

병원 클린룸의 청정관리

지 용 섭
(주) 신성엔지니어링
기술부 / 과장

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(外來) 및 환자가 다른 병원체로부터 감염을 일으킬 수 있는 원내감염(Nosocomial Infection)의 가능성을 항상 갖고 있다.

이와같은 원내감염의 방지대책의 일환으로 Biological Clean (이하 Bio-Clean으로 약한다)기술이 관심을 모으고 있고, 현재 이 기술의 적용은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 하나는 병원내에서 최고의 청정한 공기환경을 필요로 하는 수술실에 대해서고, 또 다른 하나는 급성백혈병 환자등, 감염에 대해서 저항력이 없는 환자를 감염으로부터 지키기 위한 무균병실에 대한 적용이다.

Biological Clean 수술실(이하, BCOR이라 칭한다)의 감염방지에 대한 유효성에 대해 Charnley(1969)가 증명한 이래 BCOR의 유효

성을 제시한 자료가 개별적으로 발표되어 왔으나, 대규모로 자료수집에 의한 검토는 거의 없었다.

그러나 최근 Lidwell은 영국과 스웨덴의 19개 병원으로부터 모은 8052예의 수술기록은 상세히 검토한 결과 Ultraclean Air 수술실(BCOR)에서 행한 수술의 수술후 감염율이 Conventional air 수술실에서 행한 경우에 비해 2분의 1로 감소되었고, 또한 Body Exhant suits을 적용한 경우에는 4.5분의 1로 감소되는 것이 보고 되었다.

최근 국내에 서울대학병원의 내과 격리병동에도 무균병실이 설치되어 백혈병의 치료에 효과를 나타내고 있다.

그러나 BCOR 또는 무균병실을 언제나 유효하게 사용하기 위해서는, 정상시의 적절한 보수 유지가 필요하게 된다. BCOR의 점검 또는 보수관리는 i) 공기청정관리 ii)기술력, 기구적 관리의 두개로 대별할 수 있고, 무균병실의 경우에는 i)병실환경의 청정도 점검 ii)유지관리로 구별하여 생각할 수 있다.

이하에서는 먼저 BCR의 기본개념중 감염, Bio-Clean의 적용 및 효과, 청정규격, 적용등

에 대해 설명하고, 공기청정도 관리의 향으로 공기청정도의 측정방법과, BCOR과 무균병실의 사용법, 그리고 무균병실의 청정도 유지를 위한 소독법, 청정도, 측정법에 대해서 설명하고 다음 기술적, 기구적관리의 향으로 평상시의 점검항목과 점검방법을 설명하기로 한다.

2. Bio-Clean의 기본개념

2.1 감염의 원인

병원내에서 환자의 감염이 문제가 되는 경우가 많이 있으나, 가장 전형적인 것은 수술시의 감염일 것이다. 물론 그 밖에도 I.C.U., 병동, 외래등에 있어서도, 환자에게 감염을 발생시키는 원인은 여러가지 존재한다. 감염원인을 경로별로 크게 나누면 표1과 같이 외인성감염(교차감염)과 내인성감염(자기감염)으로 나눌 수 있다. 내인성감염 이라는 것은 환자의 체내에 있는 세균(감염원)이 체내의 다른 부위에 감염을 발생시키는 것으로 수술부위를 감염시키는 경우등이 전형적인 예이다. 외인성감염은 접촉에 의한 감염이 대부분이라고 생각되고 있으나 공기중의 미생물(세균)이 수술부위 및 다른곳에 낙하 또는 비산하여 감염을 일으킬 수도 있다.

표 1

외인성감염 (교차감염)	접촉~의료종사자의 손등 공기~부유세균, 낙하세균, 비말 외래물건~면회인, 끈충등
내인성감염 - 환자 체내의 감염원 (자기감염)	

2.1.1 감염에 관여하는 세균수

수술후의 감염발생에 필요한 세균수는 수술부위, 환자의 중병도, 전신상태, 수술의 종류등에 따라 큰 차이가 있으나, 일반적으로는 정상조직의 경우에는 국부적으로 $10^6 \sim 10^7$ 개의 세균이 없으면 감염은 발생되지 않는다고 한다.

한편, 수술부위에 있는 세균수는 통상 10^2 개 이하이기 때문에 의혈, 부종, 혈행부전, 이물의 존재, 전신의 감염에 대한 저항력 약화등의 조건이 없으면 감염이 발생하기 어렵다.

2.1.2 공기중의 세균에 의한 감염

의학의 발달에 따라 고도의 의료기술을 필요로하는 뇌, 심장등의 이식수술, 성형외과수술등이 행하여 지고 있으나, 이들 수술은 절개부위가 크고 수술시간도 길어짐에 따라 부유하는 각종세균이 수술부위에 침입하여 수술중 감염을 발생시킬 가능성이 있다.

