

병원에 있어서의 Biological Clean 기술

삼성종합건설(주)
(일사일품 T/F팀)
선임연구원 임태빈

1. 서론

과학의 진보와 더불어 의료기술은 눈부시게 발전하여, 병원에서는 고도의 의료기술에 의한 치료가 행하여지고 있다. 그러나 병원은 환자들의 집합장소인 동시에 병원체가 모이는 곳이므로, 병원의 내방객(외래) 및 환자가 다른 병원체로부터 감염을 일으킬 수 있는 원내오염(Nosocomial Infection)의 가능성을 항상 갖고 있다. 따라서 병원의 공기청정도는 일반 거주공간보다 높은 차원에서 생각하지 않으면 안된다. 이와같은 원내감염 방지대책의 일환으로 Biological Clean 기술이 관심을 모으고 있다. 현재 이 기술은 병원의 수술실 및 병실을 중심으로 상당히 도입되어져 왔으나 그 기초개념과 응용해야 할 분야를 분명히 파악하고, 그 한계를 그어서 정확하게 도입·사용할 필요가 있으며, 또한 이 기술을 도입함에 있어 수술부나 무균병실구역내에서의 부속설비등과 조합된 시스템으로 고려해나아가는 것이 바람직 할 것이다. 본고에서는 병원에 있어서의 Biological Clean 기술의 기본개념과 적용방법 및 현황에 관하여 고찰함과 동시에 향후의 과제를 검토코져한다.

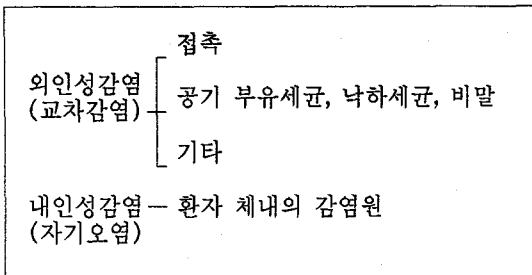
2. Biological Clean 기술의 기본개념

2.1 감염의 원인

병원내에서 환자의 감염이 문제가 되는 경우가 많이 있으나, 가장 전형적인 것은 수술시의 감염일 것이다. 물론 그 밖에 I.C.U., 병동, 외래 등에 있어서도, 환자에게 감염을 발생시키는 원인은 여러가지 존재한다. 감염원인을 경로별로 크게 나누면 표1과 같이 외인성감염(교차감염)과 내인성감염(자기감염)으로 나눌 수 있다. 내인성감

수술후의 감염발생에 필요한 세균수는 수술부위, 환자의 중증도, 전신상태, 수술의 종류 등에 따라 큰 차이가 있으나, 일반적으로는 정상조직의 경우에는 국부적으로 10^6-10^7 개의 세균이 없으면 감염은 발생되지 않는다고 한다. 한편, 수술부위에 있는 세균수는 통상 10^2 개 이하이기 때문에 응혈, 부종, 혈행부전, 이물의 존재, 전신의 감염에 대한 저항력약화 등의 조건이 없으면 감염이 발생하기 어렵다.

표1. 감염경로¹⁾



염이라는 것은 환자의 체내에 있는 세균(감염원)이 체내의 다른 부위에 감염을 발생시키는 것으로, 수술시에 장관속의 세균이 장관밖으로 나와 수술부위를 감염시키는 경우가 전형적인 예이다. 외인성감염은 접촉에 의한 감염이 대부분이라고 생각되고 있으나, 공기중의 미생물(세균)이 수술부위 및 다른 곳에 낙하 또는 비산하여 감염을 일으킬 수도 있다.

가) 감염에 관여하는 세균수

나) 공기중의 세균에 의한 감염

의학의 발달에 따라 고도의 의료기술을 필요로 하는 뇌, 심장등의 이식수술, 성형외과수술등이 행하여 지고 있으나, 이들 수술은 절개부위가 크고 수술시간도 장시간을 요함으로 부유하는 각종 세균이 수술부위에 침입하여 수술 중 감염을 발생시킬 가능성이 있다. 공기중의 세균에 의해 어느정도 감염이 발생하는가에 관하여는 아직 확실한 정설은 없다. 이 인과관계를 조사하여 정확한 통계수치를 낸다고 하는 것이 상당히 어려워, 현재까지 그렇게 많이 보고되어 있지 않으며 보고자에 따라 2~25% 정도로 차이를 나타내고 있는 실정이다. 수술실(BCOR)에 대하여는 Whyte(영국), 병실(BCW)에 대하여는 正岡(일본) 등에 의하여 통계적으로 유의차가 있는 DATA가 발표되어, 처음으로 Biological Clean 기술이

감염을 저하에 유효하다는 것이 실증되었다.

2.2 Biological Clean 기술의 목적

Biological Clean 기술은 앞에서 설명한 감염증, 공기를 매개로 하여 발생하는 감염을 제어 할려고 하는 것이다. 즉, 이 기술은 공기중의 세균(Air-borne Bacteria)을 감소시켜서 병원에 수용된 환자 또는 수술중 환자의 감염을 감소시키는 것을 목적으로 하고 있다. 이 Biological Clean 기술은 그 밖에, 병원에 있어서의 환경관리(무균실, ICU, CCU등),약품공장(무균제조실), 식품공업, 동물실험시설(무균동물사육시설) 등에 응용되고 있다(표2 참조).

Biological Clean Room의 개념은 원래 Clean Room의 개념을 병원내에 응용할려고 하는 것이다. Clean Room의 주된 목적은 공기중의 부유미립자의 양을 일정수준으로 제어하는 것이고, Biological Clean Room은 공기중의 미생물(세균)의 양을 일정수준으로 제어하는 것이다. 이 두가지 개념은 전혀 별개의 것으로 생각되나, 일반적으로 부유세균은 단독으로 공기중에 부유하는 것이 아니라 부유미립자에 부착되어 함께 부유하는 것으로 알려져 있어 제거기술에 있어 공통된 부분이 많고, 어느면에서 Clean Room의 개념에 생물학적 규제를 첨가한 것이

Biological Clean 기술이라고 해도 좋을 것이다.

