의료관련감염관리 : 제25권 제1호 2020
Korean J healthc assoc Infect Control Prev 2020;25(1):40-45
https://doi.org/10.14192/kjicp.2020.25.1.40
pISSN 2508-5999 • eISSN 2671-9886

Original Article

의료기관에서 수술실의 정규적 환경관리와 자외선 소독 추가 환경관리의 효과 평가

남소희[1] · 허연정[2] · 정재심[3]

연세사랑병원 감염관리실[1], 에이치플러스 양지병원 감염관리실[2], 울산대학교 산업대학원 임상전문간호학[3]

The Effectiveness of Routine Environmental Management and Additional Ultraviolet (UV) Disinfection Environmental Management in Hospital Operating Rooms

Sohee Nam[1], Yeonjeong Heo[2], Jae Sim Jeong[3]

Department of Infection Control, Yonsesarang Hospital[1], Department of Infection Control, H Plus Yangji Hospital[2], Seoul, Department of Clinical Nursing, Graduate School of Industry, University of Ulsan[3], Ulsan, Korea

Received May 12, 2020
Revised June 16, 2020
Accepted June 17, 2020

Corresponding author:
Jae Sim Jeong
E-mail: jsjeong@amc.seoul.kr
ORCID:
https://orcid.org/0000-0002-3029-2556

Background: This study evaluated the effects of routine and additional environmental management with pulsed xenon ultraviolet (PXUV) disinfection in hospital operating rooms (ORs).
Methods: The study was conducted in 10 ORs of a hospital specializing in joint surgery with 174 hospital beds. We selected four surfaces with high frequency and one surface with low frequency of contact with the hands of operating room medical staff. After regular environmental management and additional PXUV disinfection from March to April 2020, a total of 250 specimens were collected by performing 50 culture tests on each selected surface.
Results: We found 4.8% (6/125) positive cultures after routine environmental management, but only 0.8% (1/125) after PXUV disinfection.
Conclusion: Although we could not conclusively evaluate the difference between routine and additional environmental management, PXUV disinfection showed a tendency to reduce environmental contamination.

Key Words: Healthcare facility environment, Environmental cleanup, Ultraviolet light, Disinfection

Introduction

1. 연구배경

환자 환경의 청결은 질병을 회복시키는 중요한 요인이며 의료기관 환경은 병원균에 오염되기 쉬워 정기적인 청소가 필수적이다[1-3]. 오염된 표면을 통한 의료관련감염을 예방하기 위해 효과적인 환경 소독 전략이 필요하다[4,5].

의료기관에서 다약제 내성 병원성 미생물의 감염이 증가하고[6-9], 의료기관 환경에 장기간 생존하면서 의료관련 감염의 전파에 중요한 역할을 할 수 있다[10-15]. 감염 환자와 무증상 보균자로 오염된 표면이 제대로 소독되지 않으면 의료종사자의 손을 통해 병원성 미생물을 다른 환자에게 전파시킬 수 있다[16-19].

현재 의료기관에서 주로 사용하는 정규적 환경관리 방법은 환경 표면을 세척하고 소독제를 이용하여 소독하는 방법이다. 세척은 물리적으로 환경 표면의 오염을 제거하는 방법이고, 소독은 감염을 발생시키는 미생물을 사멸시키거나 비활성화시키는 과정이다[2]. 의료기관 환경관리에 대한 표준화된 청소 및 소독방법은 실무지침이나 의료기관마

다 다양하다[8]. 또한 표준화된 지침을 지켜서 환경관리를 하여도 인간의 손으로 수행하는 환경관리 방법으로는 오염원을 완전히 제거하기가 어렵고, 환경관리에 사용하는 소독제 선택 시 작용시간, 살균효과, 인체와 환경에 대한 안전성, 의료기구나 환경 표면과의 적합성 등 고려하여야 할 사항이 매우 많다[2,3,8]. 이 외에도 최근에 문제가 되는 항균제 내성균이나 *C. difficile*과 같이 아포를 형성하는 미생물에 대해서도 효과가 있는지 확인하여야 하고 소독제와 환경표면과의 접촉시간과 소독제 농도 등도 고려하여야 한다[2,8].

