽지와 항균 PVC, 항균 수성페인트는 MRSA와 장내세균목에 대해 모두 항균 효과가 뛰어남을 알 수 있다.

4.2 구리의 항균 성능

구리는 항균 성능이 뛰어난 재료이다. 구리 이온은 양전하를 띠기 때문에 음전하인 세균의 세포막을 인력으로 찢어 빠르게 사멸하도록 유도한다.(박철민 외, 2022: 55) 구리의 특성을 이용하면 필름의 형태 등 다양하게 변형하기 용이하다. 하지만 구리는 마감재료로 사용하기에 여러 한계가 있다. 변형이 쉽다는 장점이 마감재료에서는 단점이 된다. 기기가 벽에 부딪히거나 하는 강한 충격을 받는 등 힘이 가해진다면 형태가 변형되고, 녹이 슬거나 변색 등의 이유로 주기적인 청소나 교체가 필요할 수 있다. 구리 이온은 양전하이기에 전기가 잘 통한다. 따라서 전기를 사용하는 의료기기에 적용하기 어려움이 있을 수 있다. 항균 성능이 뛰어난 구리는 아직 병원에 사용되는 의료기기, 혹은 실내마감재료 등 광범위하게 적용하는데 한계가 있다고 판단된다.

4.3 재료의 표면 특성별 항균 성능의 차이

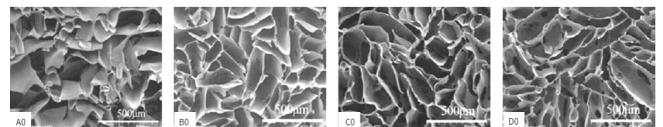
실크 벽지의 표면 항균 실험은 한계가 존재한다. [그림 3]은 일반적인 실크 벽지의 표면으로 많은 구멍이 있다. 다공성이 있는 표면에 실험을 하기 위해 세균을 배양하는 과정에서 세균이 실크벽지의 틈에 흡수가 되어 다시 검출해 확인하기 어렵다. 이를 해소하기 위해 실크 벽지처럼 단단한 표면이 아닌 직물의 표면을 실험할 때는 다른 방식으로 실험을 진행한다. 본 실험에서는 ISO 20743이라는 정량분석 프로토콜을 사용하였다. JIS L1902를 모델로 한 ISO 20743은 국제표준기구에서 인정한 실험 방법이지만 기존 모델보다는 실험 조건이 유연하다. 이 때문에 실험마다 실험 결과가 다르게 나타날 수 있으며 항균제의 성능을 구체화하기도 어렵다는 한계가 존재한다. 실크벽지와 같은 특성으로 나무나 섬유질의 표면 그리고 물이 증발하고 빈 공간이 생기는 수성페인트 등 다공성이 있는 표면은 모두 같은 한계가 존재한다. 미생물이 살아있는 상태 혹은 죽은 사체가 빈 공간 안에 들어가 있을 수 있다(Abhimanyu Tharayil, et al., 2021: 6). 카페트나 단단한 바닥 위의 공기에 함유된 미세 유기물을 비교하는 일부 연구에서는 연구 결과들이 다소 상반되게 나타났다(Ulrich, et. al., 2008: 13). 재료의 실험 결과 및 항균활성치 만을 보고 맹목적으로 특정 재료가 항균 성능이 뛰어나다고 단정 짓기에는 어려움이 있다.

표면의 형태에 따라 항균 성능에 차이가 있다. 항균성능이 있는 표면의 특성으로는 대표적으로 3가지가 존재한다. 첫번째로는 표면에 세균이 붙지 못하게 하는 표면이다(그림 4)의 (A)). 두 가지의 방식으로 표면에 세균이 붙지 못하게 하는데 재료의 표면이 입체적인 형태로 되어 물리적으로 붙지 못하게 하는 방

