

# 病室의 無菌장치

原著 / FRESCHARD (프랑스 SFEH社 이사)

翻譯 / 徐 丙 台 (고려대 의대 마취과 교수)

朴 坪 煥 (고려대 의대 마취과 전임강사)

## 1. 서 론

새로 개발된 항생제 및 소독약의 사용에도 불구하고 병원, 특히 수술실에서의 감염 및 전염은 의료진들에게 많은 관심을 갖게 한다.

1973년 프랑스의 한 보고에서 입원환자중 2~18%가 수술후 감염된 것으로 밝혔다. 이와 비슷한 보고는 여러나라에서 많이 보고되었다.

수술실에서의 감염은 다음의 세가지 요인에 의한한다.

▲수술팀의 손에 의해

▲수술장 내의 기구, 각종 기계와 손수레에 의해

▲공기에 의해

손으로 부터의 감염은 우수한 수술기법 으로 최소한으로 줄여야 할 것이다.

수술장 내의 기구에 의한 오염은 자동살균제와 충분한 무균 처리와 함께 1회용 장비 사용으로 줄여왔다.

이런 두가지 요인에 의한 감염을 줄일 수 있

게 됨에 따라 공기 오염에 대한 것이 한층 부각되었다. 고관절, 신장 및 심장수술 같이 점차 더 어려운 수술을 시행하게 되고 수술 부위의 노출이 길어짐에 따라 공기오염에 의한 감염을 조절하는 것이 중요하다.

## 2. 공기 오염

다음 두가지 요인에 의해 공기 오염이 된다 고 할 수 있다.

▲불충분한 여과에 의한 진입 공기로 부터의 오염

▲수술실 내에서 발생된 오염

공기 정화기를 통해 들어오는 미립자들은 고성능 공기여과 장치로 처리되어 질 수 있거나 적어도 적정 수준까지 줄일 수 있다.

수술실에서 가장 중요한 문제는 수술팀으로부터 발생되는 미립자이다.

수술실 공기중의 미립자들의 근원을 추정하면 -85%는 수술실내의 인체로부터

-10%는 공기 정화 시설로부터  
-5%는 기타요인들로부터 나오는 것으로 추정된다.

수술실내 인체로부터의 공기오염에는 다음과 같은 여러가지 요인들을 생각할 수 있다.

**a) 박피 (Desquamation)**

인체 피부의 탈피에서 분당  $7 \times 10^6$ 개의 미립자가 방출된다.

이들 미립자의 직경은  $13 \sim 15 \mu m$ 이다. 이들 미립자들은 세균 운반체, 병원체 또는 병원체가 아닐 수 있다.

이들 미립자들의 방출을 좌우하는 것은

- 체표면적
- 성별(여성은 박피율이 적다)
- 박리현상(세면, 솔질, 의복 등)등이다.

기타 대기오염의 요인들 중에 중요한 것을 보면 이야기중, 기침, 또는 재채기중 침이 튀는 것 등이다.

재채기중 2만~4만 개의 미립자들이 퍼져 나간다. 직경  $5 \sim 10 \mu m$ 의 미립자가 인체의 1m 내에서 평균 초속 약 40m의 속도로 퍼진다. 물론 전염의 가능성은 방출시키는 사람의 건강상태와 직접 관련이 있다.

**b) 인체 활동**

인체 활동에 의한 움직임으로 인체에서 방출되거나 또는 이미 존재한 미립자들과 혼합시키면서 많은 양의 미립자들이 주위 공기로 확산된다. 행동별 미립자의 양은(표 1)과 같다.

〈표 1〉

ACTIVITY	NUMBER OF PARTICLES PER MINUTE AND PER CUBIC FEET (~28 liters)
• Motionless, seated or standing up	$10^5$
• Small movements	$3 \cdot 10^5$
• Large movements	$10^6$
• Movements when sitting down	$2,5 \cdot 10^6$
• Walking	$5 \cdot 10^6$ to $6 \cdot 10^6$
• Go in spstairs	more than $10^7$

수술실 바닥을 문지르거나 기구나 수술대를 움직일 때에도 다소간 미립자가 확산된다.

