

筋力트레이닝에 관한 實驗的研究

第3報 : 肢體關節可動域을 달리한 抵抗運動負荷와 抵抗의 波及

金 振 元

(體育教育科)

I. 緒 論

前報(1977: 143, 1978: 125)에서는 Isokinetic contraction의 개념을 수용하여, 生體力學的 요인을 고려하여 上肢와 下肢에 半可動域과 全可動域에 걸쳐 抵抗運動을 부하하였을 때에 力學的 不利性에 따른 生理的 不利性에 대한 에너지 消費系 및 에너지 運搬系에 대하여 살펴 보았다.

에너지 消費系에 있어서는 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 비록 심리적으로 自覺的 負擔은 컸다고 하더라도 생리적으로 酸素消費量이 적었다고 하는 사실은 일정한 筋력을 발휘하도록 규정한 抵抗運動에 대하여 에너지 소비면에서 효율적이었다고 추정된다.

에너지 運搬系에 있어서는 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여, 血流量이 감소하였다는 사실은 筋血流의 차단에 기인하는 현상으로, 다량의 에너지 공급을 요하는 筋持久力에는 不利하지만 筋의 肥大에 결정적인 역할을 하는 代謝產物의 축적에는 매우 좋은 조건을 제공해 줄 수 있다고 추정된다. 특히, 肢體關節可動域을 달리하였다 하더라도 일정한 筋력을 발휘토록 규정한 抵抗運動에 따른 心臟活動의 왕성한 축적은 곧 에너지 運搬系의 기능을 전면적으로 향진시켰기였다는 사실도 지적할 수 있다.

한편, 半可動域運動이 全可動域運動에 비하여 에너지 消費系와 에너지 運搬系에 있어 有利하다고 하더라도, 人體運動器系에 生體力學的으로 抵抗의 波及이 有利할 수 있는지에 관하여 살펴보기 어렵다.

일반적으로 筋力트레이닝 방법으로 채용하고 있는 等張性收縮에 의한 抵抗運動의 경우 동작이 시작되어 끝날 때까지의 과정에서 關節의 可動範圍와 動作의 速度는 筋力의 發現 즉 筋出力에 커다란 영향을 주고 있다.

Hill (1938: 136)은, 筋出力은 筋의 張力과 速度에 영향을 받고 있다고 보고한 바 있다. 여기에서의 張力이란 等尺性 筋력을 의미하며 速度란 동작에 소요하는 시간을 의미한다. 그런데 筋出力의 입장에서 이들 張力과 速度는 指數函數的 關係에 있다는 사실이다. 따라서 張力이 크게 발휘되면 速度가 늦어지며, 速度가 빨라지면 張力이 적게 발휘될 수 밖에 없다

Kaneko (1970: 143)는, 筋出力을 최대로 발휘토록 하려면 張力과 速度의 관계를 약 35%로 규제할 필요가 있음을 보고한 바 있다. 그러나 關節의 可動範圍에 따라 발휘되는 근력이 달라지며 동작시에 생기는 加速度에 의해서 동작의 속도가 달라질 수 있다는 사실을 의미할 수는 없다.

본 연구에서는 關節의 可動範圍를 半可動域과 全可動域으로 제한하고 동작의 속도를 메트로노움에 의해서 규정하였을 때에 발휘되는 張力이얼마만큼의 抵抗으로 運動部位에 波及되는지를 살피기 위하여 筋電圖에 의한 定性的 및 定量的 放電樣相의 有意性을 검토해보기로 한다.

II. 研究 方法

1. 被驗者 및 運動負荷方法

본 실험에서 대상이 되었던 被驗者의 特性 및 채용되었던 運動負荷條件은 前報(1978: 125)와 같음.

2. 測定方法

본 실험에서 채용된 筋電圖는 Bipolar Surface Electrode method에 의해서 유도하여 半可動域 및 全可動域 운동중에 기록하였다.



그림-1 上肢運動

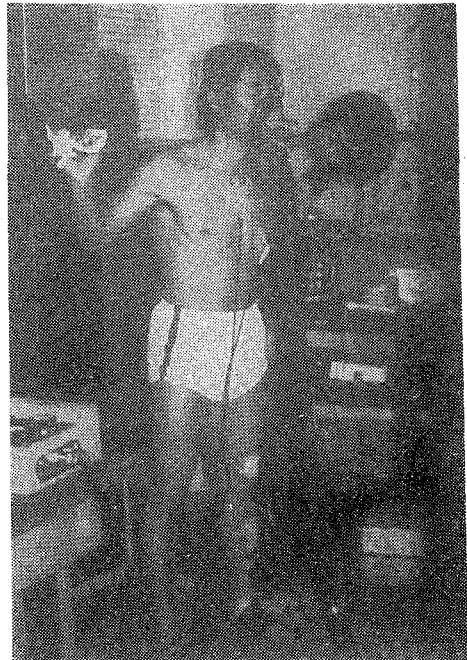


그림-2 下肢運動

誘導部位는 四肢의 大筋群을 주로 택하였다. 즉, 上肢에서는 屈筋으로 上腕二頭筋과 前腕橈骨筋을 伸筋으로 上腕三頭筋과 肘筋을 대상으로 하였으며, 下肢에서는 屈筋으로 大腿直筋과 前脛骨筋을 伸筋으로 大腿二頭筋과 腓腹筋을 대상으로 하였다.

