

원 저

환기정도에 따른 수술실용 신발 종류가 수술실 오염에 미치는 영향

남경동, 정혜선, 박영신, 원진희, 주미자, 성화신, 이지혜, 이병희, 조경숙¹⁾, 배재춘²⁾
삼성의료원 수술간호과, 경원전문대학교 간호학과¹⁾, 삼성의료원 임상병리과²⁾

Efficiency of Footwear and Ventilation Systems of
Operating Rooms : How to Choose Suitable Shoes?

Kyung-Dong Nam, Hye-Seon Chung, Young-Shin Park, Jin-Hee Won, Mi-Ja Ju,
Hwa-Shin Seong, Ji-Hyui Lee, Byung-Hee Lee, Kyung-Sook Cho¹⁾, Jae-Chun Bae²⁾

Department of Nursing, Samsung Medical Center

Department of Nursing, Kyungwon College¹⁾

Department of Clinical Pathology, Samsung Medical Center²⁾

* 교신저자 : 남경동, 서울시 강남구 일원동 50 삼성서울병원 간호부
Tel) 3410-0344, E-mail) kyungdong2000@hanmail.net

Abstract

Background : Various types of protective footwear have been used to minimize bacterial contamination in operating rooms. In recent years, debate has arisen concerning the need for use of such protective footwear. This study was designed to provide useful data about choosing shoes most suitable for the surgical environment.

Methods : Between November, 1999 and January, 2000, we performed this experimental study by comparing effect of three types of shoes (i.e., disposable shoesclover, operating room-restricted shoes, and ordinary shoes) on bacterial contamination of operating rooms equipped with two different ventilation systems (i.e., high air-change, low air-change) respectively. Data were collected during two-hour sham operations in which subjects and their activities were strictly standardized. Bacterial flora were sampled from the study area floor and air colony counts were measured.

Results : In experiments involving high air-change ventilation system, there was a significant difference of floor contamination between three types of shoes, but no difference of air contamination. Under low air-change system, there was a significant difference of both floor and air contamination between three types of shoes.

Conclusion : The results show that protective footwear would be unnecessary in the operating room with high air-change ventilation system, but it is important to choose suitable shoes carefully under low air-change system. Therefore, the use of outdoor shoes can be considered under high air-change system, but it would seem sensible to apply their first use in less bloody operations at the day surgery center or out-patient department to prevent transfer of body fluid into the outside environment.

Key Words : Operating room, Shoes, Ventilation, Contamination.

I. 서 론

1. 연구의 필요성

의료계에서는 오염된 공기 중에 유해한 입자 또는 병원균이 떠다닌다고 믿어 왔으며, 이를 뒷받침하기 위한 많은 연구들이 시행되었다. 수술실을 포함한 병원 환경, 병원 감염, 병원 청소 방법, 직원의 복장에 따른 공기와 바닥 오염의 정도 등이 1960년대부터 연구되어 왔다(1-8).

특히 수술 후 감염은 수술의 성패를 가르는 중요한 요인이 되므로 이에 대한 관리가 필요하다고 인식하였다. McQuarrie(9)는 수술 후 창상 감염이 공기 오염과 관련있다고 하였으며, 수술 후 감염에 의한 합병증의 빈도와 수술실의 공기가 함유하고 있는 박테리아 양은 상호 관계가 있다고 하였다. 그리고 수술실 환경에서 공기 오염은 15% 이상이 수술실 바닥으로부터 분산된 공기 중의 박테리아에 의한 것이라고 하였다(10). 또한 박테리아의 분산에 중요한 원인은 먼지를 털거나 닦는 활동보다도 직원의 움직임이었으며, 대기중에서 떨어지는 침전물보다 걷는 활동이 바닥 오염에 16배 정도 더 많은 영향을 준다고 보고된 바 있다(10, 11). 이로서 수술 후 감염과 공기 오염 및 수술실 바닥 오염 사이에는 상호 관련이 있음을 알 수 있다.

수술실 바닥 오염은 수술실에서 착용하는 신발의 종류에 따라 영향을 받을 수 있으므로, 현재 수술실에서 사용하는 신발은 외부 신발과 구분하여 착용하고 있다. 그리고 외부인이 일시적으로 수술실 내부로 들어오는 경우에는 일회용 덧신을 착용하게 함으로서 미생물에 의한 수술실 바닥 오염을 최소화하고 궁극적으로는 수술실 오염과 수술 후 감염을 줄이고자 하고 있다. Copp(12)는 수술실 바닥의 오염을 감소시키기 위해 수술실용 신발과 일회용 덧신을 착용하는 것이 외부 신발을 신는 것보다 박테리아 수 감소에 효과적이라는 연구 결과를 얻었다.

그러나 수술실에서 신발을 통제하는 것은 수술실을 왕래하는 사람들에게 불편함을 주며, 이에 따라 일회용 덧신의 착용이 과연 효과적인지에 대한 논란이 계속 제기되고 있다. 여러 연구들에서 일회용 덧신을 사용하는 것은 시간과 비용이 소모되는 데 비해, 수술실용 신발이나 외부 신발보다 박테리아 집락 수의 차이가 없게 나타났으며, 오히려 일회용 덧신을 신고 벗는 과정에서 손이 오염될 수 있다고 보고되었다(13-18).

게다가 사용된 일회용 덧신을 수거하여 바닥을 조사해 본 결과, 70% 가량에서 구멍을 발견하게 되었고 이로 인해 일회용 덧신의 신뢰성에도 의문이 제기되었다(14). Crow(19)는 간호 원칙에서 일회용 덧신의 착용 여부에 대해 논하면서 이것은 병원 자체의 결정에 맡긴다고 하였다. 그리고 신발을 통해 바닥에 있던 부스러기(debris)가 수술실로 옮겨 올 수 있는 지역에 있는 경우 일회용 덧신은 필요하지만, 그 외의 경우 일회용 덧신을 중요하게 고려하지 않아도 상관 없을 것이라고 언급하였다.

이와 비슷하게 미국수술실간호협회(AORN)에서도 일회용 덧신을 필수적인 사항으로 추천하지 않고, 혈액이나 체액이 수술팀의 신발에 묻어 오염되는 것을 방지하기 위한 목적으로 추천하였다(20). 중환자실에서는 감염을 줄이기 위한 방법으로 더 이상 일회용 덧신을 사용하지 않는데, 이것은 수술실에도 마찬가지로 추천될 수 있다(21).

그러나 국내에서 수술실 신발과 관련된 연구는 아직까지 시도되지 않고 있어서, 수술실에서 사용되는 신발의 오염 정도를 알아보고, 신발의 통제에 대한 개념을 재정립할 필요가 있다고 할 수 있다.

수술실 환기의 목적은 수술실에 깨끗한 공기를 제공하고, 방 안에서 생성된 공기 오염을 제거하며 안락한 근무 환경을 제공하는 데 있다. 오염된 공기는 직접 접촉으로 의복, 기구, 상처를 오염시키게 되는데, 박테리아를 운반하는 입자(bacteria-carrying particles)에 의한 공기 오염은 수술 후 감염의 주된 원인이 되며, 이

는 수술실 구성원에 의해 발생하는 것이다(22).