**c) 액체 연무질**

공기 정화시설은 특히 분무물로 습도 조절을 하는 경우에는 공기오염 면에서 매우 위험하다. 이 물은 오염된 연무질 같아서 공기 정화관을 따라 다른 방으로 전파된다. 그래서 180°C의 증기로 습도 조절하는 것이 훨씬 나은 방법이다.

**d) 체온**

피부온도(33°C)와 주위 공기 온도(18°C)와의 차이로 인체 주위의 공기는 대류가 형성되며 다음과 같은 특징이 있다.

- 속도 50cm/S
- 대류량 10l /S

이 현상이 근접한 상태에서 교차 감염의 요인이다.

**e) 환자**

환자들은 언제나 여러 종류의 미생물을 운반한다. 그러나 그들은 단지 자기 감염이나 교차 감염의 경우 오염의 요인이 된다.

여기서 공기중 떠다니는 미립자는 생물과 미생물 미립과 모두를 말한다.

살아있는 미립자나 세균은 「droplets nuclei」라 불리우는 작은 방울형태로 뭉치거나 그렇지 않으면 먼지나 앞에서 논한 인체로부터 발산된 무생물 미립자와 뭉치는 경향이 있다.

본 연구는 공기오염의 예방은 다음 두가지 요인들의 조절로 얻을 수 있음을 보여 주고 있다.

- 청결 (Cleanliness)
- 살균 (Sterility)

**3. 청결과 살균지표**

**3 - 1 限外 청결 (Ultra cleanliness)**

限外 청결은 (표 2)와 같은 U.S.FEDRAL STANDARD 209B의 분류에 의해 정의된다.

**3 - 2 살균 (Sterility)**

살균은 (표 3)과 같은 NASA STANDARD

(표 2)

U. S. CLASSES	MAXIMUM NUMBER OF PARTICLES			
	0.5 $\mu\text{m}$ and larger		5 $\mu\text{m}$ and larger	
	per cu ft	per liter	per cu ft	per liter
100	100	3,5	0	0
10,000	10,000	350	65	2,3
100,000	100,000	3,500	700	25

의 분류에 의해 정의되고 각 분류는 살아 있는 세균의 최대수치를 표시한다.

(표 3)

NASA CLASSES	MAXIMUM NUMBER OF VIABLE GERMS PER M <sup>3</sup>
100	3,5
10,000	17,6
100,000	88,4

대개 수술 목적으로 설계된 특수시설을 위의 분류 100단위의 범위에 들도록 되어 있다.

#### 4. 기타 해결 방안들

수술실내 공기의 청결 및 살균을 얻기 위해서 다음 두가지 해결방안을 고려할 수 있다.

- 보편화된 공기 처리에 의한 기존방법
- 단층기류의 개념을 기반으로 한 해결책

##### 4-1 기존 수술실

기존 수술실은 공기 여과장치와 자외선 같은 살균장치를 통과하는 공기 정화시설을 사용한다.

공기 정화방법은 시간당 17-20번 공기를 순환시키면서 들어온 공기는 완전히 대기로 배출시킨다. 공기 공급은 천장의 입구로 부터 실내로 들어오고 바닥 근처의 벽에 위치한 배기관을 통해 공기로 배출된다.

이 방법은 공기의 난류를 일으켜 세균이 수술 부위에 도달할 수 있다.

근무시간중 오염이 형성되고 수술시간이 길어질수록 미립자수는 증가한다. 즉 난류와 1 $\mu\text{m}$

크기 미립자의 침강시간이 16시간인 점은 미립자들을 공중에 떠있게 한다.

이 결과들은 시간에 대한 입방미터당 집락 형성하는 미립자 (P.R.C)의 수를 나타내는 도표로 표시된다.

- n°1도표는 하루에 m<sup>3</sup>당 P.R.C. 수를 나타낸다.
- n°2도표는 환자와 수술팀이 나간후 시간에 대한 m<sup>3</sup>당 P.R.C 수를 나타낸다.
- n°3도표는 두개의 수술을 계속 실시하는 경우 시간에 대한 m<sup>3</sup>당 P.R.C 수를 나타내며 점진적으로 공기오염이 포화상태로 되는 것을 보여준다.
- n°4도표는 바닥을 쓴후 시간에 대한 m<sup>3</sup>당 P.R.C의 수를 나타낸다.
- n°5도표는 계속 이야기하며 움직이는 경우에 시간에 대한 m<sup>3</sup>당 P.R.C의 수를 나타낸다.

