



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](#)

간호학 석사학위논문

표준화된 종결 소독 교육과 과산화수소
공간소독의 순차 적용이
카바페넴내성장내세균 환자 병실의
환경 오염 감소에 미치는 효과

The Effect of the Sequential Application of
Standardized Terminal Disinfection Education
and Hydrogen Peroxide Space Disinfection
on Reducing Environmental Contamination in
Patient Rooms with Carbapenem-resistant
Enterobacterales

울산대학교 산업대학원
임상전문간호학전공
이혜빈

표준화된 종결 소독 교육과 과산화수소

공간소독의 순차 적용이

카바페넴내성장내세균 환자 병실의

환경 오염 감소에 미치는 효과

지도교수 정재심

이 논문을 간호학 석사학위 논문으로 제출함

2023년 8월

울산대학교 산업대학원

임상전문간호학전공

이혜빈

이혜빈의 간호학 석사학위
논문을 인준함

심사위원 김 미 나



심사위원 이 진 서



심사위원 정 재 심



울산대학교 산업대학원

2023년 8월

감사의 글

처음 주제를 정하고 계획서 작성을 시작하였을 때는 끝이 날 것 같지 않았는데 이렇게 논문을 마무리하는 날을 맞이하니 감회가 새롭고 감사한 분들이 많이 생각납니다.

먼저 논문의 방향을 설정할 때부터 완성이 될 때까지 끊임없는 조언과 함께 도와주신 정재심 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 미생물 검사를 진행할 수 있도록 전문가를 소개해주시고 할 수 있다고 용기를 주신 덕분에 잘 마무리할 수 있었습니다. 또한 바쁘신 중에도 조언을 아끼지 않고 지도해 주신 이진서 교수님, 김미나 교수님께 지면을 통하여 감사를 드립니다. CRE 선택배지와 운송배지를 직접 만들어 주시고 검체 채취법과 판독하는 방법에 대하여 아낌없이 조언해 주신 김봉철 선생님, 연구 진행을 할 수 있도록 허락하여주시고 도움을 주신 김미경 간호부장님, 병동 유엠님, 바쁜 업무 중에서도 환경 관리를 위해 애써주신 병동과 환경 소독 담당 직원분들께도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

감염병 유행 시기에 감염관리실에서 일을 시작한 직후라 주저하던 대학원 공부를 할 수 있도록 이끌어주신 박소연 교수님, 박혜진 팀장님, 힘든 시기임에도 늘 곁에서 응원해주고 도와주신 감염관리실 선생님들, 직장 생활 하면서 다른 걱정 없이 공부할 수 있도록 지원해주시고 응원해주신 사랑하는 부모님, 존재만으로도 힘이 되는 동생에게 감사의 마음을 전합니다.

이 논문은 2022년 서울특별시 간호사회 한마음장학금으로 연구비 일부를 지원받아 연구하였습니다.

2023년 8월

이혜빈 올림

국 문 초 록

목적: 표준화된 종결 소독 과정에 대한 교육과 과산화수소 공간 소독의 순차 적용이 카바페넴내성장내세균 환자 병실 환경 오염 감소에 미치는 효과를 파악함으로써 효과적인 종결 소독 절차 마련을 위한 근거를 제공하기 위함이다.

방법: 일개 종합병원 CRE 환자 1인 격리 병실의 다빈도 접촉 표면 9곳(호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간, 화장실 손잡이, 변기 내부, 변기 시트, 세면대 배수구, 세면대)을 대상으로 adenosine triphosphate (ATP)검사와 미생물배양검사를 사용하여 중재 전후 환경 오염의 차이를 비교하는 비 동등성 대조군 전후 시차 설계의 유사실험연구이다. Phase I 에서 퇴실 환자 병실 10개의 다빈도 접촉 표면 9곳에서 일반적인 종결 소독 전후 2가지 시점에 멸균 면봉을 사용하여 총 180개의 검체를 채취하였고, Phase II에서 청소 담당 직원 대상으로 표준화된 종결 소독 과정에 대한 교육이 제공된 후 10개 병실의 다빈도 접촉 표면 9곳에서 표준화된 종결 소독 전 후, 과산화수소 공간소독 후 3가지 시점에 동일한 방법으로 총 270개의 검체를 채취하였다. 미생물 배양 검사는 Blood agar plate와 Chrome agar plate에 35℃에서 24시간 배양 후 자란 호기성 집락수(aerobic colony counts, ACC)를 colony forming units (CFU)로 표기하였고 ATP검사 결과는 relative light units (RLU)로 표기하였다.

결과: Phase I 에서 일반적인 종결 소독 전후 ATP 측정값은 침상 테이블($Z=-0.561$, $p=.037$), 변기 시트($Z=-2.090$, $p=.037$), 세면대 배수구($Z=-1.988$, $p=.047$)에서 소독 후 유의하게 감소하였으며, 오염제거율은 250 RLU/100 cm² 미만을 기준으로 하였을 때 소독 후에 세면대($\chi^2=5.208$, $p=.020$)만 유의하게 증가하였다. CRO 양성 표면 비율은 변기 내부($\chi^2=4.267$, $p=.033$)에서 소독 후 유의하게 감소하였다. Phase II에서 표준화된 종결 소독 후 ATP 측정값이 유의하게 감소한 표면은 침상 테이블($\chi^2=-2.271$, $p=.005$), 변기 내부($\chi^2=-3.326$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=-3.705$, $p<.001$), 세면대 배수구($\chi^2=-3.175$, $p=.001$), 세면대($\chi^2=-3630$, $p<.001$)였으며, ACC 값이

유의하게 감소한 표면은 변기 내부($Z=-2.647$, $p=.007$), 변기 시트($Z=-2.897$, $p=.007$), 세면대($Z=-3.594$, $p=.005$)였다. 표준화된 종결 소독에 추가로 과산화수소 공간소독 적용 후 ATP 측정값은 화장실 손잡이를 제외한 8곳의 표면에서 유의하게 감소하였으며($p<.05$), ACC 값은 매트리스, 침상 난간, 화장실 손잡이를 제외한 6곳의 표면에서 유의하게 감소하였다($p<.05$). 오염제거율은 변기 내부($\chi^2=13.321$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=9.473$, $p=.002$), 세면대($\chi^2=12.597$, $p<.001$)에서 유의하게 증가하였고, 2.5 CFU/cm² 미만을 기준으로 하였을 때는 변기 내부($\chi^2=12.889$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=4.833$, $p=.028$), 세면대 배수구($\chi^2=7.493$, $p=.006$), 세면대($\chi^2=4.833$, $p=.028$)에서 오염제거율이 증가하였다. CRO 양성 표면 비율은 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독의 순차 적용 후에 변기 내부($\chi^2=13.125$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=6.667$, $p=.028$), 세면대 배수구($\chi^2=11.674$, $p=.002$)에서 유의하게 감소하였다. 세면대 배수구는 450개의 표면 중 유일하게 CRE가 분리되었으며 소독 전 후 환경오염도가 높고 과산화수소 공간소독 후에도 carbapenem-resistant gram negative bacillus (CRGNB)가 완전히 제거되지 않고 남아있는 것으로 확인되었다.

결론: 환경 소독 담당 직원 대상의 표준화된 종결 소독 교육과 피드백에 따른 효과로 종결 소독 후 환경오염도가 크게 개선되었으며 과산화수소 공간소독을 통해 추가적으로 환경오염도가 감소하는 경향을 보였다.

주요어: 카바페넴내성장내세균, 종결 소독, 다빈도 접촉표면, 종결 소독 모니터링, 청소 담당 직원 교육

목 차

감사의 글	i
국문초록	ii
I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 용어의 정의	3
I. 문헌 고찰	5
1. CRE의 발생 현황 및 역학적 특성	5
2. CRE에 의한 병원 환경 오염	5
3. 의료기관의 환경 오염도 평가 방법	7
4. 병원 환경 소독 교육에 의한 환경 오염 감소 효과	9
5. 과산화수소 공간소독의 병실 소독 효과	10
II. 연구 방법	13
1. 연구 설계	13
2. 연구 대상	13
3. 연구 중재	14
4. 측정 도구	17
5. 자료 수집	19

6. 자료 분석	20
III. 연구 결과	22
1. Phase I 일반적인 종결 소독 전후 환경오염도의 차이	22
2. Phase II 표준화된 종결 소독 전후, 과산화수소 공간소독 후 환경오염도의 차이	26
3. Phase I, Phase II 종결 소독 및 과산화수소 공간소독에 따른 오염 제거 효과 비교	32
4. 환경에서 분리된 균의 특성	37
IV. 논의	39
V. 결론 및 제언	44
참고문헌	45
부록 1. CRE 격리 병실 종결 소독 교육 자료	56
부록 2. CRE 격리 병실 종결 소독 순서도	62
부록 3. 격리병실 종결 소독 및 검체 채취 프로세스	63
부록 4. (증례기록지) 환경 오염도 측정 결과	64
부록 5. 임상연구심의위원회 심의 결과 통지서	65
영문초록	68

Tables

Table 1. Study Design	3
Table 2. Education Contents on Terminal Cleaning	16
Table 3. Comparison of ATP Results between Pre and Post Cleaning for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms	23
Table 4. Comparison of Microbiologic Testing Results between Pre and Post Cleaning for 9 Surfaces in 10 Patient Room	25
Table 5. Comparison of ATP Results Pre Cleaning, Post Standardized Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms	28
Table 6. Comparison of Microbiologic Testing Results Pre Cleaning, Post Standardized Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms	31
Table 7. Comparison of Decontamination Rate Pre Cleaning, Post Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms based on ATP values	33
Table 8. Comparison of Decontamination Rate Pre Cleaning, Post Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms based on ACC values.	36
Table 9. Species of Carbapenem-resistant Organisms Colonized on Environmental Surfaces in Patient Rooms	38

Figure

Figure 1. Target surfaces of the patient room	14
Figure 2. Bar graph of ATP readings, expressed as relative light units, from 9 surface samples in 10 patient rooms measured in (A) Phase I and (B) Phase II	29
Figure 3. Bar graph expressing the proportion of decontaminated surfaces measured by ATP in (A) Phase I and (B) Phase II	34

I. 서론

1. 연구의 필요성

세계적으로 항생제 사용의 빈도가 늘어나면서 항생제 내성균 출현은 해가 갈수록 문제가 되고 있으며, 다제내성균(multidrug-resistant organisms, MDRO) 감염은 항생제 사용 및 선택을 제한하고, 재원 기간, 의료비용 및 사망률 증가 등 많은 문제와 관련이 있다(Qavi et al., 2005; Wilson et al., 2004). 국내 카바페넴내성장내세균(carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE)의 발생건수는 2018년 11,954건에서 2022년 30,536건으로 증가하고 있고, 특히 카바페넴분해효소 생성 장내세균(carbapenemase-producing *Enterobacterales*, CPE)의 비율은 2018년 49.8%에서 2021년 61.9%로 점차 증가하고 있다(Korea Disease Control and Prevention Agency, [KDCA], 2022).

CRE 감염 예방을 위한 강화된 환경 조치로 미국의 질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)에서는 환경 소독 담당 직원 교육 강화와 환경 소독 모니터링을 권고하고 있으며, 국내 감염관리 지침에서도 접촉 주의 병실은 다른 병실보다 더 자주 청소하고 소독해야 하며, 특히 환자가 자주 만지는 표면과 물건은 철저히 청소하고 소독을 시행해야 한다고 권고한다(KDCA, 2022).

CRE의 환경 표면 오염에 대한 27개의 체계적 고찰 연구(Van Loon et al., 2018)에 따르면 병원 환경 표면에서 CRE는 세면대에서 가장 많이 분리되었고 환자 침대 및 기계환기장비가 그 뒤를 이었다. 그밖에도 모니터, 샤워장비, 테이블 등이 있었다. 미국의 연구(Odom et al., 2014)에서도 세면대 배수구, 수도꼭지, 침상 난간에서 CRE가 분리되었다. 손을 씻을 때 세면대 위 10cm 공간에서 싱크 트랩에 존재하는 세균의 에어로졸화가 배양 검사를 통해 확인되었으며 세면대와 배관 구조의 교체가 CRE 유행 종결에 영향을 미쳤다고 하였다(De Geyter et al., 2017). 습한 환경 외에도 다빈도 접촉 표면인 베개, 사타구니 및 다리부분의 침대시트, 주입 펌프, 침상 옆 탁자에서도 CRE가 분리되었다(Lerner et al., 2013). 병원성 미생물은 병실 내 표면에서 몇 주에서 몇 달 동안 생존이 가능하며(Boyce et al., 2022; Otter et al., 2011; Weber et al.,

2010), 다제내성균 환자가 사용했던 병실로 입원하는 것이 다제내성균 획득 및 전파의 증가 요인으로 작용한다고 밝혀졌다(Huang et al., 2006).

일상적인 병원 환경 소독에 대한 연구에 따르면 국가적 지침과 의료기관의 정책에도 불구하고 병실 표면의 40~50%만이 적절하게 소독이 된 것으로 나타났으며(Carling et al., 2008; Carling et al., 2017; Hung et al., 2018), 그 이유로 철저한 환경 소독에 대한 일관되고 지속적인 모니터링이 부족하기 때문이라고 하였다(Parry et al., 2022).

선행연구들에서 환자 퇴실 이후의 종결 소독에 대한 실질적인 개선의 필요성이 확인되었고, 환경 소독에 대한 표준화된 프로그램 개입으로 병실 소독 효과를 확인한 6개의 국외 연구(Bernstein et al., 2016; Boyce et al., 2009; Carling et al., 2017; Dancer, 2011; Deshpande et al., 2017; Parry et al., 2022)에서 환경 소독 담당 직원 대상으로 표준화된 종결 소독 과정 교육과 모니터링 및 즉각적인 피드백을 통해 종결 소독 과정을 개선하였다. 표준화된 종결 소독 교육 프로그램에는 환경 표면의 adenosine triphosphate (ATP) 측정 시연 및 다빈도 접촉 표면의 철저한 소독의 필요성에 대한 내용과 기관의 감염예방 활동에서 환경 소독 담당 직원 역할의 중요성에 대한 내용이 포함되었다(Boyce et al., 2009; Carling et al., 2017). 객관적인 모니터링 방법으로는 ATP 검사를 사용하여 잔류 유기물을 평가하거나 형광 마커 검사를 통해 TDC 점수(thoroughness of disinfection cleaning score)를 계산하여 종결 소독의 적절성을 평가하였다.

사람의 손에 의한 물리적인 환경관리 방법의 인적 오류나 의존도를 줄이고 환경 소독을 강화하기 위한 방법으로 다양한 비접촉(No-touch) 환경 관리 방법을 추가하여 사용하고 있다(Otter et al., 2013). No-touch 소독은 물리적인 소독이 아니기 때문에 실내 오염 제거의 보조 방법으로 간주되어야 한다고 하였다(Weber et al., 2016). 소독 방법에는 자외선(ultraviolet light, UV)소독과 분무 소독(aerosolized hydrogen peroxide, aHP) 또는 증기 소독(hydrogen peroxide vapour, HPV)의 과산화수소 소독 방법이 있다. 의료 분야에서 가장 자주 사용되는 공간소독기계는 5~6% 과산화수소와 50 ppm 미만의 은을 포함하는 분무 소독이다(Weber et al., 2016). 프랑스 연구(Blazjewski et al., 2015)에서 MDRO로 오염된 병실에서 일반적인 종결 소독 후 과산화수소 소독

을 추가하여 병실 환경 오염도를 유의하게 감소시켰으며 일반적인 종결 소독만 하는 것보다 효과적인 것으로 밝혀졌다. 국내 연구에서도 종결 청소 후에 과산화수소 공간소독을 추가한 후 병실 환경 오염도가 median 5.37 log₁₀ 만큼 감소하였다고 보고하였다(Park et al., 2021).

CRE 전파 예방을 위해 환경 관리의 중요성은 지속적으로 강조되고 있으며 병원 환경의 청결도를 높이기 위해서는 환경 소독 담당 직원의 참여가 중요하다. 환경 소독에 대한 표준화된 프로그램 개입으로 병실 소독 효과를 확인한 국외 연구는 다수가 있었다(Bernestein et al., 2016; Boyce et al., 2009; Carling et al., 2017; Dancer, 2011; Deshpande et al., 2017; Parry et al., 2022). 그러나 과산화수소 공간소독 과정을 포함한 종결 소독 절차의 표준화와 개선에 따른 환경 소독의 효과를 조사한 국내 연구는 찾기 힘들었다. 또한 유행 조사를 통하여 습기가 많은 환경에서 CRE가 분리되었다는 보고들은 많았으나(De Geyter et al., 2017; Odom et al., 2014; Seara et al., 2015; Weber et al., 2016) 종결 소독 절차 개선을 통한 병실의 다빈도 접촉 표면의 환경오염도 감소 효과를 조사한 연구는 드물었다.

2. 연구 목적

표준화된 종결 소독 과정 교육과 과산화수소 공간소독의 순차 적용에 따른 CRE 감염 또는 보유 환자 격리 병실 환경오염도 감소 효과를 파악함으로써 효과적인 종결 소독 절차와 표준 모니터링 도구 개발을 위한 근거를 제공하기 위함이며 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 표준화된 종결 소독 교육이 병실 환경 오염 감소에 미치는 효과를 확인한다.
- 2) 표준화된 종결 소독 후 과산화수소 공간소독을 추가하였을 때 병실 환경 오염 감소 효과를 확인한다.

3. 용어 정의

- 1) 종결 소독(Terminal cleaning)

환자 퇴실 후 병실의 청소 및 소독을 하는 것으로 유기물질과 미생물을 제거

하거나 감소시켜 미생물이 다음 환자에게 전달되지 않도록 하는 것을 의미한다. 일반적인 종결 소독 과정에는 오염되거나 사용한 개인위생용품, 린넨을 제거하고, 커튼에 오염이 있는 경우 제거하여 세탁한다. 모든 재사용 가능한 비 위험 기구를 재처리하고, 매트리스, 침대 프레임, 선반 상단, 환풍구 및 바닥을 포함하여 접촉이 적거나 많은 표면과 세면대 청소 및 소독을 모두 포함한다(CDC, 2019).

2) 표준화된 종결 소독

CDC(2019)에서 정의하는 일반적인 종결 소독 과정을 바탕으로 사전에 제공된 종결 소독 순서도의 병실 소독 순서를 준수하여 환경소독제를 이용한 물리적인 소독을 시행하는 것을 말한다.

3) 과산화수소 공간소독

과산화수소는 hydroxyl-free radicals를 생산하여 막 지질, DNA 및 세포의 필수 성분을 파괴함으로써 소독이 이루어지며 세균, 효모, 곰팡이, 바이러스 및 아포를 포함한 광범위한 미생물에 활성이 있다(CDC, 2008). 과산화수소 공간소독은 no-touch 방법으로 환경 표면에서 미생물의 성장을 억제하고 오염을 제거하는 장치를 말하며 열을 사용하여 30~35% H₂O₂ 증기를 생성하여 밀폐된 영역 전체에 균일하게 분포하는 증기 소독(HPV)과 압력이나 초음파 분무를 사용하여 5~6 %의 과산화수소를 생성하는 분무 소독(aHP)이 있다(Weber et al.,2016). 본 연구에서는 분무 소독 방식의 과산화수소 공간소독기계를 사용한 소독을 말한다.

4) 오염제거율(Decontamination rate)

ATP 검사와 미생물 배양 검사를 이용한 환경 표면의 오염도 검사 결과 250 RLU/100 cm² 미만(Boyce et al., 2009), 2.5 CFU/cm² 미만(Dancer et al., 2008; Snyder et al., 2013)을 오염이 제거된 표면으로 정의하여 전체 검사 표면 대비 오염이 제거된 표면의 비율을 의미하는 것으로 환경 소독의 적절성 평가 도구로 사용한다.

