

前腕에서 等長性收縮과 等力性 收縮의 筋電圖의 分析

朝鮮大學校 醫科大學 生理學教室

廉 哲 鎬 · 尹 坪 晉

= Abstract =

Electromyographic Analysis of Isometric and Isotonic Contraction in the Forearm

Cheol Ho Yeum and Pyung Jin Yoon

Department of Physiology, College of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

Electromyographic analysis was made in the forearm to clarify the prime mover of the wrist joint in flexion and extension. Loads of 5 and 10 pounds were given to the hand during isometric and isotonic contraction.

The results of this study were summarized as follows:

- 1) M. flexor carpi ulnaris and m. extensor carpi radialis acted as the prime mover during flexion and extension, respectively, of the wrist joint.
- 2) The flexor and the extensor of the forearm showed synergistic activities under isotonic contraction, but under isometric contraction the flexor only acted.
- 3) Muscular activity during the isotonic contraction slightly increased compared with the isometric contraction.
- 4) EMGs and integrated EMGs were somewhat enhanced as the load increased, but there was no significant difference between 5 and 10 pounds load.

緒 論

근섬유는 脊髓의 前角과 연결되어 하나의 運動單位들이 이루면서 收縮을 일으킨다는 理論의 근거가 確立되면서 骨格筋이 電氣的인 자극에 의해 收縮을 일으키고 어떤 要因에 의해 收縮時 探知할 수 있는 電流가 生成된다는 概念이 Duchenne¹⁾에 의해 適用되어 筋電圖의 基礎가 成立되었다. 따라서 電極을 使用하여 筋이 收縮時 發生하는 活動電壓을 記錄하므로써 근의 운동기능을 分析하고 臨床的으로 應用하는 研究가 여러 사람에 의해 계속되었다²⁻⁵⁾. 一般的으로 摘出한 筋肉에 단일자극을 가해 나타난 攣縮(twitch)을 試圖해서 여러 가지 筋收縮의 特徵이 밝혀졌으며 그 代表的인 것으로 等長性 收縮(isometric contraction)과 等力性 收縮(isotonic contraction)이 알려져 있다. 卽, 日常의 人身體筋肉의 活動이 等長性 收縮과 等力性 收縮의 混合

으로 이뤄지며 주로 等力性 收縮으로 四肢를 움직이므로써 外部的인 일을 隨行하며 等長性 收縮으로는 四肢를 지탱한다는 것이다⁶⁾. 最近에 Basmajian⁷⁾은 等力性으로 收縮하는 筋肉은 大部分 기계적인 張力과 積分筋電圖 間에 確實히 直線的인 關係를 보여준다고 했으며 肘關節을 一定한 굴곡된 자세로 持續시키는 等力性 收縮時 屈筋이 重力에 對抗하는 근으로 作用해야할 때 完만한 伸전운동은 양쪽 모두 前腕의 모든 部位에서 上腕筋에 活性을 가져온다고 했다.

또한 Currier⁸⁾은 肘關節의 60°, 90°, 120°에서 固定된 抵抗에 대한 等力性 收縮時 上腕三頭筋에서 근방전의 增加를 나타낸다고 發表했다. 그리고 Lippold⁹⁾는 筋의 자발적인 收縮時 張力과 測定할 수 있는 전기적인 活動은 等長性 收縮時 比例 關係가 있다고 했으나 Inman等¹⁰⁾은 等力性 收縮時 比例 關係가 있다고 했다. 著者는 等長性 收縮과 等力性 收縮의 筋電圖 및 積分筋電圖 反應의 差異 및 負荷에 따른 패턴의 變化

Table 1. Physical characteristics of subject

Name	Sex	Age(yrs.)	Body wt.(kg.)	Height(Cm.)	BSA(m)
K.K.S.	male	20	65	171	1.76

를 알아보기 위하여 前腕에서 腕關節의 屈曲과 伸展時 주동근을 分析하고 負荷에 따른 等長性 收縮과 等力性 收縮을 施行하였다.