기존의 의료기관 환경관리 방법의 제한점을 고려하여 다양한 종류의 비접촉 환경관리 방법들이 소개되고 있으며, 그 중 하나가 자외선(ultraviolet light, [UV]) 소독방법이다[2,20-22]. UV 소독방법은 UV를 방출하는 자동화된 기계를 이용하며, UV는 세균, 바이러스, 그 외 다른 미생물의 DNA를 파괴하는 방식으로 소독효과를 나타내며, 단독으로 적용하는 것보다는 기존의 환경관리 방법에 추가적으로 적용하는 것을 권장하고 있다[8]. UV소독기는 크게 pulsed xenon UV devices (PXUV)와 mercury UV devices의 두 가지 형태로 개발되어 있다[8]. PXUV는 xenon 램프를 사용하여 UV-B와 UV-C를 포함한 200-320 nm 파장의 빛을 5-15분간 생성하여 미생물을 사멸시키고, mercury UV는 주로 좁은 영역의 UV-C스펙트럼(예: 254 nm)을 방출하는 저압 수은 가스 전구를 사용하며 일반적으로 방을 소독하는데 단일주기 동안 45분 이상이 필요하다[8].

Mercury UV로 추가 환경소독을 시행한 연구에서 다제내성균 감염률이 유의하게 감소하였고[6], *C. difficile* infection (CDI) 발생률이 유의하게 감소하였으며[14] 1,000환자일당 감염 발생률이 유의하게 감소하였다[19]. PXUV를 사용한 연구에서 환경 배양 결과 양성률은 유의하게 감소하였으나 의료관련감염률은 유의한 차이가 없었고[1], 수술부위감염 발생률이 유의하게 감소하였으며[4], hospital-acquired *C. difficile* infection (HA CDI)이 유의하게 감소하였고[13,17], 병원 전체 감염이 유의하게 감소하였으며[15], 다학제팀 중재와 자외선 소독 추가 환경관리를 시행한 경우 HA CDI 감염 발생률이 감소하였다[18].

국내 의료기관들은 공인된 기관에서 허가 받은 환경소독제로 정규적 환경관리를 하고 있으나, 항균제 내성균, 아포생성 세균, 신종감염병과 같이 환경 오염 관리가 중요한 미생물에 의한 감염이 증가하는 추세이다[23]. 국외 대부분의 선행연구에서 기존의 환경관리 방법에 UV자동 소독기계를 추가로 적용한 환경관리는 감염예방에 효과적이었으나, 의료기관의 환경이 다른 국내에서는 이를 검증한 연구가 드물다. 이 연구에서는 mercury UV보다 적용시간이 더 짧은 PXUV로 정규적 환경관리에 자외선 소독을 추가하는 것이 효과적인지 확인하고자 하였다.

Materials and Methods

1. 연구 설계

수술실의 정규적 환경관리와 자외선 소독 추가 환경관리의 효과 차이를 확인하는 단일집단 사전사후설계 연구이다.

2. 연구 대상

서울시에 위치한 일개 174개 병상 관절전문병원의 10개 수술실을 대상으로 배양검사는 Link 등[24]의 선행 연구를 토대로 수술실 의료진의 손에 접촉하는 빈도가 높은 표면 4곳(순환 간호사 컴퓨터 키보드, 수술실 문, 마취 처치 카트, 수술실 침대)과 낮은 표면 1곳(무영등)을 선정하였다. Cohen의 표본추출 공식에 따른 표본수 계산 프로그램인 G*power program 3.1을 사용하여 카이제곱분석에 필요한 표본수를 계산하였다[25]. 중간효과크기 0.30, 유의수준 .01, 검정력 .95로 하였을 때 최소 표본수는 198개이었다. 이번 연구는 2020년 3월 30일 7개의 수술실, 4월 1일 7개의 수술실, 4월 2일 11개의 수술실을 대상으로 조사하여, 최종적으로 정규적인 환경관리 후 125개의 표면, 자외선 소독을 추가한 후 동일한 125개의 표면에 대한 배양을 실시하여 총 250개의 검체를 수집하였다.

