



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

의료환경 표면배양검사용 플록 나일론  
스왑과 면봉의 균 회수율 비교

A Comparison of Bacterial Recovery Rate  
Between Flocked Nylon Swab and  
Cotton Swab for Healthcare  
Environmental Surface Sampling

울산대학교 산업대학원  
임상전문간호학전공  
임하영

의료환경 표면배양검사용 플록 나일론  
스왑과 면봉의 균 회수율 비교

지도교수 정재심

이 논문을 간호학 석사학위 논문으로 제출함

2024년 8월

울산대학교 산업대학원

임상전문간호학전공

임 하 영



임하영의 간호학 석사학위 논문을 인준함

심사위원 김 미 나 (인)



심사위원 임 경 춘 (인)



심사위원 정 재 심 (인)



울 산 대 학 교 산 업 대 학 원

2024년 8월



울산대학교  
UNIVERSITY OF ULSAN

## 감사의 글

마지막까지 빈칸으로 두던 감사의 글을 작성하고 있으니 기분이 묘하면서 감사한 분들이 많이 생각합니다. 무엇보다도 논문 주제를 정하는 과정부터 마지막 수정까지 1년 동안 세심하게 봐주신 정재심 교수님께 진심으로 감사드립니다. 학업 휴직을 시작했던 게 엇그제 같은데 벌써 복직해서 6개월째 일하면서 1차 국가고시까지 치렀다는 사실에 시간이 참 빠른 것 같습니다. 마지막 학기였던 올해 상반기가 참 힘든 시간이었지만 잘 이끌어주신 교수님 덕분에 무사히 논문을 마치고 많이 성장하여 졸업할 수 있었습니다. 교수님의 마지막 학생으로 논문지도를 받을 수 있어 큰 행운이었습니다.

또 미생물에 대해 무지했던 제가 논문까지 완성할 수 있도록 하나부터 열까지 모든 과정을 알려주시면서 함께 고민해 주신 김덕희 선생님과 미생물 검사실 선생님들께도 무한한 감사를 표합니다. 혼자서는 절대 할 수 없었던 여정에 정말 든든한 지원군이 되어주셔서 감사드립니다.

학부생 때부터 열정적으로 지도해주신 임경춘 교수님, 바쁘신 와중에도 논문심사에 흔쾌히 응해주시고 진심 어린 조언을 아끼지 않고 해주셔서 감사합니다. 마지막으로 미생물 검사와 검체 도구 관련해서 전문적인 지식과 최신 지견으로 논문의 질을 향상시켜 주신 김미나 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

연구 과정을 시작하며 곁에서 응원해 주시고 검체 도구 구매와 사용 방법에 대해 같이 고민해 주신 현은진선생님과 항상 믿고 응원해 준 사랑하는 가족들에게도 논문을 마무리하며 감사의 마음을 전합니다.

이 논문은 2023년 서울특별시 간호사회 제66회 한마음 장학금으로 연구비 일부를 지원받아 연구하였습니다.

2024년 8월

임 하 영 올림

## 국 문 초 록

**목적:** 플록 나일론 스왑과 면봉을 이용한 의료환경 표면배양검사에서의 균 회수율 차이를 규명하여 환경배양검사에 적합한 검체 도구를 파악함으로써 의료환경 표면배양검사 방법에 대한 표준화된 지침을 마련하는데 근거를 제공하기 위함이다.

**방법:** 3가지 재질의 의료환경 표면을 대표하는 담체(스테인리스 스틸, 나무, 인조가죽)를 3가지 균종(*Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Acinetobacter baumannii*)으로 오염시키고 이 담체로부터 플록 나일론 스왑과 면봉으로 배양검사를 실시하여 스왑에 따른 균 회수율에 차이가 있는지 규명하는 실험실 조사연구이다. 실험 전 균종을 각각 phosphate-buffered saline (PBS) pH 7.4에 분산하여 탁도는 McFarland 0.5로 맞추었다. PBS에서 10배씩 희석하는 과정을 3회 반복하여 목표로 하는 균액을 준비하였다.  $10^5$  CFU/mL가 포함된 균액에서 파이펫을 이용하여 *S. aureus*는 10  $\mu$ l, *C. albicans*, *A. baumannii*는 20  $\mu$ l를 멸균된 담체의 검체 채집 영역(지름 5cm 원형으로 면적 19.6cm<sup>2</sup>)에 접종하였다. 담체에 문지른 스왑은 끝부분을 잘라 플록 나일론 스왑은 1 mL 중화제가 담긴 용액에, 면봉은 멸균 생리식염수 1 mL가 담긴 시험관에 넣었다. 3가지 균종 및 담체마다 각각 5개씩 반복 실험하여 총 90개의 검체를 채집하였다. 미생물 검사실 도착 후 채집한 용액을 파이펫을 이용하여 blood agar plate (BAP)에 100  $\mu$ l 접종한 뒤 스프레더를 이용하여 펴 발랐다. 37 °C의 인큐베이터에서 *S. aureus*, *A. baumannii*는 24시간, *C. albicans*는 72시간 배양 후 자란 균의 집락수를 육안으로 확인하였다. 균 집락수는 CFU/plate 에 대한 평균과 표준편차를 구하고 범위와 중위수로 비교하였다. 균 회수율은 Quality control (QC) 배지에서 확인된 균 집락수의 평균을 분모로, BAP에서 회수된 균 집락수를 분자로 하여 백분율로 계산하였다. 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율 중 면봉에서 분리된 균 수가 정규분포를 따르지 않아 맨 휘트니 유 검정 (Mann-Whitney U test)으로 분석하였다.

**결과:** 전체 플록 나일론 스왑을 이용하여 회수한 균 집락수의 평균은  $13.72 \pm 7.78$  CFU/plate 이며 중앙값은 14 CFU/plate 이었고, 면봉의 평균은  $3.71 \pm 4.66$  CFU/plate

이고 중앙값은 2 CFU/plate 이었다. 2가지 스왑의 전체 균 회수율을 비교한 결과, 플록 나일론 스왑의 평균은  $23.57 \pm 12.83\%$ 이고, 면봉은  $5.7 \pm 7.22\%$ 이었으며 유의한 차이가 있었다( $p < .001$ ). 담체 재질별로는 스테인리스, 나무, 인조가죽에서 모두 플록 나일론 스왑이 더 높은 균 회수율을 보였다( $p < .001$ ). 인조가죽에서 균 회수율이 가장 높았으며, 나무와 스테인리스는 차이가 없었다. 플록 나일론 스왑으로 균을 회수했을 때 담체 재질별 차이에서는 인조가죽이 스테인리스보다 회수율이 높았다( $p = .023$ ). 면봉에서는 인조가죽이 스테인리스와 나무보다 균 회수율이 높았다( $p = .006$ ). 균종별 비교시에도 3가지 모두 플록 나일론 스왑에서 더 높은 균 회수율을 나타내었다( $p < .001$ ). *A. baumannii*에서 균 회수율이 가장 높았으며, *S. aureus*와 *C. albicans*는 차이가 없었다. 플록 나일론 스왑에서는 *S. aureus*와 *A. baumannii*에서 *C. albicans*보다 균 회수율이 높은 경향은 보였으나, 유의한 차이는 없었다. 면봉에서는 *A. baumannii*가 *S. aureus*와 *C. albicans*보다 더 높은 회수율을 나타내었다( $p = .002$ ).

**결론:** 스왑을 이용한 의료환경 표면배양검사 시 사용되는 검체 도구 중 스왑에 대해 실험실 환경에서 비교한 결과, 플록 나일론 스왑이 면봉보다 균 회수율이 더 높았으며, 담체 재질별, 균종별로 비교했을 때에도 플록 나일론 스왑이 면봉보다 균 회수율이 더 높았다.

주요어 : 플록 나일론 스왑, 면봉, 균 회수율, 환경배양검사

# 목 차

I . 서 론 .....	1
1 . 연구의 필요성 .....	1
2 . 연구목적 .....	3
3 . 용어정의 .....	4
II . 문헌고찰 .....	5
1 . 의료기관 환경배양검사의 중요성 .....	5
2 . 의료기관 환경배양검사 방법 .....	6
3 . 환경배양검사에서 균 회수율 차이에 영향을 미치는 요인 .....	10
III . 연구방법 .....	12
1 . 연구설계 .....	12
2 . 연구도구 .....	12
3 . 자료수집 .....	15
4 . 자료분석 .....	23
IV . 연구결과 .....	24
1 . 플록 나일론 스왑과 면봉의 전체 균 회수율 .....	24
2 . 담체 재질에 따른 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율 .....	26
3 . 균종에 따른 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율 .....	29
V . 논의 .....	32
VI . 결론 및 제언 .....	35
참고문헌 .....	36
부록 1. 예비실험 절차와 실험 결과 .....	41
부록 2. 본실험 결과 .....	51
영문초록 .....	54



## Tables

Table 1. Comparison of Overall Mean Bacterial Conoly Count and Recovery Rate for Flocked Nylon Swabs and Cotton Swabs .....	25
Table 2. Comparison of Bacterial Recovery Rate between Flocked Nylon Swabs and Cotton Swabs by Type of Carriers.....	27
Table 3. Comparison of Bacterial Recovery Rate for Flocked Nylon Swab and Cotton Swab by Bacterial Species .....	30

## Figures

Figure 1. Types of swabs used in environmental surface samping .....	8
Figure 2. Types of swabs; flocked nylon swab (2-A), cotton swab (2-B) .....	13
Figure 3. Types of carriers; stainless steel dish (3-A), wooden round plate (3-B), artificial leather (3-C) .....	14
Figure 4. Quality control results of 4 <sup>th</sup> pilot test .....	17
Figure 5. Labeling the same specimen to the transport container and BAP ..	20
Figure 6. Inoculation steps of bacterial culture on BAP .....	22
Figure 7. Differences of recovery rate by carrier materials when collected with; flocked nylon swabs (7-A), cotton swabs (7-B) .....	28
Figure 8. Differences of recovery rate by bacterial species when collected with; flocked nylon swabs (8-A), cotton swabs (8-B) .....	31

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

의료기관의 환경은 환자의 질병을 치료하는 물리적인 공간으로, 치료 과정 전반에 걸쳐 중요한 요인이다. 의료관련감염의 위험을 줄이기 위해 의료환경에서 환자 구역을 청소하고 소독하는 것은 매우 중요하며, 효과적인 청소 및 소독을 위한 지속적인 평가와 피드백이 필요하다(Doll et al., 2018). 의료환경은 의료 종사자, 환자 및 보호자, 방문객이 공용으로 사용하는 공간이므로 표면이 오염될 가능성이 높다. 환경 표면이 적절하게 청소, 소독이 되지 않으면 오염된 환경 표면으로부터 병원균을 획득하는 교차 감염의 위험성이 높아진다(Otter et al., 2011). 의료환경의 표면이 병원 미생물의 저장소나 매개체가 되어 의료관련감염의 전파에 중요한 역할을 할 수 있다(Dancer, 2009).

최근에는 carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE) 등 다제내성균에 의한 감염이 크게 증가하고 있어 의료환경 소독 및 청소의 중요성이 대두되고 있다(Korea Disease Control and Prevention Agency [KDCA], 2022).

Clare 등(2018)은 병실 및 화장실 등 환자의 다빈도 접촉 구역을 조사하여 중화제가 함유된 플록 나일론 스왑과 셀룰로오스 소재의 스펀지를 이용하여 그람음성균과 CRE의 회수율을 비교하였다. 8개월 간 병실의 다빈도 접촉 구역의 균 회수율을 비교한 결과, 17명의 CRE 환자 중에서 플록 나일론 스왑은 6건(수액주입펌프, 화장실시트, 세면대, 화장실 불 스위치, 의료기기, 침대난간), 스펀지는 3건(침대, 침대난간, 세면대)에서 균 배양이 확인되었다.

의료기관 내 유행 조사 시 환경배양검사 방법에 대해 미국의 질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2003)에서는 정기적인 환경 배양검사는 불필요하나, 환경 표면에 생존하는 미생물의 잠재적인 보유소 및 환경 오염의 원인을 파악하기 위한 역학적 조사 시 환경배양검사를 시행하도록 권고하고 있다. 환경 표면에 있는 여러 병원균의 농도는 환자나 의료진의 피부에 존재하는 병원균의 농도보다 낮더라도 표면에 오랫동안 존재하며, 미생물의 전파를 유발할 수 있으므로(Huang et al., 2006), 의료기관 환경오염이나 감염유행을 해결하기 위해 장시간 환경에 잔존하는 병원균 보유소를 확인하기 위한 배양검사는

필수적이다. 하지만 검체 도구나 검체 채집 방법이 부적절할 경우 균 회수율이 낮아지는 경향을 보여(Moore & Griffith, 2007), 검체 도구 및 채집 방법에 대한 표준화된 지침이 필요하다.

국내 의료기관 환경표면 청소 및 소독 권고안(KDCA, 2022)에서는 현재 의료기관 내 환경배양검사 시 평균 생리식염수에 적신 2개의 면봉을 권장하나, 균 회수율 등 검사 결과에 대해 주어진 지침을 뒷받침하는 근거는 제한적이다. 면봉은 환자 검체 채집에 사용되는 도구로, 실제 의료환경 표면에 오염이 있음에도 균 회수율이 낮게 나타난다는 문제가 있음을 확인하였다(Hedin et al., 2010).

국외 선행연구에서는 스왑 종류에 따른 차이 비교 시 플록 나일론 스왑을 사용하여 검체를 채집하는 것이 보다 높은 균 회수율 및 효율성을 보였다는 연구 결과가 있었다(Dalmaso et al., 2008; Hedin et al., 2010; Hillig et al., 2023; Moore & Griffith, 2007; Wise et al., 2021).

국내 선행연구 고찰 시 환경 소독 효과 평가 및 실태 조사는 많았으나(Jeong et al., 2022; Kim, 2021; Lee, 2023; Park et al., 2021), 검체 도구 비교 연구는 찾기 어려웠다. 국내 의료기관 환경 표면 청소에 관한 지침에서도 환경 소독 절차에 대한 근거는 명확한 반면, 환경배양검사 프로토콜에는 방법 및 유의성에 대해 추가 연구가 필요하다고 기술하였다(KDCA, 2022).

## 2. 연구목적

플록 나일론 스왑과 면봉을 이용한 의료환경 표면배양검사에 대해 균 회수율의 차이를 규명하고자 한다. 또한 환경배양검사에 적합한 검체 도구를 파악함으로써 의료환경 표면배양검사 방법에 대한 표준화된 지침을 마련하는데 근거를 제공하고자 한다. 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 플록 나일론 스왑과 생리식염수에 적신 면봉을 이용한 표면배양검사 시 균 회수율의 차이를 규명한다.
- 2) 3가지 다른 재질의 환경 표면을 대표하는 담체(스테인리스 스틸, 나무, 인조가죽)에 따라 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율에 차이가 있는지 확인한다.
- 3) 3가지 균종(*S. aureus*, *C. albicans*, *A. baumannii*)에 따라 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율에 차이가 있는지 확인한다.

