

병원에 있어서의 공조, 클린 설비

(Air Conditioning & Clean Equipment for Hospitals)

야스 마사 타다 노
편 집 자 역

요약문

보건시설에서 "클린룸"이란 개념은 원내 감염과 수술 후 감염을 방지하는 것이기 때문에 실내에 존재하는 공기내의 총 분진량 보다는 공기 중에 함유되어 있는 박테리아의 농도를 감소시키기 위해서 설계하는 것이 매우 중요하다. 병원을 평가하는데 있어서 전체 병원의 청결도 뿐만 아니라 바이오 클린룸과 바이오클린 수술실 같은 특별한 방들을 가지고 있는지에 따라 결정되는 경향이 있다. 이런 종류의 평가가 병원 수술실에 영향을 주는 요인중의 하나일 것이다. 국소 환기 시스템은 일반환기 시스템보다 더 선호되고 층류나 난류 시스템, 양압이나 음압 시스템 등과 조합해서 다양한 형태로 이용할 수 있다. 클린룸의 설계는 교차감염을 막고자 하는 필요성에 따라서 치료실과 격리실 각각에 알맞게 이루어져야 한다. 보건시설에서 클린룸의 목적은 주로 HCW와 환자가

병원에서 감염되지 않게 하는 것이기 때문에 클린룸 환기 시스템은 응급 시에도 기능할 수 있도록 준비되어야 하며, 항상 정상적으로 가동할 수 있도록 유지관리되고 주기적으로 점검되어야 한다. 소음을 포함한 환경 공해도 고려해야 한다. 이러한 엄격한 조건을 만족시키기 위해서, 여기서는 많은 병원들이 현재 직면하고 있는 문제점들을 해결하기 위한 방안을 서술한다.

주요어 : 의료시설, 바이오클린룸, 원내감염, 수술실

1. 머리말

이제는 병원내의 클린룸 시설이 매우 당연한 시설로 여겨지고 있다. 최근 병원의 클린 공조에 요구되는 과제를 열거하면 다음과 같다

최근 10년 MRSA나 신생결핵균 등의 다제

내성균이 만연하여 과량의 항생물질을 사용하고 있는데, 이에 따른 우려에서 탈 항생물질의 지원설비의 하나로서 클린룸이 요구되고 있다. 환자가 병원을 선택하는 시대가 되면서 충실한 서비스와 설비를 제공하는 것이 병원경영을 좌우하는 중요한 요인이 되고 있다. 그 중에서 병원 내를 청결하게 유지하는 방법도 병원 평가 요인의 하나가 된다. 클린룸은 원내의 감염 대책시설을 충실히 하는 일환으로 요구되고 있다. 한편 병원 전반에서 환자나 직원에 대한 쾌적성도 요구되고 있어 클린룸의 기능도 조금씩 달라지고 있다.

병원 클린룸의 초창기(1975년대)에 건설된 클린룸이 갱신시기가 될 경우, 인접한 다른 실을 운영하면서 짧은 공사 기간내에 보수가 이루어져야 한다. 또한 수술실 등에서는 새로운 기능을 부가한 (저온화, 초청정화, 에너지 절약화, 전기용량 대형화, 의료기재의 충실화 등) 형태로의 갱신이 고려되고 있다. 이와 같은 배경에서 클린 시설을 중심으로 병원에 포함되어 있는 공조의 문제점과 해결 방법을 생각해 보기로 한다.

2. 실의 용도에 따른 종류

2.1 바이오 클린 병실

(1) 내과계 무균 병동

골수이식과 백혈병 그리고 재생 불량성 빈혈 등의 혈액에 질환을 가지고 있는 환자를 치료할 때 사용된다. 혈액 치료는 악성 암 백혈구

세포를 약(화학 요법)이나 전신 방사선 투사(골수이식)에 의해 일단 감소시키거나 없애기 때문에 환자의 면역기능을 현저하게 저하시킨다. 그 때문에 환자는 다시 양성의 백혈구를 회복하는데 필요한 약 1개월 동안 고도의 무균실에 격리되어야 한다. 환자 감염의 위험성은 병원 안에서 가장 높다. 환자는 실내를 보행할 수 있는 상태에서 좁은 무균실에 장기간 격리되는 경우에 구급 상태에 의한 스트레스에 빠지기 쉽다. 스트레스에 의한 치료 효과의 마이너스 측면을 줄이기 위하여 폐쇄적인 구조는 피하고 되도록 개방적인 구조로 한다. 면회통로나 외부를 볼 수 있는 대형 창, 밝은 색조의 패널 등을 생각할 수 있다. 또 간호사나 가족과의 의사소통을 위한 설비(인터폰, 전화, 긴급호출)나 화장실, 세면대, 샤워, 텔레비전 등의 생활기능을 설치하는 것도 필요하다. 저소음화나 사생활 보호를 위한 전동 블라인드는 거주성을 높이기 위해 필요한 사항이다.

치료 처치는 주로 투약과 정맥 주사, 채혈이 주를 이루며 가능한 한 담당자 이외는 실내에 입실하지 않는 것이 좋다. 그러나 직접 진단이나 린트겐 촬영, 실내 청소, 샤워 개조 등의 실내 작업 시에는 환자를 항상 기류의 상류 측에 위치시켜서 작업을 한다. 수평층류형에서는 이상하류의 위치를 정하는 것이 명확하고 설치작업이 쉽기 때문에 내과계 무균병실에서는 수평층류형 클래스 100의 무균병실이 주류로 되고 있다. 또 환자가 세면 등에 사용하는 물은 멸균수가 필요하기 때문에 세면, 샤워에는 세

균 제거 필터로 여과한 물을 공급한다.

