



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

표면 재료에 따른 Carbapenemase-producing  
*Enterobacterales*와 Vancomycin-resistant  
*Enterococci*에 대한 활성 이온화 과산화수소  
공간멸균기의 소독 효과

계명대학교 대학원

의학과

이건영

지도교수 이지연

2023년 8월

표면 재료에 따른 Carbapenemase-producing *Enterobacterales*와 Vancomycin-resistant *Enterococci*에 대한 활성 이온화 과산화수소 공간멸균기의 소독 효과  
이건영  
2023년 8월

표면 재료에 따른 Carbapenemase-producing  
*Enterobacterales*와 Vancomycin-resistant  
*Enterococci*에 대한 활성 이온화 과산화수소  
공간멸균기의 소독 효과

지도교수 이 지 연

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2023년 8월

계명대학교 대학원

의학과 내과학 전공

이 건 영

# 이건영의 석사학위 논문을 인준함

주 심 현 미 리

부 심 이 지 연

부 심 류 남 희

계 명 대 학 교 대 학 원

2 0 2 3 년 8 월

## Acknowledgement

감염내과를 시작하면서 시작한 석사학위 논문을 마무리하게 되었습니다. 논문 준비과정에서 부족한 점도 많았고, 학업과 일을 병행하며 어렵고 힘든 순간도 많았지만, 많은 분의 도움 덕분에 학위논문을 완성할 수 있었습니다.

먼저 바쁘신 가운데 제 학위논문의 심사위원을 맡아주신 교수님들께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 연구 방향을 제시해 주시고, 논문의 시작부터 마무리까지 아낌없이 지도해주신 이지연 교수님께 진심으로 감사드립니다. 논문작성이 처음이었던 저를 세세히 지도해주신 덕분에 연구자로서 첫발을 내딛고 논문을 작성할 수 있었습니다. 면밀하게 심사를 맡아주시고 힘들 때마다 항상 격려와 응원해주는 현미리 교수님, 깊은 감사를 드립니다. 또한 바쁘신 와중에 논문심사를 맡아주시고 꼼꼼하고 세심한 조언을 해주신 류남희 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 이 연구의 진행에 도움을 주신 이재희 교수님, 강진영 선생님, 최운영 선생님께도 감사의 말씀 전합니다.

그리고 항상 저를 위해 기도해주시고 응원해주는 부모님, 오빠, 그리고 새언니, 모두 감사드리고 사랑합니다.

격려와 지지를 보내주신 모든 분께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 앞으로 더욱 열심히 학문을 익히고 정진하여 감염내과 의사로서 한층 더 성장할 수 있도록 노력하겠습니다. 감사합니다.

2023년 8월

이 건 영

## Table of Contents

1. 서론 .....	1
2. 재료 및 방법 .....	3
3. 성적 .....	5
4. 고찰 .....	10
5. 요약 .....	14
참고문헌 .....	15
Abstract .....	20
국문초록 .....	22

## List of Tables

Table 1. Counts of Colony-forming Units after Disinfection Using an AIHP Space Sterilizer against VRE and CPE based on Surface Materials .....	8
Table 2. Disinfection Efficacy of AIHP Space Sterilizer against VRE and CPE based on Surface Materials .....	9

## List of Figures

Figure 1. Space layout of the hospital room and locations of the AIHP space sterilizer and petri dishes .....	7
--	---



## 1. 서론

Carbapenemase-producing *Enterobacterales*(CPE)와 vancomycin-resistant *Enterococci*(VRE)는 접촉을 통해 전파하는 다제내성균으로, 전 세계적으로 항생제 사용량이 증가함에 따라 발생률이 증가하고 있다(1). 미국 질병통제예방센터에서 발표한 자료에 따르면 2017년부터 2021년까지 총 75,905건의 carbapenem-resistant *Enterobacterales*(CRE)가 확인되었고 그중 33.47%는 CPE였다. 국내에서도 CRE 신고 건수가 2017년 5,717건에서 2022년 30,548건으로 증가하고 있다. VRE는 미국에서 2012년 84,800건에서 2017년 54,500건으로 발생률이 감소하고 있으나, 국내에서는 혈액 및 혈액 외 검체 분리율[(임상 검체에서 해당 VRE 분리 건수 / 총 재원 일수) X 1000]을 계산하였을 때 2017년 0.05(혈액), 0.43(혈액 외)에서 2022년 0.08(혈액), 0.62(혈액 외)로 분리율이 증가하고 있다(2-4). VRE와 CRE로 오염된 환경에 대한 소독과 청소가 충분히 이루어지지 않으면 병원균의 집락화 및 감염을 유발할 수 있으며, 사망률의 증가와 입원 기간을 연장할 수 있다. 또한 병원 내 감염을 넘어서 지역사회 감염으로도 이어질 수 있어 의료기관에서는 공간 환경 청소 및 소독 절차를 개선하기 위한 노력을 지속하고 있다(5-7).

