

韓國人 青年男女의 最大酸素攝取量에 關한 研究

第 I 篇 最大酸素攝取量 測定値의 變異度에 關하여

<指導 梨花女子大學校 醫科大學 尹 海 炳 教授
延世大學校 醫科大學 洪 錫 基 教授>

梨花女子大學校 醫科大學 內科學教室 및
延世大學校 醫科大學 生理學教室

李 起 鏞

I. 緒 論

個體의 運動能力을 評價하기 爲하여서는 여러 角度에서 分析한 成績을 土臺로 하여야 하며 決코 單一檢査만으로는 不可能하다. 그러므로 어떻게 하면 體力을 가장 簡便하고도 正確하게 判定할 수 있는지에 關하여는 여러 生理學者들의 研究對象이 되어 왔다.

1922 年에 Hill¹⁾은 人體의 運動能力에는 最大限度가 있어 無限定으로 運動을 遂行할 수는 없는데, 이 最大限界點은 最大酸素攝取量에 依하여 決定되며 各個人에 따라 差異가 있다고 發表한 바 있다. 다시 말하면 最大酸素攝取量의 測定으로 人間의 運動能力을 評價할 수 있으며, 따라서 最大酸素攝取量 測定이 體力을 評價하는 가장 正確한 方法의 하나가 될 수 있다는 것이다. 그後 많은 學者들이 最大酸素攝取量의 測定方法을 考案하여 報告하였는데^{3, 4, 5, 8, 11, 12, 18, 19, 21)} 이와 같은 測定方法은 複雜할 뿐만 아니라 被檢者의 絶對的인 協力을 必要로 하며 아직도 標準測定法이 없는 實情이다. 大體로 最大酸素攝取量測定에는 直接的인 方法^{1, 2, 4, 5, 8, 15, 18, 19)}과 間接的인 方法^{3, 10, 11)}이 報告되었으나 後者로서는 近似值를 推定할 수 있을 뿐이며 따라서 正確한 方法은 아니다.

最大酸素攝取能의 決定은 運動選手의 撰拔基準을 爲하여서 뿐 아니라 軍人들의 戰鬪評價, 工場勞動者들의 作業能力 및 心肺疾患 患者들의 運動能力의 低下程度를 判定하는데도 必要한 것이다. 더욱이 우리나라에서 經濟的發展과 政治的成長에 앞서 國民의 體力養成에 힘을 써야할 現時點에서 國民의 體力을 判定함은 極히 重要한 課題가 아닐 수 없다. 따라서 著者는 韓國人에게 適用될 수 있는 最大酸素攝取量 測定法의 하나를 考案함과 同時에 이 方法을 利用하여 얻은 測定値의 變異度를 分析評價하므로써 測定方法의 信賴度를 規定하여 이에 報告하는 바이다.

II. 對象者 및 實驗方法

對象者로서는 健康한 韓國人 成人男子 7 名을 任意로 擇하였으며 그들의 年齡 및 體格은 第1表에 提示한 바와 같다. 即 年齡은 22 乃至 32 歲로서 平均値는 27 歲이었으며, 體重과 身長의 平均値는 各各 55 kg 및 163 cm 였다. 이 對象者들은 呼吸生理領域의 實驗에 매우 익숙하여 安靜時 및 運動時의 心肺機能檢査에 訓練이나 練習이 別途로 必要치 않았다.

測定項目으로서는 本 研究의 主目的인 酸素攝取量의 算出을 爲하여 分時換氣量의 測定 및 呼氣組成의 分析 以外에 參考로 分時心搏數를 測定하였다. 分時換氣量은 double Douglas valve 를 通하여 Douglas 袋에 一定時間 呼氣를 採取하고 그 容積을 dry gas meter 로 測定하였

第 1 表 被檢者의 年齡 및 體格

被檢者	年 齡 (歲)	身 長 (cm)	體 重 (kg)	體表面積 (m ²)
#1	27	159	50	1.50
#2	32	165	53	1.58
#3	27	161	50	1.52
#4	22	163	55	1.58
#5	22	168	56	1.64
#6	27	165	60	1.66
#7	27	163	55	1.59

으며, 이때 採取한 呼氣中の 酸素分率濃度를 Scholand-er¹⁷⁾ 微量가스分析器로 測定한 後 酸素消費量을 算出하였다. 慣例上 分時換氣量은 BTPS 로, 그리고 酸素消費量은 STPD 로 換算하였다. 心搏數는 2 個의 電極을 胸骨上部와 下部에 各各 附着시킨 후 Offner R.S. Dynograph 上에 心電圖를 描記하여 R-R 間隔을 土臺로 分時心搏數를 算出하였다.

