

# 병원 클린룸 설비

신 주 현  
(주)MCR / 대표이사

## 1. 머리말

현재 국내에는 273개의 종합병원과 557개의 일반 병원에서는 약 175,159병상이 운영되고 있다. 이 중 국립병원이 13개/9,313병상으로 약 5.3%, 도·시립·공립·지방공사등이 운영하는 병원은 59개/19,005병상으로 10.8% 다 시말해 공공기관에서 운영되고 있는 병원은 16.1% 대학병원을 비롯한 민간병원이 83.9% 정도이다.(대한병원협회 1999년도 통계)

이웃 일본의 경우는 병원수는 10,000여곳에 1,500,000여 병상이 운영중이며 이중 5%는 국립, 15%는 都·道·縣, 市등에서 운영 즉 80%는 민간병원이다. 일본의 인구수가 우리나라의 2.5배 정도인 약 1억2천만명 정도이므로 일본에 비해 약 30%정도의 병상 보급율을 보이고 있다.

최근들어 관심을 보이고 있는 원내감염방지 차원에서 BIO CLEAN ROOM에 대한 관심이 높아 지고 있으나 국내에는 이와 관련된 규격이 제정되어 있지 않아 본 서에는 주로 일본병

원설비협회 규격(HEAS-1998)과 미국 NASA 규격을 인용하였다. 또한 병원내에서 가장 엄격하게 청정도 관리의 필요성이 있는 중앙 수술부와 무균병실을 중심으로 본서를 기술하고자 한다.

## 2. BIO CLEAN ROOM(이하 BCR)

### 2.1 병원 BCR 도입의 유래

1962년에 Whitfield 연구소(Lovelace Foundation)의 ICR 내부에서 개의 수술 실험을 하였다. 이 실험을 기초로 하여 Lovelace 연구소에서 Whit-Comb와 Whitfield 등이 중심이 되어 1965년에 층류식 BCR의 수술실 연구가 시작되어 1966년 1월에 완성하였다. 이것이 BCR이 의료 계통에 응용한 최초의 일이었으며 이 BCR의 장치는 미국, 뉴멕시코주, 알바카키시의 Pattern 기념 병원에 설치하였는데 이것이 병원에서 사용된 최초의 Bio Clean 수술실이다.

이때 개발된 BCR을 실제 수술에 적극 반영

시킨 사람은 영국 라이치튼 병원의 Dr. Charnley로 1959년부터 무릎관절 전치환수술을 비롯하여 1970년까지 5,000회 이상 같은 수술을 하였다. 그러나 공기 감염 방지에 노력하여 점차 공조 장비를 개량하였으며 최종적으로 얻은 방식은 Clean House形이라고 칭하는 수직층류식에 유사한 방식으로 Pattern 병원보다 半年 후인 1966년 6월부터 사용하기 시작하였다.

백혈병 환자를 위한 무균 병실은 1961년경부터 라이퍼소다 대학의 Michanisem 등은 층류식의 무균 병실을 1966년에 완성하여 다음 해인 1967년에는 층류식의 무균 병실이 M.D. Anderson 병원에 설치되어 이것들은 백혈병 치료에 계속적으로 이용되고 있다. 歐美에서 최초의 층류식 BCR은 1969년 오스트리아 린츠시의 구급병원에서 벨-러(Böhler)가 채용한 것이며 기술은 미국에서 도입되었다.

## 2.2 원내 감염

병원에서 발생하는 감염은 원내 감염(Hosocomial Infection)이라 한다. 병원 안에서 환자에게 감염을 발생시키는 원인은 크게 나누면 표1에 표시한 바와 같이 外因性(交差 감염)과 內因性감염(自己감염)으로 분리할 수 있다. 內因性감염이란 환자 체내에 있는 세균이 체내의 다른 곳으로 感染創(감염창)을 만들어 내는 것으로 예를 들면 수술을 할 때에 腸管(장관)속의 세균층이 腸管外(장관외)로 나와 수술부에 감염되는 경우가 전형적이다. 外

因性감염은 접촉감염과 공기속의 미생물(세균, Virus, Rickettsia, 眞菌 등)이 수술 부위에 낙하 또는 비산되어 감염되는 2 가지가 있다.

표 1. 감염경로

외인성 감염 (교차 감염)	접촉 空氣-부유세균, 낙하세균, 飛沫 등
내인성 감염 (자기 감염)	환자체내의 감염원

원내 감염 문제는 1940년대부터 미국, 영국, 캐나다 등에서 신생아실, 소아과 병동에서 포도구균 감염증이 문제가 되어 실태 조사를 하면서 대책이 검토되었다. 그 후에 포도구균, 連鎖狀(연쇄상)구균 등의 Gram 양성균에 의한 감염증은 항생제에 의해 억제되었으나 최근에는 항생제에 대한 내성균이 생겨 점차 약에 대한 효과는 줄어들고 있다. Gram에 의한 감염증이 중증 환자의 경우 특히 문제가 되고 있으며 이런 세균은 환자뿐만 아니라 일반인에게도 있으므로 감염원에 대한 대책이 매우 어렵다. 이와 같이 최근의 원내 감염의 원인으로서는

- 菌交代現象(균교대현상) : 앞서말한 바와 같이 항생 물질의 발달에 의하여 어떤 종류의 세균에 의한 감염증이 감소하면 그 항생 물질에 비감수성의 세균에 의한 감염증으로 변하는 일.
- 抗生物質耐性菌(항생물질내성균)의 出現 : 어떤 항생 물질이 발달하여 그 감수성

세균을 처음에는 억제해 되지만 점차 그 세균은 항생 물질에 내성을 지니게 된다. 이런 두 가지 사항을 말할 수 있다.

2.3 병원의 BCR의 필요성

원내 감염 방지 대책 중에서 하드웨어의 하나로 취급되어 온 것이 바로 Bio Clean 기술이다. 수술실에서의 응용으로서 특히 인공관절 수술에서는 수술후 감염이 발생했을 때에는 수술 효과는 완전히 없어지고 반대로 고관절을 적출하지 않으면 안된다. 그 후에는 관절은 완

전히 기능을 잃게 되며 고정 상태가 되어 비참한 결과로 끝나게 된다. 때문에 수술중이나 수술 전후의 감염 방지 대책에 세심한 주의를 하여야 한다. 한편 급성 백혈병환자, 항생물질 사용 암환자, 重症 화상환자, 장기이식 환자 등의 사망 원인의 대다수가 감염증에 의한 것으로 이들 환자들을 무균 상태의 무균 병실에 수용할 수 있으면 그 치료 성적은 크게 향상될 수 있다. 아래의 도표는 1975년 일본동경대 중앙 수술부의 인공관절 수술실 측정된 데이터 이다.

표 2. 수술실 종류별 세균 측정수

		미립자수 0.5 $\mu$ m이상(P/ft <sup>3</sup> )	미립자수 5 $\mu$ m이상(P/ft <sup>3</sup> )	측정 회수	코로나數 (3分/ 100 l)	측정 시간 (分)	공 조 방 법	
							환기 회수	Filter
일반수술실 (BCR 미적용)	수술전	116,220~73,320	2,820~1,400	11	8(3回)	55	240	Pre+Medium
	수술중	171,130~23,000	3,520~1,350	46	6(15回)	230		
	수술후	137,280~76,670	5,010~2,700	5	22(2回)	20		
BCR수술실 (CLASS 100,000)	수술전	7,670~1,740	630~140	20	6(5回)	85	25	Pre+Medium +HEPA
	수술중	8,930~2,930	460~120	16	3(3回)	65		
	수술후	25,500~10,570	1,540~580	4	10(1回)	5		
무균 수술실 (CLASS 100)	수술전	2,520~0	80~0	48	0(4回)	90	240	Pre+Medium +HEPA
	수술중	5,081~0	0~	32	0(7回)	130		

2.4 BCR의 규격

표 3. NASA의 Bio Clean Room 규격

	0.5 $\mu$ m이상의 미립자수		5 $\mu$ m이상의 미립자수		미생물수		1주간의 낙하세균수	
	P/ft <sup>3</sup>	P/m <sup>3</sup>	P/ft <sup>3</sup>	P/m <sup>3</sup>	P/ft <sup>3</sup>	P/m <sup>3</sup>	P/ft <sup>2</sup> week	P/m <sup>2</sup> week
100	100 이하	0.35x10 <sup>4</sup>	—	—	0.1	3.5	1,200	1.29x10 <sup>4</sup>
10,000	10,000이하	35x10 <sup>4</sup>	65	2,300	0.5	17.5	6,000	6.46x10 <sup>4</sup>
100,000	100,000이하	350x10 <sup>4</sup>	700	25,000	2.5	87.5	30,000	32.3x10 <sup>4</sup>

NASA의 原規格은 P/liter를 이용하고 있으나 본 표에서는 이것을 P/m<sup>3</sup>로 바꿨다.