수술실 환기 방식은 HEPA(high efficiency particulate air) filter의 유무와 환기 회수에 따라 일반 공조 방식(conventional air flow system)과 수직 기류 방식(vertical laminar air flow system)으로 나뉜다. 일반 공조 방식이란 HEPA filter가 없으며 시간당 환기회수 16~20을 유지할 때를 말하며, 수직 기류 방식은 HEPA filter가 있고 시간당 환기회수 25~40 이상을 유지하는 상태를 말한다. 사람의 수와 그들의 신체 활동 수준에 좌우되는 공기 중 박테리아의 수는 일반 공조 방식에서는 일반적으로 50~150 CFU/m³가 발생된다. 이러한 공기 오염 정도는 청결하다고 할 수 있지만, 오염되기 쉬운 수술에서 3~5%의 수술 후 감염률을 초래한다. 수직 기류 공조 방식은 HEPA Filter를 통과한 살균된 공기를 대량으로 재 순환시키는데, 이 과정을 통해 수술 동안 10 CFU/m³ 이하의 멸균된 공기를 제공할 수 있으며, 수술 후 감염률은 1% 이하로 낮추게 된다(23~24).

수직 기류 방식에서 외부 공기는 간단한 이물질(큰 입자, 보푸라기)이 일차적으로 걸러진 후, 습기를 제공하고 온도를 차게 하는 과정을 두 차례 지나게 된다. 그 결과 0.5 μ m 보다 큰 입자들은 90% 제거된다. 그리고 수술실로 공기를 확산시키기 직전에 HEPA filter를 통과시켜 0.3 μ m보다 큰 입자의 99%를 거른다. 그래서 결국, 실제 수술실로 투입되는 공기는 박테리아가 없는 상태(bacteria-free)가 된다(9, 18, 23). 최근 들어 수술실 환경 오염을 감소시키기 위해, 공조 방식이 수직 기류 방식으로 변화되면서 수술실 공조 방식에 대한 비교 연구가 1980년대 이후 활발해졌다. 비록 수직 기류 방식의 설계가 고가이기는 하지만, 수술실에서 균의 집락(CFU: colony forming units)수를 줄여 상처 감염을 감소시키는 데 효과가 있다고 밝혀졌다(8, 9, 13, 23, 25). Ulrich(26)도 수술 중에 발생하는 대기 중의 박테리아를 제거하는 데 HEPA filter가 효과적이라고 하면서, 공기의 흐름이 증가할수록 생존 가능한 입자(viable particle)의 수는 줄어드는데, 시간당 환기 회수

가 25회가 적당하다고 제안하였다.

이것을 바탕으로, 바닥 오염의 15%가 공기 오염에 영향을 미친다는 과거 자료가 수직 기류 방식의 수술실에서는 다른 결과를 보일수도 있지 않을까 하는 의문을 갖게 한다. 왜냐하면 바닥에서 발생하는 박테리아를 운반하는 입자가 수직 기류 방식의 고환기 상태에 의해 수술 영역까지 분산되지 못하고 흡입구로 배출될 수 있기 때문이다. 현재 우리 나라 일부 병원에서는 수직 기류의 환기방식을 취하고 있다. 그러므로 수직 기류의 고환기 수술실에서도 지금까지 관행으로 여겨져 왔던 수술실 신발의 규제를 할 필요가 있을지 연구해 볼 필요가 있다. 또한 대부분 우리 나라 병원에서 실행되는 일반 공조 방식과는 수술실 오염에 어떤 차이가 있을지 비교해 볼 필요도 있다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 신발의 종류(수술실용 신발, 일회용 덧신, 외부 신발)가 수술실의 오염에 미치는 영향을 파악함으로써, 수술실에서는 수술실용 신발이나 일회용 덧신만이 유용하다는 고정 관념을 변화시키고, 오염을 줄일 수 있는 신발을 선택하기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 또한 환기의 효율성을 알아보기 위해 고환기 방식과 저환기 방식에서 수술실 오염의 차이를 비교해 보고자 한다.

이에 따른 본 연구의 구체적 목적은 다음과 같다.

고환기와 저환기 상태에서 수술실용 신발과 일회용 덧신 또는 외부 신발을 신었을 때 수술실 오염에 차이가 있는지 규명한다.

3. 연구의 가설

- 1) 수술실용 신발, 일회용 덧신 또는 외부 신발을 착용하였을 때 수술실 오염에는 차이가 없을 것이다.
- 가) 수술실용 신발, 일회용 덧신 또는 외부 신발을

사용하였을 때 수술실 바닥 오염에 차이가 없을 것이다.

나) 수술실용 신발, 일회용 덧신 또는 외부 신발을 사용하였을 때 수술실 공기 오염에 차이가 없을 것이다.

2) 교환기 수술실과 저환기 수술실에서 수술실 오염에는 차이가 있을 것이다.

가) 교환기 수술실과 저환기 수술실에서 수술실 바닥오염에는 차이가 있을 것이다.

나) 교환기 수술실과 저환기 수술실에서 수술실 공기오염에는 차이가 있을 것이다.

4. 용어의 정의

본 연구에서 주요 개념으로 사용되어지는 용어를 다음과 같이 정의하였다.

1) 신발의 종류

가) 수술실용 신발(operating room-restricted shoes)
수술실내에서만 사용하는 부드러운 PVC-plus polymer 재질의 개인용 신발을 의미한다.

나) 일회용 덧신(disposable shoes-cover)

Y회사에서 제작한 제품으로 방수가 되는 100%의 폴리프로필렌 재질이며, 수술실에서 사용하는 일회용 신발 싸개를 말한다.

다) 외부 신발(ordinary shoes)

수술실 외부에서 신는 신발로서 본 연구에서는 소가죽 재질이며 바닥은 우레탄으로 된, 병원에서만 사용되는 간호화를 의미한다.

2) 수술실 오염

가) 수술실 바닥 오염(floor contamination)

접촉배지(contact plate)를 사용하여 측정된 균의 집락 수로, 수치가 클수록 수술실 바닥 오염이 많음을 의미한다.

나) 수술실 공기 오염(air contamination)

침전배지(sedimentation plate)를 사용하여 측정된 균의 집락 수로, 수치가 클수록 수술실 공기 오염이 많음을 의미한다.

3) 환기 회수(air change)

풍량(CMH : cubic meter per hour)/수술실 체적(M^3)으로 계산하며, 수술실 체적이 커지면 환기 회수는 감소된다. 환기회수가 많을수록 공기의 청정도가 높아짐을 의미한다. 청정도는 공기중 오염원으로 단위 면적당(CFM: cubic feet per minutes) 0.5 μm 이상의 입자수를 세어 측정하며 수치가 높을수록 단위 면적당 공기중 입자수가 많음을 의미한다.

가) 교환기 회수

수술실에서 청정도 10,000을 유지하는 환기회수로 본 연구에서는 시간당 47회로 한다.

나) 저환기 회수

수술실에서 청정도 1,000,000을 유지하는 환기회수로 본 연구에서는 시간당 8.3회로 한다.

5. 연구의 제한점

1) 연구에 사용된 개인 신발(수술실용 신발과 외부 신발)은 연구 일주일 전에 세척하였으나 세척 후 연구에 사용하기 전까지 1주일 동안의 사용량에 대한 통제는 하지 못하였다.

2) 윤리적인 문제로 실제 수술에서 실험하지 못하므로 채액과 혈액에 의한 수술실 오염까지는 파악하지 못하였다.