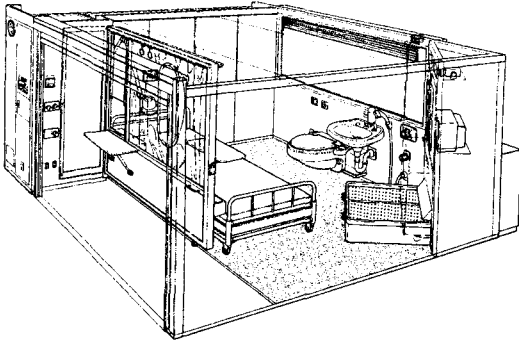


그림 1 유니트형 바이오 클린 병동

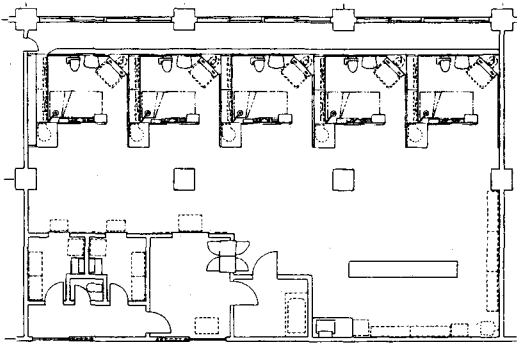


그림 2 무균 병동 배치도

(2) 외과계 무균 병실

중환자실(ICU)은 무균 병실로서 대수술 후나 장기이식 후 회복기에 입실한다. 심장수술 등의 대수술에서는 다량의 출혈과 체력의 급격한 저하, 그리고 면역기능의 저하를 동반한다. 특히 심장이나 간장, 폐 등의 장기이식에서는 대수술과 동시에 장기에서의 거부반응을 억제하기 위해 투여된 면역 억제제가 일시적인 면역력을 저하시키다. 이와 같은 수술 후 환자는

침대에서 안정 상태에 있도록 하여야 하고, ICU적 치료와 함께 외과적 처치가 시행된다. 일반적인 ICU와 마찬가지로 침대의 주위에 치료 장치와 의료가스 패널, 의료용 콘세트 등의 설비, 그리고 의료진단 장치가 나란히 늘어설 수 있는 침대 주위의 공간이 요구된다. 이런 이유 때문에 침대 위를 클래스 100으로 하는 수직층류 방식이 주로 사용된다.

(3) 열상용 무균 병실

전신화상이나 중증 화상의 치료에 사용된다. 화상환자는 신체표면이 괴사되어 있기 때문에 세균이 체내에 침입하기 쉽고 체액의 유출에 의한 면역력의 저하에 의해 패혈증 등에 극히 감염이 쉬운 상황에 빠진다. 또 체표면이 쉽게 화농함으로써, 감염을 막기 위해 빈번한 붕대 교환 등의 외과적 처치가 행하여진다. 치료부위의 회복을 촉진하기 위해 붕대를 하지 않는 개방요법은 클래스 100의 기류 안에 환자를 노출시키는 것으로 붕대를 대신하여 감염방지의 역할을 하도록 도모한다. 더우기 화상 환자는 체력의 저하와 동시에 자기의 체온 유지가 어렵기 때문에 체표면으로 부터의 수분 증발을 억제하기 위해 환자마다 고온다습 환경이 요구된다. 화상 환자는 감염이 쉬운 동시에 전신 화농에 의한 오염의 발생원이기도 하기 때문에 타 환자로부터의 격리나 악취 대책이 필요하다. ICU 등으로부터 독립된 열상 센터나 환자 격리실이 요망된다. 무균 병실 형태로서는 외과계 무균병실과 공통적인 부분이 있으나 고온다습 기능을 갖출 경우는 침대를 비닐 커튼으

로 둘러싼 형상으로 한다. (사진 1)

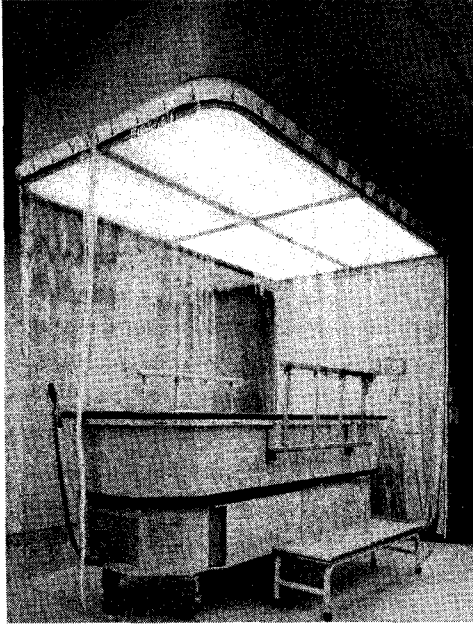


사진 1 열상용 무균 병실

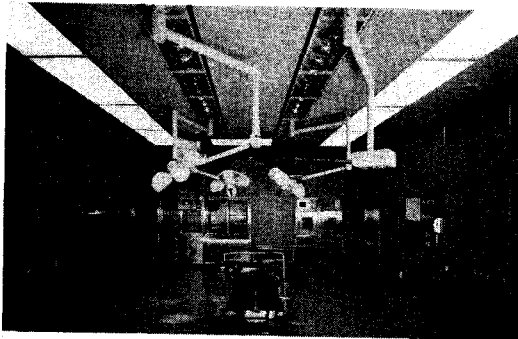


사진 2 수직 층류형 바이오클린 수술실

100의 수술실에서 시행되는 경우가 많다. 다른 정형수술이나 심장, 뇌 수술에도 사용된다. 고관절에 한정된 수술이라면 수평층류형이 유리하다고 알려져 있으나, 병원 안에서의 BCR-OP는 다목적 용도가 요구되고 주위벽의 수납기능의 많기 때문에 최근에는 수직 층류형이 주류가 되고 있다. 수직층류의 경우는 환자의 상류측에 위치하는 무영 전등이나 시술자에 의해 층류기류가 환자에 도달하는데 장애가 되지 않도록 하는 대응이 필요하다. 수술대 정면 위에 무영전등 (매립식 또는 분산형)이 위치하지 않도록 하고 시술자의 날숨이 수술대이외로 배기되도록 호기 배기 장치를 포함하여야 한다. 또한 전실을 설치해서 도어의 개방시 오염의 유입을 적게 하여야 한다. (사진 3, 4)