于先 被檢者를 30 分間 充分히 安靜시킨 後 約 5 分間에 걸쳐 上記 心肺機能을 測定하고, warming-up 을 爲하여 9 度의 傾斜를 가진 treadmill 上에서 每時 4.3 km 的 速度로 10 分間 步行시켰다. 이때 처음 1 分 45 秒에서 2 分 45 秒 사이(W₁)와 8 分 30 秒에서 9 分 30 秒 사이(W₂)에 亦是 上述한 心肺機能을 測定하였다. 10 分間의 warming-up 後 3 乃至 5 分間 休息케 하고, treadmill 上에서 每時 8.73Km 的 速度로 傾斜度 0, 2.25, 4.5, 6.75, 9, 11.25 및 13.5 度下에서 各各 3 分間씩 疾走시키되 傾斜度를 一階段 올릴 때에 亦是 3 分 乃至 5 分 休息하게 하였다. 疾走時에는 1 分 45 秒에서 2 分 45 秒 사이에 上述한 心肺機能을 測定하였다. 大部分의 境遇 treadmill 的 傾斜度 11.25 度 以上에서는 3 分間을 完走하지 못 하였는데 이 때에는 1 分에서 2 分 사이 或은 1 分에서 1 分 30 秒 사이에 心肺機能을 測定하였다.

測定回數는 이와 같은 實驗操作에 익숙한 對象者들이라 하여도 測定變異度가 있을 것이며 따라서 그 變異範圍를 定하므로써 實驗方法의 信賴度를 規定함이 本研究의 目的이었기 때문에 1 名의 對象者에서 3 乃至 4 回씩 測定하였다. 그러나 同一對象者에서의 各 測定日間の 期間을 約 2 週間으로 하였으며 따라서 1 名의 對象者에 對하여 約 2 個月을 要하였다.

Ⅲ. 實驗成績

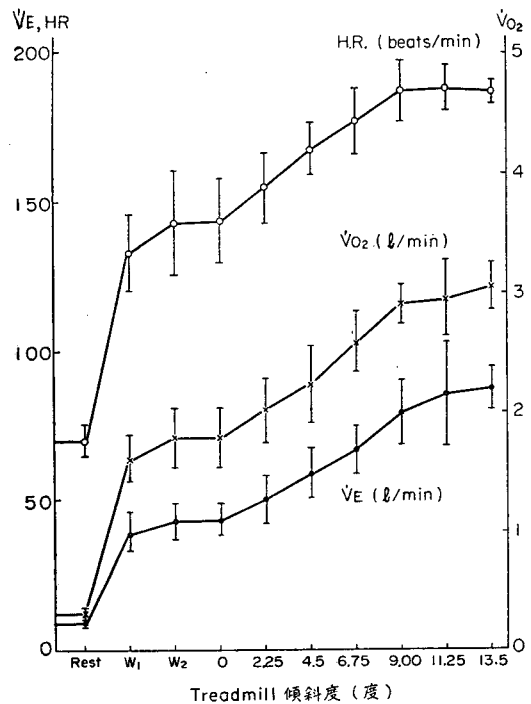
7 名의 對象者에서 安靜時, warming-up 時 및 treadmill 的 傾斜度를 上昇시키면서 每時 8.73 km 的 速度로 疾走時 測定한 分時換氣量(\dot{V}_E), 酸素消費量(\dot{V}_{O_2}) 및 分時心搏數의 總 平均値 및 標準誤差는 第 2 表와 第 1 圖에 提示한 바와 같다. 卽 warming-up 時에는 安靜時에 比하여 心搏數는 約 2 倍로 增加하였으며 分時換氣量은 約 40 l/min 로 또 酸素消費量은 約 1.7 l/min 內外로 上昇하였다.