II. 문헌고찰

1. CRE의 발생 현황 및 역학적 특성

카바페넴은 베타락탐분해효소(extended spectrum β -lactamase, ESBL) 생성 세균에 의한 중증 감염에 효과가 입증된 살균성 베타락탐 항균제이다(Hawkey et al., 2012). 광범위한 항균 활성을 가지고 있으며 장내 세균 감염 치료에 가장 신뢰할 수 있는 약물 중 하나로 간주된다(Datta의 연구, Codjoe, 2017에 인용됨). 항생제 사용 증가 및 ESBL 확산으로 인해 CRE가 발생하였으며(Codjoe et al., 2017), 지난 20년 동안 세계적인 전파 및 의료기관 내 유행이 보고되고 있다(Nordmann et al., 2011). CRE는 카바페넴계 항생제 분해효소를 생성하는 장내세균속군중(CPE)과 유출펌프(efflux pump)나 외막단백질 투과성 변화에 의해 카바페넴계 항생제에 내성을 보이는 장내세균속군중(non-CPE)으로 분류한다. CPE는 카바페넴분해효소를 암호화하는 유전자가 플라스미드(plasmid) 상에 있으며 이를 통해 다른 세균으로 내성 유전자를 쉽게 전파하여 CRE 확산에 큰 영향을 미치며, non CPE에 비해 의료기관 내 집단발생률이 매우 높은 것으로 알려져 있다(KDCA, 2022). 국내에서 CRE는 2급 법정감염병으로 발생건수는 2018년 11,954건에서 2022년 30,536건으로 증가하고 있고, 특히 CPE의 비율은 2018년 49.8%에서 2021년 61.9%로 점차 증가하고 있다(KDCA, 2022).

2. CRE에 의한 병원 환경 오염

벨기에의 한 대학병원 중환자실에서 CPE 신규 환자 발생률이 5년 사이에 1건에서 35건으로 증가하였고, 환자 별 발생 간격은 상대적으로 짧았으며 균주는 서로 다른 항생제와 내성 기전을 가진 다른 종에 속하였다. 중환자실 환경 표면의 배양 검사 결과 격리실 세면대 8개 중 7개에서 CPE가 분리되었고, 펄스장젤 전기 이동(pulsed field gel electrophoresis, PFGE) 검사 결과 환자로부터 분리된 균주와 격리실의 세면대와는 밀접한 관련이 있었고 세면대를 통해 환자로 전파될 수 있음을 밝혀냈다. 오염된 세면대는 다제내성 그람음성균의 중요한 저

장소이며 수도꼭지의 물을 틀었을 때 세면대 위 10 cm의 공기 배양 검사를 통해 싱크 트랩에 존재하는 박테리아의 에어로졸화가 확인되었다. 유행을 통제하기 위해 세면대 배관 교체와 소독 방법 변경에도 불구하고 일부 세면대는 다제내성균으로 오염되어 있다고 하였다. 따라서 의료기관에서 실용적이고 경제적인 방식으로 세면대 배관 구조 변경을 고려할 것을 권장하였다(De Geyter et al., 2017).

CRE 병실 환경 오염에 대한 이스라엘 연구(Lerner et al., 2013)에서는 CHROMAgar KPC 접촉 배지(HyLabs, Israel)와 eSwab (Copan Diagnostics, Italy) 2가지 방법을 이용하여 베개, 사타구니 및 다리 부분의 침대시트, 침상 옆 탁자, 주입 펌프, 의자, 맥박산소측정기, 전기콘센트라인, 수동호흡기 가방, 전용 청진기, 인공호흡기, 흡입 기계, 심혈관 모니터 화면, 장 영양 펌프의 표면에서 각각 1개씩 14개의 검체를 채취하여 오염 여부를 평가하였다. 오염이 확인된 베개(33%), 사타구니(31%) 및 다리 부분의 침대 시트(23%), 주입 펌프(16%), 침상 옆 탁자(14%) 5곳에서 추가 검사를 시행하였다. 환자와 거리가 멀수록 오염이 감소했고 침대 표면이 가장 오염된 부위였으며 다른 병동의 환자 주변에서도 CRE 오염이 발견되었다. 병실 소독에서 검체 채취까지의 시간과 소독 방법이 CRE 분리율에 영향을 미치는 것으로 확인되었으며 CHROMAgar KPC 접촉 배지가 eSwab 검사보다 더 효과적인 방법임을 확인하였다. 결론적으로 환자의 주변 환경에 있는 표면 및 물품에 대한 표준 소독 방법의 중요성과 CRE가 다른 환자에게 전파되는 기전에 대한 인식이 중요하다고 강조하였다.

미국의 연구(Weber et al., 2015)에서는 CRE에 의한 병실 오염 빈도와 다양한 환경 표면에서의 생존력을 확인하였다. 각 병실의 다빈도 접촉 표면 8개(침대 난간, 침상 테이블, 의자 팔걸이, 세면대, 화장실, 욕실 바닥, 약 카트 및 린넨 바구니 상단)에서 검체를 채취하여 CRE를 평가하였고, 검사 표면 5곳(침상 테이블, 비닐, 스테인리스 스틸, 합성수지, 천)에 CRE 균주 접종 후 다양한 시간에 CRE를 평가하였다. 전체 표면의 8.4%가 오염된 것으로 확인되었고, 오염은 침대 난간, 세면대, 변기에서 발견되었다. 모든 검사 표면에서 24시간에 15% 미만 생존, 48시간에 5% 미만의 생존을 보였다고 하였다.

3. 의료기관의 환경 오염도 평가 방법

나일론플록면봉(nylon-flocked swab, [NFS], eSwab[®], Copan Diagnostics, Murrieta, CA) 및 셀룰로스스펀지(cellulose sponge, [CS]) 2가지 환경 배양 검사 방법을 비교한 미국의 연구(Rock et al., 2018)는 17개의 CRE 감염 또는 보유환자 병실의 다빈도 접촉 표면에서 229개의 검체를 채취하여 분석하였다. 그 결과 2가지 환경 배양 검사 방법 중 더 우수한 것이 무엇인지 확인할 수는 없었지만 NFS방법의 몇 가지 실용적인 이점을 발견하였다. NFS방법(8분)은 CS방법(35분)보다 시간이 적게 소요되어 가용성이 증가하고 미생물의 전문적인 지식 및 전문 장비가 덜 필요하므로 비용이 적게 들어 의료 시설에서 환경 배양 검사를 하거나 소독의 적절성을 평가하는 연구를 위해 실현 가능한 방법이라고 보고하였다.

미국의 연구(Flores et al., 2021)에서 스펀지 스틱(3M, St. Paul, MN)을 사용하여 1,780개의 다빈도 접촉 표면에서 채취한 검체의 CRE 검출을 위해 HardyCHROM CRE 선택배지(Hardy Diagnostics, Cincinnati, US)와 변형된 MacConkey agar (m-MacConkey) 2가지 배지를 비교 분석하였다. HardyCHROM CRE 선택배지에서 파란색 집락은 CRE 양성으로 정의하였고, m-MacConkey 배지에서 분홍색 집락은 CRE 양성일 가능성이 있는 것으로 Modified Hodge Test (MHT)와 VITEX2 (BioMerieux) 자동화시스템을 사용한 생화학적 분석을 통해 CP-CRE를 검출하였다. HardyCHROM CRE 선택배지는 1,780개의 검체 중 176개(9.9%)를 CRE 양성으로 선별하였고, m-MacConkey 배지는 176개 중 27개(15%)를 양성으로 선별하였다. HardyCHROM CRE 선택배지에서 양성으로 확인된 176개의 검체 중 무작위로 38개를 추출하여 감수성 검사를 시행한 결과 2개(5%)는 CRE (*Klebsiella pneumoniae* [n=1], *Enterobacter aerogenes* [n=1]), 6개(15%)는 non-carbapenemase producing carbapenem-resistant organisms (non CP-CRO)인 *Acinetobacter baumannii* (n=6), 나머지(n=30)는 carbapenem에 감수성이 있는 것으로 나타났다. m-MacConkey 배지에서 분리된 27개의 CP-CRE 분리주 중 8개는 *K. pneumoniae* (n=7), *E. cloacae* (n=1), 나머지는 non CP-CRO로 확인되었으며, CP-CRE와 non CP-CRO를 구별할 수 있었고 위양성률이 낮았다(p<.01). 반면에 HardyCHROM CRE 선택배지는 실용적이고 간단하지만 CP-CRE와 non

CP-CRO를 구별할 수 없어 높은 위양성률을 보였다. 결론적으로 환경 배양 검사에서 m-MacConkey 배지를 사용하면 CP-CRE 및 non CP-CRO를 검출하는데 도움이 될 수 있으나 최선의 환경 배양 검사 방법을 결정하려면 추가 연구가 필요하며 CRE 분리주에서 carbapenemase 검출을 위해 분자생물학적 방법을 사용해야 한다고 하였다.

소독 전, 후 85개 표면의 환경오염도 평가를 위한 육안 검사, 호기성 집락수 (aerobic colony counts, ACCs), ATP 생물발광분석법을 비교한 대만의 전향적 연구(Huang et al., 2015)에서 청결한 표면에 대한 기준을 육안 검사에서는 흙, 얼룩 또는 이물질이 발견되지 않는 것으로 하였고, ACCs 검사 결과 2.5 CFU/cm² 미만, ATP 검사 결과 5 RLU/cm² 미만으로 하였다. Tryptic soy agar (TSA) 배지를 이용한 ACCs 검사는 VITEK2를 사용하여 미생물을 확인한 후 디스크 확산 방법을 사용하여 항균제에 대한 감수성을 확인하였다. 시험 결과 소독 후 ACCs와 ATP 값은 전반적으로 소독 전보다 현저히 낮았으며, ATP 검사는 모든 연구 표면의 95%에서 소독 후 값이 낮았고, ACCs 검사는 91.8%에서 소독 후 값이 낮았다. Pearson 상관 계수를 사용한 분석 결과 ATP값과 ACC값은 유의한 상관관계가 없었으나($p=0.322$) ATP와 ACCs 값을 log₁₀값으로 변환한 경우 유의한 상관관계가 있었다($r=0.285$, $p<0.001$). ACCs 값을 0부터 high (ACCs > 2.5 CFU/cm²)까지 4개의 군으로 구분하였을 때, 각 군에서 육안 검사 및 ATP검사 결과 1.4%에서 27.3%로, 23.0%에서 63.6%로 증가하여 오염도를 평가하는 3가지 방법은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 청결한 표면에 대한 기준을 ACCs < 2.5 CFU/cm²으로 했을 때 육안 검사의 민감도와 특이도는 각각 27.3%와 94.6%였고, ATP검사는 최적의 컷오프 값을 5.57 RLU/cm²로 추정하였을 때 육안검사보다 민감도(63.6%)는 더 높았지만 특이도(68.2%)는 낮았다. 결론적으로 정량적인 방법인 ACCs 및 ATP 검사는 의료 환경의 청결도를 평가하는데 효과적인 것으로 나타났으며, ATP 검사는 종결 소독의 적절성을 모니터링하는데 ACCs 검사보다 더 빠르고 민감한 도구로 사용할 수 있다. ATP 수준과 미생물 부하 사이의 상관관계, 최적의 ATP 컷오프 값을 결정하기 위해서는 추가 연구가 필요하다고 하였다.

환경 소독의 일상적인 모니터링을 위한 배양 검사 방법은 검사 결과 확인까지 1~3일 이상 소요되어 실시간 피드백을 제공하는 데 사용할 수 없다(Deshpande

et al., 2017). ATP 검사는 5분 이내에 표면의 잔류 유기물질의 존재를 나타내므로 환경 소독의 적절성에 대한 신속한 평가와 객관적인 피드백을 제공할 수 있다는 이점이 있다(Boyce et al, 2009; Sciortino et al., 2012).

4. 병원 환경 소독 교육에 의한 환경 오염 감소 효과

일상적인 병원 소독 절차의 적절성을 평가하기 위한 ATP 분석의 유용성을 평가하는 미국의 2단계 전향적 중재 연구(Boyce et al., 2009)에서 1단계에서는 20개 병실에서 매일 소독하기 전후에 다빈도 접촉 표면 5개의 호기성 집락수 검사와 ATP 검사를 시행하였고, 2단계에서는 환경 소독 담당 직원 대상으로 교육을 제공한 후 소독 후에 ATP 모니터링 시점을 미리 알려주고 소독 전후 같은 표면에서 검사를 시행하였다. 1단계에서 소독 후 채취한 100개의 검체 중 24개(24%)에서 MRSA, 16개(16%)에서 Vancomycin-resistant *Enterococcus* (VRE)가 검출되었으며 ATP 값(RLU)은 욕실 손잡이와 변기 시트만 소독 전보다 깨끗한 것으로 나타났다. 2단계 동안 105개의 방에서 매일 소독 전후에 총 1,013개의 ATP 검사를 시행하였으며 5개의 모든 다빈도 접촉 표면에서 소독 후 채취한 503개 검체 중 388개(77%)의 ATP 값이 250 RLU 미만으로 청결도를 크게 개선하였다. 결론적으로 소독의 적절성에 대한 교육의 효과를 적절하게 평가하기 위해서는 육안 검사보다 정량적인 방법이 필요하며 ATP 검사는 종결 소독 절차의 효율성을 평가하는데 적절하게 사용할 수 있었다. 2단계에서는 제한된 자원으로 인해 집락수 검사를 시행할 수 없었으며 소독하려는 방이 감시될 것이라고 미리 환경 소독 담당 직원에게 알리는 것은 호손 효과(Hawthorne effect)를 일으킬 수 있었다. 호손 효과가 2단계에서 관찰된 개선 효과에 많은 부분 영향을 미쳤는지 여부를 결정하기 위해서는 추가 연구가 필요하다고 하였다.

환경 소독 담당 직원 대상으로 다빈도 접촉 표면의 집중 소독을 위한 교육, 모니터링 및 피드백을 포함한 프로그램을 제공한 후 형광 마커 검사를 사용하여 청소의 적절성을 평가하는 미국 스탠포드 대학 병원의 연구(Parry et al., 2022)는 2011년부터 10년 동안 진행되었다. 국가 지침 및 개별 기관 정책에도 불구하고 의료시설의 환경 소독 실패는 소독 적절성에 대한 일관되고 철저한 모니터링이 없기 때문이라고 간주하였고, 환경 소독 담당 부서의 업무 프로세스와

리더십 변화를 통해 환경 소독의 지속적인 개선을 보였다. 프로그램 개입 전 다빈도 접촉 표면의 청소율은 40~50%였으나 프로그램 개입 후 첫 해 74.7%로 증가했으며 4년차부터 6년 동안 90% 이상을 유지하고 있다고 하였다. 교육을 통해 다빈도 접촉 표면의 소독이 빠르게 개선되었으며 HAI 비율 75% 감소, class I, class II 수술부위감염(surgical site infection, SSI) 비율 55% 감소, 병원 발병 *C. difficile* 비율이 70% 감소하였다. 연구의 제한점은 병실 선택을 통제하지 않았으며 연구 병원이 우수한 직원, 지원적인 리더십, 그리고 모든 병실 1인실로 구성되어 있는 병원이라는 점에서 이 연구의 결과를 다른 기관으로 일반화하기는 한계가 있다고 하였다.

소독 관련 중재를 효과적으로 실행하려면 병실 소독에 대한 정기적인 피드백과 객관적인 모니터링이 필요하다. 형광마커 검사를 사용하여 소독의 적절성을 평가하고 잔류 ATP를 측정하여 직원에게 신속하고 객관적인 피드백을 제공할 수 있으며 소독 개선과 관련이 있다(Deshpande et al., 2017). 많은 환경 소독 담당 직원들이 다른 직원들로부터 인정을 받지 못하고 있으며, 일부 환경 소독 담당 직원들은 자신의 일이 환자 안전에 중요하다고 생각하지 않았다(Dancer, 2011). 환경 소독 담당 직원의 참여는 병원 환경의 청결도를 높이는 데 매우 중요하며, 효과적인 교육을 개발하기 위해서는 환경 소독 담당 직원의 지식, 태도와 적절한 소독에 대한 장벽 또는 동기부여 역할을 하는 방법을 잘 이해하는 것이 필요하다(Bernstein et al., 2016).

5. 과산화수소 공간 소독의 병실 소독 효과

환자 퇴실 후 MDRO로 오염된 중환자실 환경 소독 개선에 대한 과산화수소(H_2O_2) 기술의 효율성을 평가하는 프랑스의 전향적 교차 연구(Blazejewski et al., 2015)는 12주 동안 한 대학병원 5개의 중환자실에서 수행되었다. MDRO 병실 환경 소독에서 과산화수소와 과아세트산(aerosolizer using H_2O_2 and peracetic acid, aHPP, Anios[®])을 사용하는 분무 소독과 증기 소독(H_2O_2 vaporization, HPV, Bioquell[®])의 효율성 비교와 독성 평가가 포함되었다. 연구 기간 동안 일상적인 종결 소독 후 H_2O_2 소독이 이어졌으며, 환자 퇴원 후(T0), 종결 소독 후(T1), H_2O_2 소독 후(T2)의 세가지 시점에서 8개의 다빈도 접촉 표면 총 24개의 검체를 수집하였다. aHPP로 소독된 89개(49%)와 HPV로 소독

된 93개(51%)를 포함하여 총 182개의 병실이 연구되었고, 일상적인 종결 소독은 환경 MDRO 부하를 감소시켰다(8%에서 6%, $p=.371$). H_2O_2 소독 후 MDRO로 오염된 병실이 T1의 6%에서 T2 0.5% ($p=.004$)로 유의하게 감소하였으며 환자 특성은 aHPP 및 HPV 그룹에서 유사하였다. T2 ($p=.313$)에서 MDRO로 오염된 병실 비율은 aHPP와 HPV 사이에 유의한 차이가 발견되지 않았으며, H_2O_2 의 잔류 농도는 HPV에 비해 aHPP를 사용할 때 더 높은 것으로 나타났다. 결론적으로 중환자실에서 MDRO로 오염된 병실의 소독을 위해서는 일상적인 종결 소독 후 H_2O_2 소독을 추가하는 것이 더 효율적이며 MDRO로 오염된 병실의 소독 효율에 있어 aHPP와 HPV 사이에 유의한 차이는 발견되지 않았다. aHPP 기술의 독성을 평가하기 위해서는 추가 연구가 필요하다고 하였다.

종결 소독에 대한 에어로졸화된 5% 과산화수소(aerosolized hydrogen peroxide, aHP) 시스템(DeproX, Hygiene Solutions, UK)의 소독 효과를 물리적인 소독과 비교하여 전향적으로 조사한 호주의 연구(McKew et al., 2021)는 6개월간 화상병동에서 소독 전, 물리적인 소독 후, aHP 추가 적용 후 다빈도 접촉 표면 310개의 검체에서 MRSA, VRE, 그람 음성 다제내성균, 그람음성간균(GNB)을 검사하였다. MRSA는 소독 전 21%에서 양성으로 나타났고, 물리적인 소독 후 6.5%, aHP 소독 후 5.8%로 감소하였으나, 이 중 7개는 aHP 소독 후 새로 나타났으며 욕실 표면에서는 물리적인 소독 후 7.1%에 비해 aHP 소독 후 9%로 증가하였다. aHP 소독 후 배양 검사 결과 병실 표면에서 더 큰 감소를 보였고, 습한 표면에서 드물게 발견되었으며 배수구 및 세면대의 58개의 검체 중 2개에서만 MRSA가 검출되었다. 소독 전 17.8%에서 검출된 그람음성간균은 물리적인 소독 후 11.8%, aHP 소독 후 11.4%로 거의 영향을 미치지 않았고, 배수구에서는 소독 전보다 물리적 소독 후 더 많은 수의 그람음성간균과 그람음성 다제내성균이 검출되었다. VRE는 전체 욕실의 6%에서 발견되었고 욕실 표면에서 소독 전 18.4%가 검출되었으나 물리적인 소독 후, aHP 소독 후에는 검출되지 않았다. 결론적으로 aHP 소독 후 균의 완전 제거는 입증되지 않았으나 낮고 평평한 표면에서 소독 효과가 좋았고, MRSA의 경우 환자 병실 표면과 부드러운 표면, 그람음성간균은 욕실 배수구에서 오염률이 감소했으며 VRE는 검출되지 않았다. 일반적인 종결 소독 후 aHP 소독이 오염된 표면의 비율을 감소시켰지만 여전히 VRE 이외에 균은 검출될 수 있음을 보여주고 있으며, 가장 큰 감소는

실내 표면의 MRSA 오염이었다. 욕실 표면 오염률의 감소는 그람 음성균에서 더 컸으며, MRSA는 감소가 없었다. 특히 욕실 표면에 종결 소독 방법을 추가하는 것을 고려해야 한다고 하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구 설계

CRE 감염 또는 보유 환자 격리 병실의 일반적인 종결 소독과 비교하여 표준화된 종결 소독 과정에 대한 교육과 과산화수소 공간소독의 순차적 적용에 따른 환경오염도 감소 효과를 평가하는 비 동등성 대조군 전후 시차 설계의 유사실험 연구이다(Table 1).