표 4. 병원내 청정도 조건

실 명	청정도	기류방식	환기회수	압 력	조도(Lux)
1) 무균 수술실 · 인공관절 수술 · 장기이식 수술 · 뇌신경 수술 · 심장이식 수술	100	수직층류	토출풍속 0.35m/sec 또는 환기회수 100회/hr 이상	인접실과 1.25mmAq	1,090~1,620
2) 일반 수술실 · 비뇨기과 수술 · 산부인과 수술 · 안, 이비 수술	10,000	수직층류	40회/hr 이상		
3) 감염 수술실 · 흉부외과 · 감염환자					
4) ANGIO · 무균 제제실 · 무균 검사실 · 무균동물사육실	100,000	난 류	25회/hr		500~750
5) 미숙아실					
6) 회 복 실					
7) 외래 수술실					
8) 분 만 실					
9) 신생아실					
10) ICU, NICU					
11) 수술실 복도					

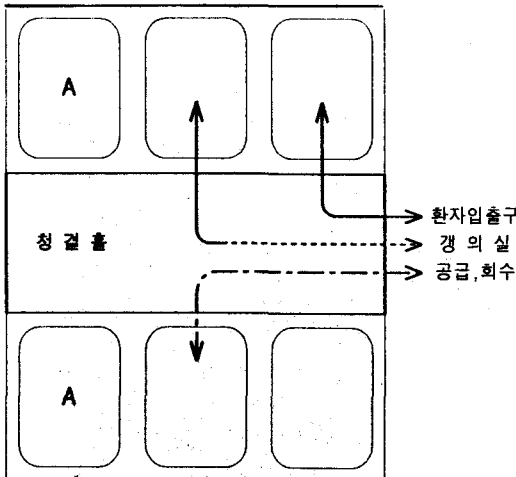
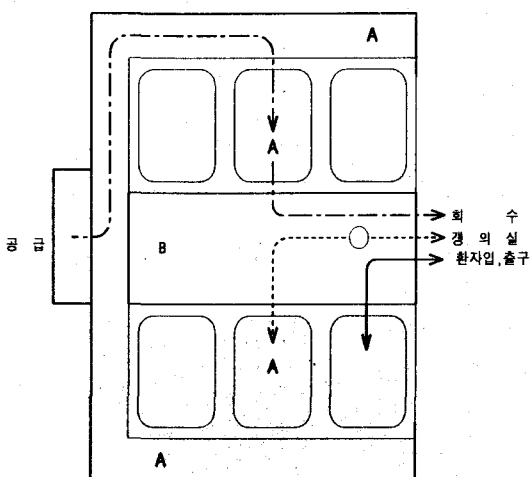
### 3. 중앙 수술부

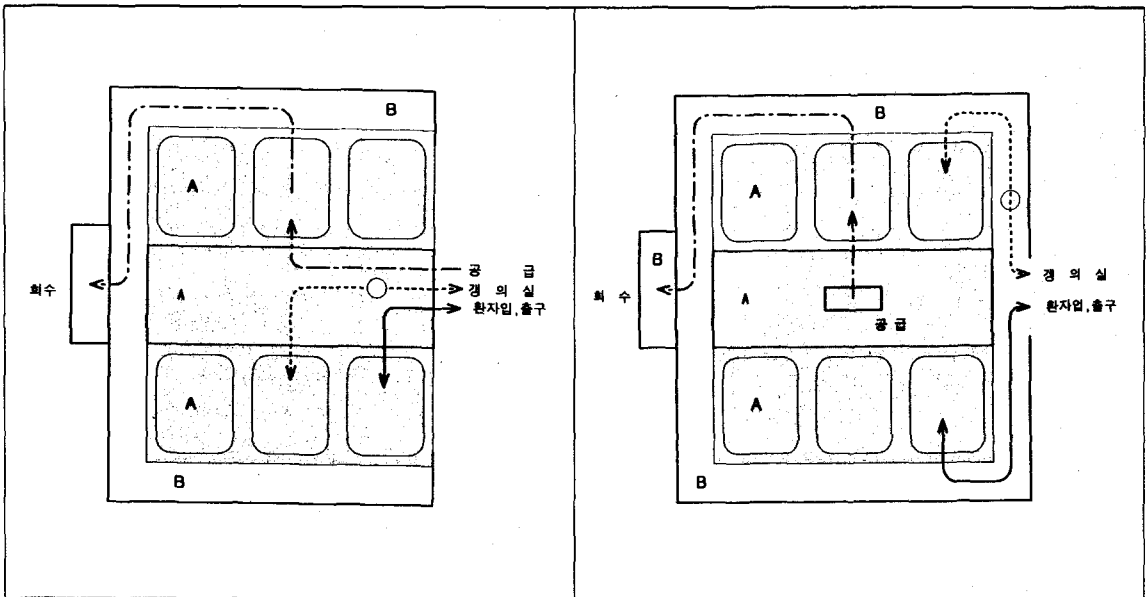
#### 3.1 개요

최근 의료 기술은 급속히 진보했으며, 특히 정보화, 장기 이식, 화상 진단, 검사 부문 등에

서 뚜렷하게 성장했다. 고도의 의료 기술이 시행되면 수술 부문 등에서는 더욱더 높은 실내 청정도가 요구될 것이다. 최근, 종합 병원에는 일반적으로 바이오클린 수술실이 설치되는 추세이다.

#### 3.2 평면 계획(그림 1)

	
<p><b>(1) 중앙홀형</b>          기존에 가장 많이 보급된 타입. 사람(환자, 의료진)이나 청결기재, 사용이 끝난 기재 등의 모든 동선이 중앙홀로 집중되어 청결·오염 동선이 명확히 구분되지 않는다. 단, 사용이 끝난 기재 등의 물품을 반송설비를 이용하여 운송하면空調적으로 제어가 용이한 타입이다.</p>	<p><b>(2)공급 복도형</b>          (1)의 중앙홀형의 청결 기재 동선만을 독립시키고 외주의 복도를 청결 기재 공급 전용의 ONE WAY 방식으로 하여 청결·오염 동선을 명확히 구분한 타입이다. 실내 공기는 양압과 음압의 밸런스에 따라 A→B로 흐르도록 할 것.</p>

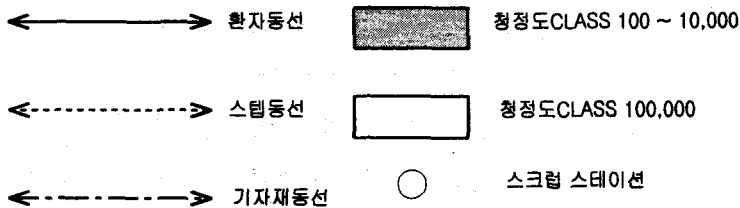


3) 회수 복도형

(2)의 공급 복도형과 반대로 사용이 끝난 기재의 회수 전용 루트를 외주 복도에 설치하여 ONE WAY 방식으로 청결·오염 동선을 분리시킨 방식이다. 중앙의 공급홀 내부에 청결기재와 수술 중사자의 동선을 확보한다. 여기에 감균용 수술 공간을 병설하는 경우도 있으므로 국소 배기에 주의가 필요하다. 실내 공기는 A→B로 흐르도록 계획해야 한다.

