

# 병원 클린룸 공조 시스템

신 주 현 | (주) M.C.R 대표이사

E-Mail : mcr@mcryahoo.com

## 1. 머리말

최근에는 병원내의 클린룸 시설은 당연히 필요한 시설로 인식하게 되었으며 최근, 병원의 클린룸에 대한 필요성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

① 근래 10년동안 MRSA나 신생 결핵균 같은 다제 내성균(多劑 耐性菌)이 만연함에 따라 항생제 남용으로 인한 폐해를 줄이기 위한 측면에서 탈 항생물질을 지원하는 설비의 하나로서 클린룸이 요구되고 있다.

② 환자가 병원을 선택하는 시대로 옮겨 가면서 서비스와 설비를 얼마나 잘 갖추고 있는가 하는 것이 병원 경영을 좌우하는 커다란 요인이 되고 있다. 그 중에서도 얼마나 병원 내부를 깨끗하게 유지하고 있는가 하는 것이 병원을 평가하는 하나의 기준이고, 클린룸은 원내 감염방지 대책의 일환으로서 그 필요성이 증대되고 있다.

한편, 환자·직원에 대한 쾌적성을 향상시키려는 욕구가 병원 전반에 요구되어 클린룸이 기능적인 부분과 심리적 안정 효과를 높이고 있다.

③ 국내의 병원에 클린룸이 도입되기 시작한 1980년대에 건축된 클린룸이 교체 시기가 되었으며 인접한 다른 수술실을 정지 시키지 않고 최단 시간 내에 개, 보수가 가능하여야 하며 개보수 시에 수술실 등에서는 새 기능(저온화·고클린화·에너지 절

약화·높은 전기용량·의료기재의 충실 등)를 추가되어야 한다.

이런 배경에서 클린 설비를 중심으로 병원이 안고 있는 공조의 문제점과 해결 방법을 생각해 보고자 한다.

## 2. 방의 용도에 따른 종류

### 2.1 무균 병실

#### 2.1.1 내과계 무균 병실

골수이식·백혈병이나 재생 불량 빈혈 같은 혈액 질환을 가진 환자의 치료에 이용된다. 혈액 치료는 약성암 백혈구 세포를 약품(화학요법)이나 전신 방사선 조사(照射)(골수이식)에 의해 수치를 '0'으로 저하 시키기 때문에 환자의 면역 기능이 현저히 낮아지기 때문에 시술후 백혈구가 정상인에 가까운 수치로 회복될때까지 약 한 달 동안, 환자에게는 매우 엄격한 무균실에서 격리가 필요하다. 환자에 대한 감염 위험도는 병원 안에서는 가장 높다. 환자는 실내를 걸어도닐 수 있는 일상 생활을 하면서, 좁은 무균실에 장기간 동안 격리되어 있어야 하므로 격리 상태에 따른 스트레스를 받기 쉽다.

세심한 무균 테크닉을 구사해서 직접 접촉하지 않는 치료를 하는 한편, 스트레스에 따른 치료 효과의 부정적인 면을 줄이기 위해 폐쇄적인 구조를 피

하고, 가능하면 개방적인 구조로 한다. 면회 통로·외부가 보이는 대형 창·밝은 색의 창틀 등이 구비되어야 한다. 또 간호사나 가족과 대화를 할 수 있는 설비(인터폰·전화·간호사 호출기)나 화장실, 세면실, 샤워실, 텔레비전 등의 생활 기능을 갖추어야 한다. 저소음화나 사생활 보호를 위한 전동(電動) 블라인드는 주거성을 높이기 위해 중요한 사항일 것이다.

치료 처치는 주로 투약과 점적(點滴)·체혈로 이루어지고, 가능하면 스태프가 실내에 입실하지 않도록 한다. 단, 직접 진단해야 하는 경우나 X선 촬영, 실내 청소, 침대 정리, 샤워 보조 같은 실내 작업을

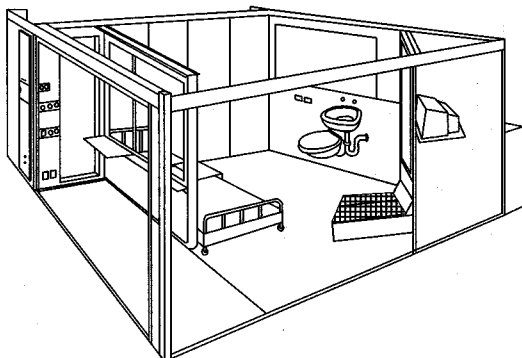


그림 1. 유닛형 무균병실

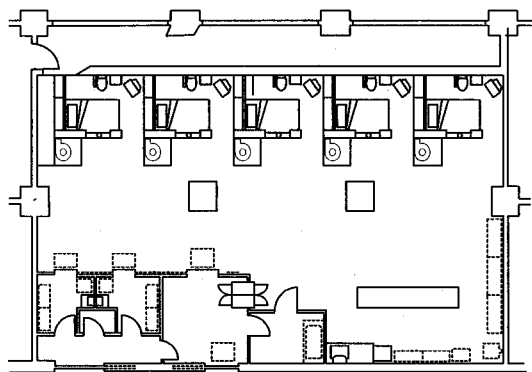


그림 2. 무균 병동 배치도

할 때에는 환자를 항상 기류의 위쪽에 위치시키고 작업을 한다. 수평 층류에서는 이 상·하류의 위치를 정하는 것이 명확해야 처치·작업하기가 쉬우므로 내과계 무균 병실에서는 수평 층류형 무균 병실이 주류를 이루고 있다. 또한, 환자가 화장실 등에서 사용하는 물은 멸균수로서 화장실·샤워실에는 세균을 제거할 수 있는 필터로 여과한 물을 공급한다. (그림 1, 그림 2)