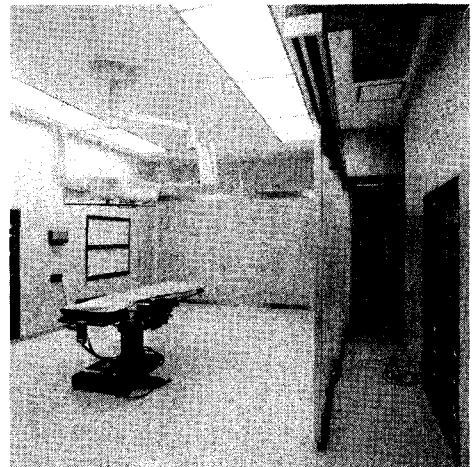


사진 3 수평층류형 바이오클린 수술실

2.2 수술실

(1) 바이오 클린 수술실

수술 중 세균의 침입에 의한 감염을 일으키기 쉬운 인공 고관절 치환 수술 등은 클래스

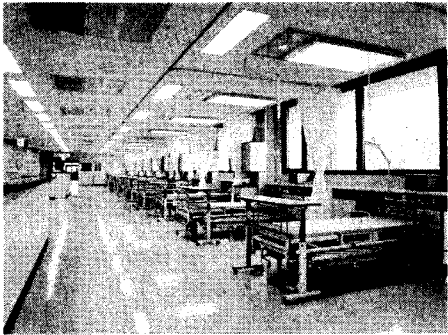
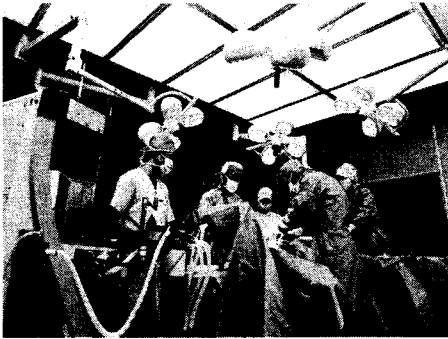


사진 4 바이오클린 수술실의 예 (상)
ICU 의 예 (하)

(2) 일반 수술실

심장, 뇌, 안과 등 각 과마다 사용기재나 청정도, 필요 바닥 면적 등이 전문화되고 있기 때문에 큰 병원에서는 각 과마다에 수술실을 분할하여 사용하고 있다. 수술대 위에 HEPA 취출구를 집약하고 실 전체로서 클래스 10,000으로 하고 있는 예가 많으나 분산형 취출구도 무방하다. 멸균물을 공급하는 Clean Supply Hall 을 가진 수술실에서는 Clean Supply Hall 을 청결의 우선 순위로 보고, 수술실측으로 유입되는 공기의 밸런싱을 형성시킨다.

(3) 감염증 수술실

HB간염, HC간염, 결핵균, MRSA에 감염되어 있는 환자에 대한 수술은, 음압제어 된 전용의 수술실을 설치, 주로 에어로졸에 의한 균의 확산 방지를 도모한다.

2.3 중환자실

ICU의 특징은 대공간으로서 창가를 따라 환자가 나란히 있는 것에 있다.

2.4 산부인과 병동

NICU, 미숙아실, 분만실 등이 청정화된다.

2.5 약제실

정맥 주사제를 제조하는 무균 제조실은 소규모의 클래스 10,000 실에 클린벤치가 설치된다.

2.6 검사실

혈관 조영실이나 심장 카테테르는 조영제의 투입이나 카테테르 삽입의 외과처치가 이루어지기 때문에 클래스 10,000 정도가 요구된다. 리니악 실에서도 개복조사를 동반하기 때문에 일반수술실 정도의 청정도가 요구된다. 그러나 이와 같이 검사기기가 밀집한 방에서는 공조 취출구를 방 중심에 배치하는 것이 곤란하여 주위에 배치하거나 벽 취출로 하는 경우가 있어 수술실의 청정도를 유지하기 어려운 예가 많다.

3. 병원 클린룸의 특성

3.1 병원내 감염방지가 우선

병원 클린룸의 목적은 수술부위 감염과 원내 감염 방지에 있다. 공기 감염을 방지하기 위해서는 공기가 다른 장소에 전이하지 않도록 하는 것이 가장 중요한 일이다. 청정도를 만족해도 공기 밸런싱이 무너지기도 하고, 운전 정지 중에 오염공기가 출입을 할 수 있기 때문에 원내 감염의 방과제 역할을 하지 못하는 경우가 있다. 쉽게 감염되는 환자에게는 외부로부터의 공기를 항상 HEPA 필터를 통해 실내에 넣어 놓아야 하고, 감염증 환자의 경우는 원내에 직접 오염공기유출을 방지하는 것을 시스템에서 채택하여야 한다.

3.2 본진의 유입 발생이 많음

병원의 클린룸은 공업용 클린룸과 비교해서 본진의 발생에 관해서는 꽤 무감각하다. 병실에서는 일반용의 매트나 이불이 사용되고, 환자나 직원의 의복은 주로 먼 종류이기 때문에 린트류의 발생이 많다. 또 치료나 간호는 환자에 관계된 일로서, 사람이나 물건의 출입이 매우 많은 특징이 있다. 클린룸은 어디까지나 치료의 보조적 수단일 수밖에 없다. 공업용 클린룸 처럼 무진 옷을 입거나, 에어샤워(Air Shower)를 하여 먼지 유입이나 발생 관리를 하는 것도 방법이다. 보통 많은 린트류는 마루에 침강하고 보행에 의해 재비산한다는 것을 인식하여야 한다. 클린룸을 깨끗하게 유지하기 위해서 매일 바닥청소를 하는 것이 매우 중요하다. 청소하기 쉬운 건축구조나 바닥에 물건을 놔두

지 않는 고안이 요구된다.