2.3 Biological Clean Room의 분류

Biological Clean Room은 크게 제작법 및 기류방식에 따라 분류되며, 그 형식 및 특징은 다음과 같다.

(1) 제작법에 따른 분류

가) 축조식 : 이 Biological Clean Room은 그것을 필요로 하는 실의 신축 또는 개축과 동시에 현장에서 제작하는 것으로 건축구체와 공조설비 및 그밖의 설비를 다른 실과 공유하는 경우가 많다.

나) 프리웬브식 : 이것은 필터유닛트, 슬라이드월 등 유닛트화된 부분을 현장에서 조립하는 것으로 기존의 실을 대폭 개조하지 않고 설치하는 것이 가능하다.

다) 이동식 : 팬 및 필터 등이 일체화 되어 있어 필요한 시기에 필요한 장소에 이동하여 사용할 수 있다.

Biological Clean Room의 제작법에 따른 특징은 표3과 같다.

(2) 기류방식에 의한 분류

가) 난류방식 : 본질적으로는 일반건물 공조에서 많이 사용되고 있는 단일 덕트 방식과 같으나 취출구부분에 초고성능 필터를 사용하여 청정공기로 회색시킴으로써 필요 청정도를 달성하는 방식이다.

나) 수직층류 : 수직층류방식은 천정 송풍하며, 바닥 또는 바닥에 가까운 벽면하 전면으로 부터 실바닥을 향하여 수직으로 부에 흡입구를 설치함으로써 층류를 형성하

표2. Biological Clean Room의 이용분야²⁾

(입자 : 0.5 μ m 이상)

산업 분류	용 도	청정도	Class			
			100	1,000	10,000	100,000
약 품 · 의 약 · 병 원	제약공업					
	주사액, 앰플봉입					
	혈액, 링겔, 약진의 보관					
	무균수술실					
	일반수술실					
	회복실 · ICU · CCU					
	무균병실					
	신생아 · 미숙아실					
	무균실					
	수술용기구보관					
	무균동물실험					
	세균실험					
	약제실					
	일반병실					
진료실						
식 품 · 양 조	우유 · 술 · 유산균음료					
	청량음료수의 병주입, 마개공정					
	유제품 · 생과자 포장공정					
	슬라이스 팩 햄제조					
	버섯					
	식육가공					

표3. Biological Clean Room의 제작법³⁾

제작법	축 조 식	조 립 식	이 동 식
특 징	<ul style="list-style-type: none"> • 복잡한 칸막이가 가능하다. • 전체의 공조계획에 알맞는 설치가 가능하다. • 큰방에 좋다. • 값이 비싸다. • 공사기간이 길다. • 재료등을 선택할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 배치가 단순한 공정으로 되어 있다. • 이전·증축·개량이 가능하다. • 시일이 완전하다. • 공사기간이 짧다(5~10일). • 특수방법으로 바꿀 것 	<ul style="list-style-type: none"> • 공장생산이므로 품질정밀도가 높다. • 공사기간을 필요로 하지 않는다. • 설치환경에 어느 정도의 먼지, 세균제어가 필요하다. • 다목적의 용도에 이용할 수 있다.

(주의사항) BCR의 사용방법, 공기등을 고려해서 제작법을 결정한다.

표4. 기류방식에 의한 분류⁴⁾

항 목	난 류 식	수평층류식	수직층류식
청 정 도	CLASS 1,000~100,000	CLASS 100~1,000	CLASS 10~100
환 기 회 수	10~20 회/H	100~300 회/H	300~500 회/H
취 출 풍 속	1~3 m/sec	0.45~0.6 m/sec	0.25~0.5 m/sec
정 압 도	0.5~2.0 mmAq	0.5~1.0 mmAq	0.5~1.0 mmAq
건 설 비	소	중, 대	대
운 전 비	소	중, 대	대
유 연 성	곤 란	곤 란	용 이
보 수 유 지 성	용 이	용 이	용 이
소 음	소	대	대

는 방법이다. 이 방식에서는 조명방법등에 주의를 기울여 난류영역이 생기지 않도록 해야 할 필요가 있다.

다) 수평층류 : 이 방식은 한쪽벽 전면을 초고성능필터를 이용한 취출구로 하여 반대쪽 벽을 향하여 층류를 형성시킴으로써 미립자, 세균이 침강하기 전에 이것을 실외로 배출하는 방법이다.

이들 방식은 기류 패턴에 의한 클린룸의 기본적인 분류로서 그 특징은 표4와 같다.

(3) 병원에서의 Biological Clean 수술실의 분류

가) 수술실의 형식 및 기류의 흐름에 따른 분류

표4의 기류방식에 의한 분류를 바탕으로, Biological Clean 수술실의 형식 및 기류의 흐름에 따라 세분화하면, 실의 전체를 청정 공간으로 하는가 또는 실의 일부를 청정 공간으로 하는가에 따라 그림1과 같이 분류된다.

나) 전실의 유무에 따른 분류

바이오 클린 수술실에 있어서는 어느 정도 청정도를 유지하고 있는 전실을 통하여 수술실을 출입하는 방법과 전실은 없지만 복도전체를 청정화함으로써 전실의 역할을 복도에 분담시키는 방법이 있다.