의료기관에서 공간소독의 방법으로 사람의 손으로 공간의 표면을 직접 소독하는 방법을 사용해 왔으나, 이러한 접촉 공간 소독 방법은 여러 가지 한계가 있다. 여러 연구에서 사람이 손으로 공간 소독을 시행할 경우, 표면의 약 40% 정도만이 소독이 이루어졌으며 시행한 사람에 따라 이행도가 달랐다(8-10). 이처럼 누락되기 쉬운 영역의 청소와 소독을 보완하기 위해 비접촉(no touch) 공간 소독에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

비접촉 공간 소독 방법에는 자외선 공간 소독, 과산화수소 공간 소독, 오존 가스 공간 소독 등이 있다. 그중 과산화수소 공간 소독은 다른 비접촉 공간 소독 방법에 비해 확산 효과를 이용해 빛이 닿지 않는 그늘진 구

역까지 멸균 효과를 보인다는 장점이 있다(11, 12). 과산화수소 공간 소독에는 에어로졸 과산화수소(aerosolized hydrogen peroxide, aHP)와 과산화수소 증기(hydrogen peroxide vapor, HPV) 공간 소독 방법이 있다. HPV 공간 소독법은 aHP 공간 소독법보다 멸균 효과가 높으나 높은 농도의 과산화수소 용액으로 인해 인체 유해성이 더 높고 공간의 온도, 습도 등의 조절이 중요하다는 단점이 있다(13, 14). 최근에는 두 가지 방법을 보완한 플라즈마 형태의 활성화 이온화 과산화수소(activated ionized hydrogen peroxide, AIHP) 공간 소독법이 개발되었다(15, 16).

의료환경은 유리, 스테인리스 스틸, 플라스틱, 가죽, 천 등 다양한 재질의 표면으로 구성되어 있다. 다양한 표면에 따라 공간소독의 결과의 차이가 있을 것으로 생각되나 현재까지 표면 재료에 따른 과산화수소 공간 소독 효과에 관한 연구들은 주로 산업 현장을 대상으로 이루어졌고 HPV 공간 소독법을 이용한 연구가 대부분이었다(17-21). 플라즈마 형태의 AIHP 공간 소독을 이용한 연구와 최근 병원감염관리에 중요하게 생각되는 다제내성균인 CPE와 VRE를 대상으로 시행한 연구는 아직 부족하다.

본 연구에서는 AIHP 공간멸균기를 이용하여 의료기관에서 자주 사용되는 표면 재료에 따른 CPE, VRE 소독 효과를 확인하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 대상 균주 및 재료:

실험에 사용한 균주는 임상 검체 중 carbapenemase-producing *Enterobacterales*(CPE)는 *Escherichia coli*, vancomycin-resistant *Enterococci*(VRE)는 *Enterococcus faecium*을 사용하였다. 실험 전 균주는 탁도계(PhoenixSpec, Becton Dickinson, New Jersey, USA)를 이용하여 McFarland 5.0 standard로 탁도를 맞추었다. 지름 8 cm 크기의 멸균된 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱 페트리 접시에 피펫을 이용하여 균주가 있는 액상 배지(Phoenix ID Broth, Becton Dickinson, New Jersey, USA)를 10  $\mu$ L( $1.5 \times 10^7$  CFUs/mL) 떨어뜨렸다. 멸균 스프레더를 이용하여 페트리 접시에 떨어뜨린 액상 배지를 고르게 펼쳐서 바르고 건조했다. 이후 페트리 접시에 멸균 장소, 균주 및 재질에 따라 지정된 번호를 기재하였다.

소독 전 균주를 페트리 접시에 퍼 바른 시점부터 소독까지 약 30분이 지난 후 전용 어플리케이션(APP Count-Tact, bioMerieux, Marcy I' Etoile, France)에 전용 배지(TSA-R(L), BANDIO, Pocheon, Korea)를 사용하여 지름 8 cm 크기의 페트리 접시에 10초 동안 500  $\pm$  50 g 압력을 가해 눌러 37  $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양된 균주 수를 측정하여 평균적으로 감소한 비율을 계산하여 소독 전 실제 페트리 접시에 남아있는 균주 수를 산출하였다.

### 2.2. 연구 장소 및 방법:

본 연구는 계명대학교 대구동산병원에서 2022년 8월 10일부터 2022년 8월 17일까지 시행하였고, 화장실을 포함한 총면적이 64.8  $m^2$ (가로 6 m, 세

로 3.6 m, 높이 3 m)로 동일 구조인 빈 병실 두 곳에서 진행하였다. VRE, CPE 균주를 바른 표면 재료별(스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱) 페트리 접시 24개를 총 네 군데의 병실 내 지정된 위치(멸균기 앞, 환자 침상 옆, 화장실 내, 멸균기 뒤)에 부착하였다(Figure 1).