3.3 제어대상은 균

병원 클린룸의 목적은 어디까지나 균의 농도 억제에 있으며 실내에서의 균의 존재는 HEPA 필터나 환기횟수만에 의하여 결정되는 것이 아니고 입실관리, 청소관리, 온습도 (다습한 부분은 균총을 발생시키기 쉽다) 등에서 큰 차이가 난다. 『병원공조 설비의 설계 관리 지침』(HEAS-02-1998)에서 지표치로서 미생물 콜로니수의 농도를 주장하고 있는 것도 충분한 농도만으로는 본래의 목적을 달성할 수 없는 것을 시사하고 있다. 예를 들면 화장실이 없는 클린룸에 비하여 화장실이 있는 일반실의 경우가 균의 억제에 더욱 유의해야 한다. 실내의 분진은 바닥으로부터의 재비산이 주 원인이고 청소의 방법과 횟수에 따라 대부분 차이가 발생한다.

3.4 다기능형

전술했던 것과 같이 생활 기능, 주거성 등이 포함된 경우는 무균실의 개념과는 반대되는 것이다. 또 수술실에서 요구되는 많은 기능도 마찬가지로이다.

3.5 배리어 프리 출입문

병원의 출입문은 모두 바닥에 밀착되어 있지 않는 배리어 프리 (Barrier Free) 구조이다. 바닥과 문짝과의 사이에 10mm 정도의 극간이 있어 당연히 기밀구조가 되지 않는다. 공업용

클린룸에서는 실간차압을 감지하는 에어 밸런스 제어를 하고 있으나, 에어락 (air lock)실이나 기밀 도어를 자주 사용하지 않는 병원에서는 이 방법은 통용되지 않는다. 양압제어 보다 중요한 것은 늘 외향 기류를 실현하는 것으로 도어 1개당 200-400m³/h 의 잉여 공기를 도어의 극간을 통하여 실외로 나갈 수 있도록 한다.

3.6 출입 횟수가 많음

1명의 간호사가 무균실 이외의 병상도 담당하고, 물품이나 식사를 내고 들이기 때문에 실에 출입하는 횟수가 클린룸으로서의 대단히 많다. 수술실에서는 1시간당 20회 정도로 보고되고 있다. 출입도어 개폐가 번거로워 도어를 아예 개방한 상태에서 수술을 행하는 것이 습관화되어 있는 병원도 있어서 의식면에서의 개선도 필요하다. 출입이 제한된 곳에 미리 필요한 물품을 넣어 두고 클린 전문 부문화하면 좋으나, 간호체제의 차이 때문에 모든 병원에서 이와 같이 할 수는 없다. 보통 에어샤워를 준비하지 않기 때문에 다른 옷으로 갈아입는 것이 일반적이다. 자동도어나 전실을 사용함으로써 실외 공기 유입을 제어할 수 있다.

3.7 독방이 많고 원내에 산재

수술실이나 ICU이외에 청정을 필요로 하는 방은 각기 소규모로서 병원 내에 여기저기 존재한다. 일반실과 같은 구조의 경우가 많기 때문에 클린은 보조적인 의미가 강하다. 기계스

페이스도 특별히 존재하는 경우가 적기 때문에 천장 은폐형의 클린기기로써 대응하는 경우가 많다.

3.8 실간 배관은 원내감염의 원인

원내감염 경로의 하나로 실간을 연결하고 있는 덕트를 생각할 수 있다. 중앙 덕트 방식이 주류로 되어 있는 경우의 건물은 뜻하지 않게 다른 장소로 균을 운반하고 만다. 이 경로를 차단하는 것이 우선적 과제로, 실간 덕트는 될 수 있는 한 없애는 것이 바람직하다. 어쩔 수 없는 경우는 방 입구에 HEPA 필터를 설치해 오염의 직접 유입을 피한다.

3.9 대상은 사람, 격리와 쾌적성

클린을 격리의 개념에서 보면 구조물의 격벽과 무기질의 내장재로 둘러싸여 마치 감옥에 유폐된 감을 보일 것이다. 이 경우 유효한 무균 정도를 판단함으로써 환자의 상태에 따라서 무균 격리의 레벨 수준을 완화할 수 있다. 실의 구조로서도 환자의 인권을 존중한 쾌적성 (Amenity) 있는 의장고안과 개방성이 요구된다.

3.10 발균자이며 역감염환자

환자는 치료 과정에서 발병환자가 되기도 하고 역감염 환자가 되기도 한다. 본래 환자의 감염방지를 위해 투여된 항생물질이 환자의 체내에서 다양한 내성균이 만들어지기 시작하고 MRSA의 발균자가 될 수도 있다. 원내의 모든

병동에서 옆의 환자가 발균자가 되기도 하고 역감염환자가 되는 가능성이 있기 때문에 평시의 균 검사에 의한 결과에 따라 환자본인을 보호하는 클린 격리나 다른 환자를 보호하는 음압격리를 한다.

3.11 결핵과 격리

최근 항생물질의 과용에 의한 강한 결핵균이 서서히 증가하고 있어 대책이 서둘러 요구되고 있다. 결핵은 주로 기도로부터 침입하여 감염되기 때문에 병실의 기류는 입구측 → 환자측 → HEPA 가 붙은 배기구쪽 일방향으로 흐르게 설계한다. 환자의 채담을 위해서 전용의 음압 부스를 설치하는 것도 좋다.