공기중의 세균에 의해 어느정도 감염이 발생하는가에 관하여는 아직 확실한 정설은 없다. 이 관계를 조사하여 정확한 통계수치를 낸다고 하는 것은 상당히 어려워, 현재까지 그렇게 많이 보고되어 있지도 않으며, 보고자에 따라 2~25% 정도의 차이를 나타내고 있는 실정이다.

2.2 Bio-Clean 기술의 목적

Bio-Clean 기술은 앞에서 설명한 감염중, 공기를 매개로 하여 발생하는 감염을 제어하려고 하는 것이다. 즉, 이 기술은 공기중의 세균(Air-borne-Bacteria)을 감소시키므로써 병원에 수용된 환자, 수술중 환자의 감염을 감소시키는 것을 목적으로 하고 있다 이

Bio-Clean 기술은 그 밖에 병원에 있어서의 환경관리 (수술실, 병실등), 약품공정 (무균제조실), 식품공정, 동물실험시설, (무균동물사육시설)등에 응용되고 있다.

Bio-Clean의 개념은 원래 클린룸의 개념을 병원내에 응용하려고 하는 것이다. 즉, 클린룸의 주된목적은 공기중의 부유미립자의 양을 일정수준으로 제어하는 것이고, Bio-Clean Room은 공기중의 미생물 (세균)의 양을 일정수준으로 제어하는 것이다. 이 두가지 개념은 전혀 별개의 것으로 생각되나, 일반적으로 부유세균은 단독으로 공기중에 부유하는 것이 아니라 보유미립자에 부착되어 함께 부유하는 것으로 알려져 있어 제거기술에 있어 공통된 부분이 많고, 어느면에서 클린룸의 개념에 생물학적 규제를 첨가한 것이 Bio-Clean 기술이라고 해도 좋을 것이다.

2.3 Bio-Clean의 적용 및 효과

2.3.1 Bio-Clean Room의 공기청정기준

Bio-Clean Room의 공기청정도의 기준은 표 2와 같이 NASA에 의한 규격이 일반적으로 이용되고 있다. 이 규격은 클린룸의 기준으로 유명한 Fed-Std-209A (후에 209B, 209C, 209D로 개정)의 기준에 생물학적 인자를 포함시킨 것이다.

이 기준은 아폴로계획 당시의 기준으로서 면역반응이 전혀 없는 인간을 감염으로부터 방어하기 위한 기준으로서 고안되어 계산된 수치이며 (Class 100), 이것을 그대로 적용하기에는 많은 검토가 필요하다. 그러나 병원내에 있어서의 공기청정도 기준을 정하는 데에는, 감염율과에 관계에 관하여 더욱 많은 자료의 축적이 필요하며 미국, 일본에 있어서도 아직

병원에서의 기준치는 작성되어 있지 않은 상태이다.

2.3.2 청정도에 의한 구성분리

병원내를 전부 청결구역으로 하는 것이 이상적이나 실질적으로는 불합리하고 비경제적인 시설이 된다. 그 때문에 병원내를 청정도에 따라 몇개의 구역으로 나눌 필요가 있다. 일본의 경우에 병원의 청정구역 구분에 관한 것으로 표 2와 같이 일본 병원설비협회 규격 HEAS-02 (병원 공조설비의 설계 관리지침)가 1989년 제정되어 권장되고 있다.

(1) 고청결구역 (청정도 I)

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

(2) 청결구역 (청정도 II 및 청정도 III)

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

표 3에 있어서의 무균제조실은 점적용약액, 주사액등의 제조를 위한 실로서, 이것은 청정도 IV의 제조실내에 클린 벤치를 이용하여 내부에서 작업을 행하면 청정도 II와 동등한 청정도의 공간으로 할 수가 있다. 청결구역 B는 A보다 약간 청정도를 낮추어도 좋은 실이다. 이중의 특수병실은 감염되기 쉬운 환자들을 수용한다.

(3) 준청결구역 (청정도 IV)

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

표 2 NASA규격 NHB5340.2의 개요

CLEAN ROOM CLASS	부유미립자수		생육가능한 생물 입자수 (개/ft ³)	낙하생물의 평균 입자수 (개/ft ³ .주)	권 장 온 도	권 장 습 도	압력차 (mmAq)	기 류	조 도 (Lx)
	입 경 (μm 이상)	누 적 입자수 (개/ft ³)			(°C)	(%)			
100	0.5	100	0.1 (0.0035 개/ℓ)	1,200 (12,900개 /m ³ 주)	22.2 ±0.14 ~±2.8	45 ±0~ ±5	1.27	총류방식 0.45m/s ±0.1m/s 난류방식 20회/h 이상.	1,076 ~1,614
		(35 개 /ℓ)							
10,000	0.5	10,000	0.5 (0.0176 개/ℓ)	6,000 (64,600개 /m ³ 주)	22.2 ± 0.14 ~±2.8	45 ±0~ ±6	1.27	총류방식 0.45m/s ±0.1m/s 난류방식 20회/h 이상	1,076 ~1,614
		(350개 /ℓ)							
100,000	0.5	100000	25 (0.0884 개/ℓ)	30,000 (323000 개/m ³ 주)	22.2 ± 0.14 ~±2.8	45 ±0~ ±5	1.27	총류방식 0.45m/s ±0.1m/s 난류방식 20회/h 이상	1,076 ~1,614
		(3500 개/ℓ)							
		700 (25개 /ℓ)							

(4) 일반구역 (청정도 V)

특별히 청정도에 관한 규정을 설정하지 않아도 좋은 실이다.