### 3. 용어정의

#### 1) 플록 나일론 스왑

Flocking (플록킹)이란 코팅 표면에 여러 길이의 섬유를 적용하는 과정을 말한다. 플록 나일론 스왑이란 2008년 개발된 의료환경 배양용 스왑으로, 내구성이 뛰어나고 흡수력이 좋은 수백만개의 부드러운 나일론 마이크로 섬유를 플로킹 과정을 통해 스왑 상단에 수직으로 미세섬유를 부착된 스왑이다(COPAN, Italy, 2024). 내구성과 흡수성이 뛰어나 전통적인 스왑(면봉, 다크론 스왑 등)에 비해 균 회수율 및 방출률이 높아 검사 결과의 정확성이 높다(Dalmaso et al., 2008).

#### 2) 면봉

나무 스틱 또는 플라스틱 손잡이의 상단에 면이 뭉쳐진 스왑을 말하며, 비강, 직장 등 인체 내 검체 채집이나 국내 환경배양검사 시 사용된다(KDCA, 2022).

#### 3) 담체

의료환경을 대표하는 표면으로 사용되는 재질은 스테인리스 스틸, 철, 유리, 세라믹, 코팅된 나무합판, 플라스틱 등으로(Chai et al., 2018), 담체(carriers)란 실험실 환경에서 균액을 접종하여 검체를 채집하는 도구로, 의료기관의 오염된 환경표면을 대신하는 도구를 말한다.

## II. 문헌고찰

### 1. 의료기관 환경배양검사의 중요성

최근 다제내성균을 포함한 병원체의 확산을 예방하기 위해 병원 청소 및 소독 등 환경 관리가 중요한 부분으로 대두되기 시작하였다(KDCA, 2022). 특히 침대 난간, 침대 표면, 침대 위 테이블 및 수액주입펌프 등의 표면은 환자와 의료진의 손이 자주 접촉하기 때문에 병원균이 더 많이 존재한다(Faires et al., 2013). 접촉이 잦은 표면에서 병원성이 높은 미생물은 수일에서 수개월 동안 환경에 생존하므로 이 표면을 중점적으로 소독하는 등 적절한 환경 관리는 접촉으로 인한 병원균 전파를 최소화하는데 도움이 된다(Huslage et al., 2010).

Kim 등(2015)의 연구에서는 환경배양검사는 감염유행이 발생하였을 때 원인을 찾기 위한 역학조사의 한 부분으로 시행하거나, 의료환경표면의 오염 정도와 청결도를 평가하기 위해 시행된다고 하였다. 특히 중증 감염이나 감염의 집단발생 위험이 있는 병원균의 존재를 확인하는 데 효율적인 방법이라고 하였다.

Park 등(2018)은 감염유행 시 병원감염의 원인으로 추정되는 요인에 대해 최대한 빠른 시일 내 적절한 배양검사를 시행하여 원인 균종 및 전파 경로를 파악해야 하며, 의료환경으로 인한 교차감염을 예방하기 위해 감염감시를 해야 한다고 하였다. 감염감시 목적의 환경배양검사는 병원균 보유소 등의 감염원을 차단하고 환자 안전을 도모할 뿐만 아니라, 국가 전체의 감염관리 시스템에도 기여할 수 있다고 하였다.

Thompson 등(2022)의 실험연구에서는 의료환경 표면에 대한 교차감염 위험에 대한 인식이 변화함에 따라, 많은 병원에서 청소 전후 평가 또는 지속적인 교차감염위험 평가의 하나로 환경을 정기적으로 모니터링하는 것을 고려해야 한다고 하였다. 잠재적인 의료환경표면의 오염을 평가하기 위해 관심 있는 특정 병원균에 대한 정기적인 환경배양검사를 시행하는 것은 중요하다고 하였다.

## 2. 의료기관 환경배양검사 방법

환경배양검사란 병원 환경 소독평가의 한 방법으로, 특정 균의 집락 및 전파 여부를 확인하는데 유용한 방법이다. 주로 감염유행 상황 시 역학조사 및 감염 감시를 뒷받침해 주고, 감염관리 중재 후 효과를 평가하는 데 유용한 도구로 사용된다(KDCA, 2022). 병원 환경을 미생물학적으로 감시하는 목적은 2가지로 나눌 수 있는데, 하나는 위생적인 기준에 적합한지 모니터링하기 위함이고, 두 번째는 특정한 의료관련감염 병원체를 목표로 존재유무를 검출하기 위함이다(KDCA, 2022). 감염을 진단하는 목적의 환경배양검사는 임상검체에 대해 실시하는 검사방법과 다를 수 밖에 없고, 특별한 검사법이 필요한 만큼 자원 소모적이므로 꼭 필요한 경우에만 사용해야 한다(Kim et al., 2023).

Rawlinson 등 (2019)의 고찰연구에 의하면 환경배양검사의 방법으로는 스펀지, 한천배지의 직접 접촉, 적셔진 스왑 등이 있으며, 각각의 특성과 장단점은 다음과 같이 비교하였다. 스펀지를 이용한 환경배양검사는 직접 접촉이 어려운 불규칙한 표면이거나 부드러운 넓은 면적의 표면에 주로 사용된다. 표면에 닿는 면적이 넓어 다른 검체 도구보다 더 높은 균 회수율을 보이며 특히 *Clostridioides difficile* 회수율에서 스왑(1.5%)에 비해 28%로 훨씬 높은 회수율을 보였다. 다만 검체 채집 후 처리과정이 어려워 전문적 지식이 필요하며 적절히 처리되지 않은 경우 오염의 위험이 증가할 수 있다는 단점이 있다(Rawlinson et al., 2019). 한천배지의 직접 접촉은 직접접촉배지(contact plates), 딥슬라이드(dipslides), 페트리필름(petriefilm)을 말한다. 직접접촉배지는 배지의 볼록한 부분을 환경 표면에 직접 눌러 검체를 채집하는 방법이다. 주로 단단하고 평평한 표면에 사용되며, 메티실린 내성 황색포도알균(meticillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)에서 균 회수율이 높게 나타났다(Rawlinson et al., 2019). 딥슬라이드는 직접접촉배지와 비슷한 방법으로 플라스틱 용기에 배지가 포함되어 있어 검체 채집과정 중 발생 가능한 오염을 줄일 수 있다. 직접접촉배지와 차이점은 약간의 유연성으로 고르지 않은 표면에도 일부 사용할 수 있다는 점이다(Rawlinson et al., 2019). 페트리 필름은 식품산업에서 주로 사용되며 스왑으로 채집한 검체를 필름에 직접 접촉하거나, 종이 부분을 표면에 접촉시켜 검체를 채집하는 방법이 있다. 또한 채집 후 추가적인 균 분리 과정 없이 회수한 균의 집락수를 계수할 수 있다(Rawlinson et al., 2019).

환경배양검사에 이용되는 스왑의 종류는 끝부분(bud)에 따라 면(cotton), 레이온(rayon), 다크론(dacron), 칼슘알지네이트(calcium alginate) 등으로 제작되며, 액체에 적셔 직접 접촉이 어려운 굴곡진 면이나 손잡이, 의료기기에 사용한다(Moore & Griffith, 2007). 검체 채집방법은 젖은 상태의 스왑을 직접 환경표면에 문지르는 방법 외에도 미생물을 흡수시키거나, 젖은 상태의 환경표면에 문지르는 방법 등이 있다. 이 중에서 스왑의 종류 및 습윤 용액별로 비교한 결과, 채취-헹굼법(swab-rinse)과 습기 있는 표면에서 스왑의 균 회수율이 더 높게 나타났다(Moore & Griffith, 2007).

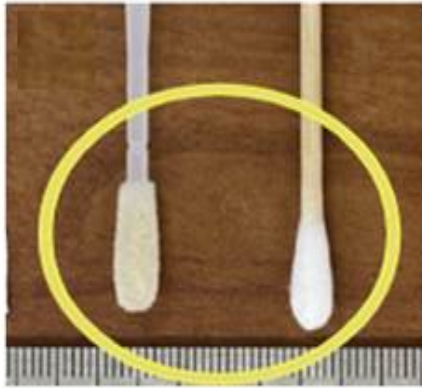
전통적으로 사용되는 스왑에는 면봉(cotton swab), 레이온 스왑(rayon swab), 다크론 스왑(dacron swab)이 있다(Figure 1). 면봉은 끝부분(bud)이 면으로 된 소재를 말하며 다른 종류에 비해 흡수성이 뛰어나지만, 균 회수율은 저조하다. 레이온 스왑은 의료 및 진단 분야에 쓰이며 천연 섬유를 가공하여 만들어진 스왑이며, 다크론 스왑은 폴리에스터 섬유의 일종으로 흡수성이 높고 내구성이 강하다(Rawlinson et al., 2019).

최근 개발된 플록 나일론 스왑의 균 회수율에 대하여 기존의 스왑과 플록 나일론 스왑을 비교한 Dalmaso 등 (2008) 실험연구에서 플록 나일론 스왑의 균 회수율 평균은 55.42%, 방출율은 91.79%로, *S. aureus*, *C. albicans*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*에서 모두 평균 균 회수율이 19.70%, 방출율이 21.15%인 기존의 레이온 스왑보다 높았다.

스왑을 이용하여 검체를 채집한 경우 4시간 이내 미생물검사실에 도착해야 하며, 검사실 도착 즉시 배양 및 분석을 시작하는 것이 이상적이라고 하였다. 또한 검체 이동 시 검체 보관함의 온도는 적어도 1 °C에서 8 °C의 냉장상태를 권장하며, 검체 채집 후 24시간이 지난 뒤 검체가 이송되는 경우 검체보관온도의 냉장상태 유지는 더욱 중요하다고 하였다(Chai et al., 2018).



1-A



1-B



Figure 1. Types of swabs used in environmental surface sampling.  
flocked nylon and cotton swab (1-A), rayon swab (1-B)

중화제(neutralizer)란, 중화반응에 쓰이는 약제로 의료환경 표면에 남아있는 소독제의 잔류효과를 제거하는 데 사용되는 화학물질을 말한다. 의료환경표면에 주로 사용되는 소독제를 중화시키는 약제는 2가지로, 4급 암모늄, 페놀, 포르말린, 에탄올, 헥사클로로펜을 중화시키는 leeteeen media와 4급 암모늄, 페놀, 요오드, 염소, 수은, 포르말데히드, 클루타알데히드 등 다양한 피부 소독제 및 화학 제제를 중화시키는 Dey and Engley (D/E) 중화제가 있다(Bea et al., 2007).

의료기관의 환경 감염관리 지침(CDC, 2003)에서 코팅된 나무, 유리, 플라스틱 타일 등의 비다공성 표면에 대한 환경배양 검사에서 소독제 잔류가 예상되는 표면에서는 소독제를 희석시킬 수 있는 중화제가 함유된 검체도구를 사용해야 한다고 권장하였다. 국내 일반병실 환경 소독에 사용되는 소독제는 페놀계, 70~90% 에탄올, 염소화합물 및 4급 암모늄 소독제로, 최소 1분 이상 표면에 접촉하여 소독하도록 권장하고 있다(KDCA, 2022). 그러나 실제 임상에서는 페놀계 소독제의 경우 유해물질 노출 위험이 높고 에탄올은 화재 위험 및 소독력의 지속성이 좋지 않아 좁은 환경에서만 주로 사용된다는 단점이 있어 의료환경 표면소독 시 염소화합물 및 4급 암모늄 소독제가 주로 사용됨을 확인하였다(Jeong et al., 2022).

Dey 등(1995)의 실험연구에서도 D/E 중화제 및 letheen medium(LT) 포함된 중화제 배지를 사용한 결과, 균 회수율이 D/E(80%), LT(50%)로 중화제를 사용하지 않은 기존의 방식(10%)보다 의료환경 소독 후 환경표면에서의 *S. aureus* (ATCC 6538)의 회수율이 더 높았다.

### 3. 환경배양검사에서 균 회수율 차이에 영향을 미치는 요인

Dalmaso 등(2008)은 플록 나일론 스왑과 일반 레이온 스왑의 효율성과 최대 균 회수율을 비교하였다. 36 cm<sup>2</sup> 면적의 스테인리스 스틸 담체에 5가지 균종 (*S. aureus*, *C. albicans*, *E. coil*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*)를 접종하여 실험하였다. 연구 결과, 플록 나일론 스왑의 균 회수율은 약 40~60%, 일반 레이온 스왑의 균 회수율은 약 20%로 나타났다.

Hedin 등(2010)은 오염된 의료환경 표면에서 환경배양검사에 적합하다고 알려진 채취-헹굼법(swab-rinse)을 통해 검체 채집 후 스왑을 수송 용액에 희석하여 배양결과를 확인할 경우 세균의 방출이 더 크다고 하였다. 또한 플록 나일론 스왑의 균 회수율은 *S. aureus* (American Type Culture Collection [ATCC] 6538)에서 평균 35%, *Enterococcus hirae* ([ATCC] 10541)에서 39%로 전통적으로 사용되는 레이온 스왑이나 면봉보다 균 회수율도 최대 3배나 높아 플록 나일론 스왑의 사용이 전통적인 스왑에 비해 접종된 균의 회수율을 증가시킨다고 하였다.

West 등(2023)의 연구는 스왑을 이용한 검체 채집 방법의 효율성을 비교하였으며 스테인리스 스틸과 플라스틱 표면을 담체로 사용하였다. 26 cm<sup>2</sup>, 323 cm<sup>2</sup>, 645 cm<sup>2</sup> 의 3가지 크기로 나눈 담체에 5가지 균종(*Klebsiella pneumoniae*, *A. baumannii*, *C. difficile*, MRSA, vancomycin resistant *Enterococci*)를 접종하여 1시간 건조한 뒤 실험하였다. 인산염 완충 식염수에 미리 적신 플록 나일론 스왑과 폴리우레탄 폼 스왑을 사용하여 균일한 방식으로 표면을 문질러 균을 채집하여 균 집락수와 균 회수율을 비교한 결과, 표면적 넓이 및 균종에 따라 스왑의 균 회수율이 다르게 측정되었다. 26 cm<sup>2</sup> 플라스틱 담체에서 *K. pneumoniae*와 MRSA 채집 시 플록 나일론 스왑이 더 높은 회수율을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 담체 면적별로 비교한 결과, 26 cm<sup>2</sup> 면적에서 20~60%를 보이던 균 회수율이 323 cm<sup>2</sup>, 645 cm<sup>2</sup> 면적에서는 10% 미만으로 떨어져 스왑으로 검체 채집 시 표면적의 넓이가 커질수록 면봉이 건조해지면서 채집한 균이 다시 표면에 부착하게 되어 균 회수율이 크게 감소하는 것을 확인하였다.

환경배양검사 시 스왑 끝(bud) 재질과 담체에 따른 차이를 비교한 Hillig 등(2023)의 연구는 일반적으로 사용되는 면봉은 플록 나일론 스왑에 비해 검체에 대한

흡수성이 더 높은 것으로 보고하였다. 그러나 면봉은 더 많이 흡수하는 만큼 인산염 완충 식염수 용액에 풀어 배지에 접종하는 과정에서 세균의 방출이 제한되어 결과적으로 플록 나일론 스왑의 균 회수율이 더 높게 나타남을 확인하였다. 담체별 차이로는 강철(steel) 담체에서 비스코스 스왑과 플록 나일론 스왑 균 회수율이 60~70%를 보인 것을 제외하고 나머지 균 회수율은 모두 80% 이상으로 높게 나타났다. 강철 담체는 스왑으로 검체 채집 후 재배양 시  $1.50 \log_{10}$  이상 차이를 보여 균 손실이 가장 많이 나타났다.