Warming-up 後 疾走速度를 增加시키고 treadmill 的 傾斜度를 0 度로부터 2.25 度의 間隔으로 上昇시켰던 바 傾斜도가 9 度에 達할 때 까지는 分時換氣量, 酸素消費量 및 心搏數는 共히 直線의 으로 增加하였으나 9 度以上의 傾斜度에서는 그 以上 더 增加하지 않았다. 다시 말하면 傾斜度 9 度下에서 每時 8.73 km 로 疾走할 때 心臟 및 呼吸機能이 最高로 發揮되고 있음을 알 수 있으며 따라서 實質的으로 最大運動量에 達하였다고 볼 수 있다. Treadmill 的 傾斜도가 9 度 以上인 때의 分時換氣量은 87.4±8.1 l/min 이었으며 分時心搏數는 187±3.7 이었고 이 때의 酸素消費量은 3.04±0.18 l/min 이었다. Treadmill 的 傾斜度를 9 度에서 11.25 度로 上昇시켰을 경우의 酸素消費量의 增加量은 40 ml/min 에 不過하였으며

第 2 表 運動量變化에 따르는 分時換氣量(\dot{V}_E) 酸素消費量(\dot{V}_{O_2}) 및 心搏數의 變化

(平均値 ± S.E)

	\dot{V}_E (l/min)	\dot{V}_{O_2} (l/min)	心搏數 (beats/min)	
安 靜 時	9.0± 0.72	0.29±0.08	70± 5.3	
Warm-up { W ₁	38.8± 7.04	1.59±0.20	133±12.3	
{ W ₂	43.2± 5.82	1.78±0.24	143±17.8	
Treadmill 速度— 8.73 km/hr	0 度	43.5± 5.68	1.75±0.24	144±14.1
	2.25 度	50.2± 8.38	2.01±0.26	155±11.7
	4.50 度	59.4± 8.60	2.22±0.32	168± 9.1
	6.75 度	66.9± 7.97	2.58±0.27	177±11.2
	9.00 度	79.2±11.05	2.90±0.17	187±10.3
	11.25 度	85.9±17.50	2.94±0.32	188± 7.7
	13.5 度	87.4± 8.10	3.04±0.18	187± 3.7



第 1 圖 運動量變化에 따르는 分時換氣量(\dot{V}_E), 酸素消費量(\dot{V}_{O_2}) 및 心搏數(H.R.)變化(平均値土 標準誤差)

또 treadmill 的 傾斜度를 11.25 度에서 13.5 度로 上昇시켰을 경우의 酸素消費量의 增加는 100 ml/min 에 不過하였다. Taylor¹⁹⁾에 依하면 treadmill 的 傾斜度를 2.25 度 上昇시켰을 때 酸素消費量의 增加가 150 ml/min 以下인 때에는 이때의 酸素消費量을 最大酸素攝取量이라고 規定할 수 있다고 한다. 따라서 本 研究에 있어서

도 treadmill의 傾斜度가 9度 以上인 때의 酸素消費量을 最大酸素攝取量이라고 規定할 수 있다고 著者は 생각한다.

緒論에서 指摘한 바와 같이 本研究의 主目的은 最大酸素攝取量 測定值의 變異度를 規定하고자 하는 것이므로 同一被檢者에 對하여 3回 乃至 4回에 걸쳐 測定한 酸素消費量 測定值를 第1圖에 圖示하였다. 容易하게 推測할 수 있는 바와 같이 酸素消費量과 運動量間의 關係는 被檢者에 따라 그 樣相이 多少 相異할 뿐만 아니라 同一被檢者에 있어서도 實驗할 때마다 多少 差異를 보였다.

大體로 運動量이 增加됨에 따라 酸素消費量이 增加하고 窮極의으로는 酸素消費量이 거의 一定하게 固定됨은 上述한 바와 같거니와, 어떠한 경우에는 運動量이 어느 程度 以上일 경우 酸素消費量은 도리어 減少하기도 하였다. 即 이와 같은 경우에는 運動量이 너무 높으므로 因하여 心臟 및 呼吸系機能이 充分한 量의 酸素를 組織으로 供給하지 못할 뿐만 아니라 도리어 心肺機能의 障礙가 誘發된 것으로 생각된다. 이와 같은 樣相 以外에 어떤 경우에는 運動量 增加와 더불어 酸素消費量이 繼續 上昇하였으며 被檢者가 忍耐할 수 없는 極度の 運動量에서도 酸素消費量이 增加하였다. 따라서 著者は 被檢者가 氣盡할 때까지 運動量을 增加시키면서 酸素消費量을 測定하였던 것이며, 이 過程에 있어서 觀察한 最高酸素消費量을 最大酸素攝取量으로 간주하고 그 成績을 第3表에 綜合하였다. 同時に 最大酸素攝取量을 보였을 때의 分時換氣量, 分時心搏數 및 treadmill의 傾斜度도 아울러 記載하였다.