과산화수소 공간멸균 기계는 AIHP 공간멸균기(MUGYUN, SUNGSAM, Sungnam, Korea)를 사용하였다. 과산화수소 공간멸균기를 환자 침대 발치 쪽에 위치시킨 후 분사 입구는 침대를 향하도록 하였으며, 화장실에도 확산할 수 있도록 문을 열어 두었다. 7.8% 농도의 과산화수소 용액을 사용하였고 소독 전 병실의 가로, 세로, 높이 값을 AIHP 기계에 입력하면 면적을 계산하여 자동으로 과산화수소 분사 시간이 설정되었다. 과산화수소 소독액이 공조를 통해 다른 곳으로 확산하는 것을 막기 위해 병실 내 모든 공조 입구를 테이프로 밀봉하였다. 이후 모든 사람이 나간 다음 AIHP 공간멸균기의 대기시간을 60초로 설정한 후 소독 시작 버튼을 눌렀다. 이후 출입문을 닫고 비닐과 테이프를 사용하여 용액이 문틈 사이로 나오지 못하도록 밀봉하였다. 약 1시간 30분 동안 소독을 시행하였다. 소독 후 병실 내 과산화수소 농도가 1.0 ppm 이하가 될 때까지 약 1시간 동안 환기하였다. 준비와 환기 시간을 포함하여 총 2시간 30분이 소요되었다. 이와 같은 과정을 총 네 차례 반복하여 실험을 진행하였다.

공간 소독 후 페트리 접시에 부여된 번호와 같은 번호로 배지에 번호를 기재하였다. 번호에 따라 소독 전과 동일하게 전용 배지를 전용 어플리케이션에 끼워 지름 8 cm 크기의 페트리 접시에 10초 동안 500 ± 50 g 압력을 가해 눌렀다. 이후 전용 배지는 37 °C에서 24시간 동안 배양하였다. 이후 배양된 균주 수를 측정하여 로그값으로 치환한 후 소독 후 감소한 비율을 log reduction으로 계산하였다.

### 3. 성적

#### 3.1. 표면 재료별 증재 전 시트지에 남아있는 예상 균주 수:

소독 전 액상 배지를 바른 후 페트리 접시 표면 재료별 예상 균주 수는 스테인리스 스틸은 McFarland 5.0 10  $\mu$ L( $1.5 \times 10^7$  CFUs)의 20.8%인  $3.12 \times 10^6$  CFUs(6.49 log inoculum)이며, 유리는 McFarland 5.0 10  $\mu$ L ( $1.5 \times 10^7$  CFUs/mL)의 15.05%인  $2.26 \times 10^6$  CFUs(6.35 log inoculum), 플라스틱은 McFarland 5.0 10  $\mu$ L( $1.5 \times 10^7$  CFUs)의 16.15%인  $2.42 \times 10^6$  CFUs(6.38 log inoculum)이었다.

#### 3.2. 증재 후 오염 제거 효과:

표면 재료별 균주 수는 VRE와 CPE 균주 각각 스테인리스 스틸, 플라스틱, 유리 재질의 페트리 접시에서 과산화수소 공간 소독 전후 균주 수를 비교하였다. 공간 소독 후 페트리 접시에 남아있는 평균 균주 수는 VRE의 경우 스테인리스 스틸 1.5 CFU/회차, 0.375 CFU/Plate(-0.426 log inoculum), 플라스틱 0.25 CFU/회차, 0.063 CFU/Plate(-1.201 log inoculum)이었다. CPE 균주 수는 스테인리스 스틸은 0.5 CFU/회차, 0.125 CFU/Plate(-0.903 log inoculum), 플라스틱은 0.25 CFU/회차, 0.063 CFU/Plate(-1.201 log inoculum)이었다. 따라서 공간 소독 후 VRE는 스테인리스 스틸에서 6.916 log reduction, 플라스틱에서 7.581 log reduction을 보였고, CPE는 스테인리스 스틸에서 7.393 log reduction, 플라스틱에서 7.581 log reduction을 보였다. 유리는 CPE 및 VRE 균주 모두 공간 소독 후 균이 분리되지 않았다(Table 1&2).

따라서 VRE, CPE 중에서는 CPE 멸균 효과가 더 높게 나타났으며, 표면 재료별로는 유리가 가장 멸균 효과가 높고 스테인리스 스틸이 가장 낮게 나타났다.

