

筋力 트레이닝에 관한 實驗的 研究

第 2 報 : 肢體關節可動域을 달리한 抵抗運動負荷와 血流力學的 指標

金 振 元
(體育教育科)

I. 緒 論

前報(1977:125)에서 Isokinetic contraction이라고 하는 筋收縮의 개념을 수용하여, 生體力學的 要因을 고려한 上肢와 下肢에 半可動域과 全可動域에 걸쳐 抵抗運動을 부하하였을 때에 生體 負擔度의 지표인 酸素消費量에 대하여 살펴보았다.

酸素消費量의 경우에는 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여, 심리적으로 自覺的 負擔은 컸으나, 생리적으로 에너지 消費量이 적었다고 하는 결론을 얻었다. 따라서 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 生體負擔度가 적었으며, 疲勞도 적게 수행될 수 있었음을 예상할 수 있다. 그러나, 동일한 抵抗運動에 대하여 上肢·下肢 筋群에 미치는 抵抗의波及에 대하여 보다 명백한 결론을 얻기 위하여서는 미흡한 점이 있다.

本 연구에서는 前報에서도 밝힌 바와 같이, 力學的 不利性에 따른 生理的 不利性이 酸素消費量과 같은 에너지 消費系에서만 아니라, 에너지 運搬系에서도 확인될 수 있는지에 대하여 살펴보고자 한다.

II. 研究方法

1. 被驗者 및 運動負荷條件

被驗者와 運動負荷條件은 前報(1977:125)와 동일함.

2. 測定項目 및 方法

測定項目으로는 에너지 運搬系의 諸要素를 미루어 짐작할 수 있는 血流力學的 指標 Hemodynamic Index로, 非觀血의 方法에 의한 血流量을 살펴볼 수 있는 plethysmography와 心活動 상태를 살펴볼 수 있는 Electrocardiography를 사용하였다.

(a) Plethysmography

血流量의 지표로서 photoelectro-plethysmogram을 택하여, 운동전과 운동후에 걸쳐 연

속적으로 기록하였다.

誘導部位는 四肢의 血流分布를 주로, 上肢에서는 指尖과 前腕橈骨動脈上에서, 下肢에서는 趾尖과 足背動脈上에서, 택하여 기록하기로 하였다.

probe에는 CdSe photoconductive transducer (Nihon Kohoden Co., model #MPP-2型)을 사용하였으며, 血流 방향에 대하여 直角으로 장치하고 양면을 반창고로 고정시켰다.

기록은 4-channel型 pen-oscillograph (Nihon Kohoden Co., model #WI-180型)을 사용하였으며, 기록전에는 반드시 Calibration을 통하여 事前値를 확인했다. 그리고 paper-speed는 6mm/sec. 및 6×10mm/sec.로 하였다.

(b) Electrocardiography

心活動 상태의 지표로서 Electrocardiogram을 택하여 운동이 경과하는 전과정에 걸쳐 5~10sec. 간씩 기록하였다.

誘導部位는 胸骨과 第5肋骨上(V₅)을 택하여 probe를 반창고로 고정시켰으며, 기록에는 熱 pen 自記 Electrocardiograph (Fukuda Electric Co., model #RS-111型)을 사용하였다.

Ⅲ. 實驗成績

本 실험에서 에너—지 運搬系의 생리적 현상을 살펴볼 수 있는 血流力學的 指標로 plethysmogram과 Electrocardiogram을, 팔 및 다리운동별, 그리고 半可動域·全可動域運動別로 분석·집계한 결과는 다음과 같다.

1. plethysmography

本 실험에서 plethysmography를 이용한 것은 팔 및 다리 운동에 따른 血流量의 변화를 非觀血의 方法에 의하여 간접적으로 추정하기 위하여서 였다.

여기에서는 plethysmogram의 脈波의 振巾 plethysmographic amplitude를 측정·기록하여 분석하였다. 데이터의 집계 방법은 운동전의 안정시 振巾을 %-수준으로도 나타냈다.

팔 및 다리별, 半可動域·全可動域 運動別로 脈波의 振巾을 집계한 결과는 다음의 Table-1, 2 및 Fig.-1과 같다.

脈波의 振巾에 대한 변동은 위의 표와 그림에서 보는 바와 같이, 팔의 경우, 指尖에서는 半可動域·全可動域 運動 共히 운동전에 비하여 운동후에 감소되었으며, 前腕橈骨動脈上에서는 半可動域 運動시 운동전에 비하여 운동후에 감소하였나 全可動域 運動시에는 반대로 운동전에 비하여 운동후 증가한 경향으로 나타났다.