4) 공급홀형

중앙에 청결기재 전용 공급홀을 배치하여 청결기재를 ONE WAY 방식 및 최단축 동선으로 공급할 수 있는 레이아웃이다. 양압과 음압의 밸런스에 따라 공기는 A→B로 흐르도록 계획해야 한다. 수술자나 환자 및 사용이 끝난 기재는 외부 복도측을 동선으로 사용하고 공급(청결)홀에는 출입하지 않는다. 수술 중앙에 청결기재 전용 공급홀을 배치하여 청결기재를 ONE WAY 방식 및 최단축 동선으로 공급할 수 있는 레이아웃이다. 양압과 음압의 밸런스에 따라 공기는 A→B로 흐르도록 계획해야 한다. 수술자나 환자 및 사용이 끝난 기재는 외부 복도측을 동선으로 사용하고 공급(청결)홀에는 출입하지 않는다. 수술자를 위한 감균용 세면실은 외주 복도측에 설치하여 공급홀의 공기 청정도를 유지한다



### 3.3 기본계획

병원의 성격을 사전에 파악하고, 계획 이전에 수술실 사용법을 의사나 병원 관리자와 협의한다. 즉, 어떤 수술을 할 것이며, 어느 수준의 청정도가 요구되는지를 계획 이전에 충분히 파악해 두는 것이 필요하다. 기본 계획시 다음 항에 충족하는 설계를 시행하도록 유의 한다.

#### (1) 의료 환경의 보전

- ① 수술부의 청정도 유지
- ② 수술실 상호간의 감염 완전 방지
- ③ 수술부 각실의 적정 온도, 습도 유지
- ④ 수술부, 각부의 환기량, 실내 적정 압력 유지
- ⑤ 악취 제거, 소음 방지

#### (2) 병원으로서의 기능 보전

- ① 재해시, 정전시, 기기 고장시의 공조 환기 기능 확보와 사용상의 안전 확보
- ② 공조 기기 관리·유지(Maintenance)의 용이성
- ③ 설비 갱신에 대한 배려

#### (3) 안전성의 확보

설비 기기의 내수성 확보, 2차 재해 방지

#### (4) 에너지 절약

위와 같은 기능 보전을 전제로 한 에너지 절약

### 3.4 ZONING

중앙 수술부의 쇼닝 계획시 다음과 같은 순서에 의해 계획할 필요가 있다.

- ALL DUCT SYSTEM의 경우 수술실 1~

2실당 공조기 1 Set로 구획한다.(FFU 시스템의 경우는 수술실 3~4실당 AHU 1 Set가 적당)

- 24H(청결홀 및 수술지원부문), 간혈존(수술실)을 별도로 구획한다.
- 수술실은 온도 조건별로 구획한다.(심장이식 수술과 산과, 소아과는 별도로 구획)
- 무균수술실(CLASS 100)과 일반 수술실(CLASS 10,000)은 별도로 구획한다.
- 배기 계통은 공조배기와 소독가스 배기를 별도로 구성하고 소독 가스 배기는 수술실 4실당 1Line이 적합하다.

### 3.5 청정도, 온습도 조건

수술부 각 실의 온습도 조건을 표5에 제시한다. 다만, 수술실은 수술 받을 환자의 연령, 질병의 종류, 수술 방법, 수술 개시 후의 경과 시간 등에 따라 실내 온도 조건이 바뀔 수 있다.

예를 들면 심장이식수술(심혈관접합술)의 경우 26℃~18℃까지 30분 이내에 온도를 조절할 수 있어야하므로 계획시 이에 대한 고려를 하여야 한다. 만약 공조기에서 모든 부하를 담당할 경우 온도차가 너무 크므로 의료장비의 표면 결로에 주의하여야 하므로 공조기에서는 22℃정도를 목표로 취출 온도를 정하고 4℃는 수술실 천정에 터미널 유니트에 냉,온수 코일을 설치하는 것이 바람직하다.

가령, 고령자는 생리적인 기능이 저하해 수술 침습(侵襲)이 증가하면 그 기능이 쉽게 회복되지 않는다. 60세 이상의 고령자 중 80퍼센

트는 수술 도중에 체온이 저하되는 현상을 보인다는 보고도 있다. 이런 관점에서 본다면, 수술실 안의 온습도는 각 수술실마다 변경 가능한 시스템을 설치하고, 설정 변경도 수술실 안에서 할 수 있도록 해야 하며, 온습도 표시도 수술실 안에서 쉽게 감시할 수 있는 위치에 설치해야 한다. 통계적으로 수술실의 의료진들의

시설 담당자에게 가장 많은 불만 사항이 수술실내 온도가 너무 높다는 의견이 지배적이다. 이는 수술실내를 22℃로 유지해도 수술자들은 가운+마스크+모자를 착용하고 무영동의 영향으로 수술중 땀을 흘리는 경우는 흔히 볼수 있는 광경이다.

표 5. 수술부 각실의 공기 조건(HEAS-02-1998)

구역, 실	청정도 CLASS	최소풍량			실내압 P:양압 E:동압 N:음압	온습도조건				허용 소음 레벨 dB/A	비 고	
		외기량 회/hr	전풍량 회/hr	注記		하절기		동절기				注記
						온도 °C	습도 %	온도 °C	습도 %			
입구 전실	Ⅳ	2	10		E	26	50	22	50		45	
TRANSFER AREA	Ⅲ	3	15		P	26	50	24	50		45	
갱의실	Ⅳ	2	10		E	26	50	22	50		45	
청정 복도	Ⅲ	3	15		P	26	50	22	50		45	
일반 수술실	Ⅱ	5	20	1)	P	22~26	50	22~26	50	a)	45	심혈관 수술 실은 26→18℃ 30분 내에 도달.
멸균 수세실	Ⅲ	5	15		P	26	50	22	50		45	
기계 전개실	Ⅱ	5	20		P	24	50	22	50		45	
무균 수술실	Ⅰ	5	0	1)	P+	20~26	50	22~26	50	a)	50	
무균 수술전실	Ⅲ	3	15		P	26	50	22	50		45	
감염중 수술실	Ⅱ	전배기	20		N	22~24	50	22~26	50	a)	45	
감염중 수술 갱의실	Ⅳ	2	10		E	26	50	22	50		45	
감염중 수술 전실	Ⅲ	3	15		P	26	50	22	50		45	
방사선 촬영 조작실	Ⅲ	2	10		E	26	50	22	50		45	
기재공급 홀	Ⅱ	5	20		P	24	50	22	50		45	
기재회수실	Ⅲ	3	15		E	26	50	22	50		45	
기재 1차 세정실	Ⅲ	전배기	10		N	26	50	22	50		45	
마취 기기실·ME 기기실	Ⅲ	2	10		E	26	50	22	50		45	
[외래 수술부]												
수술실	Ⅱ	5	20		P	24~26	50	22~26	50	a)	45	
수술 전실	Ⅲ	3	15		P	26	50	22	50		45	
수술 갱의실	Ⅲ	2	10		E	26	50	22	50		45	
수술 회복실	Ⅲ	3	10		P	26	50	26	50		45	
수술 기재준비창고	Ⅲ	3	15		P	26	50	22	50		45	
수술기재 회수실	Ⅲ	2	10		E	26	50	22	50		45	
수술 기재 세정실	Ⅲ	전배기	10		N	26	50	22	50		45	

1) 마취가스와 약취 배제를 위해 필요 외기량이 증가되는 경우도 있다.



\* 토출 풍속(수직 층류 0.35m/s, 수평 층류 0.45m/s 정도)과 토출 면적에 의해 결정

a) 저온 수술실이나 고온, 고습하에서의 수술 등, 의료 조건과 일치해야 한다.

(ex, 심혈관 수술실 18℃, 산부인과수술실 26℃)

### 3.6 부하(負荷) 특성

수술실의 공조 부하는 조명(무영등), 의료기기, 재실 인원 등에 따른 실내 발열 부하와 외기 부하이다. 일반적으로 냉방시의 외기 부하가 전 부하의 50퍼센트 정도를 차지한다. 또 수술실의 난방 부하는 외기 도입에 따른 부하가 대부분을 차지하고, 가습 부하가 커진다. 재실 인원의 경우 일반 수술실이 4인, 대수술실이 9인 인데 비해 대학 병원의 경우는 6인/11인으로 부하계산시 고려하여야 한다.(대학병원의 경우 수련의의 수술견학이 상대적으로 많다)

### 3.7 열원 방식

단위 면적당 발열량이 많아 중간기나 동계에도 냉방 운전이 필요하므로 냉동기뿐만 아니라 헤더와 냉각탑도 수술부 전용으로 구비하는 것이 바람직하다. 긴급시, 기기 고장이나 부분 부하시에 대비해 열원 기기는 수술실 계통에 복수대를 설치한다. 열원 기기가 불특정한 시간에 운전되는 것을 감안해 전자동 운전 시스템의, 고장 등이 적은 기기를 선정한다.