(5) 오염확산 방지구역 (청정도 VI)

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

(6) 오염구역 (청정도VII)

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

표 3 청정도에 의한 구역분리와 환경조건

1	2	3	4	5	6	7	8
청정도	구역	실명	최소 외기량 회/h	최소 전풍량 회/h	실내 압의 정부	실내순환 기기설치 의 부족	최종 필터의 효율
I	고도청결 구역	총류식 Bio-Clean수술실 총류식 Bio-Clean병실	15 15		p p	× ×	계수법 99.97%
II	청결구역 A	수술실, 배반실 긴급수술실 청결복도, 세면장, 준비실 환부조사실 NICU 무균제제실 중앙재료부의 기멸균부	5 5 5 5 5 5 5	20 20 15 20 10 15 15	p p p p p p p	× × × × × × ×	비색법 90% 이상
III	청결구역 B	미열아실 특수병실 수술부일반구역 (회복실, 강의실등) ICU 외래수술실 분만실 특수검사실 중앙재료실의 일반구역 투석실	3 2 3 3 3 4 3 3 3	10 10 10 10 10 10 10 10 10	p p p p p p p p p	× × × × × × × × ×	비읍법 80% 이상

1	2	3	4	5	6	7	8
IV	준청결 구역	병실	2	4	E	○	비색법 60% 이상
		진찰실	2	6	E	○	
		처치실	2	6	E	○	
		조제실	2	6	P	○	
		검사부의 일반구역	2	10	E	○	
		OCU	2	6	E	○	
		통상신생아실	2	10	P	○	
		물리치료실 (수치실)	2	6	E	○	
		물리치료실 (수치실외)	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	오염확산 방지구역	미생물검사실	10		N	×	비색법 60% 이상
		RI검사실	15		N	×	
		감염증 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	×	

2.3.3. Bio-Clean 기술의 적용현황

(1) 병원에서의 적용범위

현재 병원에서 Bio-Clean Room이 적용되

고 있는 부문은 표 4와 같다. 또 표 5는 Bio-Clean 수술실에서의 적용분야를 정리한 것이다.

표 4 병원에서의 BCR 적용장소 및 목적

구 분	대 상	목 적
수 술 실	일반수술	감염방지
특 수 수 술 실	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 무균화
무 균 동 물	실험동물	
혈 액 CENTER	혈액, 혈청	잡균의 혼입방지

표 5 Bio-Clean 수술실에서의 적용분야

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
심장혈관 외과	개심술 (특히 인공판 치환술) 대응혈관이식술
뇌 외 과	개두술
기타 장기이식수술	신장이식술

(2) Bio-Clean 기술의 적용효과

Biological Clean기술의 적용효과에 관해서는 수술실의 경우에는 그 수술부위 감염율이 병실의 경우에는 주로 백혈병 치료시기의 감염율이 문제가 된다.

이 감염율에 관한 자료를 체계화하기 위하여는 많은 관련 임상실적이 필요하나 앞에서 언급한 바와같이 현재 발표된 자료는 그다지 많지 않다.

수술실에 대하여는 표 6에 나타난 Charnley (영국), P.Nelson(미국)의 데이터가 널리 알려져 있다. 1982년 Whyte 등은 영국내의 19개 병원에서 고관절 전치환수술 (3922건)에 있어서의 수술창감염율에 대하여, Bio-Clean 수술실과 재래형공조를 행한 수술실과의 비교를 통하여 감염율이 통계상 유의한 것을 증명하였다. (표 7참조). 또 백혈병의 치료성적을 비교한 것을 표 8에 나타낸다.

표 6 수술후의 심부창 감염율(고관절 전치환술)

① Charnley

수술실 시스템	년	환기회수 /h	코로니/유니트/h	수술수	전 수술 수	감염율 (%)	전감염율 (%)
재래형 (개방형)	1959						
전외기공조	1961	-	80~90	190	190	8.9	8.9
플로트타입I 정전집전	1962	10	25	108	108	3.7	3.7
	1963						
플로트타입II 밀폐형	1964	80	18	1,079	1,079	2.2	2.2
	1965						
	1966			410		1.7	
Howorth 본격 밀폐형	1967	300	0 (정도한계)	673	1,929	1.9	
	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	수술시	수술용 가운	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.
Fed. 73-Feb. 75	243	0	0	C.R.	H-A	Keflin