다) 수술부의 평면형식에 의한 분류
수술부의 평면형태는 동선 및 공기청정관

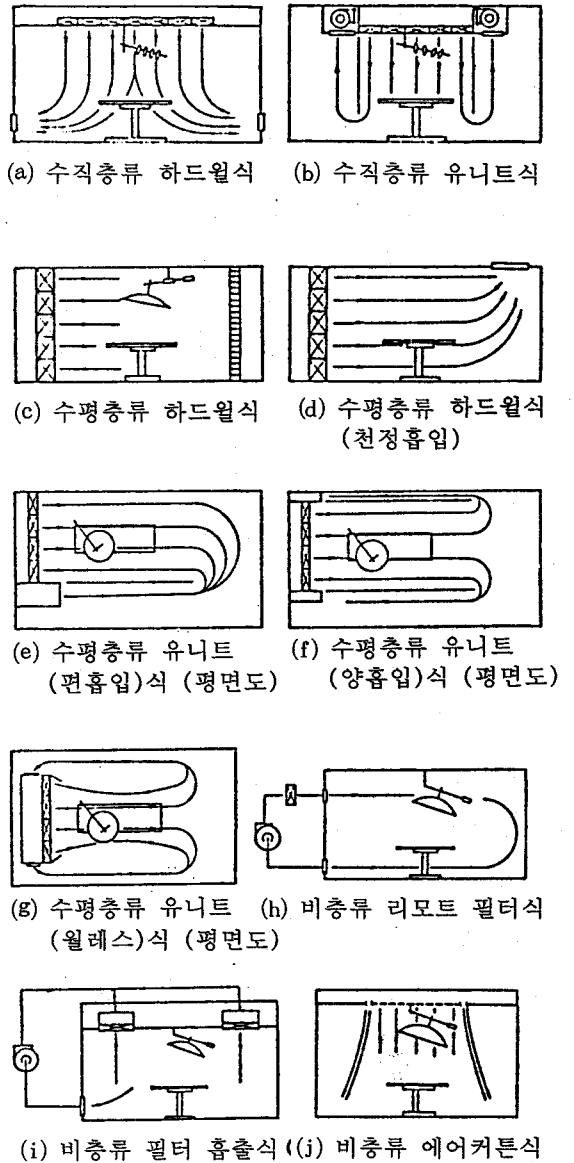


그림1. 수술실의 형식 및 기류흐름에 따른 분류⁵⁾

리의 관점에 따라 그림2와 같이 단일복도형, 이중복도형, 방상배치형, 이중복도·외주복도형, 청정홀형으로 분류된다.

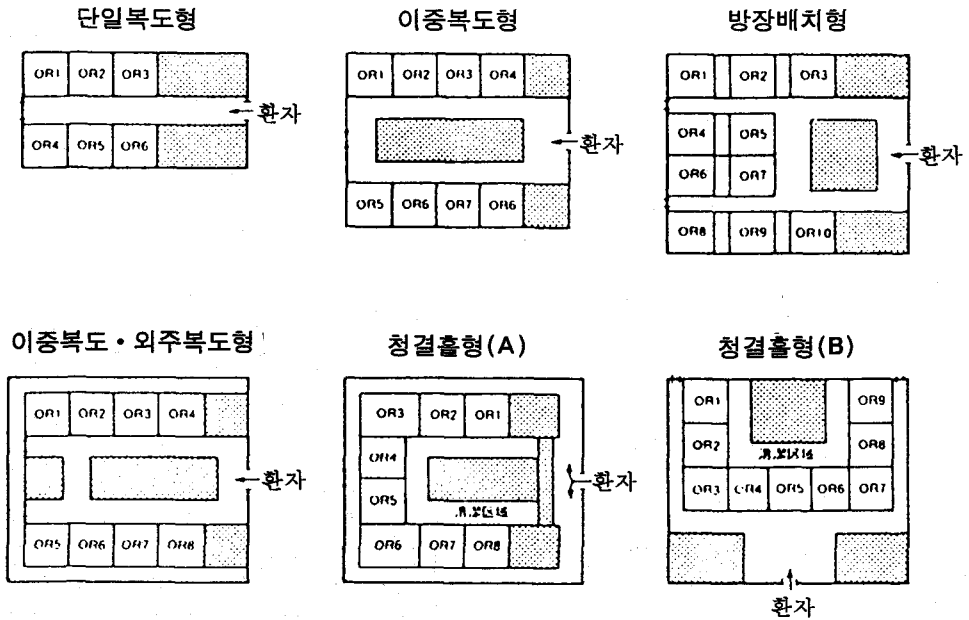


그림2. 수술실의 평면형식에 따른 분류⁶⁾

2.4 공기청정도의 측정방법

병원에서는 일반적으로 부유 또는 낙하된 미생물 및 미립자를 측정함으로써 공기청정도를 평가하고 있다. 여기서는 미생물 및 미립자의 농도 표시방법과 포집원리, 그리고 부유미립자와 부유미생물간의 상관관계에 관하여 간단히 서술코져 한다.

가) 부유미생물의 측정법

미생물의 측정은 그 포집과 배양이 기본으로 되어 있다. 공기중의 미생물 포집방법으로서의 일정량의 공기를 흡인하여 세균을 살균수로 포집하고 일정조건에서 배양하여 생긴 세균의 집락형성단위수(cfu ; colony forming unit)를 측정하여 단위체적중의 개

수(개/L, cfu/ft³)로 나타내는 방법과, 측정을 행하는 환경속에 평판배지를 일정시간 폭로한 후 발생된 미생물 집락수를 측정하여 단위시간, 단위면적당 낙하하는 개수(개/cm²·min, cfu/cm²·min)로 나타내는 방법이 있다.

부유미생물 측정법은 포집하는 원리(충돌, 여과, 정전기, 온도차, 원심력 등)에 따라 표5와 같이 구분된다. 또 미생물은 종류에 따라 생육조건이 표6과 같이 각각 다르다.

나) 부유미립자의 측정법

실내공간에 부유하는 미립자의 농도표시 방법은 일본공업규격(JIS Z 8813, 부유분진

표5. 부유미생물의 측정법⁷⁾

포집원리	측정법	실례
낙하법	평판 한천배지 { 페트리접시 개방 원통카바 스테인레스 동판법 글라스 슬라이드법	Koch 법 NHB 5340.1
충돌	스킷트법 { 장시간형 단시간형 핀홀법 다공판법 다단 다공판법 회전판법	Reynier Casella 핀홀 샘플러 씨프 샘플러 앤더슨 샘플러
충돌·세정	인편저 { 글라스 스크라버부착	미립포아(Chemical Corps Type) 일본약학회
여과	membrane filter 글루다미산 소다필터	좌수법
온도차	온도차법	씨모포지타
정전기	정전집진기	G. E.