한편, 다리의 경우, 趾尖에서는 半可動域·全可動域 運動 共히 운동전에 비하여 운동후에 증가되었으며, 足背動脈上에서는 前腕橈骨動脈上에서와 같은 경향을 나타냈다. 즉, 半

Table 1. Plethysmographic Amplitude on Arm and Leg by Range of Motion (mV)

	Position	Range of Motion	Pre	Post			
				1:00	2:30	4:00	5:30(Min)
ARM	Finger	Half R-M	11.17a (1.92)b	10.07 (3.34)	10.37 (2.90)	9.02 (3.25)	10.48 (3.10)
		Full R-M	12.13 (2.19)	11.08 (2.90)	8.48 (1.81)	8.45 (2.07)	7.65 (1.88)
	Radialis A.	Half R-M	10.73 (1.65)	9.03 (2.66)	9.28 (2.28)	8.35 (2.23)	7.92 (2.27)
		Full R-M	10.12 (2.04)	12.27 (3.29)	11.05 (7.21)	8.89 (2.45)	8.23 (2.23)
LEG	Toe	Half R-M	11.05 (1.36)	15.67 (3.52)	15.92 (5.56)	16.17 (5.50)	11.00 (4.26)
		Full R-M	9.02 (2.55)	10.87 (2.39)	8.78 (.10)	9.30 (1.21)	9.28 (1.29)
	Dorsalis Pedis A.	Half R-M	10.23 (.99)	7.55 (1.13)	9.28 (2.48)	7.42 (1.36)	6.62 (1.87)
		Full R-M	9.37 (1.71)	11.05 (3.26)	11.78 (3.01)	11.12 (3.17)	12.73 (3.11)

a; Mean, b; Standard Error.

Table 2. Plethysmographic Amplitude on Arm and Leg by Range of Motion (per % level)

	Position	Range of Motion	Pre	Post			
				1:00	2:30	4:00	5:00(Min)
ARM	Finger	Half R-M	100.0	99.4a (27.3)b	95.7 (19.6)	73.9 (17.5)	93.8 (17.2)
		Full R-M	100.0	93.5 (15.9)	81.5 (18.1)	80.0 (18.3)	69.6 (13.8)
	Radialis A.	Half R-M	100.0	77.8 (12.1)	82.7 (14.7)	74.0 (13.6)	68.3 (13.7)
		Full R-M	100.0	117.2 (21.4)	113.8 (25.3)	109.2 (18.9)	90.7 (21.3)
LEG	Toe	Half R-M	100.0	136.3 (19.3)	126.4 (34.8)	132.3 (33.6)	89.4 (30.4)
		Full R-M	100.0	138.1 (20.3)	133.8 (29.2)	130.5 (23.3)	129.8 (23.5)
	Dorsalis Pedis A.	Half R-M	100.0	75.2 (9.7)	90.3 (19.1)	73.8 (10.9)	62.8 (14.1)
		Full R-M	100.0	111.3 (16.2)	119.8 (21.1)	114.6 (25.2)	110.2 (24.4)

a; Mean, b; Standard Error.

可動域 運動시 운동전에 비하여 운동후에 감소하였으나, 全可動域運動시 반대로 운동전에 비하여 운동후 증가한 경향으로 나타났다.