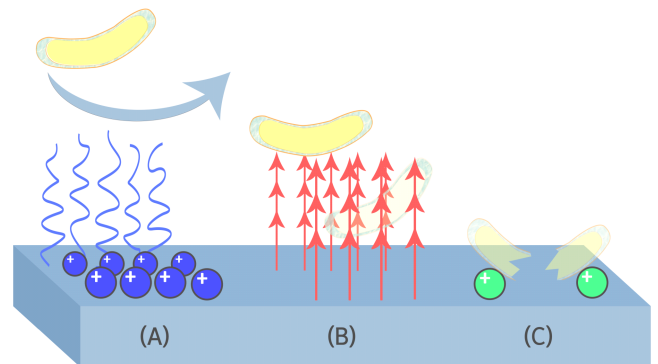
법과 표면에 전자의 형태로 정전기가 일어나 화학적으로 붙지 못하게 하는 방법으로 나뉜다. 음전하를 띠는 표면은 세균이 접근할 때 정전기적 반발력으로 밀어낸다. 물론 공기 중의 밀착된 세균이 다른 표면에 붙을수 있다는 단점이 있다(Del Olmo, et al., 2020: 6).

두 번째는 물리적으로 세균이 표면에 닿았을 때 세균을 사멸하는 표면이다(그림 4)의 (B)). 나노 단위의 뾰족한 형태가 세균의 표피에 흡집을 내 빠른 사멸을 유도한다(Del Olmo, et al., 2020: 12). 이는 자연에서도 볼 수 있는데, 해외에 매미의 날개에서 세균이 빠르게 사멸하는 것을 관찰하여 유사하게 틀을 짜고 나노 단위의 표면 형태를 기둥의 형태로 구조적으로 튼튼한 형태가 되도록 하여 개발하는 연구가 진행 중이다. 표면에 나노 단위로 인위적으로 치수, 형태 등의 패턴을 갖도록 개발하여 높이, 직경, 너비 및 간격 등을 조절하는 방식이다. 이는 사멸된 세균의 사체가 존재하기에 주기적인 교체 등 관리가 필요하므로 지속가능하지 않을 수 있다는 단점이 있다(Kaur, et al., 2016: 137).

세 번째로는 비활성화를 하도록 하는 물질이 있는 표면이다(그림 4)의 (C)). 대표적으로 4차 암모늄 화합물이 있다(Kaur, et al., 2016: 138). 양전하를 띤 4차 암모늄 그룹은 박테리아의 전체 표면적에 연결 되었을 때 세포막에 교란을 일으켜 세포질액의 필수 구성 요소를 파괴하여 세균의 빠른 사멸을 유도한다. 박테리아 세포막의 음전하를 띤 인지질 이중층 사이의 전하 인력으로 인해 세포막이 파괴되어 죽이는 방식이다(Del Olmo, et al., 2020: 9).



[그림 3] 일반적인 4개의 다공성 실크 피브로인 SEM 이미지 (Hu, Yongpei, et al., 2012, Figure 3)



[그림 4] 세균을 사멸시키는 표면의 다양한 형태 (Del Olmo, et al., 2020, Figure 2.와 Kaur, et al., 2016, FIG. 1.의 그림을 재구성함)

4.4 소결

국내 병원에서 일반적으로 사용되는 실내 마감재료 5가지를 항균 실험하였다. 일반적으로 구할 수 있는 재료인 만큼 세부적인 성분을 알기에 한계가 있다. SGP와 도자기질은 MRSA에는 항균 효과가 있지만, CRE의 기반이 되는 장내세균목에 대해서는 항균 성능이 거의 없다. 실크벽지와 항균 PVC, 항균 수성페인트는 MRSA와 장내세균목에 대해 모두 항균 효과가 뛰어나다. 따라서 MRSA 환자가 많이 발생하는 장소에는 5가지 재료 중 어떤 재료를 사용하더라도 효과적으로 감염병 확산을 제어할 수 있지만, CRE 환자가 많이 발생하는 장소에는 항균 효과가 좋은 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 구리합금의 뛰어난 항균 성능은 과거에도 많은 연구가 되고 있었다. 그러나 최근 코로나19의 대유행으로 항바이러스, 항균 성능이 있는 구리를 필름의 형태로 바꾸어 쉽게 붙이고 뗄 수 있어 많은 장소에 구리 필름이 사용되었다. 구리가 항균 성능이 뛰어난 분명한데, 실생활에 적용하기에는 지속가능성과 충격에 약하다는 점 등 한계도 존재한다. 재료마다 항균 성능이 차이가 나는 이유는 재료의 표면은 다양한 구조 및 성질이 있기 때문이다. 친수성-소수성, 표면을 이루는 이온의 전하, 다공성, 나노 단위의 형태 등 다양한 요인의 복합적인 이유로 인해 항균 성능이 정해진다. 하지만 아직 실험 방법에 대한 일관성 등 다양한 한계가 있다.