### 2.1.2 외과계 무균 병실

주로 ICU에 설치되며 수술을 마친 환자용의 무균 병실로서, 대 수술이나 장기 이식을 마친 후 회복기 때 입실한다. 심장 수술 같은 대수술에서는 대량 출혈과 함께 환자의 체력은 큰폭으로 저하되기 때문에 면역 기능도 저하된다. 특히, 심장이나 간장·폐 등의 폐기 이식에서는 대수술과 함께 폐기(肺器)에 대한 거부 반응을 억제하기 위해 투여하는 면역 억제제가 환자의 일시적인 면역력을 저하시킨다. 이런 수술을 받은 환자는 침대에서 안정을 취하며 ICU적 치료와 함께 외과적 처치를 받게 된다. 일반적 ICU와 마찬가지로 침대 주위에서 환자를 처치할 수 있는 동시에, 가까이에 의료가스 판넬·비접지 판넬 같은 의료상의 기능과 의료 진단 장치가 나란히 있는 침대 주변 공간이 필요하다. 이런 점에서 침대 위를 CLASS 100으로 유지할 수 있는 수직 층류가 사용하기 쉽다.

### 2.1.3 화상 환자용 무균 병실

전신 화상이나 중도 화상의 치료에 사용된다. 화상 환자는 피부가 괴사하기 때문에 세균이 체내로 침투하기 쉽고, 체액의 유출에 따른 면역력의 저하로 패혈증 등에 감염되기 아주 쉽다. 또, 체표면이 굽기도 쉬워 봉대를 자주 갈아주는 등의 외과적 처치가 이루어진다. 빨리 낮게 하기 위해 봉대를 감

지 않는 개방 요법은 CLASS 100인 기류 속에 환자를 들어가게 해서 붕대를 대신해서 감염 방지 역할을 하도록 한다.

게다가 화상 환자는 체력 저하와 함께 자기 체온 유지가 어려워지는 경향이 있어 체표면에서 수분이 증발되는 것을 억제하는 것과 함께 고온 다습환경이 요구된다. 화상 환자는 감염되기 쉬운 이감염(易感染 易 감염) 환자인 동시에 전신 화농에 의한 오염 발생원이기도 하기 때문에 다른 환자와 격리하거나 악취 대책이 필요하다. ICU 등에서는 독립한 화상 센터나 환자마다의 개인 격리실이 필요하다. 무균 병실의 형태로는 외과적 무균 병실과 함께 쓰는 곳이 있는데, 고온 다습 기능을 갖춘 경우에는 침대를 비닐 커튼으로 감싼 모양이다.(사진 1)



사진 1. 화상 환자용 무균 병실

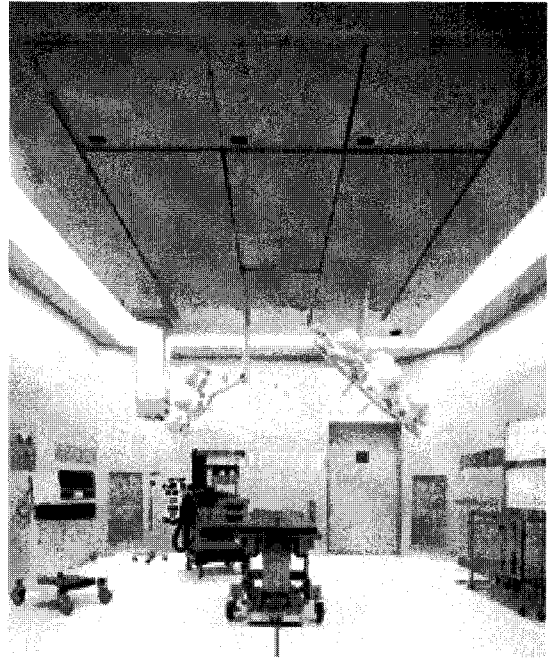


사진 2. 수직층류형 바이오클린 수술실

## 2.2 수술실

### 2.2.1 무균 수술실

수술중 균의 침투로 감염이 일어나기 쉬운 인공 고관절(人工股關節) 수술 등은 CLASS 100인 수술실에서 할 경우가 많다. 그리고, 다른 정형(整形) 외과적 수술이나 심장·뇌 수술에도 사용된다. 고관절에만 한정된 수술이라면 위쪽에 스태프가 위치하지 않아도 되는 수평 층류가 유리하지만, 병원 안에서의 무균 수술실은 다용도로 쓰이고, 주위벽의 수납 기능이 많기 때문에 최근에는 수직 층류형이 주류를 이루고 있다. 수직 층류일 경우에는 환자 뒷쪽에 놓는 무영등이나 수술자가 층류 기류가 환자에게 닿는 것을 막기 때문에 대응이 필요하다. 수술대 바로 위에 놓이지 않는 무영등(매립식이나 분산형)을 채용하고, 동시에 수술자는 자신의 호흡을 수술

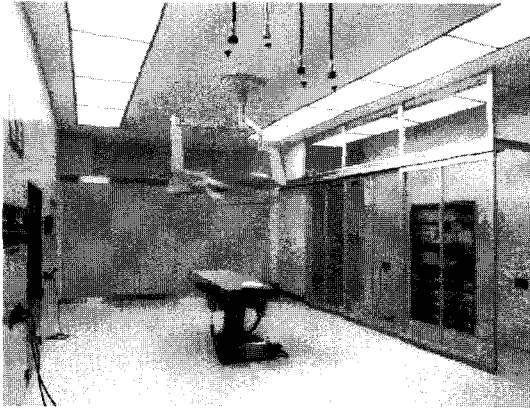


사진 3. 수평층류형 무균 수술

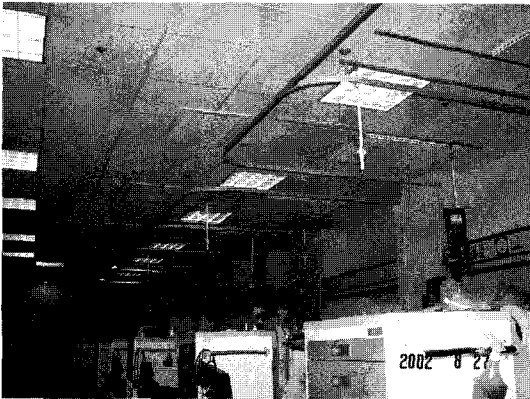


사진 4. ICU의 예

대 밖으로 내릴 수 있는 호흡 배기장치를 달고 있어야 한다. 전실(前室)을 설치해서 문이 열릴 때 오염된 공기가 들어오는 것을 줄인다.(사진3, 4)