II. 연구방법

1. 연구의 설계

본 연구는 수술실에서 신발의 종류가 수술실 오염에

미치는 영향을 파악하기 위한 실험 설계이다. 수술에 참여하는 사람의 수와 활동량에 따라 수술실 오염이 영향을 받을 수 있으므로, 실제 수술과 비슷한 조건, 즉 수술에 참여하는 사람의 수와 활동량을 유사하게 만든 후 실시하였다. 일반 공조 방식의 수술실을 대표하는 저환기 수술실(환기회수가 시간당 8.3회, 청정도 1,000,000) 1개와 수직 기류 방식의 수술실을 대표하는 고환기 수술실(환기 회수가 시간당 47회, 청정도 10,000) 1개에서, 신발의 종류(수술실용 신발, 일회용 덧신, 외부 신발)를 달리했을 때 각각의 수술실 바닥 오염과 공기 오염을 측정하였다.

2. 연구 기간

우리 나라의 수술실에 적합한 상황에서 연구를 진행하기 위해 1999년 11월 13일 예비 조사를 실시하였다. 예비 조사는 연구 진행의 문제점을 보완하고, 수술실 오염이 많은 위치와 시점을 파악하기 위해 실시되었다. 본 실험은 S의료원 통원수술센터에서 1999년 11월 27일부터 2000년 1월 8일까지 4회에 걸쳐 실시되었다. 처음 3회간은 2시간이 소요되는 모의수술 상황에서 수술실 바닥 오염을 측정하였고, 마지막 1회에는 1시간 동안 걷는 움직임 후에 수술실 공기 오염을 측정하였다.

3. 연구 도구

1) 접촉배지(contact plate)

수술실 바닥 오염을 측정하기 위한 도구로 Rodac (Replicate organism detection & counting) plate를 사용하였다. 이것은 Becton Dickinson Microbiology Systems로 Trypticase Soy Agar with Lecithin and Polysorbate 80(Catalog.No 221288)이었다. Rodac Plate는 평평한 표면의 박테리아 오염을 측정하는 데 신뢰성 있는 도구로써 광범위하게 사용되고 있다(7, 17, 27-28). 배지의 Soy peptones는 미생물의 복제에

필요한 영양분이며, 중화제로 사용되는 Lecithin과 polysorbate 80은 표본이 수집되었을 때 잔여 소독제를 비활성화 시킨다. 제품은 γ -radiation 처리되어 소독된 상태를 특징으로 한다. 배양된 접촉배지에서 박테리아의 집락수를 세어서 바닥 오염정도를 측정하였다.

2) 침전배지(sedimentation plate)

수술실 공기 오염을 측정하기 위한 도구로 Stacker plate를 사용하였다. 이것은 Becton Dickinson Microbiology Systems로 Trypticase Soy Agar w/5% sheep blood(Catalog No. 221239)이었다. stacker plate는 수술실에서 공기를 표집하는 방법 중 하나로 침강하는 입자수를 수집하는 도구로 사용되고 있다. 배양된 침전배지에서 박테리아의 집락수를 세어서 공기 오염정도를 측정하였다.

4. 자료수집방법

1) 기초자료수집

종합병원으로 등록되어 있는 25개 병원을 임의로 선택하여 수술실 환기방식을 조사한 결과 HEPA filter가 설치되어 있는 병원은 17곳(68%)이었고, 무균 수술실을 가동하는 곳은 2곳(8%)이었다. 그러나 대부분의 병원이 설계기준에 맞는 청정도 유지를 위한 주기적인 HEPA filter의 교체, 풍량, 환기 회수 조절 등의 점검이 제대로 이루어지지 않고 있는 것으로 조사되었다. 그래서 일반 수술실 설계 기준인 청정도 10,000에서 100,000보다 낮은 단계인 청정도 1,000,000의 저환기 수술실을 만들었다.

일반적인 수술 소요 시간을 결정하기 위해 선행 연구에서 측정된 시간의 간격을 기초로 하였고(11, 14, 17), 본 병원 수술실에서 1999년 6월 1일부터 6월 30일까지 한 달간 수행된 수술의 평균 시간을 계산하였다. 수행된 수술 1,358건 중, 정규 수술이면서 240분 이상 소요되는 예외적으로 긴 수술을 제외한 결과 1,016건이

었고, 평균 시간을 조사한 결과 130분이었다. 이를 근거로 하여, 평균 시간과 가장 가깝고 빈도 수가 가장 많은 전복부 자궁적출술(TAH:total abdominal hysterectomy)을 선택하였다.

2) 수술실 환기 정도의 통제

1999년 11월 6일 연구에 사용할 수술실의 환경을 통제하고 타당도를 측정하기 위해 입자수를 측정 (particle count)하였다. 이 결과 환기회수가 시간당 47회인 고환기 수술실에서 측정한 입자수는 환기회수를 시간당 8.3회로 떨어뜨린 저환기 수술실의 입자수와 유의한 차이를 보였다.

수술실에서 입자수에 대한 규정은 청정도로 설명하는데 청정도는 환기 회수와 filter의 종류에 의해 결정된다. 0.5 μ m 이상의 입자가 1 입방 피트당 100개 미만인 것을 청정도 100으로 하고, 1,000개 미만인 것을 청정도 1,000으로, 10,000개 미만인 것을 청정도 10,000으로 정의한다. 일반 수술에 적합한 청정도 기준은 청정도 10,000에서 100,000으로 이때 환기회수는 시간당 47회로 정하였다. 이에 대하여 본 연구에 사용된 저환기 수술실은 HEPA filter가 있는 상태이므로 일반 공조의 상태를 만들기 위해 고환기 수술실의 청정도보다 한 단계 낮은 청정도 1,000,000을 기준으로 설정하였다. 이를 만족하는 시간당 환기회수는 8.3회였으므로,

본 연구에서 저환기 수술실의 환기회수는 8.3회로 설정하였다.

입자 수는 수술 침대 부위, 수술 기구 상 부위에서 측정하였는데, 이는 사람들의 움직임이 가장 많고 수술 부위와 가장 가까운 곳이 수술 후 감염에 큰 영향을 준다는 선행 연구를 기초로 하여 선정하였다(8, 22). 그리고 본 연구에서 조작한 고환기 수술실과 저환기 수술실간의 신뢰도를 측정하기 위해, 공조 측정의 결과를 비교하였다(표 1).

3) 예비조사

실제 수술 상황에서 시행하기에는 윤리적인 문제가 따르므로, 모의 수술을 만들어 시행하였다. 실제 수술과 가장 가까운 상황을 만들기 위해 1주일간 산부인과 수술실에서 자궁적출술을 수행하는 과정을 관찰하고, 수술에 참여하는 사람의 수와 행위를 시간별로 진술한 시나리오를 만들었다. 시나리오의 전체 시간은 120분이었으며, 모의 수술에 참여하는 인력은 한 개의 수술실에 8명으로 하였다. 수술중에 일어나는 활동에 대한 내용을 120분용 2개의 테이프에 똑같이 녹음하여, 실험 당일 각 수술실에 틀어 주어서 환기회수가 다른 두 개의 수술실에서 일어나는 상황을 동일하게 통제하고자 하였다. 또한 수술중에 대화하는 양과 수술에 사용하는 용액(fluid)이 수술실 바닥 오염에 영향을 줄 수 있으므로

표 1. 공조 방식에 따른 청정도의 비교

변 수	환기방식	고 환기 수술실	저 환기 수술실
환기회수(회/시간)		47	8.3
풍 속(m/sec)		0.40	0.0075
풍 량(CMH)		4300	800
HEPA filter 수		4	4
체 적(m ³)		93.25	93.25
청 정 도		10,000	1,000,000
입 자 수		2,242	382,893

로, 각각의 수술실에서 행해지는 대화의 양과 사용하는 용액을 동일하게 하여 시나리오에 포함시켰다.

