

各種酸素濃度環境에 있어서의 珪肺患者의 換氣機能에 關한 研究*

- 第1編 肺容量에 關한 研究
- 第2編 最大換氣量에 關한 研究
- 第3編 分時換氣量에 關한 研究

Ventilatory Function Tests on the Silicotics under the Various Oxygen Tensions

- Part I. The Lung Volumes
- Part II. The Maximal Breathing Capacity
- Part III. The Minute Volume

서울대학교대학원
 <指導 沈相煌 教授>
 李昇漢

머릿말

1846년에 Hutchinson이始作한것으로 알려진肺活量의測定은 既往에 우리나라에 있어서도 그正確한意義가把握評價되지 못한채나마,集團檢診때마다慣例적으로踏習되어왔다. 이것은呼吸生理에 關한知見이豐富하지못하던往時에 있어,肺臟 및 胸廓의呼吸能力의 가장完全한表現을 그1回最大伸縮能力속에求하려한것이다.

한편第二次大戰以前歐美各國에서는肺活量以外에間或分時最大換氣量(maximal breathing capacity)과動脈血酸素飽和度,酸鹽基平衡을가지고呼吸機能의障害如何를論하던것이,高空醫學方面에重要的實際問題가戰爭中에發生하게됨으로써研究對象이되었다.肺臟機能檢査法은 여기에서既存의것의改良과新技法의出現이란長足の進歩를가져와서廣汎한研究가 이루어졌을뿐만이아니라臨床醫學方面에서의有効性도바로認識되게되어麻酔學이나胸部外科學과相互提携해서큰發展을보게되고,換氣(ventilation)擴散(diffusion)및肺臟血行(pulmonary blood flow)에걸친今日の肺臟機能檢査法을形成하게되었다.특히最近에는急性疾患에서慢性疾患으로焦點을轉換한것이醫學全般的의傾向이므로各種塵肺症의肺臟機能障害度を評價해서補償問題를解決하고나아가서空氣汚染과肺臟疾患과의聯關性을調査하는産業醫學部門에서의應用도廣汎한바있다¹⁾.

그리하여基礎研究에採用된新方法에서臨床醫學의으로實用 가능한檢査가發達하였고個個人的徹底한

調査가困難한集團相對時的field method도나오게되었다.

여러肺臟機能檢査가지닌客觀性은肺臟機能障害의存在與否를臨床醫學의으로判斷하고그程度를評價하는데도움이되며,證據를提示한다.그리고治療法의效能을判定할수있고,疾病의進行을評價할수있는基準線을提供한다.

産業醫學方面에서는各種作業環境이나過程에있어서의有害한粉塵과物質이肺臟의損傷을招來하는지의與否를 밝히고職業病罹患을呼訴하는被雇傭者에對하여證明할만한肺機能障害의有無를가려주고,그것과職業과의關係를 밝혀주며,肺機能障害가있을때는그機能不全의程度를究明하는데에도肺機能檢査가有効함이알려져있다²⁾.또被檢者의作業能力도判別하여주므로³⁾各國에서는肺機能檢査를補償檢査에널리利用하고있다.

우리나라에도勤勞基準法에塵肺症療養補償에關한規定이들어있으나,施行細則의不備로말미암아그實施를못보고있는中인데,國營企業體인大韓石炭公社에서는內規로나마先進外國의예를따라職歷調査X線像檢査와併行하여肺機能檢査를補償判定檢査項目으로採擇하고있다.

다만如此한方面에本檢査를適用함에있어서는本是個體間에存在하는變異性(variability)이라든가誤謬같은一般檢査法에附隨되는難點以外에生體가가지고있는豫備機能과適應能力等여러問題가發生한다.우리나라에서도最近肺臟機能에關한研究가있기는하나少數에끝이고더구나肉體勞動者를對象으로한正常値는거의볼수없다.모든職業病과 마찬가지로珪肺症도年老層에 많이오니,老化現象과重疊되는셈이어서

* 本研究의 要旨은 1961年 10月 12日 大韓醫學協會 第13次 學術大會 衛生學分科學會에서發表하였음.

補償을 爲해서는 年齡別基準値가 있어야 한다. 一方 補償受惠意欲이 강한 被檢者에게 良心의인 受驗協調를 前提로하는 生理的機能檢査를 實施하는데도 隘路가 있고 또 無識한 勞務者를 産業場內에서 一時에 多數檢査하려면 可能한 限 非觀血的方法을 擇하지 않을 수 없다. 塵肺症의 心肺機能障害는 換氣障害, 特히 呼氣障害에 特徵이 있다⁴⁾는것이 알려진 오늘날 著者는 上記隘路를 部分的으로나마 打開하고자 肉體勞動者中에서 健康群과 珪肺患者群을 가려 室內空氣 및 各種酸素濃度下에서 呼吸할 時의 換氣機能을 檢討하였다.

血液 gas를 가지고 呼吸機能을 論할때는 間或 低酸素負荷를 加하기도 하나 低酸素環境이 換氣機能에 미치는 影響에 關해서는 別로 研究가 없고 特히 珪肺症에 있어서는 거의 文獻을 볼수가 없다. 一方 高酸素環境에 있어서의 換氣機能에 對한것도 健康人에서나 珪肺症에서나 모다 文獻을 찾아보기 어렵다. 各種濃度の 酸素環境에 對한 珪肺症의 肺臟機能을 明白히 하는 것은 學問的인 興味뿐만이 아니라, 被檢者의 良心의인 受檢協力을 客觀的으로 判斷하는 點에서도 有力할것으로 보아 本實驗을 行한 것이다.

第 1 篇 肺容량에 關한 研究

1. 緒 論

1950年 美國의 生理學者들에 依하여 統一되고 現在 우리나라에서도 使用되는 肺容량 및 그 分割의 定義와 用語는 아래 와 같다⁵⁾. 即 安靜呼氣位를 基準으로 해서 最大吸氣位까지를 深吸氣量(Inspiratory Capacity), 最大呼氣位까지를 豫備呼氣量(Expiratory Reserve Volume), 이의 和를 肺活量(Vital Capacity)이라 한다. 深吸氣量은 다시 豫備吸氣量(Inspiratory Reserve Volume)과 1회換氣量(Tidal Volume)으로 細分한다. 肺活量을 呼出한 後에 肺臟內에 殘留하는 空氣는 殘氣量(Residual Volume)이고, 이것에 豫備呼氣量을 加하면 機能的殘氣量(Functional Residual Capacity)이 된다. 機能的殘氣量에 深吸氣量을 合한것은 全肺氣量(Total Lung Capacity)이다.

時間的因子를 導入하지않은 換氣觀念으로서 肺容량은 가장 오래 알려진 肺臟機能이며, 近者에도 Kaltreider⁶⁾, Greifenstein⁷⁾, 裴⁸⁾ 등이 各年齡과 職種에 對하여 檢討하고 있는 것처럼, 如前히 肺內外의 肺의 因子를 指示하는 基本項目임에 틀림없다.

珪肺症에서는 肺氣腫, 氣管支痙攣이 合併하므로, 이것은 肺容량에도 反映될 것이거니와 低酸素環境에서는 健康人에서도 肺容량에 變動이 있다고하므로⁹⁾ 窮極의 으로는 肺臟의 器質的變化로 因해 體內酸素供給不全이 期待되는 本症에 對하여 各種酸素濃度下에서 肺容량을 檢

討하였다.

2. 實驗對象 및 實驗方法

1) 實驗對象

健康勞務者는 某國營炭鑛에서 主로 坑內作業에 從事하는 鑛夫로서 58名을 無作爲抽出(Random Sampling) 하였다. 이들은 胸部X-線檢査를 爲始한 여러 檢査에서 異常所見이 없는 사람들이다(第1表, 第2表). 이들의 年齡下界는 20歲이며 上界는 停年退職限界인 54歲이었다.

珪肺患者 對象은 101名으로 그 病的 程度는 1947年 American Public Health Association¹⁰⁾에서 採擇한 方法에 따라 分類하였다. 即 胸部X線像所見에 依한 分類는 다음과 같다.

Table 1. Age Distribution of the Subjects classified by X-ray Findings

Age	Healthy Control	Silicosis 1st stage	Silicosis 2nd stage
20~29	14	3	—
30~39	15	14	6
40~49	14	51	6
50~54	15	12	9
Total	58	80	21

Table 2. Physical Status of the Subjects

Item	Age				
	20~29	30~39	40~49	50~54	
Control	No. of subjects	14	15	14	15
	Height (cm)	168	163	165	162
	Weight (kg)	60.0	57.8	57.9	58.0
	BSA (m ²)	1.68	1.62	1.63	1.62
Silicotics	No. of subjects	3	20	57	21
	Height (cm)	165	165	163	163
	Weight (kg)	57.7	58.3	57.1	56.0
	BSA (m ²)	1.63	1.64	1.61	1.60

第 1 期: 胸部肺血管邊緣에 棘狀의 突出을 볼수 있으며 肺結節로 認定되는 粟粒大 結節像이 兩側肺野에 均等하게 散布되어 있는 時期이다.

第 2 期: 珪肺結節에 依한 斑點이 第一期보다 크고, 密集되어서 兩側全肺野에 퍼져있으며, 때로는 肋膜肥厚 或은 結節의 局部的融合으로 因한 若干 큰 局限된 融合像이 보이는 時期이다.

第 3 期: 第2期에 比하여 數에 있어 增加되고 크기에 있어 더 커지고 濃度에 있어 더 진하며 大小不同的 融合像이 數個以上 보이는 時期를 말한다. 但 像이 拇指頭大以上인 境遇에는 한個만 있어도 이 期에 該當시킨다

實驗對象者中 第1期에 該當한 者는 80名, 第2期에 該當하는 者는 21名으로서 그들의 體格 및 年齡은 第2表와

같다.

體表面積은 崔¹¹⁾의 公式에 따라 算出하였다. 即

$$A = W^{0.442} \times H^{0.673} \times 86.92$$

A: 體表面積(cm²) W: 體重(kg) H: 身長(cm)

被檢者는 檢査前日로부터 入院시켜, 檢査當日 早朝에 基礎狀態(basal condition)에서 測定하였다.

2) 實驗方法

肺活量 및 그 分割은 臥位의 換氣圖에서 算出하였다. 이 換氣圖은 閉鎖回路(closed circuit)를 形成하는 McKesson 會社製 spirometer 를 使用하여 描寫하였다. 被檢者와 器械와의 사이는 全部 McKesson 會社製 Half-mask 로 連結 하였으며, 그 死腔容積은 95ml. 이었다. 이로서 被檢者는 不快感으로 오는 呼吸의 異常을 보이지 않는다¹²⁾. 이 mask 에 使用된 valve 는 "J" valve 이다. Stop-cock 및 Rubber tubing 은 內徑 20mm 以上으로서 呼吸速度에 큰 抵抗을 미치지 않는다.

殘氣量(Residual Volume) 測定¹³⁾에는 閉鎖回路法(closed circuit method)과 開放回路法(open circuit method)이 歐美各國이나 우리나라에서 같이 使用되는데 後者에선 肺胞氣採取에 無理가 있고, 前者는 肺臟內의 gas 混合이 不良할때 測定值가 적어질 危險性이 있다. 閉鎖回路法에는 또한 helium 利用方式과 nitrogen 利用方式이 있는데 本實驗에서는 Christie 에 따라 7分間 酸素呼吸中에 肺臟內窒素가 裝置內에 再分配되고 平衡을 이룬다음 그 最終窒素濃도를 Scholander gas 分析器로 測定해서 算出하였다. 이에 使用한 公式는 다음과 같다.

$$x = \frac{(a-b)y - ay_0 - 100n}{79.1 - y} - d$$

x: 肺臟內 gas 量 y: 7分呼吸後의 N₂ 濃度(%)

y₀: 酸素 gas 中の N₂ 濃度(%)

a: 裝置에 넣은 酸素量(ml)

b: 酸素攝取量(ml) d: 死腔容積(ml)

n: 7分間에 肺臟에서 排出된 窒素量

여기서 窒素排泄量은

$$n = B.S.A. (\text{體表面積}) \times 96.5 + 35$$

로서 普通 100% 酸素呼吸時에 適用한다¹⁴⁾. 이때 裝置와 連結되는 呼吸時點에 따라 全肺氣量(Total Lung Capacity), 殘氣量(Rosidual Volume) 또는 機能的殘氣量(Functional Residual Capacity)이 얻어지는데, 安靜呼吸末이 가장 安定된 位置^{15,16)}이므로, 機能的殘氣量을 測定하고 여기에서 豫備呼吸氣量(Expiratory Reserve Volume)을 除하여 殘氣量을 算出하였다.

低酸素 및 高酸素는 酸素와 窒素를 가지고서 檢査直前에 10±1%, 80±1% 濃度の 酸素를 만들고, 3,000 Liter 容量의 Rubber bag 에 貯藏하였다. 이것을 Levy 原法의 阿曾變法¹⁷⁾에 따라 10分間 呼吸시킨 後에 Spirometer 에 連結해서 換氣圖를 描寫하였다. 各氣體量은 BTPS (Body temperature and ambient pressure saturated with water vapor)로 補正提示하였다.