3. 소독방법

1) 정규적 수술실 환경관리

각 수술 종료 후 수술실 환경담당직원이 환경 소독제인 4급 암모늄염을 0.25% (400배 희석, 물 1 L당 소독제 원액 2.5 cc 첨가)로 희석한 용액을 걸레나 마대에 적셔 수술실을 소독하였다. 소독제 도포량과 적용시간을 표준화하기 위하여 연구 대상 환경표면 5곳은 표면적 1 m^2당 소독제에 적신 거즈 10장을 사용하여 최소 1분 이상 접촉하도록 닦았다. 사용한 걸레는 세척하여 소독 후 건조시켜서 보관

하였다[2].

2) 자외선 소독 추가 환경관리

각 수술 종료 후 정규적 수술실 환경관리가 끝나면 사각지대 없이 수술 장비를 재배치하여 표면이 PXUV장치(LightStrike, XENEX Disinfection Systems, San Antonio, TX, USA)에 잘 노출되도록 하였다. 장비를 실행하면 30초 후 작동되어 수술실 문을 닫고 나와 접근금지 표시판을 세워두고 소독이 완료되면 기계를 수거하였다. 1개의 기계와 xenon 램프를 사용하여 37.16 m^2 미만의 수술실은 5분간 1회 소독이 필요하므로 연구 대상 수술실은 36.2 m^2로 5분간 1회 소독을 실행하였다[26].

4. 자료수집방법

하루 수술이 모두 종료된 후 정규적 환경관리 후 순환 간호사 컴퓨터 키보드는 오른쪽 숫자를 포함한 자판기 윗부분, 수술실 문은 수술실 문 안쪽 전면부, 마취 처치 카트는 오른쪽 구석을 포함한 윗부분, 수술실 침대와 무영등은 가운데 윗부분에 대하여 1차 배양검사를 시행하고 자외선 소독 추가 환경관리 후 동일한 환경표면에 대하여 2차 배양검사를 시행하였다[24]. 비다공성 표면의 환경 배양을 위한 CDC 지침[27]에 따라 연구자가 멸균 면봉 2개에 멸균 생리식염수를 충분히 적셔서 배양 대상 환경표면마다 약 10 cm^2 면적의 배양부위를 가로 'S' 모양으로 겹치게 문지르고, 면봉을 돌려 다시 세로 'S' 모양으로 겹치게 문질러 세로수송배지인 Transport Media, Amies (Transport Medium Double Swab, YUHAN LAB TECH, Seoul, Rep. of Korea)에 넣어 GC녹십자의료재단에 검사를 의뢰하였다. 반쪽은 Blood agar plate, 반쪽은 MacConkey agar가 하나로 결합된 상품화 고형배지(Bi-plate BAP/MAC, ASAN, Seoul, Rep. of Korea)위에 검체를 접종하여 36℃에서 2일간 배양하였다. 분리된 세균은 비발효 그람음성간균(non fermenting gram negative bacilli, NFGNB), 그람양성간균(gram positive bacilli, GPB), *Staphylococcus aureus*, methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA), coagulase-negative staphylococci (CNS), Micrococcus, fungus로 구분하였고, 미생물 수 측정은 a few (배지의 1/3이 자라는 경우), moderate (배지의 1/2이 자라는 경우), many (배지의 균을 바른 부위에 전체적으로 자라는 경우) 3단계로 분석하였다.

5. 분석방법

자료는 통계 프로그램 SPSS statistics 24.0을 이용하여 분석하였다. 정규적 환경관리와 자외선 소독 추가 환경관리의 효과 차이를 빈도, 백분율, 카이제곱검정(Chi square test)으로 분석하였다.