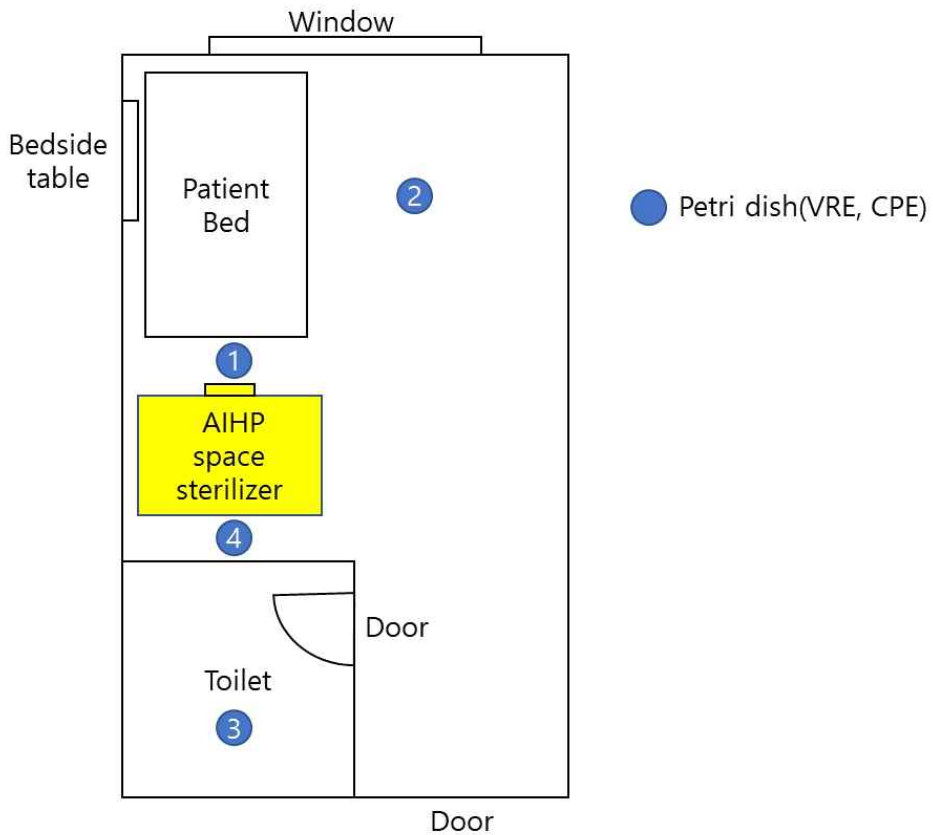


Figure 1. Space layout of the hospital room and locations of the AIHP space sterilizer and petri dishes. AIHP: activated ionized hydrogen peroxide; VRE: vancomycin-resistant *Enterococci*; CPE: carbapenemase-producing *Enterobacterales*.

Table 1. Counts of Colony-forming Units after Disinfection Using an AIHP Space Sterilizer against VRE and CPE based on Surface Materials

Trials	Strains	VRE (CFUs/plate)				CPE (CFUs/plate)			
	Locations	A	B	C	D	A	B	C	D
1	S	0	1	0	0	0	0	0	0
	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0	0
2	S	0	0	1	0	0	0	0	0
	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0	0
3	S	0	0	0	0	0	0	1	0
	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0	0
4	S	0	0	4	0	0	0	1	0
	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	1	0	0	0	0	0	1	0

A: In front of AIHP space sterilizer; B: Next to the patient' s bed;  
 C: Toilet floor; D: Behind AIHP space sterilizer

AIHP: activated ionized hydrogen peroxide; CFU: colony-forming unit;  
 CPE: carbapenemase-producing *Enterobacterales*; G: glass; P: plastic;  
 S: stainless steel; VRE: vancomycin-resistant *Enterococci*.



Table 2. Disinfection Efficacy of AIHP Space Sterilizer against VRE and CPE based on Surface Materials

Strains	Results	Surface materials		
		Stainless steel	Glass	Plastic
VRE	Mean CFUs/plate before disinfection	$3.12 \times 10^6$	$2.26 \times 10^6$	$2.42 \times 10^6$
	Mean log inoculum before disinfection	6.490	6.350	6.380
	Mean CFUs/plate after disinfection	0.375	0	0.063
	Mean log inoculum after disinfection	-0.426	-	-1.201
	Mean log reduction	6.916	-	7.581
CPE	Mean CFUs/plate before disinfection	$3.12 \times 10^6$	$2.26 \times 10^6$	$2.42 \times 10^6$
	Mean log inoculum before disinfection	6.490	6.350	6.380
	Mean CFUs/plate after disinfection	0.125	0	0.063
	Mean log inoculum after disinfection	-0.903	-	-1.201
	Mean log reduction	7.393	-	7.581

AIHP: activated ionized hydrogen peroxide; CFU: colony-forming unit; CPE: carbapenemase-producing *Enterobacterales*; VRE: vancomycin-resistant *Enterococci*.