3. 實驗成績

(1) 健康勞務者 58名의 早朝安靜時測定한 肺容量은 第3表 第4表와 같다. 即 年齡이 20歲代에서 50歲代로 移行함에 따라 肺容量도 大幅 變化하여 深吸氣量 3,321~2,852ml, 豫備呼吸氣量 1,211~1,134ml, 肺活量 4,532~3,986 ml, 機能的殘氣量 2,115~2,562ml, 殘氣量 904~1,428ml, 全肺氣量 5,437~5,413ml 이었으며 豫備呼吸氣量과 全肺氣量以外에는 危險率 5%以下에서 有意한 差異를 보였다. 各肺容量이 全肺氣量中에서 占有하는 比率中, 가장 重要한 殘氣率(RV/TLC ratio)은 16.6~25.6%로서 年齡과 더부러 增加한다.

肺活量豫測式은 가장 흔히 使用되는데 20~54歲間의 全健康被檢者에서 體表面積 및 身長當으로 年齡에 關하여 回歸方程式을 求하면

$$\text{肺活量(ml)} = [3.088 - 8.5 \times \text{年齡}] \text{體表面積(m}^2\text{)}$$

(Standard error of estimate: 189.2 × 體表面積)

$$\text{肺活量(ml)} = [30.46 - 0.103 \times \text{年齡}] \times \text{身長(cm)}$$

(Standard error of estimate: 2.13 × 身長)

Table 3. The Lung Volumes of the Healthy Laborers (Recumbent)

Lung volumes	Age	30~29 yrs		30~39 yrs		40~49 yrs		50~54 yrs	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects		14		15		14		15	
I.C. (ml)		3321	343	3134	442	3202	299	2852	316
E.R.V. (ml)		1211	157	1209	163	1155	171	1134	234
V.C. (ml)		4532	371	4344	530	4357	305	3986	336
R.V. (ml)		904	178	1139	267	1178	461	1428	558
F.R.C. (ml)		2115	282	2188	314	2333	502	2562	727
T.L.C. (ml)		5437	391	5483	608	5535	593	5413	681
R.V./T.L.C. (%)		16.6	3.1	20.8	4.3	20.8	6.1	25.6	7.1

I.C. : Inspiratory Capacity
 E.R.V. : Expiratory Reserve Volume
 V.C. : Vital Capacity
 SD : Standard Deviation

R.V. : Residual Volume
 F.R.C. : Functional Residual Capacity
 T.L.C. : Total Lung Capacity

Table 4. The Lung Volumes of the Healthy Laborers shown by the Body Surface Area (Recumbent)

Lung volumes	Age 20~29 yrs		30~39 yrs		40~49 yrs		50~54 yrs	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15	
I.C.(ml)	1977	177	1934	182	1961	144	1756	149
E.R.V.(ml)	724	115	750	96	709	108	700	144
V.C.(ml)	2702	214	2684	217	2670	137	2456	154
R.V.(ml)	539	106	707	165	722	267	885	359
F.R.C.(ml)	1263	177	1457	162	1431	296	1585	467
T.L.C.(ml)	3240	221	3373	258	3392	325	3341	447

Table 5. The Lung Volumes of the Healthy Laborers in 10% O₂ Condition (Recumbent)

Lung Volumes	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15	
I.C.(ml)	3303	413	3158	435	3191	385	2820	304
E.R.V.(ml)	1216	160	1150	190	1138	144	1137	216
V.C.(ml)	4518	453	4308	526	4329	320	3958	316

Table 6. Lung Volumes of the Healthy Laborers in 10% O₂ Condition—per BSA (Recumbent)

Lung volumes	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subiec:s	14		15		14		15	
I.C.(ml)	1965	235	1948	171	1953	189	1732	178
E.R.V.(ml)	727	119	712	113	700	118	699	130
V.C.(ml)	2692	292	2660	205	2653	192	2431	150

와 같다.

肺活량이 20~49歲에서는變動이 적으나 50歲以後에 크게 달라지는點을考慮해서 49歲以下 42名만 추려보면

$$\text{肺活量(ml)} = [2.830 - 3.4 \text{ 年齡}] \times \text{體表面積}(m_2)$$

(Standard error of estimate: 186.7 × 體表面積)

$$\text{肺活量(ml)} = [29.14 - 0.061 \times \text{年齡}] \times \text{身長}(cm)$$

(Standard error of estimate: 1.80 × 身長)

로 된다.

(2) 健康對照群의 10% 低酸素 10分間 呼吸後의 肺活量과 그 分割은 第5表와 같다. 即 年齡이 20歲代에서 50歲代로 移行함에 따라 深吸氣量은 3.303~2.820ml, 豫備呼氣量은 1.216~1.137ml, 肺活量은 4.518~3.958ml로 減少한다. 이것은 大氣呼吸時에 比하여 深吸氣量이 大體로 18ml(20歲代)~32ml(50歲代) 減少하고 豫備呼

氣量은 增減이 不明確하나 肺活量全體로 보면 14ml(20歲代)~36ml(30歲代)式 一齊히 減少하고 있다. 第6表는 이것을 體表面積當으로 表示한 것이다.

(3) 健康對照群에게 80% 高濃度酸素를 10分間 呼吸시킨後의 肺活量은 第7表와 같다. 即 深吸氣量은 3.240~2.819ml, 肺活量은 4.559~4.154ml로서 年齡增加와 더불어 減少한다. 豫備呼氣量도 1.319~1.227ml로 40歲代까지는 減少하나 此後에는 增加를 보인다. 이것을 體表面積當으로 表示하면 第8表와 같다.

以上을 大氣呼吸時와 對照하여 보면 深吸氣量은 81ml(20歲代)~33ml(50歲代)式 減少하고 豫備呼氣量과 肺活量은 各各 201ml(50歲代)~24ml(30歲代), 168ml(50歲代)~18ml(40歲代) 增加하고 있었다.

Table 7. The Lung Volumes of the Healthy Laborers in 80% O₂ Condition (Recumbent)

Lung volumes	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15	
I.C.(ml)	3240	387	3097	468	3148	291	2819	369
E.R.V.(ml)	1319	299	1233	181	1227	228	1335	319
V.C.(ml)	4559	484	4330	551	4375	324	4154	470

Table 8. The Lung Volumes of the Healthy Laborers in 80% O₂ Condition—per BSA (Recumbent)

Lung Volumes	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15	
I.C.(ml)	1931	259	1921	187	1929	166	1727	166
E.R.V.(ml)	786	154	765	126	748	139	820	140
V.C.(ml)	2717	307	2686	229	2677	160	2547	214

Table 9. The Lung Volumes of the Silicotics (Recumbent)

Lung volumes	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21	
I.C.(ml)	3119	579	2864	518	2795	452	2678	383
E.R.V.(ml)	1066	246	1227	278	1078	259	1061	258
V.C.(ml)	4185	827	4091	606	3878	558	3739	472
R.V.(ml)	1056	411	1464	1087	1448	562	1676	936
F.R.C.(ml)	2089	439	2691	1062	2526	568	2737	999
T.L.C.(ml)	5541	867	5555	1004	5321	818	5415	1170
R.V./T.L.C.(%)	18.6	5.8	26.0	13.0	26.7	7.6	29.4	11.8

Table 10. The Lung Volumes of the Silicotics—per BSA (Recumbent)

Lung volumes	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21	
I.C.(ml)	1900	242	1743	274	1729	230	1667	158
E.R.V.(ml)	648	188	747	138	666	155	661	138
V.C.(ml)	2547	346	2491	362	2395	289	2328	252
R.V.(ml)	527	278	901	680	898	334	1043	565
E.R.C.(ml)	1275	227	1648	696	1564	342	1704	201
T.L.C.(ml)	3074	210	3391	634	3293	437	3371	654

(4) 珪肺患者 101名(Ⅰ期80名, Ⅱ期21名)의 大氣呼吸時의 肺容量은 第9表, 第10表와 같다. 이들의 年令分布는 20歲代3名, 30歲代20名, 40歲代57名, 50歲代11名이다. 患者도 健康對照群과 마찬가지로 年令과 더불어 肺活量이 變動해서 深吸氣量은 3.119~2.678ml, 肺活量은 4.185~3.739ml로 減少하고 機能的殘氣量은 2.089~2.737ml, 殘氣量은 1.056~1.676ml, RV/TLC ratio는 18.6~29.4%로 增加하며, 豫備呼氣量은 大體로 1.000ml代에 固定되고, 全肺氣量에는 一定한 傾向이 보이지 않는다.

이것을 體表面積當으로 健康群과 比較하면 第11表와 같다. 即 深吸氣量減少가 77ml(20歲代)~232ml(40歲代) 肺活量減少가 128ml(50歲代)~275ml(40歲代), 殘氣量增加가 大體로 158ml(50歲代)~194ml(30歲代), 機能的殘氣量增加가 12ml(20歲代)~191ml(30歲代), 殘氣率增加가 2.0%(20歲代)~5.9%(40歲代)로서 그 差異가 明確하며, 豫備呼氣量, 全肺氣量에서는 別意義있는 差異를 볼 수 없다.

Table 11. The Decrease of the Lung Volumes in the Silicotics—per BSA (Recumbent)

Lung volumes	age 20~29	30~39	40~49	50~54
I.C.(ml)	77	191	232	89
E.R.V.(ml)	76	3	43	39
V.C.(ml)	155	193	275	128
R.V.(ml)	12	-194	-176	-162
F.R.C.(ml)	-12	-191	-133	-119
T.L.C.(ml)	166	-18	99	-40
R.V./T.L.C.(%)	-2.0	-5.2	-5.9	-3.8

(5) 珪肺患者에게 低酸素를 10分間 呼吸시킨 後에 測定한 肺活量 및 그 分劃은 第12表, 第13表와 같다. 即 深吸氣量이 3.181~2.608ml이며 肺活量이 4.257~3.625ml로서 年令增加에 따라 減少하고 豫備呼氣量은 1.000ml에 固定된다.

健康群의 低酸素呼吸時와 比較하면 體表面積當 深吸氣量이 22ml(20歲代)~268ml(30歲代), 豫備呼氣量이 44

Table 12. The Lung Volumes of the Silicotics in 10% O₂ Condition (Recumbent)

Lung volumes	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of Subjects		3		20		57		21	
I.C.(ml)		3181	439	2778	506	2766	449	2608	357
E.R.C.(ml)		1076	238	1101	285	1020	318	1017	301
V.C.(ml)		4257	691	3889	660	3786	581	3625	520

Table 13. The Lung Folumes of the Silicotics in 10% O₂ Condition—per BSA (Recumbent)

Lung volumes	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of Subjects		3		20		57		21	
I.C.(ml)		1943	161	1680	225	1695	211	1635	187
E.R.V.(ml)		654	102	668	177	546	195	638	188
V.C.(ml)		2596	251	2348	309	2241	306	2273	275

Table 14. The Lung Volumes of the Silicotics in 80% O₂ Condition (Recumbent)

Lung volumes	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects		3		20		57		21	
I.C.(ml)		3108	274	2783	421	2733	386	2738	392
E.R.V.(ml)		1115	390	1235	211	1109	257	1117	367
V.C.(ml)		4223	647	4018	540	3842	498	3855	614

Table 15. The Lung Volumes of the Silicotics in 80% Condition—per BSA (Recumbent)

Lung volumes	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	DS
No. of subjects		3		20		57		21	
I.C.(ml)		1904	88	1684	216	1697	203	1704	161
E.R.V.(ml)		672	191	753	124	700	157	697	227
V.C.(ml)		2576	238	2437	264	2397	239	2401	300

ml(30歲代)~154ml(40歲代), 肺活量이 96ml(20歲代)~412ml(40歲代)式 一齊히 減少한다.

이것을 患者의 大氣呼吸時와 比較하던 少數例인 20歲台를 除外하고는 深吸量이 29ml(40歲代)~86ml(30歲代), 豫備呼吸量이 44ml(50歲代)~126ml(30歲代), 肺活量이 92ml(40歲代)~202ml(30歲代)式 減少를 보인다.

(6) 珪肺患者에게 80%高酸素를 10間呼吸시킨後에 測定한 肺容量은 第14表, 第15表와 같다. 即 深吸氣量은 3,108~2,738ml, 肺活量은 4,223~3,855ml로서 年令增加에 따라 減少하나, 豫備呼吸量의 減少는 顯著하지 않다.

健康群의 高酸素呼吸時에 比하면 體表面積當으로 보아 深吸氣量이 23ml(50歲代)~237ml(30歲代), 豫備呼吸量이 12ml(30歲代)~123ml(50歲代), 肺活量이 146ml(50歲代)~280ml(40歲代)式 一齊히 增加하나, 肺活量의 增加가 特히 顯著하다.