스왑의 재질과 검체 채집 면적을 달리하여 검체 채집 방법의 효율성을 비교한 Wise 등(2021) 4가지 비다공성 표면(유리, 타일, 플라스틱, 코팅된 나무)에 4가지 종류의 스왑(Luna Innovations Incorporated dissolvable swab, Copan FLOQSwab, Standard Cotton Swab, 2.0 mm Dental Applicators)을 사용하여 *Proteus mirabilis*의 회수율을 DNA 추출 시간 및 PCR 정량을 통해 비교하였다. 7회의 반복 실험 결과, 플라스틱을 제외한 나머지 표면에서 플록나일론 스왑이 다른 스왑보다 균 회수율이 더 높았으며 특히 면봉으로 검체 채집한 경우 7회 반복 실험에서 모두 균의 DNA가 검출되지 않았다. 4가지 담체 중 플라스틱에서만 플록 나일론 스왑이 낮은 회수율을 보인 이유는 플라스틱 표면에 있는 폴리프로필렌 성분이 DNA 손실을 일으켰을 것으로 추측하였다.

### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 연구설계

3가지 재료의 의료환경 표면을 대표하는 담체(스테인리스 스틸, 나무, 인조가죽)를 선정하여 3가지 균종(*S. aureus*, *C. albicans*, *A. baumannii*)으로 담체를 오염시키고 이 담체로부터 플록 나일론 스왑과 면봉으로 검체를 채집하여 스왑에 따른 균 회수율의 차이가 있는지 규명하는 실험실 조사연구이다.

#### 2. 연구도구

##### 1) 스왑

플록 나일론 스왑은 SRK<sup>®</sup> 중화 수송용액 1 mL와 같이 포장된 9U012S FLOQSwabs<sup>™</sup> (FLOQSwabs<sup>®</sup>, COPAN, Murrieta, Italy)이며, 면봉은 면이 부착된 15 cm 길이의 나무 스틱(Soosung Pobis Sterilized Swab, SOOSUNG, Yangsan-si, Republic of Korea)이다(Figure 2).

##### 2) 담체

국내 의료환경에 주로 사용되는 재료 중 다빈도 환자 접촉 환경에 사용되며 고압증기멸균이 가능한 스테인리스 스틸 소재의 접시, 자작나무 합판으로 제작한 원형 나무판과 합성 인조가죽을 5 x 5 cm 크기로 잘라 사용하였다(Figure 3). 세가지 담체에 지름 5cm (면적 19.6cm<sup>2</sup>)의 원을 표시하여 검체 채집면적으로 사용하였다.

##### 3) 균종

의료기관환경을 주로 오염시키는 *S. aureus* ([ATCC] 29213), *C. albicans* ([ATCC] 14053), *A. baumannii*의 3가지 균주를 대상으로 하였다. *A. baumannii*는 임상에서 분리된 균을 동정하여 사용하였다.

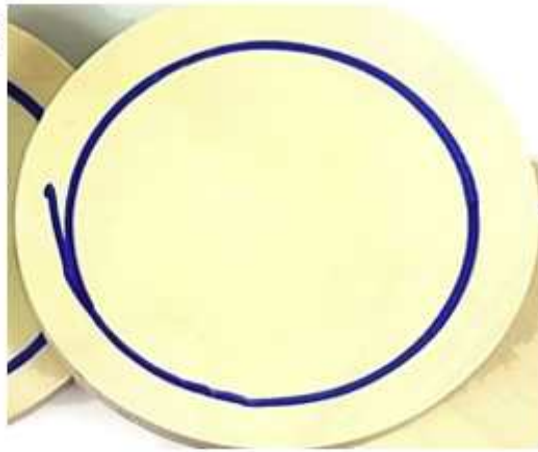


Figure 2. Types of swabs; flocked nylon swab (2-A), cotton swab (2-B).

3-A



3-B



3-C

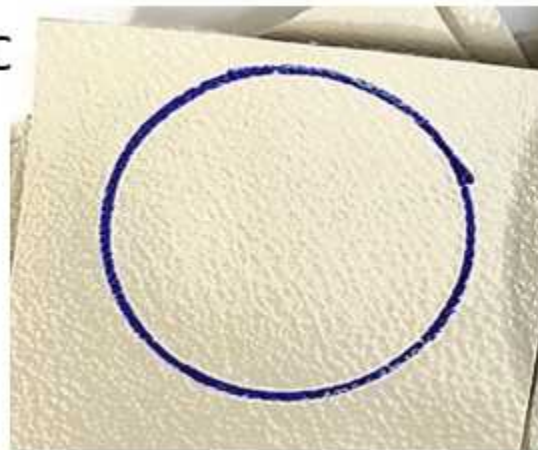


Figure 3. Types of carriers; stainless steel dish (3-A), wooden round plate (3-B), artificial leather (3-C).

### 3. 자료수집

모든 실험은 울산대학교 협력 A병원 진단검사의학과 내 미생물 검사실과 울산대학교 산업대학원 임상전문간호학전공 내 실습실에서 수행되었다. 자료수집은 2024년 1월 27일부터 4월 11일까지 수행되었으며 자격을 갖춘 임상병리사의 도움을 받았다. 연구자는 약 3개월 동안 예비실험을 통해 균 집락수를 육안으로 계수하는 것과 파이펫 및 배지에 균액을 바르는 과정 등 전반적인 실험 과정에 대해 자격을 갖춘 임상병리사에게 훈련을 받았다.

#### 1) 예비실험

본 실험을 진행하기 전 접종 균 수를 결정하고, 멸균 등 담체 준비 과정을 점검하기 위함이다. 또한 반복적인 실험을 통해 연구자가 검체 채집 과정의 편차를 최소화할 수 있도록 훈련하는 과정을 포함하였다. 자세한 실험 절차 및 결과는 부록으로 첨부하였다(부록 1. 예비실험 절차와 실험 결과).

##### (1) 1차 예비실험

예비실험에서 사용된 균종은 *S. aureus*이며 탁도 0.5 McFarland으로 맞춘 균액을 1차 실험 시 실제 배지에 접종되는 균 수를  $10^5$ ,  $10^4$ ,  $10^3$  CFU/plate로 맞춰 진행하여 적당한 접종 균수를 확인하였다. 검체 수는 총 18개로 스왑 2가지, 담체 3가지, 균 농도 3가지를 반복 실험 없이 시행하였다. 1차 예비실험 결과, 배지에 접종한 균 수 만큼 동일하게 감소하는 담체는 인조가죽이었다. 적정 균 농도를 정하기 위해 2차 예비실험은 인조가죽 담체 1가지로만 진행하며, 균 농도를  $10^2$  CFU/plate까지 추가하여 진행하기로 하였다.

##### (2) 2차 예비실험

2차 예비실험에서는 균 농도를  $10^2$  CFU/plate 추가하였으며, 균액을 담체에 바르는 도구를 루프(loop)에서 스프레더(plastic spreader)로 변경하였다. 담체에 접종하는 균액의 양을  $10 \mu\text{l}$ 와  $100 \mu\text{l}$  2가지로 시행하여 접종된 균액의 건조시간을 비교하였다. 검체 수는 총 32개(스왑 2가지, 담체 1가지, 균 농도 4가지, 균액의 양 2가지, 2회 반복 실험) 시행하였다. 2차 예비실험 결과, 접종한 균 수에 따라 실제 배지에 관찰되는 균 집락수는 감소하는 추세이나 전체적으로 접종한 균 수보다 더 많이 배양되어 담체 멸균 과정 및 검체 채집과정을 재점검하였다.



(3) 3차, 4차 예비실험

3차 예비실험에서는 2차 예비실험에서 예상보다 접종한 균 수 대비 더 많은 균이 배양되어 담체에 균 접종할 때마다 파이펫 및 스프레더를 분리하여 사용하였다. 멸균 과정도 점검하여 멸균기에 적합한 멸균포를 구매하여 사용하였으며, 멸균 전 물과 세제로 물리적인 마찰을 가하여 세척하는 과정을 추가하였다. 3차 예비실험 결과, 균액 희석과정의 정확도를 높이기 위해 QC 배지를 추가하여 진행하기로 하였고, 4차 예비실험 후 최종적으로 담체에 접종되는 균액의 양은  $10 \mu\text{l}$ , 배지에 접종되는 균 수를  $10^2$  CFU/plate, QC는 2회로 하여 본 실험을 진행하기로 하였다(Figure 4).

(4) 5차 예비실험

5차 예비실험은 *S. aureus* 본 실험 이후에 시행되었다. 실험에 사용된 균종은 *C. albicans*로, *S. aureus*와 같은 방법으로 본 실험 진행 시 접종한 균 수 대비 배지에 실제 확인되는 균 집락수가 약 20분의 1로 급감하여 적절한 균액 농도 및 검사방법을 확인하기 위해 5가지 방법으로 QC를 시행하였다. 5차 예비실험 결과, *C. albicans* 및 *A. baumannii*은 배지에 접종되는 균 수를  $2 \times 10^2$  CFU/plate, QC는 4회(채집 전, 후 2회씩)로 본 실험을 진행하기로 하였다.

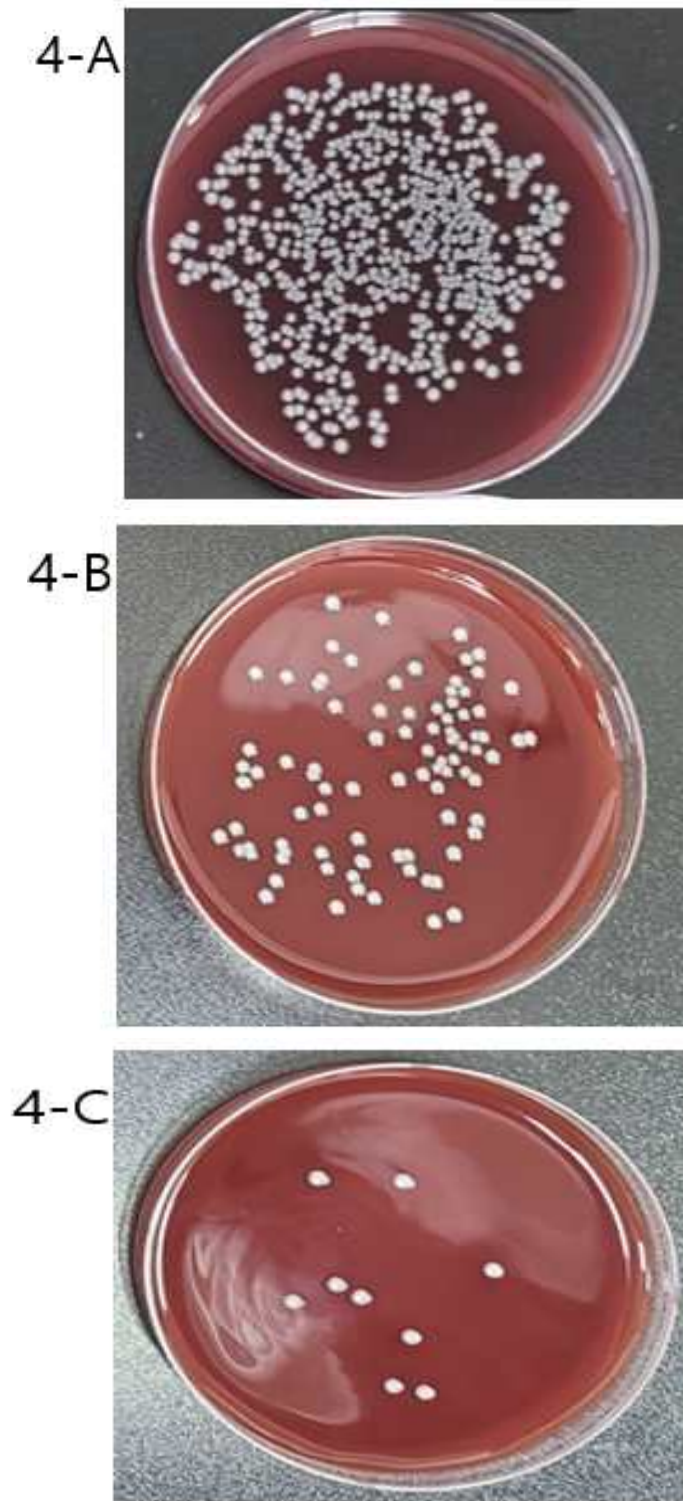


Figure 4. Quality control results of 4<sup>th</sup> pilot test;  
 $10^3$  CFU/plate (4-A) ,  $10^2$  CFU/plate (4-B) ,  $10^1$  CFU/plate (4-C).

## 2) 본실험

균 손실을 최소화하기 위해 3가지 균종을 한 가지씩 다른 날 실험하였고, 담체 3가지, 5회 반복실험으로 하루에 30개씩 총 90개의 검체를 채집하였다. 실험결과의 배지 사진은 부록으로 첨부하였다(부록 2. 본 실험 결과).

### (1) 담체 준비

모든 담체는 멸균 전 물과 베이킹소다 및 구연산이 함유된 일반세제를 이용하여 물리적인 마찰을 가해 세척하였다. 세척된 담체는 완전히 건조시킨 뒤 멸균기에 적합한 멸균포(Dual Color Sterilization Wrap 40 x 40 cm, KM Healthcare, Gyeonggido, Republic of Korea)로 1개씩 밀봉하여 개별 포장한 뒤 고압증기멸균기로 132°C 에서 10분 이상 멸균처리하였다. 검체 채집영역은 세척 전 의료용 체외 표시기 멸균 마킹펜(DeRoyal skin marker, DeRoyal Industries Inc., state of Tennessee, U.S.A)으로 지름 5 cm의 원형으로 표시하여 구분하였다. 표시된 면적은 2.5 cm(반지름) x 2.5 cm x 3.14로 19.6 cm<sup>2</sup>이다.

### (2) 균액 희석 과정

실험 전 목표로 하는 균액을 만들기 위해 균종 3가지를 각각 인산 완충 생리 식염수 pH 7.4에 분산하였으며, 탁도 0.5 McFarland 10<sup>8</sup> CFU로 맞춘 균액을 멸균 생리식염수 2 mL에 희석하여 준비하였다. *C. albicans*는 균의 크기가 커 탁도 3.0 McFarland로 맞추었다. 각 균종 당 10<sup>5</sup> CFU/mL 로 맞추기 위해 멸균 생리 식염수 1.98 mL에 10<sup>8</sup> CFU로 희석한 균액 20  $\mu$ l를 접종하여 10<sup>7</sup> CFU/mL 로 희석하였다. 10배씩 희석하는 과정을 2회 더 반복하여 10<sup>5</sup> CFU/mL 로 균액을 준비하였다. 균 희석액은 시간이 지남에 따라 균이 가라앉아 결과가 부정확할 수 있으므로 희석 즉시 사용하였으며(Moore et al., 2007), 모든 담체에 접종 전 진탕하여 균액이 잘 섞인 뒤 실험을 진행하였다(Hedub et al., 2010).

### (3) QC

희석된 균액에서 배양될 것으로 예상되는 균 수와 실제 배지에 자라는 균 수를 비교하기 위해 균액 희석 직후와 실험이 모두 종료된 후 QC를 시행하였다. QC는 담체에 접종 후 스왑으로 채집되는 균액의 양과 동일하도록 계산하여 혈액한천배지에 배양하였다.

