

筋力 트레이닝에 관한 實驗的研究

第 1 報 : 肢體關節可動域을 달리한 抵抗運動負荷와 酸素消費量

金 振 元
(體育教育科)

I. 緒 論

抵抗運動 Resistive Exercise는 體力學部門을 비롯하여, 整形外科 및 Rehabilitation 分野에서 筋力 트레이닝방법으로 널리 채용해 왔던 能動的 運動負荷의 樣式이다.

筋力트레이닝을 위하여 채용하고 있는 抵抗運動의 方法에는, 等張性運動 Isotonics과 等尺性運動 Isometrics이 있다. 즉 전자는, 강화하고자 하는 筋群에 過負荷 Over-load가 될수 있는 重量을 이용하여 張力을 발휘하는 方法이며; 후자는 이미 설정해 놓은 關節支點에서 最大努力 Maximal Effort을 통하여 張力을 발휘하는 方法이다.

最近에 Rehabilitation 分野에서는 等運動性收縮 Isokinetic Contraction이라고 하는 새로운 筋收縮의 概念을 도입하여, 抵抗自動調節負荷裝置를 개발하여 抵抗運動負荷에 利用하고 있다.

Thistle, et. al. (1967 : 126)은 Cybex라고 하는 抵抗自動調節負荷 및 動的 筋力自記裝置를 이용하여, 急性循環器障害에 의한 半身不隨患者에게 抵抗運動을 負荷한 파이렛 實驗結果, 종래의 等張性運動 또는 等尺性運動에 比하여 顯저한 效果를 올렸다고 보고하고 있다.

일반적으로, 筋力트레이닝에 있어서 抵抗運動은 특히, 力動的 筋收縮에 의한 抵抗運動의 경우에는 重量의 負荷와 이에 따른 抵抗의 波及에 여러 가지 生體力學的 要因이 關여하고 있다. 즉 過負荷의 原則에 의하여 重量을 택하여 실시한다고 하더라도, 여기에는 動作의 속도나 關節의 可動域과 같은 要因에 의해서 筋群에 미치는 抵抗의 波及에 顯저한 차이가 생기게 된다.

等運動性收縮의 概念을 근거로 抵抗自動調節負荷裝置를 이용하여 力動的 抵抗運動을 負荷할 때에는 屈伸動作中에 屈筋群과 伸筋群이 어느 정도 別도로 作用된다는 利點이 있다. 이같이 屈筋과 伸筋의 作用이 區別될 수 있다는 사실은, 筋群에 미치는 抵抗의 波及이라는 觀點에서 생각할 때, 筋力트레이닝의 方法으로는 매우 능률적이기도 하다. 그러나, 일반인이 자기의 體力의 維持 및 增進에 使用하기에는 너무나 高價이기 때문에 거의 使用이 불가능하다는 사실을 지적하지 않을 수 없다. 여기에서 筋力트레이닝을 위해 抵抗運動을 채용

함에 있어, 等運動性收縮의 概念을 고려하여, 종래의 力動的 抵抗運動方法의 결점을 補充한다는 일은 매우 的의있는 일이다.

本 研究에서는 生體力學的 要因의 運動의 速度와 關節의 可動域을 고려하여 우선 運動의 速度를 일정하게 하고, 關節可動域에 대하여서는 半可動域運動 Half-Range-Motion과 全可動域運動 Full-Range-Motion으로 바꾸워 가며 抵抗運動을 負荷하였을 때에, 體力生理學的 要因의 酸素消費量에 대하여 살펴봄으로써, 筋力트레이닝방법의 效率化를 위한 基礎的 情報를 얻고자 한다.

II. 研究方法

1. 被驗者

被驗者에는 健康한 青年 남자 7명을 대상으로, 全원 負荷實驗에 應함에 있어 신체적 및 精神적으로 아무런 이상이 없음을 확인한 후에 실시하였다.