Table 1. Study Design

	Phase I		Phase II				
	Pre- test	Post- test	Pre- test	Tx	Post- test1	Tx	Post- test2
Control group	Yc ₁ [*]	Yc ₂ [*]					
Experimental group			Ye ₁ [*]	X ₁ [†]	Ye ₂ [*]	X ₂ [‡]	Ye ₃ [*]

^{*} Yc₁, Yc₂, Ye₁, Ye₂, Ye₃=ATP bioluminescence assays and microbiological sampling.

[†] X₁=Education on standardized terminal cleaning process, immediate feedback on ATP readings after terminal cleaning.

[‡] X₂=Disinfection using hydrogen peroxide system added to X₁.

Tx=treatment.

2. 연구 대상

서울시 소재 617개 병상 종합병원으로 CRE 보유 환자는 1인실 또는 다인실 코호트 격리와 접촉주의를 시행하고 있으며 환자 주변 환경 및 기구 표면은 병동 간호 보조 사원, 그 외 병실 바닥 및 화장실은 병동 미화 직원이 소독을 담당하고 있다. 정규 근무시간 이후 병실 바닥 및 화장실은 병동 당직 미화 직원이 시행하고 있다. 격리 병실의 환자 치료 영역은 매일 1회 이상 4급 암모늄 화합물인 400배 희석 애니오선프 프리미엄 또는 이디와입스(ED Wipes[®], MH HEALTHCARE, Gyeonggi-do, Republic of Korea) 등을 사용하여 환경 소독

을 하며 화장실이나 환자와 직접 접촉이 없는 병실 벽과 바닥 등은 염소계 소독제(차아염소산나트륨)인 100배 희석 락스(500 ppm)를 사용하여 환경 소독을 시행한다.

본 연구에서 연구대상 병원의 CRE 보유 환자의 격리 병실이 있는 병동 중 1인 격리 병실을 대상으로 CRE 감염 또는 보유 환자 중 퇴실한 환자의 병실 10개를 순차적으로 표출하였다. 선행연구(Boyce et al., 2009; Carling et al., 2008; Huang et al., 2015; Lerner et al., 2013; NHHS, 2021)를 토대로 환자가 접촉하는 빈도가 높은 병실과 화장실 표면 9곳(호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간, 화장실 손잡이, 변기 내부, 변기 시트, 세면대 배수구, 세면대)을 선정하였다(Figure 1). Phase I에서는 2가지 시점에 총 180곳의 표면에서 검체를 채취하여 ATP 검사와 미생물 배양 검사를 시행하였으며, Phase II에서는 3가지 시점에 총 270곳의 표면에서 검체를 채취하여 ATP 검사와 미생물 배양 검사를 시행하였다.



Figure 1. Target surfaces of the patient room: (1) Call button, (2) Bed table, (3) Mattress, (4) Bed rail, (5) Toilet hand hold, (6) Inside wall of bedpan, (7) Toilet seat, (8) Sink drain, (9) Sink.

3. 연구 중재

2023년 2월 1일부터 2023년 4월 13일까지 순차적으로 적용하는 표준화된 종결 소독 과정으로 종결 소독 과정에 대한 교육을 시행하고, 과산화수소 공간소독을 추가하는 것이며 구체적인 중재는 다음과 같다.

1) 표준화된 종결 소독 과정 교육 및 피드백

(1) 표준화된 종결 소독 과정 교육

IRB 승인 이후 2023년 1월 4일부터 1월 31일까지 CRE 보유 환자 격리 병실 퇴실 후, 일반적인 종결 소독 후에 측정된 Phase I의 ATP 검사 결과를 반영하여 2월 1일부터 6일까지 교육 자료를 제작하였다. 2월 7일부터 2월 13일까지 연구대상 병동 청소 담당 직원 및 부서장을 대상으로 표준화된 종결 소독 과정에 대한 교육 및 교육 자료를 제공하였다. 교육은 간호부와 총무팀의 승인을 얻어 감염관리간호사가 PowerPoint 자료(부록1. CRE 격리 병실 종결 소독 교육자료)를 통한 강의식 방법으로 30분 동안 시행하였다. 연구 대상 병동 간호 보조 사원 3명에 대해 2명을 대상으로 1회 교육, 1명을 대상으로 1회 교육, 병동 미화 직원 37명 전체 대상으로 1회 교육, 연구 대상 병동 미화 직원 2명을 대상으로 1회 교육을 시행하였다. 교육 내용에는 CRE 정의 및 발생현황, 감염의 전파와 손위생, 의료 환경에서의 CRE 분리 및 다빈도 접촉 표면의 철저한 소독의 필요성, 일반적인 종결 소독 전후 ATP 측정값에 대한 비교, 감염예방 활동에서 환경 소독 담당 직원 역할의 중요성, 격리병실 종결 소독 절차에 대한 내용이 포함되었으며(Table 2), 격리 병실 종결 소독 절차에 대한 시각적인 순서도를 제공하였다(부록2. CRE 격리 병실 종결 소독 순서도).

(2) 종결 소독 후 ATP 측정값에 대한 현장 피드백

종결 소독 과정에 대한 교육이 완료된 후 2023년 2월 20일부터 4월 13일까지 10개 병실의 표준화된 종결 소독 후 사전에 정한 9개의 다빈도 접촉 표면에 대해 ATP 결과값을 확인하여 청소 방법에 대한 면담 및 개선이 필요한 사항에 대해 개별 피드백을 제공하였다.

2) 표준화된 종결 소독 이후 과산화수소 공간소독 추가

2023년 2월 20일부터 4월 13일까지 표준화된 종결 소독 후 과산화수소 공간 소독기계 Glosair™400 (ASP, Madrid, Spain)을 사용한 소독을 추가하였다. 제조업체 지침에 따르면 Glosair™400은 5~6% hydrogen peroxide와 50ppm silver (Ag)로 구성된 2L 용량의 용액을 장비에 장착하여 사용하는 분

무시스템이다. 10~200 m³ 공간에 사용이 가능하며 입자 크기는 8~12 μm, 평균 확산 속도는 30 mL/min이며 밀도는 6 mL/m³이다. 소독 전 병실 내 린넨과 커튼을 제거하고 창문을 닫은 후 공조 입구는 비닐과 테이프로 밀봉하였다. 분사 입구는 병실 안을 향하도록 위치시켰으며 화장실에도 분사가 가능하도록 화장실 문을 열어 두었다. 작동 카운트다운이 시작되면 병실 밖으로 나간 후 병실 출입문을 테이프로 밀봉하였다. 2시간 소독 후 출입문을 열고 공조를 복구하며 30분 동안 환기하였다.

Table 2. Education Contents on the Terminal Cleaning

Subject	No. of powerpoint slide	Time (min)
Definition of CRE, current status of CRE occurrence in nationwide and some hospitals	5	2
Transmission of infection and the importance of hand hygiene	3	3
CRE colonization in hospital environment, necessity for thorough cleaning of high touch surfaces; Presentation of press release and previous studies result	7	5
Comparison of ATP results before and after terminal cleaning measured in pre-survey, the importance of the role of cleaning staff in infection prevention activities	4	5
CRE isolation room terminal cleaning Procedure; isolation sign, environmental disinfectant, personal protective equipment, Terminal Cleaning Procedure (visual flowchart)	12	15

CRE=carbapenem-resistant *Enterobacterales*; ATP=adenosine triphosphate.

4. 측정 도구

1) 미생물 배양 검사

비다공성 표면의 환경 배양 지침(CDC, 2012)에 따라 연구자가 멸균 면봉 1개에 멸균 생리식염수를 적셔서 연구 대상 환경 표면마다 약 100 cm² 면적에 겹치는 'S' 모양의 가로획으로 문지르고, 면봉을 회전하여 다시 'S' 모양의 세로획으로 문지른 후, 면봉을 한 번 더 회전시켜 'S' 모양의 대각선획으로 동일한 면적에 대해 멸균 면봉이 30도 정도 휘도록 손잡이를 지그시 누르며 면봉과 표면의 접촉 면적을 최대화하기 위하여 면봉을 돌려 고르게 채취하였다. 호출 버튼은 전체 면적, 침상 테이블은 가운데 윗부분, 매트리스의 중앙, 침대 난간은 윗부분, 변기의 안쪽 벽면과 변기시트 윗부분, 화장실 안전손잡이는 하단 부분, 세면대는 오른쪽 중앙 표면, 세면대 배수구는 5~7 cm 깊이로 면봉을 삽입하여 검체를 채취한 선행연구(Roux et al., 2013)를 참고하여 입구에서 면봉이 들어갈 수 있는 깊이인 6 cm까지 면봉을 삽입하여 회전하며 검체를 채취하였다.

채집된 검체는 4급암모늄 화합물을 중화시켜주는 레시틴과 Tween[®] 80이 함유된 수송배지 Lethen Broth (K · MEDI, Gyeonggi-do, Republic of Korea)에 넣어 24시간 이내에 미생물 배지 제조업체(K · MEDI, Gyeonggi-do, Republic of Korea)의 미생물 실험실로 이송하였다. 미생물 실험실에서 Lethen Broth로 운반된 검체를 blood agar plate (BAP)와 MacConkey agar plate(MAC) 검용인 Bi plate (BANDIO, Gyeonggi-do, Republic of Korea)와 meropenem 1.0 mg/mL과 cefotaxime 1.0 mg/mL이 함유된 chrome agar 배지(HiCrome CarbaResist Agar plate, K · MEDI, Gyeonggi-do, Republic of Korea)에 각각 접종하였다. 35~37 °C에서 24시간 배양한 후 28.4 cm² 면적의 BAP 배지에 자란 colony를 계수하여 ACC 값을 산출하였다. chrome agar 배지에서 10 CFU 이상 자란 카바페넴내성균(carbapenem-resistant organism, CRO)은 외부 미생물 검사실(Samkwang Medical Laboratories, Seoul, Republic of Korea)에서 BAP와 MAC에 계대 배양하여 말디토프 질량분석법(Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry, MALDI-TOF MS;

MALDI Biotyper, Bruker, Massachusetts, US)을 이용하여 균종을 확인하였다.

HiCrome CarbaResist Agar plate의 배지 면적은 56.7 cm², Bi-plate의 배지 면적은 BAP와 MAC이 각각 28.4 cm²이었으며 배지에 자란 colony를 계수한 후 오염제거율(decontamination rate) 분석 시 CFU/cm²으로 환산하여 연구 대상 표면 별 CFU 값을 산출하였다.

2) ATP 측정 검사

미생물 배양 검사를 시행한 병실 환경 표면 옆의 같은 넓이의 100 cm² 면적에 ATP 전용 면봉 루시팩 펜 LuciPac Pen[®] (Kikkoman Biochemifa Company, Tokyo, Japan)을 사용하여 면봉이 30도 정도 휘도록 손잡이를 지그시 누르며 제조업체 지침에 따라 지그재그로 선을 그리듯이 면봉을 회전하며 문질러 검체를 채취하였다. 면봉을 다시 루시팩 펜의 메인 튜브에 넣은 후 아래쪽으로 눌러 중간 부분에 있는 용액을 통과시켜 밑 부분에 있는 발광 시약으로 밀어 넣고 흔들어 잘 섞이도록 하였다. 시약이 모두 용해된 후 루시팩 펜 튜브를 ATP 측정 기계 Lumitester PD-30[®] (Kikkoman Biochemifa Company, Tokyo, JAPAN)의 상단에 있는 측정구에 넣은 후 기계에 표시된 RLU 측정값을 확인하였다.

평평한 표면은 10*10 cm 면적에서 채취하였으며 굴곡이 있는 표면은 표면 전체에서 검체를 채취하였다. 호출 버튼은 2*8 cm, 침대 난간은 2.7*9 cm, 화장실 손잡이는 3.5*9 cm, 세면대 배수구는 입구에서 면봉이 들어갈 수 있는 깊이인 6 cm까지 면봉을 삽입하여 검체를 채취하였다. 채취한 표면에 대한 표면적은 호출 버튼 56.5 cm², 침대 난간 99.0 cm², 화장실 손잡이 98.9 cm², 세면대 배수구 60.2 cm²이었으며, 표면적을 100 cm²으로 환산하여 연구 대상 표면 별 RLU 값을 산출하였다.

3) 오염제거율(Decontamination rate)

450개의 표면에서 채취한 ATP 측정값과 ACC 값을 바탕으로 표면별 검사 plate수 대비 오염이 제거된 plate 수(decontamination plate)를 정의로 하는 오염제거율(decontamination rate)를 산출하여 단계 별 소독에 따른 오염 제거 효과를 비교하였다. Decontamination plate의 기준은 선행 연구를

참고하여 ATP 250 RLU/100 cm² 미만(Boyce et al., 2009), ACC 2.5 CFU/cm² 미만(Dencer et al., 2008; Snyder et al., 2013)으로 하였다. CFU는 BAP 28.4 cm² 면적에서 자란 Colony를 계수한 후 CFU/cm²로 환산하여 오염제거율 값을 산출하였다.

5. 자료 수집

연구 대상 병원의 임상연구심의위원회 (Institutional Review Board, IRB)의 정규 심의 결과 면제 대상임을 통지(IRB File No. 2022-11-004) 받은 후 대상 병원의 간호부와 연구 대상 병동 수간호사에게 자료 수집에 대한 허락을 구하였다. Phase I 검체 채취는 IRB 승인 후 2023년 1월 4일부터 1월 31일까지 1인 격리 병실을 사용하는 CRE 보유 환자의 퇴실 예정 당일 해당 병동으로부터 병실 정보를 연락받아서 퇴실 후 소독이 이루어지기 전에 병실을 방문하였다. 연구자는 손 위생 시행 후 마스크와 가운, 멸균 장갑을 착용한 상태에서 병실의 다빈도 접촉 표면 9곳에 멸균 면봉을 사용하여 ATP 및 미생물 배양 검사를 시행하였다. 일반적인 종결 소독이 끝나면 연구자가 다시 방문하여 동일한 환경 표면에 대해 같은 방법으로 2차 ATP, 미생물 배양 검사를 시행하였다. 이 과정은 청소 담당 직원이 환경 표면 검사에 대해 미리 인지하였을 때 발생할 수 있는 Hawthorne effect 및 행동 변화를 최소화하기 위하여 협의 없이 진행하였다. Phase II 검체 채취는 환경 소독 직원 대상으로 교육 중재가 제공된 후 종결 소독 프로세스에 따라 2023년 2월 20일부터 2023년 4월 13일까지 환자 퇴실 후, 표준화된 종결 소독 후, 과산화수소 공간소독기계(Glosair™400)를 사용한 공간 소독 후 3가지 시점에 연구자는 병실에 방문하여 동일한 방법으로 검사를 시행하였다(부록3. 격리병실 종결 소독 및 검체 채취 프로세스).

6. 자료분석

수집된 자료의 통계 분석은 SPSS 프로그램 version 26.0 for Windows (IBM Corp, NY, US)를 사용하여 분석하였다. 분포의 정규성 검정은 Shapiro Wilks test로 시행하였다. RLU/100 cm²와 CFU/cm² 값은 분석에 따라 평균(표준편차)와 중앙값(범위) 또는 빈도(백분율)로 기술하였다. p 값은 양측검정으로 판정하였으며 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 로 정의하였다. 세부 항목의 분석 방법은 다음과 같다.

1) Phase I, 일반적인 종결 소독 전후 환경오염도의 차이

중재 전 일반적인 종결 소독 전후 환경오염도의 차이 비교는 연속형 변수인 RLU/100 cm²와 CFU/28.4 cm²의 중앙값에 차이가 있는지 확인하기 위해 윌콕슨 부호-순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 사용하여 분석하였다. 범주형 변수인 CRO growth는 표면 별 전체 plate 수 대비 CRO 양성 plate 수를 정의로 하는 CRO 양성 비율로 카이제곱 검정(chi-squared test) 또는 Fisher의 정확 검정(Fisher's exact test)로 분석하였다.

2) Phase II, 표준화된 종결 소독 전후, 과산화수소 공간소독 후 환경오염도의 차이

표준화된 종결 소독 전 후, 과산화수소 공간소독 후 3가지 서로 다른 시점의 RLU/100 cm²와 CFU/28.4 cm² 값의 비교는 크루스칼 월리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 사용하여 분석하였으며 사후 검정은 멘 휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)으로 하였고 사후 검정의 유의수준은 Bonferroni 방법으로 $5\%/3 = .017$ 을 기준으로 하였다.

3) Phase I, Phase II 종결 소독 및 과산화수소 공간소독에 따른 오염 제거 효과 비교

각 연구 대상 표면 별 검사 plate 수 대비 decontamination plate (< 250 RLU/100 cm², < 2.5 CFU/cm²) 수를 오염제거율(decontamination rate)로 정의하여 각 단계 별 종결 소독과 과산화수소 공간소독에 따른 오염 제거 효과를 분석하였다. 분석을 위해 CFU는 BAP 28.4 cm² 면적에서 자란 colony 수를 계

수한 후 CFU/cm²로 환산하였으며 카이제곱 검정(chi-squared test, linear by linear association) 또는 Fisher의 정확 검정(Fisher' s exact test)을 사용하여 분석하였다.

IV. 연구결과

1. Phase I 일반적인 종결 소독 전후 환경오염도의 차이

1) ATP 검사 결과

격리 병실 10개의 다빈도 접촉 표면 90곳에서 환자 퇴실 후, 일반적인 종결 소독 후 2가지 시점에 검체를 수집하여 Phase I 에 수집된 검체는 총 180건이었다. 종결 소독 전 ATP 평균 RLU 값은 세면대 배수구 57,938.90 RLU/100 cm², 침상 테이블 43,089.30 RLU/100 cm², 호출 버튼 13,769.80 RLU/100 cm², 변기 시트 7,129.50 RLU/100 cm², 침대 난간 6,157.80 RLU/100 cm², 화장실손잡이 4,160.80 RLU/100 cm², 매트리스 3,394.10 RLU/100 cm², 세면대 3,693.20 RLU/100 cm², 변기 내부 2,311.00 RLU/100 cm² 순이었다. 종결 소독 후는 세면대 배수구 23,169.90 RLU/100 cm², 호출 버튼 13,864.90 RLU/100 cm², 침상 테이블 11,647.90 RLU/100 cm², 화장실손잡이 11,421.10 RLU/100 cm², 침대 난간 8,240.50 RLU/100 cm², 매트리스 3,854.40 RLU/100 cm², 세면대 2,846.20 RLU/100 cm², 변기 내부 1,716.00 RLU/100 cm², 변기 시트 1,272.30 RLU/100 cm² 순으로 소독 전과 동일하게 세면대 배수구가 가장 높았다. 일반적인 종결 소독 전후 ATP 측정값은 침상 테이블($Z=-0.561$, $p=.037$), 변기 시트($Z=-2.090$, $p=.037$), 세면대 배수구($Z=-1.988$, $p=.047$)에서 소독 전후 유의한 차이가 있었다(Table 3, Figure 2-A).