各 被檢者에 對하여 反復測定한 最大酸素攝取量의 變異係數는 3.10 乃至 11.32%이였으며 平均하여 6.32%이였다. 다시 말하면 著者가 使用한 方法으로 最大酸素攝取量을 測定할 경우 平均하여 約 6%의 變異度를 가지고 있음을 알 수 있으며 甚한 경우에는 變異度가 11%까지도 될 수 있는 것이므로 成績判斷에 매우 慎重을 期하여야 할 것이다. 參考로 最大酸素攝取量을 보일 때의 分時換氣量의 變異度를 보면 平均하여 5.22%이였음에 反하여 이때의 分時心搏數의 變異度는 2.14%에 不過하였다. 이와같은 事實로 미루어 볼 때 最大酸素攝取量 測定을 爲한 適切한 運動量을 規定하기 爲하여서는 運動量을 漸次로 增加시키면서 分時心搏數를 測定하되 後者가 固定되는 運動量을 찾으면 될 것으로 생각된다.

IV. 考 察

現在까지 文獻上에 報告된 最大酸素攝取量 測定法을 綜合하여 보면 Åstrand 等의 bicycle ergometer

第3表 各被檢者에서 얻은 最大酸素攝取量, 分時換氣量 및 心搏數와 變異係數

被檢者	測定回數	\dot{V}_{O_2} (l/min)	\dot{V}_E (l/min)	心搏數 (beats/min)	Treadmill 의 傾斜度 (度)
#1	1	3.03	71.4	192	9
	2	2.76	69.0	198	11.25
	3	2.30	61.4	183	9
	平均值	2.70	67.2	191	
	變異係數	11.10	6.35	3.25	
#2	1	2.94	80.5	183	13.5
	2	2.73	76.4	177	11.25
	3	2.77	70.5	177	11.25
	平均值	2.81	75.8	179	
	變異係數	3.10	6.83	1.57	
#3	1	2.80	83.1	204	9
	2	2.62	82.2	195	11.25
	3	2.99	80.0	201	9
	平均值	2.80	81.8	200	
	變異係數	5.35	1.57	1.85	
#4	1	3.37	100.0	195	13.50
	2	3.32	103.5	195	13.50
	3	3.30	105.0	192	13.50
	4	3.04	96.2	182	13.50
	平均值	3.26	101.2	193	
變異係數	4.50	5.57	1.59		
#5	1	3.25	72.6	189	9
	2	2.88	66.3	189	9
	3	2.99	75.9	189	13.5
	平均值	3.04	71.6	189	
	變異係數	4.60	5.57	0	
#6	1	3.40	108.2	192	11.25
	2	3.34	103.6	189	11.25
	3	3.08	96.3	216	9
	平均值	3.28	102.7	199	
	變異係數	4.28	4.76	6.08	
#7	1	4.08	104.8	186	9
	2	3.10	92.5	183	11.25
	3	3.40	87.4	186	6.75
	平均值	3.53	94.9	185	
	變異係數	11.32	7.7	0.76	
總 平 均 值		3.06	85.0	191	
變異係數의 平均 值 ±S.D.		6.32 ±3.41	5.22 ±2.04	2.14 ±2.00	

法,^{1,2,4,5} Treadmill 法^{15,18,19} 및 階段上昇法^{8,11} 등이 알려져 있다. 勿論 이와 같은 方法들은 各各 長短點이 있으며 따라서 正確度도 再檢討되어야 할 問題이다. 理論적으로 볼 때에 最大酸素攝取量測定을 위하여는 다음 두가지 點에 特別히 留意하여야 하는데 첫째는 最大運動을 遂行할 때에 可能한 限 모든 筋肉이 同時에 最大限으로 參與하도록 할 것이며, 둘째는 最大運動遂行 前에 반드시 準備運動期間이 있어야 한다는 것이다¹². 따라서 上記方法中 階段上昇法^{11,18}이나 bicycle ergometer 法^{4,6} 등은 簡便하긴 하지만 實際로 運動에 參與하는 筋肉이 制限되어 있다는 것이 缺點이며, 이에 反하여 treadmill 上에서 疾走할 때에는 더 많은 筋肉이 運動에 參與하게 되며 따라서 좀 더 理想에 가깝다고 생각된다^{5,19}. 最大運動을 負荷시키기 前에 warming-up 期間이 있어야 한다는 理由는 後에 다시 論議하겠지만, 最大運動을 하기 爲한 適應을 시키기 위함이며, 따라서 運動량을 階段的으로 增加시켜 負荷함이 妥當한 것이다¹⁹.