Table 1. Physical Characteristics (N=7)

Items	Mean	SD
Ages (Years)	27.3	2.8
Height (cm)	171.9	8.9
Weight (kg)	66.1	8.6
Arm Strength (kg)		
Non-dominate	45.6	6.5
Dominate	46.9	5.5
Leg Strength (kg)	159.3	29.6

被驗者의 연령은 평균 27세(23-30세)였으며, 그 體力的 特性은 Table-1과 같다. 특히 주목할 사항은 體力的으로 일반인과 비교하여 특별한 사항이 없음을 밝혀 둔다.

2. 運動負荷條件

運動負荷에는 Bar-bell을 사용하였으며, 上肢運動方法으로는 Two-Hands-Curling을 下肢運動方法으로는 Squat를 반복토록 하였다.

動作時의 關節의 可動域은 半可動域運動과 全可動域運動의 두 가지로 하였다. 動作速度의 規制는 Metronome을 사용하여, 上肢・下肢運動 共히 3초 마다 1회(20회/min.)의 템포로 屈伸토록 하였으며, 全 運動負荷時間은 上肢・下肢運動 共히 2분간, 合계 40회 반복토록 하였다.

負荷重量은 上肢運動에 10kg, 下肢運動에 30kg을 基本으로 하였으며, 最大筋力의 個人差를 고려하여, 上肢運動時에는 握力을 下肢運動時에는 脚筋力을 基準으로 각각 2.5kg 및 5kg

을 증감토록 조절하였다.

이상과 같은 실험은 室内溫度 20°C E.T.를 항시 유지하는 人工氣候室에서 적어도 30분 이상 安靜을 취하게 한 연후에 실시하였다. 특히 前半 運動後에 충분한 휴식을 취하고 後半 運動을 하도록 배려하였으며, 運動負荷順序로는 上肢・下肢運動 및 半可動域・全可動域 運動을 無作爲로 교대하였다.

3. 測定項目 및 方法

測定項目으로는 우선 酸素消費량을 測定하기로 하였다.

酸素消費량은 Open-Circuit Method에 의하여 運動前・運動中・運動後 전반에 걸쳐 연속적으로 측정하였다.

採氣는 被驗者에게 Mask를 裝着시키고 Respiro-Meter(Fukuda Co., Model # CR-20型)에 연결하여 呼氣量이 자동적으로 連續記錄되도록 하였다.

Gas分析은 Respiro-meter에서 직접 Respizizer (Fukuda Co., Model # CR-20型)에 연결하여 자동적으로 분석되도록 하고 30초마다 呼氣中의 O₂와 Co₂의 濃度を 측정하였다.

4. Data 處理

採氣가 連續自記된 用紙에서 30초마다의 呼氣量을 산출하고, 人工氣候室內의 氣溫 氣濕 氣流와 呼氣溫을 근거로 補正值를 환산하였다.

한편, 補正된 呼氣量에 대한 30초 마다의 O₂와 Co₂의 濃度を 근거로 30초 마다의 O₂消費量 및 Co₂排出量을 계산하였다.

Ⅲ. 實驗成績

上肢・下肢運動別 그리고 半可動域・全可動域運動別로 집계한 酸素消費량은 다음의 Table-2 및 Table-3과 같다.

한편, 上肢・下肢運動別 그리고 半可動域・全可動域運動別 酸素消費량을 비교하기 위하

Table 2. Mean and SE of Oxygen Consumption by Range of Motion of Arm

Range of Motion	Pre	During		Recovery				
		1	2	1	2	3	4	5 (Min)
Half R-M (cc)	279.4 (11.3)	494.9 (52.3)	592.0 (40.5)	434.6 (37.9)	440.6 (38.3)	382.6 (16.2)	319.1 (11.6)	310.3 (18.8)
Full R-M	279.4 (11.3)	456.9 (60.9)	666.4 (79.3)	512.1 (44.5)	491.3 (33.7)	368.4 (24.1)	331.9 (15.0)	398.4 (19.8)

Table 3 Mean and SE of Oxygen Consumption by Range of Motion of Leg

Range of Motion	Pre	During		Recovery				
		1	2	1	2	3	4	5 (Min)
Half R-M (cc)	279.4 (11.3)	735.1 (71.8)	1403.1 (92.1)	1275.0 (98.3)	865.3 (54.4)	434.0 (43.9)	355.9 (36.8)	348.6 (23.1)
Full R-M	279.4 (11.3)	824.7 (84.0)	1890.1 (119.1)	1671.7 (88.1)	1006.0 (58.2)	625.1 (41.7)	542.0 (36.6)	479.3 (29.6)

여, 前値에 대한 百分率을 運動中・運動後 回復過程에 따라 환산한 圖表는 Fig. 1과 같다.