#### (4) 균액 접종

$10^5$  CFU/mL가 희석된 균액을 멸균처리된 담체의 검체 채집영역에 파이펫을 이용하여 *S. aureus*는 10  $\mu$ l, *C. albicans*, *A. baumannii*는 20  $\mu$ l를 접종하였다. 플라스틱 스프레더를 사용하여 가로, 세로, 대각선 모든 방향으로 10회씩 총 40회 동일하게 펴 바른 뒤 3분간 자연건조하였다(Hillig et al., 2023). 이때 사용되는 스프레더의 길이가 약 4 cm 정도이므로 지름 5 cm의 검체 채집영역 밖으로 벗어나지 않도록 주의하여 시행하였다.

#### (5) 검체 채집

채집 전 미리 준비된 검체 라벨을 각 시험관에 부착하여 준비하였다. 플록 나일론 스왑은 검체 채집 전 함께 동봉된 중화제 용액에 스왑을 담그어 여액을 짜내 준비하며, 면봉은 멸균 생리식염수 1 mL에 담귀 흔들어 적셨다. 검체 채집 시 문지르는 압력이 같도록 전문가의 훈련을 받은 연구자 1인이 모든 검체를 채집하였다. 검체 채집은 균종별로 다른 날 시행하여 *S. aureus*는 2024년 3월 11일, *C. albicans*는 4월 9일, *A. baumannii*는 4월 11일에 시행하였다.

의료기관 환경 표면 청소 및 소독 권고안(2022)에 따라 스왑의 끝부분이 최대한 담체에 모두 닿을 수 있도록 손의 각도를 20도 이내로 하였고, 편차를 줄이기 위해 검체 1개당 채집 시간은 30초를 넘지 않도록 하였다(Dalmaso et al., 2008). 문지르는 방법은 지그재그 패턴으로 가로, 세로, 대각선(왼쪽, 오른쪽 2방향)이 모두 닿도록 방향을 바꿔가며 각각 10회씩 문질렀다. 문지르는 방향을 바꿀 때 스왑의 끝부분(bud)의 방향도 바꿔 모든 면이 닿을 수 있도록 시행하였으며, 문지르는 부위는 서로 겹치도록 하였다(Nadja et al., 2023). 채집된 스왑은 끝부분을 잘라 플록 나일론 스왑은 1 mL 중화제가 담긴 습윤 용액에, 면봉은 멸균 생리식염수 1 mL가 담긴 시험관에 넣었다(Thompson et al., 2022). 이때 스왑 끝부분을 시험관에 담을 시 튕겨 나가 오염되지 않도록 주의하여 진행하였다. 검체 채집 후 즉시 미생물 검사실로 운송하였다. 미생물검사실 이동 시간을 포함하여 검체 채집에 소요되는 시간은 총 4시간 이내로 진행하였다(Moore & Griffith, 2007).

#### (6) 배양검사

미생물 검사실에 도착한 뒤 채집한 수송 용기와 혈액한천배지(BAP, BANDIO bio science, Pocheon-si, Republic of Korea)에 같은 검체 코드가 적힌 라벨을 부착하였다(Figure 5).

스왑으로 검체 채집 시 직접 배지에 균을 배양할 수 없어 용액에 희석하여 균을 추출하는 과정이 필요하므로(chai et al., 2018), 배지에 접종 전 스왑의 끝부분에서 용액으로 균이 잘 분리되고 가라앉지 않도록 10초 간 진탕하였다(Hedin et al., 2010). 희석된 용액을 파이펫을 이용하여 혈액한천배지에 100  $\mu$ l 접종한 뒤 스프레더를 이용하여 모든 방향(가로, 세로, 대각선)으로 40회 문지르며 퍼 발랐다(Chai et al., 2018). 이때 배지의 가장자리는 닿지 않도록 주의하였다(Figure 6). 혈액한천배지는 생물안전 작업대 내에서 10분 간 건조시킨 뒤 뚜껑이 아래로 가도록 하여 37°C로 맞춰진 인큐베이터에 넣어 배양하였다. 각 균종 특성에 따라 *S. aureus*, *A. baumannii*는 18시간, *C. albicans*는 72시간 배양한 후 결과를 확인하였다. 세균 배양 과정 및 결과 분석은 자격을 갖춘 임상병리사의 도움을 받아 함께 시행하였다.

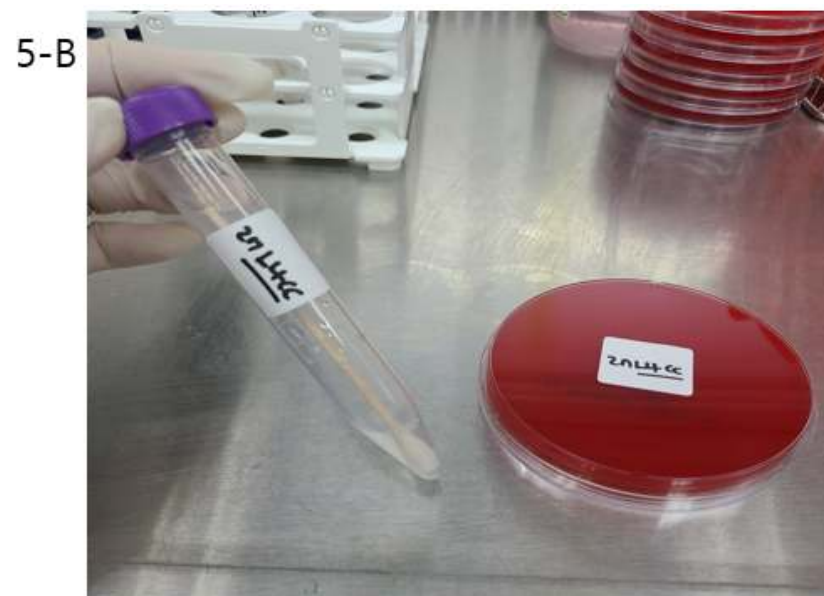
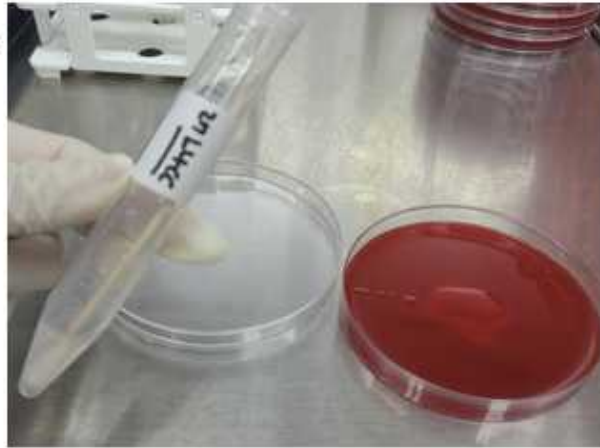


Figure 5. Labeling the same specimen to the transport container and BAP;  
flocked nylon swab (5-A), cotton swab (5-B).

6-A



6-B



6-C



Figure 6. Inoculation steps of bacterial culture on BAP. Suspension in transport containers with the same specimen code(6-A), inoculation of 100  $\mu$ l(6-B), spreading with a plastic spreader(6-C)

#### 4. 자료분석

수집된 자료는 SPSS Statistics for Windows, version 26.0 (IBM corp, Armonk, NY, U.S.A.)를 이용하여 분석하였다. Kolmogorov-Smirnov 정규성 검정을 시행하여 결과값이 정규분포 하는지 확인하고, 회수된 균 집락수 및 균 회수율은 평균(표준편차)과 중위수(범위)로 기술하였다. 유의수준  $p$  값은 양측 검정으로 판정하였고, 모든 경우  $p < .05$ 로 하였다. 세부 분석방법은 다음과 같다.

##### 1) 스왑 종류별 회수된 균 집락수 비교

전체 플록 나일론 스왑과 면봉에서 회수된 균 집락수에 대한 평균과 표준편차를 구하고 중위수 및 범위로 기술하였다(Thompson et al., 2022).

##### 2) 스왑 종류별, 담체별, 균종별 균 회수율 비교

균 회수율은 QC배지에서 확인된 균 집락수의 평균을 분모로, BAP에서 회수된 균 집락수를 분자로 하여 백분율로 계산하였다(Hedin et al., 2010). 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율은 면봉에서 분리된 균 수가 정규분포를 따르지 않아 맨 휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)으로 분석하였다. 담체와 균종별 균 집락수와 회수율의 차이는 정규분포를 따르며 Levene의 등분산을 가정할 경우 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)으로 분석하였고, Levene의 등분산검정 결과  $p < .05$ 로 등분산을 가정할 수 없는 경우 Welch의 강건한 분산분석(Welch's ANOVA)을 시행하였다. 사후 검정은 Bonferroni 방법으로 시행하였다. 담체와 균종별 균 집락수와 균 회수율이 정규분포를 따르지 않는 경우 비모수방법인 크루스칼-왈리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 시행하였으며, 사후 검정은 Bonferroni 방법으로 분석하였다.



## IV. 연구결과

### 1. 플록 나일론 스왑과 면봉의 전체 균 회수율

3가지 재질의 담체에 3가지 균종을 접종하여 플록 나일론 스왑 45개와 면봉 45개로 채집한 총 검체는 90개이었다. 균 회수율은 배지 1개당 배양된 CFU/plate를 육안으로 계수하여 QC 배지에 배양된 수의 평균으로 나누어 계산하였다. *S. aureus*는 QC에서 접종한 균 수(100개) 대비 QC의 평균(89개)로, *C. albicans*는 QC에서 접종한 균 수(200개) 대비 QC의 평균(32개)로, *A. baumannii*는 QC에서 접종한 균 수(200개) 대비 QC의 평균(55개)로 나누어 균 회수율 비교하였다. 플록 나일론 스왑과 면봉의 전체 균 회수율을 비교한 결과는 Table 1과 같다.

플록 나일론 스왑으로 회수된 균 집락수의 평균은  $13.72 \pm 7.78$  CFU/plate, 중앙값은 14 CFU/plate 이었고, 면봉의 평균은  $3.71 \pm 4.66$  CFU/plate이고 중앙값은 2 CFU/plate로 유의한 차이가 있었다( $p < .001$ ). 플록 나일론 스왑과 면봉의 전체 균 회수율을 비교한 결과, 플록 나일론 스왑 균 회수율 평균은  $23.57 \pm 12.83\%$  이고 면봉의 평균은  $5.7 \pm 7.22\%$ 로 유의한 차이가 있었다( $p < .001$ ).

Table 1. Comparison of Overall Mean Bacterial Colony Count and Recovery Rate for Flocked Nylon Swabs and Cotton Swabs.

(N=90)

Variables	Swabs	Number	Mean±SD	Median	Range	t or U (p-value)*
Colony count (CFU/plate)	Flocked nylon swabs	45	13.72±7.78	14	1-29	252.00(<.001)
	Cotton swabs	45	3.71±4.66	2	0-23	
Recovery rate (%)	Flocked nylon swabs	45	23.57±12.83	22	3-53	206.00(<.001)
	Cotton swabs	45	5.70±7.22	3	0-29	

SD=Standard deviation; CFU=colony forming unit.

\*Mann-Whitney U test.

## 2. 담체 재질에 따른 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율

담체 재질별 플록 나일론 스왑과 면봉으로 회수된 균 집락수와 균 회수율을 비교한 결과는 Table 2, Figure 7과 같다.

스테인리스 담체에서 플록 나일론 스왑으로 회수된 균 집락수 평균은  $10.19 \pm 4.33$  CFU/plate 이었고, 범위는 4-18 (중앙값 10) CFU/plate 이었다. 면봉은  $1.91 \pm 2.08$  CFU/plate 이며, 범위는 0-7 (중앙값 2) CFU/plate 이었다( $p < .001$ ). 나무 담체에서 균 집락수의 평균은 플록 나일론 스왑이  $13.22 \pm 9.18$  CFU/plate 이고 범위는 1-29 (중앙값 17) CFU/plate 로 나타났으며, 면봉은  $2.33 \pm 3.48$  CFU/plate, 범위 0-10 (중앙값 1) CFU/plate 로 나타났다( $p < .001$ ). 인조가죽에서는 플록 나일론 스왑이  $17.96 \pm 7.48$  CFU/plate 이며 범위 5-29 (중앙값 18) CFU/plate 이었고, 면봉은  $5.85 \pm 6.28$  CFU/plate, 범위 1-23 (중앙값 3) CFU/plate 이었다.

플록 나일론 스왑으로 균을 회수했을 때 담체 재질별 균 집락수의 차이가 있는지 확인한 결과, 인조가죽이 스테인리스보다 균 집락수가 유의하게 높았다( $p = .009$ ). 면봉에서도 담체 재질별 유의한 차이가 있었으며, 인조가죽이 스테인리스와 나무보다 균 집락수가 유의하게 높았다( $p = .013$ ).

담체 재질별 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율 비교 시 스테인리스에서 플록 나일론 스왑의 균 회수율 평균은  $18.92 \pm 11.80\%$ 이며 면봉은  $3.84 \pm 4.45\%$  이었다. 나무 담체에서는 플록 나일론 스왑이  $19.95 \pm 9.18\%$ , 면봉은  $3.27 \pm 5.83\%$  이었고, 인조가죽은 플록 나일론 스왑  $31.13 \pm 10.41\%$ , 면봉은  $10.70 \pm 8.66\%$  이었다.

플록 나일론 스왑으로 균을 회수했을 때 담체 재질별 균 회수율의 차이를 비교한 결과, 인조가죽이 스테인리스보다 유의하게 높았다( $p = .017$ ). 면봉에서도 유의한 차이가 있었으며, 인조가죽이 스테인리스와 나무보다 균 회수율이 유의하게 높았다( $p = .006$ ).

스테인리스, 나무, 인조가죽에서 모두 플록 나일론 스왑이 더 높은 균 집락수 및 회수율을 나타내었다( $p < .001$ ).