Results

수술 종료 후 정규적 환경관리를 시행하고 1차 배양 검사를 시행한 결과 순환 간호사 컴퓨터 키보드에서 25건 중 3건(12.0%)에서 NFGNB (a few)가 배양되었고 그 중 1건은 CNS (a few)가 함께 배양되었으며, 마취 처치 카트에서 25건 중 1건(4.0%)에서 CNS (a few)가 수술실 침대는 25건 중 2건(8.0%)에서 GPB (a few)가 배양되었고, 수술실 문과 무영등에서는 배양된 것이 없었다. 자외선 소독을 추가하고 동일한 부위에 대하여 2차 배양 검사를 시행한 결과 마취 처치 카트에서 25건 중 1건(4.0%)에서 NFGNB (moderate)와 GPB (moderate)가 함께 배양되었고 순환 간호사 컴퓨터 키보드, 수술실 문, 수술실 침대, 무영등에서는 배양 음성이었다. 정규적 환경관리와 자외선 소독 추가 환경관리에서 모두 미생물이 분리된 마취 처치 카트의 경우 동일한 수술실은 아니고 각각 다른 수술실에서 검체가 채집된 것으로 두 양성 결과간에 연관성이 있지는 않았다. 수술실의 정규적 환경관리와 자외선 소독 추가 환경관리의 효과 차이를 전체적으로 비교하였을 때, 정규적 환경관리에서는 총 125개 검체 중 4개가 양성으로 4.8%이었고 자외선 소독을 추가한 후에는 125개 중 1개가 양성으로 0.8%를 나타내어 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나(P=.098) 환경 오염이 감소하는 경향을 나타내었다 (Table 1).

Discussion

국외 선행연구[1,9,26]에서 UV 환경관리 추가 후 환경 배양검사의 양성률이 유의하게 차이를 나타내었으나, 본 연구에서는 미생물 분리가 감소하는 경향을 보였을 뿐 통계적으로는 유의한 차이가 없었다. Green 등[1]의 선행 연구에서 수술실과 모든 환자 병실을 대상으로 접촉이 많은 표면과 공기를 배양한 결과 자외선 소독(PXUV) 추가 환경관리에서 환경 배양 양성결과가 유의하게 감소(48% vs 31%, P=.02)하였다고 보고하였다. Napolitano 등[19]

Table 1. Comparison of growth amount in different areas of operating room areas sampled after routine environmental management and after additional ultraviolet disinfection

Areas	No. growth/No. total culture (%) (amount and type of isolated organisms)		Fisher's exact test (*P*)
	Routine environmental management	Routine environmental management and additional ultraviolet disinfection	
Circulating nurse computer keyboard	3/25 (12.0%) (a few, all NFGNB, with CNS in one case)	0/25 (0.0%)	3.191 (.235)
Operating room door	0/25 (0.0%)	0/25 (0.0%)	NA
Anesthesia medical cart	1/25 (4.0%) (a few, CNS)	1/25 (4.0%) (moderate, NFGNB & GPB)	0.000 (1.000)
Operating room bed	2/25 (8.0%) (a few, all GPB)	0/25 (0.0%)	2.083 (.490)
Surgical light (post)	0/25 (0.0%)	0/25 (0.0%)	NA
Total	6/125 (4.8%)	1/125 (0.8%)	4.153 (.098)

A few: grown in 1/3 of the medium, moderate: grown in 1/2 of the medium.
Abbreviations: NFGNB, Non fermenting gram negative bacilli; CNS, Coagulase-negative staphylococci; GPB, Gram positive bacilli; NA, not available.

은 사전 효과평가로 총 54개의 환경 배양검사를 시행하였는데 이중 청소 전 55.6% 양성(10/18), 청소 후 50.0% 양성(9/18), 청소와 자외선 추가 환경관리(mercury UV-C, IRiS 3200m) 후 11.1%가 양성(2/18)으로 나타나 정규적 환경관리는 유의한 차이(*P*=1.0)가 없었으나, 자외선 소독을 추가한 후 양성률이 유의하게 감소하였다(*P*=.03)고 보고하였다. 그리고 Simmons 등[26]은 정규적 환경관리 후 표면의 67%가 여전히 배양 검사 결과 양성이었으나 자외선 추가 환경관리(PXUV) 후 배양 검사 양성 결과가 38%로 유의하게 감소하였다(*P*=.0001)고 보고하였다. 환경 검체의 경우 채집장소, 채집방법, 미생물 분류방법 등이 다양하여 직접 비교하기가 어려운 점이 있으나, 본 연구에서 유의한 차이가 나타나지 않은 것은 연구대상 검체의 수가 부족하였거나, 본 연구에서 배양검사 양성률 자체도 선행연구에 비하여 현저하게 낮은 점을 고려하면 자료수집 과정 동안 연구대상 수술실에서 환경관리가 좀 더 철저하게 시행되었을 가능성 등의 외생변수가 작용했을 수도 있을 것으로 추측된다.