표6. 미생물의 배양조건⁷⁾

종류	대표적인 배양기	pH	온도(°C)	시간(h)
세균	부용(육즙)한천	7~8	37	48
효모	맥아한천	5~7	25~30	48
곰팡이	차퍽한천	4~6	25~30	48~72

농도 측정방법 통칙)에 따르면 계수법(개수법), 증량법(질량법), 상대농도표시법등 있다. 계수법은 입도분포 파악이 가능한 이점이 있는 반면 증량법은 대입경의 영향이 크고(증량은 직경의 3승에 비례), 더우기 측정대상 공간의 입도분포 파악이 곤란하다. 또 상대농도 표시법도 주로 증량농도로 환산한 상태로 농도를 표시하기 때문에 마찬가지로의 문제점을 가지고 있다.

부유미립자의 측정방법에는 현재 절대적인 것은 없고 측정치에 대하여 각각의 측정기의 특성을 고려하지 않으면 안된다. 부유미립자 측정법은 일본의 경우 일본공업규격 JIS Z 8813(부유분진농도 측정방법 통칙) 및 JIS B 9920(클린룸내에 있어서의 부유미립자의 농도측정 방법 및 클린룸의 공기청정도 평가방법)이 있다.

다) 병원에 있어서의 부유미생물과 부유미립자의 관계

앞서 언급한 바와 같이 일반적으로 공기중의 부유미생물은 단독으로 부유치 않고 미립자에 부착하여 공기중을 부유한다고 말하고 있으며, 양자의 상관성에 관하여 여러가지 검토가 행하여지고 있다. 그림3은 입경 5 μ m 이상의 부유미립자와 부유세균과의 관계를 나타낸 것으로 어느 정도의 범위내에서 서로 상관관계가 있는 것을 알 수 있다.

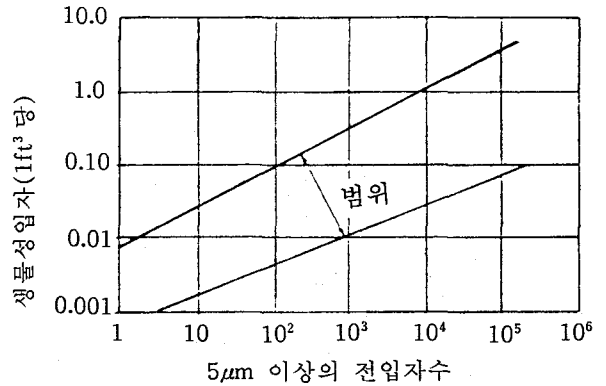


그림3. 부유세균과 부유미립자와의 관계⁸⁾

3. 병원에서의 Biological Clean 기술의 응용

3.1 병원에서의 Biological Clean Room의 기준

병원에서도 Biological Clean Room의 기준은 표7과 같이 NASA에 의한 규격이 일반적으로 이용되고 있다. 이 규격은 Clean Room의 기준으로 유명한 Federal Standard 209A(후에 209B, 209C, 209D로 개정)의 기준에 생물학적 인자를 포함시킨 것이다. 이 기준은 아폴로계획 당시의 기준으로서 면역반응이 전혀 없는 인간을 감염으로부터 방어하기 위한 기준으로 고안되어 계산된 수치이며(CLASS 100), 이것을 그대로 적용하기에는 많은 검토가 필요하다. 따라서 병원내에 있어서의 공기청정도 기준을 정하는데에는 감염율과의 관계에 관하여 더욱 많은 자료의 축적이 필요하리라 본다.

표7. NASA 규격 NHB 5340.2의 개요⁹⁾

CLEAN ROOM CLASS	부유미립자수		생육가능한 생물입자수 (개/ft ³)	낙하생물의 평균입자수 (개/ft ² ·주)	권장온도	권장온도	압력차 (mmAq)	기류	조도 (Lx)
	입경 (μm 이상)	누적입자수 (개/ft ³)			(°C)	(%)			
100	0.5	100 (3.5개/ℓ)	0.1 (0.0035개/ℓ)	1,200 (12,900개/㎡·주)	22.2 ±0.14~ ±2.8	45 ±0~ ±5	1.27	층류방식 0.45m/s ± 0.1m/s 난류방식 20회/h 이상	1,076~ 1,614
10,000	0.5	10,000 (350개/ℓ)	0.5 (0.0176개/ℓ)	6,000 (64,600개/㎡·주)	22.2 ±0.14~ ±2.8	45 ±0~ ±6	1.27	층류방식 0.45m/s ±0.1m/s 난류방식 20회/h 이상	1,076~ 1,614
100,000	0.5	100,000 (3,500개/ℓ)	2.5 (0.0884개/ℓ)	30,000 (323,000개/㎡·주)	22.2 ±0.14~ ±2.8	45 ±0~ ±5	1.27	층류방식 0.45m/s ±0.1m/s 난류방식 20회/h 이상	1,076~ 1,614

3.2 청정도에 의한 구역분리¹⁰⁾

병원내를 전부 청결구역으로 하는 것이 이상적이거나 실질적으로는 불합리하고 비경제적인 시설이 된다. 그 때문에 병원내를 청정도에 따라 몇개의 구역으로 나눌 필요

가 있다. 일본의 경우에 병원의 청정구역 구분에 관한 것으로 표8과 같이 일본 병원 설비협회 규격 HEAS-02(병원공조설비의 설계·관리지침)가 1989년 제정되어 권장되고 있다.