이것을 患者의 大氣呼吸時와 比較하면 深吸氣量은 大體로 11ml(20歲代)~81ml(30歲代)式 減少하고 豫備呼吸

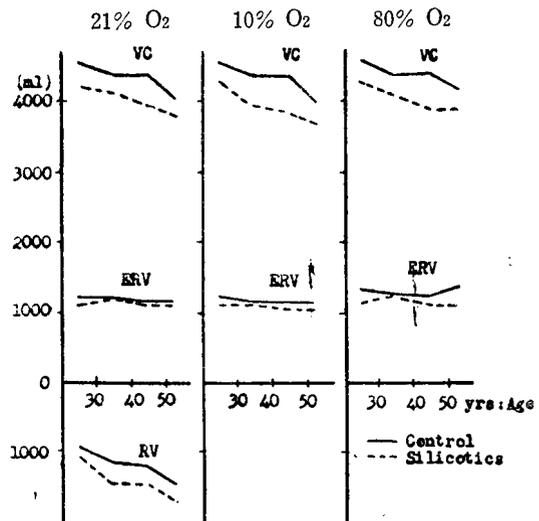


Fig. 1. The Lung Volumes of the Healthy Control and the Silicotic Groups

량은 8ml(30歲代)~56ml(50歲代)로 증가하나, 肺活量에는 一定한 傾向이 없다.

(7) 肺活量과 殘氣率(RV/TLC ratio) 사이에는 逆相關關係가 있고 相關係數는 -0.26인데 이것은 5%의 危險率을 가지고 有意하다. 卽 殘氣率을 肺氣腫分類의 指標로 한다면 肺活量과 肺氣腫程度는 逆相關關係에 놓여 있다(第2圖).

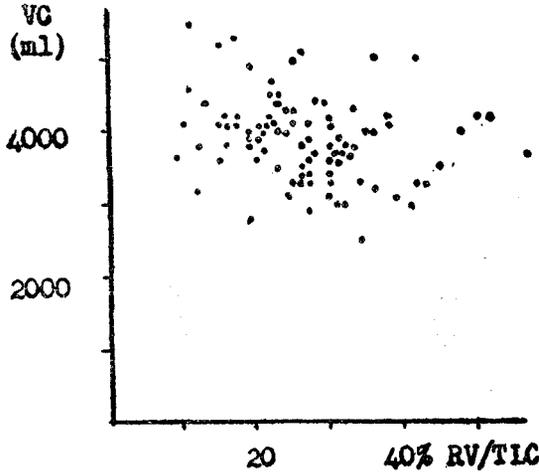


Fig. 2. The Relation between the Vital Capacity and the RV/TLC Ratio

4. 考 按

近代의 意味에 있어서의 肺活量의 眞價는 周期的인 測定에서 其值의 消長을 보아야 查할 수 있다고 Comroe¹⁶⁾는 指摘하였거니와 이러한 年次의 記錄의 保管이 疎忽히 되어있는 現段階에서는 어느 時點에 있어서의 單一檢査로서 그 異常與否를 判定해야 할 判局이고 따라서 正常值가 問題가 될 것이다.

肺活量의 標準值는 身長이나 體表面積, 年令, 性別에 따라 달라지는 것으로 알려져 있거니와 특히 年令問題에 있어서는 18¹⁸⁾歲 前後는 勿論 50歲代에 있어서도 變動이 크므로 平均壽命과 勞動年令이 높아가는 今日 그 經過를 大體의 으로나마 알아야하고 또 主로 肉體勞動에 從事하는 集團의 數值를 가져야 類似職種에 있어서의 異常與否를 論할 수 있을 것이다.

外國에 있어서도 鑛山勞動者의 正常值는 그리 흔하지 않다. 諸家의 肺活量豫測式으로는

Baldwin¹⁹⁾: $[27.63 - 0.112 \times \text{年令}] \times \text{身長}(\text{ml})$

West²⁰⁾: $2.51 \times \text{體表面積}(\text{L})$
 $25 \times \text{身長}(\text{ml})$

Hewlett & Jackson:
 $27 \times \text{體重}(\text{kg}) + 31.4 \times \text{身長} - 3000(\text{ml})$

船津²¹⁾: $[28.15 - 0.129 \times \text{年令}] \times \text{身長}(\text{ml})$

金上(20歲以上): $[31.77 - 0.180 \times \text{年令}] \times \text{身長}(\text{ml})$

筈本(臥位): $[24.16 - 0.07 \times \text{年令}] \times \text{身長}(\text{ml})$

(立位): $[25.89 - 0.07 \times \text{年令}] \times \text{身長}(\text{ml})$

등이 있는데 著者의 標準式中 全年令에 關한 것은 船津, Baldwin¹⁹⁾과 같고 40歲以下의 것은 筈本과 傾向이 비슷하되 絕對值는 若干 높은 것 같다. Outbred²²⁾等은 17,000名의 白人炭坑夫를 對象으로하여 20~54歲에서 4,920~4,310 ml라는 數值를 얻었는데 이는 著者數值보다 約400 ml가 크다. 그러나 越川²³⁾의 坑夫值 3,802~3,175 ml (20~54歲)나, 永澤²⁴⁾의 3,226 ml (27.5歲平均), 裴⁸⁾의 3,770 ml (36.3歲平均)等 坑內鑛夫值보다는 越等히 큰셈이고 金⁹⁾의 非鑛夫值 3,820 ml (25歲平均)보다도 크며, 朴²⁵⁾의 4,300 ml (22.5歲), 柳²⁶⁾의 4,490 ml (33.7歲平均)과 大體로 같은 數值이다.

肺活量의 正常下界에 對하여 筈本¹⁾, 金²⁷⁾等은 豫測值의 -20%線을 擇하였다. 著者의 身長當 豫測回歸方程式에서 Standard error of estimate의 2倍以內를 正常範圍로 본다면 約-16%에 該當하며 上記한 -20%線과 大差가 없다.

全肺容量中 가장 論議의 對象이 되는 殘氣量은 健康對照群에서 904~1,428 ml인데, 이것은 Kaltreider⁶⁾의 1,190 ml (平均年令 22.9歲)와 1,300 ml (平均年令 43.2歲) 柳의 1,080 ml (33.7歲)와 類似하나, 永澤의 1,286 ml (27.5歲), 朴의 1,510 ml (22.5歲), 金의 1,240 ml (25歲)보다 적고 裴의 800 ml 보다 越等하게 큰 數值이다.

全肺容量은 5,400 ml 臺로서 Kaltreider의 5,370 ml (43.2歲), 柳의 5,570 ml (33.7歲)와 類似하고, 朴의 5,820 ml (22.5歲)보다 적으며, 永澤의 4,512 ml (27.5歲), 裴의 4,690 ml (36.3歲), 金의 5,060 ml (25歲)보다 큰 成績이었다.

健康對照群의 10% 低酸素環境에서의 肺活量은 金⁹⁾의 大氣呼吸時와의 差異 240 ml 보다 훨씬 적은 13~36 ml의 減少를 보일 뿐이었다.

80% 高酸素呼吸時에 對하여는 報告된 바 없으나, 著者의 實驗成績을 보면 50歲代가 大氣環境보다 168 ml 만큼 肺活量의 增加를 보일 뿐 큰 差異가 없다.

珪肺症에서는 慢性氣管支炎에 따라 氣管支의 機能的 狹窄이 오고, 이것이 肺氣腫의 原因으로서 크게 作用한다는 것이 이미 中村^{29,30)}等에 依하여 밝혀졌거니와 Motley³²⁾도 本症에서 心肺機能障害와 肺氣腫間에 相關이 높다고 指摘한 바 있고, 本實驗에서도 이것을 確認할 수 있다.

이러한 肺氣腫의 程度를 分類하려면 擴散障害, 動脈血酸素飽和度, CO₂貯溜等을 생각할 수도 있으나 肺氣腫이란 結局 肺臟이 gas를 充分히 呼出하지 못하는 狀態이며 卽 吸氣位에 놓이게 된다는 點을 생각할 때 이것은 바로 殘氣量과 機能的殘氣量이 增加할 것으로서 殘氣率(RV/TLC Ratio)을 가지고 肺氣腫程度를 分類한

Motley³²⁾의 方法도 一理가 있음을 알 수 있다. Theodos³³⁾는 炭珪肺患者의 主訴가 呼吸困難이라고 하였는데 이때에도 殘氣率은 좋은 指標가 된다. 卽 Hurtado³⁴⁾는 35% 線을 正常과 肺氣腫의 境界로 하였지만, 全肺氣量은 減少하는데 殘氣率이 높아질때도 있으므로 이것만으로 반드시 肺臟의 過膨脹을 말 할 수는 없다. 또 部分的肺氣腫인 境遇에는 殘氣率이 낮을수도 있으니 이것도 注目할 事實이다.

本實驗에서 보던 珪肺患者의 殘氣率은 少數例인 20歲代를 除外하고서는 26%以上이며 殘氣率別患者數는 第16表와 같다. 다만 健康勞動者가 50歲以上에서 殘氣率 25.6%로, 他年齡群보다 過膨滿狀態에 있는것은 老人肺, 老人性肺氣腫이 混在한것으로 생각된다.

Table 16. Number of the Silicotics Classified by the Age and the RV/TLC Ratio.

RV/TLC	Age				Total
	20~29	30~39	40~49	50~54	
~24%	2	13	24	7	46
25~34%	1	3	28	8	40
35~44%		2	4	4	10
45~ %		2	1	2	5
Total	3	20	57	21	101

Table 17. The Lung Volumes Shown by the Silicosis Stage

Lung volumes	Age		30~39		40~49		50~54	
	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II
No. of subjects	3	0	14	6	51	6	12	9
I.C.(ml)	3119	—	2948	2575	2782	2738	2695	2724
E.R.V.(ml)	1066	—	1277	1032	1072	1099	1108	998
V.C.(ml)	4185	—	4297	3607	3856	3837	3720	3722
R.V(ml)	1056	—	1444	1032	1445	1396	1869	1374
F.R.C.(ml)	2089	—	2721	2585	2530	2495	2977	2347
T.L.C.(ml)	5541	—	5669	5155	5334	5232	5646	5052
RV/TLC(%)	18.6	—	24.9	29.6	26.7	26.6	30.8	27.1

Table 18. The Lung Volumes Shown by the Silicosis Stage-per BSA

Lung volumes	Age		30~39		40~49		50~59	
	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II
No. of Subjects	3	0	14	6	51	6	12	9
I.C.(ml)	1900	—	1787	1605	1717	1768	1661	2724
E.R.V.(ml)	648	—	777	646	663	694	683	639
V.C.(ml)	2547	—	2560	2251	2380	2462	2327	2383
R.V.(ml)	527	—	888	999	897	898	1146	882
F.R.C.(ml)	1275	—	1661	1605	1558	1608	1829	1508
T.L.C.(ml)	3074	—	3448	3192	3282	3376	2564	3210

機能的 殘氣量은 本來 肺臟彈性收縮力, 胸廓彈性擴張力 및 胸廓 特히 肺의 粘性抵抗等 3者로 決定되는 것이여서 彈性的 縮力이 줄어들드는 慢性肺氣腫에서는 增加하고 胸廓畸形에서는 減少하며, 氣管支喘息같은 粘性抵抗 增加時에는 減少한다. 本實驗에서도 珪肺患者의 機能的 殘氣量은 顯著的 增加를 보이고 있었다.

全肺氣量은 健康群과 患者群 사이에 別差異를 나타내지 않고 있는데 全肺氣量이 肺臟보다 胸廓一橫隔膜間의 容積이라고 본다면 增加가 적은것은 當然한것으로서 이것은 珪肺症의 肺氣腫과 全肺氣量과의 사이에 一定한 關係를 보지 못한 motley^{31,32)}의 報告와 一致한다.

이와같이 全肺氣量이 거의 不變이고 殘氣量이 크다는 事實은 自然 肺活量의 減少를 推測하게 하는데, 이것이 本實驗에서는 128~275ml의 差로 나타났다. 이 肺活量의 減少가 深吸氣量의 減少에 依한 것인지, 豫備呼氣量이 減少한 것인지에 關해서는 學說이 많으나, 著者의 成績에서 보던 患者는 深吸氣量과 豫備呼氣量이 모다 減少하되 前者에서 特히 顯著하다.

肺活量分割中에서도 豫備呼氣量은 特히 被檢者의 呼吸停止時間에 따라 크게 左右되는데, 本間³⁶⁾는 16.00~12.93%의 低酸素試驗에서 健康人 動脈血酸素飽和度가 91.5~94.5%임에 反하여 珪肺患者는 77.5~84.0%라 하였고, 澤田³⁵⁾ 등은 珪肺 I 期에서부터 呼吸停止時間만이 變

化를 보인다고 報告하였다. 本實驗에서는 正常群이 大氣中에서 低酸素環境으로 移行함에 따라 肺活量이 體表面積當 不過 10~25ml 減少함에 反하여 患者群에서는 45~154ml 나 減少(少數例인 20歲代除外)하고 있는데 이것은 위와 같은 報告를 뒷받침하는 것으로 생각된다. 또 이때에는 豫備呼氣量의 變化가 比較的 크게 나타났다.