### 2.2.2 일반 수술실

흉부외과·신경외과·안과와 각 과마다 사용기재나 청정도·필요 바닥면적 등을 전문화해 큰 병원에서는 각 과마다 수술실을 분리하고 있다. 수술대 바로 위에 HEPA FILTER를 집중 배치하고, 방전체를 CLASS 10,000으로 하는 경우가 많은데,

분산형 취출구도 무방하다. 멸균한 제품을 공급하는 클린 서플라이 홀이 있는 수술실에서는 클린 서플라이 홀을 청결보다 우선으로 보고, 수술실 쪽으로 유입시키는 에어 밸런스를 만든다.

### 2.2.3 감염중 수술실

HB 감염, HC 감염, 결핵균, MRSA에 감염된 환자에 대한 수술은 음압(陰壓)으로 제어된 전용 수술실을 설치해, 주로 에어로졸에 의해 균이 확산되는 것을 막는다.

### 2.3 ICU

ICU의 특징은 공간이 넓고, 창쪽에 환자가 있다는 점이다.

### 2.4 주산기(周産期) 병동

NICU·미숙아실·분만실 등이 클린화된다.

### 2.5 약제실

점적제(点滴劑)를 만드는 무균 제제실은 소규모의 CLASS 10,000실이며, Clean bench가 놓여있다.

### 2.6 검사실

혈관 조영실(造影室)이나 심장 카테터실은 조영제(造影劑) 투입이나 카테터 삽입으로 외과 처치가 이루어지므로 CLASS 10,000 정도가 요구된다. 리니액(리니어 액셀러레이터. 선형 가속기) 실에서도 개봉조사(開腹照射)를 동반하기 때문에 일반 수술실과 같은 수준의 청정도가 필요하다. 단, 이런 검사 기기가 밀집되어 있는 방에서는 공조 취출구를 방의 중심에 배치하기가 어려워 주위에 배치하거나 벽취출로 해야 하므로 수술실 수준의 청정도는 어려운 예가 많다.

### 3. 병원 클린룸의 특수성

#### 3.1 원내 감염 방지가 가장 기본

병원 클린룸의 목적은 수술부 감염·원내 감염 방지며 공기가 감염되는 것을 방지하기 위해서는 공기가 다른 장소로 전이되지 않는 것이 가장 중요하고, 공기가 외부로부터 들어오지 않도록 해야만 한다. 청정도를 만족시키더라도 에어 밸런스가 무너지거나 운전 정지중에 오염 공기가 실내로 유입되면 원내 감염을 방지할 수가 없다.

이감염(易感染) 환자에게는 외부에서 들어온 공기는 어떤 경우라도 HEPA를 통해서 실내로 공급하고, 감염증 환자의 경우에는 원내로 직접 오염 공기가 유출되지 않도록 시스템화 하여야 한다.

#### 3.2 먼지의 유입, 발생이 많은 클린룸

병원의 클린룸은 공업용 클린룸에 비해서 발진(發塵)에 관해서 상당히 무관심하다. 병실에서는 일반용의 매트와 이불이 쓰이고, 환자와 스태프의 옷은 주로 목면으로 만들어졌기 때문에 보푸라기 같은 것이 많이 발생한다.

또, 치료와 간호시에는 사람이나 물건의 출입이 매우 많다고 할 수 있다. 병원은 환자가 주체이며, 방지 대상이 균이라는 점, 클린룸은 어디까지나 치료를 위한 하나의 보조 수단밖임을 주지 한다면 무진복을 입거나, 에어 샤워를 사용한다고 해도 먼지가 유입되고 발생하는 것을 막을 수 없다.

다만, 대부분의 보푸라기가 바닥에 가라앉아 걸을 때마다 사방으로 흩날린다는 것을 인식하고 있어야 한다. 클린룸은 그대로 내버려두어도 깨끗해질 것이라고 생각하는 경향이 있는데, 깨끗하게 하기 위해서는 매일매일 바닥 청소를 하는 것이 가장 중요하므로 청소하기 쉬운 건축 구조나 바닥에 물건을 두지 않는 노력이 필요하다.

#### 3.3 대상은 세균

병원 클린룸의 목적은 어디까지나 균의 농도 억제이지 먼지량 억제가 아니다. 실내에서의 균의 존재는 HEPA 필터나 환기 횟수만으로 결정되는 것이 아니라, 입실 관리나 청소 관리·온,습도관리 등에서 큰 차이가 생긴다.

「병원 건조설비의 설계·관리 지침」(HEAS-02-1998)에서 지표치로서 미생물 코로니 수의 농도를 주장하는 것도 먼지수만으로는 본래의 목적을 달성할 수 없음을 시사하고 있다.

예를 들면, 화장실이 없는 클린룸과 화장실이 있는 일반실에서는 후자 쪽이 균의 억제에 유의해야 할 것이며, 실내 먼지는 주로 바닥에 가라앉았다가 사방으로 흩날리는 것을 감안하면 청소 방법과 횟수의 차이에 의해 대부분 차이가 생긴다.

#### 3.4 다기능형이다

무균실 등에서 말한 것처럼 생활 기능·주거성 등이 가져올 수 있는 점은 '무균'이라는 방향과는 역향할 수 있다. 또 수술실에 필요한 많은 기능 또한 그와 같다.