3.12 각실 공조가 요구됨

병원 객실은 벌집과 같아서 용도나 사용시간대, 연간 냉방, 각실 온도제어, 청정도 등이 각기 다르다. 틀림없이 입주 상태에서 메인덕트가 뚫어 있는 복도 천장 내는 어느 곳이라도 과밀 상태이므로 보수 갱신시에 장애가 된다. 중소 병원에서 멀티에어콘 방식으로 전환하고 있듯이 단일 환기 덕트와 팬코일 방식이 주된 공조 방식인 병원에서도 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. 이 경우 국소 순환형의 클린룸이 주류가 되고 있는데 그 이유는 다음과 같다.

- ① 덕트에 의한 균의 전이가 없다.
- ② 멀티 에어콘등이 일반화되 실내기기의 소음, 유지성이 향상하고 있다
- ③ 청정을 필요로 하는 실이 많아질 경우 각 실마다의 기계실이 필요하지 않다.
- ④ 각 실별로 온도와 풍량을 제어할 수 있어서 에너지절약이 가능하다.
- ⑤ 에어밸런스는 환기 덕트 만으로 행하여지기 때문에 조정이 쉽다.
- ⑥ 복도천정이 과밀해도 덕트 설치공간이 필요 없다.

4.2 층류형과 난류형

층류형 클린룸은 내과계에는 수평형이 외과계에는 수직형이 압도적으로 많다. 난류형인 경우 천장흡입만을 이용하는 경우가 많고 취출 풍속을 빠르게 해서 순환효율을 올리고 있다.

4.3 양압 격리와 음압 격리

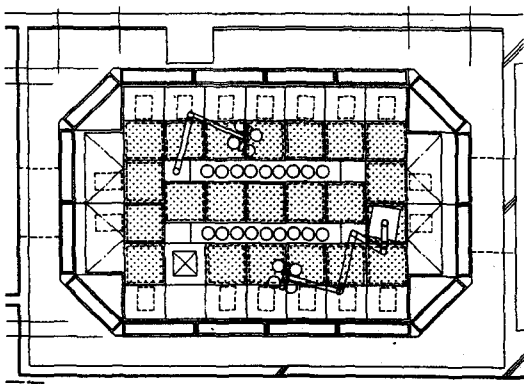
역감염 환자는 양압 격리를 하고 감염증 환자는 음압격리를 하여 공기감염을 차단한다. 두 경우 모두 각실을 격리를 한다. ICU 등에서는 각실을 다목적으로 활용하기 때문에 양음압 절충형의 클린룸으로 하는 경우도 있다. 이것은 한편으로는 좋아 보이지만, 사용 용도가 우유 부단해지기 쉽고, 감균소독이 철저히 실시되고 있는 조건에서 사용해야 하기 때문에 설

계시에 사용자측과 장단점을 파악하여 판단하여야 한다. 때때로 ICU의 환자가 MRSA에 걸리기도 하고, 역감염환자가 감염증을 동반하는 경우도 있어, 이 경우는 전실을 마련하고 격리하는 것이 효과적이다. 전실은 양압형과 음압형이 있는데, 전자는 전실을 양압으로 유지해 감염실과 복도에 클린 공기를 유출하고 후자는 전실을 음압으로 하여 감염실과 복도로부터 공기를 유입한다.

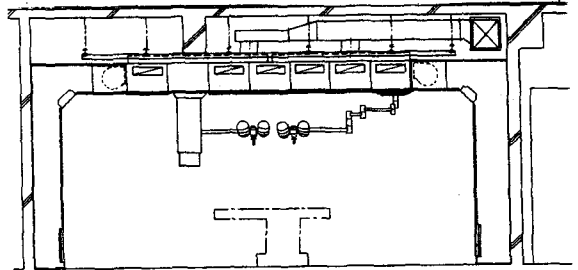
4.4 축조식과 유니트식

범용공조기기를 조합해서 시공하는 현장시공형의 축조식은 적응성이 높으나, 하나로 만들어져야 하는 이유 때문에, 다기능, 콤팩트, 안정성, 짧은 공사기간에서 뛰어난 공장제작의 유니트식이 많이 사용되고 있다.

- 평면도



- 정면도



- 측면도

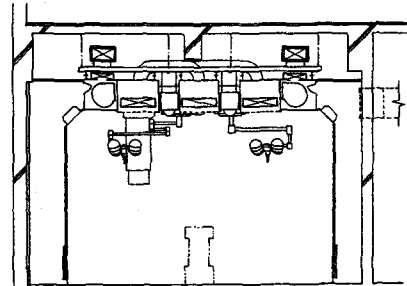


그림 3 유니트형 바이오클린 수술실

4.5 다기능형의 클린룸

(1) 음압식 클린룸

음압과 청정을 동시에 제공하는 병실은 감염증에 관계되면서도 역감염상태에 있는 환자를 위한 클린룸으로서 시공이 까다롭다. 음압실은 천장이나 벽의 공기를 실내에 유입시키기 위해 청소기처럼 상당히 고기밀 시공을 하여도 청정도 100,000정도의 실현이 가까스로 가능하다. 이 이상의 청정도를 요구하는 경우는 음압식에 더하여 양압의 클린룸을 실내실 (Room in Room)형식으로 채용한다.

(2) 저온 수술실

체온을 저하시켜 몸 전체의 산소 소비량을 억제하고 순환기를 차단하여 장기 등이 기능 장애에 빠지지 않도록 하는 마취 방법으로, 심장이나 뇌의 수술에서는 15-20도의 저온 공조가 요구된다. 환자가 마취에 걸린 후 20분 정도 내에 급속히 냉방하는 성능과 수술 후에 급속히 난방 하는 성능이 요구된다. 저온취출의 기류형태는 상온시와 비교하여 기류가 하강해 수술대에서의 풍속은 빨라진다. 장시간의 수술에는 환자에게는 국부 청정(Spot Clean)하고 마취의사와 간호사가 머무르는 지역은 상온 공조로 하는 것이 바람직하다. 이 외에 천장내 또는 벽내의 결로 대책이 필요하다.