高酸素環境에서는 珪肺患者群도 健康對照群과 같이 50歲代에서만 100ml餘의 肺活量增加를 보일 뿐, 他年齡에서는 一定한 傾向이 없다.

肺容量과 珪肺期別사이에는 第17表 第18表에서 보는 바와 같이 一定한 傾向을 보지 못하였다.

5. 結 論

健康礦山勞務者 58名과 珪肺患者 101名에 對하여 大氣(21%) 및 10%, 80%酸素環境에서의 肺容量을 年齡別로 檢討한바 그 成績은 다음과 같다.

1. 健康勞務者의 肺活量은 50歲以後에 顯著히 減少하고 殘氣量, 機能的殘氣量은 年次的으로 增加하나, 全肺氣量에는 別變動이 없었다.
2. 珪肺患者의 殘氣率, 殘氣量, 機能的殘氣量은 健康對照群보다 顯著하게 크나 全肺量氣에는 差異가 없었다
3. 珪肺患者의 肺活量과 深吸氣量은 健康對照群보다 越等하게 적었다.
4. 大氣環境에서 10%低酸素環境으로 移行함에 따라 珪肺患者群에서는 健康對照群보다 肺活量이 顯著하게 減少하는데 여기에는 豫備呼氣量의 關與가 크다.
5. 80%高酸素環境에서는 健康對照群과 珪肺患者의 兩群 共히 50歲代를 除外하고는 大氣環境內에서의 것에 比하여 差異를 보지 못하였다.

Abstract

Ventilatory Function Tests on the Silicotics under the Various Oxygen Tensions

Part I. The Lung Volumes

Seung Han Lee, M.D.,

Graduate School, Seoul National University

In the course of a compensation test, the lung volumes were observed on 58 healthy and 101 silicotic coal-miners, with particular emphasis on the aging phenomena and the elimination of the malingering patients.

All the subjects were exposed to 10, 21 (room air) and 80 volume per cent oxygen for ten minutes respectively and the vital capacities and their subdivisions were obtained by analyzing the spirometers taken on the McKesson spirometer, The functional residual

capacity was measured by the closed circuit nitrogen equilibrium method. The findings are as follows:

1. In the healthy control group, the vital capacity decreased with the growing age, whereas the residual volume, the functional residual capacity and the RV/TLC ratio increased. The total lung capacity failed to show any significant change in relation with age.

2. In the silicotic group, the vital capacity, as well as the inspiratory capacity, showed considerable decrease as compared with the healthy control; while the residual volume, the functional residual capacity and the RV/TLC ratio increased markedly. There was no significant difference in the total lung capacity between the control and the silicotic groups.

3. In the 10% oxygen environment, the vital capacities of both groups, the control and the silicotic, decreased remarkably, especially by the participation of the expiratory reserve volume.

4. In the 80% oxygen environment, the vital capacity and its subdivisions of the control group presented no significant change from those in the room air environment, except above 50 years of age where the increase of the vital capacity was marked; and the silicotic group likewise.

REFERENCES

- 1) Ferris, B.G., Jr.: *Studies of pulmonary function.* *New Eng. J. Med.*, 262:557, 1960.
- 2) Lewis, B.M.: *Pulmonary function testing in industrial medicine.* *Arch. Environ. Health.* 3:262, 1961.
- 3) Princi, J.A.M.A., 150:1173, 1952.
- 4) 笹本, 梅田: 塵肺診査 *text.*, 1960.
- 5) Pappenheimer, et al.: *Standardization of definitions and symbols in respiratory physiology.* *Fed. Proc.*, 9:602, 1950.
- 6) Kaltreider, et al.: *The effect of age on the total pulmonary capacity and its subdivisions.* *Am. Rev. Tuberc.*, 37:662, 1938.
- 7) Greifenstein, et al.: *Pulmonary function studies in healthy men and women 50 years and older.* *Appl. Physiol.*, 4:641, 1952.
- 8) 裴憲: 珪肺症者의 肺機能, *韓國醫學*, 2:57, 1959.
- 9) 金奉健: 低酸素環境下에서의 肺機能, *가톨릭醫大論文集*, 4:107, 1960.
- 10) *The Committee on Pneumoconiosis and Committee on Standard and Practices in Compensation of*

Occupational Disease of the American Public Health Association: the Report of Silicosis, 1947.

11) 崔源老: 韓國人の 體表面積, 航空醫學, 4(2), 1956.

12) Finesinger, J.E.: Effect of pleasant and unpleasant ideas on respiration in psychoneurotic patients, Arch. Neurol. & Psychiat., 42:425, 1939.

13) Comroe, et al.: Pulmonary Function Tests, Methods in Medical Research Vol. 2, The Year Book Publishers, Inc., 1950.

14) Cournand, et al.: Influence of body size on gaseous N₂ elimination during high O₂ breathing, Proc. Soc. Exper. Biol. & Med., 48:280, 1941.

15) W.E. Collins, Inc.: Clinical Spirometry, 1959.

16) Comroe, et al.: The Lung, The Year Book Publishers, Inc., 1959.

17) 松下: 珪肺症의 心電圖 및 이에 對한 運動負荷試驗과 酸素缺乏試驗의 影響, 勞動科學, 32(9), 1956.

18) 中村, 瀧島: 肺機能과 그臨床, 文光堂, 1960.

19) Baldwin, et al.: Pulmonary insufficiency: I. Physiological classification, clinical methods of analysis, standard values in normal subjects, Medicine] 27: 243, 1948.

20) West, H.F.: Clinical Study on respiration. VI. Comparison of various standards for normal vital capacity of lungs, Arch. Int. Med., 25:306, 1920.

21) 船津等: 日醫新報, 1642:23, 1955.

22) Outbred & Flynn: Some aspects of chronic respiratory diseases in coal-miners in New South Wales, Australia, Dis. Chest., 37:390, 1960.

23) 越川: 炭山塵肺의 研究. 第6報. 最大換氣量에 關하여, 東北醫誌, 57:7, 1958.

24) 永澤: 肺機能不全의 研究, 東北醫誌, 53:136, 1956.

25) 朴等: 健康韓國人の 胞容積, 最大換氣量 및 秒時肺活量에 對하여, 大邱醫學誌, 2:45, 1959.

26) 柳光鉉: 韓國人肺結核患者의 肺機能에 關한研究, 結核, 11:11, 1961.

27) 金等: 健康韓國人の 肺臟機能에 關한 研究, 高秉幹博士頌壽記念論叢, 303頁.

28) 岡松: 推計學노트, Ohm社, 1961.

29) 中村: 最新醫學, 9:91, 1954.

30) 中村: 最新醫學, 8:1277, 1953.

31) Motley, H.L.: Impairment of pulmonary function in anthraco-silicosis, A.M.A. Arch. Indust. Hyg., 1:133, 1950.

32) Motley, H.L.: Pulmonary emphysema and ventilation measurements in one hundred anthracite coal-miners with respiratory complaints, Am. Rev.

Tuberc., 59:270, 1949.

33) Theodos, et al.: Am. Rev. Tuberc., 24:65, 1952.

34) Hurtado, A.: Studies of total pulmonary capacity and its subdivisions, J. Clin. Invest., 12:833, 1933.

35) 澤田等: 北九州某窯業의 珪肺에 關하여, 勞動科學, 30:514, 1954.

36) 本間: 珪肺症의 血液酸鹽基平衡, 東北醫誌, 53:255, 1956.

第 2 篇 最大換氣量에 關한 研究

1. 緒 論

最大換氣量이란 可能한 限의 努力을 기우려 過剩換氣(Hyperventilation)를 할때, 一定時間內에 일만큼 換氣할수 있는지 그 最大能力을 表示한다.

肺活量도 肺臟內外的 因子로 因한 換氣障害를 어느 程度 表示하는 것이나, 換氣時間을 全然 考慮에 넣지않고 있으므로 眞正한 意味에서 換氣能力을 나타내지 않는다 는것이 그間 여러 研究者에 依하여 指摘된바 있다. 이 點은 換氣氣流速도가 遲延되는 疾患에서 더우기 그러하다. 따라서 時間的 要素를 加味한 candle blow test 라던가 Ergometer 運動負荷로 疲勞의 絕頂에 到達한 때의 1分間 換氣量 即 Maximum Minute Volume 이라던가 (Peabody 1922年)하는 概念이 나왔고, 이것들은 呼吸 困難과 密接한 關係가 있음이 알려졌다. 今日的 最大換氣量의 基礎를 닦은것은 Jansen(1932)等인데 그後 本檢査는 各國에서 臨床的으로 廣汎한 應用을 보았고 그名稱도 Maximum Voluntary Ventilation¹⁾ (MVV), Atemgrenzwert 等 여러가지로 불리우게 되었다.

珪肺症에서는 氣管支에 Catarrh 性變化, 狹窄이 있음²⁾이 組織學的으로나 氣管支造形法으로 確認되어 있으므로 本檢査가 有效할것 이라는 것은 스스로 알수 있을 것이다. 笹本, 梅田³⁾도 塵肺患者中에서 心肺機能障害者를 摘出하여 그 管理區分을 決定할때에 第一 먼저 實施할 項目으로서 本檢査를 指目하고 있다.

다만 最大換氣量測定値는 使用한 器具의 性能으로 因하여 研究者마다 差異가 크고 또 年齡 增加에 反比例해서 顯著히 減少하며, 體力成分이 顯隔히 다른 職種間에서는 正常値를 相互融通할 수 없을뿐만이 아니라 特히 補償試驗에서는 虛偽努力者가 많다는 點에 비추어⁴⁾, 著者는 各種濃度酸素 呼吸時의 最大換氣量을 鑛山肉體勞動者와 珪肺症者에서 測定하므로써 客觀的立場에서의 肺換氣機能을 判定코져 한것이다.

2. 實驗對象 및 實驗方法

1) 實驗對象

鑛山肉體勞動에 從事하는 坑夫中에서 健康對照群 58名

(20~29歲 14名, 30~39歲 15名, 40~49歲 14名, 50~54歲 15名)을 無作爲抽出하였으며, 珪肺患者는 20~29歲 3名(I期), 30~39歲 20名(I期14名, II期6名), 40~49歲 57名(I期51名, II期6名), 50~54歲21名(I期12名, II期9名)이었다. 珪肺期別은 第I編에서 論述한 바와같이 American Public Health Association 分類法에 따라 區分하였다.

2) 實驗方法

最大換氣量測定에는 Respirometer를 使用하는 閉鎖回路法과 Douglas bag을 使用하는 開放回路法이 있다⁵⁾. 前者는 換氣圖를 描記할수 있으므로 被檢者의 協調與否를 確認하면서 施行할수 있고, Ventilograph로 總量을 쉽게 알수있으나, 器械自體의 粘性和 慣性低抗이 問題가 된다. 本實驗에서는 開放回路法을 使用하였는데, 患者에 있어서는 呼氣抵抗이 큰 影響을 주지 않는다는 說도 있다.

本檢査는 呼氣만을 모아 計測하였다.

測定時間은 10~30秒⁴⁻⁷⁾로 하고 이것을 一分值로 換算하는것이 普通인데, 最大努力을 기우려야 하므로 健康人에 있어서는 10秒以上 實施하면 苦痛을 주게된다. 本實驗에서는 Comroe⁴⁾, 襄⁵⁾等에 따라 歐美諸國에서 通常 採擇하는 15秒測定4倍法을 取하였다.

本實驗施行時의 1回換氣量은 氣道障害가 없으면 肺活量의 2分之1 程度로 하고, 15秒間에 15~20回의 速度로 呼出하도록 號令으로 調節하였으며 氣道障害가 있을때는 肺活量의 2~3分之1의 振幅으로 15秒間에 15~20回 以下 速度로³⁾ 呼出하도록 하였다. 이것은 1回換氣量이 最大呼氣曲線의 直線量以內로 들도록함이 좋다는 理論⁹⁾을 根據로 한것이다.

被檢者의 積極的協調를 促求하는 方法으로서는 重勞動負荷法, CO₂ 吸入法, 意志에 依한 方法의 3種이 있으나, 最大値를 얻을수 있는 同時에 簡便하기도한 意志法을 採擇하였으며, 5分以上 間隔을 두고 2回 反復하여 그中 큰 數値를 取하였다.

空腹時에 本値는 不當하게 低下됨으로 食後3時間에 立位에서 測定하도록 하였다.

이렇게 얻는 換氣量은 Wet test meter로 正確하게 計量하였고 BTPS로 補正하였다.

低酸素 및 高酸素環境은 檢査直前に 酸素과 窒素를

가지고 各各 10±1%, 80±1%가 되도록 만들었으며, 阿曾法¹⁰⁾에 따라 10分間呼吸시킨後, 1-way valve를 거쳐 Douglas bag에 連結하고, 最大換氣量을 測定하였다.

3. 實驗成績

1) 健康對照群의 最大換氣量은 第19表, 第3圖와 같다 即 大氣呼吸時에 있어서는 20~29歲에서 121.0L/min이던것이 年齡增加와 더불어 順次的으로 減少해서 50~54歲에서는 96.3L/min로 顯著히 低下되었다. 이 實驗値를 體表面積當으로 表示하면 第20表와 같이 72.2L/min에서 59.5L/min로 떨어지는 셈이다.