## 4. 고 찰

과산화수소 공간 소독은 비접촉 공간 소독 방법의 하나로, *Clostridioides difficile*, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*(MRSA), multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*(MRAB), VRE, CRE 등의 국내 의료환경 감염관리에서 중요시되고 있는 균주부터 최근에는 severe acute respiratory syndrome coronavirus 2(SARS-CoV-2)와 같은 유행성 감염병에 대해서까지 멸균 효과를 확인하는 다양한 연구가 이루어지고 있다(22-24).

멸균 효과의 기준은 국내외 가이드라인에서 균주 및 소독제의 종류에 따라 다양하지만, 미국 EPA(Environmental Protection Agency) 및 국내 식품 의약품안전처의 의료기기 멸균 성능 평가 가이드라인의 멸균 보증 수준(Sterility Assurance Level, SAL)에서는 과산화수소 공간 소독 기계에 대해 6 log reduction 이상의 균주 감소를 적절한 멸균의 기준으로 제시하고 있다(14-16, 25).

과산화수소 공간 소독 방법에는 대표적으로 aHP 공간 소독법과 HPV 공간 소독법이 있다. aHP 공간 소독은 5~6%의 저농도 과산화수소를 이용하며, 넓은 공간 보다 좁은 영역에서 효과적이며 대개 4 log reduction 이상의 멸균 효과를 기대하기 어렵다. 그러나 저농도 과산화수소를 이용하므로 인체 유해성이 낮다는 장점이 있다. 이에 반해 HPV 공간 소독법은 30~35%의 고농도 과산화수소를 사용하며, 열을 가해 증기로 분사하는 방법이다. 멸균 효과를 확인하는 다양한 연구에서 6 log reduction 이상의 효과를 확인할 수 있었다. 그러나 인체 유해성이 aHP 공간 소독법에 비해 높고 공간 온도와 습도에 따라 효과가 다르다는 단점이 있다(14, 26). 또한 의료환경의 표면에 부식을 유발할 수 있다. Kimura 등(27)의 연구에 따르면 aHP와 HPV 모두 과산화수소의 농도에 따라 구리, 스테인리스 스틸, 에폭시, 실리콘, 레진 등의 다양한 표면의 경도를 변화시키고 색상 변화가 일어나는 등 부식을 유발한다(27). 이와 같은 두 가지 과산화수소 공간 소독 방법을 보

완하여 최근 개발된 방법이 플라즈마 상태의 과산화수소, AIHP를 이용한 공간 소독법이다. 초과산화이온( $O_2^-$ ), 수산화 라디칼(hydroxyl radical,  $OH^\cdot$ )과 같은 활성화 이온이 플라즈마를 통해 생성되어 멸균 효과를 가지고, 남은 과산화수소 기체는 산소와 수증기로 환원되어 독성을 잃는다. Freyssenet 등(15)은 12% 농도의 플라즈마를 사용하여 연구를 진행하였고, *Geobacillus stearothermophilus* 아포에 대하여 6 log reduction 이상의 멸균 효과를 확인하였다(15). 본 연구에서는 7.5% 과산화수소 용액을 이용한 활성 이온화 과산화수소 공간멸균기를 사용하였고, VRE, CPE 균주 모두 소독 후 6 log reduction 이상의 균주 감소를 보여 충분한 소독 효과를 확인할 수 있었다.

과산화수소의 상태별 공간 소독 효과에 관한 연구 외에도, 다양한 환경 표면 재료에 따른 소독 효과에 관한 연구도 시행됐다. 이전에는 산업 및 군사 환경에서 증기 형태의 과산화수소를 이용한 연구가 주로 진행되었다. 2005년 Rogers 등(19)은 *Bacillus species*와 *Geobacillus stearothermophilus* 아포를 대상으로 산업 환경의 다양한 표면 재료에 대한 과산화수소 증기의 소독 효과를 확인하고자 하였고, 세 가지 다공성 재료(산업 카펫, 목재, 콘크리트)와 네 가지 비 다공성 재료(유리, 라미네이트, 금속, 페인트 된 벽지)를 사용하였다. 소독 후 다공성 재료에서 비다공성 재료에 비해 log reduction이 낮음을 확인하여 재료의 다공성 여부가 소독 효과에 영향을 준다는 점을 확인하였다(19). 국내에서 2013년 김윤기 등(21)이 시행한 연구에서도 *Geobacillus stearothermophilus* 아포, *Escherichia coli*, *Enterobacteria phage*를 대상으로 과산화수소 증기 시스템을 이용하여 소독을 시행하였고, 유리 재질의 쿠폰에서는 30분에 완전히 멸균되었으며 아노다이징, 실리콘, 바이톤 재질에서는 60분에 완전히 멸균됨을 확인하여 다공성의 표면을 가진 재질과 비다공성의 표면을 가진 재질에서 서로 다른 소독 효과를 나타내었다(21). 본 연구에서는 비다공성 표면인 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱 재료를 사용하였고, 모두 6 log reduction 이상의 유의미한 소독 효과를 보였으나, 유리가 가장 소독 효과

가 높았고 스테인리스 스틸이 가장 낮았다. 이는 재료의 다공성 여부 외에도 표면의 요철 또한 소독 효과의 차이에 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 유리의 요철이 가장 적었고, 플라스틱, 스테인리스 스틸 순으로 요철이 증가하였다. 재료의 다공성 외에도 재료의 요철과 강도와 같은 특성에 관한 추가 연구가 필요하겠다.