1999년 11월 13일 표본 측정의 시간과 위치를 결정하기 위해 예비조사를 실시하였다. 표본 측정 시간은 청소 후, 수술 방포를 씌운 후, 복강봉합 전, 수술 종료 후에 수집하였다. 측정 장소는 수술 침대로부터 30cm 떨어진 곳에서 3회, 수술 기구상에서 30cm 떨어진 곳에서 2회, 출입문 중앙에서 30cm 떨어진 곳에서 1회 측정하여 총 48개의 표본을 얻었다. 측정자로 인한 오차를 최소화하기 위해 측정자는 동일인으로 하였다.

예비 조사를 통해 보충한 사항은 다음과 같다. 청소는 tego-51^R 용액을 1:200으로 희석하여 수술실 안쪽부터 걸레질하며, 청소 인력은 동일인으로 제한하되 연구팀과 같은 신발을 착용하고 걸레질 한 곳은 밟지 않았다. 청소에 사용된 용액과 걸레는 각 방을 구분하여 사용하였다.

수술에 사용되는 신발을 통제하기 위해 실험 1주일 전에 개인별로 외부 신발과 수술실용 신발을 세척하였고, 수술실 환경은 연구가 진행되는 동안 연구 참여자 외에 통행을 제한하고 수술실의 모든 문은 닫은 상태에서 온도는 24℃, 습도는 40~60%로 유지하였다.

4) 본실험

먼저 크기와 구조가 같은 2개의 수술실을 정하여 일반적으로 수술실 공조를 돌리기 시작하는 새벽 5시부터 한 쪽은 환기회수를 시간당 8.3회로 줄이고, 다른 한

쪽은 기존 수직 기류 공조의 설계 기준인 환기회수를 시간당 47회로 가동하였다. 두 개의 수술실에서 일어나는 활동량을 일치시키기 위하여, 연구 참여자는 활동을 일치하는 훈련 과정을 교육 받았다. 모든 연구 참여자는 일회용 모자와 일회용 마스크, 수술복(상의와 바지)을 착용하고, 신발의 종류만을 달리한 채 실험에 참여하였다.

수술실 바닥 오염의 측정은 각 방의 동질성을 확인하기 위해 사전 측정을 하였는데 오전 7시 50분에 실험 수술실 바닥을 1:200으로 희석한 tego 용액이 묻은 걸레로 닦은 뒤 말리고, 오전 8시에 접촉배지를 사용하여 바닥 오염을 측정하였다.

그리고 연구 참여자는 실험에 사용되는 신발을 착용하고 같은 수술실 복도를 거쳐 8명씩 나누어 각 수술실로 입실하였다. 120분간 1차 모의 수술을 시행하고 오전 10시에 표본을 수집하였다. 각각의 모의 수술 종료 후에는 청소를 하고 10분간 바닥을 건조시켰다. 처음과 같은 방법으로 12시와 오후 2시에 모의 수술을 시행하고 표본을 수집하였다. 한 종류의 신발을 신고 한 개의 수술실 침대 주변에서 수집한 총 표본의 수는 20개였다.

환기회수가 다른 두 개의 수술실에서 매주 토요일에 시행하였으며, 연구 시작 첫째 주에는 일회용 덧신을 신고, 둘째 주에는 외부 신발을 신고, 셋째 주에는 수술실용 신발을 신고 수술실 바닥 오염을 측정하였다(표 2).

표 2. 연구절차 - 신발종류와 환기회수에 따른 수술실 바닥 오염 측정

환 기 회 수 (회/시간)	신 발 종 류	사 전 조 사	실 험 처 치 2
47	일 회 용 덧 신	○	○
	외 부 신	○	○
	수 술 실 용 신 발	○	○
8.3	일 회 용 덧 신	○	○
	외 부 신	○	○
	수 술 실 용 신 발	○	○

표본 측정 위치와 시점은 수술부위에 가장 영향을 많이 미치며, 예비조사에서 집락 수가 가장 많이 나온 수술 침대로부터 30cm 이내에서 3회에 걸쳐 방포를 씌운 후와 수술 종료 후에 표본 수집을 하였다(그림 1).

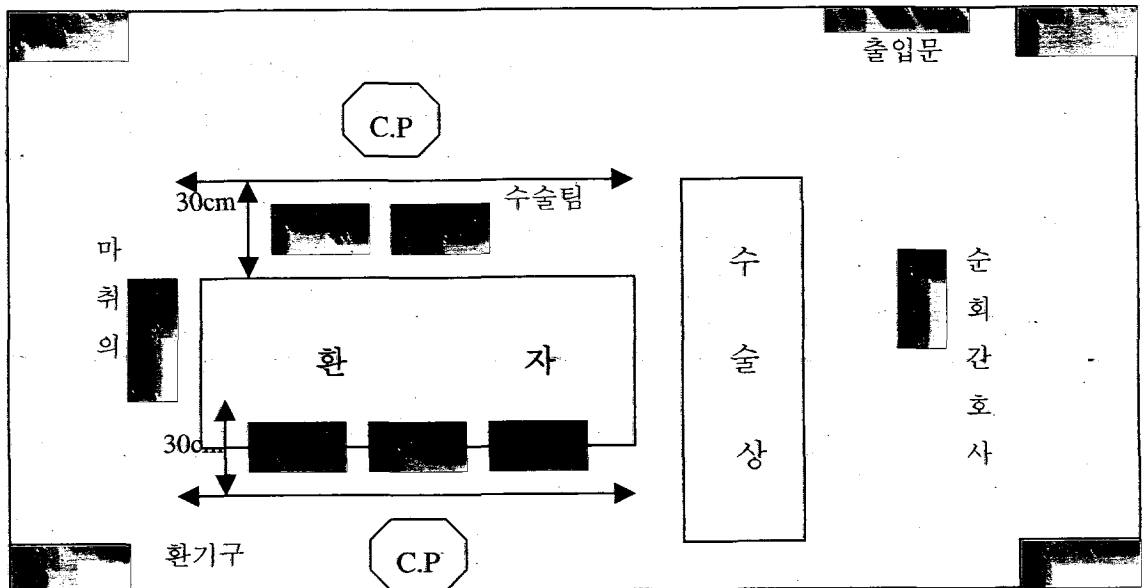
네번째 실험에서는 환기방식에 의해 바닥 오염이 실제 수술 부위까지 미치는 영향을 자세히 알아보하고자 침전배지를 사용하여 낙하균을 받아 분석하였다. 모의 수술 상황에서는 침대와 수술상 위에서 낙하균을 받는 것이 불가능하므로, 바닥 오염 측정 실험과 똑같은 상황을 만들고 모의 수술 대신 1시간 동안, 수술 부위에 영향을 많이 주는 침대와 수술상 주변을 수술팀 3명, 소독간호사 1명, 순회간호사 1명으로 하여 총 5명이 걸어다녔다.

처음 5분간은 가운과 장갑을 착용하고 방포를 덮은 후, 10분 동안 일정한 방향으로 침대와 수술상 주변을 보통의 걸음 속도로 걸어다녔다. 그 뒤 35분간은 수술 상황과 같은 위치에 서서 제자리 걸음을 걸었다. 그리고 실제 수술시 움직임이 많은 수술 준비와 종료의 상황을 만들기 위해서 남은 10분간은 다시 수술상과 침

대 주변을 걸어다녔다.