電極으로는 직경 10mm의 凹型 cup 銀圓板電極을 사용하였으며, 筋腹 中央部에 筋纖維走行과 나란히 3cm정도의 간격으로 놓고 surgical tape로 고정시켰다.

記錄計로는 4-channel型 pen-Oscillograph (Nihon Kohoden Co., medel # ME-10D型)을 사용했으며, Calibration은 1mV로, Paperspeed는 6mm/sec. 및 6×10mm/sec등 두가지로 기록했다.

본 실험에 채용한 運動負荷方法 및 測定方法을 그림으로 나타내면 다음과 같다. 즉 그림-1은 上肢運動時의 그리고 그림-2는 下肢運動時의 일체의 manual을 나타내고 있다.

Ⅲ. 實 驗 成 績

上肢·下肢에 대하여 半可動域 및 全可動域 운동별 동작중의 筋電圖를 放電樣相과 放電量으로 분석한 質的 및 量的 성적은 다음과 같다.

1. 放電樣相

다음의 그림에서 보는 바와 같이 특기할 몇가지 放電樣相을 지적할 수 있다.

첫째로, 放電의 크기로부터 살펴보면, 上肢·下肢의 部位에도 불구하고, 그리고 半可動域 및 全可動域 동작에도 불구하고, 屈筋의 경우가 伸筋의 경우에 비하여 매우 강하게 放電하는 것으로 나타났다.

둘째로, 放電의 經過로부터 살펴보면, 上肢의 경우에는 屈伸動作에도 불구하고 그리고 半可動域 및 全可動域 동작에도 불구하고 屈筋은 물론 伸筋에서도 현저한 량의 放電이 同時에 기록되었다. 그러나, 下肢의 경우에는 屈伸動作에 따라, 半可動域 및 全可動域共히 屈曲動作時에는 屈筋에서, 그리고 伸展動作時에는 伸筋에서 현저한 放電이 時差를 두고 기록되었다.

셋째로, 放電의 波型으로부터 살펴보면, 上肢·下肢의 部位에도 불구하고, 半可動域 屈伸動作時에는 一峯性 波型으로, 그리고 全可動域 屈伸動作時에는 二峯性 波型으로 기록되었다.

2. 放電量

다음의 표-1에서 보는 바와 같이 앞서의 放電樣相에서 살펴보았던 현상이 이 放電量에서도 나타났다.

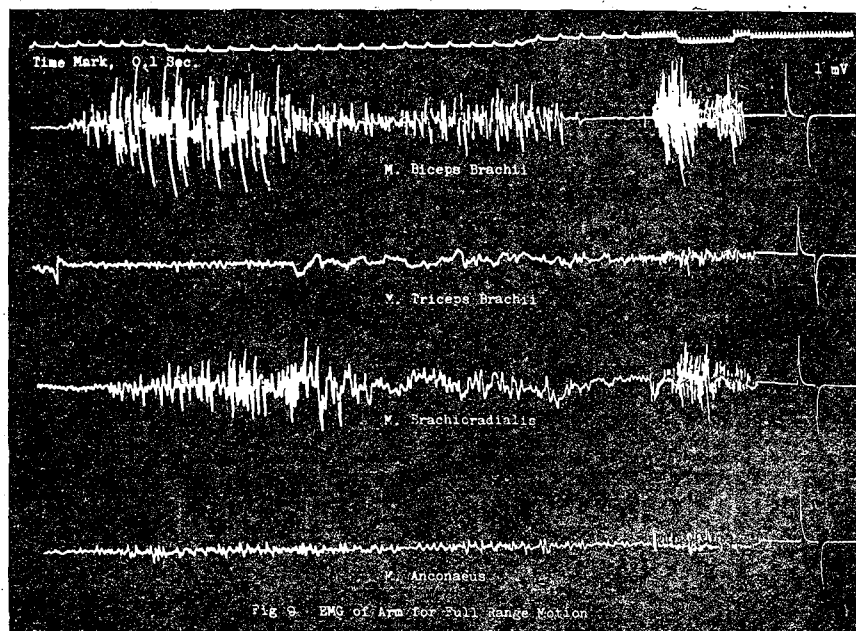
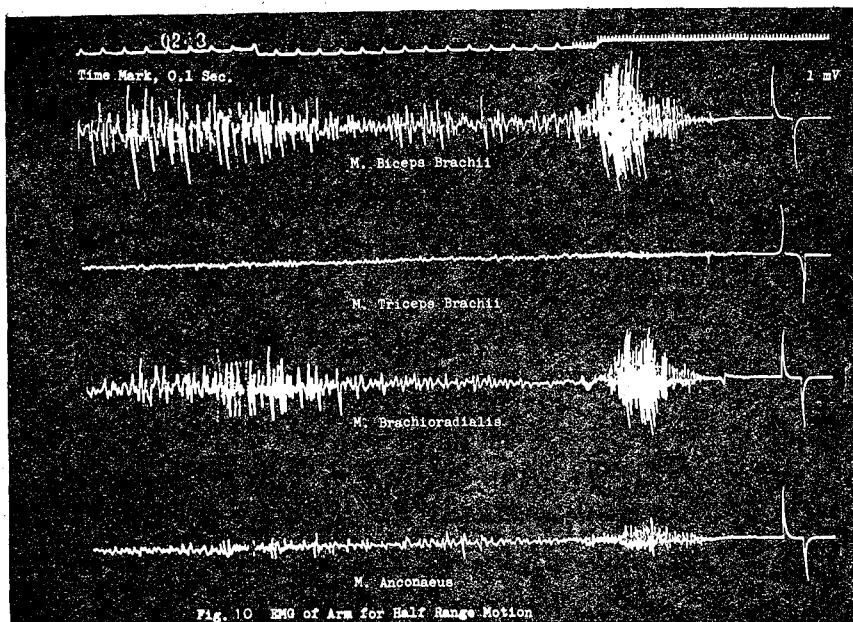