산업 환경 외에도 의료환경 표면 재료별 과산화수소 소독 효과를 확인하는 연구들도 진행되고 있고, 특히 항생제 사용에 따라 최근 증가하고 있는 다제내성균을 대상 균주로 다양한 연구가 진행되고 있다. Lemmen 등(17)은 원내감염에서 중요시되는 *Clostridioides difficile* 아포, MRSA, VRE, MRAB를 대상 균주로 HPV를 이용하여 수술실의 다공성(면), 비다공성(스테인리스 스틸) 표면에 대한 소독 효과를 확인하였다. HPV는 면과 스테인리스 스틸 표면 모두에서 아포의 사멸과 모든 대상 균주의 4 log reduction 이상의 소독 효과를 확인하였다(17). 본 연구에서는 다제내성균 중 VRE와 최근 특히 병원 환경관리에 중요시되는 CPE를 대상 균주로 선택하였고, 각각의 균주 모두 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱 표면 재료에서 충분한 소독 효과를 확인하였다.

본 연구는 기존의 aHP와 HPV를 보완한 플라즈마 형태의 AIHP 공간멸균기의 다제내성 균주에 대한 소독 효과를 확인한 것에 의의가 있다. 또한 다제내성균 중 의료기관 감염관리에 주된 문제로 다뤄지고 있는 VRE와 CPE를 대상 균주로 사용했다는 점과, 표면 재료 중에서도 의료환경에서 자주 보이는 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱에 관해서 연구를 시행하여 충분한 소독 효과를 확인한 것에 의의가 있다.

의료환경은 천, 가죽, 나무 등 다양한 재료로 구성되어 있으며, 병실 외에도 검사실, 수술실, 중환자실 등 다양한 환경이 있으나, 본 연구는 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱의 세 가지 표면 재료만을 대상으로 하였고, 의료시설 내에서도 병실에 국한되어 실험이 진행되었다는 한계점이 있다. 또한 소독 후 유리 재질에서는 균의 집락이 확인되지 않아 가장 좋은 멸균 효과를 확인할 수 있었으나, 재료별 소독 전 균주 수가 동일하지 않아 소

독 효과의 차이를 정확하게 비교하기 어려웠다는 한계가 있다.

본 연구를 통해 향후 AIHP 공간 소독을 의료환경에 적절하게 적용하는데 도움이 될 수 있기를 기대하며, 추가적인 표면 재료와 공간 배치에 따른 AIHP 공간 소독 효과를 확인하는 연구가 필요하겠다.

## 5. 요약

본 연구는 기존 aHP 및 HPV 공간 소독을 보완한 플라즈마 형태의 AIHP 공간소독의 VRE 및 CPE에 대한 의료환경 표면 재료별 소독 효과를 확인하고자 하였다.

그 결과 AIHP 공간 소독을 통해 VRE 및 CPE에 대하여 의료환경 표면 재료에 따라 소독 효과 정도의 차이는 있으나, 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱에서 모두 6 log reduction 이상의 충분한 소독 효과를 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 향후 의료환경에 따라 적절하게 과산화수소 공간 소독을 적용하는 데 도움이 될 것으로 생각하며, 보다 다양한 표면 재료를 이용한 추가적인 연구가 필요하겠다.

## 참 고 문 헌

1. Nordmann P, Naas T and Poirel L: Global spread of Carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*. *Emerg Infect Dis* 2011; 17(10): 1791-8.
2. Centers for Disease Control and Prevention: Antibiotic resistance threats in the United States 2019. Available from: URL:<https://stacks.cdc.gov/view/cdc/82532>.
3. Jernigan JA, Hatfield KM, Wolford H, Nelson RE, Olubajo B, Reddy SC, et al.: Multidrug-Resistant Bacterial Infections in U.S. Hospitalized Patients, 2012-2017. *N Engl J Med* 2020; 382(14): 1309-19.
4. Korea Centers for Disease Control and Prevention: Infectious disease surveillance yearbook 2021. Available from: URL:<https://npt.kdca.go.kr/npt/biz/npp/portal/nppPblctDtaView.do?pblctDtaSeAt=1&pblctDtaSn=2682>
5. Centers for Disease Control and Prevention: Facility guidance for control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) 2015; Available from: URL: <https://www.cdc.gov/hai/pdfs/cre/CRE-guidance-508.pdf>.
6. Yigit H, Queenan AM, Anderson GJ, Domenech-Sanchez A, Biddle JW, Steward CD, et al.: Novel carbapenem-hydrolyzing beta-lactamase,