이상과 같은 경향에 대하여, 脈波 振巾의 실측치를 근거로 分散分析을 한 결과는 다음의

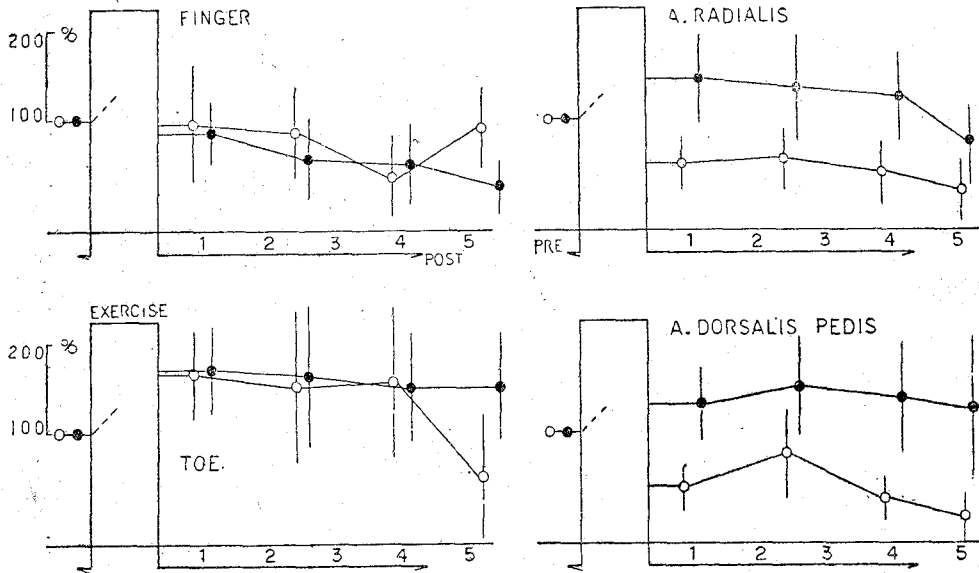


Fig. 1. Plethysmographic Amplitude on Arm and Leg by Range of Motion (per% level)
(White Half-Range-Motion, Black; Full-Range-Motion)

Table-3과 같다. 이에 따르면, 팔 및 다리운동 및 半可動域・全可動域 運動 사이에 有意義한 차를 일정할 수는 없었다.

Table 3. Analysis of Variance for Plethysmographic Amplitude on Arm and Leg (mV)

	Position	Source	df	SS	MS	F
ARM	Finger	Effects (E)	1	6.722	6.722	.188
		Trials (T)	1	6.103	6.103	.171
		Subjects (S)	5	355.741	71.148	1.995
		E × T	1	.001	.001	.000
		E × S	5	71.573	14.314	.401
		T × S	5	236.522	47.304	1.326
		E × T × S	5	178.290	35.658	
		Total	23	854.952		
	Radialis A.	Effects (E)	1	.306	.306	.051
		Trials (T)	1	10.273	10.273	1.732
		Subjects (S)	5	549.646	109.929	18.533a
		E × T	1	22.230	22.230	3.748
		E × S	5	35.891	7.178	1.210
		T × S	5	69.073	13.814	2.329
		E × T × S	5	29.656	5.931	
		Total	23	717.078		

LEG	Toe	Effects (E)	1	61.762	61.762	4.741
		Trials (T)	1	68.347	64.347	5.247
		Subjects (S)	5	251.322	50.264	3.858
		E × T	1	11.898	11.898	.913
		E × S	5	71.284	14.256	1.094
		T × S	5	401.988	80.397	6.271a
		E × T × S	5	65.128	13.025	
	Total	23	931.732			
	Dorsalis Pedis A.	Effects (E)	1	1.501	1.501	.115
		Trials (T)	1	10.403	10.403	.799
		Subjects (S)	5	233.622	46.724	3.591
		E × T	1	28.600	28.600	2.198
		E × S	5	21.897	4.379	.336
		T × S	5	153.855	30.771	2.365
E × T × S		5	65.039	13.007		
Total	23	514.921				

a; Significant at the .01 level

2. Electrocardiography

本 실험에서 Electrocardiography를 이용한 것은 팔 및 다리운동에 따른 心活動의 변화를 살펴보기 위하여서 이다.

心活動의 지표로는 心拍出量 등이 있는데, 心拍出量은 1회拍出量과 分時心拍數의 要素에 의하여 결정된다. 따라서 Electrocardiogram으로부터 R의 높이와 心拍數를 측정하였으며, 그 결과는 다음의 Table-4,5와 같다.

1회拍出量의 지표로서 心電圖상의 R의 높이는, 팔운동의 경우, 半可動域・全可動域 運動 共히 운동전에 비하여 운동중에 약 15% 정도 증가하고 있으며, 다리운동의 경우도 역시 可動域에 관계없이 약 20%정도 증가하였다.