표8. 청정도에 의한 구역분리와 환기조건¹⁰⁾

1	2	3	4	5	6	7	8
청정도	구역	실명	최소외기량 회/h	최소전풍량 회/h	실내압의 정부	실내순환기 설치의 부족	최종 필터 의 효율
I	고도청결 구역	총류식 Bio-Clean 수술실	15		P	×	계수법 99.97%
		총류식 Bio-Clean 병실	15		P	×	
II	청결구역 A	수술실, 배반실	5	20	P	×	비색법 90% 이상
		긴급수술실	5	20	P	×	
		청결복도, 세면장, 준비실	5	15	P	×	
		환부조사실	5	20	P	×	
		NICU	5	10	P	×	
		무균계제실	5	15	P	×	
		중앙재료부의 기멸균부	5	15	P	×	
III	청결구역 B	미열아실	3	10	P	×	비율법 80% 이상
		특수병실	2	10	P	×	
		수술부일반구역 (회복실, 강의실 등)	3	10	P	×	
		ICU	3	10	P	×	
		외래수술실	3	10	P	×	
		분만실	4	10	P	×	
		특수검사실	3	10	P	×	
		중앙재료실의 일반구역	3	10	P	×	
		투석실	3	10	P	×	
IV	준청결 구역	병실	2	4	E	○	비색법 60% 이상
		진찰실	2	6	E	○	
		치치실	2	6	E	○	
		조제실	2	6	E	○	
		검사부의 일반구역	3	10	P	○	
		CCU	2	6	E	○	
		통상신생아실	3	10	P	○	
		물리치료실(수치실)	2	6	E	○	
		물리치료실(수치실 이외)	2	6	E	○	
		방사선부의 일반구역	2	10	E	○	
대합실	3	6	E	○			
V	일반구역	사무실	2	6	E	○	비색법 60% 이상
		회의실	2	6	E	○	
		주방		배기20	N	○	
		일반식당	2	6	P	○	
		약국	2	6	E	○	
		연구실(실험설비가 없음)	1.5	4	E	○	
		세탁실		배기20	E	-	
		창고	2	4	E	-	
VI	오염 확산 방지구역	미생물검사실	10		N	×	비색법 60% 이상
		RI검사실	15		N	×	
		감염중 병실	10		N	×	
		중앙재료부의 오염구역	10	배기10	N	×	
		해부실	4	배기10	N	×	
		오물처리실	-		N	×	
VII	오염구역	일반화장실	-	배기10	N	×	
		세탁실	-	배기10	N	×	
		먼지처리실	-	배기10	N	×	

6란의 P는 정압, N은 부압, E는 등압
7란의 ○는 가, ×은 불

가) 고청결구역(청정도 I)

고청결구역은 일반적으로 초청결구역(Ultra Clean Area) 또는 무균구역(Aseptic Area)으로 불리우는 것으로 공기중의 미생물수는 10 cfu/m^3 (0.3 cfu/ft^3) 이하를 표준으로 한다. 이 구역에서는 수직층류 또는 수평층류의 Biological Clean System이 사용된다.

나) 청결구역(청정도 II 및 III)

상기의 청정도 I에 이어서 청정도를 필요로 하는 제실로서, 공기중의 미생물수는 200 cfu/m^3 (6 cfu/ft^3) 이하를 표준으로 한다.

표8에 있어서의 무균제조실은 점적용 약액, 주사액등의 제조를 위한 실로서, 이것은 청정도 IV의 제조실내에 Clean Bench를 이용하여 내부에서 작업을 행하면 청정도 II와 동등한 청정도의 공간으로 할 수가 있다. 청결구역 B는 A보다 약간 청정도를 낮추어도 좋은 실이다. 이종의 특수병실은 감염되기 쉬운 환자등을 수용한다.

다) 준청결구역(청정도 IV)

상기의 청정구역에 비하여 청정도를 완화시켜도 좋은 실로서, 공기중의 미생물은 $200-500 \text{ cfu/m}^3$ ($6-15 \text{ cfu/ft}^3$)를 목표로 한다.

라) 일반구역(청정도 V)

특별히 청정도에 관한 규정을 설정하지

않아도 좋은 실이다.

마) 오염확산 방지구역(청정도 VI)

이들 실은 실내압을 부압으로 유지시켜 실내공기가 실외로 누출되지 않도록 해야 한다. 실내의 청정도에 관하여는 준청결구역(IV) 정도로 생각하여야 할 것이다.

바) 오염구역(청정도 VII)

실내에 분진, 미생물, 악취등을 다량으로 발생하는 실로서 이것들을 실외로 배출하기 위하여 실내공기는 부압으로 유지할 필요가 있다. 실내의 청정도는 일반구역(V) 보다 낮게 생각해도 무방하다.

3.3 Biological Clean 기술의 적용현황

가) 병원에서의 적용범위

현재 병원에서 Biological Clean Room이 적용되고 있는 부문은 표9와 같다. 또 표10은 Biological Clean 수술실에서의 적용분야를 정리한 것이다.

나) Biological Clean 기술의 적용효과

Biological Clean 기술의 적용효과에 관해서는 수술실의 경우에는 그 수술부위 감염율이, 병실의 경우에는 주로 백혈병 치료시의 감염율이 문제가 된다. 이 감염율에 관한 자료를 체계화하기 위하여는 많은 관련 임상실적이 필요하나 현재 발표된 자료는 그다지 많지 않다.