H-A : Helmet Aspirator System

표 7 수술실의 공조방식에 따른 감염율 비교

	재래형공조수술실 (C.O.)			Biological Clean 수술실			감염율 비율 CO/BCOR	P-Level
	수술실	감염예	감염율	수술실	감염예	감염율		
1)통상수술가운 사용의 경우	2,644	47	2.0	1,604	16	1.0	2.0	<0.02 (1.1-3.6)
2)호흡배제장치 사용의 경우	2,635	34	1.3	2,133	6	0.3	4.5	<0.001 (1.8-11)
3)1),2)를 공 용한 경우	4,133	63	1.5	3,922	23	0.6	2.6	<0.001 (1.6-4.2)

표 8 병실에 따른 백혈병 치료성적

	총례수	완전회복까지의 평균일수	발열한 일수 (1인당평균) ³	기록된 감염수 (1인당 평균)	중증감염수 (1인당 평균)
보통병실	25	40.7	1.0	1.56	0.28 ¹
BCR	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

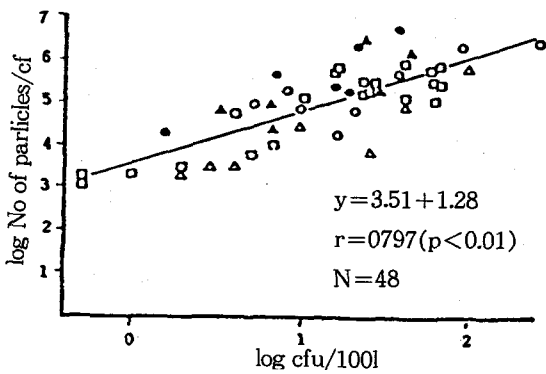
심장혈관 외과수술에 Biological Clean 수술실을 응용했다는 보고는 많지 않으나 Clark에 따르면 이 기술을 심장의과에 적용하여 340건의 개심술을 행한 결과, 1.8%의 감염율을 나타냈다.

2.3.4 병원에 있어서의 공기청정도 측정예

그림 1은 동경 및 그 주변에 위치한 병상수 1,000개 전후의 5개의 종합병원에서 광산란식 입자계수기 CT208A 및 Reyniers Slit Sampler에 의해 측정된 실측치를 비교한 것이다. 이 결과로부터 입경 0.5µm이상의 부유미생물수와 부유미립자수는, $Y=1.28X+3$.

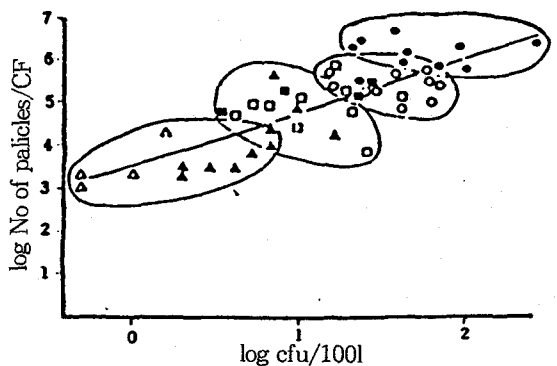
351 (여기서, Y:Log No. of Particles, X:Log cfu/100L)의 관계식으로 나타나고 있다 또 상관계수는 0.8정도로 높은 상관관을 나타내고 있다.

그림 1은 병원내의 각 구역별 (청결구역, 준청결구역, 병실관계구역, 외래환영구역)의 공기청정도를 측정한 것으로 구역별로 측정치가 균집되어 있는 양상을 나타내고 있다. 특히 Biological Clean 수술실 (BCOR)과 일반수술실은 거의 하나의 군락으로서 청결구역을 형성하고 있는 것을 알 수 있다. 또 표 9는 그림 1을 근거로 하여 병원에 있어서의 바람직한 필요 공기청정도를 예측한 것이다.



○:T병원 ▲:N병원 o:J병원 △:k병원 □:S병원

그림 1. 부유세균과 부유미립자와의 관계



△:청결구역 □:준청결구역
○:병실관계구역 ●:외래구역

그림 2. 병원내의 구역별 청정도 비교

표 9 병원에서의 필요 청정도

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<

표 10은 한국 H대학교 부속병원의 15개부서에서 1985년 6월 8일부터 7월 20일까지, 오후 3시부터 오후 5시까지 RCS Air Sampler를 이용하여 각 장소별로 측정된 결과이다. 부서별로는 극장에서 1,000 cfu/m³ 이상으로 나타났으며 중환자실, 화상환자치료실, 생화학 검사

실, 매점 및 혈액은행에서는 500~1,000cfu/m³, 미생물 검사실, 수술실, 외국, 식당, 분만실, 세척실, Harvard Tank Room, 멸균방 및 멸균실에서는 500cfu/m³ 이하의 집락형성 단위수 (cfu)를 나타내고 있다.