#### 3.5 배리어 프리 출입문

병원의 문은 모두 바닥이 평평한 배리어 프리 구조이다. 바닥과 문 사이에 10mm 정도의 틈이 있기 때문에 당연히 기밀(氣密) 구조는 아니다.

공업용 클린룸은 방 사이의 차압을 감지하는 에어 밸런스 제어를 자동 제어화하고 있는데, 에어락실이나 기밀(氣密) 도어를 사용하는 일이 적은 병원에서 이 방법은 통용되지 않는다.

양압(陽壓) 제어보다 중요한 것은 항상 외향 기류를 실현하는 것이므로 도어 1개소당 200~400m/h의 잉여 공기를 도어 틈으로 실외로 내보내도록 한다.

### 3.6 출입 횟수가 많다

한 명의 간호사가 무균 병실 이외의 병상도 담당하거나, 물품이나 식사의 반입으로 방에 출입하는 횟수는 매우 많다. 수술실에서는 1시간에 20회 정도가 된다. 문을 열고 닫는 일이 잦아 문을 열어둔 채로 수술을 하는 일이 습관이 된 병원도 있어 의식면에서의 개선도 필요하다. 출입을 제한하려면 미리 필요한 물품을 넣어 두거나, 클린 전문 무분화하면 되겠지만, 간호 체제의 차이 때문에 모든 병원이 다 그렇다고 할 수는 없다. 에어 샤워실을 설치하지 않는 것이 보통이며, 대신 탈의실이 일반화 되어 있다. 외기가 흘러드는 것을 막으려면 자동문이나 전실(前室)이 효과적이다.

### 3.7 개인실이 많고, 원내에 흩어져 있다

수술실이나 ICU 이외에 클린을 필요로 하는 방은 각각 소규모로, 원내에 여기저기에 흩어져 있다. 일반실처럼 만들어진 경우가 대부분이며, 클린은 보조적인 의미일 때가 많다. 기계 스페이스도 특별히 있는 경우가 드물어 천장 은폐형인 클린 기기로 대응할 때가 많다.

### 3.8 실간(室間) 덕트는 원내 감염의 진원지

원내 감염 경로의 하나로 방과 방을 연결하는 덕트가 있다. 중앙 덕트 방식이 주류였을 때의 건물은 순식간에 세균이 다른곳으로 전파될 수 있다. 이 경로를 차단하는 것이 최우선이며, 방 사이 덕트는 가급적 없애고, 부득이한 덕트는 방으로 들어가는 입구에 HEPA 필터를 설치해서 오염이 직접 유입되는 것을 피한다.

### 3.9 대상은 사람. 격리와 쾌적성(amenity)

격리나 클린을 주체로 하면 몇 겹으로 된 격리벽과 무기질인 내장재에 둘러싸여 마치 감옥에 갇힌

듯한 느낌을 받는다. 요즘에는 효과적인 무균 테크닉의 정도를 알아두어 환자의 상태에 따라서 무균 격리의 레벨을 완화하는 방향으로 하고 있다. 방의 구조도 환자의 인권을 존중한 쾌적한 장식과 개방성이 필요하다.

### 3.10 발균자와 감염 환자의 동거

환자는 치료 과정에서 발균자도 되고, 감염 환자가 되기도 한다. 본래는 환자가 감염되지 않도록 투여하는 항생 물질이 한 명의 환자 체내에서 다제내성균(多劑耐性菌)이 만들어져 MRSA의 발균자가 될 수 있다. 원내의 모든 병동에서 옆 환자가 발균자가 되거나 감염 환자가 될 가능성이 있는데, 평소의 균검사서 판명된 환자 본인을 보호하는 클린 격리나 다른 환자를 보호하는 음압격리(陰壓隔離)가 실시된다.

### 3.11 결핵과 격리

최근, 항생 물질의 남용에 따른 강한 결핵균이 서서히 증가하고 있어 대책이 시급하다. 결핵은 기도(氣道)를 통해 침입하는 감염이 주(主)라는 점에서 병실의 기류는 입구측→환자측→HEPA 부착 배기구와 한 방향으로 흐르게 설계한다. 환자의 채담(採痰)을 위해 전용 음압 부스를 설치하면 좋다.

### 3.12 각실 공조가 필요하다

병원의 각 방은 벌집 같고, 용도나 사용 시간대·연간 냉방·각실 온도 제어·청정도가 각각 다르다. 특히 복도 천장 안은 병원의 어느 구역이나 온갖 설비로 과밀 상태라 보수·갱신시에 장애가 된다. 단일 환기 덕트와 FCU방식이 주된 공조 방식이었던 병원이나 중소 병원에서는 멀티 에어컨 방식으로 바뀌고 있어 보다 치밀한 각실 공조가 요구되고 있다.

## 4. 병원 클린룸의 구조 분류

### 4.1 덕트 순환형과 국소 순환형

덕트 순환형은 기계실에 공조기가 있고, 국소 순환형은 실내에 공조기가 있는 형태를 말한다. 요즘에는 다음과 같은 이유로 국소 순환형의 클린룸이 주류를 이루고 있다.

- ① 덕트에 의한 균의 전이가 없다.
- ② 멀티 에어컨 등이 일반화되어 실내 기기의 소음·유지 관리성이 향상되고 있다.
- ③ 청정도를 필요로 하는 방이 많아졌으며, 그때마다 기계실을 설치할 수 없다.
- ④ 각 실마다 온도·풍량 제어가 가능하다. 에너지 절약으로도 연결된다.
- ⑤ 에어 밸런스는 환기 덕트만으로 하기 때문에 조정하기 쉽다.
- ⑥ 복도 천장이 과밀해서 덕트 공간을 확보할 수 없다.

### 4.2 종류형과 난류형

종류형 클린룸은 내과계에서는 수평형이, 외과계에서는 수직형이 압도적으로 많다. 난류형이나 그 밖의 경우, 천장 흡입으로 되는 경우가 많아 취출 풍속을 빠르게 해서 순환 효율을 높이고 있다.