Table 2. Comparison of Bacterial Recovery Rate between Flocked Nylon Swabs and Cotton Swabs by Types of Carrier

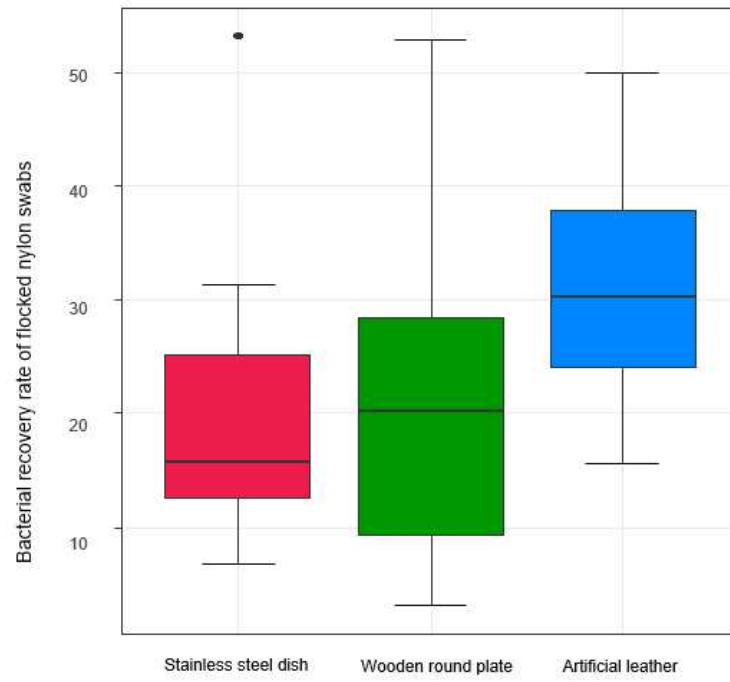
(N=90)

Types of Carrier		Flocked nylon swabs (n=45)		Cotton swabs (n=45)		t or U( <i>p</i> -value) <sup>‡</sup>	
		Colony count (CFU/plate)	Recovery rate (%)	Colony count (CFU/plate)	Recovery rate (%)	Colony count (CFU/plate)	Recovery rate (%)
Stainless steel <sup>a</sup>	Mean±SD	10.19±4.33	18.92±11.80	1.91±2.08	3.84±4.45	7.50(<.001)	11.50(<.001)
	Median	10.00	15.73	2.00	2.25		
	Range	4-18	7-53	0-7	0-13		
Coated wood <sup>b</sup>	Mean±SD	13.22±9.18	19.95±9.18	2.33±3.48	3.27±5.83	29.50(<.001)	23.00(<.001)
	Median	17.00	20.22	1.00	1.12		
	Range	1-29	3-53	0-10	0-18		
Artificial leather <sup>c</sup>	Mean±SD	17.96±7.48	31.13±10.41	5.85±6.28	10.70±8.66	25.50(<.001)	12.50(<.001)
	Median	18.00	30.34	3.00	9.38		
	Range	5-29	16-50	1-23	1-29		
Total	F or H( <i>p</i> )	4.13(.009) <sup>*</sup>	4.15(.017) <sup>*</sup>	8.79(.013) <sup>†</sup>	10.12(.006) <sup>†</sup>		
		(c>a)	(c>a)	(c>a, c>b)	(c>a,b)		

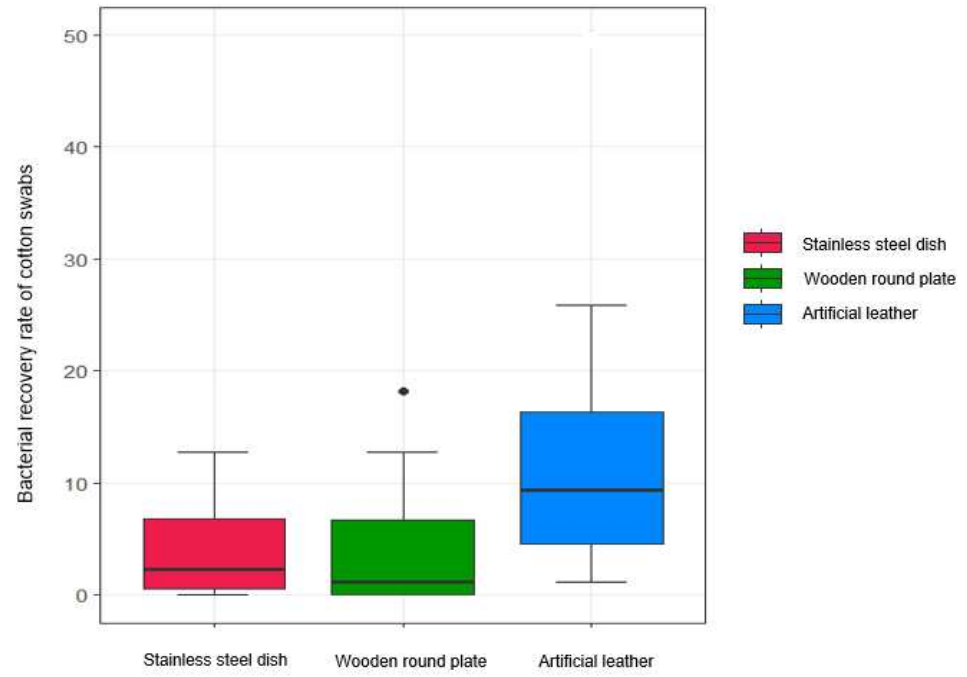
SD=Standard deviation; CFU=colony forming unit.

The Bacterial average was calculated by that colony count of bacteria confirmed on the QC BAP was used as the denominator, and the colony count actually retrieved from the BAP was used as the numerator to calculate the percentage.

<sup>\*</sup>Welch's ANOVA, <sup>†</sup>Kruskal-Wallis test, <sup>‡</sup>Mann-Whitney U test.



7-A Flocked nylon swabs



7-B Cotton swabs

Figure 7. Differences of bacterial recovery rate by carrier material when collected with; flocked nylon swabs (7-A), cotton swabs (7-B).

### 3. 균종에 따른 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율

균종별 플록 나일론 스왑과 면봉으로 회수된 균 집락수와 균 회수율을 비교한 결과는 Table 3, Figure 8과 같다.

*S. aureus*에서 플록 나일론 스왑으로 회수된 균 집락수 평균은  $18.35 \pm 6.23$  CFU/plate 이었고 범위는 6-29 (중앙값 18) CFU/plate 이었다. 면봉은  $2.65 \pm 5.80$  CFU/plate 이며, 범위는 0-23 (중앙값 2) CFU/plate 이었다. *C. albicans*에서는 플록 나일론 스왑이  $6.85 \pm 5.13$  CFU/plate 이며 범위는 1-17(중앙값 6) CFU/plate 이었다. 면봉은  $1.11 \pm 1.37$  CFU/plate 이고 범위는 0-4(중앙값 1) CFU/plate 로 나타났다. *A. baumannii*에서는  $16.17 \pm 7.01$  CFU/plate 이고, 범위는 4-29(중앙값 17) CFU/plate 이었다. 면봉은  $6.22 \pm 4.26$  CFU/plate 이며, 범위는 0-16(중앙값 7) CFU/plate 이었다. 플록 나일론 스왑으로 균을 회수했을 때 균종별 균 집락수의 차이가 있는지 확인한 결과, *S. aureus*와 *A. baumannii*에서 각각 *C. albicans*보다 균 집락수가 유의하게 높았다( $p < .001$ ). 면봉에서도 균종별 유의한 차이가 있었으며, *A. baumannii*가 *C. albicans*보다 균 집락수가 유의하게 높았다( $p = .001$ ).

균종별 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율 비교 시 *S. aureus*에서 플록 나일론 스왑의 균 회수율 평균은  $20.62 \pm 7.00\%$ 이고 면봉은  $2.98 \pm 6.53\%$ 이었다. *C. albicans*에서는 플록 나일론 스왑이  $21.41 \pm 16.04\%$ , 면봉이  $3.47 \pm 4.29\%$  이었고, *A. baumannii*에서는  $29.39 \pm 12.75\%$ , 면봉이  $11.31 \pm 7.74\%$  로 나타났다.

플록 나일론 스왑으로 균을 회수했을 때 균종별 균 회수율에 차이를 비교한 결과, *S. aureus*와 *A. baumannii*에서 각각 *C. albicans*보다 균 회수율이 높은 경향을 보였으나, 유의한 차이는 없었다. 면봉에서는 *A. baumannii*가 *S. aureus*와 *C. albicans*보다 더 높은 회수율을 보였다( $p = .002$ ).

*S. aureus*, *C. albicans*, *A. baumannii*에서 모두 플록 나일론 스왑이 더 높은 균 집락수 및 회수율을 나타내었다( $p < .001$ ).

Table 3. Comparison of Bacterial Recovery Rate for Flocked Nylon Swab and Cotton Swab by Bacterial Species

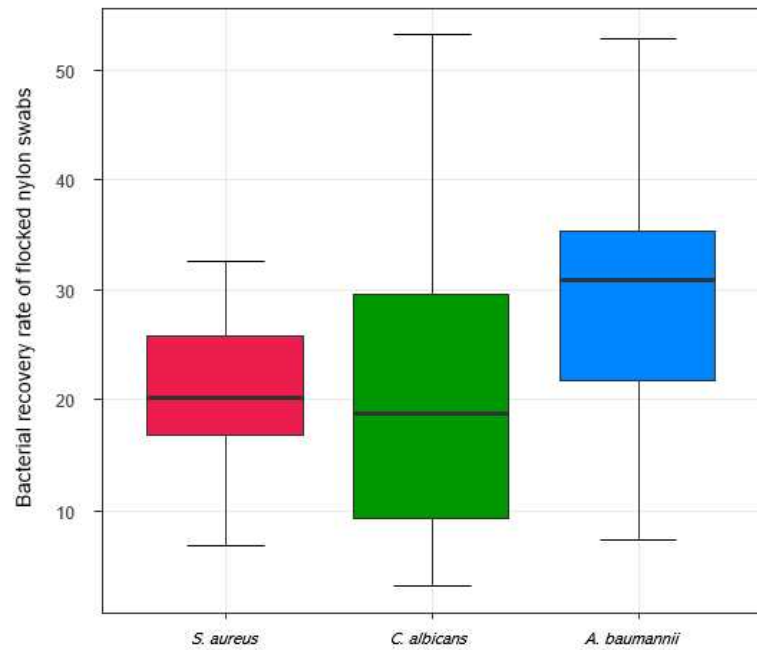
(N=90)

Bacterial species		Flocked nylon (n=45)		Cotton (n=45)		t or U ( <i>p</i> -value) <sup>‡</sup>	
		Colony count (CFU/plate)	Recovery rate(%)	Colony count (CFU/plate)	Recovery rate(%)	Colony count (CFU/plate)	Recovery rate(%)
<i>S. aureus</i> <sup>a</sup>	Mean±SD	18.35±6.23	20.62±7.00	2.65±5.80	2.98±6.53	12.00(<.001)	12.00(<.001)
	Median	18.00	20.22	2.00	2.25		
	Range	6-29	7-33	0-23	0-26		
<i>C. albicans</i> <sup>b</sup>	Mean±SD	6.85±5.13	21.41±16.04	1.11±1.37	3.47±4.29	24.00(<.001)	24.00(<.001)
	Median	6.00	18.75	1.00	3.31		
	Range	1-17	3-53	0-4	0-13		
<i>A. baumannii</i>	Mean±SD	16.17±7.01	29.39±12.75	6.22±4.26	11.31±7.74	26.00(<.001)	26.00(<.001)
	Median	17.00	30.91	7.00	12.73		
	Range	4-29	7-53	0-16	0-29		
Total	F or H( <i>p</i> )	13.98(<.001) <sup>*</sup> (a,c>b)	2.18(.083) <sup>*</sup>	13.71(.001) <sup>†</sup> (c>b)	12.57(.002) <sup>†</sup> (c>a,b)		

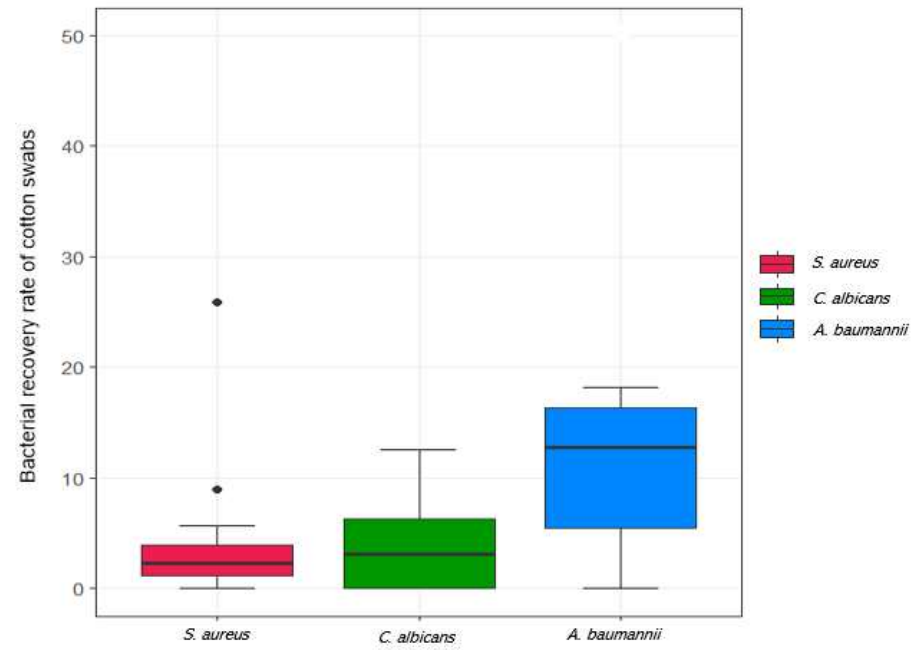
SD=Standard deviation; CFU=colony forming unit.

The Bacterial average was calculated by that colony count of bacteria confirmed on the QC BAP was used as the denominator, and the colony count actually retrieved from the BAP was used as the numerator to calculate the percentage.

<sup>\*</sup>One-way ANOVA, <sup>†</sup>Kruskal-Wallis test, <sup>‡</sup>Mann-Whitney U test.



8-A Flocked nylon swabs



8-B Cotton swabs

Figure 8. Differences of bacterial recovery rate by bacterial species when collected with; flocked nylon swabs (8-A), cotton swabs (8-B).



## V. 논의

국의 선행연구에서는 환경표면에 대한 미생물 배양검사는 수년 전부터 면봉 대신 특수 재질의 스왑을 사용한다고 보고하였으나(Hedin et al., 2010; Hillig et al., 2023; Wise et al., 2021), 국내에서는 환경 표면 청소 및 소독 권고안(2022) 중 환경 감시 검사 프로토콜에 따라 스왑을 이용한 환경배양검사 시 검체 도구로 면봉의 사용을 권장하고 있었다. 이에 본 연구는 실험실 환경에서 의료환경 표면배양검사 시 사용되는 검체 도구를 비교하여 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율에 차이가 있는지 확인하였다.

플록 나일론 스왑과 면봉의 전체 균 회수율을 비교한 결과, 플록 나일론 스왑이 24%, 면봉은 균 회수율이 6%로, 스왑의 균 회수율이 20~60%라고 제시한 선행 연구(Hillig et al., 2023; Wise et al., 2021)와 차이가 있었다. 이는 연구에 사용된 균종과 담체 재질이 다르고 검체 채집 과정에서 균 손실이 발생하는 정도에 따라 결과가 달라지는 경향 때문으로 추측되었다. 하지만 플록 나일론 스왑을 사용하여 검체를 채집하는 것이 면봉보다 높은 균 회수율 및 효율성을 보였다는 선행연구 결과(Dalmaso et al., 2008; Hedin et al., 2010; Hillig et al., 2023; Moore & Griffith, 2007; Wise et al., 2021)와는 일치하였다.

담체 재질별 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율 비교한 결과, 전체적으로 인조가죽에서 균 회수율이 가장 높게 나타났다. 이는 동일한 담체로 진행한 선행 연구가 없어 비교하기 어려우나 인조가죽의 표면이 나무나 스테인리스와 달리 요철이 있기 때문인 것으로 추측되었다. 나무 담체에서는 면봉과 플록 나일론 스왑 모두 회수율이 가장 낮았는데 이 또한 선행연구가 없어 비교하기 어려우나 다른 담체에 비해 나무 합판의 미세한 틈 사이로 균액이 흡수되어 추가적인 균 손실이 발생했기 때문인 것으로 추측되었다.