이번 연구에서 순환 간호사 컴퓨터 키보드가 정규적 환경관리 후 12.0% 양성(3/25)으로 가장 잔여 미생물 양이 많았고, 자외선 추가 소독 후 0% 양성(0/25)으로 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다(*P*=.235). 이 결과는 Link 등[24]의 선행 연구에서 표면 배양검사 결과를 colony forming units (CFU)/cm^{2}로 측정한 결과 순환 간호사 컴퓨터 키보드가 최소 0 CFU/cm^{2}에서 최대 61.67 CFU/cm^{2}로 중앙값 0.47 CFU/cm^{2}으로 가장 오염된 표면으로 나온 것과 유사하였다. 그러나, Link 등[24]의 연구가 수술실 의료진의 손에 접촉하는 빈도가 높은 표면 배양검사만 시행하여, 자외선 추가 소독 후 효과를 규명한 이번 연구결과와 직접 비교하기는 어려웠으나, 손에 접촉하는 빈도가 높은 표면은 손에 접촉이 적은 표면보다 더 오염되는 것으로 나타나 손에 의한 접촉이 많은 표면은 환경관리 시에 더욱 중점을 두어야 할 것이다.

본 연구에서는 배양검사 결과만을 비교하였으나, 다양한 연구[4,6,13-15,17,18]에서 자외선 소독 후 감염발생률을 확인하였고 대부분의 연구에서 감염이 의미 있게 감소하였다고 보고하였다. Catalanotti 등[4]은 200병상 지역병원의 13개 수술실을 대상으로 자외선 추가 환경관리(PXUV)를 시행하여 수술부위감염 발생률이 class I에서 46.0% (*P*=.0496) 감소하였다. 본 연구는 수술부위감염 발생률을 조사하지 않아 비교하기에 제한점이 있으나 연구 대상 병원처럼 class I 수술을 주로 시행하는 병원은 수술부위감염 발생률 감소에 효과가 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 분리된 미생물 수를 정확하게 산출하지 않고 크게 세 가지 범주로 구분하였기 때문에 측정방법에서 포괄적 방법을 사용하여 선행 연구와 비교 분석하는데 어려움이 있었고, 연구 전에 예측한 것보다 배양 양성률이 낮아 표본 수가 부족하여 통계적으로 유의한 결과를 도출하지는 못하였다. 그리고 채취방법에서 한 명의 연구자가 동일한 부위에서 반복하여 검체를 채집한다고 하여도 문지르는 강도나 채집 부분이 정확하게 일치하지 않을 가능성이 있었다. 또한, 관절전문병원의 단일 기관 연구로 수술

실 환경, 환자의 특성과 관련된 요인이 고려되지 않아 수술 종류나 시간, 수술실 관리 방법 등의 외생 변수에 대한 개별적 자료수집이 이루어지지 않아 다른 기관이나 수술실로 일반화하기에는 제한점이 있어, 추후 다기관을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

하지만 이 연구 결과 자외선 소독은 정규적 환경관리를 대체하기 위한 것이 아니라 소독을 향상시키고 보완하는 방법으로 사용할 수 있으리라 생각된다. 아직 자외선 소독을 통해 의료관련감염을 감소시킬 수 있다는 근거가 부족하지만 향후 추가 연구를 통해 근거가 쌓이게 되면 고위험 감염병 환경관리의 부담을 줄이고 감염예방의 이점을 제공할 것이라 생각된다. 항균제 내성균뿐만 아니라 COVID 19와 같은 위험하고 전염성이 높은 신종 감염환자에 의하여 오염된 환경을 관리하는데 비접촉 환경관리 방법은 유용하고 안전한 방법으로 적용될 수 있을 것이다.