따라서 本實驗에서는 所定の warming up 을 시킨 後 運動량을 階段的으로 增加시키되, 適切한 때 休息을 시키면서 運動량을 極限點까지 達하게 하고 이때에 最大酸素攝取량을 測定하였던 것이다.

最大酸素攝取量 測定時 惹起되는 誤差는 優先 實驗操作에서 있을 수 있다. 即 酸素消費량을 算出하기 위하여서는 分時換氣量과 呼吸中의 酸素濃度を 測定하여야 하기 때문에 萬一 呼吸採取를 爲한 고무誘導管이나 double Douglas valve 의 抵抗이 크다면 分時換氣량이 減少되며 그 結果 酸素消費량의 測定이 不正確하게 될 것이다. 더구나 最大運動을 遂行할 때에는 呼吸困難을 呼訴하는 수가 많은데 이는 誘導管의 內徑이 좁거나 或은 valve 의 抵抗이 크면 더욱 困難해질 것이다. 따라서 Taylor 等¹⁹도 呼吸系 抵抗을 最少로 하고 呼吸를 採取할 수 있도록 實驗操作을 하여야 된다고 指摘하였다. 本研究에서 著者が 使用한 方法에 依하면 分時換氣量測定値는 同一被檢者에 對하여 約 5.2%의 變異度를 가지고 있었다(第3表參照).

最大運動을 시키기 前에 warming-up 및 輕運動을 負荷시키는 單純한 準備運動만의 意義가 아니며 여러 生理學的 意義를 가지고 있다. 即 運動으로 因하여 肺內 毛細血管이 擴張되고, 換氣되는 肺胞의 數가 增加하므로써 氣體交換을 容易케 하며 또 安靜時에 閉鎖되어 있는 筋肉內의 毛細血管도 大部分 開放되어 血流量을 增加시켜 酸素의 運搬能力을 增進시킬 수 있는 것이다^{9,13,14,20}. 그 結果 酸素를 攝取할 수 있는 能力이 漸次로 增加되어 結局 最大運動負荷時에 最大酸素攝取量測定이 可能하게 된다.

本 實驗에서는 以上과 같은 目的으로 treadmill 傾斜 9度에서 每時 4.3 km의 速度로 warming-up 을 시켰는데, 이는 傾斜 9度以上에서 每時 8.73 km의 速度로 疾走케 하여 最大酸素攝取량을 測定할 때의 運動量の 約半에 該當하는 運動量이다. Saltin¹⁶에 依하면 心臟의 一回搏出量은 運動時 增加되는데, 運動량이 最大運動의 40% 以上일 때는 더 增加하지 않는다고 하며, 이때의 心搏出量은 心搏數에 比例하게 된다고 한다. 따라서 warming-up 이 絕對的으로 必要한 또하나의 主要한 意義는 一回心搏出量을 最大로 增加시키는 데에 있다.