Table 3. Comparison of ATP Results between Pre and Post Cleaning for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms

		(n=90)		
Surfaces	Categories	ATP (RLU/100 cm ²)		
		Mean ±SD	Median (range)	Z (p)*
Call button (n=10)	Pre-cleaning	13,769.80±14,250.10	8,539.00 (1,756–51,135)	-0.561 (.575)
	Post-cleaning	13,864.90±6,349.42	11,627.00 (4,618–22,680)	
Bed table (n=10)	Pre-cleaning	43,089.30±53,207.37	19,021.00 (1,768–165,296)	-2.090 (.037)
	Post-cleaning	11,649.90±15,897.44	3,698.00 (319–41,296)	
Mattress (n=10)	Pre-cleaning	3,394.10±2,719.16	2,811.50 (525–9,735)	-1.020 (.308)
	Post-cleaning	3,854.40±6,478.76	1,739.5 (521–21,953)	
Bed rail (n=10)	Pre-cleaning	6,157.80±5,511.24	4,483.50 (1,872–21,318)	-1.274 (.203)
	Post-cleaning	8,240.50±3,907.55	7,968.50 (2,507–14,424)	
Toilet hand hold (n=10)	Pre-cleaning	4,160.80±4,788.07	3,021.50 (410–16,328)	-1.784 (.074)
	Post-cleaning	11,421.10±10,819.35	8,402.00 (1,634–33,561)	
Inside wall of bedpan (n=10)	Pre-cleaning	2,311.00±2,022.60	1,613.50 (342–6,736)	-1.071 (.284)
	Post-cleaning	1,716.00±2,053.60	1,239.50 (104–6,876)	
Toilet seat (n=10)	Pre-cleaning	7,129.50±11,097.66	1,385.00 (58–31,078)	-2.090 (.037)
	Post-cleaning	1,272.30±2,909.46	66.00 (1–9,404)	
Sink drain (n=10)	Pre-cleaning	57,938.90±59,195.55	42,667.00 (2,950–193,038)	-1.988 (.047)
	Post-cleaning	23,169.90±24,234.77	11,817.00 (3,434–73,153)	
Sink (n=10)	Pre-cleaning	3,693.20±3,679.10	2,214.00 (206–10,836)	-0.866 (.386)
	Post-cleaning	2,846.20±6,317.85	37.00 (12–19,375)	

*p-value of median RLU was calculated by Wilcoxon signed-rank test.
ATP=adenosine triphosphate; RLU=relative light units.

2) 미생물 배양 검사 결과

미생물 배양 검사 결과 배지에서 자란 평균 ACC는 소독 전 세면대 배수구 681.40 CFU/28.4 cm², 변기 내부 95.30 CFU/28.4 cm², 세면대 45.50 CFU/28.4 cm², 화장실손잡이 31.00 CFU/28.4 cm², 침상 테이블 14.50 CFU/28.4 cm², 침대 난간 8.10 CFU/28.4 cm², 변기 시트 7.70 CFU/28.4 cm², 호출 버튼 1.00 CFU/28.4 cm², 매트리스 0.70 CFU/28.4 cm² 순이었다. 소독 후에도 세면대 배수구가 489.10 CFU/28.4 cm²으로 가장 높았으며 변기 내부 43.10 CFU/28.4 cm², 화장실손잡이 23.30 CFU/28.4 cm², 세면대 12.20 CFU/28.4 cm², 침대 난간 3.40 CFU/28.4 cm², 침상 테이블 0.90 CFU/28.4 cm², 변기 시트 0.30 CFU/28.4 cm², 매트리스 0.20 CFU/28.4 cm² 순이었고 호출 버튼에서는 배양되는 균이 없었다. 소독 전후 CFU 값은 침상 테이블 ($Z=-2.100$, $p=.036$), 세면대 ($Z=-2.521$, $p=.012$)에서 유의한 차이가 있었다. CRO 양성 표면의 비율은 소독 전 세면대 배수구와 변기 내부는 각각 10건 중 10건(100.0%), 세면대 10건 중 2건(20.0%), 침대 난간, 변기 시트는 각각 10건 중 1건(10.0%)이었다. 소독 후에는 세면대 배수구와 변기 내부가 각각 10건 중 5건(50.0%), 세면대 10건 중 2건(20.0%), 침대 난간과 화장실손잡이가 각각 10건 중 1건(10.0%)이었다. 소독 전후 CRO 양성 비율은 변기 내부($\chi^2=4.267$, $p=.033$)에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Comparison of Microbiologic Testing Results between Pre and Post Cleaning for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms

					(n=90)	
Surfaces	Categories	ACC (CFU/28.4 cm ²)			CRO growth	
		Mean±SD	Median (range)	Z (p)*	n (%)	χ^2 (p)*
Call button (n=10)	Pre-cleaning	1.00±2.31	0.00 (0-7)	-1.342	0 (0.0)	
	Post-cleaning	0.00±0.00	0.00 (0-0)	(.180)	0 (0.0)	
Bed table (n=10)	Pre-cleaning	14.50±18.03	8.50 (0-57)	-2.100	0 (0.0)	
	Post-cleaning	0.90±2.85	0.00 (0-9)	(.036)	0 (0.0)	
Mattress (n=10)	Pre-cleaning	0.70±1.34	0.00 (0-4)	-0.921	0 (0.0)	
	Post-cleaning	0.20±0.63	0.00 (0-2)	(.357)	0 (0.0)	
Bed rail (n=10)	Pre-cleaning	8.10±11.46	3.50 (0-30)	-1.192	1 (10.0)	0.000
	Post-cleaning	3.40±5.80	0.00 (0-15)	(.233)	1 (10.0)	(1.000)
Toilet hand hold (n=10)	Pre-cleaning	31.00±94.53	0.00 (0-300)	-0.674	0 (0.0)	0.000
	Post-cleaning	23.30±64.85	0.00 (0-207)	(.500)	1 (10.0)	(1.000)
Inside wall of bedpan (n=10)	Pre-cleaning	95.30±108.65	48.50 (3-299)	-1.275	10 (100.0)	4.267
	Post-cleaning	43.10±61.52	10.50 (0-166)	(.202)	5 (50.0)	(.033)
Toilet seat (n=10)	Pre-cleaning	7.70±13.22	3.00 (0-43)	-2.032	1 (10.0)	0.000
	Post-cleaning	0.30±0.95	0.00 (0-3)	(.420)	0 (0.0)	(1.000)
Sink drain (n=10)	Pre-cleaning	681.40±342.88	658.00 (175-1,360)	-1.478	10 (100.0)	0.000
	Post-cleaning	489.10±275.58	530.00 (11-858)	(.139)	9 (90.0)	(1.000)
Sink (n=10)	Pre-cleaning	45.50±50.87	20.50 (0-138)	-2.521	2 (20.0)	0.000
	Post-cleaning	12.20±36.19	0.00 (0-115)	(.012)	2 (20.0)	(1.000)

*p-value of median CFU was calculated by Wilcoxon signed-rank test and the proportion of CRO growth was calculated by chi-squared test or Fisher's exact test. ACC=aerobic colony counts; CFU=colony forming units; CRO=carbapenem resistant organism.

2. Phase II, 표준화된 종결 소독 전후, 과산화수소 공간소독 후 환경오염도의 차이

1) ATP 검사 결과

소독 전 ATP 측정값의 평균은 세면대 배수구 99,239.90 RLU/100 cm², 침대 난간 39,593.40 RLU/100 cm², 침상 테이블 35,790.20 RLU/100 cm², 호출 버튼 15,751.10 RLU/100 cm², 화장실손잡이 10,999.00 RLU/100 cm², 세면대 6,283.50 RLU/100 cm², 변기 내부 5,064.00 RLU/100 cm², 변기 시트 4,395.80 RLU/100 cm², 매트리스 2,992.60 RLU/100 cm² 순이었다. 표준화된 종결 소독 후에는 세면대 배수구 12,617.40 RLU/100 cm², 호출 버튼 4,374.60 RLU/100 cm², 침대 난간 3,916.00 RLU/100 cm², 화장실손잡이 2,586.40 RLU/100 cm², 침상 테이블 2,396.30 RLU/100 cm², 매트리스 1,834.30 RLU/100 cm², 변기 내부 700.90 RLU/100 cm², 변기 시트 154.60 RLU/100 cm², 세면대 129.10 RLU/100 cm² 순이었다. 과산화수소 공간소독 후에는 세면대 배수구 6,723.70 RLU/100 cm², 호출 버튼 4,271.20 RLU/100 cm², 침대 난간 2,788.10 RLU/100 cm², 화장실손잡이 2,638.80 RLU/100 cm², 침상 테이블 1,210.00 RLU/100 cm², 매트리스 1,111.50 RLU/100 cm², 변기 내부 362.70 RLU/100 cm², 세면대 173.90 RLU/100 cm², 변기 시트 132.30 RLU/100 cm² 순이었다. 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독의 순차 적용 후 ATP 측정값은 호출 버튼($\chi^2=6.041$, $p=.049$), 침상 테이블($\chi^2=13.874$, $p=.001$), 매트리스($\chi^2=7.824$, $p=.020$), 침대 난간($\chi^2=8.875$, $p=.012$), 변기 내부($\chi^2=16.121$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=19.084$, $p<.001$), 세면대 배수구($\chi^2=14.759$, $p=.001$), 세면대($\chi^2=17.856$, $p<.001$)에서 유의하게 감소하였다. 사후 검정의 유의수준은 Bonferroni 방법으로 $5\%/3=.017$ 을 기준으로 하였고, 표준화된 종결 소독 전후 ATP 측정값은 침상 테이블($Z=-2.721$, $p=.005$), 변기 내부($Z=-3.326$, $p<.001$), 변기 시트($Z=-3.705$, $p<.001$), 세면대 배수구($Z=-3.175$, $p=.001$), 세면대($Z=-3.630$, $p<.001$)에서 소독 전후 유의한 차이가 있었다($p<.017$). 표준화된 종결 소독 후 ATP 측정값은 소독

전보다 통계적으로 유의하게 더 낮았다. 표준화된 종결 소독 후 RLU 값과 과산화수소 공간소독 후 RLU 값을 비교하였을 때 모든 표면에서 유의한 차이를 보이지는 않았으나, 호출 버튼과 화장실 손잡이를 제외한 7곳의 표면에서 과산화수소 공간소독 후 RLU 값이 감소하는 경향을 나타내었다(Table 5, Figure 2-B).

Table 5. Comparison of ATP Results Pre Cleaning, Post Standardized Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms

		(n=90)		
Surfaces	Categories	ATP (RLU/100 cm ²)		
		Mean±SD	Median (range)	χ^2 (p)* post hoc
Call button (n=10)	Pre-cleaning	15,751.10±16,016.36	8,143.50 (2,188–45,448)	6.041 (.049)
	Post-cleaning [†]	4,374.60±4,923.05	2,461.00 (99–14,306)	
	Post-aHP	4,271.20±3,008.71	4,820.50 (25–8,382)	
Bed table (n=10)	Pre-cleaning ^a	35,790.20±52,624.18	7,765.00 (1,383–162,752)	13.874 (.001) a>b,c
	Post-cleaning ^{†,b}	2,396.30±2,898.68	1,277.00 (322–9,912)	
	Post-aHP ^c	1,210.00±1,518.12	709.00 (233–5,239)	
Mattress (n=10)	Pre-cleaning ^a	2,992.60±1,718.67	2,776.00 (928–6,374)	7.824 (.020) a>c
	Post-cleaning ^{†,b}	1,834.30±1,302.32	1,213.50 (379–4,254)	
	Post-aHP ^c	1,111.50±673.67	945.00 (380–2,548)	
Bed rail (n=10)	Pre-cleaning ^a	39,593.40±92,731.21	7,369.00 (3,442–302,374)	8.875 (.012) a>c
	Post-cleaning ^{†,b}	3,916.00±2,835.48	4,511.00 (298–7,776)	
	Post-aHP ^c	2,788.10±2,536.95	2,338.50 (71–7,449)	
Toilet hand hold (n=10)	Pre-cleaning	10,999.00±14,094.21	3,883.00 (650–40,592)	5.855 (.054)
	Post-cleaning [†]	2,586.40±3,873.63	557.50 (22–11,592)	
	Post-aHP	2,638.80±4,859.48	824.50 (10–16,012)	
Inside wall of bedpan (n=10)	Pre-cleaning ^a	5,064.00±4,603.49	4,247.50 (668–15,020)	16.121 (<.001) a>b,c
	Post-cleaning ^{†,b}	700.90±1,184.82	365.50 (11–3,981)	
	Post-aHP ^c	362.70±808.53	48.50 (3–2,593)	
Toilet seat (n=10)	Pre-cleaning ^a	4,395.80±4,450.71	2,339.50 (686–12,280)	19.084 (<.001) a>b,c
	Post-cleaning ^{†,b}	154.60±309.20	11.50 (5–912)	
	Post-aHP ^c	132.30±197.43	15.50 (1–490)	
Sink drain (n=10)	Pre-cleaning ^a	99,239.90±69,703.34	82,250.00 (3,819–222,842)	14.759 (.001) a>b,c
	Post-cleaning ^{†,b}	12,617.40±20,287.43	2,980.00 (58–64,023)	
	Post-aHP ^c	6,723.70±9,732.01	1,555.00 (30–29,322)	
Sink (n=10)	Pre-cleaning ^a	6,283.50±10,808.15	2,248.00 (829–35,922)	17.856 (<.001) a>b,c
	Post-cleaning ^{†,b}	129.10±291.21	27.00 (5–940)	
	Post-aHP ^c	173.90±320.84	13.00 (2–1,040)	

*p-value of median RLU was calculated by Kruskal–Wallis test, and the post hoc test was calculated by Mann–Whitney U test. The post hoc test results were presented only with a value of $p<.017$ by the Bonferroni method.

[†]'Post-cleaning' means to 'post-standardized cleaning' after standardized terminal cleaning education was provided.

aHP=aerosolized hydrogen peroxide; ATP=adenosine triphosphate; RLU=relative light units.

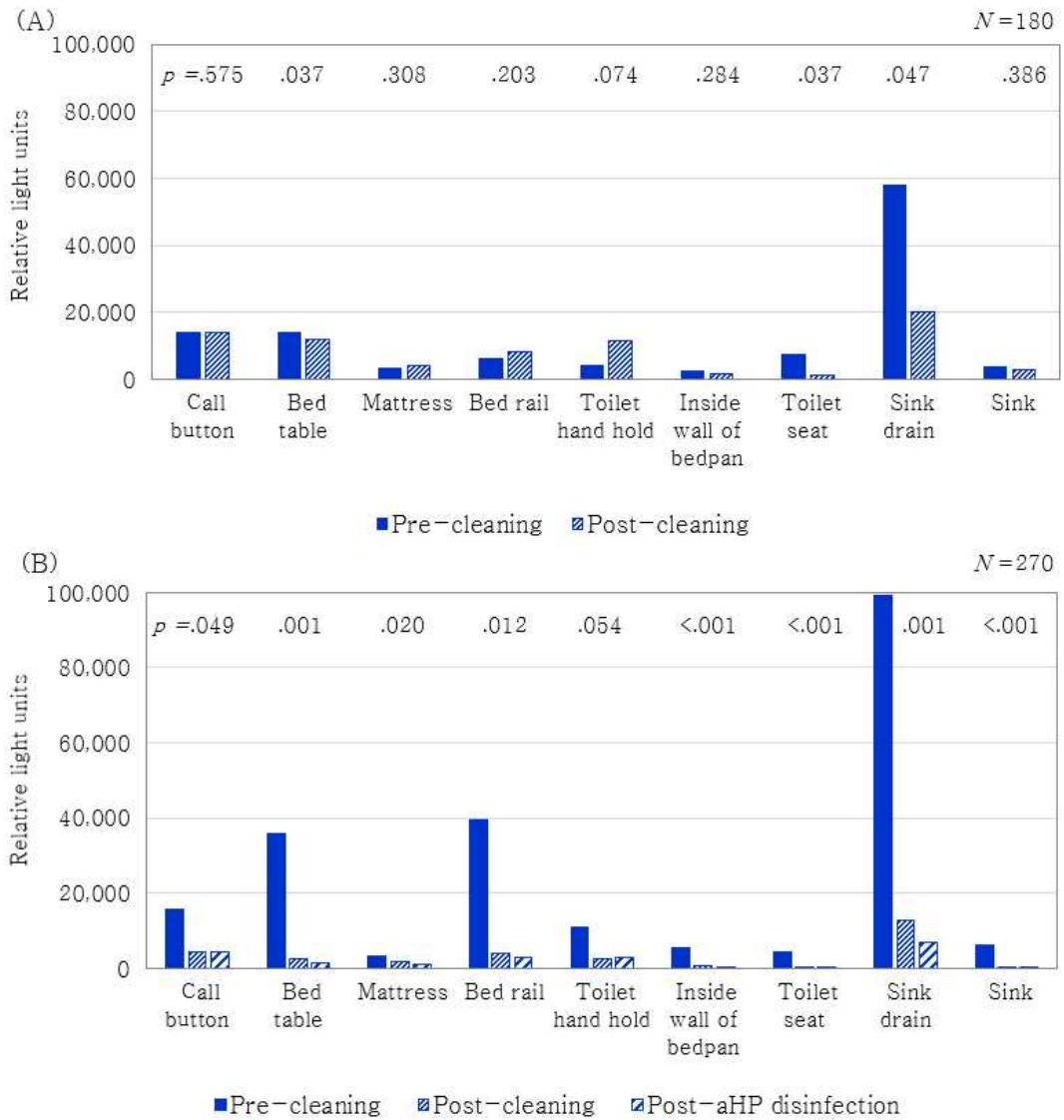


Figure 2. Bar graph of ATP readings, expressed as relative light units, from 9 surface samples in 10 patient rooms measured in (A) Phase I and (B) Phase II.

2) 미생물 배양 검사 결과

소독 전 평균 ACC는 세면대 배수구 1,039.60 CFU/28.4 cm², 변기 내부 308.80 CFU/28.4 cm², 세면대 184.20 CFU/28.4 cm², 변기 시트 47.80 CFU/28.4 cm², 침상 테이블 33.90 CFU/28.4 cm², 침대 난간 10.60 CFU/28.4 cm², 화장실손잡이 9.10 CFU/28.4 cm², 매트리스 1.40 CFU/28.4 cm², 호출 버튼 0.50 CFU/28.4 cm² 순이었다. 표준화된 종결 소독 후는 세면대 배수구 404.40 CFU/28.4 cm², 세면대 220.00 CFU/28.4 cm², 변기 내부 53.20 CFU/28.4 cm², 화장실손잡이 1.90 CFU/28.4 cm², 변기 시트 1.10 CFU/28.4 cm², 매트리스와 침대 난간 0.60 CFU/28.4 cm², 침상 테이블 0.10 CFU/28.4 cm² 순이었으며 호출 버튼에서는 배양되는 균이 없었다. 과산화수소 공간소독 추가 후에는 세면대 배수구 225.30 CFU/28.4 cm², 변기 내부 26.80 CFU/28.4 cm², 침대 난간 2.10 CFU/28.4 cm² 순이었고 호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 화장실손잡이, 변기 시트, 세면대에서는 배양되는 균이 없었다. 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독의 순차 적용 후 ACC는 호출 버튼($\chi^2=8.889$, $p=.012$), 침상 테이블($\chi^2=11.829$, $p=.003$), 변기 내부($\chi^2=14.820$, $p=.001$), 변기 시트($\chi^2=16.787$, $p<.001$), 세면대 배수구($\chi^2=10.531$, $p=.005$), 세면대($\chi^2=23.220$, $p<.001$)에서 유의하게 감소하였다. 사후 검정 결과 소독 전후 CFU 값은 변기 내부($Z=-2.647$, $p=.007$), 변기 시트($Z=-2.897$, $p=.007$), 세면대($Z=-3.594$, $p=.005$)에서 유의하게 감소하였다($p<.017$). CRO 양성 표면의 비율은 소독 전 세면대 배수구 10건 중 10건(100.0%), 변기 내부 10건 중 9건(90.0%), 변기 시트 10건 중 3건(30.0%), 세면대와 침대 난간은 각각 10건 중 2건(20.0%), 침상 테이블 10건 중 1건(10.0%) 순이었다. 표준화된 종결 소독 후에는 변기 내부와 세면대 배수구에서만 각각 10건 중 4건(40.0%)으로 확인되었다. 과산화수소 공간소독 추가 후에는 변기 내부에서 10건 중 1건(10.0%), 세면대 배수구에서 10건 중 3건(30.0%)이 확인되었다. 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독의 순차 적용 후 배양 검사에서 CRO 양성 비율은 변기 내부($\chi^2=13.125$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=6.667$, $p=.028$), 세면대 배수구($\chi^2=11.674$, $p=.002$)에서 유의하게 감소하는 것으로 확인되었다 (Table 6).