Table 4. Amplitude of R on Electrocardiogram by Range of Motion on Arm and Leg (mV)

	Range of Motion	Pre	During		Post			
			1:00	2:00	1:00	2:30	4:00	5:30
ARM	Half R-M	1.24a (.22)b	1.43 (.25)	1.44 (.26)	1.20 (.24)	1.31 (.24)	1.30 (.25)	1.27 (.26)
	Full R-M	1.24 (.22)	1.39 (.27)	1.43 (.23)	1.24 (.22)	1.20 (.18)	1.23 (.23)	1.23 (.18)
LEG	Half R-M	1.24 (.22)	1.46 (.23)	1.48 (.20)	1.25 (.20)	1.26 (.20)	1.22 (.18)	1.22 (.18)
	Full R-M	1.24 (.22)	1.48 (.16)	1.37 (.19)	1.19 (.21)	1.29 (.22)	1.29 (.19)	1.28 (.18)

a; Mean, b; Standard Error.

Table 5. Heart Rates by Range of Motion on Arm and Leg (beats/Min.)

	Range of Motion	Pre	During		Post			
			1:00	2:00	1:00	2:30	4:00	5:30
ARM	Half R-M	74.0a (3.67)b	98.0 (7.22)	100.0 (7.35)	78.0 (8.04)	74.0 (4.82)	78.0 (6.00)	70.0 (7.22)
	Full R-M	74.0 (3.67)	102.0 (6.67)	108.5 (6.65)	80.0 (6.37)	78.0 (6.73)	74.0 (3.67)	74.0 (4.82)
LEG	Half R-M	74.0 (3.67)	100.7 (4.98)	116.0 (5.06)	88.0 (6.69)	78.0 (5.14)	78.0 (6.45)	76.0 (5.31)
	Full R-M	74.0 (3.67)	120.0 (3.10)	138.0 (6.00)	112.0 (8.57)	93.0 (7.22)	90.0 (6.73)	91.0 (7.35)

a; Mean, b; Standard Error.

한편, 分時心拍數의 변동에 대하여서는 心電圖上的 R-R'로부터 산출한 결과, 팔운동의 경우, 운동중 半可動域 운동에 비하여 全可動域 운동이 약 5% 정도 증가하고 있으며, 다리 운동의 경우, 운동중 半可動域 운동에 비하여 全可動域 운동이 약 20% 정도 증가하였다. 또한 운동후 회복과정에 있어서도 팔 및 다리운동 共히 全可動域 운동이 半可動域 운동에 비하여 비교적 늦은 경향으로 나타나고 있다.

IV. 考 察

1. Plethysmography

本 실험결과, plethysmographic amplitude는 팔운동시 指尖에서 半可動域 및 全可動域운동 共히 末梢血流量이 감소했으며, 前腕橈骨動脈上에서는 半可動운동시에 감소한데 비하여 全可動운동시에 증가했다.

한편, 다리운동시에 趾尖에서 半可動域 및 全可動域운동시에 末梢血流量이 증가했으며, 足背動脈上에서는 半可動운동시에 감소한데 비하여 全可動운동시에 증가했다.

關節可動域운동이 다른데도 불구하고, 팔운동시에 指尖에서 감소하고 다리운동시에 趾尖에서 증가한 사실에 대하여서는, 운동시 血管의 局所的 血管擴張物質의 관여에 의한 것으로 설명된다.

Asano(1976:197)는 運動性充血現象은 局所的 要因에 의하는 것으로, 局所에서의 代謝性調節에 따른 Lactic acid, CO₂, O₂, pH, Histamine, Accetyl-Cohline, K-ion 등의 化學物質의 遊離가 크게 관여한다고 지적하고 있다.

팔운동시에 指尖에서 관절 가동역별 운동에도 불구하고 운동후에 감소된 경향은 Bar-bell을 짊 붙잡는데 따른 血流의 遮斷과 함께 血管擴張性 化學物質이 쉽사리 회수되어진 것으로 설명할 수 있다.

또한, 다리운동시에 趾尖에서 關節 가동역별 운동에도 불구하고 운동후 증가된 경향은, 운동 負荷時 血流의 遮斷이 적으며, 直立姿勢가 순환에 미치는 重力의 영향도 있을 뿐만 아니라, 血管擴張性化學物質이 운동중이나 또는 운동후에 어느 정도 회수되지 않은채 순환된 것으로 설명할 수 있다.

한편, 팔운동시 前腕橈骨動脈上에서와, 다리운동시 足背動脈上에서 半可動域운동시에 감소하고, 全可動域운동시에 증가한 사실을, 근활동중 소비된 血中 O₂의 공급의 多少와 이때 생산된 CO₂量 및 그 밖의 血管擴張性 化學物質의 생산에 좌우된 것으로 설명할 수 있다.