수술실에 대하여는 표11에 나타낸

표9. 병원에서의 BCR 적용장소 및 목적¹¹⁾

구 분	대 상	목 적
수 술 실	일반수술	감염방지
특수수술실	암, 장기이식, 관절치환	고도기술 수술의 감염방지
회 복 실		수술후 감염방지
특 수 병 실	급성백혈병	백혈구 감소에 의한 감염방지
	화상치료	개방치료시 감염치료 회복기간 단축
특 수 병 실	강약치료	강약투여시 저항력 감소에 의한 감염방지
	알레르기성 호흡기질환	청정공기의 요구
신 생 아 실	신생아, 미숙아	저항력이 약함에 따른 감염방지
임 상 실 험	균, 세포조직 배양검사	사육, 번식 연구실의 문균화
무 균 동 물	실험동물	
혈 액 CENTER	혈액, 혈청	잡균의 혼입방지

표10. Biological Clean 수술실에서의 적용분야¹²⁾

분 야	적 용 수 술 내 용
정 형 외 과	인공관절전치환수술(등급 100이 필요) 골·관절수술 (가) 특히 당뇨병 류마치스의 합병증 (나) 구혈대를 사용할 때
심 장 혈 관 외 과	개심술(특히 인공관 치환술) 대용혈관이식술
뇌 외 과	개두술
기타의 장기이식수술	신장이식술

표11. 수술후의 수술부위 감염율(고관절 전치환술)¹⁾

1) Charnle(영국, 라이친튼)

수술실 시스템	년	환기회수 /h	코로나 /유니트/h	수술수	전수술수	감염율 (%)	전감염율 (%)
재래형(개방형)	1959						
전외기공조	1961	-	80~90	190	190	8.9	8.9
플로트 타입 I 정전집진	1962	10	25	108	108	3.7	3.7
플로트 타입 II 밀폐형	1963						
	1964	80	18	1,079	1,079	2.2	2.2
	1965						
	1966			410		1.7	
	1967	300	0(정도한계)	673	1,929	1.9	
Howorth 본격밀폐형	1968			846		0.9	1.5
	1969	300	0(정도한계)	1,039	2,152	0.6	
	1970			1,113		0.5	0.5

2) P. Nelson(미국, 덴버)

월 별	수술수	감염수	감염율	수술실	수술용가운	항생물질
Nov. 69-Mar. 71	131	10	7.6	Reg	Stand	Irreg.
Mar. 71-Feb. 72	319	6	1.0	C. R.	H-A	Irreg.
Feb. 73-Feb. 75	243	0	0	C. R.	H-A	Keflin

H-A : Helmet Aspirator System

Charnley(영국), P. Nelson(미국)의 DATA 가 널리 알려져 있다. 1982년 Whyte 등은 영국내의 19개 병원에서 관절전치환술 (3922건)에 있어서의 수술부위감염율에 대

하여, Biological Clean 수술실과 재래형공조를 행한 수술실과의 비교를 통하여 감염율이 통계상 유의한 것을 증명하였다(표12 참조). 또 백혈병의 치료성적을 비교한 것

을 표13에 나타낸다.

심장혈관 외과수술에 Biological Clean 수술실을 응용했다는 보고는 많지 않으나 Clark에 따르면 이 기술을 심장외과에 적용하여 340건의 개심술을 행한 결과, 1.8%의 감염율을 나타냈다.¹⁵⁾

3.4 병원에 있어서의 공기청정도 측정예 그림4는 동경 및 그 주변에 위치한 병상 수 1000개 전후의 5개의 종합병원에서 광산란식입자계수기 CT208A 및 Reyniers Slit Sampler에 의해 측정된 실측치를 비교한 것이다. 이 결과로 부터 입경 0.5 μ m 이상의

표12. 수술실의 공조방식에 따른 감염율 비교¹³⁾

	재래형공조수술실(C.O.)			Biological Clean 수술실(BCOR)			감염율의 비 CO/BCOR	P-level
	수술실	감염예	감염율	수술실	감염예	감염율		
1) 통상수술가운 사용의 경우	2644	47	2.0	1604	16	1.0	2.0	<0.02 (1.1-3.6)
2) 호흡배제장치사용의 경우	2635	34	1.3	2133	6	0.3	4.5	<0.001 (1.8-11)
3) 1), 2)를 공용한 경우	4133	63	1.5	3922	23	0.6	2.6	<0.001 (1.6-4.2)

표13. 병실에 따른 백혈병 치료성적¹⁴⁾

	증례수	완전회복까지의 평균일수	발열한 일수 (1인당 평균) ³⁾	기록된 감염수 (1인당 평균)	중증 감염수 (1인당 평균)
보통병실	25	40.7	1.0	0.56	0.28* ¹⁾
B C R	11	36.3	0.55	0.18	0.09* ²⁾

*1 총수 7건중 5건이 폐렴균에 의한

*2 총수 1건으로 폐렴균

*3 38°C 이상의 발열이 2일이상 계속된 건수

부유미생물수와 부유미립자수는,

$$Y = 1.28X + 3.351$$

여기서, Y : Log No. of Particles

X : Log cfu/100L

의 관계식으로 나타나고 있다. 또 상관계수는 0.8 정도로 높은 상관을 나타내고 있다.

그림5는 병원내의 각 구역별(청결구역, 준청결구역, 병실관계구역, 외래구역)의 공기청정도를 측정 한 것으로 구역별로 측정치가 군집되어 있는 양상을 나타내고 있다. 특히 Biological Clean 수술실(BCOR)과 일반 수술실은 거의 하나의 군락으로서 청결

구역을 형성하고 있는 것을 알 수 있다. 또 표14는 그림5를 근거로 하여 병원에 있어서의 바람직한 필요 공기청정도를 예측한 것이다.

표15는 한국의 H대학교 부속병원의 15개 부서에서 1985년 6월 8일부터 7월 20일까지, 오후 3시부터 오후 5시까지 RCS Air Sampler를 이용하여 각 장소별로 측정 한 결과이다. 부서별로는 극장에서 1000 cfu/m³ 이상으로 나타났으며 중환자실, 화상환자치료실, 생화학 검사실, 매점 및 혈액은행에서는 500-1000 cfu/m³, 미생물 검사실, 수술실, 의국, 식당, 분만실, 세척실, Harvard Tank Room, 멸균방 및 멸균실에서는 500 cfu/m³ 이하의 집락형성 단위수