표 10 병원에서의 세균오염농도 (cfu/m³, GK-A배지사용)

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
외국	2	혈액은행	1
세척실	2	HTR*	1
멸균방	2		

* HTR.: Harvard Tank Room

3. Bio-Clean의 청정관리

3.1 공기청정도의 측정법

병원에서는 일반적으로 부유 또는 낙하된 미생물 및 미립자를 측정함으로써 공기청정도를 평가하고 있다. 여기서는 측정위치, 미

생물 미립자의 농도, 표시방법 및 포집원리와 부유미립자와 부유미생물간의 상관관계에 관하여 간단히 서술하고자 한다.

3.1.1 측정위치

BCOR에 있어서 수술중의 공기청정도를 측

정하는 경우, 일반수술실과 달리, 측정위치에 따라 공기중 부유분진수 또는 공기중 부유미생물수는 현저히 다르다. 종례수술대 근처에서 측정가능한 경우를 제외하고 측정위치를 결정하는 것은 상당히 곤란하다. 일본 의과기학회 Bio-Clean Room 규격조사 위원회가 제작한 "Bio-C/R수술실 사용지침서"에 의하면 청정도의 측정은 "실내의 중요한 점을 1점이상 선택해 그점에서 공기중의 미립자 혹은 미생물의 수를 측정한다"고 되어 있다. 또 동학회에 의한 Bio-Clean병실의 사용지침에 의하면, "실내의 중요한 점을 수정이상 선택해, 공기중 미립자의 수 또는 미생물수를 측정한다"고 되어 있다.

그러나 이것들은 공조의 효율시험의 의미이고, 사용중의 청정도 측정을 의미하지는 않는다. BCOR의 수술중에 있어서 공기청정도를 측정하는 경우 수술대 부근에서 측정하는 것이 원칙이라고 생각하나 수술과의 관계도 있어 반드시, 측정이 가능한 것은 아니다.

그러나, 수술대 근처에서의 측정이 불가능할 경우, 수평층류식이라면, 수술대의 기류방향측끝 약 1M의 위치에서 측정하는 것이 좋다. 수직층류식의 경우는 측정위치를 결정하기가 매우 어려우나, 일단 수술대로부터 1M의 위치에서 측정하는 것이 가능하나, 반드시 수술환경의 공기청정도를 제시한다고 생각할 수 없다.

3.1.2 부유미생물의 측정법

수술실에 있어서 공기청정도를 생각하는 경우 수술후 감염률과 관련해서 최고의 중요한 것은 공기중 부유미생물의 측정이다.

미생물의 측정은 그 포집과 배양이 기본으로 되어 있다. 공기중의 미생물포집 방법으로

서는 일정량의 공기를 흡인하여 세균을 살균수로 포집하고 일정조건에서 배양하여 생긴 세균의 집락형성 단위수(cfu:colony forming unit)를 계측하여 단위체적중의 개수 (개/L, cfu/ft³)로 나타내는 방법과 측정을 행하는 환경속에 평판배지를 일정시간 폭로한 후 발생된 미생물 집락수를 계측하여 단위시간 사이로 단위 면적에 낙하하는 개수 (개/cm².min, cfu/cm².min)로 나타내는 방법이 있다. 보유미생물 측정법은 포집하는 원리(충돌, 여과, 정전기, 온도차, 원심력등)에 따라 표 11과 같이 구분된다. 또 미생물은 종류에 따라 생육조건이 표 12와 같이 각각 다르다. 일반적으로 광활한식 미립자계의 Climet CT 280A 또는 KC-01등의 측정 기기등이 사용되고 있다.

3.1.3 보유미립자의 측정방법

실내공간에 부유하는 미립자의 농도표시 방법은, 일본공업규격(JIS Z8813, 부유분진농도 측정방법 통칙)에 따르면 계수법(개수법), 중량법(질량법), 상대농도표시법등이 있다. 계수법은 입도분포 파악이 가능한 이점이 있는 반면 중량법은 대입경의 영향이 크고(중량은 직경의 3승에 비례), 더우기 측정대상 공간의 입도분포 파악이 곤란하다. 또 상대농도 표시법은 주로 중량농도로 환산한 상태로 농도를 표시하기 때문에 마찬가지로 문제점을 가지고 있다.

보유미립자의 측정 방법에는 현재 절대적인 것은 없고 측정치에 대하여 각각의 측정기의 특성을 고려하지 않으면 안된다. 보유미립자 측정법은 일본의 경우 일본공업규격 JIS Z8813(부유분진농도 측정방법 통칙) 및 JIS B9920(클린룸내에 있어서의 보유미립자

표 11 부유미생물의 측정법

포집원리	측정법	실례
낙하법	평판 한천배기 페트리접시 개방 원통카바 스테인레스 동판법 글라스 슬라이드법	Koch법 NHB 5340.1
충돌	스릿트법 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.

표 12 미생물의 배양조건

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

의 농도측정 방법 및 클린룸의 공기청정도 평가방법)이 있다. 측정은 수술전 30분부터 수술후 30분까지, 또는 수술시작부터 종료시까지 연속적으로 행한다.