그림-3,4 上肢運動時 半可動域(上) 및 全可動域(下) 동작의 筋電圖

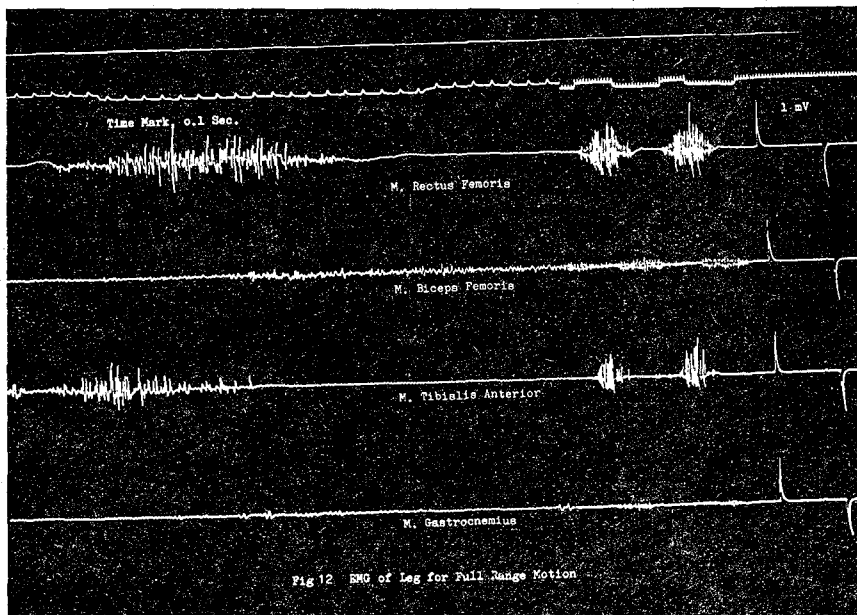
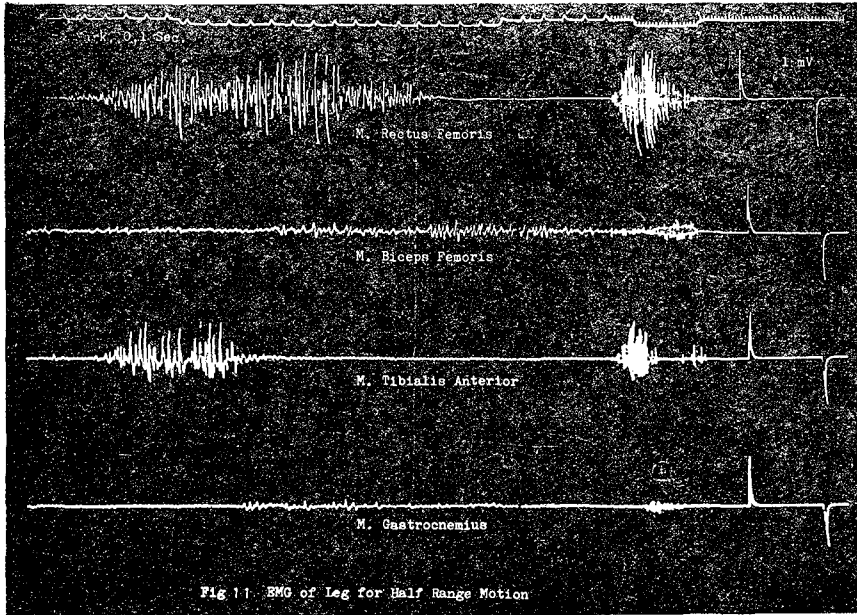