3가지 균종 모두에서 플록 나일론 스왑에서 더 높은 균 회수율을 보였다. 균종별 비교 시에는 플록 나일론 스왑과 면봉 모두 *A. baumannii*에서 균 회수율이 가장 높았다. 이는 플록 나일론 스왑으로 검체 채집 시 *S. aureus*에서 회수율이 가장 높았다는 선행연구(Dalmaso et al., 2008; Moore & Griffith, 2007)와는 차이가 있었다. 또한 5가지 균종으로 나일론과 폴리우레탄폼 스왑을 이용하여 여러 면적에서의 균 회수율을 비교한 결과 균종별로 차이가 없었다는 선행연구(West et al., 2023)

와도 차이가 있었다. 이는 아직 많은 연구가 수행되지 않았고, 연구 조건이나 방법이 다양하여 균종별 회수율 차이를 규명하기는 아직까지 어렵기 때문으로 추가 연구가 필요하다.

본 실험결과 담체에 접종된 균수가 적절한지 확인하기 위한 QC용 배지를 균종별로 2~4개씩 적용하였는데, 각 QC 배지별로 배양된 균 수에 차이가 있었다. 혈액한천배지에 접종한 균 수 대비 실제 자란 균 수를 비교하기 위해 실시한 본 연구의 QC 결과로 미루어 볼 때, 균액을 희석하는 과정과 정량을 맞춰 담체에 심는 과정, 검체 도구로 균을 다시 회수하는 과정, BAP 배지에 스프레더로 퍼 바르는 과정 등 여러 단계를 거칠수록 균 손실이 발생할 수 있어 결과에 영향을 미칠 수 있는 것으로 추정되었다. 선행연구(Moore & Griffith, 2007)에서도 균 회수율을 비교하는 실험 전 균종별 온도와 균 희석용액 성분, 배양시간에 따라 차이가 있어 정확한 실험 결과를 얻기 위해서는 최적의 배양시간, 수송 용액, 농도, 온도 등을 모두 고려하여 실험하여야 한다고 하였다.

Dalmaso 등(2008)은 분사형 스프레이를 사용하여 36 cm<sup>2</sup>의 담체에 균 액을 분사한 뒤 배양한 결과 접종한 균 수보다 30%가 감소하여 균 회수율 비교 시 감소값을 보정하여 사용하였다고 보고하였다. Thompson 등(2022)은 스펀지로 환경배양검사 시 추출 처리 과정이 많아질수록 자연적으로 사멸되는 세균의 수가 많아지게 되므로 균 회수율이 낮아짐을 확인하였다. 따라서 추후 연구 시 정확한 결과를 위해 실험 전 탁도와 균액 농도를 맞추기 위한 반복 실험 및 표준화된 절차 및 결과 제시 기준을 마련하고, 균 회수율뿐만 아니라 스왑에서의 균 방출율도 함께 비교하는 과정이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 실제 의료환경이 아닌 실험실 환경 내에서 진행된 실험실 연구이며 표본 수가 적어 일반화하기에는 한계가 있다. 또한 국내 선행연구 중 의료환경 표면에 대한 스왑을 이용한 검사방법을 비교하는 선행연구가 없어 국내 의료환경에 대한 연구 결과와 직접적인 비교가 어려웠다.

본 연구에서는 중화제가 함유된 플록 나일론 스왑 제품의 개수와 면봉의 개수를 동일하게 진행하기 위해 1개로 하였는데, 스왑을 이용한 환경배양검사 시 2개의 스왑을 함께 사용해야 한다고 권장(Moore & Griffith, 2007; KDCA., 2022)한 국내 지침 및 선행연구도 있었다. 추후 연구 시 플록 나일론 스왑 2개를 사용하여 면봉과 비교하는 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서 사용된 플록 나일론 스왑은 중화제가 함유된 수송 용액을 사용하므로 소독제의 영향을 받지 않아 균 회수율에 더 유리할 것으로 예상되나, 본 연구에서는 이를 확인하지는 못하였다. 국내 의료환경관리지침(2022)에 따르면 환경 소독 후 검체 채집 시 제조회사에서 권고하는 시간이 종료된 후 검사를 실시하여 소독제의 영향이 없도록 해야 한다고 권장하였다. Chai 등(2018)의 연구에서도 환경 소독 후 환경배양검사 시 잔류된 소독제가 병원균의 배양을 억제할 수 있다고 하여 중화제가 함유된 검체 도구를 사용해야 보다 정확한 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 추후 연구 시 플록 나일론 스왑과 면봉 재질에 대한 비교 뿐만 아니라, 중화제가 함유된 수송 용액에 따른 균 회수율 비교에 대한 연구도 필요하다.

본 연구는 국내에서 처음으로 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율을 담체 재질별, 균종별로 비교해 봄으로써 균 회수율에 차이가 있음을 확인했다는 점에서 의의가 있다. 실제 임상 환경표면에서도 스왑을 이용한 환경배양검사 시 표면의 재질 및 균종, 스왑의 종류, 소독제 영향에 따른 중화제 사용 여부 등 검사하고자 하는 목적에 맞춰 적절한 재질의 스왑을 선택하여 사용하는 필요성에 대해 검토할 필요가 있겠다. 더불어 국외에서는 이미 널리 사용 중인 플록 나일론 스왑을 국내에 도입하기 위해 의료환경 표면배양검사 시 적절한 검체 도구 사용의 필요성과 비용 효과 측면에 대한 지원과 논의가 필요하다.

## VI. 결론 및 제언

실험실 환경에서 스왑을 이용한 의료환경 표면배양검사 시 플록 나일론 스왑이 면봉보다 균 회수율이 더 높았으며, 담체 재질별, 균종별로 비교했을 때에도 플록 나일론 스왑이 면봉보다 균 회수율이 더 높았다. 본 연구결과는 스왑을 이용한 국내 의료환경 표면배양검사 시 검사하고자 하는 목적에 맞춰 적절한 재질의 스왑을 선택하도록 하는 기준을 개발하는데 도움이 될 것이다. 본 연구의 제언은 다음과 같다.

첫째, 실험실 환경이 아닌, 실제 국내 임상환경에서 의료환경 표면배양검사 시 더 적합한 스왑 재질을 확인하기 위한 플록 나일론 스왑과 면봉의 균 회수율을 비교하는 추가 연구가 필요하다.

둘째, 스왑 재질에 따른 차이 외에도 스왑 회수율에 큰 영향을 미치는 환경 소독제에 대한 평가와 이를 중화시키는 중화제가 포함된 수송 용액을 사용한 스왑의 이점을 평가하기 위한 추가 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- Chai, J., Donnelly, T., Wong, T., & Bryce, E. (2018). Environmental sampling of hospital surfaces: Assessing methodological quality. *Canadian Journal of Infection Control*, 33(3), 138-145.
- Centers for Disease Control and Prevention(2003). *CDC guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. (December 14, 2023) Retrieved March 1, 2024 from <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/index.html>
- COPAN, Murrieta, Italy. *FLOQSwabs® Flocked Swabs*. (2024) Retrieved May 2, 2024. from <https://www.copanusa.com/products/flocked-swabs-traditional-swabs/flogswabs-flocked-swabs/>
- Dalmaso, G., Bini, M., Paroni, R., & Ferrari, M. (2008). Qualification of high-recovery, flocked swabs as compared to traditional rayon swabs for microbiological environmental monitoring of surfaces. *Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 62(3), 191-199.
- Dancer, S. J. (2009). The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. *Journal of Hospital Infection*, 73(4), 378-385.
- Doll, M., Stevens, M., & Bearman, G. (2018). Environmental cleaning and disinfection of patient areas. *International Journal of Infectious Diseases*, 67, 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.10.014>
- Faires, M. C., Pearl, D. L., Berke, O., Reid-Smith, R. J., & Weese, J. S. (2013). The identification and epidemiology of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Clostridium difficile* in patient rooms and the ward environment. *Biomedcentral Infectious Diseases*, 13(1), 342-355. <http://www.biomedcentral.com/1471-2334/13/342>

- Hedin, G., Rynbäck, J., & Loré, B. (2010). New technique to take samples from environmental surfaces using flocked nylon swabs. *The Journal of Hospital Infection*, 75(4), 314 - 317. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2010.02.027>
- Hillig, N., Hamedy, A., & Koethe, M. (2023). *Listeria monocytogenes* detection on food contact surfaces: suitability of different swab materials. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 18, 443-450. <https://doi.org/10.1007/s00003-023-01454-9>
- 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.
- Huslage, K., Rutala, W. A., Sickbert-Bennett, E., & Weber, D. J. (2010). A quantitative approach to defining "high-touch" surfaces in hospitals. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 31(8), 850-853. <https://doi.org/10.1086/655016>
- Jeong, S. Y., Kim, O. S., Choi, J.Y., Ga, H., Chae, H. J., & Lee, S. (2022). Survey of environmental surface cleaning and disinfection practices in domestic healthcare facilities. *Korean Journal of Healthcare-associated Infection Control and Prevention*, 27(2), 141-152. <http://dx.doi.org/10.14192/kjnic.2015.20.1.1>
- Kim, J. Y. (2021). *Evaluation of carbapenem-resistant gram-negative bacterial contamination and environmental disinfection efficacy in patient rooms of carbapenem-resistant gram-negative bacterial carriers using ATP measurement and microbial culture tests*. [Unpublished master's thesis]. University of Ulsan, Ulsan.

Kim, Y. A., Lee, H. M., & Lee, K. W. (2015). *Hospital-acquired pathogens : Hospital environmental contamination and infection control*. Korea Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *Practical guidelines for infection control in health care facilities*. Cheongju : Korea Centers for Disease Control and Prevention.

Korean Association for Hospital Infection Control (2017). *Infection Control in Healthcare Facilities (5th ed.)*, Seoul: Hanmi Medical Publishers, 953-955.

Korean Association for Hospital Infection Control (2023). *Infection Control in Healthcare Facilities (6th ed.)*, Seoul: Koonja Publishers, 306-309.

Korean Association for Healthcare-associated Infection Control (2022). *Infection control in healthcare setting : Environmental culturing test*. 306-308, Gyeonggido: Gunja Publishing.

Korea Disease Control and Prevention Agency (2017). *Guidelines for disinfection and sterilization in healthcare facilities. Guidelines for the prevention and control of infection in healthcare*, 211-255. Retrieved September 2, 2023. from <https://www.ksid.or.kr/board/list.html?num=2758&start=0&sort=top%20desc,thread%20desc,pos&code=pds&key=&keyword=>

Korea Disease Control and Prevention Agency (2022). *Guidelines for environmental surface cleaning and disinfection in healthcare facilities*, 107-111. Retrieved September 2, 2023. from [https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20507020000&bid=0019&act=view&list\\_no=721604](https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20507020000&bid=0019&act=view&list_no=721604)

- Lee, H. B. (2023). *The effects of standardized terminal disinfection education and sequential application of hydrogen peroxide-based room disinfection on reducing environmental contamination in patient rooms of carbapenem-resistant gram-negative bacterial carriers*. [Unpublished master's thesis]. University of Ulsan, Ulsan.
- Madsen, A. M., Phan, H. U., Laursen, M., White, J. K., & Uhrbrand, K. (2020). Evaluation of methods for sampling of *Staphylococcus aureus* and other *Staphylococcus* species from indoor surfaces. *Annals of Work Exposures and Health*, 64(9), 1020-1034.
- Moore, G., & Griffith, C. (2007). Problems associated with traditional hygiene swabbing: the need for in house standardization. *Journal of Applied Microbiology*, 103(4), 1090-1103. <http://dx.doi.org/10.14192/kjnic.2015.20.1.1>
- Ontario Agency for Health Protection and Promotion [Public Health Ontario] & Provincial Infectious Diseases Advisory Committee [PIDAC], (2018), Best practices for environmental cleaning for prevention and control of infections in all health care settings (3rd ed.), 87-89. Retrieved September 5, 2023. from <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/b/2018/bp-environmental-cleaning.pdf>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1086/660363>
- Park, C., Jung, N., Yang, M., Kim, H., Joo, S., Kim, G et al., (2018). Study on the standardization of a surveillance culture laboratory in infection control fields. *Journal of the Korean Society for Clinical Laboratory Science*, 50(3), 359-369. <https://doi.org/10.15324/kjcls.2018.50.3.359>



- Park, S., Lee, J., Kim, E., Kwak, S., Hong, M., Lim, Y et al.,(2021). Comparison of the effect of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* removal using ultraviolet and hydrogen peroxide-based room disinfection devices in healthcare facility environmental disinfection. *Korean Journal of Healthcare-associated Infection Control and Prevention*, 26(1), 31-38. <https://doi.org/10.14192/kjicp.2021.26.1.31>
- Rawlinson, S., Ciric, L., & Cloutman-Green, E. (2019). How to carry out microbiological sampling of healthcare environment surfaces? A review of current evidence. *Journal of Hospital Infection*, 103(4), 363-374. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.07.015>
- Thompson, S. C., Rutala, W. A., Sickbert-Bennett, E. E., DiBiase, L. M., Anderson, D. J., & Weber, D. J. (2022). A comparison of methods for microbiologic environmental sampling. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 44(9), 1-3. <https://doi.org/10.1017/ice.2022.270>
- West, R. M., Shams, A. M., Chan, M. Y., Rose, L. J., & Noble-Wang, J. A. (2023). Surface area matters: An evaluation of swabs and surface area for environmental surface sampling of healthcare pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 44(5), 834-836. <https://doi.org/10.1017/ice.2022.101>
- Wise, N. M., Wagner, S. J., Worst, T. J., Sprague, J. E., & Oechsle, C. M. (2021). Comparison of swab types for collection and analysis of microorganisms. *Microbiology Open*, 10(e1244), 1-7. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1244>

## 부록 1. 예비실험 절차와 실험 결과

### 1차 예비실험

#### 1) 목적

- flocked nylon swab과 면봉의 균회수율 비교 본 실험 전, 원형 담체특성 및 면적에 따른 적정 균 수 접종에 대한 평가
- 담체의 멸균 상태 점검 및 검체 채집과정의 편차를 최소화 하기 위한 방법 마련
- 검체 채집 시 bias 제거를 위해 연구자 1인이 동일한 방법으로 채집함.

#### 2) 일시 : 2024. 01. 25.(목)

#### 3) 준비물품(Figure 1)

- (1) 검체 채집도구 : 플록 나일론 스왑, 면봉
- (2) 균주 도포용 담체 : 고압 스팀 멸균처리 된 스테인리스 스틸(stainless steel) 소재의 지름 14.7cm, 높이 약 1.5cm의 접시, 자작나무 합판으로 제작한 두께 1.2cm, 지름 7cm의 원형 나무판, 50cmx40cm (2,000 cm<sup>2</sup>) 넓이의 인조가죽을 지름 5cm의 원형(전체면적 19.6 cm<sup>2</sup>)으로 잘라 준비하였다.
- (3) 예비실험 균종
  - *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213)
  - 1 mL당 배양 균수: 10<sup>6</sup>개, 10<sup>5</sup>개, 10<sup>4</sup> 개
- (4) 검체 채집 개수 및 코드(Table 1)
  - 총 검체 수 : 18개(스왑 2가지, 담체 3가지, 균농도 3가지, 1회 반복 실험)
  - 검체코드 부여순서: 담체(S/W/L) - 균수(3,4,5,6) - 채집도구(F/C)  
: 스테인리스 스틸(S), 나무(W), 인조가죽(L), 균수 10<sup>6</sup>,10<sup>5</sup>,10<sup>4</sup> 개



Figure 1. 실험 전 준비.