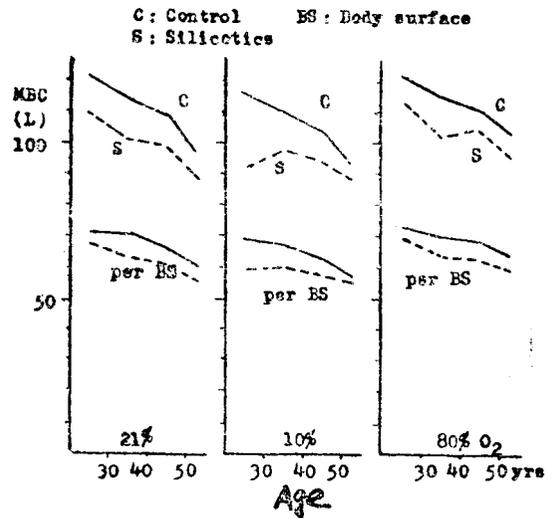


Fig. 3. The MBC of the Healthy Laborers and the Silicotics as Measured in Various Concentrations of Oxygen

最大換氣量은 性別, 年齡, 體表面積 또는 身長에 依하여 左右되는것이 알려져 있어서 이 3者를 考慮한 標準値算定式이 여러 研究者에 依하여 發表되고 있다. 著者는 實測値를 가지고 最大換氣量(M.B.C.)의 年齡에 對한 回歸方程式을 求하였는데

$$MBC(L/min) = [88.3 - 0.515 \times \text{年齡}] \times \text{體表面積}$$

年齡平均: 39.4歲

MBC 平均: 68.0 × 體表面積(L/min)

Table 19. The Maximal Breathing Capacity of the Healthy Laborers(Standing)

Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
O ₂ concentration								
No. of subjects	14		15		14		15	
Room Air(21% O ₂)	121.0	11.0	113.8	7.8	107.9	6.4	96.3	6.6
10% Oxygen	115.4	9.6	108.9	10.9	103.2	9.8	92.1	12.4
80% Oxygen	121.8	8.2	114.8	7.6	110.7	8.1	103.2	7.0

Table 20. The Maximal Breathing Capacity of the Healthy Laborers-per BSA(Standing)

O ₂ concentration	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects		14		15		14		15	
Room Air(21% O ₂)		72.2	7.6	70.9	7.9	66.3	5.1	59.5	4.1
10% Oxygen		68.7	7.2	68.2	8.1	63.4	6.4	57.2	10.8
80% Oxygen		72.7	6.5	70.2	5.4	67.9	6.0	63.5	5.2

Standard error of estimate: 6.0×體表面積을 얻었다.

2) 健康對照群에 있어서 10%酸素, 10分間 呼吸時에는 21%大氣呼吸時보다 最大換氣量이 減少하며, 年齡이 20歲代에서 50歲代로 넘어감에 따라 115.4~92.1L/min로 되고 있다(體表面積當 68.7~57.2L/min). 이것은 大氣環境內의 成績에 比하여 4.2L/min(50歲代)~5.6L/min(20歲代) (體表面積當 2.3~3.5L/min)의 減少이다(第19表, 第20表).

3) 健康對照群은 80%酸素 10分間 呼吸後에 最大換氣量이 年齡增加에 따라 121.8~103.2L/min(體表面積當 72.7~63.5L/min)로 되며 이것은 大氣呼吸時에 比하여 0.8L/min(20歲代)~6.9L/min(50歲代) (體表面積當 0.5~4.0L/min)의 增加를 보였다(第19表, 第20表).

4) 珪肺患者에 있어서는 最大換氣量이 大氣呼吸時에 20歲代의 111.0L/min에서 50歲代의 88.6L/min (體表面積當 67.9~55.3L/min)로 減少한다. 即 第21表와 같은데 이것을 體表面積當으로 表示한것이 第22表이다(第3圖).

이것을 同年齡의 正常勞務者群의 數値와 比較하면 20歲代의 10.0L/min(體表面積當 4.3L/min)로부터 50歲代의 7.7L/min(體表面積當 4.2L/min)만큼의 減少를 보인다.

5) 低酸素環境下에서는 珪肺症의 最大換氣量이 20歲代 92.8L/min(體表面積當 59.5L/m)로부터 50歲代 87.8

L/min(體表面積當 55.0L/min)까지를 차지하는데 이 數値를 患者의 大氣環境內의 成績과 比較하면 18.2L/min(20歲代)로부터 0.8L/min(50歲代)의 減少이었다. 이것을 體表面積當으로 보면 8.4~0.3L/min의 減少인데 年令이 젊을수록 差異가 큰 傾向이다(第21表, 第22表參照).

正常群의 低酸素環境値와 比較하면 22.6L/min(20歲代)~4.3L/min(50歲代) (體表面積當 9.2~2.2L/min)가 減少되었으며, 其中 20歲代의 減少가 크다.

6) 高酸素環境에서는 珪肺患者의 最大換氣量이 年令增加에 對하여 113.4L/min(20歲代)에서 94.7L/min(50歲代)로 되는데 이것은 體表面積當으로는 69.3L/min로부터 59.2L/min까지 減少하는 셈이다(第21表, 第22表).

이것은 또한 患者의 大氣環境値보다 2.4L/min(20歲代)乃至 6.1L/min(50歲代)의 增加(體表面積當 1.4L/min乃至 3.9L/min)이며, 年老者에서는 그 增加가 顯著하다 正常群의 高酸素環境値와 對比하면 20歲代에서 8.4L/min(體表面積當 3.4L/min), 50歲代에서 8.5L/min(體表面積當 4.3L/min)가 減少하고 있다.

7) 最大換氣量과 殘氣率(RV/TLC Ratio)과의 關係는 第4圖와 같다. 이 兩數値間의 相關係數는 -0.33으로서 1%의 危險率을 가지고 有意한 逆相關을 보였다. 全對象珪肺患者의 平均殘氣率은 26.3%, 平均最大換氣量은 99.2L/min이었다.

8) 最大換氣量과 肺活量과의 關係는 第5圖와 같으며

Table 21. The Maximal Breathing Capacity of the Silicotics(Standing)(L/min)

O ₂ concentration	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects		3		20		57		21	
Room Air(21% O ₂)		111.0	14.0	101.4	11.0	98.9	15.7	88.6	17.3
10% Oxygen		92.8	0.2	97.8	13.9	94.4	13.9	87.8	16.5
80% Oxygen		113.4	13.4	101.7	12.3	103.6	12.6	94.7	15.0

Table 22. The Maximal Breathing Capacity of the Silicotics(L/min)-per BSA (Standing)

O ₂ concentration	Age	20~29		30~39		40~49		50~54	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects		3		20		57		21	
Room Air(21% O ₂)		67.9	4.6	63.0	6.3	60.4	9.2	55.3	10.5
10% Oxygen		59.5	0.3	59.7	8.1	57.2	8.2	55.0	11.1
80% Oxygen		69.3	4.2	63.4	7.1	62.7	7.5	59.2	8.3

相關係數는 0.23이고, 5%의 危險率을 가지고 有意한 正相關의 關係를 나타냈으나, 이것은 推定에 慎重을 期해야 할 程度의 相關關係이다^{23, 23)}.

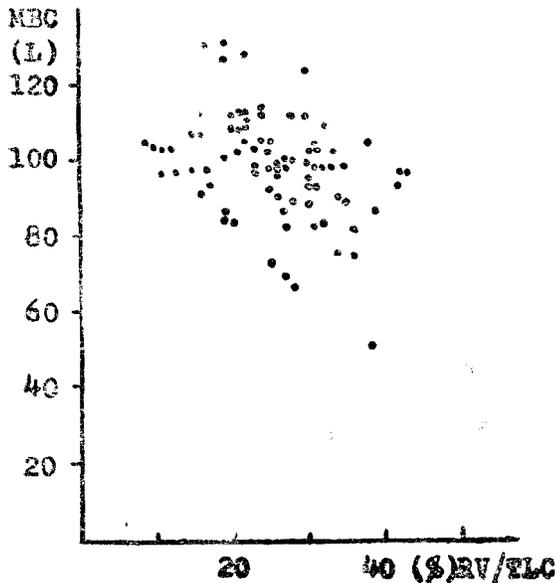


Fig. 4. The Relation between the MBC and the RV/TLC Ratio

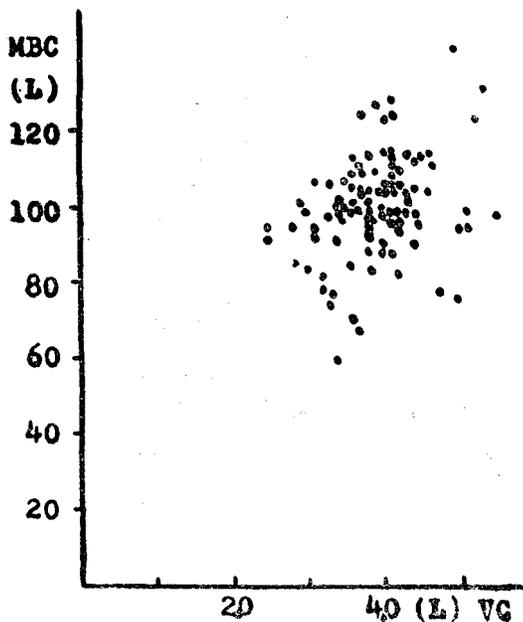


Fig. 5. The Relation between the MBC and the Vital Capacity

4. 考 按

最大換氣量이 自古로 測定實技面에 許多한 難點을 內包하고 있음은 事實이다. 그러나 作業能力과 相關시키

면 가장 有効한 單一檢査法일뿐만이 아니라¹¹⁾ 各種 換氣能値와 對比시켜 loading index, breathing reserve¹²⁾ capacity ratio¹³⁾, air relocality index¹⁴⁾等 有力한 換氣指數를 얻게된다. 또한 single breath test에서 間接的으로 本數値를 算出하는 方法^{3, 15)}도 있으나, 어떠한 疾患에서도 合當하게 適用시킬수 있는지 與否는 一考와 餘地가 있음으로 直接測定法은 아직도 有効한것이다.

最大換氣量의 正常値는 研究者마다 測定方法과 測定器具에 따른 差異가 많아서, 여러 豫測式이 提示되어 있는데, 그式들을 보면 다음과 같다.

- Baldwin: [86.5-0.522×年令]×體表面積
- 金上(20歲以上): [100.06-0.718×年令]×體表面積
- 船津: [86.91-0.492×年令]×體表面積
- 笹本:臥位 [90.6-0.58×年令]×體表面積
- 立位 [100.8-0.66×年令]×體表面積
- Motley: [97-0.5×年令]×體表面積
- 以上 Benedict-Roth 型 呼吸計使用
- 稻川: [97.54-0.369×年令]×體表面積
- Sanborn 製 metabolator 使用

著者의 豫測式은 大體로 Baldwin¹²⁾, 船津와 一致한다. 著者値는 炭坑夫에 關한 Outbred¹⁶⁾의 多數例報告 142~112L/min(20~54歲)보다는 적고, 永澤⁹⁾의 101.75~82.90L/min(20~49歲), 越川¹⁷⁾의 95.0~77.8L/min(20~54歲)보다는 越等하게 큰 成績이다. 著者의 數値는 또한 裴⁸⁾의 95.8L/min(36.3歲), 金¹⁸⁾의 112.0L/min(25歲)와 柳⁹⁾의 127L/min(33.7歲)와의 中間에 놓여 있다.

10%低酸素環境에서의 正常値는 金¹⁸⁾의 85L/min(25歲)보다 큰 結果를 나타냈다.

80%高酸素環境値는 文獻에 記載된바 없으나, 50歲代를 除外하고는 大體로 大氣環境値와 比等하다.

最大換氣量의 正常下界에 關하여 笹本³⁾는 -20%線(5%棄却限界)을, 越川¹⁷⁾는 -30%線을, 金等²⁰⁾은 -20%線을 採擇하였는바, 著者의 回歸方程式에서 s tandard error of estimate의 2 倍以內를 正常範圍로 보기로 하면 -18%線이 正常下界가 됨으로 笹本等의 -20%線은 實用的인 것으로 보인다. 本實驗對象의 健康勞務者 58名中에서 實際로 最大換氣量이 豫測値의 -20%線以下로 떨어진것은 1名에 下過하였다.