Table 6. Comparison of Microbiologic Testing Results Pre Cleaning, Post Standardized Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms

Surfaces	Categories	ACC (CFU/28.4cm ²)			CRO growth (n=90)		
		Mean±SD	Median (range)	χ^2 (p) [*] post hoc	n (%)	χ^2 (p) [*]	
Call button (n=10)	Pre-cleaning	0.50±0.71	0.00 (0-2)	8.889 (.012)	0 (0.0)		
	Post-cleaning [†]	0.00±0.00	0.00 (0-0)		0 (0.0)		
	Post-aHP	0.00±0.00	0.00 (0-0)		0 (0.0)		
Bed table (n=10)	Pre-cleaning	33.90±87.19	3.00 (0-281)	11.829 (.003)	1 (10.0)	1.500 (.221)	
	Post-cleaning ^{†,b}	0.10±0.32	0.00 (0-1)		0 (0.0)		
	Post-aHP	0.00±0.00	0.00 (0-0)		0 (0.0)		
Mattress (n=10)	Pre-cleaning	1.40±2.07	0.00 (0-5)	5.448 (.066)	0 (0.0)		
	Post-cleaning [†]	0.60±1.90	0.00 (0-6)		0 (0.0)		
	Post-aHP	0.00±0.00	0.00 (0-0)		0 (0.0)		
Bed rail (n=10)	Pre-cleaning	10.60±28.66	1.50 (0-92)	5.689 (.058)	2 (20.0)	3.107 (.078)	
	Post-cleaning ^{†,b}	0.60±1.35	0.00 (0-4)		0 (0.0)		
	Post-aHP	2.10±6.64	0.00 (0-21)		0 (0.0)		
Toilet hand hold (n=10)	Pre-cleaning	9.10±24.31	0.00 (0-78)	4.515 (.105)	0 (0.0)		
	Post-cleaning [†]	1.90±3.28	0.00 (0-9)		0 (0.0)		
	Post-aHP	0.00±0.00	0.00 (0-0)		0 (0.0)		
Inside wall of bedpan (n=10)	Pre-cleaning ^a	308.80±289.78	209.00 (3-952)	14.820 (.001)	9 (90.0)	12.429 (.001)	
	Post-cleaning ^{†,b}	53.20±113.19	6.50 (0-362)		a>b,c		4 (40.0)
	Post-aHP ^c	26.80±83.00	0.00 (0-263)				1 (10.0)
Toilet seat (n=10)	Pre-cleaning ^a	47.80±75.22	4.50 (0-188)	16.787 (<.001)	3 (30.0)	4.833 (.028)	
	Post-cleaning ^{†,b}	1.10±3.48	0.00 (0-11)		a>b,c		0 (0.0)
	Post-aHP ^c	0.00±0.00	0.00 (0-0)				0 (0.0)
Sink drain (n=10)	Pre-cleaning ^a	1,039.60±531.66	945.50 (408-1,917)	10.531 (.005)	10 (100.0)	9.645 (.002)	
	Post-cleaning ^{†,b}	404.40±504.98	71.50 (0-1,134)		a>c		4 (40.0)
	Post-aHP ^c	225.30±405.87	7.50 (0-1,225)				3 (30.0)
Sink (n=10)	Pre-cleaning ^a	184.20±414.63	38.00 (3-1,348)	23.220 (<.001)	2 (20.0)	3.107 (.078)	
	Post-cleaning ^{†,b}	220.00±4.85	0.00 (0-14)		a>b,c		0 (0.0)
	Post-aHP ^c	0.00±0.00	0.00 (0-0)				0 (0.0)

^{*}p-value of median CFU was calculated by Kruskal-Wallis test, and the post hoc test was calculated by Mann-Whitney U test. The post hoc test results were presented only with a value of p<.017 by the Bonferroni method. The proportion of CRO growth was calculated by chi-squared test or Fisher's exact test.

[†]'Post-cleaning' means to 'post-standardized cleaning' after standardized terminal cleaning education was provided.

aHP=aerosolized hydrogen peroxide; ACC=aerobic colony counts; CFU=colony forming units; CRO=carbapenem resistant organism

3. Phase I, Phase II 종결 소독 및 과산화수소 공간소독에 따른 오염 제거 효과 비교

1) ATP 검사 결과에 따른 오염제거율

오염제거 표면의 기준을 ATP 250 RLU/100 cm² 미만으로 할 때 Phase I의 종결 소독 전에는 변기 시트 10건 중 1건(10.0%), 세면대 10건 중 1건(10.0%)을 제외한 88개의 표면은 250 RLU/100 cm² 이상의 오염된 표면으로 확인되었다. 일반적인 종결 소독 후 오염제거율은 세면대 10건 중 7건(70.0%), 변기 시트 10건 중 6건(60.0%), 변기 내부 10건 중 3건(30.0%)이었으며, 소독 전후 오염제거율은 세면대만 $\chi^2=5.208$, $p=.020$ 으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$) (Table 7, Figure 3-A).

Phase II에서 소독 전에는 모든 표면이 250 RLU/100 cm² 이상으로 오염된 것으로 확인되었다. 표준화된 종결 소독 후 오염제거율은 세면대 10건 중 9건(90.0%), 변기 시트 10건 중 8건(80.0%), 세면대 배수구 10건 중 4건(40.0%), 변기 내부 10건 중 3건(30.0%), 화장실 손잡이 10건 중 2건(20.0%), 호출 버튼 10건 중 1건(10.0%) 순이었으며, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간에서는 소독 후 250 RLU/100 cm² 미만으로 오염이 제거된 표면이 없었다. 과산화수소 공간소독 추가 후 오염제거율은 변기 내부와 세면대가 각각 10건 중 8건(80.0%), 변기 시트 10건 중 7건(70.0%), 세면대 배수구 10건 중 3건(30.0%), 화장실손잡이 10건 중 2건(20.0%), 호출 버튼, 침상 테이블, 침대 난간은 각각 10건 중 1건(10.0%)이었으며 매트리스는 10 건 중 0건(0.0%)이었다. 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독의 순차적 적용 후 오염제거율이 유의하게 증가한 표면은 변기 내부($\chi^2=13.321$, $p<.001$), 변기 시트($\chi^2=9.473$, $p=.002$), 세면대($\chi^2=12.597$, $p<.001$)이었다(Table 7, Figure 3-B).

Table 7. Comparison of Decontamination Rate Pre Cleaning, Post Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms based on ATP values

		(n=90)			
Surfaces	Categories	ATP (< 250 RLU/100 cm ²)			
		Phase I		Phase II [†]	
		n (%)	χ^2 (p)*	n (%)	χ^2 (p)*
Call button (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	0.777
	Post-cleaning	0 (0.0)		1 (10.0)	(.378)
	Post-aHP			1 (10.0)	
Bed table (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	1.500
	Post-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	(.221)
	Post-aHP			1 (10.0)	
Mattress (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	
	Post-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	
	Post-aHP			0 (0.0)	
Bed rail (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	1.500
	Post-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	(.221)
	Post-aHP			1 (10.0)	
Toilet hand hold (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	1.673
	Post-cleaning	0 (0.0)		2 (20.0)	(.196)
	Post-aHP			2 (20.0)	
Inside wall of bedpan (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)	1.569	0 (0.0)	13.321
	Post-cleaning	3 (30.0)	(.211)	3 (30.0)	(<.001)
	Post-aHP			8 (80.0)	
Toilet seat (n=10)	Pre-cleaning	1 (10.0)	3.516	0 (0.0)	9.473
	Post-cleaning	6 (60.0)	(.057)	8 (80.0)	(.002)
	Post-aHP			7 (70.0)	
Sink drain (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)		0 (0.0)	2.432
	Post-cleaning	0 (0.0)		4 (40.0)	(.119)
	Post-aHP			3 (30.0)	
Sink (n=10)	Pre-cleaning	1 (10.0)	5.208	0 (0.0)	12.597
	Post-cleaning	7 (70.0)	(.020)	9 (90.0)	(<.001)
	Post-aHP			8 (80.0)	
Total (n=90)	Pre-cleaning	2 (2.2)	12.099	0 (0.0)	37.461
	Post-cleaning	16 (17.8)	(.001)	27 (30.0)	(<.001)
	Post-aHP			31 (34.4)	

*p-value of the decontamination rate was calculated by chi-squared test or Fisher's exact test.

[†]'Post-cleaning' of Phase II means to 'post-standardized cleaning' after standardized terminal cleaning education was provided. And in the Phase II, hydrogen peroxide space disinfection was additionally provided.

ATP=adenosine triphosphate; RLU=relative light units; aHP=aerosolized hydrogen peroxide system.

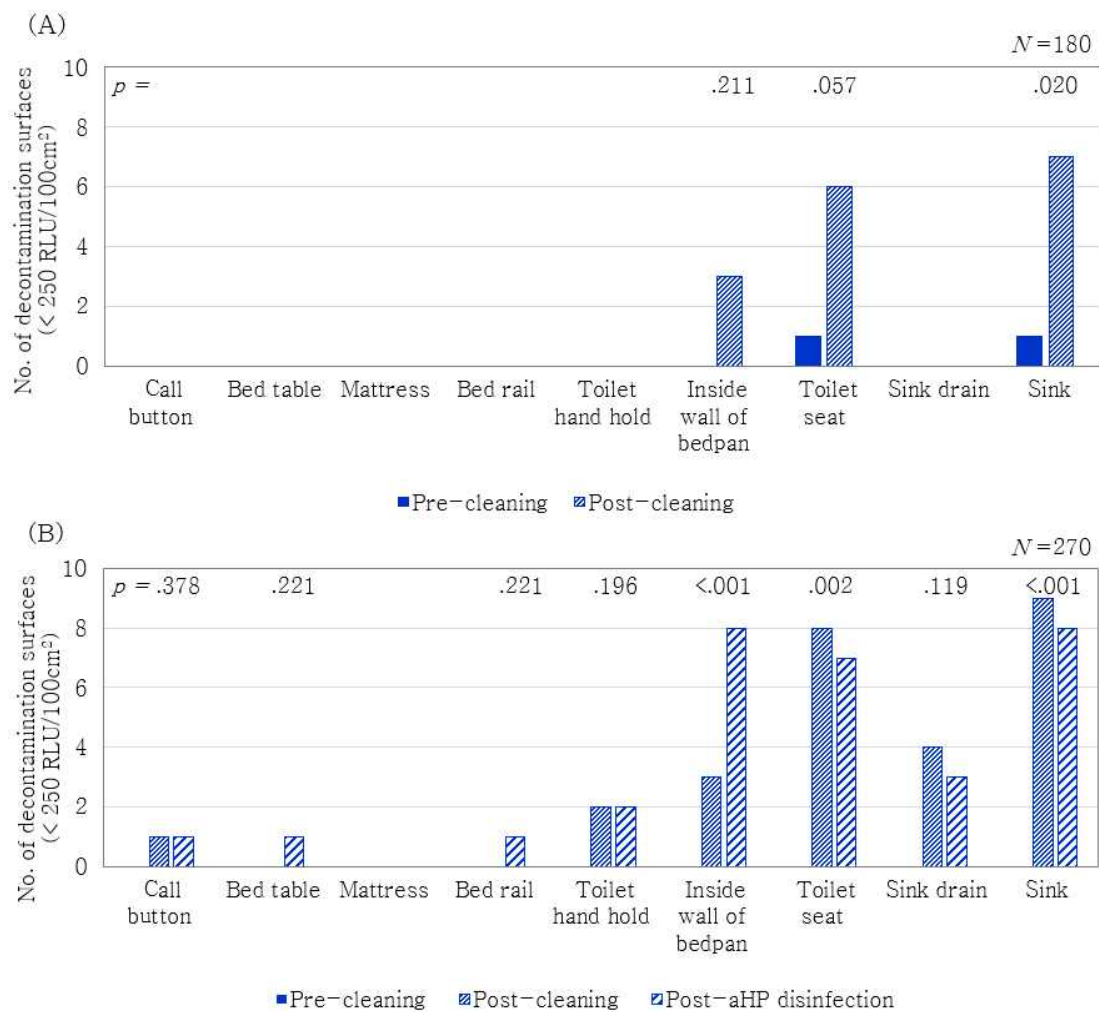


Figure 3. Bar graph expressing the proportion of decontaminated surfaces measured by ATP in (A) Phase I and (B) Phase II.

2) 미생물 배양 검사 결과에 따른 오염제거율

오염제거 표면의 기준을 ACC 2.5 CFU/cm² 미만으로 할 때 Phase I의 소독 전 오염제거율은 호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간, 변기 시트가 10건 중 10건(100.0%), 화장실손잡이 10건 중 9건(90.0%), 세면대 10건 중 7건(70.0%), 변기 내부 10건 중 6건(60.0%)이었고 세면대 배수구는 10건 모두 오염된 표면(> 2.5 CFU/cm²)이었다. 일반적인 종결 소독 후에도 소독 전과 동일하게 호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간, 변기 시트의 오염제거율이 10건 중 10건(100.0%)로 확인되었고, 화장실손잡이, 세면대가 각각 10건 중 9건(90.0%), 변기 내부 10건 중 7건(70.0%), 세면대 배수구 10건 중 1건(10.0%)이었다. Phase I에서는 일반적인 종결 소독 전후 오염제거율이 통계적으로 유의한 차이가 있는 표면은 없었다. Phase II의 소독 전 오염제거율은 호출 버튼, 매트리스가 각각 10건 중 10건(100.0%), 침상 테이블, 침대 난간, 화장실손잡이는 10건 중 9건(90.0%), 변기 시트, 세면대 10건 중 7건(70.0%), 변기 내부 10건 중 1건(10.0%) 순이었고 세면대 배수구는 10건 모두 2.5 CFU/cm² 이상으로 오염된 표면이었다. 표준화된 종결 소독 후 오염제거율은 호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간, 화장실손잡이, 변기 시트, 세면대가 각각 10건 중 10건(100.0%)으로 확인되었고, 변기 내부 10건 중 8건(80.0%), 세면대 배수구 10건 중 5건(50.0%) 순이었다. 과산화수소 공간소독 추가 후 오염제거율은 변기 내부 10건 중 9건(90.0%), 세면대 배수구 10건 중 6건(60.0%)이었으며 그 외 호출 버튼, 침상 테이블, 매트리스, 침대 난간, 화장실손잡이, 변기 시트, 세면대 7곳은 각각 10건 중 10건(100.0%)으로 모든 검사 표면에서 오염이 제거된 것으로 확인되었다. 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독의 순차적 적용 후 오염제거율이 유의하게 증가한 표면은 변기 내부($\chi^2 = 12.889$, $p < .001$), 변기 시트($\chi^2 = 4.833$, $p = .028$), 세면대 배수구($\chi^2 = 7.493$, $p = .006$), 세면대($\chi^2 = 4.833$, $p = .028$)로 확인되었다 (Table 8).

Table 8. Comparison of Decontamination Rate Pre Cleaning, Post Cleaning, and Post aHP Disinfection for 9 Surfaces in 10 Patient Rooms based on ACC values

		(n=90)			
Surfaces	Categories	ACC (< 2.5 CFU/cm ²)			
		Phase I		Phase II [†]	
		n (%)	χ^2 (p)*	n (%)	χ^2 (p)*
Call button (n=10)	Pre-cleaning	10 (100.0)		10 (100.0)	
	Post-cleaning	10 (100.0)		10 (100.0)	
	Post-aHP			10 (100.0)	
Bed table (n=10)	Pre-cleaning	10 (100.0)		9 (90.0)	1.500
	Post-cleaning	10 (100.0)		10 (100.0)	(.221)
	Post-aHP			10 (100.0)	
Mattress (n=10)	Pre-cleaning	10 (100.0)		10 (100.0)	
	Post-cleaning	10 (100.0)		10 (100.0)	
	Post-aHP			10 (100.0)	
Bed rail (n=10)	Pre-cleaning	10 (100.0)	0.000	9 (90.0)	1.500
	Post-cleaning	10 (100.0)	(1.000)	10 (100.0)	(.221)
	Post-aHP			10 (100.0)	
Toilet hand hold (n=10)	Pre-cleaning	9 (90.0)	0.000	9 (90.0)	1.500
	Post-cleaning	9 (90.0)	(1.000)	10 (100.0)	(.221)
	Post-aHP			10 (100.0)	
Inside wall of bedpan (n=10)	Pre-cleaning	6 (60.0)	0.000	1 (10.0)	12.889
	Post-cleaning	7 (70.0)	(1.000)	8 (80.0)	(<.001)
	Post-aHP			9 (90.0)	
Toilet seat (n=10)	Pre-cleaning	10 (100.0)		7 (70.0)	4.833
	Post-cleaning	10 (100.0)		10 (100.0)	(.028)
	Post-aHP			10 (100.0)	
Sink drain (n=10)	Pre-cleaning	0 (0.0)	0.000	0 (0.0)	7.493
	Post-cleaning	1 (10.0)	(1.000)	5 (50.0)	(.006)
	Post-aHP			6 (60.0)	
Sink (n=10)	Pre-cleaning	7 (70.0)	0.313	7 (70.0)	4.833
	Post-cleaning	9 (90.0)	(.582)	10 (100.0)	(.028)
	Post-aHP			10 (100.0)	
Total (n=90)	Pre-cleaning	72 (80.0)	0.608	62 (68.9)	28.585
	Post-cleaning	76 (84.4)	(.559)	83 (92.2)	(<.001)
	Post-aHP			85 (94.4)	

*p-value of the decontamination rate was calculated by chi-squared test or Fisher's exact test.

[†]'Post-cleaning' of Phase II means to 'post-standardized cleaning' after standardized terminal cleaning education was provided. And in the Phase II, hydrogen peroxide space disinfection was additionally provided.

ACC=aerobic colony counts; CFU=colony forming units; aHP=aerosolized hydrogen peroxide system.

4. 환경에서 분리된 균의 특성

Phase I 에서 총 180개, Phase II 에서 총 270개의 표면에서 검체를 채취하여 미생물 배양 검사를 시행하였고 CRO 양성 배지 중 colony 수가 10개를 초과하는 배지에서 분리된 균만 균 동정을 시행하였다. 10 colony를 초과하는 CRO 양성이 표면은 침상 난간 1건을 제외하면 화장실 손잡이, 변기 내부, 세면대 배수구, 세면대 등 모두 습한 환경인 화장실 표면에서 확인되었으며, 총 450개의 표면 중 CRE는 소독 전 세면대 배수구에서 1건 분리되었다. 그밖에 Phase I 과 Phase II 총 20개 병실의 종결 소독 전 채취한 검체에서 *Stenotrophomonas maltophilia* 17건(85.0%)과 *Acinetobacter junii* 8건(40.0%)이 분리되었다. 변기 내부에서는 *Acinetobacter baumannii* 14건(70.0%)과 *Pseudomonas putida* 4건(20.0%)이 분리되었다. *Enterococcus faecium*은 침대 난간에서 1건(5.0%), 세면대 2건(10.0%)이 분리되었다. 종결 소독 후에는 소독 전 균이 분리되지 않았던 화장실 손잡이에서 *Pseudomonas* species가 1건(5.0%) 분리되었고, 침상 난간과 세면대에서는 분리되는 균이 없었으며 변기 내부에서 *A. baumannii* 3건(15.0%), 세면대 배수구에서 *S. maltophilia* 9건(45.0%), *A. junii* 6건(30.0%)이 분리되었다. 과산화수소 공간소독 후에는 변기 내부에서 *A. junii* 1건(10.0%)과 세면대 배수구에서 *S. maltophilia* 3건(30.0%)이 분리되었으며, 소독 후에도 습기가 많은 환경에서 carbapenem-resistant gram negative bacillus (CRGNB)가 완전히 제거되지 않는 것으로 나타났다(Table 9).

Table 9. Species of Carbapenem-resistant Organisms Colonized on Environmental Surfaces in Patient Rooms

Environment surfaces	Bacteria species	N (%)
Pre-cleaning (n=20)		
Bed rail	<i>Enterococcus faecium</i>	1 (5.0)
Inside wall of bedpan	<i>Acinetobacter baumannii</i>	14 (70.0)
	<i>Pseudomonas putida</i>	4 (20.0)
Sink drain	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	17 (85.0)
	<i>Acinetobacter junii</i>	8 (40.0)
	Carbapenem-resistant <i>Enterobacterales</i> (<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	1 (5.0)
Sink	<i>Enterococcus faecium</i>	2 (10.0)
Post-cleaning* (n=20)		
Toilet hand hold	<i>Pseudomonas</i> species	1 (5.0)
Inside wall of bedpan	<i>Acinetobacter baumannii</i>	3 (15.0)
Sink drain	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	9 (45.0)
	<i>Acinetobacter junii</i>	6 (30.0)
Post-aHP disinfection (n=10)		
Inside wall of bedpan	<i>Acinetobacter baumannii</i>	1 (10.0)
Sink drain	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	3 (30.0)

* Post-cleaning' means to the samples collected after the general post-cleaning in phase I and the post standardized cleaning in phase II were both included.

aHP=aerosolized hydrogen peroxide system.