Table. 1 담체, 균의 농도, 스왑 종류에 따른 검체코드

스왑종류	균종류	담체종류	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>
Cotton swab	<i>S. aureus</i>	인조가죽(L)	10(L5C)	11(L4C)	12(L3C)
		스테인리스(S)	13(S5C)	14(S4C)	15(S3C)
		나무(wood)	16(W5C)	17(W4C)	18(W3C)
스왑종류	균종류	담체종류	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>
Flocked nylon	<i>S. aureus</i>	인조가죽(L)	1(L5F)	2(L4F)	3(L3F)
		스테인리스(S)	4(S5F)	5(S4F)	6(S3F)
		나무(wood)	7(W5F)	8(W4F)	9(W3F)

#### 4) 실험방법

고압 스팀멸균한 의료환경 표면을 대표하는 3가지 재질의 담체(스테인리스 스틸, 나무, 인조가죽)를 3가지 농도의 *S. aureus* 배양액을 지름 5 cm 원의 경계선 안쪽 표면에 탁도 0.5 McFarland( $\sim 10^8$  CFU/mL) 맞춘 균액의 10 $\mu$ l 도포 후 loop를 이용하여 균일하게 퍼바른다. 이때 사용되는 스프레더가 약 4 cm 정도이므로 경계선 밖으로 벗어나지 않도록 주의하여 바른다. 면적당 각 담체에 도포되는 균 수는 도포 후 액체 건조시간을 고려하여 10  $\mu$ l로 제한하며, 피펫으로 정량의 균종을 준비된 담체에 도포한 뒤 1분 동안 자연 건조시킨다.

5) 실험결과

Table 2. 1차 예비실험 접종 균수 대비 스왑과 담체 종류별 배양 결과(사진)



















접종균수		10 <sup>5</sup> (CFU/mL)		10 <sup>4</sup> (CFU/mL)		10 <sup>3</sup> (CFU/mL)	
		FL swab	cotton	FL swab	cotton	FL swab	cotton
담체	인조가죽						
	스테인리스						
	나무						

Table 3. 1차 예비실험 접종 균수 대비 스왑과 담체 종류별 배양 결과(균수 결과표)

cotton swab	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>
나무(wood)	450개/CFU	TMTC 개/CFU	116개/CFU
스테인리스스틸(S)	16개/CFU	22개/CFU	17개/CFU
인조가죽(L)	TMTC개/CFU	232개/CFU	16개/CFU
FL swab	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>
나무(wood)	TMTC개/CFU	500개/CFU	6개/CFU
스테인리스스틸(S)	TMTC개/CFU	65개/CFU	29개/CFU
인조가죽(L)	600개/CFU	382개/CFU	128개/CFU

\*TMTC = too many too count

6) 결론

- 배지에 심은 만큼 균일하게 균 회수율 감소가 보이는 담체는 인조가죽임.
- 대체적으로 접종한 균 수 대비 실제 배지에 균이 많이 자라 10<sup>2</sup>개까지 추가하여 총 4가지 균 농도 및 인조가죽으로 2차 예비실험을 시행하기로 함.

## 2차 예비실험

- 1) 일시 : 2024. 02. 07.(수)
- 2) 예비실험 준비 및 방법(1차 예비실험과 다른 점)
  - (1) 예비실험 균종 : *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213)
  - (2) mL당 배양 균수:  $10^6$ 개,  $10^5$ 개,  $10^4$ ,  $10^3$ 개 → 총 검체 수 : 32개
  - (3) 대상 균종을 탁도 0.5 McFarland ( $\sim 10^8$  CFU/ml)로 맞춘 균액을 1mL 당  $10^6$ 개,  $10^5$ 개,  $10^4$ 개,  $10^3$ 개로 맞춰 준비한다.
  - (4) 2차 예비실험에서는 담체에 접종하는 균액의 양을  $10\ \mu\text{l}$ ,  $100\ \mu\text{l}$  두가지로 시행하여 비교한다.
  - (5) 준비된 균종을 스프레더를 사용하여 담체에 전체적으로 균일하게 퍼 바른다.  
(50회씩 모든 방향) 이때 사용되는 스프레더\*가 약 4cm 정도이므로 담체 밖으로 벗어나지 않도록 주의하여 바른다. (\*1차에서는  $10\ \mu\text{l}$ 를 loop를 사용함.)
  - (6) 최종적으로 5% BAP (sheep blood agar plate)에  $100\ \mu\text{l}$ 를 부어 접종한다.  
(실제 배지에 접종되는 균수는  $10^5$ ,  $10^4$ ,  $10^3$ ,  $10^2$ 개임)

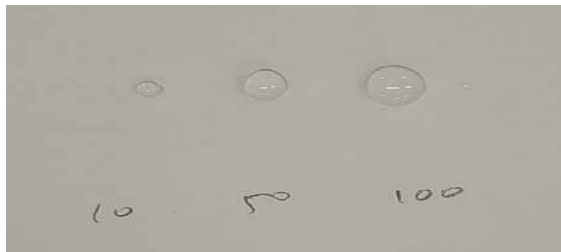
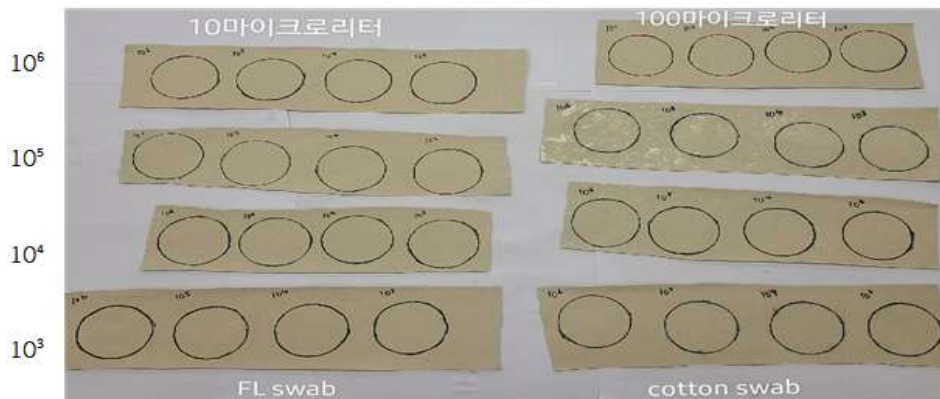


Figure 2. 담체에 접종하는 균액의 크기(왼쪽부터  $10\ \mu\text{l}$ ,  $50\ \mu\text{l}$ ,  $100\ \mu\text{l}$ ).



→  $10\ \mu\text{l}$ ,  $100\ \mu\text{l}$  두가지로 나눠 담체에 스프레더를 사용하여 고르게 퍼바른 뒤 비교

Figure 3. 접종한 균수에 따른 건조시간 비교.

### 3) 실험결과

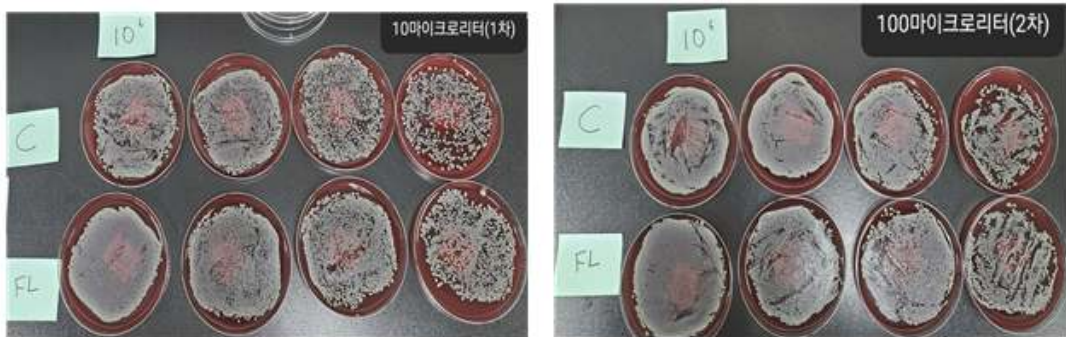


Figure 4. 2차 예비실험 접종 균수 대비 스왑별 배양 결과(사진)

### 4) 결론

- 심은 균의 수 대비 감소하는 추이를 보이나, 균의 수가 너무 많아 정확한 비교가 어려워 3차 예비실험에서는 가장 높은 농도를  $10^6 \rightarrow 10^5$ 으로 낮춰 시행, 담체 접종 후 건조시간도 고려하여  $10 \mu\text{l}$  균액으로 시행하기로 함.
- 접종한 균 수 대비 너무 많은 균이 자라 정확한 원인 규명이 필요함.
  - 담체에 균 옮길 때 같은 농도는 같은 피펫 사용하여 일정한 농도가 아닌 남아 있는 균이 다음 담체에 더해져 더 많은 균이 자랐을 수 있음.
  - 고압스팀멸균 후 담체 확인시 물기가 남아 있었던 거로 보아 멸균 과정에서 제대로 멸균이 되지 않았을 가능성 있다. 실험의 정확도를 높이기 위해 담체 멸균 전 세척 후 건조하여 적합한 멸균포에 포장한 뒤 진행하기로 함.
  - 균액 희석과정에서 실험자의 오차로 균 농도를 10배 더 많이 넣었을 가능성이 있음.
- 담체 재질 차이에 따른 균의 농도와 균액 크기 결정을 위해 담체를 추가하여 3차 예비실험을 시행하기로 함.
- 균종별 각각 다른 날짜에 시행, 한 실험당 3회씩 반복하여 실험하여 스왑의 종류에 따른 차이만 비교할 수 있도록 다른 bias를 줄임.

## 3차, 4차 예비실험

1) 일시 : 2024. 02. 08.(목)

2) 예비실험 균종 및 준비(2차 예비실험과 다른 점)

(1) 균 농도(1 mL당 균 수) :  $10^4$  (10,000)개,  $10^3$ 개,  $10^2$ 개 총 3가지

(2) 총 검체 수 : 54개(스왑 2가지, 담체 3가지, 균농도 3가지, 3회 반복 실험)

(3) 각 담체마다 균 접종 후 스프레더로 퍼바를 때 매번 새로운 스프레더 사용

(4) 멸균과정 점검 후 실제 중앙공급실에서 사용 중인 멸균포를 구매하여  
담체포장, 멸균 전 물과 세제로 세척과정을 추가함.

3) 실험 결과

Table 4. 3차 예비실험 접종 균수 대비 스왑과 담체 종류별 배양 결과(사진)



















접종균수		10 (CFU/mL)		100 (CFU/mL)		1000 (CFU/mL)	
		FL swab	cotton	FL swab	cotton	FL swab	cotton
담체	인조가죽						
	스테인리스						
	나무						

Table 5. 3차 예비실험 접종 균수 대비 스왑과 담체 종류별 배양 결과(균수 결과표)

FL swab	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
나무(wood)	411개/CFU	TMTC 개/CFU	TMTC 개/CFU
스테인리스스틸(S)	333개/CFU	736개/CFU	TMTC 개/CFU
인조가죽(L)	TMTC개/CFU	912개/CFU	TMTC 개/CFU



Figure 5. 4차 예비실험 접종 균수 대비 스왑과 담체 종류별 배양 결과(사진)

#### 4) 결론

- 균액 조제과정에서 농도 희석에 다소 문제가 있어 심은 균수 대비 균이 많이 자라 유의미한 결과는 아니지만, 농도가 증가할수록 균이 많이 자라 회수율 비교는 가능하였으며, 담체에 따라 비교시, 회수율이 가장 좋은 담체는 나무 → 인조가죽 → 스테인레스로 확인됨.
- 플록 나일론이 면봉보다 균 회수율이 높은 결과를 보였으나, 접종하는 균액 희석과정의 정확도를 높이기 위해 4차 예비실험시 quality control test를 같이 시행하여 비교하여 시행함.
- Quality control (QC) 결과 1000개에서 약 900개, 100개 중 92개, 10개 중 9개 배양 되었음. 이는 선행연구에 따라 스왑의 균회수율이 10-20%임을 고려하였을 때 비슷한 회수율을 보임.
- 4차 예비실험 결과, 100개 이상의 균은 직접 세어 비교하기 어렵고, 스왑의 균 회수율이 평균 20% 내외임을 고려하여 10<sup>2</sup>(100개) 단일농도로 진행하기로 결정함.



## 5차 예비실험

1) 일시 : 2024. 04. 03.(수)

2) 예비실험 균종 및 준비(4차 예비실험과 다른 점)

5차 예비실험은 *S. aureus* 본 실험 이후에 시행함. 실험에 사용된 균종은 *C. albicans*로, *S. aureus*와 같은 방법으로 본 실험 진행 시 접종한 균 수 대비 배지에 실제 확인되는 균 집락수가 약 20분의 1로 급감하여 적절한 균액 농도 및 검사방법을 확인하기 위해 5가지 방법으로 QC를 시행함.

3) 실험 방법 및 결과

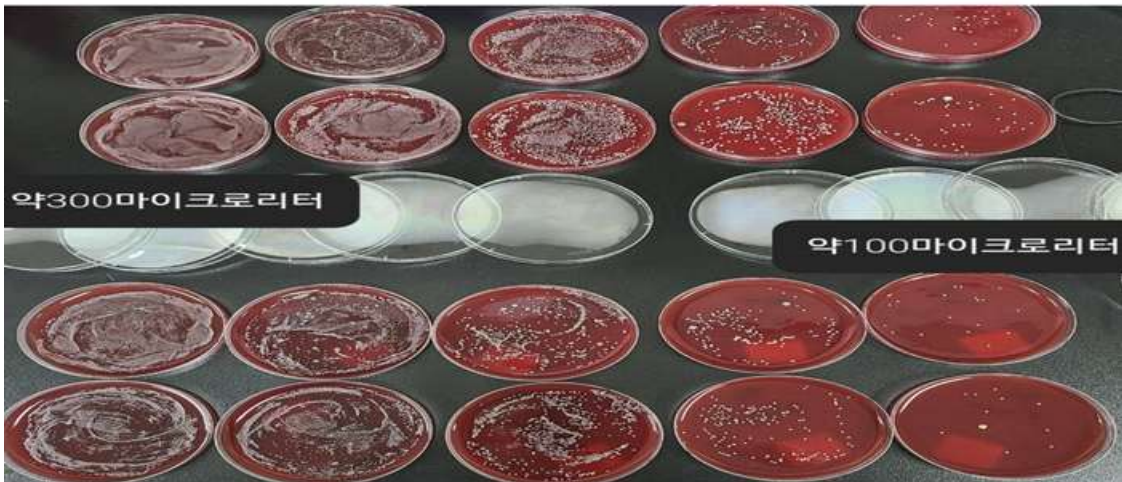


Figure 6. 5차 예비실험 접종 균수 대비 배양 결과(사진)

(1) QC test (100  $\mu$ l를 BAP에 접종함.)