疾病狀態에 있어서의 最大換氣量의 態度는, 肺臟伸縮力만이 障害되고 正常的인 換氣氣流速度를 維持하는 肺纖維症²¹⁾에서는 別로 크게 減少되는 일이 없으며, 肺臟伸縮力과 換氣氣流速度가 共に 低下되는 肺氣腫에서는 確定的으로 減少된다. 氣管支喘息, 脊椎彎曲症, 氣管支擴張症等에서는 最大換氣量의 分布가 廣汎하여 一定한 傾向이 없다고 하는데, 本實驗에서는 第23表와 같이 珪肺患者 101名中 19名(18.8%)이 正常範圍外에 놓여 있었다. 笹本³⁾, 越川¹⁷⁾는 다시 -40%線以下를 中等度以上

Table 23. Subjects Grouped by the MBC in % of Predicted

MBC(% of predicted)	Control	Silicotics 1st stage	Silicotics 2nd stage	Silicotics Total
80~ %	57	63	19	82
75~79%	1	12	1	13
70~74%	—	2	0	6
~69%	—	3	1	

의 障害로 보았는데, 本實驗에서 standard error of estimate의 3倍(-26.5%) 即 約 -25%線以下로 떨어지는것만 추려보면 6名(5.9%)으로서, 珪肺症에 있어서의 最大換氣量減少를 如實히 알수 있다.

以上 結果는 珪肺症에 肺臟彈力性減少 또는 氣管支狹窄이 있기때문이라고 生覺되는데, 珪肺期別과 最大換氣量減少間에는 一定한 關係가 없는것으로 (第24表, 第25表)이 點은 越川, 襄와 다른 成績이다.

殘氣率을 가지고 肺氣腫의 程度를 본다면 永澤⁹⁾가 指摘한바와 같이, 最大換氣量과 肺氣腫間에 相當히 높은 逆相關關係가 보인다. 最大換氣量과 肺活量사이의 相關關係도 比較의 높았다.

Table 24. The MBC of the Various Stages of Silicosis(L/min)(Standing)

Silicosis	Age			
	20~29	30~39	40~49	50~54
No. of subjects	3	20	57	21
1st stage	111.0	101.1	100.3	83.5
2nd stage	—	101.4	98.9	88.6

Table 25. The MBC of the Various Stages of Silicosis(L/min)-per BS(Standing)

Silicosis	Age			
	20~29	30~39	40~49	50~54
No. of subjects	3	20	57	21
1st stage	67.9	62.6	60.9	51.4
2nd stage	—	63.0	60.4	55.3

珪肺患者의 最大換氣量도 低酸素環境에서는 大氣環境보다 低值를 보이나, 年少한 患者는 健康群보다도 그 減少가 顯著하게 나타나는 傾向이 있다. 反面에 高酸素環境에서는 珪肺症의 最大換氣量이 大氣環境보다 全般的으로 高值를 보이나, 年老한 患者이면 그 增加가 明確하다.

5. 結 論

健康한 嶺山勞務者 58名과 珪肺患者 101名을 對象으로 立位에서 Douglas bag 使用, 15秒測定法을 가지고 大氣呼吸, 10%低酸素呼吸 및 高酸素呼吸時의 分時最大換氣量을 測定하였는바, 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 健康勞務者의 最大換氣量은 年令에 逆比例하여 均等히 顯著하게 減少하며, 20歲代와 50歲代間에서 統計的으로 有意한 差異를 보였다.
2. 珪肺患者의 最大換氣量은 健康對照群보다 顯著하게 減少되나, 珪肺期別間에는 一定한 變化의 傾向이 없다
3. 10% 低酸素環境에서는 健康對照群, 珪肺患者群 共히 最大換氣量이 大氣環境에서 보다 減少되나 年少珪肺者는 對照群에 比하여 그 減少의 程度가 크다.
4. 80% 高酸素環境에서는 健康對照群, 珪肺患者群 共히 年老者의 最大換氣量이 大氣環境에서보다 顯著하게 增加한다.

Abstract

Ventilatory Function Tests on the Silicotics under the Various Oxygen Tensions

Part II. The Maximal Breathing Capacity
 Seung Han Lee, M.D.
 Graduate School, Seoul National University

The average values of the maximal breathing capacity on 58 healthy laborers and 101 silicotics were presented for 10, 21 (room air) and 80 volume per cent oxygen conditions respectively and the values for the latter group were discussed. The data were obtained by the 15 seconds open circuit method and one minute value was calculated.

1) The MBC of the healthy control group decreased inversely with the age. The author's regression formula is:

$$MBC(L/min) = (88.3 - 0.515 \times \text{age}) \times M^2 \text{ (B.S.A.)}$$

2) The MBC of the silicotic group decreased as much as 22.6L/min for 20~29years of age to 4.3L/min for 50 years and over, as compared with the control group.

3) In the low oxygen concentration, both the control and the silicotic groups showed decreased MBC than in the room air, especially in the younger silicotics.

4) In the higher oxygen concentration, the elder groups of both healthy laborers and silicotics showed remarkably increased MBC than in the room air.

REFERENCES

- 1) Ferris, B.G., Jr.: *Studies of pulmonary function*, *New Eng. J. Med.*, 262:557, 1960.
- 2) 瀧澤等: 東北醫誌, 49: 437, 1954.
- 3) 笹本, 梅田: 塵肺該査 *Text*, 1960.
- 4) Comroe, et al.: *The Lung. The Year Book Publishers, Inc.*, 1959.

- 5) Comroe, et al.: *Pulmonary function tests, Methods in Medical Research, Vol. 2, The Year Book Publishers, Inc., 1950.*
- 6) Gaensler, E.A.: *Analysis of the ventilatory defect by timed capacity measurements, Am. Rev. Tuberc., 64:256, 1951.*
- 7) Cournand, et al.: *Graphic tracings of respiration in study of pulmonary disease, Am. Rev. Tuberc., 40:487, 1939.*
- 8) 裴憲: 珪肺症者の 肺機能, 韓國醫藥, 2:57, 1959.
- 9) 永澤: 肺機能不全의 研究, 東北醫誌 53:136, 1956.
- 10) 松下: 珪肺症의 心電圖 및 이에 對한 運動負荷試驗과 酸素缺乏試驗의 影響, 勞動科學, 32(9), 1956.
- 11) 中村: 肺機能과 그 檢査法, 醫藥書院, 1959.
- 12) Baldwin, et al.: *Pulmonary insufficiency: I. Physiological classification, clinical methods of analysis, standard values in normal subjects, Medicine, 27:243, 1948.*
- 13) Matheson, et al.: *Ventilatory function tests. II. Factors affecting voluntary ventilatory capacity, J. Clin. Invest., 29:682, 1950.*
- 14) Gaensler, E.A.: *Air velocity Index: A numerical expression of the functionally effective portion of ventilation, Am. Rev. Tuberc., 62:17, 1950.*
- 15) Kennedy, M.C.S.: *A practical measure of maximum ventilatory capacity in health and disease, Thorax, 8:73, 1953.*
- 16) Outbred & Flynn: *Some aspects of chronic respiratory disease in coal-miners in New South Wales, Australia, Dis. Chest., 37:390, 1960.*
- 17) 越川: 炭山塵肺의 研究, 東北醫誌, 57:7, 1958.
- 18) 金奉健: 低酸素環境下에서의 肺機能, 가톨릭醫大論文集, 4:107, 1960.
- 19) 柳光鉉: 韓國人肺結核患者의 肺機能에 關한 研究, 結核, 11:11, 1961.
- 20) 金等: 健康韓國人의 肺臟機能에 關한 研究, 高乘幹博士記念論叢, 303頁.
- 21) Altschule: *Physiology in Diseases of the Heart and Lung, Harvard Univ. Press, 1954.*
- 22) Comroe, J.H., Jr.: *Interpretation of commonly used pulmonary function tests, Am. J. Med., 10:356, 1950.*
- 23) 岡松: 推計學 노트, Ohm 社, 1961.

第3編 分時換氣量에 關한 研究

1. 緒 論

呼吸道內로 新鮮한空氣를 吸入하고 이것과 거의 同量

의 gas를 呼出하는 周期的인 呼吸運動過程에서 每分 肺臟內에 出入하는 空氣量을 分時換氣量(minute volume) 이라한다.

이 呼吸道는 傳達氣道(conducting airway)와 肺胞(alveoli)로 構成되어 있고, 後者內에서만 酸素 및 炭酸瓦斯의 迅速한 交換이 일어나게 됨으로 實相은 肺胞內를 出入하는 gas量, 即 肺胞換氣量(alveolar ventilation)이 가장 重要한 換氣能力의 指標가 될 것이다. 다만 이 肺胞換氣量의 測定에는 呼吸速度와 1回換氣量 및 呼吸死腔量(respiratory dead space)의 3者의 所見이 全部 必要한데, 後者는 어느 場所에서나 正確한 測定을 할수있는것이 아니어서 歐美諸國에서도 大概 既成 data를 利用하는 處地이므로 單純한 安靜時의 分時換氣量을 測定하는수가 많다. 또 다른 方法으로서 呼氣와 肺胞氣의 炭酸瓦斯濃度를 갖이고 肺胞換氣量을 算出하면¹⁾ 結局觀血의 方法으로 還元되어 複雜한 問題가 發生한다.

分時換氣量은 換氣能力과 또한 energy代謝等 各種因子로 構成되는 呼吸中樞에의 刺戟의 兩者에 依하여 決定되는데 特히 本測定値가 正常以下로 減少될때에는 이것만으로도 큰 意義가 있다¹⁾. 從來 臨床醫學에서 呼吸速度를 가지고 把握하려던 患者의 呼吸面은 現在, 胸廓收縮差나 各種理學的檢査, fluoroscopy 등을 驅使하는 1回換氣量評價의 併用으로 變遷하고 있거니와 이것도 以上과 같은 理由에 立脚하고 있는것이다.

本實驗은 被檢時의 狀態에 따라 安靜時分時換氣量(resting minute volume)과 運動時分時換氣量(exercise minute volume 또는 exercise ventilation)으로 區分된다. 普通分時換氣量이라하면 前者를 말한다. 睡眠 乃至 安靜狀態에 있어서의 最小의 換氣로부터 過激運動이나 最大換氣量測定時같은 最大의 換氣까지, 이兩極間을 廣汎하게 變動하는 廣意의 分時換氣量은 結局 肺胞의 酸素分壓과 炭酸瓦斯分壓을 各各 正常水準인 約100 mm Hg와 40 mm Hg로 維持하는데 所要되는 換氣量이므로 그 正常値를 論하기가 困難하다.

測定基準의 統一이 比較的 容易하다는 點이 最大換氣量을 重要視하게된 하나의 動機도 되려니와 이것과 對極을 이루는 安靜時換氣量도 測定基準란 確立되면 有用한 指數가 될 것이다.

反面에 生體가 지닌 高度의 豫備能力은 肺臟機能에 있어서도 顯著하여 輕度の 器質的障害는 換氣面에 反映되지 않는것이 普通이므로 安靜時의 觀察을 가지고서는 그障害를 發見하기 困難할때가 많다. 이 豫備能力을 減縮시켜, 肺臟機能障害의 把握을 容易하게 만들기 爲하여 各種負荷試驗이 考案되어 있다. 여기에는 低酸素等 特定 gas를 呼吸시켜 呼吸機能의 亢進을 보는 方法과 肉體運動負荷를 課하는 方法이 있는데 本實驗서는 兩者를 併行實施하였다. 이들은 모다 被檢者의 意志如何에

따라 調節될 可能性이 없으므로 補償試驗같은 곳에서는 有用할것으로 生覺하였기 때문이다. 이들中 後者は 勞動力과의 關聯을 生覺할때 特히 有用하다. 運動負荷로서는 步行運動²⁾, step test^{3,4,5)}等도 있으나, 鑛山勞務者에 있어서는 各種四肢災害가 發生하기 쉬우므로, 重量舉上試驗이 가장 適合하다는것이 알려져 있다.

2. 實驗對象 및 實驗方法

1) 實驗對象

健康對照群은 58名(20歲代 14名, 30歲代 15名, 40歲代 14名, 50歲代 15名)으로 이들은 炭鑛抗夫中에서 抽出한 無作爲標本이다. 珪肺患者는 101名이었는데 이것을 American Public Health Association의 方法에 따라 分類하던 20歲代 3名(I期), 30歲代 20名(I期 14名, II期 6名), 40歲代 57名(I期 51名, II期 6名), 50歲代 21名(I期 12名, II期 9名)이다.

2) 實驗方法

換氣量은 吸氣를 모아서 算出할수도 있으나 本實驗에서는 呼氣를 採集하였다.

採氣方式은 閉鎖式回路에서 換氣圖를 描寫하기도하나 安靜時 또는 運動時兩側에서 보다 便利한 Douglas bag 使用의 開放式方法을 擇하였다.

安靜時換氣量은 普通 食後3時間¹²⁾에 20分以上 安臥시킨 다음 測定하나 本實驗에서는 測定時의 被檢者狀態를 嚴格하게 統一하기 爲하여, 入院翌日 早朝에 基礎狀態(basal condition)에서 檢査하였다. 被檢者의 姿勢는 仰臥位이다. 測定時의 誤差를 減縮시키기 爲하여 測定時間을 3分間으로 하였고, 後에 1分值로 換算하였다.

