

轉 載

手術後의 感染制御에 있어서 空氣流動의 重要性 考察

金 柱 均* 譯

Cale Eugene Intag

Dr. C. Leon Partain, Dr. Henry A. Wiebe

(ASHRAE Journal, February 1975)

여기서 考察할 主題의 完全한 理解를 돕기 위하여 '手術後의 感染(Post-Operative infections)' 이란 用語를 定義할 必要가 있다. 그것은 患者가 手術室에 들어가기 前에는 感染되어 있지 않던 것이 手術中에 病院環境으로부터 感染要因을 얻는 것을 말한다. 美國에서 찾아볼 수 있는 手術後의 感染率은 1%에서 最高 8.3%인데, 病院들 사이에서 客觀的이고 正確한 情報를 얻는다는 것은 一定하지 않은 報告節次 때문에 또 同一한 感染에 對한 標準의 판단이 不足하기 때문에 어렵다. 그러나 여러가지 發見들에서 나타나는 것은 手術後의 感染率은 全國的으로 平均 約 7%를 나타내고 있는 것 같다.

感染에 따른 費用

몇年前에 만들어진 研究에 依하면 感染에 따른 費用이 主로 附加되는 入院 및 치료와 支拂 行爲無能力과 傷害保險費用과 法律上的 授與에 起因하여 7,000 \$ ~ 10,000 \$ 의 범위에 있었다고 報告했다. 그리고 全國的으로 每年 手術을 받은 約 100萬의 患者에 要求된 一年의 感染에 따른 費用은 대략 80~90億弗이었다. 돈으로 드는 費用만이 고려되는 要因인 것은 아니다. 手術後 感染에 따른 正確한 致命率은 完全하지는 않

*正會員, 高麗大學校 機械工學科

나 報告된 바에 依하면 1.6%이다.

患者와 그 家族들에게 주는 아픔과 苦痛, 感染의 外傷的인 영향과 같은 模糊한 要因들은 勿論 測定될 수 없다.

汚 染

感染을 除去하는 가장 效果的이고, 확인되며 받아들여지는 方法이란 것은, 醫學 및 病院關係者들의 討論에 主題로 남아 있다. 外科的 傷處에 汚染으로부터 나온 討論의 結果들은 世가지 經路로부터 나온다. 即, 直接接觸, 患者 자신에 依한 汚染, 空中粒子들인 것이다. 淸결한 空氣, 手術部位의 洗淨, 手術道具와 消毒布를 拂는 行爲等과 같은 無菌調節措置中 어떤 것이 手術後의 感染을 最小로 減少하는지는 아직도 알 수 없다.

그밖에도 手術時間, 手術의 種類, 外科醫의 技術 그리고 患者의 狀態와 같은 여러가지 變更되는 條件들이 世가지 經路의 하나하나를 調節하는 重要性을 左右한다. 엄격한 手術節次는 實際的으로 많이 生기는, 手術중간의 直接接觸의 위험을 減少하거나 除去하게 된다. 大部分의 外科醫들이 指摘하기를 外科的 技術의 일부분으로써 微生物을 除去한다면 豫防策을 嚴格하게 지키는 것 外에 代替할 것이 없다고 한다. 患者 傷處의

1970년 1월 ~ 3월

병원군	병원의 형태						총 분리된 평균 박테루 병원의 50방미터
	지역 사위 < 300 > 300		대학	시	연방	만성 질환	
대형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	20.2
중형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	16.7
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	12.6
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	10.9
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	8.9
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	6.5
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	5.3
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	4.5
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	3.8
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	3.6
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	3.1
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	2.4
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	2.5
중소형군	[Pattern]		[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]	2.1