### 4.3 양압 격리와 음압 격리

감염 환자에게는 양압 격리, 또 감염증 환자에게는 음압 격리를 실시해 공기 감염을 차단한다. 모두 독방 격리이다. ICU 등에서는 각 방을 다목적으로 활용하기 위해 양,음압 호환형인 클린룸인 경우도 있다. 이것은 한편으로는 좋아 보지만, 사용 도중에 불안해 질 수 있고, 멸균 소독을 완벽하게 한다는 전제 조건에서 사용해야 하므로, 설계시에 사용자 측과 충분히 장단점을 판단해서 대비해야 할 것이

다. 가끔 ICU 환자가 MRSA에 걸리기도 하고, 감염 환자가 감염증을 동시에 앓는 경우도 있으며, 음압인 클린룸의 경우도 있다. 이럴 때는 전실을 설치하면 격리가 효과적으로 된다. 전실은 양압형과 음압형이 있는데, 양압형은 전실을 양압으로 하고, 감염실과 복도에 정화된 공기를 내보내는 것이고, 음압형은 전실을 음압으로 해서 감염실과 복도에서 공기를 들여온다.

### 4.4 축조식과 유니트식

범용 공조 기기를 조합해 시공하는 현장 시공형인 축조형은 그 다양한 요구에 대한 적응성은 높지만, 일체화된 형태의 다기능·컴팩트·안정성·단공기(短工期)에 뛰어난 공장 제작형인 유니트식이 많아지고 있다.(그림 3)

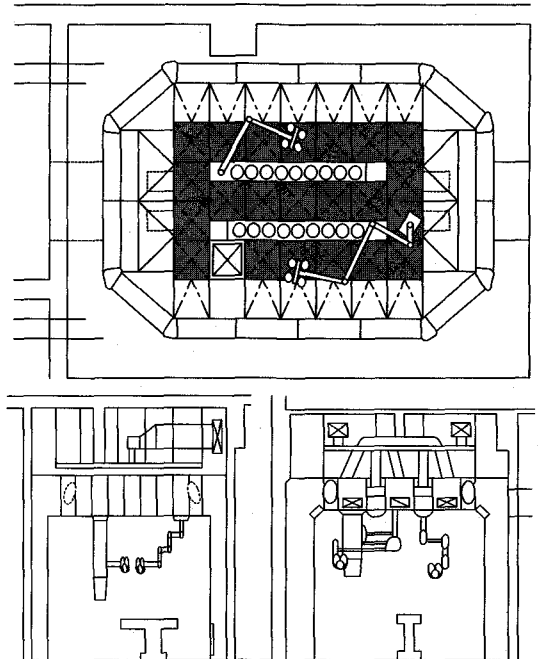


그림 3. 유니트형 무균 수술실 평면도 정면도 측면도

## 4.5 다기능형의 클린룸

### 4.5.1 음압식 클린룸

음압과 클린을 동시에 실현할수 있는 병실로, 감염증을 앓으면서 감염 상태에 있는 환자를 위한 클린 룸이라 시공이 상대적으로 어렵다. 음압실은 청소기처럼 천장이나 벽의 공기를 실내로 끌어들이기 위해 상당한 고기밀(高氣密) 시공을 해도 겨우 100,000 정도를 실현할 수 있다. 그 이상의 청정도를 요구할 때는 음압실에 다시 양압 클린룸을 설치하는 형태를 채택한다.

### 4.5.2 저체온 수술실

체온을 저하시켜서 몸 전체의 산소 소비량을 억제하고, 순환기계(循環器系)를 차단해 장기(臟器) 등이 기능 장애에 빠지지 않도록 하는 마취법으로, 심장이나 뇌 수술에는 15~20℃의 저온 공조가 요구된다. 환자가 마취 후 20분 이내에 급속히 냉각하는 능력과 수술 후에 급속히 난방하는 능력도 요구된다. 저온 취출시의 기류 형상은 상온에 비해 흐름이 위축되기 때문에 수술대의 풍속은 빨라진다. 장시간에 걸친 수술이므로 환자에 대한 스포트 쿨링(Spot Cooling)으로 하고, 마취의·간호사가 위치한 구역은 상온 공조로 하는 것이 바람직하다. 이 밖에 천장 안과 벽 안에 결로(結露)에 대한 대책이 필요하다.

### 4.5.3 생활 기능이 딸린 무균 병실

장기간 동안 격리된 생활을 하는 무균 병실은 환자가 입원 생활에서 필요로 하는 다양한 기능이 방한 칸에 집약되어 있다. 물과 관계 있는 멸균수·세면대·화장실·샤워실, 환자 의 정신을 안정시키기 위한 텔레비전·비디오·전화·면회창구·인터폰·전동 커튼·의료가스·간호사 호출기·감시 카메라

라 같은 의료 서포트, 그리고 실내 가스 멸균 기능 등이 한 곳에 딸려 있다.

## 5. 병원 클린룸이 요구하는 성능

### 5.1 에어 밸런스(양압/음압 제어)

병원 안은 여러 개인실로 구분된 미로이다. 그 방과 방을 연결하는 에어 밸런스는 원내 감염 방지를 위해 가장 중요시해야 하는 항목이다. 여기서 주목해야 할 것은 각 방의 에어 밸런스만을 고려할 것이 아니라 클린 관리 구역 전체의 에어 밸런스를 무너뜨리지 않도록 조심해야 한다. 예를 들면 수술실의 경우, 그림 4처럼 에어 밸런스가 일반적이지만, 몇 개의 공조 계통과 배기 계통이 복잡하게 얽혀 있으면 각 계통의 ON-OFF로 한 방향이어야 할 방 사이의 풍량이 변하기도 하고, 필터의 양압의 차이에 의해 방 사이의 에어 밸런스가 역전하기도 하는 것을 종종 볼 수 있다.

이런 에어 밸런스 문제를 피하기 위해서는 다음의 네 가지를 사항을 준수 하여야 한다.