### 3.8 공조 시스템

수술실의 공조 시스템은 어떤 것을 선택하든 간에 다음과 같은 사항이 반영되어야 하므로

다음 사항에 주의하여야 한다.

- ① 각 수술실, 구역마다 온습도 조절을 개별적으로 할 수 있고 연간 냉,난방 병행 운전을 할 수 있도록 배려한다.
- ② 수술실내에서의 온도 조절은 온도 $\pm 2\sim 4$ ℃, 습도 $\pm 20\%$  정도이고, 일반적으로 재열 코일을 이용하여 재열하는 방법을 채용한다.
- ③ 심장 이식수술실의 경우 재냉각을 하는 방법이 많이 채용되므로 드레인팬의 세균 번식에 주의하고 누수에 주의한다.
- ④ 정풍량식으로서 수술부 내의 에어밸런스, 압력 밸런스를 유지한다.
- ⑤ HEPA 필터는 고가의 소모품이므로 ALL DUCT SYSTEM의 경우는 순환팬과 배기팬에 인버터를 채용하고, FFU 시스템의 경우 각 유니트에 풍량보상회로를 채용하여 교체 주기를 3년~5년 정도로 한다.

3.9 공조방식 비교표(그림 2)

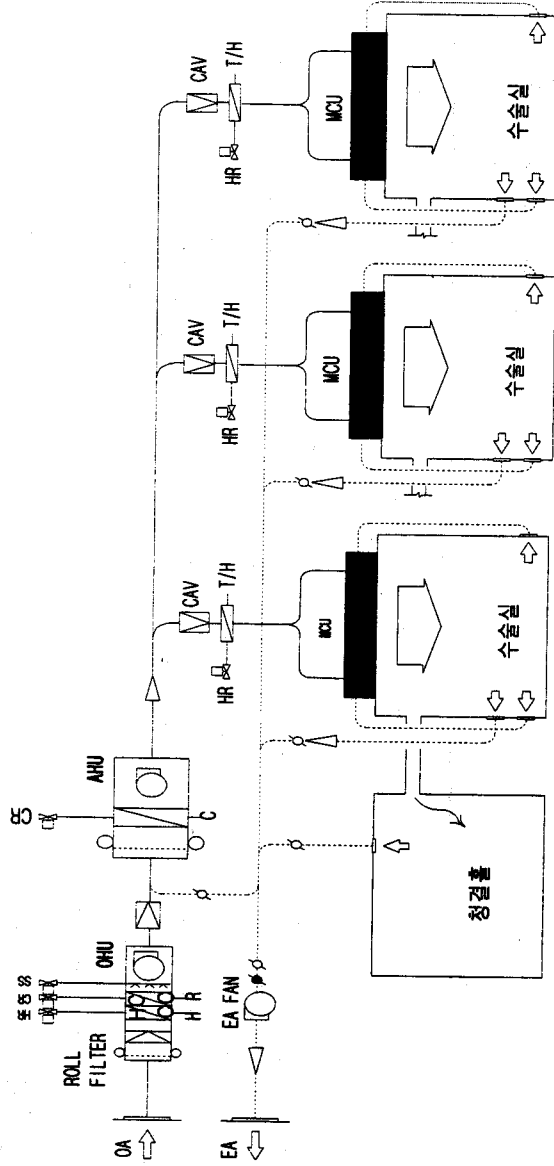
	단일덕트 + AHU + HFU	단일덕트 + AHU + FFU	단일덕트 + OHU + MCU
구 성	<p>- 냉난방 부하는 공조기에서 공급하고 청정도 유지에 필요한 풍량은 별도의 순환팬으로 처리</p> <p>- 온도 조건이 가장 낮은 실을 기준으로 AHU 선정하고 나머지 실은 TH 재열하여 조정.</p>	<p>- 냉난방 부하는 공조기에서 공급하고 청정도 유지에 필요한 풍량은 FFU로 처리</p> <p>- 온도 조건이 가장 낮은 실을 기준으로 AHU 선정하고 나머지 실은 TH 재열하여 조정.</p>	<p>- O.H.U 는 최소한의 외기량만 공급하고 실내 냉난방 + 청정도 유지는 개별 유니트로 처리</p> <p>- 온도 조정은 각 수술실의 조건에 맞게 유닛이 임의로 조정함.</p>
기계실	크다 (AHU + 덕트 = 환기회수 40회)	크다 (AHU + 덕트 = 환기회수 20회)	적다 (OHU + 덕트 = 환기회수 5회)
독립성	중앙 제어 방식.	중앙제어와 개별제어를 절충.	- 완벽한 개별제어 방식.
친 정	설비층 (PIT)이 필요하며 순환 팬은 PIT층에 설치 덕트 설치가 문제.	높이는 낮아도 되지만 면적을 넓게 차지	- 높이는 낮아도 되지만 면적을 넓게 차지 - 배관 설치 공간에 주의.
투자비	본 방식을 기준으로 산정	냉동기, 보일러등을 포함한 지수임.	- 냉동기, 보일러등을 포함한 지수임.
운전비	본 방식을 기준으로 산정	최측보다는 적다	- 가장 적다.
기타		4800	3800
		100	100
		100	100
		60	40

	단일덕트+AHU+HFU		단일덕트+AHU+FFU		단일덕트+OHU+MCU	
	AHU 고장시 수술부 전체 가동 중지.		좌측보다는 안전		각 실별로 분산되어 수술시 영향이 없다.	
안전성						
ZONING	<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술실 1,2실당 AHU 1 SET 로 구성</li> <li>-수술실 각 실당 공조배기, 소독배기 별도구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술실 4실당 AHU 1 SET로 구성</li> <li>-소독배기는 4실당 1LINE 구성</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>-OHU 로 외기만 처리 ZONING구분에 제한이 없음.</li> <li>-소독배기는 4실당 1LINE 구성</li> </ul>	
보수성	<ul style="list-style-type: none"> <li>-기계실에 집중, 기계실서 보수 하므로 용이함</li> <li>-AHU 보수는 수술하지 않는 날을 택일하여 일괄적으로 보수를</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술실내에서 보수, 인접실에 영향없음.</li> <li>-개별 유니트만 보수</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술실내에서 보수, 인접실에 영향없음.</li> <li>-실내 물배관 설치하므로 전용 접시공.</li> <li>-개별 유니트만 보수.</li> </ul>	
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>-시공이 용이하다.</li> <li>-천정 면적을 적게 차지한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술하는 실만 운전한다(공조기는 인버터 제어필요)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술하는 실만 운전하므로 운전비가 매우 적다.</li> <li>-실내 조건을 의료진이 임의로 설정하므로 수술의 특성에 즉각 대응 할 수 있다.</li> </ul>	
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>-별도의 PIT(설비)층이 필요하고 공조실 면적이 크다.</li> <li>-온도 변경시 시설과에 연락하여 조정</li> <li>-덕트면적이 크므로 건축층고에 제한.</li> <li>-반송동력이 높기 에너지 소모가 많다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-가장 낮은온도를 필요로 하는 실을 기준으로 공조기 산정하고 나머지 높은 실은 재열하므로 에너지 손실이 있다.</li> <li>-공조기 고장시 해당 ZONE의 수술실은, 습도 깨짐.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>-수술실내 물배관 누수에 대한 우려있음.</li> <li>-수술실내 배관은 전용점으로 시공</li> <li>-가습장치에 주의.</li> </ul>	
시공예	<ul style="list-style-type: none"> <li>삼성의료원, 서울중앙병원동관, 경북대병원, 국군대전병원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>서울중앙병원서관, 수도통합병원, 국립암센터, 한림대평촌병원, 분당계생병원, 대구파티마, 대전보훈병원</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>의보일산병원, 한림대평촌병원</li> </ul>	



3.11 병원에서의 크린룸 공조 시스템 예(그림 4)

온도 :  $24 \sim 28 \pm 2^{\circ}\text{C}$   
 습도 :  $50 \pm 10\% \text{ RH}$



개 요 도

1. 구성 : AHU+T/H+MCU로 구성 AHU는 통상 20회/hr 미만의 SA만 공급하고 청정도 유지 풍량은 MCU를 이용.