研究對象 및 方法

1) 被檢者

被檢者の 선택에 있어서는 田中¹¹⁾의 同一筋에서도 誘導方法에 따라 筋電位가 다르다고 報告했던 것에서 被檢者가 다른 경우에 筋電圖의으로 被檢者間의 筋電位의 大小를 比較하는 것보다 同一被檢者에게 實驗을 反復하므로써 成績의 正確性을 기하고져 身體健康한 男子大學生 1名을 임의로 選定하였으며 그의 身體的 特徵은 Table 1과 같다.

2) 實驗期間

1982. 5. 1~1982. 7. 31

3) 測定部位

수축동작에 따른 주동근 선택이 있어서 前腕의 屈筋과 伸筋中 다음근을 택하였다.

屈筋 : ① 橈側手根屈筋(M. flexor carpi radialis) ② 腕腕骨筋(M. brachioradialis) ③ 尺側手根屈筋(M. flexor carpi ulnaris).

伸筋 : ① 橈側手根伸筋(M. extensor carpi radialis) ② 尺側手根伸筋(M. extensor carpi ulnaris) ③ 指伸筋(M. extensor digitorum).

4) 實驗機具 및 誘導方法

(1) 筋電圖 및 積分筋電圖 記錄은 4-channel 인 phy-

sigraph(Narco Biosystem Inc.)와 HI-GAIN Coupler, EEG/EMG integrator coupler(type 7303)를 使用하였다.

(2) 筋電圖 記錄은 表面電極 卽 直徑 7 mm 圓形 銀板電極에 electro gell paste를 개재시켜 筋肉表面을 알콜로 깨끗이 닦은후 各筋의 근복중양에 2~3 cm 間隔으로 電極을 固定시켜 동작간에 떨어지지 않도록 하였으며 負荷에는 5 LB와 10 LB 重量의 壓鈴을 使用하였다.

(3) 前腕의 屈曲과 伸展은 腕關節을 中心으로 施行하였으며 等長性 收縮은 被檢者의 肘關節을 받침점으로 하여 상박을 固定한 다음 90°각도로 前腕을 固定하여 重量을 負荷하였고 等力性 收縮은 基本的인 解剖學的 자세에서 重量을 負荷하여 腕關節을 최대한 屈展시키는 동작을 취했다.

(4) 各筋의 收縮反應은 數回씩 反復記錄하여 가장 신빙성 있는 成績을 취하였으며 收縮에 따른 근피로를 막기 위하여 동작사이에 충분한 휴식을 두었다.

(5) 實驗의 block diagram은 Fig. 1과 같다.

成 績

1) 腕關節의 굴곡과 신전시 筋電圖 反應

腕關節의 굴곡과 신전시 前腕에서 주로 作用하는 筋을 알아보기 위해서 주로 表層에서 많은 힘을내는 근으로서 굴근으로는 요측수근굴근(FCR), 원요골근(BR), 척측수근굴근(FCU)을 택하였으며 伸筋으로는 요측수근신근(ECR), 척측수근신근(ECU), 지신근(ED)을 택하여 筋電圖 反應을 觀察하였다.

腕關節 屈曲時에는 척측수근굴근(FCU)이 가장 많은 筋活動性을 보였으며, 원요골근(BR), 요측수근굴근

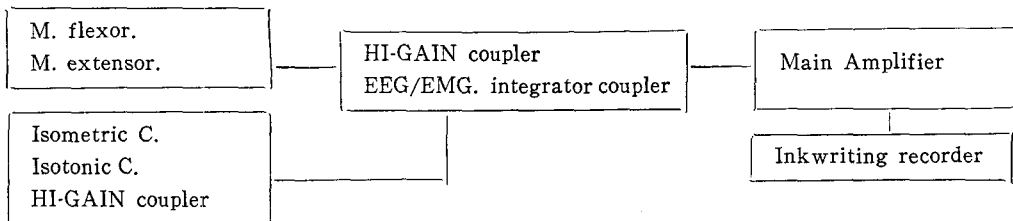


Fig. 1. Block diagram of experimental procedure.