重量舉上運動試驗에서는 他運動負荷에서와 마찬가지로 그 負荷量이 問題가 된다. 그 重量으로서 흔히 10kg^{6,8)},

20kg¹⁰⁾, 40kg^{6,8,9)}를 採擇하나, 무거운수록 生體의 反應이 一律的으로 顯著하게 나타남이 알려져 있다^{6,7,9)}. 따라서 本實驗에서는 40kg 重量物을 使用하였다. 患者는 立位에서 膝關節을 伸展한채로 重量物을 膝關節部에 支持하여 準備하고 있다가 號令과 同時에 腰部를 伸展시킴으로서 舉上運動을하고 2秒1回의 速度로 20回 施行하였는데, 그直後, 1分間의 呼氣를 Douglas bag에 採集하였다.

모든 換氣量은 Wet test meter로 計測하였고, BTPS로 補正하였다.

또 「分時換氣量=1回換氣量×換氣數」의 關係를 利用해서 1回換氣量을 算出하였다.

低酸素 및 高酸素는 事前에 各各 10±1%와 80±1%의 酸素濃度가 되도록 作成하여 Douglas Bag에 貯藏하고 Levy 原法 阿曾變法¹¹⁾에 따라 10分間 呼吸시킨後에 同一 gas를 吸入시키면서, 大氣環境時와 同一한 方法으로 分時換氣量을 測定하였다.

3. 實驗成績

1) 健康對照群의 大氣環境中의 安靜時換氣量, 每分換氣數, 1回肺換氣量 및 40kg 重量舉上運動時肺換氣量은 第26表와 같다. 即 安靜時換氣量은 8.152ml(20歲代)~8.494ml(50歲代)로서 年齡增加에 따라 큰 變化가 없고, 每分換氣數는 17回(20歲代)~16回(30~50歲代)이며, 1回換氣量은 480ml(20歲代)~536ml(30歲代)로서 이것 또한 年齡과의 사이에 一定한 關係를 보지 못하였다. 運動時肺換氣量은 25.7L(30歲代)~24.0L(40歲代)로서, 年齡에 따르는 一定한 變化傾向이 없다. 分時換氣量을 體表面積當으로 表示하는데 對하여는 論議가 많으나, Comroe^{1,28)}等에 따라 體表面積當으로 表示하면 第27表와 같다.

2) 10%低酸素環境에서의 健康對照群의 安靜時換氣

Table 26. The Minute Volumes of the Healthy Laborers

Item	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15	
Minute volume(ml)	8152	898	8292	1427	8265	885	8484	1048
Respiration rate	17	1.5	16	2.1	16	2.3	16	1.8
Tidal volume(ml)	480	47	536	119	512	57	509	54
Loading ventilation(L)	25.4	4.3	25.7	5.2	24.0	3.7	24.5	2.4

Table 27. The Minute Volumes of the Healthy Laborers-per BSA

Item	Age 20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15	
Minute volume(ml)	4854	531	5150	920	5081	675	5186	808
Respiration rate	17	1.5	16	2.1	16	2.3	16	1.8
Tidal volume(ml)	288	25	331	64	315	38	313	30
Loading ventilation(L)	15.2	2.2	15.2	3.5	14.7	2.6	15.1	1.8

Table 28. The Minute Volumes of the Healthy Laborers in 10% O₂ Condition

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15			
Minute volume(ml)	10018	1042	9336	1808	9278	1616	10880	1892		
Respiration rate	19	1.8	18	3.2	18	2.3	18	2.8		
Tidal volume(ml)	532	41	544	165	519	87	621	152		

Table 29. The Minute Volumes of the Healthy Laborers in 10% O₂ Condition-per BSA

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15			
Minute volume(ml)	5923	690	5780	1072	5678	944	6605	845		
Respiration rate	19	1.8	18	3.2	18	2.3	18	2.8		
Tidal volume(ml)	322	28	338	85	322	52	381	90		

Table 30. The Minute Volumes of the Healthy Laborers in 80% O₂ Condition

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15			
Minute volume(ml)	8608	1256	8338	1299	8547	1466	8641	1246		
Respiration rate	17	1.9	16	2.3	17	2.9	17	2.0		
Tidal volume(ml)	505	47	525	91	512	68	510	77		

Table 31. The Minute Volumes of the Healthy Laborers in 80% O₂ Condition-per BSA

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	14		15		14		15			
Minute volume(ml)	5084	864	5135	865	5191	951	5303	646		
Respiration rate	17	1.9	16	2.3	17	2.9	17	2.0		
Tidal volume(ml)	301	44	321	46	311	43	314	45		

Table 32. The Minute Volumes of the Silicotics

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21			
Minute volume(ml)	7573	857	8020	1565	8739	1485	7973	1175		
Respiration rate	15	1.7	17	1.9	18	4.4	17	2.7		
Tidal volume(ml)	507	120	500	128	504	109	473	81		
Loading ventilation(ml)	—	—	25.4	5.3	25.5	6.1	27.4	5.4		

Table 33. The Minute Volumes of the Silicotics-per BSA

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21			
Minute volume(ml)	4632	271	4917	1115	5443	858	5008	849		
Respiration rate	15	1.7	17	1.9	18	4.4	17	2.7		
Tidal volume(ml)	308	53	304	86	312	66	296	48		
Loading ventilation(ml)	—	—	15.6	3.4	16.0	3.7	17.3	3.6		

량은 第28表, 第29表와 같다. 即 9.278ml(40歲代)~10.880 ml(50歲代)로서 大氣環境時보다 1.013ml(40歲代)~2.396 ml(50歲代)의 增加를 보이나, 年齡變動과는 一定한 關係가 없다. 每分換氣數는 19回(20歲代)~18回(30~50歲代)로서 大氣中보다 2회가 增加하였으며, 1回換氣量은 519ml(40歲代)~621ml(50歲臺)로서 大氣中보다 7(40歲臺)~112ml(50歲臺)의 增加를 보였다.

3) 80% 高酸素環境에서 健康對照群의 安靜時換氣量은 第30表, 第31表와 같다. 即 8.338ml(30歲代)~8.641 ml(50歲代)로서 大氣中보다 456ml(20歲代)~46 ml(30歲代)의 增加를 보이나, 이것은 低酸素環境보다 輕한 增加이다. 每分換氣數는 16回(30歲代)~17回(20, 40, 50歲代)로서 40歲以上에서는 大氣環境時보다 增加를 보인다. 1回換氣量은 505ml(20歲代)~525ml(30歲代)이며, 이는 大氣環境值에 比하여 一定한 增減을 보이지 않았다. 以上의 高酸素環境值는 年齡과의 사이에 一定한 傾向을 보기 어렵다.

4) 珪肺患者의 大氣環境內에서의 安靜時換氣量, 每分換氣數, 1回換氣量, 運動時換氣量(第32表, 第33表)은 各各 7573ml(20歲代)~8.739ml(40歲代), 15回(20歲代)~18回(40歲代), 507ml(20歲代)~473ml(50歲代), 25.4L(30歲代)~27.4L(50歲代)로서, 50歲代를 除外하고는 年齡增加에 따라 比較의 一定한 變動傾向을 보였다.

이것을 體表面積當으로 健康對照群과 比較하면 患者側에서 安靜時換氣量은 178ml(50歲代)~233ml(30歲代)만큼 減少하고 (40歲代는 (增加), 每分換氣數는 1~2回 增加하며, 1回換氣量은 3ml(40歲代)~27ml(30歲代)만큼 減少되고 (20歲代除外), 運動時換氣量은 0.4L(30歲代)~2.2L(50歲代)의 增加를 보이나 各各 例外가 있다.

5) 10% 低酸素環境에서 珪肺患者의 安靜時換氣量, 每分換氣數 1回換氣量은 (第34表, 第35表) 各各 10.236ml(40歲代)~9.655ml(30歲代), 18回(20, 30歲代)~19回(40, 50歲代), 524ml(20歲代)~561ml(40歲代)이며, 年齡과의 사이에 一定한 傾向이 없다.

Table 34. The Minute Volumes of the Silicotics in 10% O₂ Condition

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21			
Minute volume(ml)	10025	829	9655	1596	10236	1537	9726	2068		
Respiration rate	18	4	18	4	19	4	19	4		
Tidal volume(ml)	524	52	561	103	561	152	538	73		

Table 35. The Minute Volumes of the Silicotics in 10% O₂ Condition-per BSA

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21			
Minute volume(ml)	6415	485	5920	1230	6309	1046	6172	1345		
Respiration rate	18	4	18	4	19	4	19	4		
Tidal volume(ml)	336	36	416	70	343	77	339	58		

Table 36. The Minute Volumes of the Silicotics in 80% O₂ Condition

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21			
Minute volume(ml)	8267	1125	8984	1422	8681	1420	8529	1571		
Respiration rate	15	2	17	4	16	3	18	4		
Tidal volume(ml)	551	124	533	74	540	126	486	100		

Table 37. The Minute Volumes of the Silicotics in 80% O₂ Condition-per BSA

Item	Age		20~29		30~39		40~49		50~54	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of subjects	3		20		57		21			
Minute volume(ml)	5058	649	5511	889	5400	874	5326	1146		
Respiration rate	15	2	17	4	16	3	18	4		
Tidal volume(ml)	335	55	326	47	330	76	293	69		

安靜時換氣량을 珪肺患者의 大氣環境値와 比較하면 2.452ml(20歲代)~1.497ml(40歲代)만큼 一齊히 增加하고 每分換氣數는 3~1回 增加하며, 1回換氣量은 17ml(20歲代)~65ml(50歲代)의 增加를 보인다.

健康對照群의 低酸素環境値와 比較하면 患者側에서 體表面積當, 安靜時換氣量은 631ml(40歲代)~140ml(30歲代)만큼 增加하고(50歲代除外), 每分換氣數는 0~1回 만큼 增加하며, 1回換氣量은 14ml(20歲代)~78ml(30歲代) 만큼 增加(50歲代除外)하고 있다.

6) 80% 高酸素環境에서 珪肺患者는 (第36表, 第37表)는 安靜時換氣量이 8.267ml(20歲代)~8.954ml(30歲代), 每分換氣數가 15回(20歲代)~18回(50歲代), 1回換氣量이 551ml(20歲代)~486ml(50歲代)로서, 年齡增加에 따른 一定한 傾向이 없다.

이것을 同患者의 大氣環境値와 比較하면 各各 安靜時換氣量은 964ml(30歲代)~556ml(50歲代)만큼 增加하며 (40歲代除外), 每分換氣數는 增減이 不定하고 1回換氣量은 44ml(20歲代)~13ml(50歲代)가 增加하고 있다.

健康對照群의 高酸素環境値와 體表面積當으로 比較하면 患者側에서 安靜時換氣量은 376ml(30歲代)~23ml(50歲代)의 增加를 보이고(20歲代除外), 每分換氣數에는 一定한 傾向이 없으며, 回換氣量은 34ml(20歲代)~5ml(30歲代)만큼 크나 50歲代는 오히려 적다.

7) 安靜時換氣量과 殘氣率과의 關係는 第6圖과 같다. 兩者間은 相關係數 -0.16의 逆相關關係를 보이나, 이것은 10%의 危險率을 가지고서도 有意性이 없다.

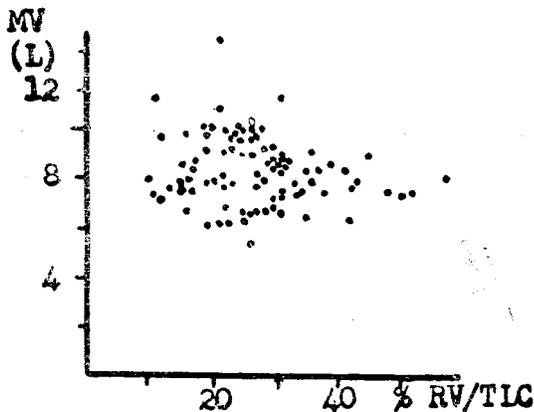


Fig. 6. The Relation between the Minute Volume and the RV/TLC Ratio

4. 考 按

換氣運動은 呼吸中樞에 對한 刺戟과 呼吸中樞의 反應性과 肺胸廓系의 運動能率의 3因子의 綜合結果가 表現

된것으로 後2者의 障害가 크면 換氣不足(hypoventilation)이 招來되고 後2者의 障害가 輕微하면서 中樞에 對한 刺戟이 強하여지면 過剩換氣(hyperventilation)狀態가 일어난다.

呼吸中樞에 對한 刺戟의 作用形式에 對하여서는 Rosenthal(1880) 以來로 學說이 많으나 現在로서는 chemoreceptor, pressoreceptor thermoreceptor 및 其他 receptor의 存在를 認定하는 Gray¹³⁾의 multiple factor theory가 흔히 그 妥當性을 認定받고 있다.

다만 分時換氣量은 最大換氣量에 比해서 그增減이 程度이고 心理狀態가 끼치는 影響^{14,15)}도 커서 綜合的態度가 不規則하므로 그 計測報告數에 比하면 意義의 考察은 少數에 끝이는 實情이며 中村¹⁶⁾는 有用한 screening test 項目中에서 이것을 除外하고 있다.