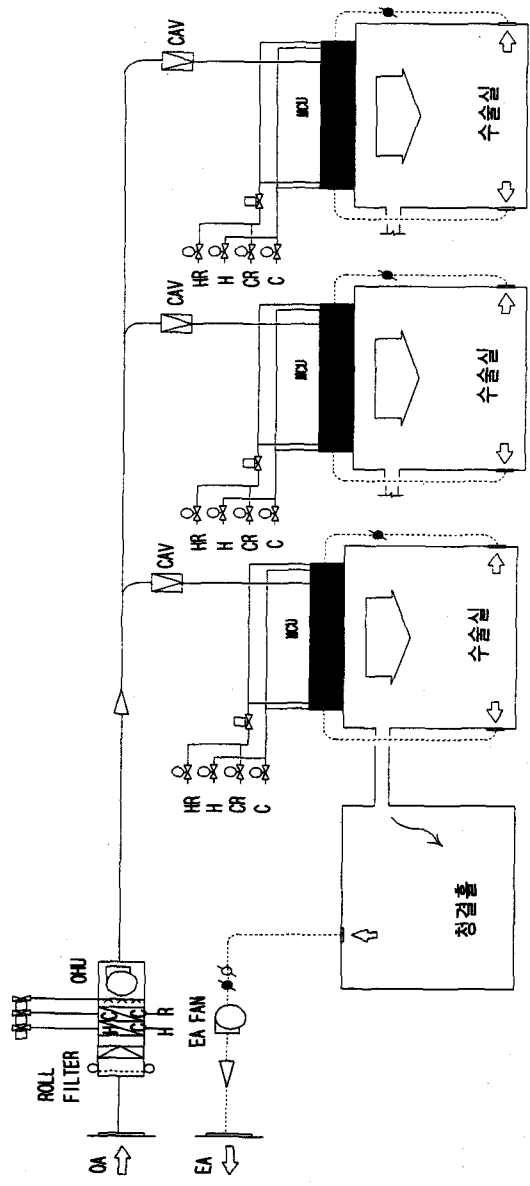
2. RA 이용시 소독 배기에 주의.

일반수술실(저체온 수술실은 적용불가)에 적용, 주간만 운전.

특정

적용

온도 :  $23 \sim 30 \pm 1^{\circ}\text{C}$   
 습도 :  $50 \pm 10\% \text{ RH}$

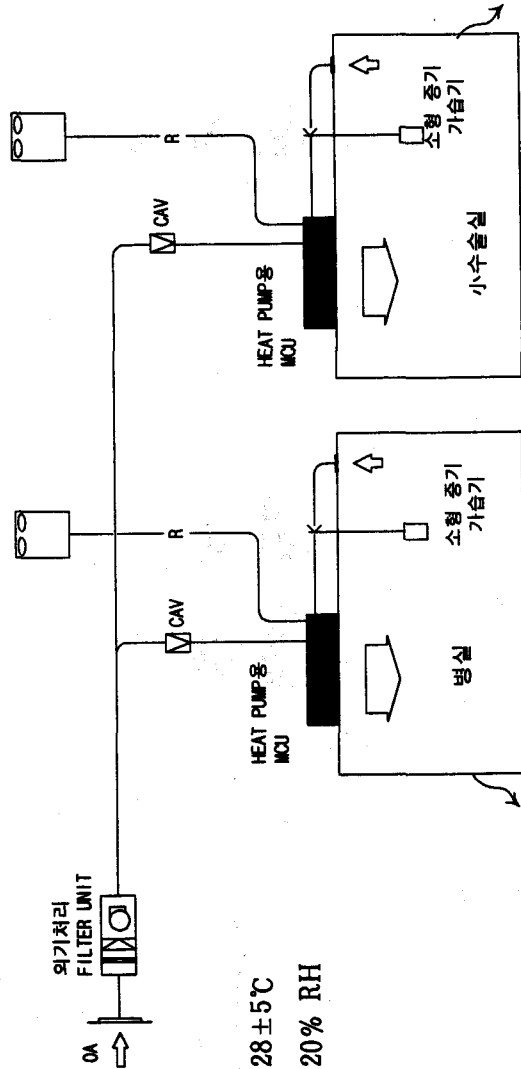


개 요 도

1. OHU+MCU(내,온수 코일내장)로 구성 OHU는 최소 외기량(5회/hr)만 공급
  2. 소독 배기가 비교적 용이하고 운전비가 적다.
- 저체온 수술실 적용가능(18℃)하고 온도를 정밀하게 제어할 수 있음.

특징  
 적용





온도 :  $24 \sim 28 \pm 5^{\circ}\text{C}$   
 습도 :  $50 \pm 20\% \text{ RH}$

개 요 도

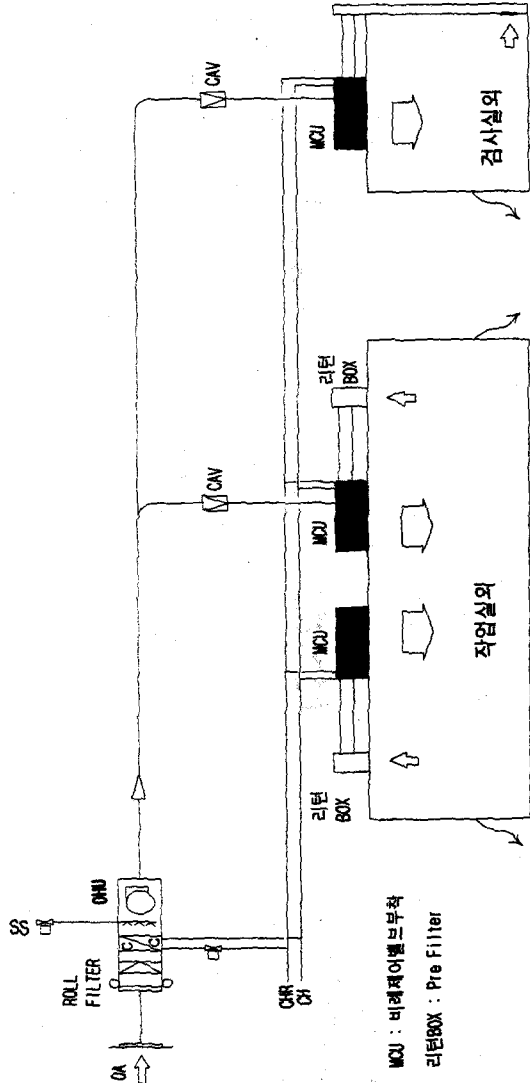
1. 구성 : 개별열원 + OHU + MCU, 별도의 은, 냉열원을 공급하기 어려운 장소에 적용.
  2. 히트 펌프는 동질기 사용 가능한 제품으로 적용하고 가습은 증기가습 사용.
- 소규모 병원의 크린룸 필요시 개보수에 적합함.(습도는 정밀 제어가 어렵다)