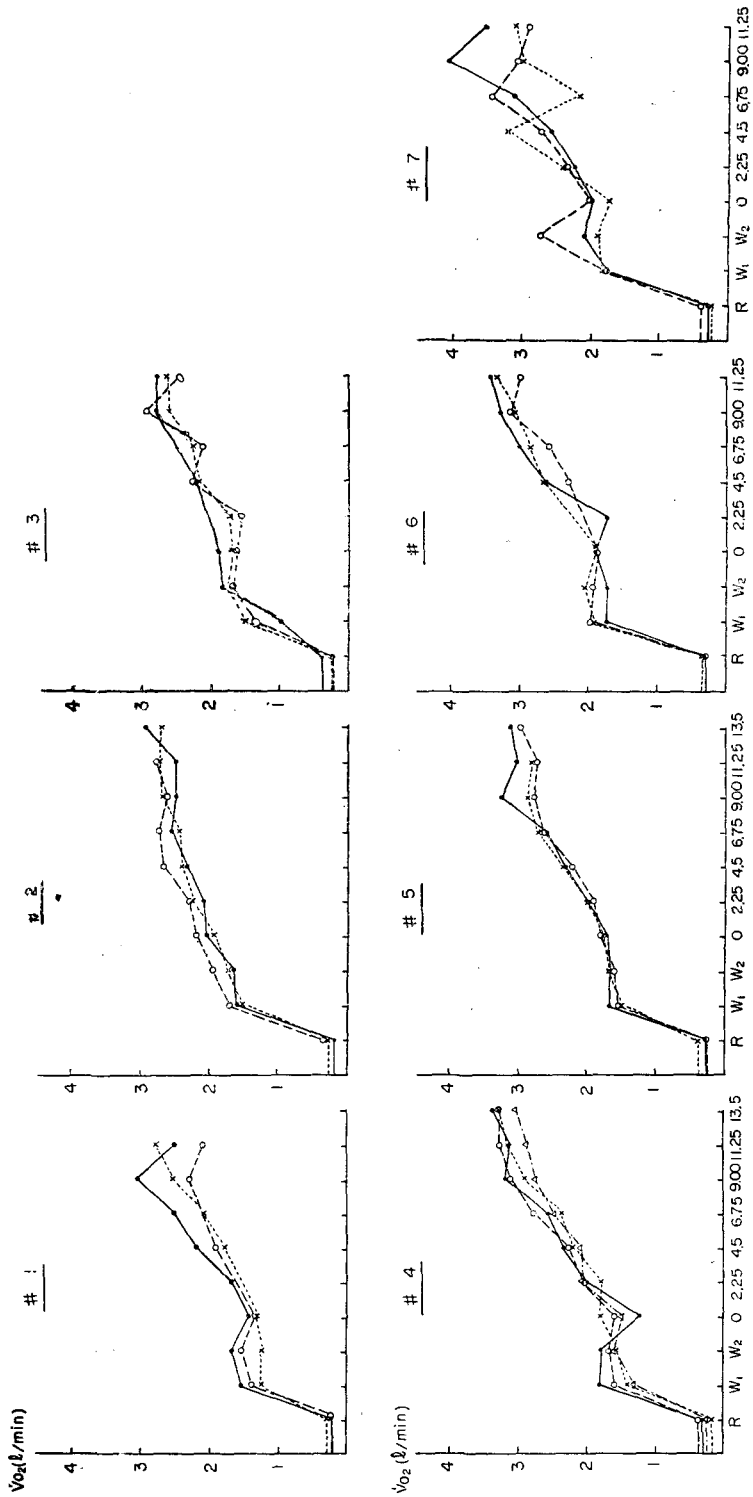
Taylor 等¹⁹은 treadmill 을 利用하여 warming-up 을 5.7度의 傾斜에서 每時 5.6 km의 速度로 10分間 緩走케 하였으며 그 後 5分以內에 每時 11.2 km의 速度로 3分間 疾走케 하였다. 그러나 Taylor 等¹⁹도 是認한 바와 같이 傾斜없는 treadmill 上에서 疾走速度를 階段的으로 增加시키므로써 亦是 最大酸素攝取량을 測定할 수도 있지만 이 때에는 적어도 每時 20 km의 速度로 疾走케 하여야 되며 또 測定誤差도 크다고 한다. 그러므로 오히려 速度를 比較的의 느리게 固定하고 傾斜度를 올리면서 運動량을 增加시키면 더욱 妥當하다고 생각된다.

이와 같이 最大酸素攝取量 測定方法에는 여러 가지가 있겠으나 要는 可能한 限 많은 筋肉이 最大運動에 從事하도록 할 것이며 따라서 이때 所謂 有氣의 最大運動量の 基準를 適切히 잡아야 할 것이다.

이 目的을 爲하여 著者は 運動량을 階段的으로 增加시키면서 이 때의 分時心搏數의 變化樣相을 觀察하였던 바 酸素消費량이 最大酸素攝取量值에 到達함에 따라 分時心搏數도 더욱 增加하지 않고 固定됨을 알 수 있었다(第1圖 參照).