(3) 무균 병실의 생활 부대기능

장시간에 걸쳐 격리 생활을 하는 무균병실은 환자의 입원생활에 필요한 여러 가지의 기능이 한 실에 집약 부대한다. 이러한 생활 부대기능으로 멸균수, 세면대, 화장실, 샤워, 환자의 정신 보호를 위한 텔레비전, 비디오, 전화, 면회창, 인터폰, 전동 커튼, 의료가스, 감시카메라 등의 의료지원 등이 있다.

5. 병원 클린룸의 요구 성능

5.1 에어밸런스 (양압/음압제어)

병원은 여러 가지 객실로 구분된 미로 형태를 갖는다. 그 실간을 연결하는 에어밸런스는 원내감염을 고려할 때 가장 중요하게 생각하여야 할 항목이다. 여기서 유의해야 할 것은 각 방의 에어밸런스만을 생각하는 것이 아니라 청

정 관리구역 전체의 에어밸런스를 무너뜨리지 않도록 하여야 한다는 것이다. 예를 들면 수술실의 경우, 그림 4와 같은 에어밸런스가 일반적이다. 몇 개의 공조계통과 배기계통이 복잡하게 뒤섞인 경우에 각각의 계통의 on-off로 일방향에 있는 실간 풍량이 변화하기도 하고 필터가 막힌 정도에 따라 실간의 에어밸런스가 역전되기도 한다. 이와 같은 에어밸런스의 문제점을 피하기 위해 다음의 4가지 사항을 지키는 것이 좋다.

① 공조계통으로 에어밸런스가 이루어지게 한다. 기존의 공조 계통을 폐지해도 다른 에어밸런스에는 영향을 미치지 않도록 한다. 그림 4의 예에서 BCR수술실 계통의 공조기와 배기를 1계통으로 하고 최하단의 배기를 수술 복도의 클린 급기구로부터 조절하면 에어밸런스는 BCR계통만으로 완결되고 BCR계통을 정지해도 수술 복도나 클린 급기구에 연결되어 다른 실의 에어밸런스를 무너뜨리는 경우가 없어진다. (그림 5)

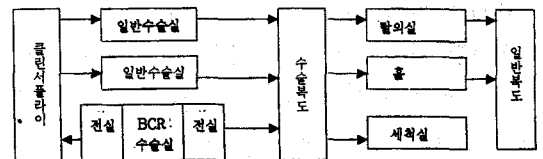


그림 4 수술실의 공기유동

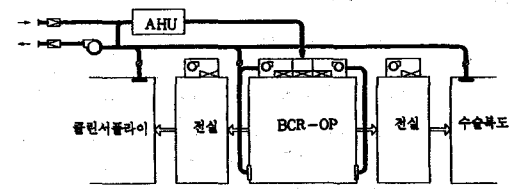


그림 5 바이오클린 수술실의 계통

② 에어밸런스를 담당하는 급기측에 정풍량 장치를 준비한다. 필터를 설치한 급기측은 세월이 흐르면서 풍량이 감소하는 경향이 있어서 정풍량 장치를 설치해 항상 정풍량이 되도록 하는 기능이 필요하다. 배기에 HEPA등이 설치되어 있는 경우에는 배기측에 정풍량 장치를 설치한다. 이러한 이유에 의해 순환계에 CAV를 설치하는 것을 피하고 외기도입부에 CAV를 설치하는 것이 좋다.

③ 잉여 공기량은 정풍량 장치의 조정 정밀도 이상을 취하여야 한다. 정풍량 장치의 정밀도는 5~10%의 오차를 동반한다. 대풍량의 경우 그 만큼 오차 풍량이 많아지기 때문에 10,000m³/h의 급기 공기를 CAV로 제어하는 경우는 1000m³/h 이상의 잉여공기를 설정하지 않으면 안된다. 환기에 CAV를 설치하면 더욱 잉여 공기량을 늘려야 한다. 이 이유 때문에 일반적으로 환기에는 CAV를 설치하지 않는다. 따라서 순환계에 CAV의 설치를 피하고 외기도입부에 CAV를 설치하는 것이 좋다.

순환계와 환기를 분리하는 것으로 시스템을 단순화할 수 있다. 환기만으로 에어밸런스를 조작하면 적은 풍량으로 컨트롤할 수 있기 때문에 정밀도가 나아진다. (그림 6)

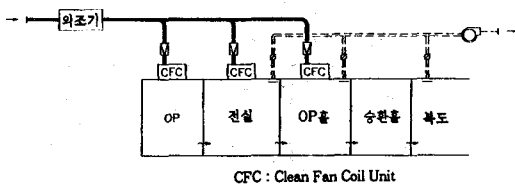


그림 6 순환계와 환기계의 분리

5.2 HEPA

HEAS-02-1998에서 설명된 바와 같이 바이오 클린 병실, 바이오 클린 수술실 이외에서는 반드시 HEPA필터가 필요한 것은 아니다. DOP 95%의 고성능 필터나 비색법 90%의 중성능 필터도 종종 사용되고 있다. 그러나 이것은 실내에서 순환하는 공기의 균 농도를 희석하는 것이기 때문에 실외로부터 들어오는 덕트에 대해서 완전한 차단성을 기대할 수 있는 HEPA를 권장한다. 분진계에 의한 성능평가가 확실하고, 가격도 싸며, 5년 이상의 긴 수명 때문에 실제로는 HEPA필터의 형태로 만드는 것이 많다. HEPA필터와 그 밖의 필터를 혼재하여 사용하는 예는 적다.