#### ① 공조 계통마다 에어 밸런스가 유지되도록 한다.

어떤 공조 계통을 멈추더라도 다른 에어 밸런스는 영향을 미치지 않도록 한다.

그림 4를 예로 들면 BCR 수술실 계통의 공조기와 배기를 1계통으로 하고, 가장 아랫부분의 배기를 수술실 복도와 클린 서플라이에서 하게 하면 에어 밸런스BCR 계통 수준으로 유지가 가능하며 BCR 계통을 정지시키더라도 수술실 복도나 클린 서플라이에 연결된 다른 방의 에어 밸런스가 무너지는 일은 없어진다.(그림 5)

#### ② 에어 밸런스를 담당하는 급기측에 정풍량 장치를 설치한다.

필터가 설치되어 있는 SA는 해가 지날수록 풍량



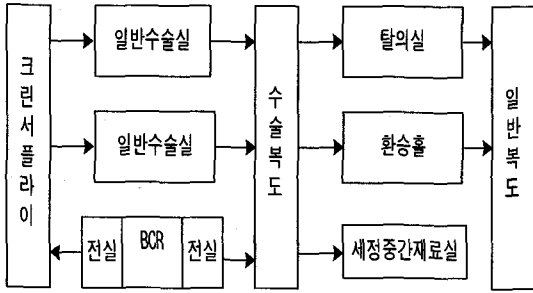


그림 4. 수술실의 AIR FLOW

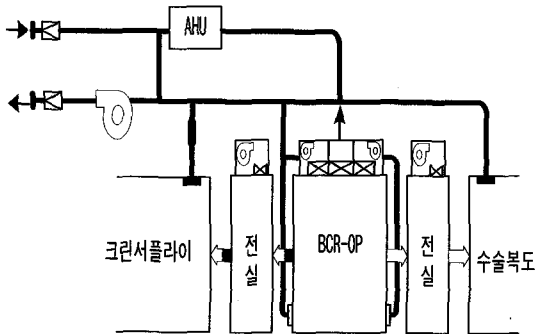


그림 5. 무균 수술실의 계통

이 감소하는 경향이 있으므로 정풍량 장치를 설치해서 항상 정풍량을 유지하는 기능이 필요하다. 배기에 HEPA 등이 설치되어 있을 때는 배기측에 정풍량 장치를 설치한다. 다음과 같은 이유로 RA에 CAV를 설치하는 것보다 SA에 CAV를 설치하는 것이 좋다

③ 잉여 공기량은 CAV의 오차범위 이상의 여유를 가질 것.

정풍량 장치의 정밀도는 5~10%의 오차를 수반한다. 대풍량일 경우, 그것만 오차 풍량이 많을 것이고, 10,000m<sup>3</sup>/h의 공급 공기를 CAV로 제어할 경우에는 1000m<sup>3</sup>/h 이상의 오차를 설정하지 않으면

안된다. RA에 CAV를 설치하면 잉여 공기는 더욱 늘어나야 한다. 이런 이유에서 EA에는 CAV를 설치하지 않는다. 이상으로 EA에 CAV를 설치하는 것을 피하고, SA에 CAV를 설치하도록 한다.

④ 시스템을 단순화할 것.

순환계통과 RA를 분리하는 것으로, 시스템을 단순화할 수 있다. 환기만으로 에어 밸런스를 맞추면 작은 풍량을 콘트롤하므로 정밀도가 높아진다.(그림 6)

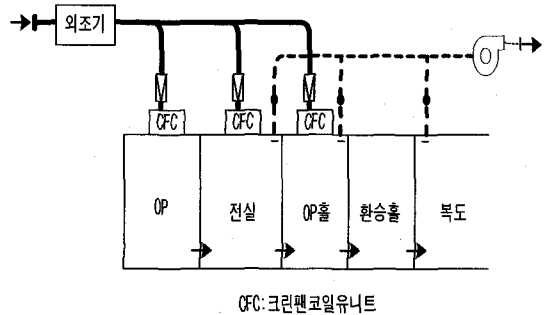


그림 6. 순환계통과 RA의 분리

5.2 HEPA FILTER

HEAS-02-1998에는 무균 병실과 무균 수술실을 제외하고는 HEPA 필터가 반드시 필요하지는 않다고 되어 있다. DOP 95%인 고성능 필터나 NBS 90%인 중성능 필터면 충분하다고 되어 있다.

단, 이 대상은 실내에서 순환하는 공기의 균농도를 희석했다는 가정하에, 외부에서 들어오는 덕트로는 완벽한 차단성을 기대할 수 있는 HEPA를 권한다. 파티클 카운터에 의한 성능 평가가 확실하고, 가격도 싸졌으며, 5년 이상의 수명을 기대할 수 있는 점 등에서 실제 HEPA 필터로 형태를 만들 때가 많고, HEPA 필터와 그 밖의 필터를 혼합하는 예는 적다.

### 5.3 청정도

일반적으로 균의 존재와 원내 감염의 인과 관계는 상상할 수 있지만, CLASS 로 표시된 청정도와 원내 감염의 인과 관계는 반드시 일치하지 않는다. 원내 감염에는 여러 가지 요인이 있어 먼지의 농도로만 정의내릴 수 없다. HEAS-02-1998에서 공기 중 균의 콜로니수를 규정하는 이유이다. 그러나, CLASS 표시는 누구나 알기 쉽고, 운영면에서도 널리 쓰이고 있다. 건축 설비로서 건축주에게 양도할 경우, 방의 공기 청정도 평가를 하려고 했을 때는 운영면에서 좌우되는 미생물 콜로니수로 나타내는 것은 어렵고, 먼지수를 측정해서 내린 평가로 대처하는 것이 일반적이다. 다만, 실제로 운영되고 있는 병원에서는 미생물 측정과 먼지 측정을 병용해, 다각적으로 문제점을 파악하는 것이 유용하다고 생각한다. CLASS 호칭 표시에 너무 집착한 나머지, 본질은 균농도 감소라는 사실을 잊지 않도록 해야 한다. 예를 들면, 같은 청정도의 실이 2실이 있어도 감염실에서 공기가 유입되고 있는 방은 청정도가 높아 하더라도 감염 방지까지는 되지 않는 사실 등에 주의한다.