V. 논의

국내 CRE 발생 건수는 매년 증가하고 있으며 환경 관리의 중요성은 지속적으로 강조되고 있으나 여전히 많은 의료기관에서 병실 소독 적절성에 대한 일관된 모니터링 절차가 정착되어 있지 않다. 한 종합병원에서 CRE 보유 환자 병실을 대상으로 종결 소독 절차의 표준화와 적절성 모니터링을 통한 환경오염 감소 효과와 실제 환자 주변 환경에서 CRE의 존재 여부를 확인하였다.

Phase I에서 일반적인 종결 소독 전 후 환경오염도를 측정한 결과 소독 후 ATP 측정값은 침상 테이블, 변기 시트, 세면대 배수구에서 통계적으로 유의하게 감소하였다. CRO 양성 표면은 침대 난간과 화장실 표면 5곳에서 모두 확인되었고 화장실 손잡이의 경우 소독 전에는 음성이었으나 소독 후에 CRO양성이 1건 (*Pseudomonas species*) 확인되었으며 소독 전보다 소독 후에 평균 ATP 측정값이 더 증가한 표면도 있었다. 다빈도 접촉 표면 14곳의 오염제거율을 비교한 선행연구(Carling et al., 2008)에서 화장실 손잡이는 오염제거율이 28.0%로 낮다고 설명한 것과 유사하였으며, Phase I에서 변기 시트와 화장실 손잡이만 소독 전보다 ATP 수치가 감소하였다는 선행연구(Boyce et al., 2009)와는 일부 차이가 있었다. 연구 대상 병원은 퇴실 병실 소독이 일원화되어있지 않고 병동 간호 보조 사원이 환자 침상과 주변의 다빈도 접촉 표면을 포함한 환경 소독을 담당하고 병동 미화 직원이 병실 바닥부터 화장실을 담당하여 소독을 시행하고 있었으며 Phase I에 측정한 결과로 전반적인 소독 절차에 대한 검토와 재 오염 방지를 위한 소독 순서 교육의 필요성을 확인하였다.

Phase II에서 환경 소독 담당 직원 대상의 종결 소독 절차에 대한 교육과 ATP 모니터링 및 피드백 시행 후 침상 테이블, 변기 내부, 변기 시트, 세면대 배수구, 세면대에서 표준화된 종결 소독 후 ATP 측정값이 유의하게 감소하였으며, Phase II 소독 후에 침대 난간, 침상 테이블, 화장실 손잡이에서 ATP 측정값의 유의한 감소를 확인한 선행연구(Boyce et al., 2009)의 결과와 일부 유사하였다. 본 연구에서는 다빈도 접촉 표면 9곳 중 화장실 표면 5곳이 포함되어 있으나 선행연구는 습한 환경의 표면을 대상으로 하지 않아 화장실 표면의 비교는 어려웠다.

오염제거율을 RLU로 확인하였을 때 Phase I 은 17.8% (16/90), Phase II에서는 30.0% (27/90)로 오염제거율이 Phase I 40~50%에서 Phase II 77.0% (388/503)로 크게 개선한 선행연구(Boyce et al., 2009)와는 차이가 있었다. 환경 소독 전담 직원이 있었던 선행연구와는 다르게 본 연구 대상 병원은 병실 구역을 두 직군이 나눠서 소독하고 있으며 소독만 전담으로 하는 직원이 아닌 병동의 전반적인 일을 수행하는 간호 보조 사원이 병실의 소독을 수행함에 있어 소독제의 충분한 접촉 시간 준수가 어려웠던 점이 현장 피드백을 통해 확인되었다. 또한 표준화된 종결 소독 후 오염이 제거된 표면으로 확인된 27개의 표면이 모두 세면대, 변기 시트, 세면대 배수구였으며 병실의 다빈도 접촉 표면에서는 없었다. 화장실의 경우 염소계 소독제인 락스 500 ppm을 사용하고 병실의 다빈도 접촉 표면은 4급 암모늄 소독제인 애니오선프 프리미엄 400배 희석액 또는 환경 소독 티슈를 사용하므로 소독제 종류 차이나 환경 표면 특성에 따른 영향이 있었을 가능성이 있다.

반면에 미생물 배양검사로 확인한 오염제거율은 Phase I 84.4% (76/90)에서 Phase II에 92.2% (83/90)으로 증가하여 ATP 측정값을 기준으로 했을 때와 차이가 있었다. aHP 소독 추가 적용 후 실제 배양되는 균이 전혀 없는 경우에도 평균 ATP 측정값은 132.30~4,271.20 RLU/100 cm² 으로 다양했다. Colony 수는 표면에서 생존 가능한 호기성 세균만 감지하는 반면 ATP 검사는 표면에 존재하는 모든 잔류 유기 물질을 감지하는 것으로 소독 후 ATP 측정값이 오염 제거 표면의 기준인 250 RLU/100 cm²을 초과하는 값이어도 연구 대상 표면에서 실제 살아있는 세균은 없었을 가능성을 보여준다. ATP 값과 ACC의 상관관계, 의료관련감염 발생과의 연관성 등을 결정하기 위해서는 추가 연구가 필요한 단계지만, ATP 검사는 24~48시간이 소요되는 미생물 배양 검사보다(Huang et al., 2015) 신속한 평가와 객관적인 피드백을 제공할 수 있다는 이점(Boyce et al, 2009; Sciortino et al., 2012)이 있으므로 종결 소독 모니터링 도구로 사용할 수 있겠다.

Phase II에서 표준화된 종결 소독과 과산화수소 공간소독을 순차적으로 적용 후 ATP 측정값과 ACC 값은 호출 버튼, 침상 테이블, 변기 내부, 변기 시트, 세면대 배수구, 세면대에서 감소하였다. 표준화된 종결 소독 후와 과산화수소 공간소독 후의 RLU값을 비교하였을 때 통계적으로 유의하지는 않았으나 호출 버튼

과 화장실 손잡이를 제외한 7곳의 표면에서 aHP 소독 후 RLU 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 종결 소독 후에 호출 버튼을 제외한 8곳의 표면에서 호기성 세균이 자랐지만 aHP 소독 추가 후에는 세면대 배수구, 변기 내부, 침상 난간을 제외한 표면 6곳에서는 균이 전혀 분리되지 않았으며 변기 내부와 세면대 배수구에서도 호기성 세균 집락률이 약 50.0% 수준으로 감소하였다. 과산화수소 소독 후 MDRO로 오염된 병실의 비율이 종결 청소 후 6%에서 과산화수소 공간소독 후 0.5%로 유의하게 감소하였다는 선행연구(Blazejewski et al., 2015)와 aHP 소독 후 배양 검사 결과 병실 표면과 부드러운 표면에서 더 큰 감소를 보였고 습한 지역에서는 드물게 검출되었다는 선행연구(McKew et al., 2021)와도 유사하였다.

본 연구 대상 병동에서는 격리 병실의 세면대 배수구를 락스 100배 희석액으로 소독하고 난 후 희석액을 배수구로 흘려보내는 방법으로 소독하고 있으나, CRE 환자 격리 병실 환경 표면 중 세면대 배수구에서만 CRE가 분리되었으며 소독 후에도 ATP와 ACC 값이 가장 높았다. 균 동정 결과 일부 세면대 배수구와 변기 내부에서 *S. maltophilia*, *A. baumannii* 등의 카바페넴 내성 그람음성간균(carbapenem-resistant gram negative bacilli, CRGNB)가 과산화수소 공간소독 후에도 남아있는 것으로 확인되었다. 이는 세면대 배수구는 *A. baumannii*의 저장소라는 선행연구(La Forgia et al., 2010)와 과산화수소 공간소독이 배수구 및 세면대에서 그람음성간균에 거의 영향을 미치지 않았다는 선행 연구(McKew et al., 2021)와 유사하였다. 과산화수소 공간 소독 추가 후 세균 집락수는 감소하였으나 균이 완전히 제거되지 않는 세면대 배수구 소독 방법에 대한 검토와 개선이 필요할 것으로 생각된다. 문제가 되는 수평 배수 시스템의 디자인 변경 및 배관의 교체로 CRE 유행을 근절시킨 선행 연구(Vergara-Lopez et al., 2013)도 있었으나 교체 후에도 하류 폐수 배관의 미생물이 재집락할 수 있으므로 장기적으로 미생물 오염을 제거하는 수단으로는 비효율적이라고 하였다.

aHP 소독은 은 이온이 포함된 5~6% 액체 과산화수소를 안개 같은 8~12 μm 의 작은 크기로 분사시키는 것으로 평평한 표면에서 더 좋은 효과를 보이므로, 세면대 배수구처럼 작은 입자의 침투가 어려운 곳에 형성된 biofilm에는 소독의 효과가 적었을 것으로 생각된다. 공간소독 적용 전 반드시 물리적인 오염 제거가 선행되어야 하며 본 연구 결과와 물리적인 소독 후 aHP 소독 추가 후에 오염 제거

효과가 있었다는 다양한 선행연구(Blazejewski et al., 2015; Park et al., 2021) 결과를 참조하여 치명적 감염병의 유행 상황 등에서 물리적인 소독 후 보존적인 환경관리 방안으로 사용할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 450개의 검체 중 Phase II 소독 전에 채취한 세면대 배수구 1곳에서만 CRE (*K. pneumoniae*)가 분리되어서 12개 환경 표면 샘플 중 싱크대 배수구에서 채취한 9개에서 CRE가 검출되었다는 선행연구(Odom et al., 2014)와 유사하였다. 그밖에 세면대 표면, 배수구, 변기 등의 습한 환경에서 CRE가 분리되었다는 다양한 선행연구(Betteridge et al., 2013; Weber et al., 2015)와도 유사하였다. 습한 환경 이외에 다빈도 접촉 표면인 침대 시트의 베개 주변 부분, 몸통, 다리 부분과 침상 테이블, 인퓨전펌프에서도 CRE가 분리되었다는 선행연구(Lerner et al., 2013)와는 차이가 있었다. 본 연구에서는 시트를 제거한 매트리스에서 채취하여 시트의 CRE 검출 여부에 대해 비교할 수 없었으며, CRO 양성 배지 중 colony 수가 10개를 초과하는 배지만 균 동정을 했으므로 colony 가 10개 이하의 배지 중에서 CRE가 있었을 가능성이 있고, 습한 환경에서 서식하는 장내세균의 특성 상 건조한 표면에서 쉽게 사멸되었을 수 있겠다. 이는 침대 난간, 세면대, 변기에서만 CRE가 검출되었으며 오염된 표면에 대한 CRE 평균 집락 수준은 표면 당 5.1 CFU/120 cm²에 불과했다는 선행연구(Weber et al., 2015)와 비슷한 결과였다.

이 연구에서는 일반적인 종결 소독 후 과산화수소 공간소독 추가에 대해 평가한 것이 아닌 교육을 통해 소독 후 환경오염도가 개선된 후 과산화수소 공간소독을 추가로 적용하였으므로 과산화수소 공간소독의 효과가 커보이지는 않았다. 환경 소독 담당 직원의 교육과 피드백으로 종결 소독 후 환경오염도가 크게 개선되었으며 과산화수소 공간소독 이전에 물리적인 소독이 반드시 선행되어야 하므로 교육 효과 유지를 위해 주기적인 교육을 시행해야 한다. 즉각적인 피드백과 객관적인 모니터링이 가능한 ATP 검사를 활용하여 종결 소독의 적절성을 모니터링하기 위한 최적의 방법을 결정하고 소독 절차 개선을 위해 기관 내에서 지속적인 노력이 필요할 것으로 생각한다.

종결 소독 후 피드백이 제공되어서 감염관리실에서 ATP 모니터링을 한다는 것을 인지한 직원들의 호손효과가 Phase II의 환경오염도 개선에 영향을 미쳤을 가능성이 있으며 한 종합병원에 한정된 결과로 검체 채취 방법에서 면봉을 환경

표면에 묻지르는 압력 등의 다양한 요인이 결과에 영향을 주었을 수 있어 연구
결과의 일반화는 한계가 있다.

VI. 결론 및 제언

환경 소독 담당 직원 교육과 피드백에 따른 효과로 병실 환경 오염도가 크게 개선되었으며, 과산화수소 공간소독 후 추가적으로 더 감소하는 경향을 보였다. 표준화된 종결 소독 순서도를 통한 표준화된 교육은 환경 관리 담당 직원의 청소·소독 적절성을 효과적으로 개선시켰다. 향후 병실 환경 관리의 단계적인 개선과 효과 유지를 위해 교육 방법과 절차 문서화, 모니터링 및 피드백을 포함한 교육 프로그램을 개발하여 사용할 수 있겠다. 본 연구의 제안은 다음과 같다.

첫째, 환경 소독제와 접촉 시간에 따른 소독 효과 연구 비교 연구를 통해 배수구 소독 방법을 포함한 종결 소독 절차에 대한 표준화가 필요하다.

둘째, 다기관을 대상으로 검체 수를 확대하고 표준화된 종결 소독 교육과 피드백을 통한 종결 소독 후 환경오염도 감소 효과에 대한 반복 연구가 필요하다.

셋째, ATP 검사와 미생물 배양 검사의 상관관계 연구를 통해 종결 소독 적절성평가를 위한 표준 모니터링 도구 개발이 필요하다.

참고문헌

- Abboud, C. S., de Souza, E. E., Zandonadi, E. C., Borges, L. S., Miglioli, L., Monaco, F. C., et al. (2016). Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* on a cardiac surgery intensive care unit: successful measures for infection control. *Journal of Hospital Infection*, *94*(1), 60–64. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.06.010>
- Bernstein, D. A., Salsgiver, E., Simon, M. S., Greendyke, W., Eiras, D. P., Ito, M., et al. (2016). Understanding barriers to optimal cleaning and disinfection in hospitals: a knowledge, attitudes, and practices survey of environmental services workers. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *37*(12), 1492–1495. <https://doi.org/10.1017/i-ce.2016.206>
- Betteridge, T., Merlino, J., Natoli, J., Cheong, E. Y. L., Gottlieb, T., & Stokes, H. W. (2013). Plasmids and bacterial strains mediating multidrug-resistant hospital-acquired infections are coresidents of the hospital environment. *Microbial Drug Resistance*, *19*(2), 104–109. <https://doi.org/10.1089/mdr.2012.0-104>
- Blazejewski, C., Wallet, F., Rouze, A., Le Guern, R., Ponthieux, S., Salleron, J., et al. (2015). Efficiency of hydrogen peroxide in improving disinfection of ICU rooms. *Critical Care*, *19*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0752-9>
- Borer, A., Eskira, S., Nativ, R., Saidel-Odes, L., Riesenber, K., Livshiz-Riven, I., et al. (2011). A multifaceted intervention strategy for eradication of a hospital-wide outbreak caused by carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in Southern Israel. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *32*(12), 1158–1165. <https://doi.org/10.1086/662620>
- Boyce, J. M., Havill, N. L., Dumigan, D. G., Golebiewski, M., Balogun, O.,

- & Rizvani, R. (2009). Monitoring the effectiveness of hospital cleaning practices by use of an adenosine triphosphate bioluminescence assay. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *30*(7), 678–684. <http://www.jstor.org/stable/10.1086-598243>
- Boyce, J. M., Havill, N. L., Guercia, K. A., & Moore, B. A. (2022). Microbial burden on environmental surfaces in patient rooms before daily cleaning—Analysis of multiple confounding variables. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *43*(9), 1142–1146. <https://doi.org/10.1017/ice.2021.349>
- Bustos–Moya, G., Josa–Montero, D., Perea–Ronco, J., Gualtero–Trujillo, S., Ortiz–Aroca, J., Novoa–Bernal., et al. (2016). Factors related to successful control of an outbreak by *Klebsiella pneumoniae*–producing KPC–2 in an intensive care unit in Bogota, Colombia. *Infectio*, *20*(1), 25–32. <https://doi.org/10.10-16/j.infect.2015.07.001>
- Carling, P. C., Parry, M. F., Von Beheren, S. M., & Healthcare Environmental Hygiene Study Group. (2008). Identifying opportunities to enhance environmental cleaning in 23 acute care hospitals. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *29*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1086/524329>
- Carling, P., & Herwaldt, L. A. (2017). The Iowa disinfection cleaning project opportunities, successes, and challenges of a structured intervention program in 56 hospitals. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *38*(8), 960–965. <https://doi.org/10.1017/ic-e.2017.109>
- Centers for Disease Control and Prevention. *Options for Evaluating Environmental Cleaning*. (October 15, 2010), Retrieved October 31, 2022 from <https://www.cdc.gov/hai/toolkits/evaluating-environmental-cleaning.html>
- Centers for Disease Control and Prevention. *Surface Sampling*

- Procedures for Bacillus anthracis Spores from Smooth, Non-porous Surfaces* (2012, January 30). Retrieved October 20, 2022 from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/emres/surface-sampling-bacillus-anthraxis.html>
- Centers for Disease Control and Prevention. *Facility guidance for control of Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae*. (2015). Retrieved September 14, 2022 from <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/pdf/cre/cre-guidance-508.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention. *Best Practices for Environmental Cleaning in Healthcare Facilities in Resource-Limited Settings*. (2019) Retrieved September 14, 2022 from <https://www.cdc.gov/hai/prevent/resource-limited/index.html>
- Centers for Disease Control and Prevention. *Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities*. (2008). Retrieved November 16, 2022 from <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/chemical.html>
- Clarivet, B., Grau, D., Jumas-Bilak, E., Jean-Pierre, H., Pantel, A., Parer, S., et al. (2016). Persisting transmission of carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* due to an environmental reservoir in an university hospital, France, 2012 to 2014. *Eurosurveillance*, *21*(17), 30213. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2016.21.17.30213>
- Codjoe, F. S., & Donkor, E. S. (2017). Carbapenem resistance: a review. *Medical Sciences*, *6*(1), 1. <https://doi.org/10.3390/medsci6010001>
- Dancer, S. J., White, L., & Robertson, C. (2008). Monitoring environmental cleanliness on two surgical wards. *International Journal of Environmental Health Research*, *18*(5), 357–364. <https://doi.org/10.1080/09603120802102465>
- Dancer, S. J. (2011). Hospital cleaning in the 21st century. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, *30*(12),

- 1473–1481. <https://doi.org/10.1007/s10096-011-1250-x>
- De Geyter, D., Blommaert, L., Verbraeken, N., Sevenois, M., Huyghens, L., Martini, H., et al. (2017). The sink as a potential source of transmission of carbapenemase-producing Enterobacteriaceae in the intensive care unit. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13756-017-0182-3>
- Deshpande, A., & Donskey, C. J. (2017). Practical approaches for assessment of daily and post-discharge room disinfection in healthcare facilities. *Current Infectious Disease Reports*, 19(9), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11908-017-0585-6>
- England, N. H. S., & Improvement, N. H. S. (2021). *National Standards of Healthcare Cleanliness 2021*. Retrieved November 15, 2022 from <https://www.england.nhs.uk/publication/national-standards-of-healthcare-cleanliness-2021/>
- Flores, E. A., Launer, B., Miller, L. G., Evans, K., Estevez, D., Huang, S. S., et al. (2021). Detection of carbapenem resistant Enterobacteriaceae from fomite surfaces. *American Journal of Infection Control*, 49(1), 128–130. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.023>
- Hawkey, P. M., & Livermore, D. M. (2012). Carbapenem antibiotics for serious infections. *British Medical Journal*, 1, 344. <https://doi.org/10.1136/bmj.e3236>
- Hu, L., Liu, Y., Deng, L., Zhong, Q., Hang, Y., Wang, Z., et al. (2016). Outbreak by ventilator-associated ST11 *K. pneumoniae* with co-production of CTX-M-24 and KPC-2 in a SICU of a tertiary teaching hospital in central China. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1190. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01190>
- Huang, S. S., Datta, R., & Platt, R. (2006). Risk of acquiring antibiotic-resistant bacteria from prior room occupants. *Archives of Internal Medicine*, 166(18), 1945–1951. doi:10.1001/archinte.166.18.1945