종래 수술실의 m<sup>3</sup>당 P.R.C의 평균수는 200~500으로 두개골이나 심장수술같이 어려운 수술시 요구되는 살균에는 미치지 못한다.

결국 수술실에서 공기오염의 문제해결에 새로운 방법을 추가할 필요가 있다.

##### 4-2 공기 살균증진에는 Charnley 방식과 단층 기류 방식

■ Charnley 방식: 기존 수술실로 부터 처음으로 발전시킨 것은 1962년 영국의 Howorth사와 함께 John Charnley에 의해 이루어졌다.

공기 공급이 유리섬유로 만든 HEPA 여과기 (High Efficiency Particulate Air Filters) 를

통해 여과된다.  $0.3\mu\text{m}$ 보다 큰 미립자에 대한 H EPA여과의 효율은 99.99%이다. HEPA 여과기와 공기 교환율을 시간당 400으로 하여서 공기 살균은 기존 수술장에 비해 개선되었다. 공기 속도가 일정치 않고 소용돌이를 일으켜 미립자들이 장시간 떠 있게 하지만 Charnley는 고관절치환술의 감염률을 1959년의 9%에서 1965년에는 3%로 내렸다.

■ 단층기류 시설 : 단층기류의 개념은 1960년 우주 및 전자산업 분야의 문제들을 해결하기 위해 개발되었다.

이들 산업 분야에서는 특히 오염에 의해 거부반응이 발생되고 있었다. 단층기류의 사용으로 적어도 전보다  $10^6$ 배 청결한 상태에서 일할 수 있게 해 주었다.

그후 기존 수술장과 관련된 문제 해결에 사용되어진 것은 당연하였다.

단층기류의 정의를 말하면 단층기류는 본래 있던 오염을 여과기로 제거후 일정한 속도로 한 방향으로만 단층으로 흐르는 격류없는 공기의 움직임이다.

가장 적합한 공기 속도는 분당 21~30m의 범위에 있어야 하며 이것은 초당 0.35~0.50m에 달한다.

단층기류 얻는 방법을 말하면 단층기류는 HEPA여과기의 사용과 여과후 하류의 적절한 공기 속도를 결합하여 얻을 수 있다.

공기 속도는 HEPA여과기 통과 전의 기류압에 관계있다.

- 여과 전 기류의 적은 압력은 간혹 제멋대로 난류를 만든다. (속도가  $0.35\text{m/s}$  이하)
- 높은 압력은 난류를 만든다. 공기는 제트 기류처럼 움직인다. (속도가  $0.50\text{m/s}$  이상)
- 적정 압력하에서 공기는 여과기를 통과하고 일정 속도로 직선으로 흐른다. 실내에 생기는 역압은 단층기류의 유통을 제한한다. (속도가  $0.35\sim 0.50\text{m/s}$  사이)

단층기류가 지나가는 동안 생기는 미립자들이나 오염은 곧 하류로 사라진다. 예를 들면 만약

$10\mu\text{m}$ 의 미립자가 수평 단층기류를 따라 흐르고 있다면 2초후에는 형성부위에서 수평으로 1m 옮겨가고 1m당 2cm의 하강이 있다.

수술하는 부위의 오염은 곧 하류를 따라 흘러가서 그 부위는 아주 청결한 상태로 유지된다. 이것이 기존 수술실의 공기 정화시설과 다른 점이다.

단층기류가 방해물을 만난 후에는 그 직경의 2.5배의 거리에서 다시 단층기류를 형성하는 성질이 있는 것은 중요한 점이다.

수술실에서 단층기류의 효능은 단층기류가 형성된 속에서 시간에 대해 집락을 형성하는 미립자의 수를 나타내는 도표로 그려진다. 이 곡선은 기존 수술장에서의 곡선과 비교되어진다.

단층기류의 사용으로  $10^2\sim 10^4$ 의 세균오염 저하와 기존 공기 정화시설을 사용하는 수술장에서는 적어도 감염률이 10%인 것을 0.6%로 저하시킨다.