특징

적용



온도 : 24~28±3℃  
 습도 : 50±20% RH



개요도

1. 구성 : OHU + MCU(냉수코일+비례제어밸브) 실내현열부하가 높아 난방이 필요치 않은 실에 적용(습도 조건이

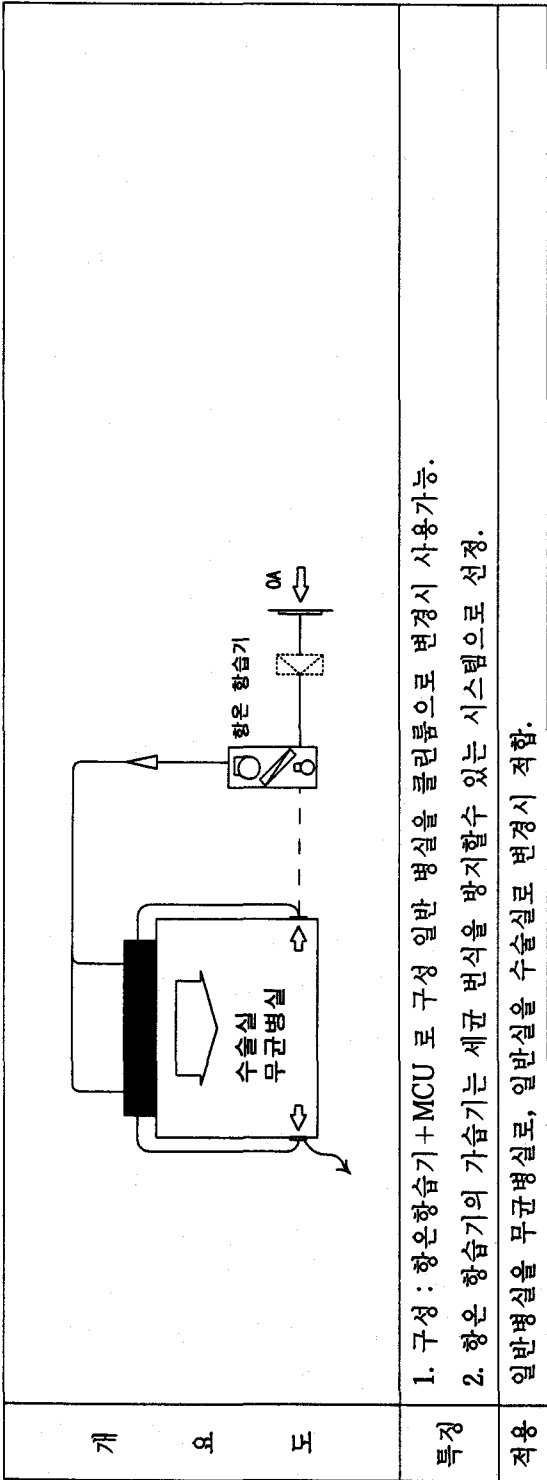
까다롭지 않은 실)

2. 은열원은 공급치 않음

ANGIO, 각종 검사실, 중앙 공급부(멸균실) 등에 적합










특정

적용



1. 구성 : 환은환습기+MCU 로 구성 일반 병실을 클린룸으로 변경시 사용가능.
  2. 환은 환습기의 가습기는 세균 번식을 방지할수 있는 시스템으로 선정.
- 일반병실을 무균병실로, 일반실을 수술실로 변경시 적합.

**범례표**

-  HEPA FILTER DOP 99.97% 이상
-  MEDIUM FILTER NBS 95% 이상
-  ROLL FILTER AFI 85% 이상
-  VOLUME DAMPER
-  MOTOR DAMPER
-  CAV UNIT
-  2-WAY VALVE
-  3-WAY VALVE
-  냉, 온수 전환밸브

모든 RETURN 부위에는 PRE FILTER(AFI 85%)부착

4. 무균 병실

무균 병실이 필요한 환자는

- 강력한 화학요법을 받고 있는 백혈병 환자.
- 악성 종양에 대한 각종의 치료에 의하여 백혈구가 감소되는 환자
- 재생불량 빈혈로 같은 백혈구의 감소가 되는 환자
- 면역이 없는 환자
- 장기이식 전후에 면역 억제제를 투여한 환자
- 방사선 장해에 의하여 백혈구가 감소된 환자
- 중증의 화상 환자
- 호흡기 질환
- 其他

이중 주로 백혈병 환자의 격리 수용시에 사용하며 백혈병의 경우 직접 死因으로 표6과 같은 예가 보고 되어 있다.

표 6. 직접사인

年	감염	출혈	기타
1960-64	31(41.9%)	30(40.5%)	13(17.6%)
1965-68	35(50.7%)	32(46.3%)	2(3.0%)
1969-70	15(75%)	4(20.0%)	1(5.0%)

표 7. 급성 백혈병의 세균 감염

年	葡萄球菌	綠膿菌	大腸菌	變形菌	肺炎菌
1953-56	15	9	6	2	1
1962-63	2	15	4	3	2

위의 표를 보면 백혈병의 경우 사망 원인은 감염 그 자체가 커다란 비중을 지니고 있음을 알수 있다. 표7은 美國의 M.D.Anderson 병원에서의 백혈병의 감염원이 된 세균의 종류의 조사한 것을 게재하였다. 표7에 표기한 세균 이외에도 真菌(곰팡이)류도 중대한 영향을 미친다. 진균은 한번 생육하면 완전한 제거가 매우 어려우므로 주의를 기울여야 한다.

4.1 무균병실의 위치

위치는 사람이 많이 다니지 않는 병동 끝 쪽이 청결면에서 유리하지만 환자에 대한 간호에 중점을 두어 Nurse Station 가까이에 설치하는 경우가 많다. 무균수술실은 수술부라는 청결구의 1구획인데 비하여 무균 병실은 거의가 병동에 위치하여 많은 사람들이 출입을 하는 비청결구역에 위치하기 때문에 계획을 세울 때에는, 인원과 물품의 흐름을 고려하여 강의, 배식, 藥浴등의 공간을 설치해야만 한다.

4.2 무균 병실의 설계

무균 병실의 원리는 수술실과 똑같은 것이지만 무균 병실과는 여러가지 틀린점이 있다 (표 8참고). 이 차이점을 염두에 두고 이하 구체적인 설계 포인트를 표시한다.

(1) 층류

무균 병실의 경우 청정도는 매우 높다. 공기 감염이 환자에게 위험한 결과를 초래할

수 있는 무서운 질환에 대해서는 높은 청정도를 유지하기 쉬운 층류 방식을 이용해야 한다. 혈액질환 환자등의 화학요법시 이용에 대해서는 국내의 모두 수평 층류 방식이 압도적으로 많다.

(2) 청정도

美國연방규격 Fed. Std. 209B의 규격을 적

용하며 병실내는 통상 CLASS 100 을 유지하여야 하며 다음을 참고 한다.

- 무균 病室內 : CLASS 10~100
- 看護區域 : CLASS 100~1,000
- 管理區域 : CLASS 1,000~10,000
- 病院內 : CLASS 50,000~500,000
- 一般 : CLASS 10,000~100,000