5. 결론

항생제 내성률은 현재 우리나라 상황과 같이 고령 인구가 높고 항생제 사용량이 많을수록 높게 나타난다. 항생제 내성균은 코로나19 대유행 이후 호흡기 바이러스 감염의 합병증으로 인한 2차 감염으로 다시금 대두되었다. 본 연구에서는 세균으로 인한 교차감염의 확산을 효과적으로 억제하기 위해 항균 성능이 있는 재료가 무엇인지, 그리고 이 재료를 병원 내 어디에 적용해야 하는지 파악하고자 하였다. '주요 항생제 내성균' 중 실험이 용이한 MRSA와 CRE를 위주로 고찰하였다.

연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 황색포도상구균(MRSA의 기반이 되는 세균)과 장내세균목(CRE의 기반이 되는 세균)을 중점으로 진료과별, 부서별로 어떤 장소에 많이 확산되는지 분석하였다. 두 세균 모두 비슷한 경향을 나타냈다. 진료과별로 감염 환자 발생 수를 분석하였을 때는 신생아실, 수술실, 내과에서 감염 환자가 많이 보고되었다. 부서별로 보았을 때는 주로 외래진료부보다는 병동에서 감염 환자가 발생하였고, 중환자실과 일반 병실의 환자 발생 수는 큰 차이가 없었다. 독일과 미국에서는 교차감염을 효과적으로 억제하기 위해 표면 청소 및 관리 지침을 만들었다. 환자와의 거리 혹은 손이 닿는 빈도나 횟수 등에 따라 고위험 표면으로 분류하였고, 미국은 환경적인 상황이나 표면의 형태, 미생물의 특성들을 추가적인 요인으로 꼽았다. 먼지가 쌓이지 않고, 미생물의 생존기간을 늘리는 유기체가 없는 공간이 저위험군으로 분류된다.

2) 국내 병원에서 일반적으로 사용되는 실내 마감재료 5가지에 대하여 항균 실험하였다. SGP와 도자기질은 MRSA에는 항균 효과가 있지만, CRE의 기반이 되는 장내세균목에 대해서는 항균 성능이 거의 없다. 실크벽지와 항균 PVC, 항균 수성페인트는 MRSA와 장내세균목에 대해 항균 효과가 뛰어나다. 따라서 MRSA 환자가 많이 발생하는 장소에는 5가지 재료 중 어떤 재료를 사용하더라도 효과적으로 감염병 확산을 제어할 수 있지만, CRE 환자가 많이 발생하는 장소에는 실크벽지, 항균PVC, 항균 수성페인트를 사용하는 것이 더 효과적이다. 재료마다 항균 성능이 차이가 나는 이유는 재료의 표면은 다양한 구조 및 성질이 있기 때문이다. 친수성-소수성, 표면을 이루는 이온의 전하, 다공성, 나노 단위의 형태 등 다양한 요인의 복합적인 이유로 인해 항균 성능이 정해진다.

연구결과 1)과 2)를 종합하면 항생제 내성균을 효과적으로 억제하기 위해 신생아실, 수술실, 내과, 중환자실 및 병동부 등의 면역력이 저하된 환자가 많은 실 안에 있는 손이 자주 닿는 표면 혹은 환자와 가까운 표면에 실크벽지나 항균 PVC, 항균 수성페인트 등의 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 하지만 현재의 시점에서는 실험 방법, 표본의 일반화 등에서 한계가 있다는 점은 고려할 필요가 있다.