3.1.4 병원에 있어서의 부유미생물과 보유미립자의 관계

앞서 언급한 바와 같이 일반적으로 공기중의 미립미생물은 단독으로 부유치 않고 미립자에 부착하여 공기중을 부유한다고 말하고 있으며, 양자의 상관성에 관하여 여러가지 검토가 행하여지고 있다. 그림 3은 입경 5 μ m 이상의 부유미립자와 보유세균과의 관계를 나타낸 것으로 어느 정도의 범위내에서 서로 상관관계가 있는 것을 알 수 있다.

각종 병원 BCOR의 공기청정도의 측정결과에 대한 예가 표13, 그림 4에서 제시하고 있다.

표 13 은 BCOR에 있어서 정형외과의 고관절전치환 수술중의 공기중 부유미생물을 측정된 결과이다.

각각 5~6회 측정치의 평균치이며, 수직층

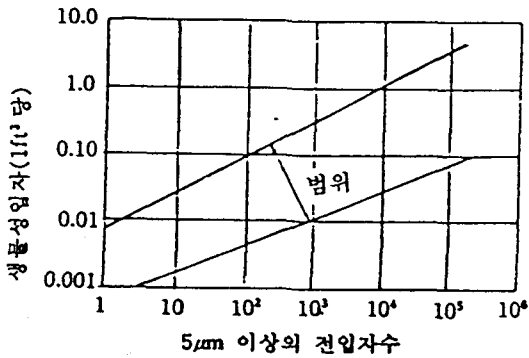


그림 3. 부유세균과 부유미립자와의 관계

류형 BOCR의 수술대 근처에 있어서 측정치의 평균치는 0.4~0.5cfu/100 l 이고, 이것을 NASA의 청정도 규격에 의하면, CLASS100 ~1000에 상당하고 있다.

그림 4는 수평층류식 BOCR에 있어서 정복 수술중의 공기 부유분진수와 공기중의 부유

표 13 각종병원 BOCR의 공기청정도 측정

병원	BOCR	공기부유세균수(/100)	측정장소
T	수평층류형	4.9±3.3	수술대하류측
S1	수직층류형	0.4±0.6	수술대부근
S2	수직층류형	0.3±0.5	수술대부근
S3	수직층류형	0.6±0.9	수술대부근

미생물수를 수술대 기류방향 끝측에서 연속적으로 측정한 결과이다.

공기중 부유분진수와 공기중 부유미생물수가 비교적 상관하고 있는 예이다.

3.2 Bio-Clean 수술실과 병실의 사용지침

최신 설비가 있어도 그 사용법을 모르면 효과를 그다지 기대할 수 없다. 병원에 설치

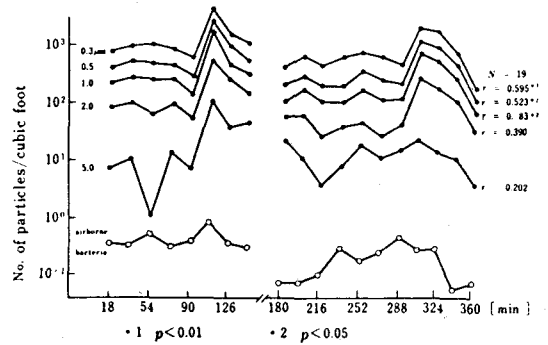


그림 4. 수평층류식 BOCR의 분진량과 발균량의 관계

된 BOCR을 정확하게 사용하기 위한 안내로서 일본 의과기기학회 학술부 Bio-Clean규격 조사 위원회가 제작한 “Bio-Clean수술실 사용지침”이 있다.

이것은 (1) 수술환자의 처치 (2) 수술단(수술자, 조수, 직접보조간호원) (3) 수술단 이외의 입실(마취의, 간접보조간호원, 기술원, 견학자, X선기사, 기타) (4) 기기배치 (5) 수술실의 청정화 (6) 공조설비의 운전과 보수의 6개항으로 나누어져 있고, 각각 항목에 대해서 소항목을 두고 보통 BOCR을 사용하는 실제의, 사용법과 주의점을 상세히 서술되어 있다. 또, 무균병실에 대해서도 동일하게 일본 의과기기학회에 의한 “Bio-Clean 사용지침”이 있다.

이것은 (1) 적용이 되는 환자 (2) 의사 간호원의 주의사항 (3) 입실제한(4) 환자의 접근 (5) 환자의 처치 (6) 환자의 정신위생 (7) 실내의 설비와 기기 (8) 실내와 물품의 소독멸균 (9) 공조설비에 운전과 보수의 9개 항목에 걸쳐 사용법이 서술되어 있다.

3.3 무균병실의 청정도 관리

3.3.1 무균병실의 소독

무균병실은 수술시에만 사용되는 BCOR과 달리 면역력이 저하된 환자가 장기적으로 생활하는 장소이기 때문에 병실내의 청정도 관리가 중요하다. 무균병실의 소독은 환자가 퇴원후 또는 병실 오염시에 행한다. 무균병실의 소독법으로서, 배기장치가 있는 경우는 호르말린, 산화에틸렌, 오존, 과초산등에 의한 가스소독을, 또는 배기장치가 없는 경우는 그롤헤기시진에 의한 분무소독이 있다.