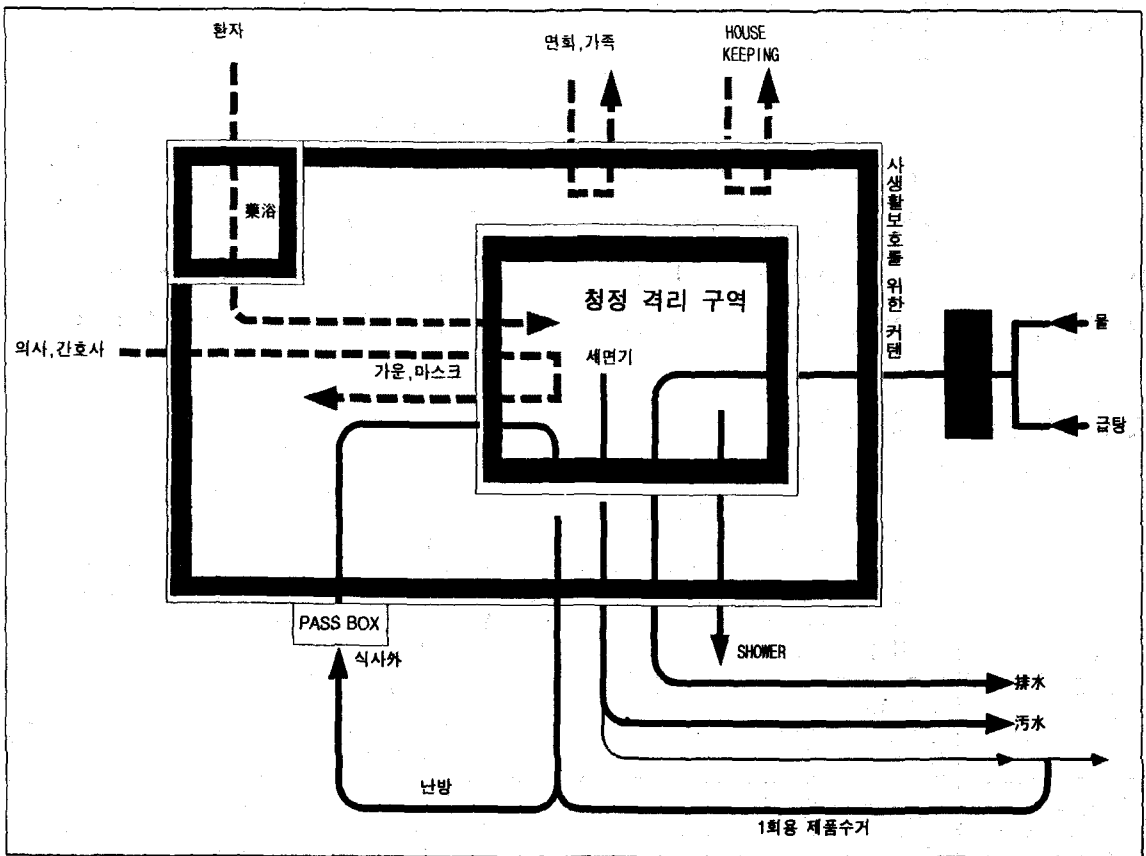


그림 5 무균 병실에 있어서의 사람과 물건의 흐름

표 8. 무균 수술실과 무균 병실의 차이

	無菌 手術室	무 균 병 실
설 치 장 소	수술부(청결구역)	病棟部(비청결구역)
사 용 시 간	단시간, 계속사용	장시간, 계속사용
발 진 상 태	여러사람수 多發塵	1인으로 少發塵
필요실 면적	大(6m x 6m = 36m <sup>2</sup> )	小(3m x 2.5m = 7.5m <sup>2</sup> ) 정도
필요천정높이	3.0m	2.4-2.1m
허용 소음치	50 dB(A) 이하	40 dB(A) 이하
室 설계요인	기능성, 청정도	居住性, 안락함

## (3) 기류

재실인원이 많고 발진원이 많은 무균 수술실과는 달리 1인 少發塵形의 무균 병실은 0.18 m/s 정도의 저풍속을 이용하여 드래프트에 의한 불편감을 피할 수 있으며 소음을 낮

게 설계하여 환자의 안정에 최우선시 한다. 의사, 간호사 등의 입실로 발진이 많을 때에는 풍속을 0.4m/s-0.3m/s까지 자동으로 상승시켜 분진을 신속히 외부로 배출할 수 있도록 보통 2단계로 풍속 조절이 필요하다.

표 9. 수직층류와 수평층류의 차이

	수 직 층 류	수 평 층 류
SA 토출구	천정면에서 바닥으로	BED 벽면에서 외부로
RA 흡입구	바닥에서 100mm 위치에 그릴 설치	의료진의 ACCESS ZONE에 위치
FAN	1 SET 로 처리	3~4 SET로 처리
풍 속	0.4 m/sec	0.18~0.36 m/sec
소 음	45 dB(A)	40 dB(A)
청정도	CLASS 100	CLASS 100
샤 위	별도의 욕실 구비	내부에 샤워시설 갖춤
채 혈	환자가 직접 채혈	의료진이 ACCESS 커튼을 통하여 채혈

<p>장 점</p>	<p>비교적 저가이다. 기술적 난이도가 용이하다.</p>	<p>FAN 1 세트가 고장나도 필요 풍량의 70%를 확보할수 있어 안전. 의료진이 채혈하므로 소아과 환자에게 유리. 의료진 출입 동선쪽이 풍속이 빠르므로 의료진에 의한 교차오염 방지. 조립형으로 설치, 이동이 용이.</p>
<p>단 점</p>	<p>소아과의 경우 환자가 직접 채혈하므로 치료에 어려움. 의료진의 출입시 교차오염 방지우려 소음으로 인한 야간 취침시 장애. 오염원 하류(BED)부근에 쌓일수 있음. 별도의 샤워시설 필요함.</p>	<p>풍속제어를 정밀하게 제어하지 못하면 환자의 두피(삭발)에 직접 접촉하므로 한기를 느낄수 있음. 비교적 고가임.</p>

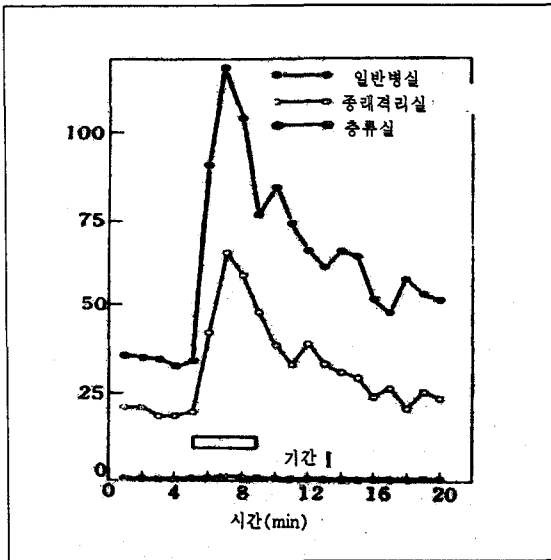


그림 6 병실 種別에 의한 청정도 비교

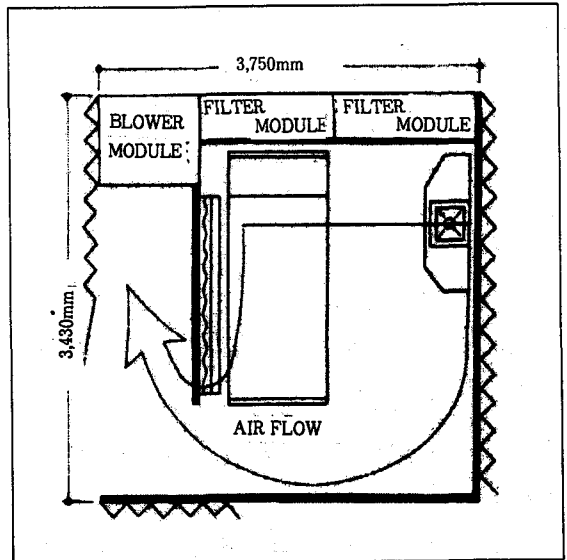


그림 7 Open-Ended Type(U.S. Pat.)

#### (4) 양압유지

무균 병실은 실내의 체적이 적고 개방되어 있는 부분이 많아 양압유지가 어렵다. 그러나 미세한 양압을 유지할 수 있는 시스템이 OPEN-ENDED TYPE으로 그림 7과 같이 항상 수평층류를 확보하는 것이 중요하다. 즉 그림에 표시한 것처럼 HEPA 필터 모듈에서 토출된 공기는 좁은 출입구(항상개방)를 지나갈 때 풍속이 상승된다.

#### (5) 온·습도조건

무균 병실은 실내에 FAN의 발열량(대풍량 이므로 주의)이 있으므로 中間期에도 냉방을 필요로 할 경우가 많다. 따라서 일반 병동과는 별도 계통으로 24시간 단독계통으로 한다. 백혈병 치료에는 24°C/RH 50%의 조건이지만 화상환자 수용시는 26°C/RH 80%까지 조절할 수 있어야 한다.

#### (6) 소음, 진동

환자가 최소 2주 이상은 무균병실내에서 거주하므로 소음은 가장 큰 문제로 대두되고 있다. 수평층류의 경우 40dB(A)까지 저소음화가 가능하다.

#### (7) 비상시 대책

송풍기 등은 停電時를 대비하여 비상 전원이 공급되어야 한다. 송풍기 고장 대책은 장기간 연속사용할 때 100% 예비 설비를 하면 좋지만 비용이 많이 들고 장비가 커질 수 있으므로 FAN을 3대로 분할하여 설치하면 1대가 고장이 나더라도 나머지 2대가 약 67%의 능력을 발휘하므로 층류, 양압유지의 기

본 기능은 유지할 수 있도록 설계하여야 한다.