[Pattern] ≤ 평균 0.5배

[Pattern] 평균 0.5~1.4배

[Pattern] 평균 1.5~1.9배

[Pattern] ≥ 평균 2.0배

그림 1. 병원의 형태에 따른 병원군 분리의 빈도

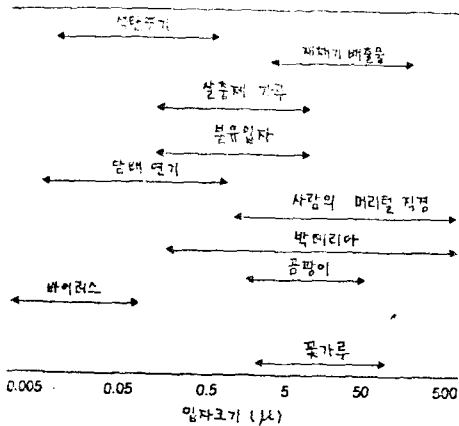


그림 2. 공기오염물의 크기

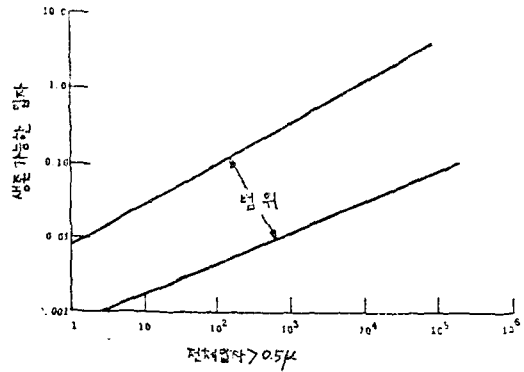


그림 3. 청결한 공기 f^3 당 특수오염과 미생물 오염 사이의 관계

汚染發生빈도는 手術以前에 患者에게 적절한 手術準備를 해줌으로써 減少시킬 수 있다. 向上된 方法과 補助의 措置들은 이와 같은 經路를 通한 感染의 發生가망성을 적게 할 수 있다. 따라서 空氣汚染(airborne contamination)은 과거의 생각보다는 더욱 중요한 關係를 가지게 되었다. 傷處感染의 25%가 공기오염이라고 지적되고 있다. 'airborne'의 用語는 작은 물방울核과 空氣中에 떠있는 먼지에 依해서 作用物을 傳達함은 의미한다.

포도상구균(黃色葡萄狀球菌)과 그람陰性菌(大腸菌)은 手術後 感染의 發生率이 높은 박테리아이고 또한 이들은 抗生物質에 極히 抵抗性이 強하다. 病院에서의 各各의 발생 빈도수는 그림 1에 나타나 있다. 個別的인 박테리아크기의 범위는 0.5미크론(μ)에서부터 5미크론(μ)인 반면에 그들은 그림 2, 그림 3에서와 같이 몇배 더 큰 먼지나 떠돌에서 더욱 더 빈번하게 발생되기도 한다. 葡萄狀球菌은 일반적으로 手術室에 중사하는 사람들을 媒介體로 하여 흘러나와 전달된

다. 그림陰性菌汚染은 종종 患者나 殺菌되지 않은 器具들이 根源이 된다. 手術室內의 空氣汚染은 大部分 사람으로부터 흘러나오고, 또한 일반적으로 手術室에 사람이 많으면 많을수록 박테리아 數는 많이 存在하게 되는 것이다. 手術室內의 空氣汚染을 어떻게 調節하고 줄이느냐에 對하여 많은 量의 資料가發刊되었고, 그것은 醫學者와 工學者들로부터 나왔다. 汚染物이 움직이는데 對한 調節과 空氣流動의 方向과 速度, 여 과범은 심각하게 研究되고 있고, 手術室의 實質的인 殺菌環境을 제공할 수 있도록 努力하고 있다. 그러나, 空氣汚染이 手術後의 感染에 중요한 影響을 미친다는 것과, 結果적으로, 空氣流動을 통한 박테리아의 調節이 感染을 調節하는데, 效果의인 의미가 있다는것은 結論的으로 증명되지 않았다. 이 研究의 目的은 手術後의 感染率과 空氣中の 박테리아와 空氣로 운반된 汚染의 調節을 의미하는 空氣流動의 關係를 어느 程度 더욱 가깝게 결정할려는데 있다.

清潔한 房

工業은 空氣를 깨끗하게 하는 方法의 開發에 無限한 寄與를 해왔다. '清潔한 房'에 對한 初期의 관심사는 完全히 殺菌된 宇宙船과 器具들을 大氣圈으로 보낼 必要性으로부터 나왔다. 宇宙나 다른 惑星들에 地球有機體를 搬入하는 것은 勿論, 有機體의 根源을 결정하는 後日의 조사를 파괴할 수도 있고, 다른 경우에 生態學的인 均衡을 逆으로 바꾸게 될지도 모른다. 美航空宇宙局(NASA)은 微生物과 汚染調節의 배경으로 工學者들이 만든 우수한 便覽을 出版했다. 聯邦政府는 清潔한 房의 여러가지 '清潔性'을 구분하는 標準을 發表했다(그림 4).