3.3.2 환자와 물건의 청정도 관리

무균병실을 청정하게 유지하기 위하여 밖으로 부터의 미생물에 인입을 가능한한 적게 할 필요가 있다.

입실전의 환자는 약 1주일 전부터 적절한 항생제에 의한 장내소독, 항생제 또는 소독제에 의한 구강내 소독과 항생제의 네부라이사에 의한 기도내 소독을 해야 하고, 가능한 무

균의 상태로 근접시키고, 입실후에는 그롤헤기시진 목욕과 그롤헤기시진이 들은 크린도포등을 행하여 청결상태를 유지한다.

무균병실에 들어가는 각종 물건은 모두 멸균 또는 청소를 행할 필요가 있다. 무균병실에서 생활하는데 필요한 각종 물품의 멸균법과 소독법을 정리한 결과의 예가 표 14이다.

3.4 기술적 기구적 관리

기술적 기구적 점검보수관리에 대해서는 보통 Bio-Clean Room사용시의 단순한 체크사항을 제외한 통상은 전문가에 의뢰할 필요가 있다(예를들면 병원전속 부수요원등) “Bio-Clean수술실 사용지침”과 “Bio-Clean 병실사용 지침”을 참고로 추천한다.

3.4.1 설비의 정기적 점검

BCOR의 정기적 점검에 필요한 항목을 보면 (1) Pre Filter의 점검 (2) Hepa Filter의 점검 (3) 공조기의 점검 (4) 풍량의 점검 (5) 풍속과 압력측정등이 있다.

Per Filter는 고가의 Hepa Filter의 수명을 연장하기 위해서 Hepa Filter전에 설치하고, 외기 및 재순환 공기의 먼지를 제거한다. 따라서 쉽게 오염되기 쉽다. 적어도 월 1회의 점검이 필요하고 오염이 심한 경우에는 재생 또는 교환한다. Hepa Filter는 설치후 6~12개월이 되면 리크가 생기기 쉽기 때문에 적어도 연2회 점검과 효율 시험을 행할 필요가 있다.

공조기는 전문가에 의한 점검과 필요부품의 교체 또는 청소등을 연1회 행해야 한다.

풍량의 조정은 팬벨트 늘어짐, Hepa Filter 막힘 등의 원인으로 인하여 생기는 풍량의 저하를 점검하기 위해서 연3회 이상 Hepa

표 14 생활에 필요한 물품의 멸균법과 소독법

무 균 실	오존 호르말린 가스
하 착 류 종 이 컵 지 혈 류 종이기저귀	에틸렌지오기사이드가스 멸균
신 문 지	오토그레브
글, 사 과	그롤헤기시진
패 스 박 스	스프레이 { 알긴폴리에치렌 폴리아미노카르본산
가 굴 A * 1	여과멸균
식 염	건열멸균
슬 리 퍼	적외선등

*1구강소독의 원액

Filter면의 대표점에서 풍속을 측정한다. 현저한 저하가 있을 때에는 원인을 검토해서 조정한다. 또한 연1회 정도는 전문가에 의한 정확한 풍량의 측정과 조정이 필요하고, 이 풍량에 의해서 Hepa Filter의 교환시기를 결정한다.

동일하게 연1회 정도의 전문가에 의한 BCOR층류구역내의 적정풍속치의 확인과 실내, 외의 차압측정으로 BCOR내의 양압유지 확인이 필요하다.

이상은 BCOR에 대해서이지만, 무균병실에 대해서도 거의 동일하게 실시한다.

3.4.2 설비의 유지관리

BCOR의 경우 수술전, 수술중, 수술후 비사용시등으로 나누어 유지관리가 필요하다. 수술전에는 통상 수술시작 약 30분전에 공조기의 운전을 시작하고, 다음으로 실내의 청정조건을 간단한 방법을 이용해 풍속, 실내압, 온도습도등을 점검한다. 또한 무형등의 소독제에 의한 청소가 필요할 경우는 이것을 행한다.

수술중에는 환자의 처치, 입실자의 복장, 행동과 기기의 배치등에 대한 "Bio-Clean수술지침"을 기준으로 처치한다.

수술종료후에는 실내의 청소를 행한후 수술실내가 무인 상태이므로 공조기의 운전을 정지한다.

수술실의 오염에 대한 의심이 있는 경우는 소독제에 의한 소독을 행한다. BCOR과 무균병실에 비사용시의 점검은 주로 공조기에 있고, 일반의 공조기와 같이 송풍기, 펜벨트의 점검, 내부의 오염상태에 점검등을 매주 행한다.

또한 공기중 부유분진수와 부유미생물수를 측정하기 위해 공기청정도의 점검을 행하

야 한다.