참고문헌

- 김창남, 2010, "An Overview of Antimicrobial Testing for Textile Applications - 섬유제품을 위한 항균테스트 검토"
- 대한민국 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률, 2024, "감염병예방법"
- 박철민, 한승전, 2022, "동합금의 항균 및 항바이러스 특성 및 연구 동향"
- 서울대병원, 2024, "N의학정보 메티실린 내성 황색포도알균 감염", <http://www.snuh.org/health/nMedInfo/nView.do?category=DIS&medid=AA000492>, 2024.05.20.
- 서울대병원, 2024, "N의학정보 카바페넴 내성 장내세균", <http://www.snuh.org/health/nMedInfo/nView.do?category=DIS&medid=AA001120>, 2024.05.20
- 이상은, 이승재, 박현정, 이연경, 2021, "2013~2018년 표본감시 지속참여기관의 의료관련감염병(다제내성균6종) 신고 현황과 분리율 분석"
- 질병관리본부, 2012, "다제내성균 감염관리 지침"
- 질병관리청, 2021, "국가 항균제 내성균 조사 연보 NATIONAL ANTIMICROBIAL RESISTANCE SURVEILLANCE IN KOREA 2020 ANNUAL REPORT"
- 질병관리청, 2023, "감염병 누리집 사이트", <https://tids.goability.co.kr>, 2024.04.11
- Abhimanyu, Tharayil; R, Rajakumari; Miran, Mozetic; Gregor, Primc; Sabu, Thomas, 2021, "Contact transmission of SARS-CoV-2 on fomite surfaces: surface survival and risk reduction", INTERFACE FOCUS
- Dancer, Stephanie J., 2019, "How Much Impact Do Antimicrobial Surfaces Really Have on Healthcare-acquired Infection?"
- Del Olmo, Jon Andrade; Rubio, Leire Ruiz; Alvarez, Leyre Pérez; Martínez, Virginia Sáez; Vilela, José Luis Vilas, 2020, "Antibacterial Coatings for Improving the Performance of Biomaterials"

Gastmeier, Petra; Balderjahn, Sabine Stamm; Hansen, Sonja; Zuschneid, Irina; Sohr, Dorit; Behnke, Michael; Vonberg, Ralf-Peter; Rüden, Henning, 2006, "Where should one search when confronted with outbreaks of nosocomial infection?"

Harris, Debra, 2000, "Environmental quality and healing environments: A study of flooring materials in a healthcare telemetry unit"

Hu, Yongpei; Zhang, Qin; You, Renchuan; Wang, Lingshuang; Li, Mingzhong, 2012, "The Relationship between Secondary Structure and Biodegradation Behavior of Silk Fibroin Scaffolds"

Institute for Hygiene and Environmental Medicine, 2018, "Outbreak Database Worldwide Database for Nosocomial Outbreaks", <https://www.outbreak-database.com/Protected/Default.aspx>, 2024.05.20.

Kaur, Rajbir; Liu, Song, 2016, "Antibacterial surface design – Contact kill"

Kramer, Axel; Schwebke, Ingeborg; Kampf, Günter, 2006, "How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review"

KRINKO, 2022, "Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut"

Ojeil; Jermann; Holah; Denyer; Maillard, 2013, "Evaluation of new in vitro efficacy test for antimicrobial surface activity reflecting UK hospital conditions"

Roger, anderson; Donald, Mackel; Barry, Stoler; George, Mallion, 1982, "Carpeting in Hospitals: an Epidemiological Evaluation"

Seo, Hyun-Bo; Choi, Young-Seon; Quan, Xiaobo; Joseph, Anjali, 2008, A Review of the Research Literature on Evidence-Based Healthcare Design, Healthcare, white paper series Leadership 5 of 5

Ulrich, Roger S.; Zimring, Craig; Zhu, Xuemei; DuBose, Jennifer; U.S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2003, "Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities"

접수 : 2024년 4월 17일
 1차 심사완료 : 2024년 5월 3일
 게재확정일자 : 2024년 5월 3일
 3인 익명 심사 필