바닥 오염 측정 실험과 마찬가지로 세가지 신발을 바꾸어 신고 저환기 수술실과 고환기 수술실에서 실시하였다. 그리고 수술 종료 후에 수술실 바닥은 접촉배지로 찍었고, 낙하균은 1시간 동안 침전배지로 받았다. Friberg(25)의 침강하는 낙하균을 1시간 동안 받는 것이 대기중의 오염을 측정하는 것과 같다는 연구 결과를 참고로 하였다(표 3). 낙하균의 측정 위치는 침전배지를 80cm 높이의 수술 침대 위에서 같은 간격으로 10개, 수술상 위에 10개를 놓았고, 바닥 오염의 측정 위치는 접촉배지를 침대 주변으로부터 30cm 이내에서 5개, 수술상 주변으로부터 30cm 이내에서 5개를 채취하였다(그림 2). 이는 접촉배지에서 측정한 균의 집락수가 수술실 바닥 오염을 측정한 실험 처치1과 동일한 상태인지 확인하기 위함이었다.

배지의 신뢰도를 확인하기 위해 사용 전 오염되지 않은 배지를 함께 배양하였다. 수집된 배지들은 37℃의 배양기에서 48시간 동안 배양되었고, 한 명의 숙련된 전문가가 균의 집락수를 측정하였다. 침전배지의 직경

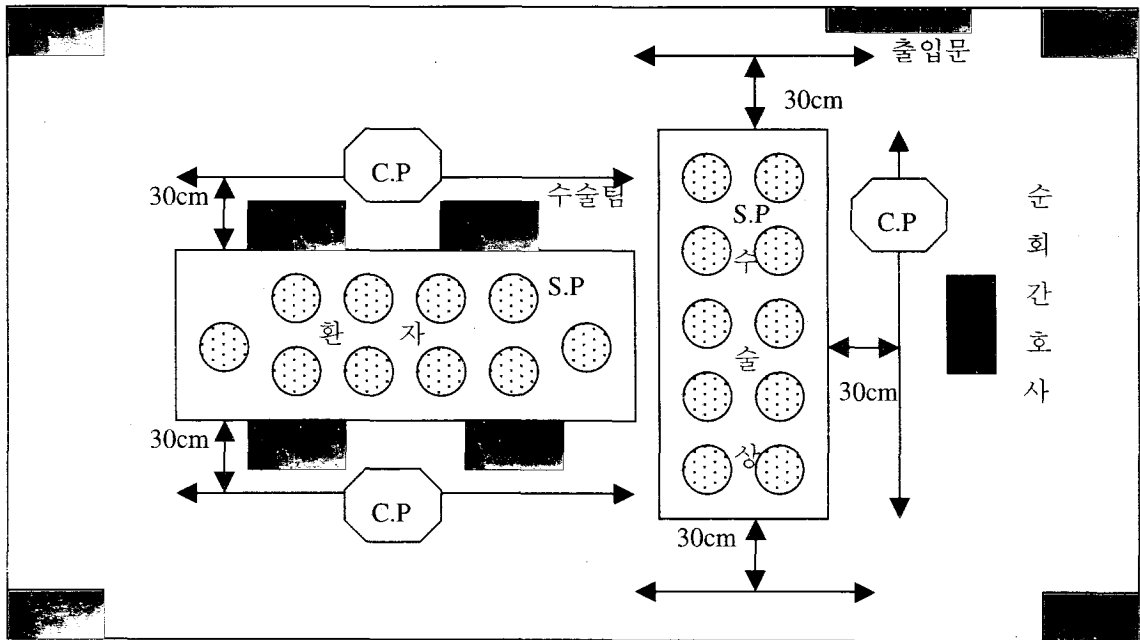


C.P : 접촉배지(contact plate)

그림 1. 바닥 오염 측정 실험실 상황 모식도

표 3. 연구절차 - 수술실 바닥과 공기 오염 측정

환 기 회 수 (회/시간)	신 발 종 류	실 험 처 치 2	
		침 전 배 지	접 촉 배 지
47	일 회 용 덧 신	○	○
	외 부 신 발	○	○
	수 술 실 용 신 발	○	○
83	일 회 용 덧 신	○	○
	외 부 신 발	○	○
	수 술 실 용 신 발	○	○



C.P : 접촉배지(contact plate) S.P : 침전배지(sedimentation plate)

그림 2 . 바닥오염과 공기오염 측정 실험실 상황 모식도

은 9cm이고 접촉배지의 직경은 6cm로 표면적에 차이가 있으므로, 침전배지에서 얻은 집락수를 접촉배지의 표면적에 해당하는 집락수로 환산하여 분석하였다.

5. 자료분석방법

자료 분석은 SPSS WIN을 이용하였으며, 분석 방법은 다음과 같다.

- 1) 수술실의 바닥 오염에 대한 두 방의 동질성 검정

은 Kruskal Wallis test로 분석하였다.

- 2) 가설의 검증은 two-way ANOVA로 분석하였으며, 유의한 차이를 보인 변수간의 관계를 파악하기 위한 사후검정으로 Scheffe test를 이용하여 분석하였다.

III. 연구결과

1. 세 그룹간 사전 동질성 검증

고환기 수술실과 저환기 수술실에서 실험 전 수술실 바닥 오염이 동일한지 검증하기 위해 Kruskal Wallis test를 하였다. 이 동질성 검증에서 환기 회수가 같은 방에서 신발의 종류를 달리하고 세 번 측정했을 때, 세 그룹간 유의한 차이가 없는 것으로 나타나(표 4) 실험 전 수술실 바닥 오염은 동질성이 검증되었다.

2. 가설 검증

극대값이 나온 변수(extreme value)들은 각 집단의 평균값으로 대체하여 분석하였다. 저환기 수술실에서는 일회용 덧신에서 3개 값을, 외부 신발에서 2개 값을, 고환기 수술실에서는 일회용 덧신에서 1개 값을, 외부 신발에서 2개 값을, 수술실용 신발에서 1개를 대체하였다.

- 1) 제 1가설 : 수술실용 신발, 일회용 덧신 또는 외부 신발을 사용하였을 때 수술실 오염에는 차이가 없을 것이다.”

제 1 부가설인 “수술실에서 수술실용 신발, 일회용 덧신 또는 외부 신발을 사용하였을 때 수술실 바닥 오염에는 차이가 없을 것이다”는 집단간에 유의한 차이를 보였다($p=.000$) (표 5, 그림 3). 바닥 오염을 나타내는 군의 집락수 평균은 수술실용 신발을 신었을 때 가장 많이 나타났으며(표 6) 제 1-1 가설은 기각되었다.

제 2 부가설인 “수술실용 신발, 일회용 덧신 또는 외부 신발을 착용하였을 때, 수술실 공기 오염에는 차이가 없을 것이다”에서는 집단간에 유의한 차이를 보였다($p=.000$) (표 7, 그림 4): 공기 오염을 나타내는 군의 집락수 평균도 수술실용 신발을 신었을 때 가장 많이 나타났으며(표 6) 제 1-2 가설은 기각되었다.