- KPC-1, from a carbapenem-resistant strain of *Klebsiella pneumoniae*. *Antimicrob Agents Chemother* 2001; 45(4): 1151-61.
7. Cheah AL, Spelman T, Liew D, Peel T, Howden BP, Spelman D, et al.: *Enterococcal* bacteraemia: factors influencing mortality, length of stay and costs of hospitalization. *Clin Microbiol Infect* 2013; 19(4): E181-9.
  8. Carling PC, Briggs J, Hylander D and Perkins J: An evaluation of patient area cleaning in 3 hospitals using a novel targeting methodology. *Am J Infect Control* 2006; 34(8): 513-9.
  9. Carling PC and Bartley JM: Evaluating hygienic cleaning in health care settings: what you do not know can harm your patients. *Am J Infect Control* 2010; 38(5 Suppl 1): S41-50.
  10. Boyce JM: Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals. *Antimicrob Resist Infect Control* 2016; 5: 10.
  11. Kelly S, Schnugh D and Thomas T: Effectiveness of ultraviolet-C vs aerosolized hydrogen peroxide in ICU terminal disinfection. *J Hosp Infect* 2022; 121: 114-9.
  12. Park S, Lee J, Kim E, Kwak S, Hong M, Lim Y, et al.: Comparison of the Microbiological Efficacy of Disinfection Using Ultraviolet and Hydrogen Peroxide System for Carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in a Healthcare Setting. *Korean J healthc*



assoc Infect Control Prev 2021; 26(1): 31-8.

13. Fu TY, Gent P and Kumar V: Efficacy, efficiency and safety aspects of hydrogen peroxide vapour and aerosolized hydrogen peroxide room disinfection systems. *J Hosp Infect* 2012; 80(3): 199-205.
14. Otter JA, Yezli S, Perl TM, Barbut F and French GL: A guide to no-touch automated room disinfection (NTD) systems. *Decontamination in Hospitals and Healthcare* 2014; 413-60.
15. Freyssenet C and Karlen S: Plasma-Activated Aerosolized Hydrogen Peroxide (aHP) in Surface Inactivation Procedures. *Appl Biosaf* 2019; 24(1): 10-9.
16. Choi J, Lee M, Lee Y, Song Y, Cho Y and Lim TH: Effectiveness of Plasma-Treated Hydrogen Peroxide Mist Disinfection in Various Hospital Environments. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(18).
17. Lemmen S, Scheithauer S, Hafner H, Yezli S, Mohr M and Otter JA: Evaluation of hydrogen peroxide vapor for the inactivation of nosocomial pathogens on porous and nonporous surfaces. *Am J Infect Control* 2015; 43(1): 82-5.
18. Rutala WA, Gergen MF, Sickbert-Bennett EE, Williams DA and Weber DJ: Effectiveness of improved hydrogen peroxide in decontaminating privacy curtains contaminated with multidrug-resistant pathogens.

Am J Infect Control 2014; 42(4): 426-8.

19. Rogers JV, Sabourin CL, Choi YW, Richter WR, Rudnicki DC, Riggs KB, et al.: Decontamination assessment of *Bacillus anthracis*, *Bacillus subtilis*, and *Geobacillus stearothermophilus* spores on indoor surfaces using a hydrogen peroxide gas generator. J Appl Microbiol 2005; 99(4): 739-48.
20. Bentley K, Dove BK, Parks SR, Walker JT and Bennett AM: Hydrogen peroxide vapour decontamination of surfaces artificially contaminated with norovirus surrogate feline calicivirus. J Hosp Infect 2012; 80(2): 116-21.
21. Kim YK, Kim MC, Yoon SN, Hwang HC and Ryu SG: A Study on Microorganisms Decontamination Using a Vapor-Phase Hydrogen Peroxide System. Korean Journal of Environmental Health Sciences 2013; 39(3): 279-88.
22. Ali S, Muzslay M, Bruce M, Jeanes A, Moore G and Wilson AP: Efficacy of two hydrogen peroxide vapour aerial decontamination systems for enhanced disinfection of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* and *Clostridium difficile* in single isolation rooms. J Hosp Infect 2016; 93(1): 70-7.
23. Christie-Holmes N, Tyli R, Budyłowski P, Guvenc F, Weiner A, Poon B, et al.: Vapourized hydrogen peroxide decontamination in a hospital setting inactivates SARS-CoV-2 and HCoV-229E without