聯邦基準은 大氣圈組立作業用 殺菌環境을 얻기 爲하여 産業分野에서 使用되고 있을 뿐만 아니라 高度로 敏感한 計算機와 電子産業에서도 使用되고 있는 層流室에서 發展된 產物들의 結果인 것이다.

産業分野에서 空氣流動을 空氣汚染減少에 使用해서 成功한 事例은 그 應用을 手術室에도 擴

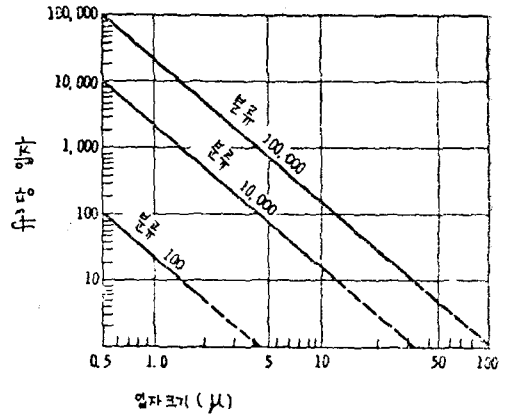


그림 4. 연방표준 20a 에 따른 청결한 방의 분류 곡선

大適用하게끔 하였다. 最初의 注目할 만한 結果는 J. Charney가 報告한 空氣流動에 依해서 空氣汚染物을 制御하여 感染을 減少시킨 것이었다. 10年以上 걸린 그의 研究는 感染을 7%~9%에서 10%以下로 減少시킨다고 報告했다. 手術室

표. 1. 공기중의 박테리아와 수술후 감염의 상관관계에 사용된 자료

공기 ft^3 당 박테리아	수술후 감염률 (%)	연구숫자 (Study Number)
1.46	2.50	1
0.60	2.40	1
0.48	0.60	1
0.10	1.25	2
1.60	1.25	2
3.50	2.90	8
6.50	8.90	8
8.10	7.70	8
12.40	10.70	8
2.50	6.30	10
*5.70	*1.50	11
*18.00	*8.00	12
2.50	3.70	12
0.20	3.10	12
0.10	1.40	12
0.10	0.0	17
3.90	0.0	17
0.88	0.70	18

*표시는 2차분석에서 수정되었다.

표 2. 수술후 감염률과 공기 유동률의 상관관계에 사용된 자료

수술후 감염률 (%)	시 간 당 공기변화	연구숫자 (Study Number)
2.50	25.0	1
2.40	100.0	1
0.69	500.0	1
1.25	600.0	2
*1.25	*17.0	2
1.25	600.0	2
2.90	20.0	8
8.90	10.0	8
7.70	0.0	8
10.70	0.0	8
8.30	7.0	9
6.30	12.0	10
*1.50	*28.0	11
9.00	0.0	12
3.70	10.0	12
3.10	130.0	12
1.40	400.0	12
0.0	600.0	17
3.0	14.0	17
*0.60	*100.0	18
*0.0	*200.0	19
0.79	600.0	20
0.06	600.0	22
3.60	25.0	22

*표시는 2차 분석에서 수정되었다.

표 3. 공기중의 박테리아와 공기 유동률의 상호관계에 사용된 자료

시 간 당 공기변화	공기 ft ³ 당 박테리아	연구숫자 (Study Number)
25.0	1.46	1
100.0	0.60	1
500.0	0.48	1
600.0	0.20	2
17.0	1.75	2
600.0	0.20	2
15.0	5.70	3
20.0	1.20	3
*20.0	*0.50	3

165.0	0.03	3
10.0	4.20	4
15.0	1.43	4
*24.0	*0.28	4
*30.0	*0.22	4
600.0	0.10	6
10.0	5.20	7
7.0	3.40	7
20.0	1.40	7
120.0	0.00	7
600.0	0.00	7
20.0	3.50	8
10.0	6.50	8
0.0	8.10	8
0.0	12.40	8
12.0	2.50	10
26.0	5.70	11
*0.0	*18.00	12
10.0	2.50	12
130.0	0.20	12
300.0	0.10	12
600.0	0.50	13
600.0	0.40	15
600.0	0.00	15
600.0	0.04	15
600.0	0.10	17
13.0	3.90	17
0.0	2.00	18
25.0	2.24	18
100.0	0.88	18
600.0	0.30	21
23.0	5.00	21
240.0	0.02	23
*23.0	*0.60	24
28.3	2.50	24
28.3	3.20	24
18.7	3.40	24
25.8	2.90	24
22.6	2.80	24
27.0	2.20	24
25.5	3.30	24
21.6	5.50	24

*표시는 2차분석에서 수정되었다.