수술실을 환기별로 나누고 신발의 종류에 따른 군의 집락 수 차이를 One-way ANOVA로 test한 결과(표 6), 수술실 바닥 오염은 고환기 수술실과 저환기 수술실 모두 신발의 종류에 따라 군의 집락 수에 유의한 차이를 보였고, 수술실 공기 오염은 저환기 수술실에서만 신발의 종류에 따라 유의한 차이를 나타냈다. 그리고 고환기 수술실의 공기 오염을 분석한 결과 신발별로 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이로써 환기회수가 높은 상태에서는 신발간에 수술실 공기 오염의 차이가 없다고 할 수 있다.

표 4. 세 그룹간의 동질성 검증

환기회수	Mean Rank			λ^2	P value
	일회용덧신 (N=5)	외부신발 (N=5)	수술실용신발 (N=5)		
고 환 기	7.7	9.3	7.0	.70	.71
저 환 기	6.6	9.2	7.2	.86	.65

※ 단위: 군의 집락 수(CFU)

표 5. 환기와 신발의 종류에 따른 수술실 바닥 오염

Source of variation	SS	Df	Ms	F	Sig
신발종류	77477.863	2	38738.932	38.905	.000*
환기종류	5260.678	1	5260.678	5.283	.023*
신발종류×환기종류	2341.918	2	1170.959	1.176	.312
error	3513.104	114	959.729		

※ 단위 : 균의 집락수(CFU) * p < .005

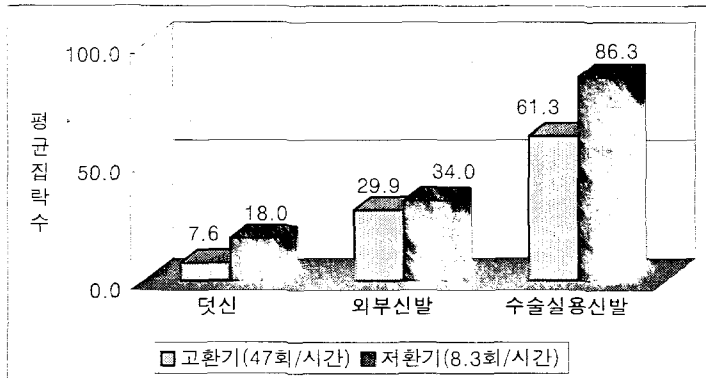


그림 3. 환기회수에 따른 수술실 바닥 오염의 차이

표 6. 환기와 신발의 종류에 따른 수술실 오염

		평 균 ± 표 준 편 차			F	P value	Scheffe
		일회용덧신 (N=20)	외부신발 (N=20)	수술실용 신발(N=20)			
고환기 수술실	바닥	7.58±9.15	29.89±18.47	61.26±43.99	18.34	.000*	외 부 신 발 > 일회용덧신* 수술실신발 > 외 부 신 발* 수술실신발 > 일회용덧신*
	공기	0.14±0.34	0.15±0.37	0.15±0.67	0.04	.99	
저환기 수술실	바닥	18.0±14.86	34.0±15.19	86.25±56.24	21.15	.000*	수술실신발 > 일회용덧신* 수술실신발 > 외 부 신 발*
	공기	1.40±1.23	1.0±1.03	4.55±1.96	35.40	.000*	수술실신발 > 일회용덧신* 수술실신발 > 외 부 신 발*

※ 단위 : 균의 집락수(CFU) * p < .005

표 7. 환기와 신발의 종류에 따른 수술실 공기 오염

Source of variation	SS	Df	Ms	F	Sig
신발종류	75.829	2	37.915	32.003	.000*
환기종류	141.334	1	141.334	119.297	.000*
신발종류× 환기종류	75.406	2	37.703	31.824	.000*
error	135.058	114	1.185		

※ 단위: 균의 집락수(CFU) * p < .005

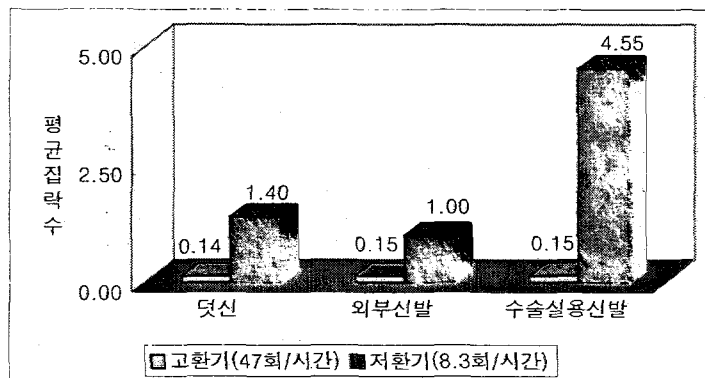


그림 4. 환기회수에 따른 수술실 공기 오염의 차이

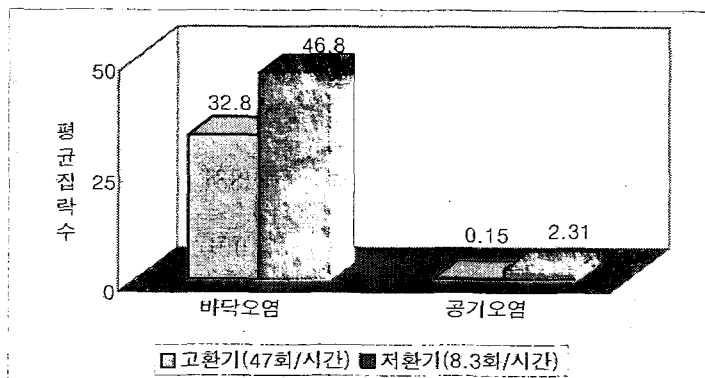


그림 5. 환기별 수술실 오염의 차이

2) 제 2가설 : 고환기 수술실과 저환기 수술실에서 수술실 오염에는 차이가 있을 것이다.”

제 1 부가설 “고환기 수술실과 저환기 수술실에서 수술실 바닥 오염에는 차이가 있을 것이다” 에서 수술실 바닥 오염의 균의 집락수 평균은 고환기 수술실에서 32.84, 저환기 수술실에서 46.83으로 저환기 수술실의 오염 정도가 많았다($p=.000$) (표 5, 그림 5). 그러므로 2-1 가설은 지지되었다.

제 2 부가설 “고환기 수술실과 저환기 수술실에서 수술실 공기 오염에는 차이가 있을 것이다” 에서 수술실 공기 오염의 균의 집락수 평균은 고환기 수술실에서 0.15, 저환기 수술실에서 2.31로 저환기 수술실의 오염 정도가 많았다($p=.000$) (표 7, 그림5). 그러므로 2-2 가설은 지지되었다.

IV. 고 찰

본 연구에서는 수술실 신발의 종류에 따른 수술실 오염을 분석하고자 일회용 덧신과, 외부 신발 및 수술실용 신발을 착용한 후 바닥과 공기의 집락수를 측정하였다. 수술실의 왕래가 많고 수술 오염에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 위치인 침대 주변에서 측정한 수술실 바닥 오염은 일회용 덧신과 외부 신발에서 나온 균의 집락수가 수술실용 신발에 비해 유의하게 적었다. 이것은 일회용 덧신과 외부 신발 및 수술실용 신발이 바닥 오염에 차이가 없다는 Hambræus(11)와 Jones(14), Humphreys(21)의 결과와는 다르게 나타났다.