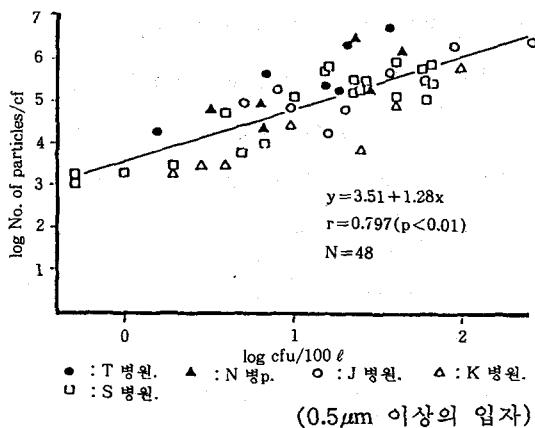


그림4. 부유세균과 부유미립자와의 관계¹⁶⁾

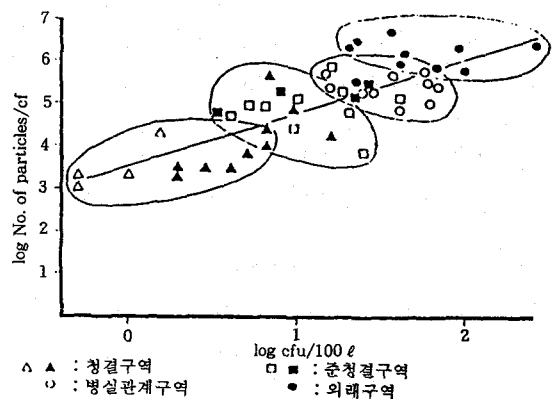


그림5. 병원내의 구역별 청정도 비교¹⁶⁾

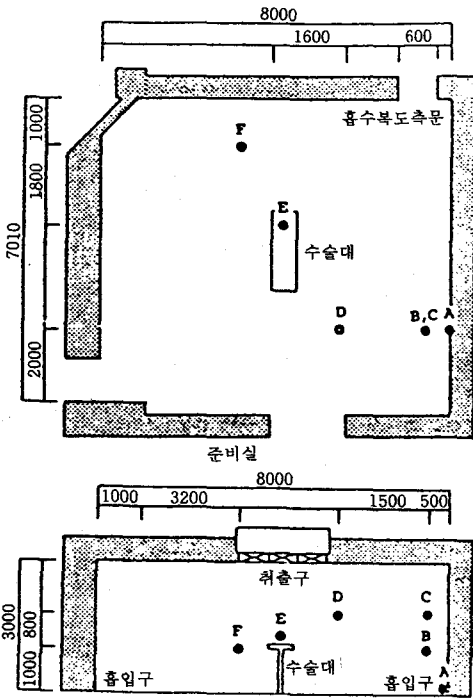


그림6. 수술실 및 측정점의 개요¹⁸⁾

를 나타내고 있다.

그림6과 7은 동경대학 부속병원 뇌외과 전용수술실에서 수술시의 부유미립자농도와 수술실문의 개폐 및 재실자의 상황을 조사한 결과이다. 그림6은 수술실 및 측정점의 개요를, 그림7은 조사결과를 나타내고 있다. 여기서 E'는 측정점 E(수술부위 근방)의 보정치로서 Sampling Tube 재질의 상이함을 고려한 것이다. 도표로부터, 수술개시와 함께 전기메스의 사용에 의해 농도가 약간 상승하나(특히 $0.3\mu\text{m}-1.0\mu\text{m}$ 의 미소입

자), 수술중에는 입자농도 $2000\text{개}/\text{ft}^3$ 정도로 변동이 작은 것을 알 수 있다. 또 이에 관련하여 수술중의 재실자수와 수술실문의 개폐현황을 보면, 재실자는 수술개시시 가장 많고 수술이 진행됨에 따라 줄어들고 있으며, 수술실문의 개폐는 수술중반보다는 전반 또는 후반에 집중되는 경향을 나타내고 있다.

4. 향후의 과제

이상으로 병원에 있어서의 Biological Clean 기술에 관하여 서술하였으나, 이 기술이 병원에 적용되어 그 목적을 달성하기 위하여는 아직도 많은 과제들이 남아 있다고 본다. 그중 주된 것을 간추리면 다음과 같다.

(1) 청정도 측정방법상의 문제점

병원에서의 공기청정도는 부유미립자, 부유세균, 낙하균 등의 측정에 의해 청정도를 평가하고 있으나, 측정원리상의 문제로 어느 것도 절대적인 것은 없고 목적에 따라 측정하는 대상을 선정하고 있기 때문에 측정대상별의 절대적인 비교가 불가능한 것이 현실이다. 예를들면 부유세균의 측정은 청정도를 직접 계측하는 방법이나, 그 측정원리상 순간의 오염농도 변화를 연속적으로 측정하는 것이 불가능하며, 측정자에 의해

표14. 병원에서의 필요 청정도¹⁶⁾

구역	미립자수 > 0.5 μ m/cf	세균수/100 l
청결구역	80,000 >	12 >
준청결구역	250,000 >	30 >
병실관계구역	480,000 >	50 >
외래구역	1,180,000 >	100 >
오염구역	1,180,000 >	100 <