:  $10^7$   $10^6$   $10^5$   $10^4$   $10^3$  농도  $\rightarrow$  100  $\mu$ l만 배지 접종(= $10^6$   $10^5$   $10^4$   $10^3$   $10^2$ )

100 $\mu$ l	$10^6$	$10^5$	$10^4$	$10^3$	$10^2$
1번	TMTC	TMTC	1000개 이상	158	20
2번	TMTC	TMTC	1000개 이상	176	11

▶ 결과 : 1000개( $10^3$ ) 대비 평균 167개, 100개( $10^2$ ) 대비 평균 16개 배양됨.(약 1/10로 감소)

\*\*\*QC test(약 300  $\mu$ l를 BAP에 접종) :  $10^7$   $10^6$   $10^5$   $10^4$   $10^3$  농도

$\rightarrow$  100  $\mu$ l만 배지 접종(= $10^6$   $10^5$   $10^4$   $10^3$   $10^2$ )

300 $\mu$ l	$10^6$	$10^5$	$10^4$	$10^3$	$10^2$
1번	TMTC	TMTC	TMTC	약 600	52
2번	TMTC	TMTC	TMTC	310	48

▶ 결과 :  $3 \times 10^3$  대비 평균 455개,  $3 \times 10^2$  대비 평균 50개 배양됨(약 1/6로 감소)

(2) QC test ( $10^3$  중에서  $100 \mu\text{l}(=10^2)$ )를 인조가죽 담체에 접종함.)

: Flocked nylon swab으로 채집 -> 1 mL BAP 접종

: 담체에 균액  $100 \mu\text{l}$ 를 접종한 뒤 스프레더를 이용하여 1분간 펴바른 뒤

1시간 이상 자연건조시킴, 채집 후 수송용액을 10초간 vortexing 후 1 mL를 모두 BAP 배지에 부어(sour) 스프레더를 이용하여 2분간 펴바른 뒤 30분 이상 자연건조 후 온도 37도로 설정된 incubator에 넣어 약 40시간 배양함.

100 $\mu\text{l}$ (FL 1 mL)	100개	결과(평균)
1번	12	10개(약 1/10)
2번	7	



(3) QC test( $10^5$  중에서  $10 \mu\text{l}(=10^3)$ 에 NS 0.99 mL 희석)

: 희석한  $10^3$ 에서  $100 \mu\text{l}$ 만 배지 접종(=최종 100개)

100 $\mu\text{l}$ ( $10^3$ 희석)	100개	결과(평균)
1번	32	34개(1/3)
2번	36	

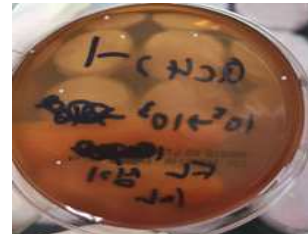
※오염된 균이 자랐을 가능성 있음※



(4) QC test( $10^5$  중에서  $10 \mu\text{l}(=10^3)$ )를 인조가죽 담체에 접종)

: Flocked nylon swab으로 채집 -> 1 mL BAP 접종

100 $\mu\text{l}$ ( $10^3$ 희석)	결과
1번	7개(1/143)



#### 4) 결론

- 배양될 것으로 기대되는 균수 대비 실제 자란 균수를 비교하는 QC 실험 결과로 미루어볼 때 처음 균을 배지에 키운 colony 내 실제 살아있는 균의 수가 멸균 생리심역수에 균액을 희석하는 과정과 정량을 맞춰 담체에 심는 과정, 검체 도구(스왑)로 균을 다시 회수하는 과정, BAP 배지에 스프레더로 펴바르는 과정 등 여러 단계를 거칠수록 균 손실이 발생함.
- 실험 전 배양된 배지 내 colony에서 균을 회수하여 탁도를 정량으로 맞춰 균액을 희석하더라도 배지에 자란 colony에는 실제 살아있는 균과 이미 죽어 colony만 형성되어있는 균이 섞여있으며 육안으로 구분할 수 없음. 이에 심은 균수(배양될 것으로 기대되는 균수)보다 실제 자란 균 수는 현저히 떨어져 차이가 있을 수 밖에 없으며, 실제 희석 농도 당 살아있는 균만 정확히 확인하기

위해서는 액체 배지에 균종별로 특성을 비교하여 여러번 반복 실험한 뒤 실제 살아있는 균 집락이 가장 잘 자라는 정확한 배양시간과 적정 온도까지 고려해야함(Hillig et al., 2023). 하지만 본 실험에서는 어려움이 많아 적정 시간과 온도를 고려하기 위한 반복 실험은 진행하지 못하였음.

## 부록 2. 본 실험 결과

### 1. *S. aureus*

1) 일시 : 2024.03.11.(월)

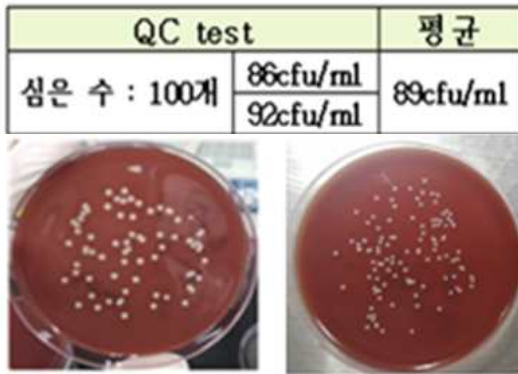


Figure 1. 실험 전, 후 균 희석액에서 배양한 *S. aureus* QC 결과

Tabel 1. 스왑과 담체 종류별 *S. aureus* 배양 결과(집락수, 회수율)

<i>S. aureus</i>	스테인리스(S)	나무(W)	인조가죽(L)		스테인리스(S)	나무(W)	인조가죽(L)
플록 나일론 flocked nylon				면 봉 cotton			
	6cfu/plate	23cfu/plate	29cfu/plate		2cfu/plate	0cfu/plate	23cfu/plate
	13cfu/plate	17cfu/plate	17cfu/plate		1cfu/plate	1cfu/plate	5cfu/plate
	18cfu/plate	16cfu/plate	24cfu/plate		1cfu/plate	4cfu/plate	1cfu/plate
10cfu/plate	23cfu/plate	19cfu/plate	2cfu/plate	8cfu/plate	3cfu/plate		
14cfu/plate	18cfu/plate	27cfu/plate	0cfu/plate	0cfu/plate	2cfu/plate		
평균값	12	20	23		1.2	2.6	6.8
회수율	14%	23%	27%		1%	3%	9%

## 2. *C. albicans*

1) 일시 : 2024. 04. 09.(화)






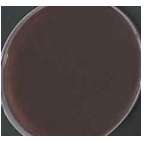
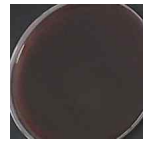


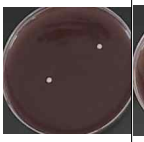


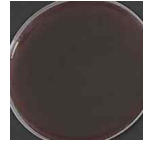
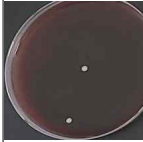
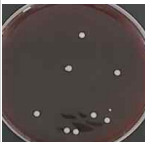


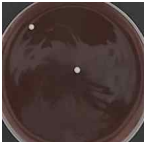
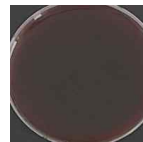
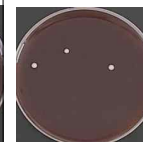

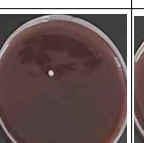

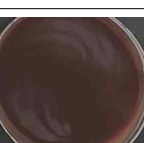

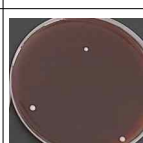

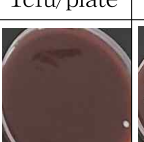

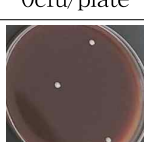
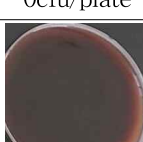
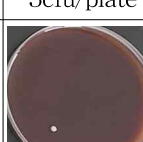
QC test(35+38+28+26/4=32)		
1번		10 <sup>8</sup> 중 20 µl(2x10 <sup>4</sup> )
		350      380
2번		20 µl(2x10 <sup>4</sup> )를 NS 1ml에 희석하여 100µl
		28      26

Figure 2. 실험 전, 후 균 희석액에서 배양한 *C. albicans* QC 결과

Tabel 2. 스왑과 담체 종류별 *C. albicans* 배양 결과(집락수, 회수율)

<i>C. albicans</i>	스테인리스(S)	나무(W)	인조가죽(L)		스테인리스(S)	나무(W)	인조가죽(L)
플록 나일론 flocked nylon				면 봉 cotton			
	10cfu/plate	4cfu/plate	6cfu/plate		0cfu/plate	0cfu/plate	2cfu/plate
							
	8cfu/plate	2cfu/plate	5cfu/plate		1cfu/plate	0cfu/plate	2cfu/plate
							
	9cfu/plate	2cfu/plate	12cfu/plate		2cfu/plate	0cfu/plate	3cfu/plate
							
4cfu/plate	1cfu/plate	9cfu/plate	0cfu/plate	0cfu/plate	3cfu/plate		
							
10cfu/plate	1cfu/plate	10cfu/plate	4cfu/plate	0cfu/plate	1cfu/plate		
평균값	10	2	10		1.4	0	2
회수율	31%	6%	31%		4%	0%	6%

### 3. *A. baumannii*

1) 일시 : 2024. 04. 11.(목)

QC test(45+50+63+60/4=55)			
1번		10 <sup>5</sup> 중 20 μm(2x10 <sup>3</sup> )	
		450	500
2번		20 μm(2x10 <sup>3</sup> )를 NS 1ml에 희석하여 100μm	
		63	60

Figure 3. 실험 전, 후 균 희석액에서 배양한 *A. baumannii* QC 결과

Tabel 3. 스왑과 담체 종류별 *A. baumannii* 배양 결과(집락수, 회수율)

<i>A. baumannii</i>	스테인리스(S)	나무(W)	인조가죽(L)		스테인리스(S)	나무(W)	인조가죽(L)
플록 나일론 flocked nylon				면 봉 cotton			
	14cfu/plate	18cfu/plate	27cfu/plate		4cfu/plate	1cfu/plate	10cfu/plate
	7cfu/plate	17cfu/plate	21cfu/plate		2cfu/plate	7cfu/plate	10cfu/plate
	4cfu/plate	29cfu/plate	22cfu/plate		5cfu/plate	2cfu/plate	9cfu/plate
	12cfu/plate	12cfu/plate	18cfu/plate		0cfu/plate	6cfu/plate	8cfu/plate
	8cfu/plate	18cfu/plate	16cfu/plate		7cfu/plate	10cfu/plate	16cfu/plate
평균값	9	21	21		4	7	10
회수율	16%	38%	38%		7%	13%	18%

## Abstract

# A Comparison of Bacterial Recovery Rate Between Flocked Nylon Swab and Cotton Swab for Healthcare Environmental Surface Sampling

Lim, Ha young

Department of Clinical Nursing  
The Graduate School of Industry

Directed by Professor

Jeong, Jae Sim, RN, PhD.

**Purpose:** The aim is to determine the difference in bacterial recovery rates for healthcare environmental surface sampling using flock nylon swabs and cotton swabs. Additionally, to identify appropriate sampling tools for healthcare environmental surface to provide a basis for standardizing guidelines for healthcare environmental surface sampling methods.

**Method:** This laboratory investigation study aims to determine if there is a difference in bacterial recovery rates depending on the type of swab used (flock nylon swab or cotton swab) for healthcare environmental surfaces sampling contaminated with three bacterial species (*S. aureus*, *C. albicans*, *A. baumannii*) on carriers (stainless steel, wood, artificial leather). Before the experiment, each bacterial species was dispersed in phosphate-buffered saline at pH 7.4 and adjusted to a turbidity of McFarland 0.5. Inoculum containing  $10^5$  CFU in 1 mL was applied onto a sterilized surface area of 19.6 cm<sup>2</sup> in a circular shape with a diameter of 5 cm using a pipette (10 µL for *S. aureus*, 20 µL for *C. albicans* and

*A. baumannii*). Swabs taken from the contaminated surfaces were cut and placed in a moist solution with neutralizer for flock nylon swabs, and in a test tube containing 1 mL of sterilized saline for cotton swabs. A total of 90 samples were collected by conducting 5 replicate experiments for each bacterial species and carriers. Upon arrival at the microbiology laboratory, the collected samples were streaked onto BAP using a pipette (100  $\mu$ L) and spread with a spreader. The plates were then incubated at 37°C for 24 hours for *S. aureus* and *A. baumannii*, and 72 hours for *C. albicans*. The colony counts of the grown bacteria were visually confirmed. The mean and standard deviation of CFU/plate were calculated for each bacterial species and carriers, and compared using ranges and medians. Bacterial recovery rates were calculated as a percentage by using the average colony counts from Quality Control agar plates as the denominator and the colony counts from BAP as the numerator. The bacterial recovery rates between flock nylon swabs and cotton swabs were analyzed using the Mann-Whitney U test due to the non-normal distribution of the separated bacteria from cotton swabs.

Results : The average number of bacterial colonies on all flocked nylon swabs was  $13.72 \pm 7.78$  CFU/plate and the average on cotton swabs was  $3.71 \pm 4.66$  CFU/plate ( $p < .001$ ). the median was 2 CFU/plate. In results of overall bacterial recovery rate, the average of flocked nylon swabs was  $23.57 \pm 12.83\%$  and the average of cotton swabs was  $5.7 \pm 7.22\%$ , This was statistically significant. ( $p < .001$ ). There were also differences between flocked nylon swabs and cotton swabs depending on the carrier materials (stainless steel, wood, and artificial leather), All of carriers was that the flock nylon swab showed a higher bacterial recovery rate than cotton swabs, this was statistically significant ( $p < .001$ ).

Among the three carriers, artificial leather showed the highest bacterial recovery rate, while wood and stainless steel showed similar results. Additionally, when bacterial recovery was performed with flock nylon swabs, there was a statistically significant difference between the carrier's materials, with artificial leather significantly higher than stainless steel ( $p = .023$ ). In the case of cotton swabs,



artificial leather showed significantly higher bacterial recovery rates than both stainless steel and wood ( $p = .006$ ).

When comparing the bacterial recovery rates between flock nylon swabs and cotton swabs for each strain, all three strains showed higher bacterial recovery rates with flock nylon swabs, and this was statistically significant ( $p < .001$ ). Among the three strains, *A. baumannii* exhibited the highest bacterial recovery rate, while *S. aureus* and *C. albicans* showed similar results. Additionally, when bacterial recovery was performed with flock nylon swabs, *S. aureus* and *A. baumannii* each showed higher bacterial recovery rates than *C. albicans*, but this was not statistically significant ( $p = .083$ ). For cotton swabs, *A. baumannii* showed higher recovery rates compared to *S. aureus* and *C. albicans*, respectively ( $p = .002$ ).

Conclusion: When comparing sample collection tools used for bacterial surface culture tests in a healthcare environmental surface, flock nylon swabs showed higher bacterial recovery rates compared to cotton swabs. Furthermore, Differences were observed based on swab materials when comparing by type of carrier and bacterial species.

Keywords: flocked nylon swab, cotton swab, bacterial recovery rate, healthcare environmental surface sampling.