#### (8) 내장재

- 바닥은 실내 멸균에 견딜 수 있는 鹽化 비닐계 시트를 깔고 이음새는 용접 공법으로 마감한다.
- 벽은 일반적으로 무정전 도료가 입혀진 SGP 패널로 구성하되 격리감, 폐쇄감을 주지 않도록 유리창을 넓게 하는 것이 좋다. 환자의 용변, 취침시 등 프라이버시를 위하여 유리창에 원격 조정이 가능한 전동 커튼을 설치한다.
- 천정의 조명기구(외부에서 교환이 가능하도록 한다).
- 재료는 일반적으로 평활하고 먼지가 잘 끼지 않고 소독제에 견딜 수 있는 것을 선택해야 한다. 백색, 청색 계통은 청결감을 대표하는 색상이지만 차갑기 때문에 환자에게 차가움을 주지 않는 따뜻한 색깔이 좋다.

#### (9) 기타 病室內 機器

무균 병실내에 장치되어야 하는 기기로는 의료가스 배관(산소, 진공 등), TV, Consent, Nurse-Call, 각종 Auto Curtain Switch 등을 들 수가 있다

#### (10) 기타

Pass Box와 Air Shower는 NCI에서 개발 당시에는 설치되었으나 점차 무균병동을 별도로 구획하므로써 설치하는 빈도수는 낮아지고 있는 추세이다.

### 4.3 운영적 측면

#### (1) 室内等の 感染操作

무균 병실에 환자가 입실하기 전에 멸균 작업을 실시하여야 한다. 사용되는 약품은 인체에 무해하고 引火性이 없으며 무균 병실의 구성 재료에 손상을 주지 않아야 한다. 국내에는 약품 멸균(Hexachloroprene)을 사용한 멸균법이 사용되지만 일본에서는 오존을 이용한 멸균법이 널리 사용되고 있다.

#### (2) 환자의 준비

전신을 약액으로 소독한 후 입실한다. 그러나 환자 체내에 있는 세균은 완전히 멸균하는 것은 불가능하다.

#### (3) 간호사의 교육

간호사와 가족에게 격리수용의 필요성, 감염경로, 증류(공기의 흐름)의 의미, 조작판넬의 사용방법 숙지등은 실제 장소에서의 훈련이 필요하다.

#### (4) 無菌食

입실전 2~3일 전부터 시작하여, 백혈구가 일정 수치가 될 때까지 지속된다. 가스 오븐 또는 전자레인지로 일정한 온도까지 가열하여 멸균후 공급된다. 음식은 알미늄 호일로 2-3중으로 포장하며, 환자가 개봉한다. 이 밖에 통조림류는 표면을 멸균하여 공급하고 탄산 음료도 사용이 가능하다.

#### (5) 無菌衣

무균 병실에서 사용하는 의류는 2종류로 나눌 수 있다. 환자와 의료진이 착용하는 의류이다. 환자의 경우 기존에는 목면 소재를

오토 클레이브(Auto Clave)에 고온 멸균한 제품을 사용하며, 의료진은 1회용 무균복을 착용하는 것이 바람직하다. 최근 시판되고 있는 1회용 무균복은 세균 투과성이 매우 낮고 착용감이 매우 좋은 제품들이 있다. 무균 병실의 가장 큰 오염원의 침투 경로를 조사한 결과 의료진의 의복을 통해서 전파되는 것이 가장 높다.

### 4.4 무균 병실의 실시 예(NCI-Beset Type)

미국의 NCI에서 수년간 여러 형태의 무균 병실을 설치하여 실제 운영한 결과 아래와 같은 형식의 Isolator가 가장 효율적이라는 것이 밝혀져 현재 전 세계적으로 아래와 같은 NCI 타입의 설치가 압도적으로 많고 국내에는 수직 증류 방식이 많다.

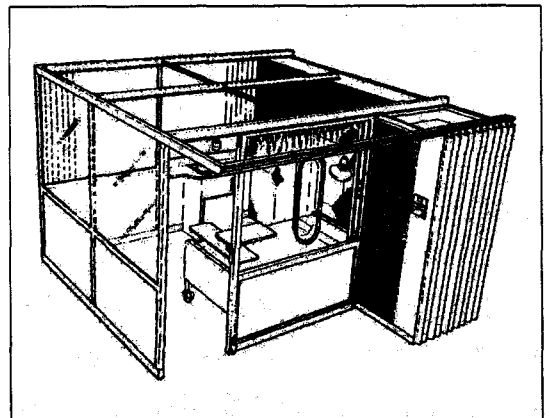


그림 8 NCI Type

NCI 타입의 장점은

- Portable Type으로 1-2일에 조립될 수 있다.



- 2人用 방안에 수용(美國과 日本에서는 기준의 차이가 있다)한다.
- 환자의 거주성을 충분히 고려한다.
- Intensive Care나 Practice Protocol의 정도에 따라서 설비한다.
- 철거하기 쉽고 그 후 일반 病室로 사용 가능.
- 前室을 특별히 설치하지 않아도 된다.

주요 사양은 다음과 같다.

- 외형치수 : 3.3m(W) x 3.45m(L) x 2.25m(H)
- 환기회수 : 約 200-400회/hr
- 소 음 : 40dB(A)(저풍속시)
- 온도제어 : 냉, 온수 비례제어 V/V (가습기 내장)
- 속도제어 : 2 단계
- 급 수 : Filter 방식
- Toilet : Portable Type

## 5. 保 守

BCR의 보수는 운전 관리, 보수 관리, 환경 관리 3항목으로 크게 나눌 수 있다. 운전 관리란 설비의 운전 프로그램 작성, 운전 기록 작성 등으로 병원의 설비 담당 보수 요원과 시공자가 잘 협의하여 작성해야 한다.

보수 관리는 설비 운용상의 일을 말하며 기계의 수리, 부품교환, 필터등 소모품의 교환을 하는 일상적인 업무를 말한다.

특히 주의해야 하는것은 풍속 관리와 HEPA 필터의 교환이다. 층류실에서는 일정한 기류 속도에 의해 먼지를 실외로 배출시키는 것이 기본적인 메카니즘이다. HEPA 필터는 풍속 점검이나 조정을 최저 1년에 1회 정도는 해야 한다. 층류 방식의 경우 각 HEPA 필터마다 5 개점 이상의 측정점을 선택하여 평균풍속을 정확하게 측정하여 설계시에 규정된 최저 풍속이 되기 이전에 풍량을 적당히 조정해야 한다.

HEPA 필터의 수명은 표11에 표기한 바와 같이 최종 저항을 50mmAq로 규정하고 있으나 실제 시스템 중에는 HEPA 필터를 50mmAq까지 사용하도록 설계하는 일은 드물다. 소음이나 풍량(환기회수)을 고려하여 처리 풍량을 정하고 있다. HEPA 필터 교체는 누입등이 없는 한 전체를 한번에 교환하는 것이 바람직하다. 교체 시기의 결정, 교환 작업등은 전문업체에 의뢰하는 것이 바람직하다. 그리고 필터 누입 테스트(DOP TEST)는 1년에 1회 정도는 필요하다.

환경 관리로서는 공기중의 미립자, 미생물 등의 일상적 측정, 관리, Bio Clean Room의 청소, 소독 작업등이 있으며 전문업체와 용역을 통하여 관리하는 것이 바람직하다.

표 11. HEPA FILTER 사용 방법에 의한 예측 수명

HEPA FILTER 사용 방법	수명(시간)	비 고
정격 풍량으로 단독 사용	4,000(1배)	面風速 1.3-1.4 m/s 저항(초기25, 최종 50mmAq) DUST 농도 : 0.16 mg/m <sup>3</sup>
PRE FILTER 병용시의 HEPA FILTER의 수명	6,000(1.5배)	최종 50mmAq
粗塵 FILTER(ROLL형) 병용 비색법 효율 85%의 FILTER 병용	18,400(4.6배)	
정격 풍량 이하로 단독 사용	6,400(1.6배)	面風速 1 m/s 최종저항 50mmAq
정격 풍량의 75%로 사용	12,000(3배)	面風速 0.7 m/s 최종저항 50mmAq
정격 풍량의 50%로 사용	8,000(2배)	층류의 경우 예를 들면 面風速 0.4-1 m/s 정도이다. 0.4 m/s의 취출속도 일때 초기저항 9.5mmAq일때 實測報告例가 있다.
정격 풍량의 50%로 최종 저항 25mmAq로 사용		