그림-5.6 下肢運動時 半可動域(上) 및 全可動域(下) 동작의 筋電圖

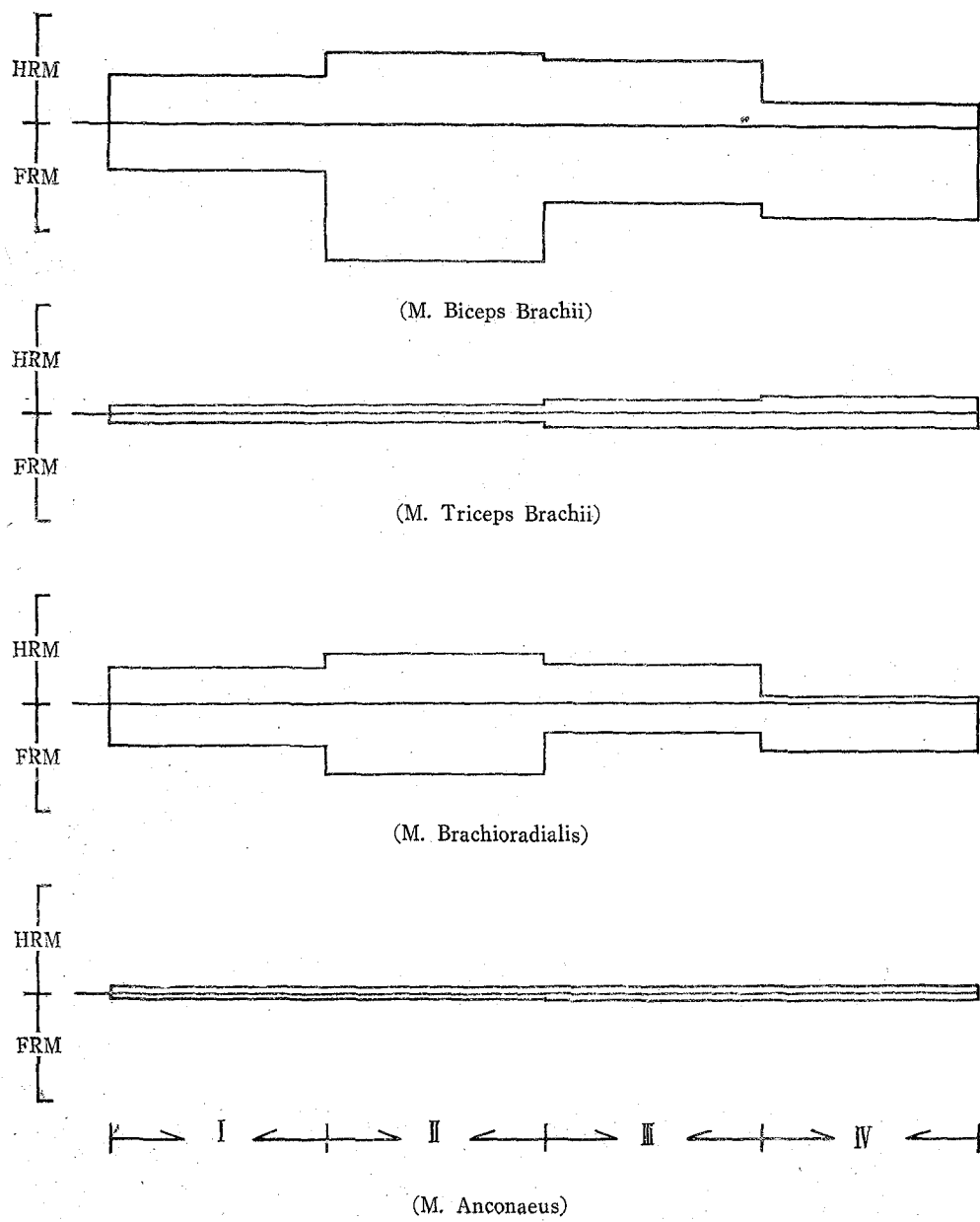


Fig-7 Amplitude Pattern on Electromyogram by Half and Full-Range-Motion on Arm

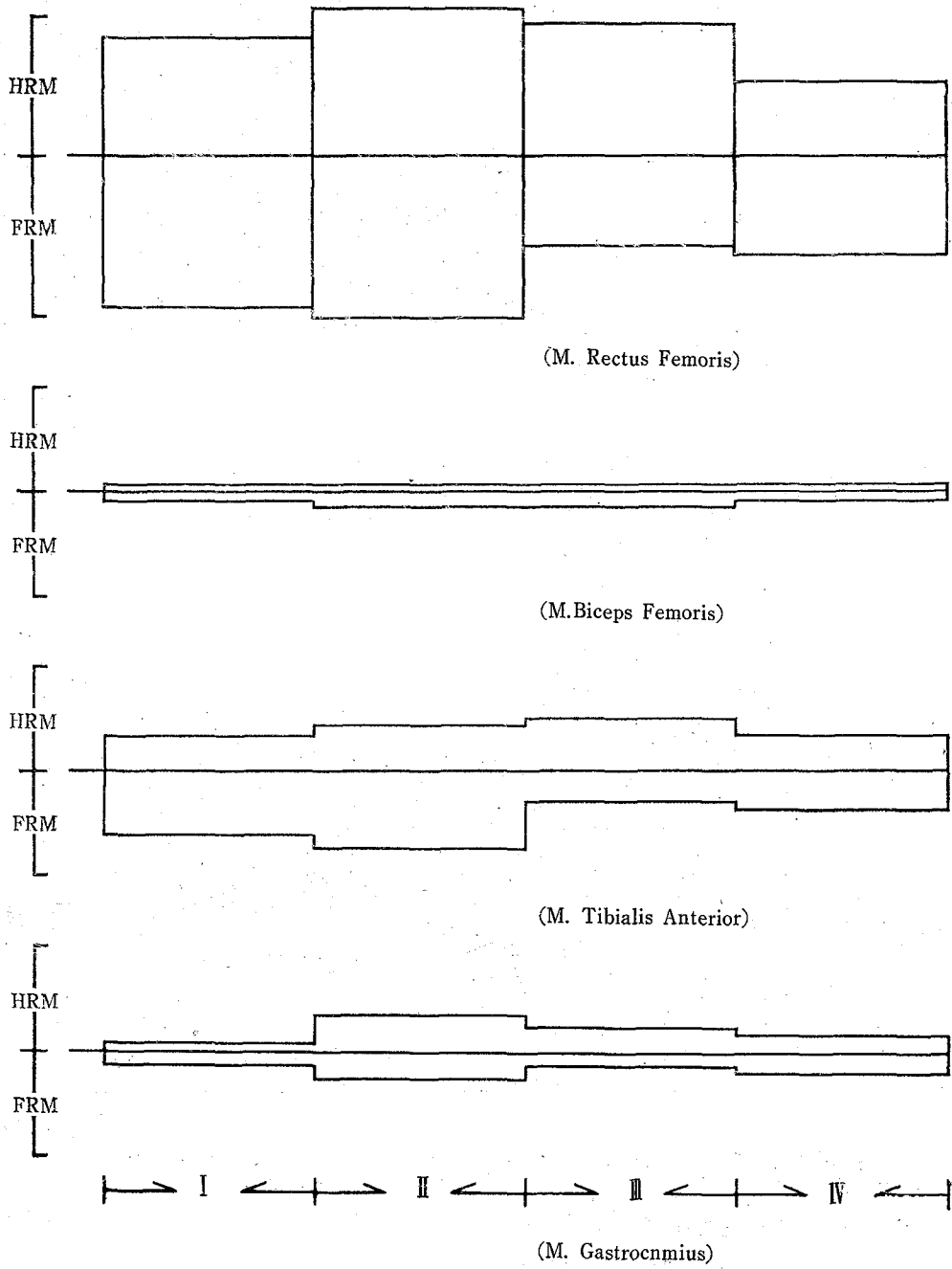


Fig-8. Amplitude Pattern on Electromyogram by Half and Full-Range-Motion on Leg

Table 1. Mean Amplitude on Electromyogram by Half and Full Range of Motion on Arm and Leg (1/10mV)

Muscle		Half Range of Motion				Full Range of Motion			
		I*	II	III	IV	I	II	III	IV
ARM	M. Biceps Brachii	17.4	21.6	18.9	9.8	22.3	22.9	13.5	14.4
	M. Triceps Brachii	1.3	1.3	1.1	1.0	1.6	2.0	1.7	1.6
	M. Brachioradialis	4.7	6.4	7.0	4.7	9.3	10.7	4.6	5.6
	M. Anconaeus	1.3	4.9	3.6	2.6	2.6	4.1	2.2	2.9
LEG	M. Rectus Femoris	6.5	9.6	9.0	3.3	6.7	19.1	10.8	12.9
	M. Biceps Femoris	1.1	1.2	1.5	2.1	1.3	1.1	1.9	1.8
	M. Tibialis Anterior	5.3	6.4	5.3	.6	6.7	10.3	4.0	6.7
	M. Gastrocnmius	.5	.6	.5	.6	.6	.6	.9	1.2

* I; from start to 3/4 Sec., II; from 3/4 Sec. to 1 and 1/2 Sec., III; from 1 and 1/2 Sec. to 2 and 1/4 Sec., IV; 2 and 1/4 Sec. to end.