수술실 공기 오염을 분석한 결과 고환기 수술실에서는 세 종류의 신발간에 공기 오염의 차이가 없게 나타났다($p=.99$). 저환기 수술실에서도 일회용 덧신과 외부 신발간에는 차이가 없게 나타났으나($p=.67$) 일회용 덧신과 외부 신발에서 나온 균의 집락수가 수술실용 신발보다 유의하게 적게 나타났다. 즉, 저환기 상태에서는 수술실용 신발의 오염 정도가 높았으나 고환기 상태에서는 신발의 종류가 수술실 공기 오염에 영향을

미치지 못한다고 볼 수 있다.

특히 수술실 공기 오염에서 신발의 종류와 환기 방식간에는 상호 작용 효과가 크게 나타난 것을 볼 때 ($p=.000$), 환기 방식은 신발에 의한 공기 오염을 줄여주는 데 영향을 미치는 중요한 변수라고 할 수 있다. 또한 환기회수가 적은 수술실에서는 수술실용 신발이 공기 오염이나 바닥 오염과 관련이 크다는 결과가 나왔으므로 환기 방식을 개선하거나 신발의 착용을 바꿀 필요성이 있다. 본 연구 결과에서는 일회용 덧신이 가장 깨끗한 것으로 나타났다. 그러나 일회용 덧신을 신고 벗는 과정에서 발생하는 손의 오염과 장기간 사용시 일회용 덧신의 바닥이 뚫어지는 사실에서 비용이 많이 드는 일회용 덧신을 사용하는 것은 바람직하지 않다고 사료된다(14).

본 연구를 바탕으로 현재까지 수술실에서는 수술실용 신발이나 일회용 덧신만으로 제한하던 것을 병원내에서 신는 신발로 완화하는 것을 고려해 볼 수 있다. Crow(19)는 일회용 덧신의 착용에 대한 논란을 언급하면서 이 문제는 각 병원의 결정에 맡길 수밖에 없다고 하였다. HICPAC(Hospital Infection Control Practices Advisory Committee)가 추천하는 수술후 창상감염관리 지침에서도 수술창상감염 예방을 위해 일회용 덧신을 하지 않는다고 언급하였다(18).

반면 수술실 내의 신발을 외부로 신고 나가는 것이 문제로 제기 될 수 있다. HIV(Human immunodeficiency virus)는 건조한 실온의 환경에서 1일간, 혈장과 혈액이 묻어 있는 환경에서 여러 주 동안 살아 남고, HBV(Hepatitis B virus)는 6개월까지 살아 남는다(29). 비록 외부 신발이 고환기 수술실 바닥 오염을 제외하고는 수술실 오염에 영향을 미치지 않는다고 하여도, 수술실에서 묻어나가는 혈액이 외부로 전파 될 수도 있다. 이것을 고려하여 혈액이 비교적 적게 나오는 소수술(minor surgery)을 담당하는 통원수술실이나 외래수술실에서는 일회용 덧신을 신지 않아도 무관하리라고 볼 수 있다(30). 특히 HEPA filter가 설치되어 있는

고환기 수술실에서는 수술실 신발의 종류가 공기오염에 영향을 주지 못하리라고 여겨진다. 단지 본 연구에서는 외부 신발을 병원에서 일반적으로 사용하는 간소화로 제한하였는데 각 병원의 환경에 따라 청결의 정도에 차이가 있으므로 본 연구를 일반화하여 적용할 때 각 병원의 수준에서 외부 신발에 대한 기준과 정책을 마련해야 할 것이다.

본 연구에서 수술실 환기회수에 관계없이 수술실용 신발을 신었을 때 균의 집락 수가 가장 많이 나타난 것은 주목할만한 결과이며, 수술실용 신발에 대한 관리의 필요성을 보여준다고 할 수 있다.

현재 수술실용 신발의 세척에 대한 규정이 없고 개인적으로 신발을 관리하고 있는 것을 볼 때, 수술실 신발의 세척에 대한 관리나 규정이 각 병원별로 마련되어야 한다고 본다. Tomas(29)도 피가 묻어 있는 수술실 신발은 세척이 필요하며, 손으로 세척하는 것은 바이러스와 세균 감염의 위험을 높이는 기회를 제공하므로 신발 세척기에 의해 신발을 세척하는 것이 필요하다고 제안하였다.

결론적으로 수직 기류 방식에서는 신발의 종류가 수술실 공기 오염에 영향을 주지 않으므로 신발 제한을 완화할 수 있다고 사료되나 다만 수술실 바닥 오염에서는 수술실용 신발이 다른 종류의 신발에 비해 오염도가 높으므로 세척의 방법을 바꾸거나 교체가 필요한 것으로 사료된다.

V. 결론 및 제언

1. 결 론

수술실 오염과 수술 후 감염은 관련이 있으며, 수술실 바닥 오염이 공기 오염에 영향을 미치는 것으로 연구되어 왔다. 그래서 수술실에서는 외부와 통제된 수술실용 신발이나 일회용 덧신만을 허용하고 있다. 그

러나 최근 효과적인 환기 방식에서도 수술실에서 신는 신발의 종류가 수술실 오염에 영향을 미칠 것인지 의문이 제기되고 있다. 이에 본 연구는 고환기 수술실과 저환기 수술실에서 신발의 종류가 수술실 공기 오염과 바닥 오염에 미치는 영향을 파악하기 위해 설계되었다.

본 연구는 유사실험 연구로 연구 기간은 1999년 11월 27일부터 2000년 1월 8일까지 4회에 걸쳐 실시되었다. 실제 수술에서 실험하기에는 윤리적인 문제가 따르므로, 모의 수술 과정을 만들어 첫 주에는 일회용 덧신을, 둘째 주에는 외부 신발을, 그리고 셋째 주에는 수술실용 신발을 신고 연구를 진행하였다. 연구에 사용된 수술실은 청정도를 기준으로 하여 고환기 수술실은 환기회수를 시간당 47회로, 저환기 수술실은 시간당 8.3회로 조작하였다. 연구에 참여한 사람들은 사전 교육을 받았고, 양쪽 수술실에 들어가는 사람의 수와 활동량을 일치시켰다.

연구 도구로는 바닥 오염을 측정하기 위해 접촉배지를, 공기 오염을 측정하기 위해 침전배지를 사용하였다. SPSS WIN을 이용하여 수집된 자료 처리 및 분석을 하였으며, 동질성 검정은 Kruskal Wallis test로, 가설 검정은 two-way ANOVA로 분석하였고, 차이 있는 변수들의 관계를 파악하기 위해 사후 검정으로 Scheffe test를 하였다.

연구 결과, 저환기 수술실에서 신발의 종류는 수술실 바닥 오염과 공기 오염 모두 차이가 있었지만, 고환기 수술실에서는 신발의 종류가 수술실 공기 오염에 영향을 미치지 않았다. 그리고 수술실 공기 오염의 경우, 수술실 신발의 종류와 환기 회수 사이에는 상호 작용 효과가 있었다.

본 연구는 환기 방식의 변화에 따른 수술실 신발과 수술실 오염을 연구한 국내 초기의 연구로서 의의를 갖는다. 즉 이제까지 관행으로 여겨져 왔던 사실을 실험 상황으로 만들어 논리적인 타당성을 가지고자 시작된 연구라고 할 수 있다. 분석 결과, 수술실 내에서만

신도록 규정된 수술실용 신발에서 오히려 균의 집락수가 많게 나타난 것은 새로운 문제점으로 제기될 수가 있다고 여겨지며, 수술실용 신발에 대한 관리와 지침이 필요하다고 사료된다.