### 5.4 기류 중속 · 기류 드래프트

장시간 바람을 쐬면 환자는 몸에 이상이 생겼음을 호소한다. 병실에서는 환자에게 직접 기류가 닿지 않도록 하는 것이 바람직하다. CLASS 10,000 정도의 병실에서 청정도를 우선시해 침대 바로 위에서 수직으로 취출구를 배치하는 것은 환자에게 고통을 줄 수밖에 없다. 이런 경우에는 침대 주위로 기류를 분산 시킬수 있는 장치를 별도로 마련해 취출구 중앙은 30%/ 주변으로 70% 정도가 분산 되도록 해야 한다. 항상 층류가 형성된 실내에서 생활해야 하는 무균 병실에서는 기류를 피할 수는 없으므로 보통은 미풍속(0.15~0.2m/s) 으로 유지시켜

환자에게 부담을 덜 주도록 하고 처치시에는 0.3m/s 이상의 풍속으로 전환시켜 기류 형상의 안전성을 확보 하여야만 한다. 수술실에서는 0.4~0.5m/s의 풍속이 이상적이다.

0.4m/s 이하라면 수술자에게 들려서 수술부위에 기류가 도달하기 어렵고, 또 0.5m/s 이상일 때는 수술부위의 건조에 영향을 미친다.

### 5.5 신뢰성

수술중에 있거나 고도의 무균 치료중인 환자에게 공조기의 고장은 치명적일 수 있다. 화재 · 누수 · 전원 정지 · 팬 정지 등의 무균 치료를 중단할 수밖에 없는 중대한 고장은 반드시 피해야 한다. 대부분이 늘상 쓰는 기계가 아니고, 병원측에서의 일차적인 대응이 어려운 경우도 있기 때문에 설비에는 높은 신뢰성과 신속한 메이커 수리 체제가 필요하다. 한편, 기계 자체에 대한 신뢰성과 함께 대체품이 없는 중요한 시설에는 다음과 같은 고장시 안전(Fail Safe) 대책이 요망된다.

- ① 기계의 주요부를 분산해서 백업하거나 100% 다운을 피하는 대응
- ② 비상 전원에 의한 전원 공급
- ③ 화재 · 누수 · 전원 정지 · 팬 정지 등에는 경보와 안전 쪽으로 작동하는 Safety Interlock

### 5.6 보수성

유지 관리할 필요가 없는 기계가 이상적이지만, 기계인 이상 어떤 고장이든 발생할수 있다는 것을 항상 염두에 두어야 한다.

우선, 점검이 쉬운 구조의 기계일 것. 무균실 밖에서 점검할 수 있는 구조나 점검구등이 충분할 것 등이 신속한 수리의 지름길이다.

다음으로, 중요한 시설은 정기적(연1회)인 점검 · 조정으로 고장을 사전에 진단해 미리 수명이

다하기 전에 교환하는 등의 예방 조치를 한다. 또 돌발적인 고장에 즉시 대응할 수 있는 서비스 체제를 가진 업체와의 연대를 확보해 두는 것이 중요하다.

### 5.7 소음

청정도는 발진(發塵)과 회석이 균형을 이룬 것으로, 발진이 많은 낮에는 풍량을 늘려서 제진(除塵)을 높이지만, 야간 및 발진이 적은 시간대에는 소음을 억제하는 풍량 운전을 한다. 이 풍속 변환 스위치는 현장에 있는 스텝이 현장 상황에 따라 바로 바꿀 수 있는 장소에 설치한다. 또, 소음 외에 저주파음을 장시간 듣는 일이 고통으로 연결되므로 저주파 대책에 주의한다.

### 5.8 청소

앞서 말했듯이 바닥에는 많은 먼지가 쌓여 있어 보행시 흩날린다. 바닥은 자주 청소를 하기 쉽도록 염화비닐 시트 소재를 채용하고, 코너부는 R형태로 하는 것이 바람직하다. 반면, 벽은 오염원이 달라붙거나 흩날리는 경우가 드물기 때문에 손이 닿는 부분을 닦아낼 수 있는 정도의 재료를 쓰고, 수술실과 무균 병실을 제외하고는 주거성을 먼저 고려한 비닐 벽지 등을 선정하는 일이 대부분이다. 천장도 균이 달라붙고, 흩날리는 경우가 적기 때문에 청소를 하는 경우가 드물고, 흡음성(吸音性)을 우선해 압면 흡음판을 많이 쓴다.

### 5.9 소독

병원에서 사용하는 소독제는 약독성인 것이 대부분인데다 내장재 역시 내약품성(耐藥品性)이라서 문제가 되는 일은 적다. 굳이 말하자면, 이소진액을 염화비닐 시트에 방치하면 얼룩이 남기도 하고, 포비돈으로 닦아내면 표면에 끈적거림이 남을 정도이

다. 포르말린 가스 배기 덕트도 그 빈도가 적기 때문에 일반 아연을 도금한 덕트에서 부식성은 문제가 되지 않는다. 다만, 오존 가스는 고무 제품에 대해서는 심하게 손상 시킬 수 있으므로 내장재와의 료 기기는 고무 제품을 철저히 배제해야 한다.

### 5.10 가스 훈증 소독

포르말린이나 오존으로 실내 가스를 훈증할 경우, 훈증과 배기 도중에 실내 공기가 밖으로 새어나가지 않도록 하는 기밀성(氣密性)이 요구된다. 천장 안·전선관·드레인관·배수관·덕트를 통해 옆방으로 새어나가지 않도록 연구한다. 급기 덕트에서 새는 약간의 공기는 실내를 양압으로 해서 가스를 실외로 빠지게 한다. 또 무균으로 소독할 때는 가스 배기시에 실내를 음압으로 유지시켜 오염이 확산되지 않도록 하는 대응이 필요하다.