이 放電量은 전 3초간에 6×10mm/sce의 paper-speed로 기록된 筋電圖에서 각 피검자별로 5개씩의 波型을 택하여, 각기 3/4sec간의 4개의 구간에 걸쳐 가장 크게 방전한 Amplitude를 10개씩 全長을 측정하였다.

즉, M. Biceps Brachii에서의 예를 들면, 개인별로 3초간에 기록된 筋電圖 5개씩을 택하여 각 개인별로 그 동작에 대응하는 3/4sec간의 4개의 구간을 나누고, 그 구간에서 Amplitude를 큰 순서로 10개씩 택하여 全長을 측정하였는데, 이를 Calibratin으로 환산하여 1/10 mV단위, 수치로 집계하였다.

여기에서도 앞서에서 주목하였던 放電의 크기, 經過 및 波型의 경향을 잘 반영하는 경향으로 나타났다. 그림 7 및 8은 이상과 같이 얻은 수치를 기준으로 半可動域 및 全可動域별로 각 구간의 크기를 시간 경과에 맞추워 그렸으며, 이로써 크기, 經過 및 波型을 보다 쉽게 알아 볼 수가 있다.

VI. 考 察

신체운동의 시간적 공간적 크기는 그 동작중에 근이 발현하는 에너지량에 의해서 결정된다. 이 에너지를 筋出力이라고 하면, 곧 筋出力은 단위시간에 따른 作業量, 즉 power로 평가될 수 있다.

筋出力은 張力과 速度의 관계에서 살펴 볼 수 있드시, 동작의 속도가 빠르면 발현하는 張力이 적으며, 발현되는 張力이 크면 동작의 속도가 늦어지는 현상이 일반적인 경향이다. 따라서 筋出力을 크게 하려는 트레이닝에서는 動作速度를 일정하게 규정해 놓고 張力을 크게 증가시키든지, 아니면 張力을 일정하게 발휘토록 규정해 놓고 動作速度를 크게 증가시

키든지, 하는 방법을 채용하려고 시도하고 있다.

한편, 筋出力의 강화를 시도할 때에 筋收縮의 樣式으로는 等張性 收縮이나 等尺性 收縮의 방법을 채용하게 된다. 그러나 이들 두가지 방법에는 筋出力을 강화함에 있어 각기 長短點을 가지고 있으며 따라서 트레이닝 현장에서는 等張性收縮의 방법을 주로, 그리고 等尺性 收縮의 방법은 특정한 筋群의 강화를 목적으로, 等張性 收縮의 방법의 보강수단이 되고 있을 뿐이다.

筋力 트레이닝 현장에서 주로 채용되고 있는 等張性收縮의 방법에는 關節의 角度에 따라 발현되는 근력에 현저한 차이가 있으며, 또한 동작의 시작으로부터 끝날때까지 加速度가 발생하여 動作速度에 현저한 차이가 생겨나고 있다.

Clarke(1966: 47)는 張力計를 이용하여 上腕屈筋力을 關節의 角度에 따라 측정한 결과 180°(29kg), 150°(36kg) 120°(41kg), 80°(34kg), 40°(21kg)등으로 현저한 차이가 있었다고 보고하고 있다.

Lieb(1971: 749)는 筋電圖와 張力計를 이용하여 大腿四頭筋의 活動電位를 측정한 결과90°位에서 最高値를 나타냈으며, 다음으로 150°位와 30°位 및 135°位 및 45°位 등으로 현저한 차이를 나타냈다고 보고하고 있다.

이상과 같은 결과는, 上肢에서 120°位 및 下肢에서 90°位가 關節面에서 變曲點이 되며, 이 變曲點을 통과하는 전후에서 동작의 방향이 변경된다는 사실을 짐작할 수가 있다. 따라서 等張性 收縮의 방법을 채용함에 있어 抵抗의 波及을 최대로 하기 위해서는 關節面의 變曲點을 확보한다는 일이 매우 중요하다.

Moffroid와 Whipple(1970:1692)은 36°/sec와 108°/sec의 두 가지 動作速度로 트레이닝을 시켰던 결과, 低速의 36°/sec로는 筋力을 증강시키는 데 효율적이었음에 대하여, 108°/sec의 高速으로는 筋持久力을 증강시키는 데 효율적이었다고 보고하고 있다.

Pipes와 Wilmore(1975:262)도 24°/sec와 136°/sec의 두 가지 動作速度로 트레이닝 시켰던 결과 低速의 경우가 筋力을 증강시키는 데 효율적이었다고 보고하고 있다.

이상과 같은 결과는, 그 동안 근력 트레이닝의 處方要件으로 삼았던 強度, 時間, 頻度の 요건 이외에 速度의 요건이 규정되어야 마땅하다는 사실이 제기된다.