References

1. Green C, Pamplin JC, Chafin KN, Murray CK, Yun HC. Pulsed-xenon ultraviolet light disinfection in a burn unit: impact on environmental bioburden, multidrug-resistant organism acquisition and healthcare associated infections. Burns 2017;43:388-96.
2. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Practical guidelines for infection control in health care facilities. Cheongju; Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2017.
3. Doll M, Stevens M, Bearman G. Environmental cleaning and disinfection of patient areas. Int J Infect Dis 2018;67:52-7.
4. Catalanotti A, Abbe D, Simmons S, Stibich M. Influence of pulsed-xenon ultraviolet light-based environmental disinfection on surgical site infections. Am J Infect Control 2016;44:e99-101.
5. Kim YA, Lee H, Lee K. Contamination of the hospital environmental by pathogenic bacteria and infection control. Korean J Nosocomial Infect Control 2015;20:1-6.
6. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, et al. Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and Clostridium difficile (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. Lancet 2017;389:805-14.
7. Doll M, Morgan DJ, Anderson D, Bearman G. Touchless technologies for decontamination in the hospital: a review of hydrogen peroxide and UV devices. Curr Infect Dis Rep 2015;17:498.
8. Health Quality Ontario. Portable ultraviolet light surface-disinfecting devices for prevention of hospital-acquired infections: a health technology assessment. Ont Health Technol Assess Ser 2018;18:1-73.
9. Weber DJ, Kanamori H, Rutala WA. 'No touch' technologies for environmental decontamination: focus on ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems. Curr Opin Infect Dis 2016;29:424-31.
10. Boyce JM. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. J Hosp Infect 2007;65 Suppl 2:50-4.
11. Dancer SJ. The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. J Hosp Infect 2009;73:378-85.
12. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. BMC Infect Dis 2006;6:130.
13. Nagaraja A, Visintainer P, Haas JP, Menz J, Wormser GP, Montecalvo MA. Clostridium difficile infections before and during use of ultraviolet disinfection. Am J Infect Control 2015;43:940-5.
14. Pegues DA, Han J, Gilmar C, McDonnell B, Gaynes S. Impact of ultraviolet germicidal irradiation for no-touch terminal room disinfection on Clostridium difficile infection incidence among hematology-oncology patients. Infect Control Hosp Epidemiol 2017;38:39-44.
15. Vianna PG, Dale CR Jr, Simmons S, Stibich M, Licitra CM. Impact of pulsed xenon ultraviolet light on hospital-acquired infection rates in a community hospital. Am J Infect Control 2016;44:299-303.
16. Banfield KR, Kerr KG. Could hospital patients' hands constitute a missing link? J Hosp Infect 2005;61:183-8.
17. Levin J, Riley LS, Parrish C, English D, Ahn S. The effect of portable pulsed xenon ultraviolet light after terminal cleaning on hospital-associated Clostridium difficile infection in a community hospital. Am J Infect Control 2013;41:746-8.
18. Miller R, Simmons S, Dale C, Stachowiak J, Stibich M. Utilization and impact of a pulsed-xenon ultraviolet room disinfection system and multidisciplinary care team on Clostridium difficile in a long-term acute care facility. Am J Infect Control 2015;43:1350-3.
19. Napolitano NA, Mahapatra T, Tang W. The effectiveness of UV-C radiation for facility-wide environmental disinfection to reduce health care-acquired infections. Am J Infect Control 2015;43:1342-6.
20. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/index.html (Updated on July 2019).
21. Centers for Disease Control and Prevention. Environmental fogging. https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/updates.html (Updated on December 2009).

22. Ling ML, Apisarnthanarak A, Thu le TA, Villanueva V, Pandjaitan C, Yusof MY. APSIC Guidelines for environmental cleaning and decontamination. Antimicrob Resist Infect Control 2015;4:58.
23. Kim EJ, Kwak YG, Kim TH, Lee MS, Lee SO, Kim SR, et al. Korean National Healthcare-associated Infections Surveillance System, intensive care unit module report: summary of data from July 2017 through June 2018. Korean J Healthc Assoc Infect Control Prev 2019;24:69-80.
24. Link T, Kleiner C, Mancuso MP, Dziadkowiec O, Halverson-Carpenter K. Determining high touch areas in the operating room with levels of contamination. Am J Infect Control 2016;44:1350-5.
25. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. Behav Res Methods 2009;41:1149-60.
26. Simmons S, Dale C Jr, Holt J, Passey DG, Stibich M. Environmental effectiveness of pulsed-xenon light in the operating room. Am J Infect Control 2018;46:1003-8.
27. Centers for Disease Control and Prevention. Emergency response resources: surface sampling procedures for Bacillus anthracis spores from smooth, non-porous surfaces. http://www.cdc.gov/niosh/topics/emres/surface-sampling-bacillus-anthracis.html (Updated on 26 April 2012).