## 5. 수술실에서 단층기류의 적용

단층기류는 수직으로 또는 수평으로 이루어질 수 있다. 양측방법은 각기 장단점이 있으나 앞에 지적한 것처럼 양측 모두 효율은 비슷하다.

### 5-1 완전 단층기류

이것은 공기가 수술실 한쪽 벽의 전면에서 불어오고 반대쪽 벽의 전면으로 빠져나간다. 이런 방법으로 단층기류는 수술실 전체에 작용한다. 수술실을 건립하는 면에서 단점은 크다. 수술실은 환풍기, 배관 및 여과기가 있는 방의 중앙에 위치한다.

결과적으로 매우 비용이 많이 든다. 더구나 단층기류 앞에는 다른 기구를 놓지 못하므로 양측 벽은 사용할 수 없다.

### 5-2 부분 단층기류

이것은 변형시킬 수 없는 수술실에 독립적으로 단층기류를 일으키는 장치이다. 부분 단층기

류는 기존 수술실의 바닥에 설치할 수 있다. (수평 단층기류의 경우)

### 5 - 3 수평 단층기류의 장단점

수평 단층기류는 수술부위에, 특히 의사로부터 유출되는 미립자들이 수술부위로 떨어지는 것을 막는다. 미립자들은 하류를 따라 날아가고 수술부위로 떨어지지 않는다.

수술 조명등은 특수 고안될 필요가 없고 천정의 받침대 등은 제자리에 있을 수 있다.

수평 단층기류는 가장 값싸게 좋은 결과를 얻을 수 있다.

그러나 다음과 같은 단점이 있다.

- 수술실 한쪽벽은 완전히 기류 형성에 사용케 된다. (부분 기류의 경우)
- 만약 수술팀이 기류와 환자 사이에 있다면 수술 부위는 감염될 수 있다.
- 농양 절개시 감염의 위험이 있다. 하기류에 위치한 모든 물건 및 사람은 감염될 수 있다. 이 가운데 기구와 마취과 의사가 속한다.

### 5 - 4 수직 단층기류의 장단점

부분 수직 단층기류의 둘레는 환풍기, HEPA 여과기와 전여과기(prefilters)가 있는 천장에 매달린 시설과 유연한 커튼으로 둘러싸인 부분이다. 단층류로 처리될 영역은 약 9 m<sup>2</sup> (3×3m)이다.

수직 단층기류의 장점들은 다음과 같다.

- 모든 시설물이 천장에 있으므로 수술실은 정상 모습을 나타낸다.
- 수술팀은 쉽게 수술대 주위를 돌 수 있다.

— 마취와 의사는 영역 밖에 있다.

— 이식 수술시 수술대 2개를 동시에 같은 수술실에서 사용할 수 있다. 수직 단층기류는 교차감염의 위험에 대해서 더 안전한 것 같다.

수직 단층기류의 단점들은 다음과 같다.

— 수술장의 천장까지의 높이가 적어도 3m이여야 하고 천장은 1000~1500kg을 지탱하여야 한다. 이것은 모든 수술방, 특히 기존 건물에서 가능치 않다.

— 비용이 수평 단층기류보다 적어도 60% 이상 비싸다.

— 수술 조명등은 난류를 없애기 위해 특수 제작되어야 한다. 기존 수술 조명등은 대개 다시 사용할 수 없다.

— 수술팀은 수술장 밖에 위치한 배기 펌프와 연결된 특수 가운과 마스크가 있는 전신 배기 기구를 입도록 요구된다. 이 방법으로 수술팀으로부터 방출된 미립자들은 주위 공기로 빠져 나갈 수 없다. 이것은 수술팀에게 자유로운 움직임을 억제하고 피로를 증가시키는 어려움을 초래할 수 있다.

결국 두가지 방법이 청결 및 살균 면에서 비슷하지만 전신 배기 기구를 같이 사용하는 경우에는 약간 수직 단층기류가 좋다.

두가지 방법중의 선택은 다음에 의해 결정된다.

- 비용
- 시행될 수술
- 기존 수술실내에 설치 가능성
- 수술팀의 경험 등 \*