이와 같은 事實은 最大酸素攝取量 測定을 爲하여 運動량을 增加시킬 境遇, 繼續的으로 心搏數를 測定하므로써 最大運動량을 容易하게 決定할 수 있음을 示唆하는 것이다. 特別히 最大心搏數의 變異係數는 最大酸素攝取량과 分時換氣量에 對한 數值보다 越等히 낮아 約 2%에 不過하였으며 따라서 이와 같이 心搏數의 同時測定은 매우 큰 實用價値가 있다고 본다. 現在, 運動生理學 領域에서 最大酸素攝取량의 測定이 相當히 重要視되고 있음에 비추어 이와 같은 原理를 利用하여 著者が 使用한 方法보다 더욱 簡便한 測定法을 考案할 수가 있다고 생각되며 이 領域의 研究는 現在 進行中에 있다.

著者が 本研究에서 觀察한 바에 依하면 各個人의 最大酸素攝取量 測定値의 變異係數는 平均하여 6.3%이었으며 이는 心搏數 및 分時換氣量의 數值보다 높았다(第3表 參照). 이와 같은 事實은 最大酸素攝取量值 決定에 關與하는 各種 因子中 心肺機能 以外的 他因子가 큰



Treadmill 傾斜度 (度)

第2圖 各被檢者에서 反復測定한 各運動量下에서의 酸素消費量

變異도를 가지고 있음을暗示한다. 이와 같은 因子로서는 運動에 關與하는 筋肉의 質量 或은 血流量等을 主로 들 수 있겠으며 앞으로 이에 對한 詳細한 研究가 要望 되는 바이다.

V. 結 論

正常 成人男子 7名에 對하여 最大酸素攝取量을 3회 내지 4회에 걸쳐 反復測定함으로서 該測定值의 個人別 變異도를 評價 分析하였다. 最大酸素攝取量의 測定을 爲하여는 9度 傾斜의 treadmill上에서 每時 4.3 km의 速度로 10分間 步行케 하여 warming-up을 시킨후, treadmill의 速度를 每時 8.73 km로 固定시키고 傾斜度를 0度에서부터 2.25度씩 階段的으로 增加시키면서 各 傾斜度下에서 3分間 走行케 하였다. Treadmill의 傾斜度는 被檢者가 氣盡하여 1分 30秒以上 走行할 수 없는 程度까지 增加시켰으며, 傾斜도를 上昇시킬 때마다 3分 내지 5分間 休息하게 하였다. 走行時 呼氣를 採取 分析하므로써 分時換氣量 및 酸素消費量을 測定함과 同時에 心電圖를 利用하여 分時心搏數를 測定하므로써 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. Treadmill의 傾斜도가 9度以下일 때에는 運動量이 增加함에 따라 分時換氣量, 酸素消費量 및 分時心搏數는 直線的으로 上昇하였으나 이보다 높은 傾斜度下에서는 上記 測定值는 대체로 固定되었다.
2. 最大運動量 負荷時의 分時換氣量은 87.4 ± 8.1 l/min 이었으며 分時心搏數는 187 ± 3.7 이었다.
3. 最大運動時의 酸素消費量 즉 最大酸素攝取量은 平均하여 3.04 ± 0.18 l/min 이었다.
4. 各 個人에 對한 最大酸素攝取量의 變異係數는 平均하여 6.32%이었음에 反하여 이 때의 分時換氣量 및 分時心搏數에 對한 變異係數는 各各 5.22 및 2.14%이었다.