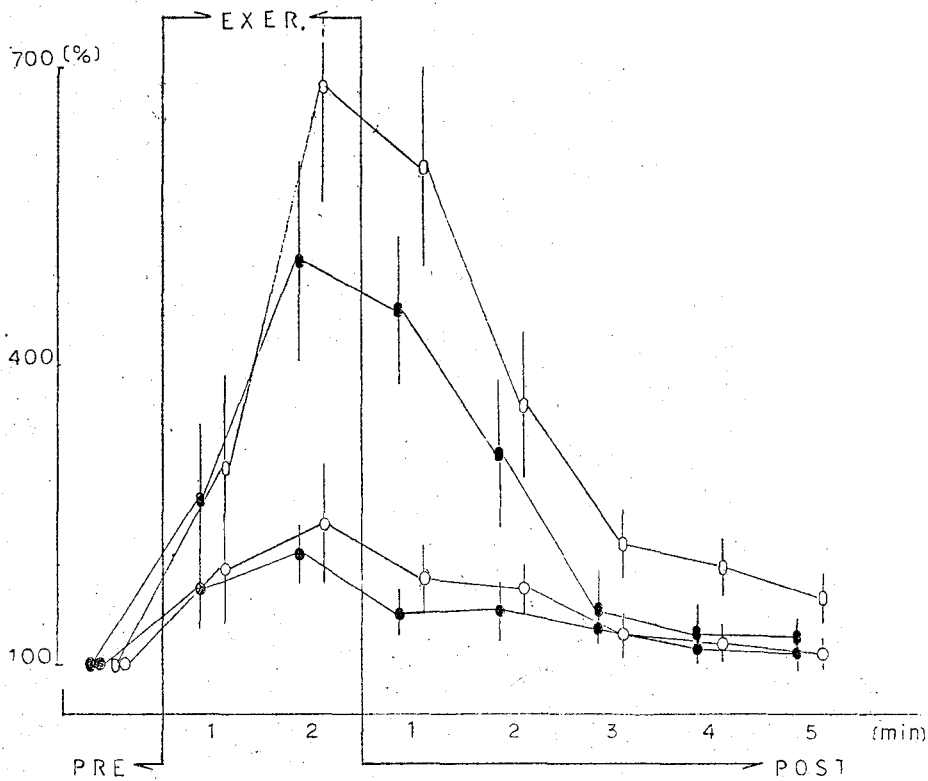


Fig. 1. Oxygen Consumption by Range of Motion (Black:Half White: Full) and (Arm: ●O, Leg: ●O).

이상의 성적에서 보는 바와 같이, 運動中에 上肢運動의 경우, 半可動域運動은 全可動域運動에 비하여 약 10% 정도 감소된 경향을 나타내고 있으며, 下肢運動의 경우도 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 약 25% 정도 감소된 경향으로 나타나고 있다.

또한, 運動後 回復過程에 있어서도, 上肢・下肢運動 共히 半可動域運動이 全可動域運動

에 비하여 약간 회복이 빠른 경향을 나타내고 있다.

이와 같은 경향에 대하여, 前値에 대한 %-수준의 성적을 이용하여 分散分析을 처리한 결과, 다음의 Table-4 및 Table-5에 나타난 바와 같이, 上肢・下肢運動 共히, 그리고 半可動域・全可動域運動 共히 有意義한 差異를 인정할 수 있었다.