5.3 청정도

일반적으로 균의 존재와 원내감염의 인과관계는 생각할 수 있으나, 클래스 표시의 청정도와 원내감염의 인과 관계는 절대적이라고 말할 수 없다. 원내감염에는 여러 가지 요인이 존재하고 하나의 물리적 분진 농도로는 정의 지을 수 없다. HEAS-02-1998에서 공기중의 균의 콜로니 수를 명시하고 있는 까닭이 여기에 있다. 그러나 그 방의 레벨을 호칭하기 위한 클래스 표시는 납득하기 쉽고, 운영면에서도 넓게 사용되고 있다. 건축주에게 제출하기 위해 건축설비로서 실의 공기 청정도를 평가하려고 할 때, 운영면에서 좌우되는 미생물 콜로니 수로 표현하는 것은 어렵기 때문에 총 분진에 대한 평가로 대처하고 있는 것이 일반적이다.

그러나 실제로 운영되고 있는 병원에서는 미생물 측정과 분진측정을 병행하고, 다각적인 문제점을 찾아내는 것이 필요하다. 클래스 호칭 표시에 구애받지 말고 본질은 균 농도의 저감에 있다는 것을 잊어서는 안 된다. 예를 들면 같은 청정도 클래스의 감염실로부터 유입상태에 있는 실은 청정도가 만족되더라도 감염방지는 되지 않을 수 있다는 것에 유의한다.

5.4 기류 풍속과 드래프트

장시간 일정속도 이상의 기류에 노출된 환자는 신체의 변화를 호소한다. 병실에서는 환자에 직접 기류가 분사되지 않도록 하는 것이 바람직하다. 클래스 10,000정도의 병실에서 청정도를 우선해서 침대 정상에 취출구를 배치하는 것은 환자에게 고통을 끼칠 뿐이다. 이런 경우는 침대 주위로 급기하여 침대 위의 청정도를 만족시키는 형태로 한다. 기류안에서 생활하는 클래스 100의 무균병실에서는 기류를 접하지 않을 수 없기 때문에 보통은 미풍속(0.15-0.2m/s)으로 환자에게 부담이 가지 않도록 한다. 치료 시에는 0.3m/s이상의 풍속으로 기류형상의 안정화를 도모한다. 수술실에서는 0.4-0.5m/s의 풍속이 적당하다. 0.4m/s이하에 있을 때는 시술자에 둘러싸여 수술부위에 기류가 도달하기 어렵고, 반대로 0.5m/s 이상의 경우에는 수술부위의 건조에 영향을 미친다.

5.5 신뢰성

고도의 무균 치료 중이거나 수술 중인 환자

에게 공조의 고장은 치명상이 될 수도 있다. 화재, 누수, 전원정지, 팬 정지 등에 의하여 무균치료를 중단하지 않으면 안되는 중대한 사고가 발생하지 않도록 한다. 범용의 기계가 아닌 경우가 많고, 병원 측에서의 일차적인 대응이 어려운 케이스도 있어 설비에는 높은 신뢰성과 신속한 수리체계가 요구된다. 한편 기계 자체의 신뢰성과 동시에 대체 할 수 없는 중요한 시설에는 다음과 같은 Fail-Safe 대책이 요망된다.

- ① 기계의 주요부를 분산하고 백업 또는 100% 다운을 피하는 대응.
- ② 비상전원에 의한 전원 공급.
- ③ 화재, 누수, 전원정지, 팬 정지 등에 대한 정보나 안전 장치.

5.6 보수

보수가 필요없는 기계가 이상적이지만 기계에 있어 고장의 발생가능성에 주의하지 않으면 안 된다. 우선 점검하기 쉬운 구조의 기계일 것, 무균실 바깥 쪽으로부터 점검할 수 있는 구조이며 점검구 등이 충분히 있는 것 등이 신속한 수리의 지름길이다. 다음으로 중요한 시설에서는 정기적(년1회)인 점검으로 고장을 사전에 차단하고 미리 수명 전에 교환하는 등의 예방적 조치를 행한다. 또 돌발적인 고장에 즉시 대응할 수 있도록 서비스업자와의 제휴를 확보해 두는 것이 중요하다

5.7 소음

청정도는 분진 발생과 희석의 균형에 있고, 분진 발생이 많은 경우에는 풍량을 많이 해서 제진을 하지만, 야간 및 발진이 적은 시간대는 소음을 억제하는 풍량운전을 한다. 이 풍속 절환 스위치는 현장의 직원이 그 장소의 상황에 맞추어 즉시 절환할 수 있는 장소에 설치한다. 또 소음 레벨 이외에 저주파 음을 장시간 듣는 것도 고통으로 이어지기 때문에 저주파 대책에 유의한다.

5.8 청소

전술했던 것처럼 바닥에는 많은 분진이 퇴적하고 보행에 의해 비산한다. 바닥은 빈번한 일상 청소를 하기 쉽도록 장척염 비시토 소재를 채용하고, 건목부는 R부착 건목을 사용한다. 반면 벽은 더러운 물질이 부착하여 재비산 하는 양이 적기 때문에 손이 갈 수 있는 정도의 벗겨 내거나 떼어낼 수 있는 소재를 사용한다. 수술실, 바이오클린 병실 이외는 주거성을 우선 시하여 비닐 벽지 등이 선정되는 경우가 많다. 천장도 균의 부착이나 비산이 적기 때문에 청소하는 경우는 드물다. 흡음성을 우선시 한 암면 흡음판이 사용되는 경우가 많다.

5.9 소독

병원에서 사용되는 소독제는 약독성이 많다. 병원에서 사용되고 있는 내장재에서 내약품성이 문제되고 있는 것은 적다. 다시 말하면 이 소진액을 염비시토에 방치하게 되면 얼룩이 남겨지기도 하고, 거둬 히비텐으로 닦아 주면 표

면에 끈적거림을 남게 하는 정도이다. 포르말린 가스 배기덕트도 그 빈도가 적기 때문에 일반 아연도금 덕트로서 부식성은 문제되지 않는다. 그러나 오존가스는 고무제품에 대해서 갈라지는 해를 일으키기 때문에 내장 및 의료기기의 고무제품의 배제가 필요하다.