### 5.11 가습과 결로(結露)

대부분의 기존 병원은 겨울철에 20~30%의 습도를 유지한다. 일반보다도 많은 외기(환기횟수 2~5회/h)나 창측의 결로에 따른 습기 감소, 틈이 많은 문과 습도를 유지하는 데 불리한 조건을 가진 병원에서는 1년 동안 이 습도대역을 유지하는 공조 방식은 대단히 어렵다.

BIO 클린룸에서는 40~60%의 습도가 건조를 방지하고 세균의 번식도 억제할 수 있는 최적치로 되어 있다. 과대한 가습기를 설치하면 중간기 등에 제어하지 못하여 습도가 높아질 우려가 있고, 창측이나 덕트 속·그리고 벽 속에 내부 결로를 발생시켜 균의 증식으로 연결될 수 있다. 다양한 가습 방법에는 일장일단이 있어 어느 것이 좋다고 딱 잘라 말하기는 어렵지만, 공기에 잘 혼합되는 증기 가습이 일반적이다. 증기는 강제 가습이므로 적적량의 제어에 주의하여야 한다. 풍량이 적으면 과포화 가습

이 되기 쉬우므로 순환 공기에 혼합하는 편이 좋다. 기화식 가습은 강력하지는 않지만, 외기 처리계통에 넣어도 과포화가 될 우려는 없다. 팬 형과 자연 가습은 수조(水槽)가 균의 발생원이 되므로 채용하지 않는다. 초음파와 물 분무는 완전히 증발하지 않는 미스트가 HEPA에 포집되어 결로 상태가 되므로 역시 채용하지 않는다. 또 가습기를 실내에 들여놓는 것은 충분한 증발 거리를 확보할 수 없기 때문에 결로할 경우가 많아 권하지 않는다.

### 5.12 조도(照度)

수술실이나 ICU에는 1000 LUX 정도의 조도(照度)가 필요하지만, CLASS 100인 경우에는 조명 기구와 취출구를 합친 조명 조립형 취출구도 시도되고 있다.(사진 5)



사진 5. COIL 내장형 FFU

### 5.13 진동

병원 안에서 진동에 가장 민감한 것은 수술용 현미경이지만, 생산 기계 설비처럼 진동 허용치는 확실하게 정해져 있지 않다. 몸을 흔드는 진동은 S구조 등의 건물 구조가 근본 요인인 경우가 많은데, 공조기를 가능하면 작게 분산시켜 진동을 최소화하는

연구가 필요하다. 환자에게는 저주파의 진동이 몸에 영향을 주기 쉽고, 흔들림이 적은 RC 구조 쪽이 무의식적으로도 안정감을 주는 것 같다.

## 6. 맺음말

이제 병원의 클린룸 요구는 일반화되어 일반 공사로 받아들이고 소화시켜야 한다. 그리고 어떤 사람이 설계하고 시공하더라도 차이가 적은 단순한 공조 시스템이 요구되고 있다. 원내 감염 방지 공조의 기본은 각 개인실마다 공기의 교차 오염 차단에 있다. 종래의 중앙 덕트 방식에서는 상당히 어려운 이 과제가 각 병실별로의 실내 순환형 공조 방식으로 하게 되면 외부와의 차단도 쉬워진다.

또, 병원은 작은 방의 집합체로, 각각의 방마다 청정도·온습도·에어 밸런스에 대한 요구가 다르고, 또 사용 시간대도 다르다. 하나의 공조기로 여러 방의 개개의 요구에 응하게 하는 것은, 병원 공조에 상당히 정통한 사람이 아니면 착오를 일으키기 쉽다. 그래서,

- ① 청정도를 위한 필요 풍량
- ② 온도 조절을 위한 냉난방 능력
- ③ 에어 밸런스를 확실히 맞추는 환기 풍량
- ④ 운전 시간

을 따로따로 분리한 개별 공조 시스템이 필요하다. 실내 순환형 공조기는 개인실마다 취출 풍량·냉난방 능력을 자유롭게 고를 수 있고, 풍량 변화가 적은 환기 덕트 풍량을 컨트롤하므로 에어 밸런스의 확실성이 대폭 향상된다. 또, 리히터 등이 필요 없고, 개별 운전관리가 가능하므로 중앙 덕트 방식의 1/2~1/3의 에너지가 절약된다. 설비 공간도 크게 줄어들고, 기계 공간이 없는 병원에서도 도입하기가 용이하다. 게다가 무엇보다 시스템이 단순하기 때문에 실수가 생기기 어렵다. 리뉴얼하기도 쉽다. 기존에는 실내 순환형 공조기는 유지 관리와 소음이

단점으로 부각되기도 했었지만, 소음을 해결할 수 있는 제품이 출시되어, 일반 사무실 빌딩의 공조가 빌딩 멀티 에어컨이 바깥이 채용되는 것 처럼 추후는 병원 공조의 주된 시스템으로 자리 잡을것으로 예상된다.

- 참고 문헌 -

- 1) 병원 공조 설비의 설계·관리 지침: HEAS-02-1998 일본병원설비협회

**투고 환영**

계간 「공기청정기술」지는 클린룸 업계의 발전을 위하여 보다 많은 클린룸 관련 기술자 여러분의 투고를 기다리고 있습니다.

각종 기술자료를 보내주시면 엄선하여 본 연구조합 기술지에 게재하여 드리고 소정의 고료를 보내드리겠습니다. 또한 본 기술지는 95년도부터는 “업계동정”란을 신설하여 업계의 단신을 수시로 접수, 게재코저하오니 우리 모두의 업계를 가꾼다는 마음으로 사소한 소식이라도 송부하여 주시기 바랍니다.