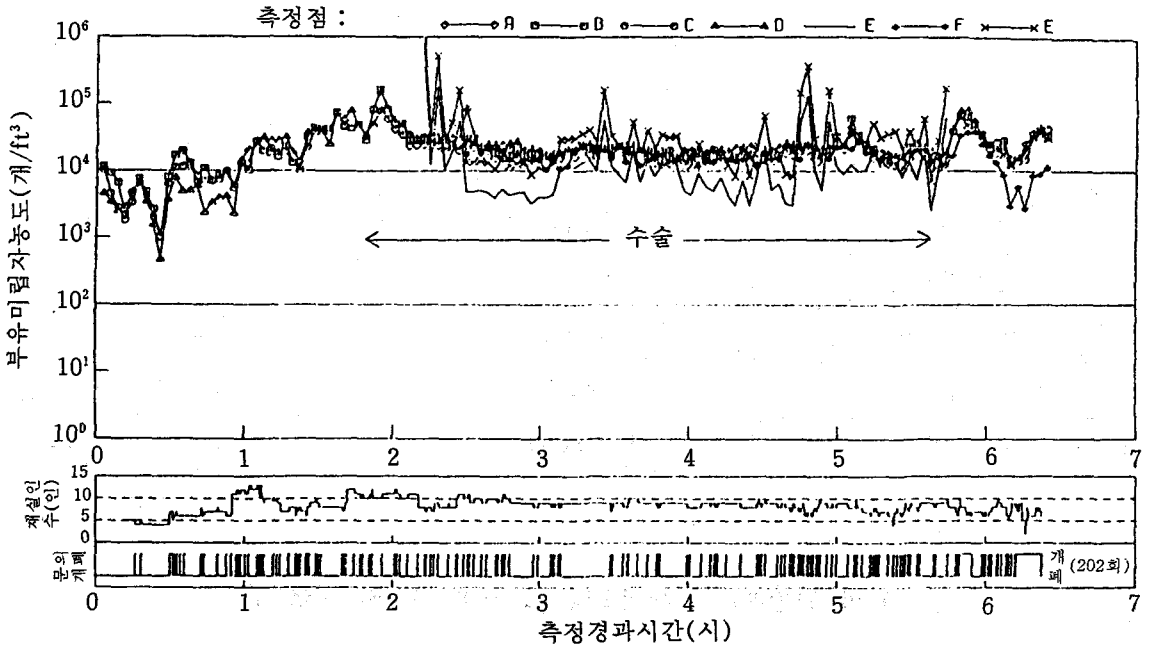
표15. 병원에서의 세균오염농도 (GK-A 배지사용)¹⁷⁾

장소	오염농도(cfu/m ³)	수	오염농도(cfu/m ³)
수술실	6	멸균실	2
미생물	4	식당	2
화상치료실	3	중환자실	2
생화학	2	매점	1
분만실	2	극장	1
의국	2	혈액은행	1
세척실	2	H T R *	1
멸균방	2		

* HTR : Harvard Tank Room

영향받을 가능성이 높다는 결점이 있다. 또한 부유미립자의 측정은 측정자에 의한 영향이 없고 연속측정이 가능하나 부유세균농도를 추측하기 위한 간접적인 방법이다.

향후 Biological Clean Room의 청정도 측정방법을 확립하기 위하여 보다 정량적인 부유세균과 부유미립자와의 상관관계 파악, 또는 무기물입자와 유기물입자의 구별이 가



입경0.5 μ m이상의 부유미립자 농도

그림7. 수술시의 부유미립자농도와 실내상황¹⁸⁾

능한 입자계수기의 개발 등이 필요하리라 생각된다.

(2) Biological Clean 기술의 병원에의 적용 및 운용상의 과제

현재 Biological Clean 기술을 병원에 적용함에 있어서 초기 및 운용경비가 막대히 소요됨으로 설계자 입장에서는 병원의 설계 및 운용면에 있어서 공간의 최적화와 에너지 절약을 통한 경제적인 설계가 되도록 함과 동시에 공기청정의 관점에서 수술실 사용상의 문제점을 파악하여 설계에 반영하여야 할 것이다. 또 사용자측은 개개인이 Biological Clean 기술의 원래의 목적을 이

해하고 사용방법을 충분히 숙지하여 사용에 임하여야 만이 소기의 성과를 기대할 수 있을 것이다. 특히 설계자의 의도가 사용자에게 충분히 전달되지 않거나, 또는 실제 사용자들의 사용현황을 무시한 설계가 되지 않도록 설계에서 운용까지 설계자와 사용자가 충분히 협의하여 결정하는 것이 바람직하리라 생각된다.

<참고문헌>

- 1) 早川 一也 편저 : Biological Clean Room의 설계와 유지관리, 환경제어기

- 술, Soft 기연출판부, pp 571-577, 1986. 3
- 2) 早川 一也 편저 : Biological Clean Room의 설계와 유지관리, 환경제어기술, Soft 기연출판부, pp 3, 1986. 3
- 3) 早川 一也 편저 : 공기조화를 위한 공기청정, Soft Science 1974
- 4) 早川 一也, 저 : Clean Room 井上書院, pp 52, 1985
- 5) (사)일본공기청정협회, 공기청정 HAND BOOK, pp 440, 1981
- 6) 都築正和 : 일본수술부의학회지, Vol. 10, No. 1, pp 3, 1989. 2
- 7) (사)일본공기청정협회, 공기청정 HAND BOOK, pp 62-63, 1981
- 8) Clark. R. E. et al : Use of Vertical Laminer Flow System over Field, Midwest Reasearch Institute, 1971
- 9) NASA Standards for Clean Room and Work Station Requiements Controled Environment NHB 5340. 2
- 10) 일본병원설비협회 : 일본병원설비협회 규격 HEAS-02(병원공조설비와 설계·관리지침), pp 5-6, 1989
- 11) (사)한국냉동공조기술협회 : 냉동공조 기술, Vol. 5, No. 11, pp 55, 1989. 2
- 12) 秋山泰高 : 층류식무균수술실, Vol. 13, No. 1, 1975. 2
- 13) W. Whyte : The results of a multi-centered trial into the effect of ultra clean air in operating rooms, 6th International Symposium of Contamination Control, Tokyo, 1982
- 14) 早川 一也 편저(山田一正) : 공기조화를 위한 공기청정, pp 486, 1974
- 15) Clark, R. E : Larminar flow for a cardiac operating room, AORNJ., May, 1971
- 16) 都築 正和 : 병원내 공기중 미립자의 거동과 대응책, 제5회 과학기술연구토론회논문집, pp 116-119, 1987. 8
- 17) 정낙은 외 5명 : 공기오염측정기(RCS Air Sampler)를 이용한 병원내 공기오염도 측정에 관한 연구, 대한임상병리학회지, Vol. 6, No. 1, pp 118-122, 1989. 2
- 18) 임태빈, 藤井修二 : 병원수술실의 공기청정도 평가에 관한 연구, 일본건축학회논문보고집, 제421호, 1991. 3