5.10 가스혼중소독

포르말린이나 오존으로 실내 가스를 혼중하는 경우는 배기중에 실내 기밀성이 요구된다. 천장내, 전선관, 배수관, 덕트를 통해 옆 방으로 누설되지 않도록 고안한다. 미량의 급기 덕트 누설은 실내를 양압으로 해서 실외로 배출시킨다. 또 바이오클린으로 소독하는 경우는 가스 배기시에 실내가 음압오염이 되지 않도록 대응한다.

5.11 가슴과 결로

기존의 병원 대부분은 동계에 20~30%의 습도로 유지될 수 밖에 없다. 일반 건물보다 많은 외기 도입(환기 횟수 2~5회/h)과 창면 결로에 의한 감습 그리고 틈새가 많은 출입문 때문에 습도를 유지하는데 불리한 조건을 가진 병원에서는 일년내내 동일 습도대를 유지하는 것은 상당히 어렵다. 바이오 클린룸에서는 40~60%의 습도가 건조를 방지하고 균의 증식도 억제되는 최적치가 되고 있다. 과대한 가슴기를 설치하면 중간기 등에 제어분할이 되지 않아 과다 가슴이 될 우려가 있고 창면이나 덕트내 나아가서 벽 중간에서 내부 결로를 발생

하기도 하고 균의 증식으로 이어질 수도 있다. 여러 가지 가습 방법에는 장단점이 있지만 공기에 퍼지기 쉬운 증기 가습이 일반적이다. 강제가습시 증기의 적정량을 제어할 수 있도록 심분 주의를 한다. 풍량이 적으면 과포화 가습이 되기 쉽기 때문에 순환공기에 혼합하는 방법이 좋다. 침투막 가습은 신뢰성은 떨어지지만 외기 처리제에 들어가도 과포화 되는 염려가 없다. 팬(pan)형 자연가습은 수조가 균충이 되기 때문에 채용하지 않는다. 초음파 수분부는 완전히 증발되지 않는 분무가 HEPA에 포집되어 결로 상태가 되기 때문에 역시 채용하지 않는다. 또 가습기를 실내에 반입하는 것은 충분한 증발거리를 확보할 수 없기 때문에 결로하는 경우가 많아 권장하지 않는다.

5.12 조도

수술실이나 ICU에서는 1,000룩스 정도의 조도를 필요로 하고, 클래스 100의 경우에는 조명기구와 취출구를 병합한 조명조립형 취출구도 시험되고 있다.(사진 4)

5.13 진동

병원안에서 최고로 진동에 민감한 것이 수술용 현미경이지만 생산기계설비와 같이 진동의 허용치는 명확히 알려져 있지 않다. 신체를 흔드는 진동은 S구조 등의 건물구조가 근본요인인 경우가 많기 때문에 공조기를 가능한 한 소형 분산화해서 신체가 흔들리지 않게 고안하여야 한다. 환자에 있어서는 저주파의 요동이 몸

의 상태에 영향을 주기 쉽기 때문에 요동이 적은 RC구조방식이 환자의 무의식에도 도움이 될 것이다.

6. 맺음말

이제 클린룸의 필요성은 일반화되어 일반공사로서 받아들여지고 있다. 그리고 누가 설계하고 시공해도 차이가 적은 단순한 공조시스템이 요구되고 있다. 원내 감염방지의 기본은 각실의 공기 오염을 차단하는데 있다. 종래의 중앙 덕트방식에서는 상당히 어려운 과제였으나 각실의 실내순환형 공조방식으로 인해 외부와의 차단이 쉽게 가능해졌다. 또 병원은 작은 방의 집합체로서 각각의 방에 청정도, 온습도, 에어밸런스 요구가 각기 다르고, 또한 사용시간대도 다르다. 1개의 공조기로 여러 방의 개별적인 요구에 응하는 것은 병원 공조에 정통한 전문가만이 가능하다. 그래서

- ① 청정도를 위한 필요 풍량.
- ② 온도조정을 위한 냉난방 능력.
- ③ 에어밸런스를 확실히 하는 환기풍량.
- ④ 운전시간.

을 각기 분리해서 각각의 요인에 맞춰 자유롭게 구성시키는 공조시스템이 요구된다. 실내순환형 공조기는 각실에 취출 풍량과 냉방능력을 자유롭게 선택할 수 있기 때문에 풍량변화가 적은 환기덕트 풍량을 컨트롤하는 경우에 에어밸런스가 더욱 확실해진다. 게다가 재가열등이 불필요하기 때문에 개별의 운전관리를 할

수 있어 중앙덕트 방식에 비하여 1/2~1/5의 에너지가 절약된다. 설비 공간도 대폭 절약되고, 기계 스페이스가 따로 없는 병원에도 도입이 용이하다. 무엇보다도 시스템이 단순하기 때문에 설치에 따른 차이가 적다. 실내 순환형의 공조기는 유지성과 소음이 약점이었으나 실용적으로 문제가 되지 않는 제품이 나오고 있으며 일반사무소 빌딩의 공조 주류가 빌딩 멀

티 에어컨이 된 것과 마찬가지로 바야흐로 병원공조의 주류가 되어 가고 있다.

- 참고 문헌 -

- 1) 병원공조설비의 설계, 관리지침 :
HEAS-02-1998. 일본병원설비협회.

축하드립니다

● 권상문 회장님 승진

협회 권상문 회장님(삼성물산(주)건설부문 부사장)께서는 12월 27일자로 삼성중공업(주)건설부문 대표이사로 승진했습니다.

주소와 전화번호는 다음과 같이 변경되었습니다.

주 소 : 135-080 강남구 역삼동 825-13

강남센터빌딩 16층

전화번호 : 3457-7818