- Huang, Y. S., Chen, Y. C., Chen, M. L., Cheng, A., Hung, I. C., Wang, J. T., et al. (2015). Comparing visual inspection, aerobic colony counts, and adenosine triphosphate bioluminescence assay for evaluating surface cleanliness at a medical center. *American Journal of Infection Control*, *43*(8), 882–886. [https://doi.org/10.1016/j.ajic- c.2015.03.027](https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.03.027)
- Hung, I. C., Chang, H. Y., Cheng, A., Chen, A. C., Ting, L., Chen, M. W., et al. (2018). Application of a fluorescent marker with quantitative bioburden methods to assess cleanliness. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *39*(11), 1296–1300. <https://doi.org/10.1017/ice.2018.222>
- Jimenez, M. C. D., & Vergara-Lopez, S. (2016). Environmental sampling protocol devised and implemented to resolve a nosocomial outbreak due to carbapenem-resistant *Klebsiella oxytoca*. *American Journal of Infection Control*, *44*(11), 1401–1403. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.04.219>
- Korea Disease Control and Prevention Agency. *Guidelines for Management of Infectious Diseases Related to Medical care*. Retrieved September 14, 2022 from https://www.kdca.go.kr/filepath/boardSyview.es?bid=0019&list_no=719403&seq=2
- Kotsanas, D., Wijesooriya, W. R. P. L. I., Korman, T. M., Gillespie, E. E., Wright, L., Snook, K., et al. (2013). “Down the drain” : carbapenem resistant bacteria in intensive care unit patients and handwashing sinks. *Medical Journal of Australia*, *198*(5), 267–269. <https://doi.org/10.5694/mja12.11757>
- La Forgia, C., Franke, J., Hacek, D. M., Thomson, Jr R. B., Robicsek, A., Peterson, L. R., (2010). Management of a multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit using novel environmental disinfection: a 38-month report. *American Journal of Infection Control*, *38*(4):259-63. <https://doi.org/10.1016>

/j.ajic.2009.07.012

- Leitner, E., Zarfel, G., Luxner, J., Herzog, K., Pekard–Amenitsch, S., Hoenigl, M., et al. (2015). Contaminated handwashing sinks as the source of a clonal outbreak of KPC–2–producing *Klebsiella oxytoca* on a hematology ward. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, *59*(1), 714–716. <https://doi.org/10.1128/AAC.04306-14>
- Lerner, A., Adler, A., Abu–Hanna, J., Meitus, I., Navon–Venezia, S., & Carmeli, Y. (2013). Environmental contamination by carbapenem–resistant *Enterobacteriaceae*. *Journal of Clinical Microbiology*, *51*(1), 177–181. <https://doi.org/10.1128/jcm.01992-12>
- Leung, G. H., Gray, T. J., Cheong, E. Y., Haertsch, P., & Gottlieb, T. (2013). Persistence of related bla–IMP–4 metallo–beta–lactamase producing *Enterobacteriaceae* from clinical and environmental specimens within a burns unit in Australia—a six–year retrospective study. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, *2*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/2047-2994-2-35>
- Lowe, C. F., Kus, J. V., Salt, N., Callery, S., Louie, L., Khan, M. A., et al. (2013). Nosocomial transmission of New Delhi metallo– β –lactamase–producing *Klebsiella pneumoniae* in Toronto, Canada. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *34*(1), 49–55. <https://doi.org/10.1086/668778>
- McKew, G., Phan, T., Cai, T., Taggart, S., Cheong, E., & Gottlieb, T. (2021). Efficacy of aerosolized hydrogen peroxide (Deprox) cleaning compared to physical cleaning in a Burns Unit. *Infection, Disease & Health*, *26*(3), 161–165. <https://doi.org/10.1016/j.idh.2021.01.003>
- Munoz–Price, L. S., De La Cuesta, C., Adams, S., Wyckoff, M., Cleary,

- T., McCurdy, S. P., et al. (2010). Successful eradication of a monoclonal strain of *Klebsiella pneumoniae* during a *K. pneumoniae* carbapenemase-producing *K. pneumoniae* outbreak in a surgical intensive care unit in Miami, Florida. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *31*(10), 1074–1077. <https://doi.org/10.1086/656243>
- Nordmann, P., Naas, T., & Poirel, L. (2011). Global spread of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*. *Emerging Infectious Diseases*, *17*(10), 1791. <https://doi.org/10.3201/eid1710.110655>
- Odom, R. T., Ramsburg, A. M., Michelin, A. V., Bordner, M. A., Lau, A. F., Dekker, J., et al. (2014). 360 Surveillance for carbapenemase-producing bacteria in the wake of a nosocomial outbreak. *Open Forum Infectious Diseases*, *1*, 1–142. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofu052.226>
- Otter, J. A., Yezli, S., & French, G. L. (2011). The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *32*(7), 687–699. <https://doi.org/10.1086/660363>
- Otter, J. A., Yezli, S., Perl, T. M., Barbut, F., & French, G. L. (2013). The role of ‘no-touch’ automated room disinfection systems in infection prevention and control. *Journal of Hospital Infection*, *83*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.10.002>
- Park, S. Y., Lee, J. Y., Kim, E. J., Kwak, S. H., Hong, M. J., & Lim, Y. J. (2021). Comparison of the microbiological efficacy of disinfection using ultraviolet and hydrogen peroxide system for carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in a healthcare setting. *Korean Journal of Healthcare-associated Infection Control and Prevention*, *26*(1), 31–38. <https://doi.org/10.14192/kjicp.2021.26.1.31>

- Parry, M. F., Sestovic, M., Renz, C., Pangan, A., Grant, B., & Shah, A. K. (2022). Environmental cleaning and disinfection: Sustaining changed practice and improving quality in the community hospital. *Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology*, 2(1). <https://doi.org/10.1017/ash.2022.257>
- Poulou, A., Voulgari, E., Vrioni, G., Xidopoulos, G., Pliagos, A., Chatzipantazi, V., et al. (2012). Imported *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing *K. pneumoniae* clones in a Greek hospital: impact of infection control measures for restraining their dissemination. *Journal of Clinical Microbiology*, 50(8), 2618–2623. <https://doi.org/10.1128/JCM.00459-12>
- Poulou, A., Voulgari, E., Vrioni, G., Koumaki, V., Xidopoulos, G., Chatzipantazi, V., et al. (2013). Outbreak caused by an ertapenem-resistant, CTX-M-15-producing *Klebsiella pneumoniae* sequence type 101 clone carrying an OmpK36 porin variant. *Journal of Clinical Microbiology*, 51(10), 3176–3182. <https://doi.org/10.1128/JCM.01244-13>
- Qavi, A., Segal-Maurer, S., Mariano, N., Urban, C., Rosenberg, C., Burns, J., et al. (2005). Increased mortality associated with a clonal outbreak of ceftazidime-resistant *Klebsiella pneumoniae*: a case-control study. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 26(1), 63–68. <https://doi.org/10.1086/502488>
- Rock, C., Anderson, M., Lewis, S., Scheeler, V., Nowakowski, E., Hsu, Y. J., et al. (2018). Comparison of nylon-flocked swab and cellulose sponge methods for carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* and gram-negative organism recovery from high-touch surfaces in patient rooms. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 39(10), 1257–1261. <https://doi.org/10.1017/ice.2018.182>
- Roux D., Aubier B., Cochard H., Quentin R., van der Mee-Marquet N., HAI Prevention Group of the Réseau des Hygiénistes du Centre.

- (2013). Contaminated sinks in intensive care units: an underestimated source of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Enterobacteriaceae* in the patient environment. *Journal of Hospital Infection*, 85(2):106-11. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2013.07.006>
- Sciortino, C. V., & Giles, R. A. (2012). Validation and comparison of three adenosine triphosphate luminometers for monitoring hospital surface sanitization: a Rosetta Stone for adenosine triphosphate testing. *American Journal of Infection Control*, 40(8), e233-e239. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.04.318>
- Seara, N., Oteo, J., Carrillo, R., Perez-Blanco, V., Mingorance, J., Gomez-Gil, R., et al. (2015). Interhospital spread of NDM-7-producing *Klebsiella pneumoniae* belonging to ST437 in Spain. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 46(2), 169-173. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2015.04.001>
- Semin-Pelletier, B., Cazet, L., Bourigault, C., Juvin, M. E., Boutoille, D., Raffi, F., et al. (2015). Challenges of controlling a large outbreak of OXA-48 carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* in a French university hospital. *Journal of Hospital Infection*, 89(4), 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2014.11.018>
- Snitkin, E. S., Zelazny, A. M., Thomas, P. J., Stock, F., NISC Comparative Sequencing Program., & Henderson, D. K., et al. (2012). Tracking a hospital outbreak of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* with whole-genome sequencing. *Science Translational Medicine*, 4(148), 148ra116-148ra116. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3004129>
- Snyder, G. M., Holyoak, A. D., Leary, K. E., Sullivan, B. F., Davis, R. B., & Wright, S. B. (2013). Effectiveness of visual inspection compared with non-microbiologic methods to determine the

- thoroughness of post-discharge cleaning. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/2047-2994-2-26>
- Van Loon, K., Voor in't holt, A. F., & Vos, M. C. (2018). A systematic review and meta-analyses of the clinical epidemiology of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 62(1), e01730–17. <https://doi.org/10.1128/AAC.01730-17>
- Vergara-Lopez, S., Dominguez, M. C., Conejo, M. C., Pascual, A., & Rodriguez-Bano, J. (2013). Wastewater drainage system as an occult reservoir in a protracted clonal outbreak due to metallo- β -lactamase-producing *Klebsiella oxytoca*. *Clinical Microbiology and Infection*, 19(11), E490–E498. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12288>
- Weber, D. J., Rutala, W. A., Miller, M. B., Huslage, K., & Sickbert-Bennett, E. (2010). Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: norovirus, *Clostridium difficile*, and *Acinetobacter* species. *American Journal of Infection Control*, 38(5), S25–S33. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.04.196>
- Weber, D. J., Rutala, W. A., Kanamori, H., Gergen, M. F., & Sickbert-Bennett, E. E. (2015). Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: frequency of hospital room contamination and survival on various inoculated surfaces. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 36(5), 590–593. <https://doi.org/10.1017/ice.2015.17>
- Weber, D. J., Kanamori, H., & Rutala, W. A. (2016). ‘No touch’ technologies for environmental decontamination: focus on ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 29(4), 424–431. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000-000284>

Wilson, S. J., Knipe, C. J., Zieger, M. J., Gabehart, K. M., Goodman, J. E., Volk, H. M., et al. (2004). Direct costs of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* in the burn unit of a public teaching hospital. *American Journal of Infection Control*, 32(6), 342–344. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2004.02.008>

부록1.

CRE 격리 병실 종결 소독 교육 자료

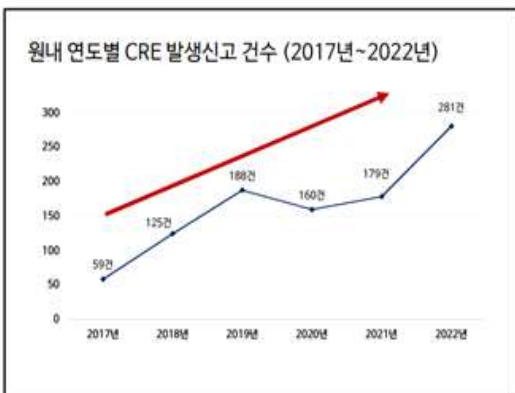
CRE 격리 병실 종결 소독 교육

CRE 감염증이란?

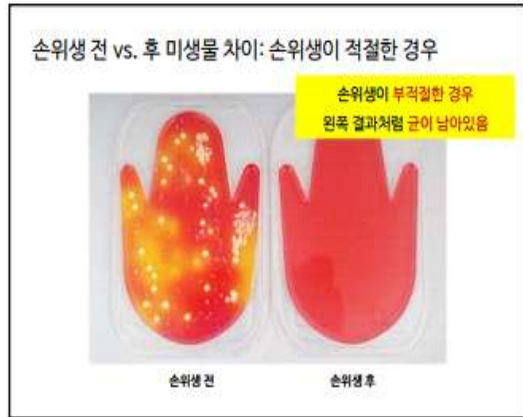
CRE 감염증이란?



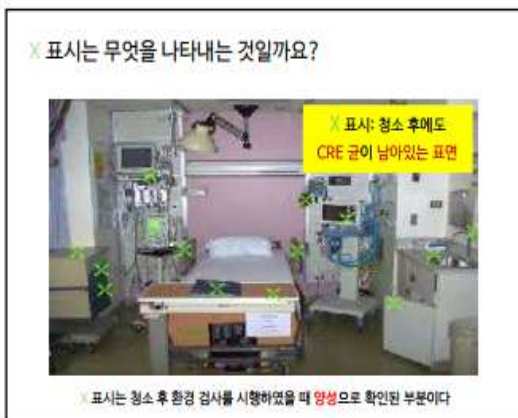
- 정의: 카바페넴계 항생제에 1가지 이상 내성인 장내세균속균종에 의한 감염질환
- 감염경로: CRE 감염증 환자 또는 병원체보유자의 각-간접 접촉, 오염된 기구나 물품 및 환경 등을 통해 전파 가능
- 임상경과: 카바페넴에 내성을 나타내는 경우 여러 계열 항생제에 다제내성을 나타내는 경우가 많아 **치료가 어려움**



감염의 전파



의료 환경에서의 CRE 분리



접촉이 많은 표면과 습한 환경에서의 CRE 분리



침상난간
수도꼭지
세면대 배수구
CRE 분리

CRE 유양 분열에 관한 연구 (Odomet et al., 2014)
<https://doi.org/10.1093/ofid/ofu052.226>

세면대 배수구의 CRE 균의 세면대의 10cm 위에서 ?



- 세면대 위 10cm 공기배양 검사
: 세면대 배수구에 존재하는 세균이 에어로졸화 되는 것을 확인
- 8개 세면대 중 7개에서 환자로부터 분리된 균주와 관련 있는 CPE 분리

⇒ 세면대를 통한 CRE의 전파 가능

방기배양을 통한 세면대의 CPE 유양 연구 (De Geyter et al., 2017)
<https://doi.org/10.1186/s12876-017-0182-3>

사용했던 병실의 다제내성균 감염 전파 위험성



- 다제내성균 분리 환자가 사용했던 병실 입원
⇒ 다제내성균 획득 확률 증가
- 병원성 미생물 병실 내 표면에서
몇 주-몇 달 동안 생존

Huang et al., 2006; Weber et al., 2010; Otter et al., 2011; Boyce et al., 2012

종결 소독 전·후 ATP 측정 결과 비교



종결 소독 후 병실 별 TDC점수(청결한 표면) 결과



- 청결한 표면이란? > ATP 측정값 ≤ 250RLU
- TDC점수 = (청결한 표면 수 / 전체 측정 표면 수) * 100

종결 소독 후 환경 표면 별 TDC점수(청결한 표면) 결과



- 청결한 표면이란? > ATP 측정값 ≤ 250RLU
- TDC점수 = (청결한 표면 수 / 전체 측정 표면 수) * 100

종결 청소 및 소독의 중요성

퇴원환자 병실 종결 청소·소독

- 다빈도 접촉 표면 집중 관리
- 습한 환경 집중관리

• 병원 환경의 청결도 개선

- 병원성 미생물의 전파 위험 감소
- 의료관련 감염 예방

환경 관리 직원의 참여가 중요!

CRE 격리 병실 종결 소독 절차

병실 입실 전 접촉주의 병실 표지 확인

환자의 안전을 위하여
병실 방문 전 간호사실에 문의해 주세요.



- 손위생, 장갑 착용, 가운 착용, 개인물품 사용, 비말 차단
- 병실을 방문하기 전 반드시 확인합니다.
- 병실 출입 시에는 문이 닫힌 후 손을 씻거나 손소독제를 사용하십시오.
- 문고리 등을 직접 만지지 않습니다.
- 방에서 물이나 음식에 접근하거나 음료를 먹지 않습니다.
- 병실을 떠날 때에는 문과 커튼을 반드시 손위생을 시행할 수 병실을 나옵니다.

접촉주의(Contact Precautions)

격리병실용 접촉주의 격리 표지



접촉주의 격리 표지

소독제 희석 시 개인보호구 착용

소독제 희석 시 개인보호구 착용 안내

소독제 희석 시에는
다음과 같이 개인보호구를 착용해주시기 바랍니다.



환자 치료 영역: 4급 암모늄

- 에니오셀프 프리미엄 0.25% (400배 희석)
- 미디와입스 환경소독티슈
- 다제내성균 격리병실 퇴원병실, 화장실 : 염소계소독제
- 락스 500ppm (100배 희석)

소독제 희석 시 개인보호구 착용

소독제 희석 시 개인보호구 착용 안내

소독제 희석 시에는
다음과 같이 개인보호구를 착용해주시기 바랍니다.



환경 청소 및 소독을 시행하기 전
오염물길과 소독제로부터
자신을 보호하기 위해 적절한
개인보호구를 착용한다

병실 청소 전 개인보호구 착용



가운 & 장갑

- 손위생, 개인보호구(장갑, 가운) 착용, 접촉주의 조치를 적용하여 청소 및 소독 절차를 수행함
- 접촉주의 격리병실에 출입하는 환경관리 직원은 병실에 들어갈 때 가운과 장갑을 착용, 병실에서 나오기 직전 가운과 장갑을 벗고 손위생을 실시함

충청 의료기금 병원 표본 청소 및 소독 결과보고서, 환경관리팀 2022

환경 표면의 일반적인 소독 절차

이디와입스 소독티슈

- 비교적 **좁은 면적 표면**이나 **접촉이 많은 표면** 청소 · 소독 시 유용
- 오염물이 제거될 수 있도록 **물리적인 마찰**을 이용하여 표면을 문질러 닦음
- **재오염을 방지하기 위해 한 방향으로 닦음**

자루 걸레

- 병실 바닥, 화장실 바닥 청소 (8자형 패턴, S자모양)
- 출구에서 가장 먼 지점에서 시작하여 **출구 쪽에서 종료**
- **재오염 방지 위해 닦은 구역으로 되돌아가지 않음**



그림출처: CDC(2019), Best Practices for Environmental Cleaning in Healthcare Facilities in Resource-Limited Settings.

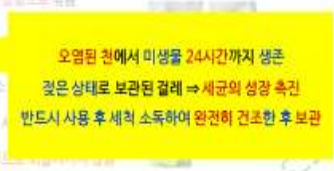
환경 표면의 일반적인 소독 절차

이디와입스 소독티슈

- 비교적 **좁은 면적 표면**이나 **접촉이 많은 표면** 청소 · 소독 시 유용
- 오염물이 제거될 수 있도록 **물리적인 마찰**을 이용하여 표면을 문질러 닦음
- **재오염을 방지하기 위해 한 방향으로 닦음**

자루 걸레

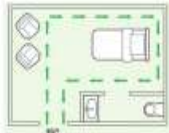
- 병실 바닥, 화장실 바닥 청소
- 출구에서 가장 먼 지점에서 시작하여 **반드시 사용 후 세척 소독하여 완전히 건조한 후 보관**
- **재오염 방지 위해 닦은 구역으로 되돌아가지 않음**



그림출처: CDC(2019), Best Practices for Environmental Cleaning in Healthcare Facilities in Resource-Limited Settings.

환경 표면의 일반적인 소독 절차(청소 방향)

- 목적: 해당 구역의 **재오염 및 미생물 이동을 최소화**
- 접촉이 적은 곳(오염이 적은 곳) → 접촉이 많은 곳(오염이 많은 곳)
- 높은 곳 → 낮은 곳
- 환자 **침상 외부**의 물품 및 환경표면 → 환자가 직접 만지는 물품 및 환경표면
- 시계방향 or 반시계 방향 or 체크리스트 사용하여 누락되지 않도록 청소 및 소독



그림출처: CDC(2019), Best Practices for Environmental Cleaning in Healthcare Facilities in Resource-Limited Settings.