Zelis(1975:60)은 運動性充血이란 局所的 現象으로, 운동시 증가된 血流量은 근수축에 의해 소비된 O₂ 공급을 증가시키는데 역할한다고 보고하고 있다.

前報(1977:125)의 酸素消費量의 연구에서도 지적하였듯이, 指趾末梢血流의 供給血管이기도한 前腕橈骨動脈上에서와 足背動脈上에서 O₂ 消費量이 적은 半可動域운동에 비하여 全可動域운동이 비교적 O₂ 消費量이 컸다는 사실은 이 血流力學的 指標上에서도 나타났다고 설명된다.

2. Electrocardiography

本 실험 결과 心電圖上에서 1回拍出量의 指標인 R의 波高와 分時心拍數의 R의 數는 팔운동 보다 다리운동의 경우가 현저하게 증가한 사실로부터 다리운동시에 血流의 공급이 컸음을 알 수 있다.

한편, 팔운동시 半可動域 및 全可動域운동 共히 현저한 차이가 없었던 것으로 미루워, 全血流量의 증감에는 可動域 별 운동에 별로 영향이 없었던 것으로 짐작된다. 그러나, 다리운동시 全可動域운동이 半可動域운동에 비하여 心拍數의 증가가 현저하였던 것으로 미루워, 血流量 증가가 비교적 컸을 것으로 짐작된다.

Guyton et. al. (1973:478)은 운동시 心拍出量은 運動強度에 비례하는데, 그 메커니즘을 筋緊張의 亢進, 自律神經의 영향 및 筋의 代謝亢進과 血管擴張에 의해서 靜脈 環流를 증가시키는데 영향을 미친다고 지적하고 있다.

팔운동시에도 酸素消費量上 半可動域운동에 비하여 全可動域운동시에 현저한 증가가 있었음에도 불구하고 血流力學的指標上에 현저한 차이가 나타나지 않았던 사실은, 可動域별로 負荷를 주었어도 屈筋群이나 伸筋群 이외에 全身의 筋群이 참여하였기 때문에, 本 실험 방법으로는 도저히 살펴볼 수 없는 영향이 미쳤던 것으로 짐작된다.

V. 結 論

等運動性 收縮이라는 抵抗運動의 概念을 근거로, 前報에 이어 에너지運搬系인 血流力學

的 指標에 따른 성적을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 上肢運動時, 指端에서는 半可動域運動 및 全可動域運動 共히 血流量은 감소되었다. 그러나, 前腕橈骨動脈上에서는 半可動域運動은 감소되었으며, 全可動域運動은 증가되었다.
2. 下肢運動時, 趾端에서는 半可動域運動 및 全可動域運動 共히 血流量은 증가되었다. 그러나, 足背動脈上에서는 半可動域運動은 감소되었으며, 全可動域運動은 증가되었다.
3. 上肢運動時 및 下肢運動時 共히 半可動域運動에 비하여 全可動運動時에 心活動은 왕성하였다.

參 考 文 獻

1. 金振元(1977): 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). 師大論叢, 15:143-149.
2. 淺野牧茂(1976): 臨床醫のための循環生理 一局所環循一 (東京: 眞興交易 Co.) pp. 197-200.
3. Želis, R. (1975): *The Peripheral Circulations*. (New York: Grune & Stratton Co.) pp. 60-62.
4. Guyton, A.C., C.E. Jones, and T.C. Coleman (1973): *Circulatory Physiology-Cardiac output and its Regulation*-(Philadelphia: Saunders Co.) pp. 436-450, pp. 478-480.

Experimental Studies on Muscular Training

Report No 2, Concerning Hemodynamic Levels on 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 concept of resistive exercise, on six healthy male adults, hemodynamic levels were measured by plethysmography and electrocardiography as a way of studying physical fitness in relation to the half range and full range of motions, biomechanically loaded on the upper and the lower extremities.

The results obtained were as follows:

1. After the exercise of the upper extremities, the blood flow at the finger-tip decreased regardless of the half-range or the full-range of motions. As for the blood flow at the radial artery, it decreased after the half-range of motion, but it increased after the full-range of motion.
2. After the exercise of the lower extremities, the blood flow at the toe increased regardless of the half-range or the full-range motions. As for the blood flow at the dorsalis pedis artery, it decreased after the half-range of motion, but it increased after the full-range of motion.
3. As for the cardio-motility during the exercise of both the upper and the lower extremities, it was more vigorous at the full-range of motion than at the half-range of motion.