環境의 研究에 集中된 많은 관심사는 提案 되던 기준들과 最適條件을 내주는 設計標準을 發刊하게끔 만들었다.

政府의 基準은 Hill-Burton 法令下에 財政的인 지원을 받은 病院에 對한 最小의 設計基準을 내주고 있다. 더우기 Y.S. Chen 은 最近에 手術室에서의 박테리아에 數學的인 Model 을 시도하여 研究한 것들 中の 하나인 空氣工學에 관한 完全한 研究結果를 發表했다. ASHRAE 는 循環을 통한 박테리아調節에 對한 가장 最近에 開發된 것을 간단하게 서술한 것을 포함한 設計標準을 가지고 있다. 이 論文에 對하여 空氣流動率, 박테리아數, 感染率들에 對한 독자적인 研究가 總24個에 이르고 있다. 몇몇 研究는 數個의 實驗을 망라하여 變數들을 바꾸고 있기 때문에 Data 의 基準으로부터 總85個에 이르는 個別的인 實驗이 데이터의 基礎를 이루고있다. 85個의 實驗全部가 研究中에 있는 모든 세個의 變數에 對한 完全한 데이터를 주지는 않는다. 그러나, 데이터는 手術後의 感染率과 單位空氣當의 박테리아數 사이의 관계 18쌍과 手術後의 感染率과 空氣流動率사이의 關係 24쌍과, 空氣流動率과 單位 ft^3 空氣當 박테리아數사이의 關係 51쌍들을 읽기에 充分한 만큼 充分한 데이터를 만들어 놓았다(表 1, 2, 3)

時間當 換氣回數

各種研究마다 똑같이 使用되는 空氣流動率의 尺度는 時間當의 換氣回數다. 그러므로 이 論文에서도 換氣裝置의 한 指示數로써 이 換氣回數를 必然的으로 선택하였다. 時間當換氣回數1이란 어느 房의 體積에 해당하는 空氣量이 그房에 供給되는 回數를 말한다. 그것은 오래된 空氣가 모두 每時間마다 새로운 空氣로 바뀐다는 것을 의미하는 것은 아니다.

時間當 50회 以上の 空氣流動率로 수행한 모든 實驗은 效率이 높은 空氣여과 장치를 使用하여 層流 또는 一定한 方向을 가진 空氣流를 얻었다. 낮은 換氣回數의 流量으로 遂行한 實驗은 效率이 낮은 여과장치를 사용하여 空氣를 亂流