REFERENCES

- 1) Anderson, K.L., and Hermansen L.: *Aerobic work capacity in middle-aged Norwegian men. J. Appl. Physiol.* 20:432, 1965.
- 2) Anderson, K.L., and Hart, J.S.: *Aerobic working capacity of Eskimos. J. Appl. Physiol.* 18:764, 1963.
- 3) Åstrand, P.-O., and Rhyhming, I.: *A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. J. Appl. Physiol.* 7:218, 1954.
- 4) Åstrand, P.-O., and Saltin, B.: *Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. J. Appl. Physiol.* 16:971, 1961.
- 5) Åstrand, P.-O., and Saltin, B.: *Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular work. J. Appl. Physiol.* 16:977, 1961.
- 6) Åstrand, P.-O., Cuddy, T.E. Saltin, B., and Stenberg, J.: *Cardiac output during submaximal and maximal work. J. Appl. Physiol.* 19:268, 1964.
- 7) Hill, A.V.: *The maximal work and mechanical efficiency of human muscle and their most economic speed. J. Physiol.* 56:19, 1922.
- 8) Kasch, F.W., Phillips, W.H., Ross, W.D., Carter, J.E.L., and Boyer, J.L.: *A comparison of maximal oxygen uptake by treadmill and step test procedures. J. Appl. Physiol.* 21:1387, 1966.
- 9) Krogh, A., and Lindhard, J.: *The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. J. Physiol., London,* 47:112, 1913.
- 10) Liddell, F.D.K.: *Estimation of energy expenditure from expired air. J. Appl. Physiol.* 18:25, 1963
- 11) Margaria, R., Aghemo, P., and Rovelli, E.: *Indirect determination of maximal O₂ consumption in man. J. Appl. Physiol.* 20:1070, 1965.
- 12) Mitchell, J.H., Sproule, B.J., and Chapman, C.B.: *The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. J. Clin. Invest.* 37:538, 1958.
- 13) Newman, F., Smalley, B.F., and Thomson, M.L.: *Effect of exercise, body and lung size on CO diffusion in athletes and nonathletes. J. Appl. Physiol.* 17:649, 1962.
- 14) Reeves, J.T., Grovers, R.F., Blount, S. Jr., and Filley, G.F.: *Cardiac output response to standing and treadmill walking. J. Appl. Physiol.* 16:283, 1961.
- 15) Robinson, S.: *Experimental studies in physical fitness in relation to age. Arb. Physiol.* 10:251, 1938.
- 16) Saltin, B.: *Aerobic work capacity and circulation at exercise in man. Acta Physiol. Scand.* 62:supple, 230, 1964.
- 17) Scholander, P.E.: *Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in onehalf cubic centimeter samples. J. Biol. Chem.* 16:235, 1947.
- 18) Sloni, N.B., Gillespie, D.G., and Harold, W.H.:

Peak oxygen uptake of healthy young men as determined by a treadmill method. J. Appl. Physiol. 10:401, 1957.

- 19) Taylor, H.L., Buskirk, E., and Henschel, A.: *Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. J. Appl. Physiol. 8:73, 1955.*
- 20) Williams, C.G., Bredell, G.A.G., Wyndham, C.H.,

Strydom N.B., Morrison, J.F., Peter, J., Fleming, P.W., and Ward, J.S.: *Circulatory and metabolic reactions to work in heart. J. Appl. Physiol. 17:625, 1962.*

- 21) Wyndham, C.H., Strydom, N.B., Morrison, J.F., and Peter, J.: *Differences between ethnic group in physical working capacity. J. Appl. Physiol. 18:361, 1963.*

:Abstract=

Studies on the Maximal Oxygen Intake of the Korean

Part I. Accuracy of the Measurement of Maximal Oxygen Intake

Kee Yong Lee*Department of Internal Medicine, Ewha Women's University College of Medicine
Seoul, Korea**and**Department of Physiology, Yonsei University College of Medicine
Seoul, Korea*

(Directed by Drs. H.B. Yoon and S.K. Hong)

In order to evaluate the accuracy of the measurement of maximal oxygen intake (MOI), the MOI in seven subjects was determined 3 to 4 times in each individual. Following a 10 minute warm-up on treadmill (4.3 km/hr with 9 degree grade), the subject was asked to run at a speed of 8.73 km/hr on treadmill for a period of 3 minutes at a given grade which was elevated in a step-wise manner from zero to the level of exhaustion. Following a 3 minute run, the subject was allowed to rest for a period of 3 to 5 minutes. During each period of running, several cardio-pulmonary functions were determined and the range of variability for each measurement was computed. The oxygen consumption during the maximal work load was taken as the MOI.

The results may be summarized as follows:

- (1) The minute volume, the oxygen consumption and the heart rate increased linearly until the grade was elevated to 9 degree above which these values were leveled off.
- (2) The minute volume and the heart rate during maximal exercise were 87.4 ± 8.10 l/min and 187 ± 3.7 per minute, respectively.
- (3) The maximal oxygen intake which corresponds to the oxygen consumption during maximal exercise was averaged to 3.04 l/min.
- (4) The coefficient of variance for the maximal oxygen intake was 6.32% while the corresponding values for the minute volume and the heart rate during maximal exercise were 5.22 and 2.14%, respectively.