Table 4. Analysis of Variances-Oxygen Consumption of Arm (%)

Variables	df	SS	MS	F
Trials (T)	1	4237.15	4237.15	20.41 a
Subjects (S)	6	28342.78	4723.80	22.75 a
Recovery (R)	6	138778.63	23129.77	111.39 a
T×S	6	5491.35	915.23	4.41 a
T×R	6	3715.78	619.30	2.98 b
S×R	36	49097.51	1363.82	6.57 a
T×S×R	36	7475.22	207.65	
Total	97	237138.42		

a; Significant, $p < 0.01$.

b; Significant, $p < 0.05$.

Table 5. Analysis of Variances-Oxygen Consumption of Leg (%)

Variables	df	SS	MS	F
Trials (T)	1	168448.06	168448.06	184.02 a
Subjects (S)	6	166387.86	27731.31	30.29 a
Recovery (R)	6	2684740.29	447456.72	488.81 a
T×S	6	11147.44	1857.91	2.03
T×R	6	61906.72	10317.79	11.27 a
S×R	36	115289.85	3202.50	3.50 a
T×S×R	36	32954.28	915.40	
Total	97	3240874.50		

a; Significant, $p < 0.01$.

IV. 考 察

Ralston (1953:166)은 筋收縮에 의한 活動張力의 크기는 그 筋이 가지는 生體內에서의 筋長의 정도에서 最大이었다고 하면서, 筋長과 張力의 발휘에는 밀접한 관계를 가진다고 보고하고 있다.

等張性運動의 경우, 骨格을 連結桿 Link으로 關節을 軸 Axis로 하는 關節可動域에 의해서 筋長이 변하며, 따라서 일정한 重量의 負荷를 抵抗으로 하여 발휘되는 張力은 力學的 不利性 Mechanical Disadvantage을 피할 수 없다.

等尺性運動의 경우, 고정된 關節을 軸으로 하기 때문에 筋長이 변하지 않은 채 最大努力이 발휘되어 비록 力學的 不利性은 피할 수 있다 하더라도, 급격한 筋收縮을 단시간에 경과하는 동안에 動脈血流의 遮斷이라고 하는 生理的 不利性 Physiological Disadvantage를 초래하는 경우를 피할 수 없다. 더욱이 運動處方을 할 때에 수 많은 關節軸을 고려하여 운동 프로그램을 편성해야 하며, 따라서 운동실시시에 절차상의 복잡성도 있어, 等尺性運動만의 筋力트레이닝의 효과에 대하여서는 어려운 문제점이 많이 개재하고 있다.

Rash & Morehouse(1957 : 29)은 筋力트레이닝時 等張性運動과 等尺性運動의 효과에 대한 연구에서, 等張性運動이 等尺性運動에 비하여 效率의이였다고 보고하고 있다.

筋力트레이닝현장에서는 抵抗運動을 채용함에 있어, 等張性運動을 주로, 그리고 等尺性運動은 특정한 筋群의 강화를 목적으로 等張性運動의 補強運動으로 채용하고 있는 실정이다.

이상에서 보는 바와 같이, 抵抗運動을 筋力트레이닝으로 채용함에 있어서, 무엇보다도 人體運動器系 Locomotive Organ의 生體力學的 및 生理學的 要因에 관한 效率과 그 影響에 대하여 고려하지 않으면 아니 된다는 사실을 지적할 수 있다. 본 실험의 목적도 그 같은 현상을 살펴보려는데 있다.

여기에서, 본 실험에 있어서 설정한 生體力學的 要因에 따른 生體 負擔度의 指標인 酸素消費量의 측정에서 얻은 성적을 體力生理學的 측면에서 고찰해 보고저 한다.

酸素消費量은 體力生理學的 측면에서, 운동 수행시 에너지 消費系의 指標가 되는 것으로, 그 多少는 生體 負擔의 大小를 살펴어 보는데 이용된다.

本 실험성적에서 나타난 바와 같이, 上肢·下肢運動 共히 半可動域運動의 경우가 全可動域運動에 비하여 에너지 消費量이 적었으며, 따라서 生體負擔度가 작았다.