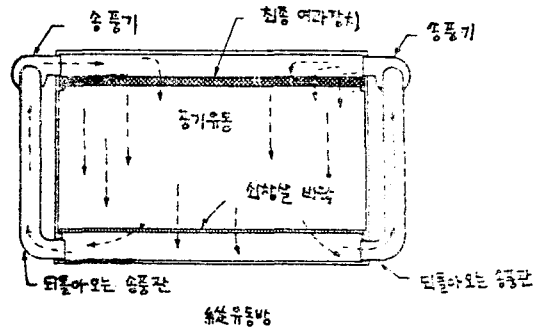


그림 5. 층류가 천정에서 바닥으로 흐르는 방

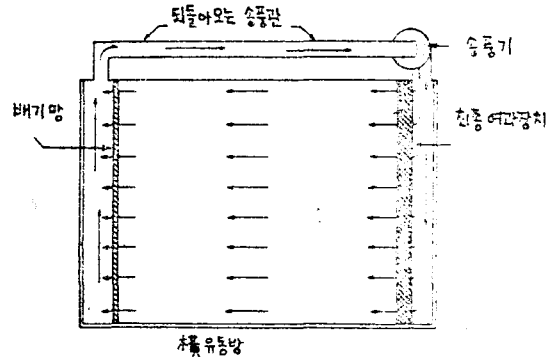


그림 6. 층류가 벽에서 벽으로 흐르는 방

의 空氣流動方式으로 끌어들었다(그림 5, 6, 7, 8) 여과장치의 效率, 空氣供給量 및 空氣의 方向 등의 세 要因中에서 空氣汚染物을 減少시키는데 어느 것이 가장 큰 效果를 지닌 것인가를 결정하기 위해서 이 세 要因들을 變更시켜 본 實驗이 있다는 것을 들어 본일은 없다. 그러므로 空氣流動率과 感染率 사이에 發見된 어떤 關係 그리고 空氣中の 박테리아가 必然的으로 직접적인 因果關係가 될 수는 없을 것이다. 표 4 및 표 5에 있는 結果를 얻는데 使用된 데이터의 기본은 먼저 말한 바와 같이 85개의 개별적인실험을 한 24개의 獨立的 研究로 構成된다. 4個의 研究課題는 22個의 實驗을 代表한 것으로 現場에서 行하였다. 空氣流動率과 박테리아數는 醫學的인 아닌 研究에서는 의미가 없기 때문에 단지 기록만 하였다. 現場으로서는 電子製品組立室과 液體산소용 밸브의 組立室, 大氣圈組立品工場 등이 使用되었다.

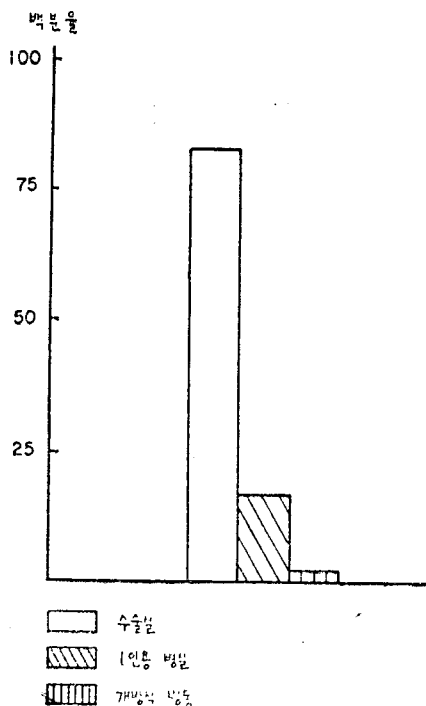


그림 9. 병원내 위치상의 실험들의 비교

方法으로 또는 다른 方法으로 무겁게 만들지 않는다는 것이 밝혀졌다. 51個의 實驗에서는 알려지지 않은 空氣여과장치의 效率로 亂流換氣를 實行하였는데, 그것은 大部分의 이들 實驗에서 空氣調和裝置를 사용하였다고 假定하는 것이 아마도 安全할 것이다. 그러므로, 0.3미크론(μ) 및 그 以上の 粒子에는 여과效率이 5%~10%라고 생각된다.

層流形 換氣를 使用한 30個의 實驗에서는 0.3 μ 및 그 以上の 粒子에 99.99%의 空氣여과效率을 얻었다.

結 論

이 研究의 目的은手術後의 感染, 空氣中の 박테리아, 手術後의 空氣流動率 사이의 關係를 考察하는 것이다. 힘든 科學的 證명의 결여로 因하여, 感染을 일으키는데 있어서 空氣汚染物의 적응성에 關한 論爭이 存在할 것이다. 이 研究의 結果가 다른 研究者들이 發表한 論文을 基礎로 하여 분명하게 보여주고 있는 것은(그림 10)

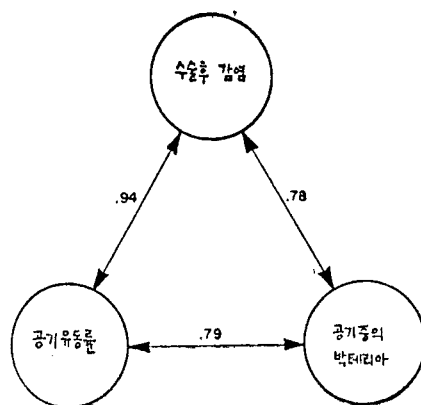


그림 10. 상관물의 상호관계

- 空氣中の 박테리아와 手術後의 感染率 사이의 매우 깊은 관계.
- 空氣流動率과 空氣中の 박테리아 사이의 매우 깊은 관계
- 空氣流動率과 手術後의 感染率사이의 매우 깊은 관계

空氣流動率과 空氣중에 있는 박테리아 사이의 깊은 관계는 供給空氣量에만 起因하는 것이 아니고 여과장치의 效率과 空氣流動의 方向을 考慮하여야만 한다. 空氣量, 空氣의 여과 및 空氣流動의 方向이 空氣中の 박테리아를 減少하는데 擔當하고 있는 明白한 역할은 면적으로서 이것은 좀더 研究하여야할 必要가 있다.