- compromising filtration efficiency of unexpired N95 respirators. Am J Infect Control 2021; 49(10): 1227-31.
24. Truitt CL, Runyan DA, Stern JJ, Tobin C, Goldwater W and Madsen R: Evaluation of an aerosolized hydrogen peroxide disinfection system for the reduction of *Clostridioides difficile* hospital infection rates over a 10 year period. Am J Infect Control 2022; 50(4): 409-13.
25. Ministry of Food and Drug Safety Republic of Korea: Guideline for safety and sterilization performance evaluation of low-temperature sterilizer medical devices 2017; Available from: URL: [https://www.mfds.go.kr/brd/m\\_1060/view.do?seq=12637&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_cd=&company\\_nm=&page=82](https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=12637&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=82).
26. Otter JA, Yezli S, Perl TM, Barbut F and French GL: The role of 'no-touch' automated room disinfection systems in infection prevention and control. J Hosp Infect 2013; 83(1): 1-13.
27. Kimura T, Yahata H and Uchiyama Y: Examination of Material Compatibilities with Ionized and Vaporized Hydrogen Peroxide Decontamination. J Am Assoc Lab Anim Sci 2020; 59(6): 703-11.

Disinfection Efficacy of Activated Ionized Hydrogen  
Peroxide Space Sterilizer on Carbapenemase-producing  
*Enterobacterales* and Vancomycin-resistant *Enterococci*  
according to Surface Materials

Lee, Keon Young

Department of Internal Medicine

Graduate School

Keimyung University

(Supervised by Professor Lee, Ji Yeon)

**(Abstract)**

Carbapenemase-producing *Enterobacterales* (CPE) and vancomycin-resistant *Enterococci* (VRE) are multidrug-resistant bacteria that are spread through contact, and space disinfection is emphasized in hospital environment management. Hydrogen peroxide space disinfection is one of no-touch space disinfection methods. This study aimed to confirm disinfection efficacy of activated ionized hydrogen peroxide (AIHP) space sterilizer developed in South Korea on CPE and VRE strains for each surface material in a medical environment. Among the clinical samples, *Escherichia coli* was used for CPE and *Enterococcus faecium* for VRE, and the samples were spread on sterilized stainless

steel, glass, and plastic petri dishes, which were placed in different locations in a hospital room. The AIHP space sterilizer was used for disinfection, and the process was repeated four times. Disinfection efficacy was assessed through log reduction of the number of cultured strains after disinfection. VRE demonstrated 6.916 log reduction on stainless steel and 7.581 log reduction on plastic. CPE showed 7.393 log reduction on stainless steel and 7.581 log reduction on plastic. Both VRE and CPE were not isolated on glass surfaces. The AIHP space sterilizer exhibited sufficient disinfection efficacy on all three materials, with variations in effectiveness depending on the surface materials.

표면 재료에 따른 Carbapenemase-producing *Enterobacterales*와  
Vancomycin-resistant *Enterococci*에 대한 활성 이온화  
과산화수소 공간멸균기의 소독 효과

이 건 영

계명대학교 대학원

의학과 내과학 전공

(지도교수 이 지 연)

(초록)

Carbapenemase-producing *Enterobacterales*(CPE)와 vancomycin-resistant *Enterococci*(VRE)는 접촉을 통해 전파되는 다제내성균으로, 병원 환경관리에서 공간 소독이 강조되고 있다. 비접촉 공간 소독 방법 중 과산화수소 공간 소독에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있고, 최근에는 플라즈마 형태의 활성 이온화 과산화수소(activated ionized hydrogen peroxide, AIHP)를 이용한 공간 소독법이 개발되었다. 본 연구에서는 국내에서 개발된 AIHP 공간멸균기의 의료환경 표면 재료별 CPE와 VRE에 대한 소독 효과를 확인하고자 하였다. 임상 검체 중 CPE는 *Escherichia coli*, VRE는 *Enterococcus faecium* 균주를 사용하였으며, 멸균된 스테인리스 스틸, 유리, 플라스틱 재질의 페트리 접시에 바른 후, 병실의 지정된 위치에 부착하였다. 이후 AIHP 공간멸균기를 사용하여 소독하였다. 이와 같은 과정을

총 네 차례 반복하였다. 소독 전후 배양된 균주 수의 차이를 로그 치환하여 log reduction으로 소독 효과를 평가하였다. VRE는 스테인리스 스틸에서 6.916 log reduction, 플라스틱에서 7.581 log reduction을 보였으며, CPE는 스테인리스 스틸에서 7.393 log reduction, 플라스틱에서 7.581 log reduction을 보였다. 유리는 CPE 및 VRE 모두 공간 소독 후 균이 분리되지 않았다. AIHP 공간 소독을 통해 세 가지 재료 모두 충분한 소독 효과를 확인하였으며, 표면 재료에 따라 소독 효과의 차이가 있었다. 본 연구를 통해 향후 의료환경에 따라 적절하게 과산화수소 공간 소독을 적용하는 데 도움이 될 것으로 생각하며, 보다 다양한 표면 재료를 이용한 추가 연구가 필요하겠다.