환경 표면의 일반적인 소독 절차(청소 방향 예시)

- 환자구역 → 화장실(변기를 제일 마지막에 청소)
- 침대 난간 → 침대 다리
- 환경 표면 → 바닥

- ✓ 먼지와 미생물이 떨어져서 이미 청소된 구역을 오염시키는 것을 방지하기 위해
- ✓ 마지막에 변기를 청소하여 바닥에 떨어진 먼지와 미생물 드물수 있도록 함



병실 종결 소독 순서(병동 사원)



병실문 손잡이 → 스위치 → TV → 옷장 → 냉장고 및 TV수신기 → 산소/흡인기구 거치대 및 콜벨 → 침문난간 및 전화기 → 사이드테이블 → 소파 → 의자 → 침대(머리받침대, 발 받침대, 침상테이블, 난간, 매트리스 포함) → 오염세탁물 보관용기, 의료기구(BP기, 청진기, 체온계 등)

병실 바닥 및 화장실 종결 소독 순서(미화)



(병실 환경 표면 청소 완료 후) 병실 바닥 → 화장실 문 손잡이 → 수건걸이 → 거울 → 수도꼭지 및 세면대 → 샤워기 → 화장실 안전 손잡이 → 콜벨 및 휴지걸이 → 수역 걸대 → 스위치 → 쓰레기통 → 변기 → 화장실 바닥

개인보호구 탈의 후 손위생

일회용 가운& 장갑 탈의 방법

1. 허리끈을 푼다
2. 목과 어깨에서 멀리 가운을 잡아 당겨 벗는다
3. 오염된 바깥 부분이 안쪽으로 오도록 잘아서 벗는다
4. 가운과 장갑을 함께 제거한다

(가장 오염된 것을 먼저 제거한다)

- 모든 보호구를 제거한 후
바로 손위생을 시행한다



참고문헌

- 2022년도 의료관련감염병 관리지침 (CR02), 감염관리과.
- 2021년 환경 보건 질서 및 수속 규정 (CR07), 감염관리과.
- Best Practices for Environmental Cleaning in Healthcare Facilities in Resource-Limited Settings, (2019), CDC
- Pines D, Hagedorn JL, Shi H, Dhawan S, Poono-Saha C, L Donaldson L, & Ryan LH. (2020). Evidence-based model for hand transmission during patient care and the role of improved practices. *The Lancet Infectious Diseases*, 6(10), 641-652. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)70480-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)70480-1)
- Lemmer A, Adler A, Abu-Hanna L, Nohus L, Naon-Venedia S, & Carmeli Y. (2012). Environmental contamination by carbapenem-resistant Enterobacteriaceae. *Journal of Clinical Microbiology*, 51(1), 177-181. <https://doi.org/10.1128/JCM.01992-12>
- Odon R, T, Romsburg A M, Michelin A V, Rodmer M A, Liu A F, Dekker J, et al. (2014). Surveillance for carbapenem-producing bacteria in the wake of a nosocomial outbreak. *In Open Forum Infectious Diseases*. 1(4), 1, No. Suppl 1, p. S142. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofu022>
- De Geyer D, Bonhomme L, Verstraeten N, Severinck M, Huyghens L, Mertels R, et al. (2017). The sink as a potential source of transmission of carbapenemase-producing Enterobacteriaceae in the intensive care unit. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 6(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s12759-017-0192-3>
- Huang S F, Dietz A, & Pittet R. (2004). Risk of acquiring antibiotic-resistant bacteria from prior room occupants. *Archives of Internal Medicine*, 164(18), 1945-1951. doi:10.1001/archint.164.18.1945

부록2.

CRE 격리 병실 종결 소독 순서도

병실 환경 표면 소독 순서(병동)

병실문 손잡이 → 스위치 → TV → 옷장 → 냉장고 및 TV수신기 → 산소/흡인기구 거치대 및 콜벨 → 창문난간 및 전화기 → 사이드테이블 → 소파 → 의자 → 침대(머리받침대, 발 받침대, 침상테이블, 난간, 매트리스 포함) → 오염세탁물 보관용기, 의료기구(BP기, 청진기, 체온계 등)

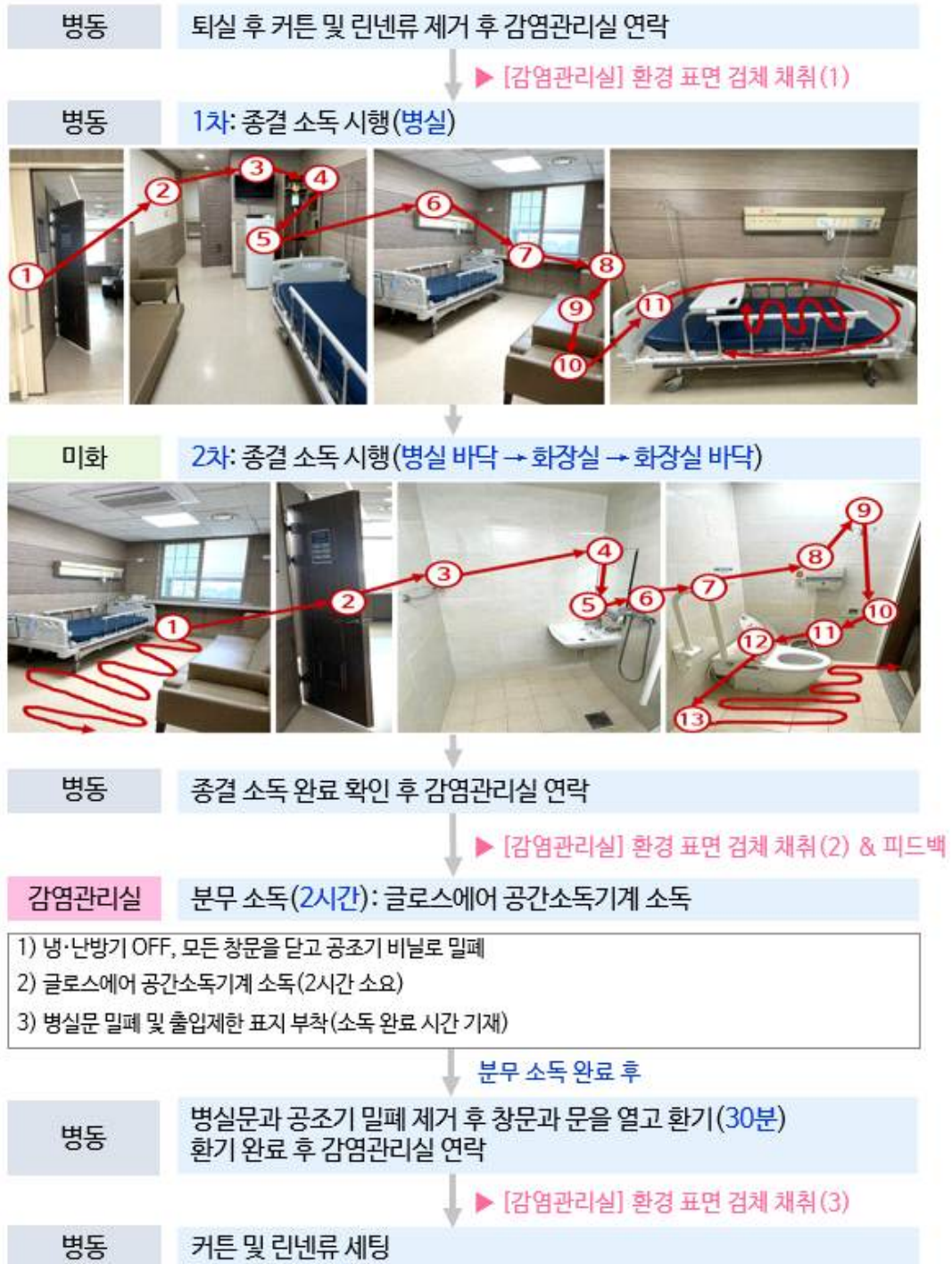
병실 바닥 및 화장실 소독 순서(미화)

(**병실 환경 표면 청소 완료 후**) 병실 바닥 → 화장실 문 손잡이 → 수건걸이 → 거울 → 수도꼭지 및 세면대 → 샤워기 → 화장실 안전 손잡이 → 콜벨 및 휴지걸이 → 수액 걸대 → 스위치 → 쓰레기통 → 변기 → 화장실 바닥

부록 3.

격리병실 종결 소독 및 검체 채취 프로세스

격리병실 종결 소독 프로세스



부록4.

(중례기록지) 환경 오염도 측정 결과

· 병실: _____ 호

· 채취일: _____ 년 _____ 월 _____ 일

· 채취 시점: 청소 전 청소 후 과산화수소 공간소독기계 소독 후

항 목	연구 대상 표면									
	호출 버튼*	침상 테이블	매트리스	침대 난간*	화장실 손잡이*	변기 내부	변기 시트	세면대 배수구*	세면대	
ATP측정값(RLU)										
호기성집락수 ACC(CFU/28.4cm ²)										
CRO	분리 여부	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG	<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> NG
	CFU/56.7cm ²									
	균종									

ATP=adenosine triphosphate; RLU=relative light units; ACC=aerobic colony counts; CFU=colony forming units; CRO=carbapenem resistant organism; GNR=gram negative rods; GPC=gram positive cocci; G=growth; NG=no growth
 *=굴곡이 있는 표면에 대한 표면적은 호출 버튼 56.5 cm², 침대 난간 99 cm², 화장실 손잡이 98.9 cm², 세면대 배수구 60.2 cm²이었으며 표면적을 100 cm²으로 환산하여 연구 대상 표면 별 RLU 값을 산출하여 분석 시 사용함

부록5.

임상연구심의위원회 심의 결과 통지서

KANGDONG202211004-HE004

2013.12.23 개정본

통지서

※ 본 과제 의 문서보존기간은 3년입니다.					
수신	의뢰(지원)기관	내부과제			
	연구책임자	감염관리실 이해빈			
IRB File No.	KANGDONG 2022-11-004	심사내용	연구심의신청서	통지일자	2022.12.14
연구과제명	국문	표준화된 종결 소독 교육과 과산화수소 공간소독기계의 순차적 적용에 따른 카바페넴내성장내세균 보유환자 병실 환경 오염도 감소 효과			
	영문	Efficacy of reducing environment contamination in carbapenem-resistant Enterobacterales-carrying patient room according to sequential application of standardized terminal disinfection education and hydrogen peroxide system			
임상시험코드				Study Nick Name	

연구분류 1	<input type="checkbox"/> 약물	<input type="checkbox"/> 생물학적 제제	<input type="checkbox"/> 세포치료제	<input type="checkbox"/> 건강기능식품		
	<input type="checkbox"/> 의료시술	<input type="checkbox"/> 의료기기	(<input type="radio"/> 1등급 <input type="radio"/> 2등급 <input type="radio"/> 3등급 <input type="radio"/> 4등급)			
	<input checked="" type="checkbox"/> 해당사항없음					
연구분류 2	<input type="checkbox"/> 인간대상연구	<input type="checkbox"/> 인체유래물(검체)연구	<input type="checkbox"/> 의무기록연구			
	<input type="checkbox"/> 유전자연구	<input type="checkbox"/> 유전자치료				
	<input type="checkbox"/> 배아연구	<input type="checkbox"/> 체세포복제배아연구	<input type="checkbox"/> 줄기세포주연구			
	<input checked="" type="checkbox"/> 기타 (환경 표면 대상 연구)					
연구분류 3	<input checked="" type="radio"/> 전향적 연구	<input type="radio"/> 후향적 연구	<input type="radio"/> 전향적 & 후향적 병행연구			
연구분류 4	<input checked="" type="checkbox"/> 중재연구	<input type="checkbox"/> 설문조사	<input type="checkbox"/> 자료분석 및 분석연구			
	<input type="checkbox"/> 관찰연구	(<input type="checkbox"/> 단면조사연구 <input type="checkbox"/> 환자대조군연구 <input type="checkbox"/> 코호트 연구)				
	<input type="checkbox"/> 기타 ()					
연구분류 5	<input type="checkbox"/> 인간을 대상으로 하지 않는 연구 Non-clinical study (in vitro, in vivo preclinical study)					
일반명				상품명		
전체시험자증례수	전체	270개 명	국내	명	본원	270개 명



연구승인기간	2022.12.09 ~ 2023.12.31					
지원의뢰기관	기관명	내부과제	대표(직위)		성명	
제출서류목록	(첨부) 연구계획서 [] [] (첨부) 연구계획서 요약 [] [] (첨부) 연구대상자 설명문 및 동의서 [] [] (첨부) 임상연구 진행에 대한 서약서 (이해상충보고서) [] [] (첨부) 이력서 [1] [개] (첨부) KGCP & 생명윤리교육 이수증 [1] [개]					
관련근거	대면회의	2022.12.09				
중간보고시기	지속심의 필요치 않음	비고				
심사결과	<input checked="" type="radio"/> 승인 <input type="radio"/> 시정승인 <input type="radio"/> 보완 <input type="radio"/> 반려					
심사결과	[승인 / 지속심의 필요치 않음] 1. 해당연구는 인간대상 또는 인체유래물 연구에 해당하지 않는 환경에 대한 중재가 들어간 연구로 심의면제에 해당한다고 판단됩니다. 2. 청소직원은 연구대상자가 아닌 연구참여자에 해당하며 개인정보 수집은 없음을 확인하였습니다. 이에 제출하신 동의서는 사용 불필요합니다.					

1. 연구자는 헬싱키선언, 국제표준화 추진회의(ICH) 및 의약품 임상시험관리기준(KGCP) 및 생명윤리 및 안전에 관한 법률 등을 준수해야 합니다.
2. 연구자는 연구계획의 승인 이전에 연구를 진행할 수 없으며 계획서에 따라 연구를 수행하여야 합니다. 변경계획서에 대한 승인이 내려지기 이전에 원 계획서와 다르게 임상연구를 실시하는 것을 금지합니다.
단, 임상연구대상자에게 발생한 즉각적 위험 요소의 제거가 필요한 경우나 모니터 요원의 변경, 시험 담당자의 변경, 응급 연락 전화번호의 변경 등과 같은 행정 절차 관련 사항에 대한 변경의 경우는 예외로 합니다.
임상연구 대상자들의 보호를 위해 취해진 어떠한 응급상황의 변경도 즉각 위원회에 보고해야 합니다.
3. 위원회의 승인을 받은 피험자 동의서를 직인을 받아 사용해야 합니다.
4. 강제 혹은 부당한 영향이 없는 상태에서 충분한 설명에 근거한 동의 과정을 수행할 것이며, 잠재적인 피험자에게 연구의 참여여부를 고려할 수 있도록 충분히 기회를 제공해야 합니다.
5. 모국어가 한국어가 아닌 피험자들에게는 승인된 동의서를 피험자의 모국어로 인증된 번역본을 사용할 것이며, 이러한 동의서 번역본은 반드시 위원회 승인을 받아야 합니다.
6. 피험자 모집광고는 사용 전에 위원회로부터 승인을 획득해야 합니다.
7. 위원회에서 승인된 계획서에 따라 등록된 어떠한 피험자라도 사망, 입원, 심각한 질병에 대하여는 위원회에 서면으로 보고해야 합니다. 사망을 초래하거나 생명을 위협하는 경우 연구자가 이 사실을 보고받거나 알게 된 날로부터 7일 이내에 (8일 이내에 상세한 정보 보고 필요), 다른 모든 중대하고 예상하지 못한 부작용의 경우 연구자가 이 사실을 보고받거나 알게 된 날로부터 15일 이내에 보고하여야 합니다.
8. 임상시험 또는 피험자의 안전에 대해 유해한 영향을 미칠 수 있는 모든 새로운 정보는 즉각적으로 보고해야 합니다.



- 다.
9. 심의결과의 유효기간을 확인하여 지속심의 보고서를 제출해야 합니다.
 10. 위원회의 요구가 있을 때에는 연구의 진행과 관련된 보고를 제출해야 합니다.
 11. 연구 종료 후 3 개월 이내에 종료보고서를 제출하여야 하며, 결과보고서 제출 후 3 개월 이내에 문서보관 (이관) 신청을 해야 합니다.
 12. 위원회 심의 결과에 대한 시정 / 보완내용은 "검토의견 답변서"양식에 작성하여"변경대비표"와 수정된 문서를 3 개월 이내에 제출해야 합니다. 1년 이상 초과된 경우에는 해당 연구에 대하여 시정 / 보완(재심의)를 신청할 수 없으며, 해당연구는 다시 신규과제로 제출하여야 합니다.
 13. 위원회 심의 결과에 이의가 있는 경우 30일 이내에 "이의신청서"를 제출해 주시기 바랍니다.

강동성심병원 임상연구심의위원회



Abstract

The Effect of the Sequential Application of Standardized Terminal Disinfection Education and Hydrogen Peroxide Space Disinfection on Reducing Environmental Contamination in Patient Rooms with Carbapenem-resistant *Enterobacterales*

Lee, Hye bin

Department of Clinical Nursing

The Graduate School of

Industry Technology

Directed by Professor

Jeong, Jae Sim, RN, PhD.

Purpose: The study aimed to investigate the effects of standardized terminal cleaning education and sequential application of hydrogen peroxide space disinfection on reducing environmental contamination in patient rooms with carbapenem-resistant *Enterobacterials* (CRE).

Methods: This study is a quasi-experimental research with a non-equivalent control group no-synchronized design, aiming to

compare the difference in environmental contamination before and after intervention using adenosine triphosphate (ATP) testing and microbial culture testing on nine high-frequency contact surfaces in a single isolation room for a CRE patient in a general hospital. A 10 isolation rooms for CRE patients in a general hospital were selected for each phase. In Phase I, a total of 180 samples were collected using sterilized swabs before and after general terminal cleaning. In Phase II, after providing education on standardized terminal disinfection procedures to the cleaning staff, a total of 270 samples were collected at three different time points: before and after standard terminal disinfection, and after hydrogen peroxide space disinfection. Microbial culture was inoculating the collected samples onto Blood agar plates and Chrome agar plates, followed by incubation at 35° C for 24 hours. The Aerobic colony count (ACC) was measured in colony forming units (CFU), ATP testing results were measured in relative light units (RLU).

Results: In Phase I, ATP values after general terminal cleaning showed a significant decrease in the bedside table ($Z=-0.561$, $p=.037$), toilet seat ($Z=-2.090$, $p=.037$), and sink drain ($Z=-1.988$, $p=.047$). When using a criterion of less than 250 RLU/100 cm² to determine the level of contamination on surfaces, it was found that only the sink ($\chi^2=5.208$, $p=.020$) showed a significant increase in the contamination removal rate. The proportion of CRO (carbapenem-resistant organism) positive surfaces significantly decreased, particularly inside wall of the bedpan ($\chi^2=4.267$, $p=.033$), after general cleaning. In Phase II, after standardized terminal cleaning ATP values showed a significant decrease in the bed table ($\chi^2=-2.271$, $p=.005$), inside wall of bedpan ($\chi^2=-3.705$, $p<.001$), sink drain ($\chi^2=-3.175$, $p=.001$), sink ($\chi^2=-3630$, $p<.001$), and ACC values showed a significant decrease inside wall of the bedpan ($Z=-2.647$, $p=.007$), toilet seat ($Z=-2.897$,

$p=.007$), sink ($Z=-3.594$, $p=.005$). After applying additional hydrogen peroxide space disinfection following standardized terminal cleaning, ATP values significantly decreased in 8 surfaces (excluding the toilet hand hold) ($p<.05$), and ACC values significantly decreased in 6 surfaces (excluding the mattress, bed rail, and toilet hand hold) ($p<.05$). The decontamination rates significantly increased inside of the bedpan ($\chi^2=13.125$, $p<.001$), toilet seat ($\chi^2=6.667$, $p=.028$), and sink drain ($\chi^2=11.674$, $p=.002$) after standardized terminal cleaning when considering the criteria of less than 250 RLU/100 cm² and less than 2.5 CFU/cm². A sink drain was the only surface among the 450 surfaces where CRE was colonized, and even after hydrogen peroxide space disinfection, carbapenem-resistant gram negative bacilli (CRGNB) was not completely eliminated and was still present.

Conclusions: The standardized terminal disinfection education conducted to the cleaning staff and feedback resulted in a significant improvement in environmental contamination after terminal disinfection. Additionally, there was a tendency of further reduction in environmental contamination through hydrogen peroxide space disinfection.

Key Words: Carbapenem-resistant *Enterobacterales*, Terminal cleaning, Cleaning staff education, Cleaning performance monitoring, High-touch surfaces