결론적으로 수술 부위 오염에 가장 영향을 미친다고 볼 수 있는 고환기 수술실의 공기 오염에서 세 종류의 수술실 신발간에 균의 집락수 차이를 보이지 않은 것을 볼 때, 환기의 중요성을 알 수 있으며 일회용 덧신을 신는 것을 필수적으로 여기지 않아도 된다고 볼 수 있다. 그러므로 수술실에서 외부 신발을 신는 것도 고려해 볼 수 있다.

저환기 수술실에서는 특히 수술 후 상처 감염에 직접될 수 있는 공기 오염에 있어 신발간의 유의한 차이가 있었으므로 신발 선정에 신중을 기해야 할 것이며 환기회수를 늘리는 것이 필요하다고 하겠다. 하지만 바닥 오염과 공기 오염 모두에서 일회용 덧신과 외부 신발 사이에 차이가 없게 나타났고, 이들의 평균 균의 집락수가 수술실용 신발보다 적게 나왔다. 이로서 저환기 수술실에서도 일회용 덧신 대신에 외부 신발을 허용하는 것이 가능하다고 볼 수 있다. 단, 실제 수술에서 묻어나는 혈액이나 체액을 신발에 묻혀 외부로 나가는 것이 문제가 될 수 있으므로, 혈액이 적게 나오는 수술을 담당하는 통원수술실과 외래수술실에 우선적으로 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

그리고 고환기 수술실과 저환기 수술실 사이에 공기 오염과 바닥오염에는 차이가 있게 나타나 고환기 수술실에서 수술실 오염이 유의하게 적었음을 알 수 있다. 특히 바닥 오염에서 측정된 균의 집락수와 공기 오염에서 측정된 집락수는 평균적으로 많은 차이가 있으므로 환기가 조절되는 수술실에서 바닥 오염과 공기 오염의 관계에 대한 추가 연구가 필요하다고 여겨진다.

2. 제언

본 연구 결과가 각 병원의 수술실 사정에 맞는 신발

의 선택에 기초자료가 되기를 바라며, 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

- 1) 실험설계의 환경이 1개 종합병원에 국한되므로 본 연구의 결과를 일반화시키기 위해서는 다른 환경의 병원에서도 반복 연구를 하는 것이 필요하다.
- 2) 본 연구는 모의 수술을 만들어 수술실 오염을 측정하였으나 실제 수술에서의 반복 연구가 필요하다.
- 3) 고환기 수술실에서 수술실 바닥 오염과 공기 오염의 상관 관계를 파악하는 연구가 필요하다.
- 4) 실제로 일반 공조 방식을 사용하는 타병원과의 비교 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Greene VW, Vensley D, Bond RG, Michaelsey GS. Microbiological contamination of Hospital air. I. Quantitative studies. *Applied Microbiology* 1962; 28: 1-3.
2. Fox. Space, sterility and surgery: circuits of hygiene in the operating theatre. *Social Science Medicine* 1997; 45(5): 649-657.
3. 김원옥, 김혜금, 이종석, 구본녀, 신동천, 김명옥. 수술실의 실내 환경에 대한 조사 연구. *대한 마취과학회지* 1998; 34: 167-174.
4. Walter CW, Kundsinn RB. The floor as a reservoir of hospital infections, *Surgery. Gynecology and Obstetrics* 1960; Oct: 412-422.
5. Ayliffe GAJ, Collins BJ, Lowbruy EJJ. Cleaning and Disinfection of Hospital Floors. *British Medicine Journal* 1996; 2: 442-445.
6. Mallison GF. Housekeeping in operating suites. *Aorn Journal* 1975; 21(2): 213-220.
7. Hambræus A, Bengtsson S, Laurell G. Bacterial contamination in a modern operating suite. e.

- Importance of floor contamination as a source of airborne bacteria. *Journal of hygiene* 1978; 80: 169-174.
8. Hubble MJ, Weale AE, Perez JV, Bowker KE, MacGowam AP, Bannister GC. Clothing in laminar-flow operating theatres. *Journal of Hospital Infection* 1996; 32: 1-7.
9. McQuarrie DG, Glover JL, Olson MM. Laminar airflow system. *AORN Journal* 1990; 51(4): 1035-1048.
10. Hambræus A, Bengtsson S, Laurell G. Bacterial contamination on a modern operating suite. 4. Bacterial contamination of clothes worn in the suite. *Journal of Hygiene* 1978; 80: 175-181.
11. Hambræus A, Malmborg A. The Influence of Different footwear on floor contamination. *Scandinavian Journal of Infectious Disease II* 1979; 243-246.
12. Copp G, Slezak L, Dodley N, Claire BM. Footwear practices and operating room contamination. *Nursing Research* 1987; 36(6): 366-369.
13. Ritter MA, Stringer EA. Laminar air-flow versus conventional air operating systems. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1980; 150: 177-180.
14. Jones M, Jakeways M. Over-Estimating Overshoes. *Nursing Times* 1988; 84(41): 66-71.
15. Carter R. Ritual and Risk... the value of overshoes. *Nursing Times* 1990; 86(13): 63-64.
16. Nagai I, Kadota M, Takechi M, Kumamoto R, Ueoka M, Matsuoka K, Jitsukawa S. Studies on the mode of bacterial contamination of an operating theatre corridor floor. *The Hospital Infection Society* 1984; 50-55.
17. Humphreys H, Meahii EJ, Ricketts VE, Russell AJ, Reeves DS. Theatre over-shoes do not reduce operating theatre floor bacterial counts. *Journal of Hospital Infection* 1991; 17: 117-123.
18. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for Prevention of surgical site infection. *Infection control and hospital epidemiology* 1999; 20(4): 250-278.
19. Crow S. The importance of nursing principles. *Today's OR Nurse* 1994; 47-49.
20. Thompson J. Industry job descriptions; RN name tags; Sterilization of wood; Shoe covers; Laminar airflow systems. *AORN Journal* 1996; 63(5): 943-945.
21. Humphreys H, Marshall RJ, Ricketts VE, Russell AJ, Reeves DS. Theatre overshoes and operating theatre floor bacterial counts. *Journal of Hospital Infection* 1991; 19: 283-296.
22. Friberg B, Friberg S, Burman LG. Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation: an experimental study. *Journal of hospital infection* 1999; 42: 61-68.
23. Friberg B. Ultraclean laminar airflow Ors. *AORN Journal* 1998; 67(4): 841-850.
24. Wiley AM, Barnett M. The prevention of surgical sepsis clean surgeons and clean air. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1973; 96: 168-175.
25. Friberg B, Burman LG, Friberg S. Zoned exponential, vertical and horizontal ultra-clean laminar airflow. *Acta orthop Scand* 1998; 69(2): 169-172.
26. Ulrich JA, Cribbs W, Michaelsen GS. Recirculation of air in operating rooms. *Medical Instrumentation* 1976; 10(6): 282-286.
27. Bruch MK, Smith FW. Improved Method for

- Pouring Rodac Plates. *Applied Microbiology* 1968; 16(9): 1427-1428.
28. Hart JB, French MLV, Eitzen HE, Ritter MA. Rodac plate-holding device for sampling surfaces during surgery. *Applied Microbiology* 1973; 26(3): 417-418.
29. Thomas JA, Fligelstone LJ, Jerwood TE, Rees RWM. Theatre footwear: A Health Hazard? *British Journal of Theatre Nursing* 1993; 3(7): 5-9.
30. Weightman NC, Banfield KR. Protective over-shoes are unnecessary in a day surgery unit. *Journal of Hospital infection* 1994; 28: 1-3.