4. 결론

병원에 있어서의 Bio-Clean기술 기본개념, 청정관리 및 성능평가에 대하여 서술하였으나, 병원에 적용되어 그 목적을 달성하기 위하여는 보다 많은 노력과 함께, 의학의 전보를 예측하고 장래에도 충분히 제기능을 발휘할 수 있는 검토연구가 함께 필요하다. 문제점을 간추리면 다음과 같다.

4.1 Bio-Clean기술의 병원에의 적용 및 운용상의 과제

Bio-Clean설비는 알고 있는바와 같이 설비 및 운용경비가 막대히 소요된다. 그리고, 이런 시설이 있다해도 청정한 환경이 스스로 만들어지는 것이 아니고, 사용법에 관한 충분한 숙지와 보수관리가 있어야 한다.

또한 설계자 입장에서는 병원의 설계 및 운용면에 있어서 공간의 최적화와 에너지 절약을 통한 경제적인 설계가 되도록 함과 동시에 공기청정의 관점에서 수술실 사용상의 문제점을 파악하여 설계에 반영해야 할 것이다. 또 사용자측은 개개인이 Bio-Clean기술의 원래의 목적을 이해하고 사용방법을 충분히 숙지하여 사용에 임하여야만이 소기의 성과를 기대할 수 있는 것이다.

4.2 청정도 측정방법상의 문제점

병원에서의 공기청정도는 부유미립자, 부유세균, 낙하균등의 측정에 의해 청정도를 평가하고 있으나, 측정원리상의 문제로 어느것도 절대적인 것은 없고 목적에 따라 측정하는 대상을 선정하고 있기 때문에 측정대상별의 절대적인 비교가 불가능한 것이 현실이다. 예

를들면 부유세균의 측정은 청정도를 직접 계측하는 방법이나, 그 측정원리상 순간의 오염농도 변화를 연속적으로 측정하는 것이 불가능하며, 측정자에 의해 영향받을 가능성이 높다는 결점이 있다. 또한 부유미립자의 측정은 측정자에 의한 영향이 없고 연속측정이 가능하나 부유세균농도를 추측하기 위한 간접적인 방법이다.

향후 Bio-Clean Room의 청정도 측정방법을 확립하기 위하여, 보다 정량적인 부유세균과 부유미립자와의 상관관계 파악, 또는 무기물입자와 유기물입자의 구별이 가능한 입자계수기의 개발등이 필요하리라 생각한다.

- 참고 문헌 -

1. 都築正和 高稿泰子, 1989, "Biological Clean Room의 보수관리"Clean Room Hand Book. 사단법인 일본공기청정학회편, pp. 638~645.
2. (주) 環境企劃, 1984, "Clean Room의 설계. 시공"실무 MANUAL과 실예집, pp. V-1~V-70
3. 병원설비총람 편집위원회(일본), 1981, "병원용 Bio-Clean설비"병원설비총람 산업조사회출판, pp.359~378.
4. 양경도, 1989, "병원수술실의 실내 공조환경"

뉴스

내년 科技예산增額 "감질"

7천억규모 편성...13.8%그쳐

「G7」등 개발事業차질 불가피

정부의 과학기술예산 대폭 증액방침 발표에도 불구하고 내년도 과학기술예산 증가율이 전체예산 증가율에도 못미쳐 G7프로젝트 등 과학기술 개발사업의 차질이 불가피할 것으로 보인다.

9월 3일 관계당국에 따르면 정부가 편성한 내년도 과학기술예산은 7천 25억원 규모로 올해보다 13.8% 증액될 전망이다.

그러나 이는 내년도 정부의 일반회계증가율 14.6%에도 못미치는 것이다.

더구나 이같은 내년도 과학기술부문 예산안에는 상공부의 공업발전기금을 비롯해 체신국방 동자부등 각 부처의 과학기술 예산이 포함되어 있는 것이어서 과학기술 주무부처인 과기처가 집행할 순수과학기술개발 사업비의 증액은 크게 기대할 수 없게 됐다.

경제기획원은 내년도 과학기술예산에 과학기술 진흥기금 1천억원을 증액하고 광주과학기술원 설립을 위한 사업비로 1백20억원을 책정하는 등 경상비부문보다 실제사업비 규모를 대폭 늘렸다고 말하고 있으나 올해부터 개발에 들어간 11개 G7프로젝트에 대한 과기처의 부담액만도 6백33억원 이상이 되는데다 국책과제 등 기존연구사업을 유지하려면 막대한 사업비가 필요하다는 점을 감안하면 내년도 신규사업의 규모는 오히려 크게 줄어들 것으로 전망되고 있다.

이와 관련, 정부와 민자당은 8월 27일 과학기술예산 관련협의를 가졌으나 民自黨측의 대폭증액 요구에 정부가 투자 우선순위와 재정긴축 등을 이유로 들어 반대, 과학기술단체총연합회가 건설키로 한 과학기술진흥 센터에 17억원을 지원키로 하는 등 소규모증액에만 합의, 기획원이 이를 토대로 항목조정작업을 벌이고 있는 것으로 알려졌다.