본 연구에서 채용하고 있는, 等張性 收縮의 방법을 이용하여, 關節可動範圍와 動作速度의 규제에 의한 근력 트레이닝의 실험적 연구도, 이상에서 고찰한 바와 같이 매우 의의있는 시도라고 사료된다.

그러면, 關節可動範圍를 半可動域과 全可動域으로 규정하고 動作速度를 3sec로 규정했을 때에 筋電圖에 의한 抵抗의 波及에 관하여 살펴보기로 한다.

1. 放電의 크기에 대하여

放電樣相 및 放電量에서 살펴본 바에 의하면 屈筋群이 伸筋群에 비하여 현저하게 크게

放電하고 있으며 특히 동작을 통해 主動으로 활동하는 筋群이 拮抗으로 활동하는 筋群에 비하여 현저하게 크게 放電하고 있다.

等張性 收縮에 의한 근력 트레이닝 방법을 채용하여 보다 효율적으로 개량할 수 없는지에 관한, 본 연구의 목적에서 이상과 같은 사실은 매우 주목을 끌게 한다. 즉, 拮抗의 波及이 屈筋群만이 아니라 伸筋群에도 크게 미칠 것을 기대한 데에서 이다.

Shibayama와 Ebashi(1974: 1)는 筋電圖로부터 본 隨意運動時 拮抗筋의 支配에 대한 연구에서 動作速度에 주안점을 두고 스피드있게 순간적으로 最大筋力을 발휘토록 했을 때, 主動筋의 放電量에 대하여 拮抗筋의 放電量은 겨우 1/5 또는 그 이하였다고 한다.

일반적으로 筋緊張의 隨意的 調整은 근력을 발휘함에 있어, 筋이 가지는 고유한 특성이 있는데, 主動筋은 強度나 速度와 같은 요인에 의해서 근력을 발휘하게 되는데 대하여, 拮抗筋은 中樞神經系의 支配에 의하여 발휘된다고 한다. 따라서 伸筋群이 主動으로 활동하는 동작이 요구된다는 사실을 간과할 수가 있다.

본 실험에서 채용한 運動負荷方法의 Two-Hands-Curling과 Squat운동은 伸筋群을 主動으로 활동시킬 수 없었던점을 반성하지 않을 수 없다. 따라서 본 실험에서는 放電의 크기를 통해서 抵抗의 波及이 동작에 따라 달라질 수 있다는 사실을 확인한 데 의의가 있다.

2. 放電의 經過에 대하여

放電樣相과 放電量에서 살펴본 바에 의하면, 屈伸動作이었음에도 불구하고, 上肢에서는 屈筋 및 伸筋에서 同時的으로 放電이 나타났는데 대하여, 下肢에서는 屈筋 및 伸筋에서 時差的으로 放電이 나타났다는 사실에 주목하게 된다.

일반적으로 屈曲動作時에 主動으로 활동하는 筋群은 屈筋群이며 伸展動作時에 主動으로 활동하는 筋群은 伸筋群으로 屈伸動作에 따라 屈筋群과 伸筋群이 時差的으로 활동하게 된다. 따라서 본 실험에서 上肢에서 기록된 放電의 양상은 모순된 것으로 간주될 수도 있다.

Singh(1967:742)은 근력에 주안점을 두고 Eccentric contraction을 最大努力으로 시킨 결과 主動筋인 上腕三頭筋과 拮抗筋인 上腕二頭筋에서도 同時에 放電이 기록되었다고 보고하고 있다.

본 실험의 결과에서 보건데, 上肢에서 Isotonic contraction이었음에도 불구하고 Eccentric contraction의 효과도 나타났다는 사실은 비록 미소한 放電量이었으나, 抵抗의 波及 효과가 기대된다. 그러나 下肢에서는 일반적인 현상으로 나타났는데, 이같은 현상이 동작을 바꿈으로서 上肢에서와 같은 효과를 얻을 수 있는지 또는 다른 筋群을 택하여 筋電圖를 기록하면 上肢에서와 같은 양상이 나타날 수 있는지에 관해서는 본 실험 결과만으로 살펴볼 수 없는 아쉬움이 있다.

3. 放電의 波型에 대하여

放電樣相과 放電量에서 살펴본 바에 의하면, 上肢와 下肢에서 共히 半可動域운동에서는 一峯性放電의 波型이, 그리고 全可動域운동에서는 二峯性放電의 波型이 기록된데 주목하게 된다.

여기에서 주목할 수 있는 사실은 放電의 波型이 곧 그 動作의 특수성을 반영하고 있으며 動作의 특수성이 그 근육에 보다 큰 抵抗의 波及을 의미하는 것으로 해석될 수 있다.