空氣中の 박테리아와 手術後의 感染率 사이에서 나타난 깊은 관계는 空氣汚染物로부터의 보호를 爲하여 有力한 論旨를 내주고 있다. 만약 모든 그 밖의 變數들을 常數로 둔다면 空氣汚染物의 數를 가장 적게 유지하기爲하여 適用한 因子들의 結合이 手術後의 感染率의 數를 가장 적게하는 結果가 될 것이다.

바닥空間·每 ft^3 當 病院의 침대當層流空氣裝置의 費用에 關한 一般的인 特性研究가 이루어졌다. 그러나, 費用에 關한 研究의 發展은 아마도 空氣의 各種水準에 드는 돈과 生活費를 나타낼 勝負없는 分析으로써 病院경영의 手段으로서는 유용한 補助者가 될 것이다. 이와같은 연구는 換氣의 費用, 換氣率, 感染의 費用 그리고 感染率을 結合하여야 한다.

Hill-Burton 法令下에 聯邦政府는 溫度, 습도, 空氣의 再循環 隣接室과의 壓力關係 그리고 時間當 換氣回數에 對한 手術室에서의 最小의 基準을 만들었다. 大部分의 다른 關係機關은 時間當 換氣回數에 對한 最小의 基準을 만드는데 政府가 만들어 놓은 범위를 넘어서고 있다. 空氣流量에 대해 암시된 比率은 판단을 除外하고는 만들어진 것은 어떤 판단이던지 別로 基準을 두고 있지 않고 있다. 最近에 開發된 최소의 空氣流動率에 對한 標準을 가장 새롭게 하는 工學的인 接近이 크게 必要하다. 病院의 各 分野에 對하여 手術室에 對한 最小의 空氣純度の 基準을 세울 수 있다는 것도 말할 수 있다.

著者들이 各種 研究로부터 나온 자료를 比較할 때 겪은 어려움 때문에 感染을 分類하고 報告하는 一律的인 基準은 勿論, 박테리아數와 空氣의 여과효율을 測定하고 報告하는 一律的인 基準이 세워져야 한다.

生存할 수 있는 空氣의 粒子調節의 必要性에 對하여 醫學 및 病院當局者들이 내린 결정들은 매우 현실에 遠大한 結果를 가져올 수 있다. 이 研究 및 이와 비슷한 다른 것들은 그決定을 하는데 도움을 주는 한 道具가 될 수 있다.

參 考 文 獻

1. Carl L. Nelson, "Clean air an adjunct to Rigid Technic," Point of View, Vol.10, No.2, 2-4
2. Lewis L. Coriell, "Use of Laminar Flow in surgery," Proceedings of the International Conference on Noscomial Infections, August 3-6, 1970, 225-229
3. J.V. Bennett, W.E. Scheckler, D.G. Maki, P. S. Brachman, "Current National Patlens," Proceedings of the International Conference on Nosconial Infections, August 3-6, 1970, 42-48
4. J.G. Glenn, F.W. Rerkling, "Avoiding Infections," Jonurnal of the Kansas Medical Society, Vol. LXXXIII, NoIII, March 1972, 123-124
5. E. Piitsep, planning of Surgical Center, London, Lloyd Luke Ltd, 1969
6. D.G. Fox, M. Baldwin, "Contamination Levels in a Laminar Flow Operating Room" Journal of the American Medical Association, Vol. 42, June 16, 1968. 108-112
7. L.L. Coriell, "Research on Airborne Contamination", Medical Surgical View, Oct, Nov. 1971. 6-8
8. D.G. Fox "A Study of the Application of Laminar Flow Ventilation to operating Rooms" Public Health Monograph No. 78, U.S. Dept, of H.E.W, Washington, Government Printing Office, 1969
9. J. Charney, "Post operative Infection after Total Hip Replacement with Special Reference to Air Contamination in the Operating Room" Britsh Jonurnal of Surgery, Vol. 56. No.9 Sept, 1999, 1967-187
10. Y.S. Chen, "Air Engineering in Operating Studies" Report Prepared for Bertrand Goldberg Associates Jan.16, 1973
11. Fedral Standard No. 209A, "Clean Room and Work Station Requirements, Controlled Environment, "Wagshiton Government Printing Office, Dec,16, 1963
12. General Standards of Construction and Equipment for Hospital and Medical Facility, U.S. Dept, of Health, Education and Welfare
13. ASHRAE Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 1967, 130-132
14. ASHRAE Guide and Data book, Applications, American Soicety of Heating, Refirgerating and Air Conditioning Engineers, Inc, 1968, 147-157