동일한 負荷重量 運動速度 및 運動時間에도 불구하고 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 에너지 消費量이 현저하게 적었다는 사실은 運動可動域이 큰만큼 運動量이 컸을 뿐 上肢·下肢 筋群에 미치는 抵抗의 波及에는 별로 영향을 미치지 못하였을 것으로 예상된다.

運動負荷 終了後, 被驗者의 自覺調査에 의하면, 半可動域運動의 경우가 全可動域運動에 비하여 보다 힘들었다고 하는데, 이는 關節可動域에 따라 운동수행시 筋群의 순간적 휴식이 취하여 지지 않고 수행되었기 때문에 에너지 消費面에서의 生體 負擔은 역시 全可動域運動의 경우가 컸다는 사실은 부인할 수 없다.

Bigland-Ritchie & Woods (1974 : 475)은 等張性運動時 筋電圖의 積分値와 酸素消費量의 관계에 대한 연구에서, 이들 사이에는 直線比例的 關係가 있다고 보고하고 있다.

筋電圖의 積分値가 크다는 사실은, 神經衝擊의 頻度 強度 및 時間이 컸다는 의미로, 본 실험에서와 같이 強度와 時間을 일정하게 하였을 때, 酸素消費量에 현저한 차이가 나타났다는 사실을 다만 頻度の 要因으로 설명할 수는 없을 것으로 예상된다.

다음에 이같은 현상을 살펴보기 위하여서는, 筋電圖의 실험을 통하여, 관찰해야 할 과제와, 에너지 運搬系 즉 血流量의 變動과 같은 실험을 통하여 관찰해야 할 과제 등이 남아 있다.

本 실험을 통하여, 이상과 같은 성적과 論議로 부터 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 보다 生體 負擔이 적으며, 그리고 疲勞도 적게 수행될 수 있다는 경향을 짐작할 수가 있다. 다만 自覺的 負擔에 대한 문제는 별도로 연구 검토되어야 할 것이다.

V. 結 論

等運動性 收縮이라는 새로운 抵抗運動의 概念을 근거로, 건강한 남자 7명을 대상으로 하여, 生體力學的 要因의 半可動域運動과 全可動域運動을 上肢 및 下肢에 負荷하였을 때에, 體力生理學的 要因의 하나인 酸素消費量의 성적을 통하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 上肢運動時, 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 에너지消費량이 적었다.
2. 下肢運動時 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 에너지消費량이 적었다.
3. 上肢·下肢運動 共히 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 自覺的 負擔은 컸으나, 에너지 消費량은 적었다.

參 考 文 獻

Thistle, H.G., H.J. Hislop, M. Moffroid, and E.W. Lawman 1967: *Isokinetic Contraction: A New Concept of Resistive Exercise*. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 48 : 279—282.

Ralston, H.J. 1953: *Mechanics of Voluntary Muscle*. *American Journal of Physical Medicine*, 32 : 166—184.

Rash, P.J. and L.E. Morehouse 1957: *Effect of Static and Dynamic Exercise on Muscular Strength and Hypertrophy*. *Journal of Applied Physiology*, 11 : 29—34,

Bigland-Ritchie, B. and J.J. Woods 1974: *Integrated EMG and Oxygen uptake during Dynamic Contraction of Human Muscles*. *Journal of Applied Physiology*, 36 : 475—479.

Experimental Studies on Muscular Strength Training:

1: Concerning Oxygen Consumption in Loading of Resistive Exercise by Range of Motion of the Extremities

Kim, Jin Won
(Dept. of Physical Education)

Abstract:

Based on the isokinetic contraction of a new concept of resistive exercise, on seven healthy male adults, oxygen consumption were measured as a way of studying physical fitness physiology in relation to the half-range and full-range of motions biomechanically loaded on the upper and lower extremities. The results obtained are as follows:

1. As for the upper extremities, the half-range of motion consumed less oxygen than the full-range of motion.
2. As for the lower extremities, the half-range of motion consumed less oxygen than the full-range of motion.
3. Alike for the upper and lower extremities, the half-range of motion consumed less energy than the full-range of motion, even though all subjects unanimously stated that the former had been more keenly on muscular tention than the latter.