일반적으로 Isometrics를 시행할 때에, 어느 角度에서 抵抗의 波及이 약하고, 강하고를 관별할 필요가 있는데, 여기에서도 屈筋이나 伸筋을 불구하고 半可動域이 全可動域에 비하여 보다 큰 抵抗의 波及을 기대할 수 있다고 해석된다. 그러나 그 같은 효과를 확인하기 위해서는 트레이닝 현장에 이같은 동작을 채용해서 보다 세밀한 실험을 해야 할 것이다.

한편, Vitale(1973: 114)는 근력 트레이닝時에 關節의 全可動域을 이용한 동작이 보다 조화있고 균형잡힌 근육으로의 증강을 기대할 수 있으며, 때때로 全可動域을 이용하지 않고 트레이닝 할때에 심리적인 부담과 더불어 근육에 상해를 초래할 우려도 있다고 보고하고 있다.

우리가 트레이닝 현장에 임할 때에 언제나 過負荷의 原則을 적용하고 있으며, 過負荷의 強度는 일상생활 중에 발휘하는 노력보다 큰 힘의 발휘를 요구하고 있으므로 상해를 초래할 위험은 언제나 가지고 있다. 따라서 關節의 어느 角度에서 약한 힘밖에는 발휘하지 못하는 상태를 보다 강화하려면 그같은 부담을 감수하지 않으면 아니될 것이다. 여하튼, 근력트레이닝 현장에 半可動域 운동방법을 채용함에 있어 약간의 문제점이 해명된 것으로 간주된다.

V. 結 論

Isokinetic contraction이라는 抵抗運動의 概念을 채용하여, 前報에 이어, 筋電圖를 이용한 抵抗의 波及이라는 측면에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 放電의 크기는 上肢·下肢 및 半可動域·全可動域 共히 屈筋의 경우가 伸筋에 비하여 강하게 放電하는 것으로 나타났다.
2. 放電의 經過는, 上肢의 경우 半可動域·全可動域 共히 同時的 放電을 나타냈으며, 下肢의 경우에는 時差的 放電을 나타냈다.
3. 放電의 波型은 上肢·下肢 共히 半可動域에서는 一峯性 波型, 全可動域에서는 二峯性 波型을 나타냈다.

參 考 文 獻

1. 金振元(1977): 筋力 트레이닝에 관한 實驗的 研究—第1報: 酸素消費量—師大論叢, 15:

- 143-149.
2. _____ (1978): 筋力트레이닝에 관한 實驗的 研究—第2報: 血流力學的 指標—18:125-133.
 3. Hill, A.V. (1938): *The Heat of Shortening and the Dynamic constants of Muscle*. Proceedings of the Royal Society of London, Series B:126:136-195.
 4. Kaneko, M. (1970): *The Relation between Force, Velocity and Mechanical Power in Human muscle*. Research Journal of Physical Education, 14-3:143-147.
 5. Clarke, H. (1966): *Muscle Strength and Endurance in Man*. Prentice-Hall Inc., (Englewood Cliffs, New-Jersey) pp. 47.
 6. Lieb, F.J. and Perry Facguelin (1971): *Quadriceps Function- An Electromyographic Study under Isometric Condition*. Journal of Bone and Joint Surgery., 53-A: 749-758.
 7. Moffroid, M.T. and R.H. Whipple (1970): *Specificity of Speed of Exercise*. Physical Theraphy. 50:1970-1692.
 8. Pipes, T.V. and J.H. Wilmore(1975): *Isokinetic vs Isotonic strength training in Adult men*. Medical Science of Sports. 7:262-274.
 9. Singh, M. (1967): *Effect of Eccentric training of Agonists on Antagonistic Muscles*. Journal of Applied Physiology. 23-5:742-745.
 10. Vitale, F. (1973): *Individualized Fitness Programs*. Prentice-Hed, Inc., (Englewood Cliffs: New Jersey) pp.114-115.
 11. Shibayama H. and Ebashi H. (1974): *On the Inervation of Antagonist in Voluntary Movement from the View-point of Electromyogram*. Bulletin of the Physical Fitness Research Institute., 27:1-9.

Experimental Studies on Muscular Training

Report 3: Concerning Resistant Diffusion on Loading of Resistive Exercise by Range of Motion of the Extrmities.

Kim, Jin Won

(Dept. of Physical Education)

Abstract

Based on the isokinetic contraction of a concept of resistive exercise, on seven male adults, resistant diffusion was measured by electromyography 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 extrmities.

The results obtained were as follows:

1. The size of the spike discharge in the half-range and the full-range of motions of both upper and lower extremities was bigger in the case of the flexor group than in the extensor group.
2. The process of the spike discharge of upper extremities was simultaneous in the half-range and the full-range motions alike, whereas the discharge process of lower extremities was consecutive.
3. The spike pattern of both upper and lower extremities was one-peaked in the case of the half-range motion, but it was two-peaked in the case of the full-range motion.