健康對照群의 安靜時分時換氣量의 正常値로서 Comroe¹⁾는 6L, 永澤¹⁷⁾는 6.523ml, 中村¹⁸⁾는 3~4L/BS(m²), 襄¹⁹⁾와 金²⁰⁾은 6.720ml, 佐竹¹⁴⁾는 6~8L, 柳²¹⁾는 7.73L를 提示하고 있으나, 本實驗에서의 肉體勞動者에 對한 數値는 大體로 後2者와 一致하는 結果를 보였다. 安靜時換氣量에 影響을 미치는 每分換氣數는 16~17回로서, 佐竹, 襄, 金과 一致하나, 永澤의 13回, Comroe의 11~14回보다 큰 成績이었다. 1回換氣量으로는 480~556ml을 얻었는데, Comroe의 500~600ml, 柳의 450ml, 永澤의 498ml와 比等하고, 襄의 400ml, 金の 420ml, 佐竹의 400ml 보다 若干 크다. 即 著者의 安靜時換氣量數値는 諸家보다 換氣數의 影響이 크게 미친것으로 보였다.

換氣量은 또한 動脈血의 O₂ 및 CO₂ 分壓과 pH에 따라 變化하며 後2者는 主로 1回換氣量의 增加를 敏感하게 이르기로서 分時換氣量을 増大시킨다. Anoxia는 換氣數도 若干 增加시키고, 또 1回換氣量도 増大시키나 그 作用은 敏感한것이 못되며, 16%酸素環境內에서도 換氣量에는 큰 變動이 없다고 한다¹⁾. 動脈 O₂ 分壓단의 刺戟作用을 보면 肺胞氣 O₂ 分壓이 70mmHg 以下가 되어야 receptor가 刺戟되지만 그래도 CO₂와 pH의 影響이 크고, 肺胞氣 O₂ 分壓이 60mmHg가 되어야, CO₂, pH 以上으로 큰 刺戟을 이트켜서 換氣가 增加한다. O₂ 不足만으로는 肺胞氣 O₂ 分壓이 30mmHg가 될때 換氣量이 激增하나, 實地上으로는 過剩換氣에 依한 動脈血 CO₂ 減少 및 pH 上昇때문에 換氣가 抑制되어서 換氣增加는 67%程度에 끝인다고 한다.

이에 關해서 Lutz & Schneider²²⁾는 肺胞氣 O₂ 分壓이 103mmHg에서 53.3mmHg(肺胞氣 CO₂ 分壓은 39.7mmHg에서 33.6mmHg)로 될때 換氣量이 7.6L/min에서 9.7L/min로 增加한다고 하였고, 佐竹¹⁴⁾는 吸氣中酸素濃度가 20.9%에서 10.1%로 變할때 1回換氣量은 588ml에서 742ml로, 每分換氣數는 14.4回에서 14.6回로,

換氣量은 8.32L/min에서 10.86L/min로 된다고 報告하였고 金²⁰⁾은 12% 低酸素環境內에서 安靜時換氣량이 40% 增加함을 보았다. 著者の 成績에서도 이와 類似한 現象을 볼수있는데 特히 50歲以上에서 安靜時換氣량의 增加가 顯著하다.

吸氣中の 酸素濃度가 增加할 境遇에 對해서는 別로 文獻에 記載된바 없으나, 本實驗에서 보던 安靜時換氣량이 低酸素環境值과 大氣環境值의 中間에 있고, 換氣數가 1回換氣量보다 確實한 影響을 주는것 같으나 大氣環境值과 大差가 있는것은 아니다.

疾病狀態에서의 安靜時換氣量에 對하여 肺纖維症, 閉塞性肺氣腫²³⁾과 珪肺症에서는 大體로 過剩換氣를 보나, Motley^{24 25)}와 永澤¹⁷⁾는 殘氣率 35%以上에서는 오히려 若干의 減少가 있다고 하였다. 이 過剩換氣는 一般的으로 Hering-Breuer Reflex 亢進等으로 說明되는데²⁶⁾, 이에 對하여는 異議도 없지않다²⁷⁾.

本實驗에서는 珪肺患者의 安靜時換氣량이 正常群보다 別差異를 보이지 않는데, 이것은 本對象患者가 大體로 輕症일뿐만이 아니라, 또한 여러程度의 殘氣率을 갖인 患者가 混在함으로써 그 變化가 相殺된 것으로 生覺하였다.

患者의 安靜時換氣量을 大氣와 酸素呼吸時에서 比較하면 그患者의 低酸素血症이 미치는 影響을 알수있다고 하였거니와¹⁸⁾, 本實驗에서는 低酸素環境에서 珪肺患者의 安靜時換氣량이 大氣環境보다 大幅增加하여 健康群低酸素值를 上廻하고 있으나 50歲以上단은 健康群보다 低值를 보이는 것이 注目된다.

高酸素環境에서 珪肺患者의 安靜時換氣量은 大氣環境值보다도 多少 增加하는 傾向이고, 健康對照群의 高酸素環境值보다도 大體로 높은 值를 보일뿐이었다.

運動時換氣量은 肉體運動時的 換氣量增加를 俾서 肺機能障害 特히 呼吸困難의 程度를 把握하려는 것이나, 이 運動時的 過剩換氣에 關與하는 因子에 對하여서는 不明한 點이 많다고 한다¹⁾. 如何間에 本實驗에서 보던 健康對照群과 珪肺患者群이 共히 運動時에 換氣量增加가 一律의으로 顯著하였는데 患者群의 運動時換氣量은 年令과 더부러 增加하고 健康對照群과의 差異도 增大됨으로 本換氣量은 同年令間에서 比較하여야 適當하다는 所見²⁸⁾과 一致하는 바이다.

安靜時換氣量과 殘氣率로 본 肺氣腫程度와의 사이에는 큰 相關關係를 볼수 없었다.

1回換氣量은 健康群과 珪肺群사이에 大差가 없다고 하는데¹⁷⁾, 本實驗서는 大氣環境에서 患者群值가 對照群值보다 적을뿐, 一般的으로 珪肺群의 1回換氣량이 健康群보다 큰 傾向이었다. 다만 低酸素環境에서 對照群 50歲代의 1回換氣량이 大幅增加하는 反面에 患者群 50歲代에서는 抑制되는 것이 注目되었다.

每分換氣數는 全般的으로 大差가 없는데, 40~45歲代 珪肺群의 低酸素環境值가 最高이고, 對照群의 大氣環境值가 一般的으로 最低로 나타났다.

珪肺期別과 安靜時換氣量사이에는 第38表, 第39表와 같이 一定한 傾向을 보지못하나, 運動時換氣量에 있어서는 確然한 差異가 있다.

Table 38. The Minute Volumes in Each Stage of Silicosis

Age Silicosis	20~29		30~39		40~49		50~54	
	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II
Ventilation								
No. of subjects	3	0	14	6	51	6	12	9
Minute volume(ml)	7573	—	7873	8364	8820	8056	8078	7830
Respiration rate	15	—	16	17	18	18	18	16
Tidal volume(ml)	507	—	505	488	509	463	464	485
Loading ventilation(L)	—	—	24.7	27.0	25.3	28.6	26.3	29.3

Table 39. The Minute Volumes in each Stage of Silicosis-per BSA

Age Silicosis	20~29		30~39		40~49		50~54	
	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II	S-I	S-II
Ventilation								
No. of subjects	3	0	14	6	51	6	12	9
Minute volume(ml)	4632	—	4766	5269	5471	5208	4993	5027
Respiration rate	15	—	16	17	18	18	18	16
Tidal volume(ml)	308	—	302	308	313	300	286	309
Loading ventilation(L)	—	—	15.3	16.1	15.8	17.8	16.2	19.1

5. 結 論

健康한 炭礦傭夫 58名과 珪肺患者 101名을 對象으로 各種酸素濃度環境에서의 安靜時換氣量과 40kg 重量學上 運動時換氣量을 測定하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 安靜時換氣量은 年令에 따라 큰 變動을 보이지 않으며, 珪肺患者群은 大氣環境에서 健康對照보다 多少 低值를 보였다.
2. 10% 低酸素環境에서 健康對照群과 珪肺患者群의 安靜換氣量은 大氣環境보다 大幅 增加하며, 患者群值가 對照群值를 上廻하나 50歲以上은 오히려 換氣가 抑制된다.
3. 80% 高酸素環境에서 健康對照群과 珪肺患者群의 安靜時換氣量은 大氣環境보다 多少 增加하는 傾向이 있다.
4. 40kg 重量學上 運動時換氣量은 珪肺患者群이 健康對照群보다 크며, 兩群間의 差異는 年令과 더부러 增大된다.

脫稿에 隨하여 本研究을 積極援助하여 주신 大韓石炭公社 崔永泰博士과 가톨릭醫大 曹圭常博士에게 深甚한 謝意를 表합니다.

Abstract

Ventilatory Function Tests on the Silicotics under the Vairous Oxygen Tensions

Part III. The Minute Volume

Saung Han Lee, M.D.

Graduate School, Seoul National University

The resting minute volume and the 40 kg loading exercise ventilation were measured on 58 healthy and 101 silicotic subjects, in various concentrations of oxygen. The results may be summarized as follows:

- 1) The resting minute volume was affected little, if any, by the age, and the silicotic in general showed slightly low value as compared with the control group.
- 2) In the 10% oxygen environment, both the healthy and the silicotic groups showed markedly increased resting minute volumes when compared with those in the room air. The elevation of the volumes was particularly remarkable in the latter group, but the situation was rather reversed after 50 years of age.
- 3) In the 80% oxygen environment, there was a tendency to increase the resting minute volumes in both groups to a slight degree.
- 4) The exercise ventilation was larger in the silicotics than in the control group, and the difference was widened greatly with the growing age.

REFERENCES

1) Comroe, et al.: *The Year Book Publishers, Inc.* 1959.

- 2) Warring, F.C., Jr.: *Ventilatory function: Experience with simple practical procedure for its evaluation in patients with pulmonary tuberculosis, Am. Rev. Tuberc., 51:432, 1954.*
- 3) Comroe, J.H., Jr.: *Interpretation of commonly used pulmonary function tests, Am. J. Med., 10:356, 1950.*
- 4) 笹本, 梅田: 塵肺診査 *Text, 1960.*
- 5) 齊藤: 結核胸部被術者の 肺機能, *勞動科學, 33:747, 1957.*
- 6) 吉川: 石炭山坑內夫의 負荷試驗에 依한 脈膊變動 I. 負荷直後의 變動, *勞動科學, 31:329, 1955.*
- 7) 吉川: 石炭山坑內夫의 負荷試驗에 依한 脈膊變動 IV. 恢復曲線의 統計學의 解析, *勞動科學 31:403, 1955.*
- 8) 佐野等: 珪肺者의 心肺機能, *勞動科學 28(4), 1952.*
- 9) 澤田等: 北九州某窯業의 珪肺에 關하여, *勞動科學, 30:514, 1954.*
- 10) 吉川: 珪肺換氣機能檢査, *勞動科學, 33(3), 1957.*
- 11) 松下: 珪肺症의 心電圖 및 이에對한 運動負荷試驗과 酸素缺乏試驗의 影響, *勞動科學, 32(9), 1956.*
- 12) Comroe, et al.: *Pulmonary function tests, Methods in medical research Vol. 2, The Year Book Publishers, Inc., 1950.*
- 13) Gray, et al.: *The measurement of voluntary ventilation capacity, Fed. Proc., 5:35, 1946.*
- 14) 佐竹, 藤田: 生理學講義, 南山堂, 1943.
- 15) Finesinger, J.E.: *Effect of pleasant and unpleasant ideas on respiration in psychoneurotic patients, Arch. Neurol. & Psychiat., 42:425, 1939.*
- 16) 中村: 肺機能과 그檢査法, 醫學書院, 1959.
- 17) 永澤: 肺機能不全의 研究, *東北醫誌, 53:136, 1956.*
- 18) 中村, 瀧島: 肺機能과 그臨床, 文光堂, 1960.
- 19) 襄憲: 珪肺症者의 肺機能, *韓國醫藥 2:57, 1959.*
- 20) 金奉健: 低酸素環境下에서의 肺機能, *가톨릭醫大論文集, 4:107, 1960.*
- 21) 柳光鉉: 韓國人肺結核患者의 肺機能에 關한 研究, *結核, 11:11, 1961.*
- 22) Lutz and Schneider: *Am. J. Physiol., 50:280, 1919.*
- 23) Kaltreider, N.L.: *J. Clin. Invest., 16:23, 1937.*
- 24) Motley, et al.: *Pulmonary emphysema and ventilation measurements in one hundred anthracite coal miners with respiratory complaints, Am. Rev. Tuberc., 59:270, 1949.*
- 25) Motley, et al.: *Impairment of Pulmonary function in anthraco-silicosis. A.M.A. Arch. Indust. Hyg., 1:133, 1950.*
- 26) Baldwin, E. de F.: *Medicine, 28:1, 1949.*
- 27) Donald, K.W.: *The definition and assessment of respiratory function, Brit. Med. J., 4807:415, 1953.*
- 28) 勝木, 佐野: 珪肺者의 心肺機能, *勞動科學, 29(5), 1953.*