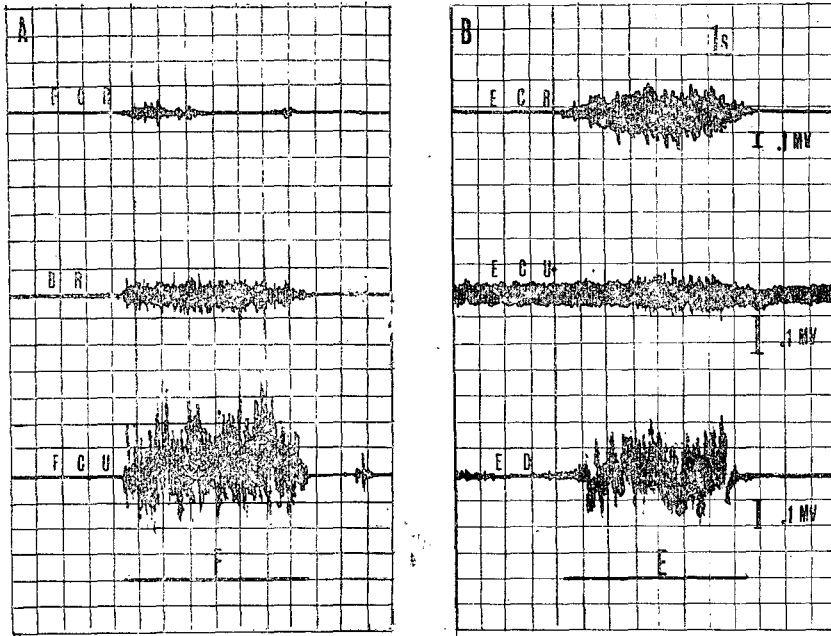


Fig. 2. EMG s of the forearm muscles by flexion and extension of the wrist joint. A, Flexors of forearm; B, Extensors of forearm; FCR, flexor carpi radialis muscle; BR, brachioradialis muscle; FCU, flexor carpi ulnaris muscle; ECR, extensor carpi radialis muscle; ECU, extensor carpi ulnaris muscle; ED, extensor digitorum muscle; F, flexion; E, extension.

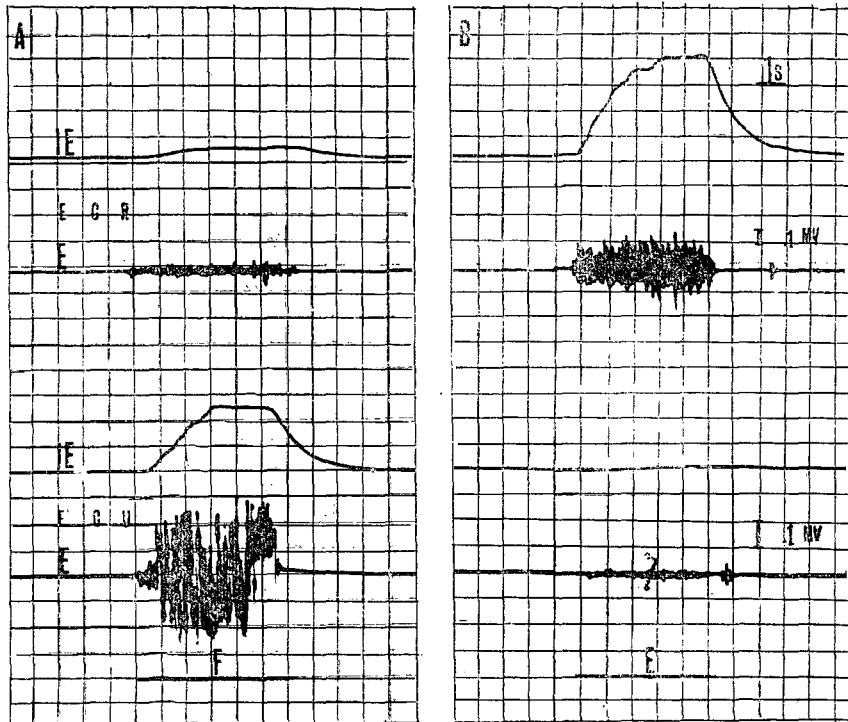


Fig. 3. EMGs and integrated EMGs of the muscle that the prime mover in the forearm. A, flexion of the wrist joint; B, Extension of the wrist joint; IE, integrated electromyograms; E, electromyographic activities.

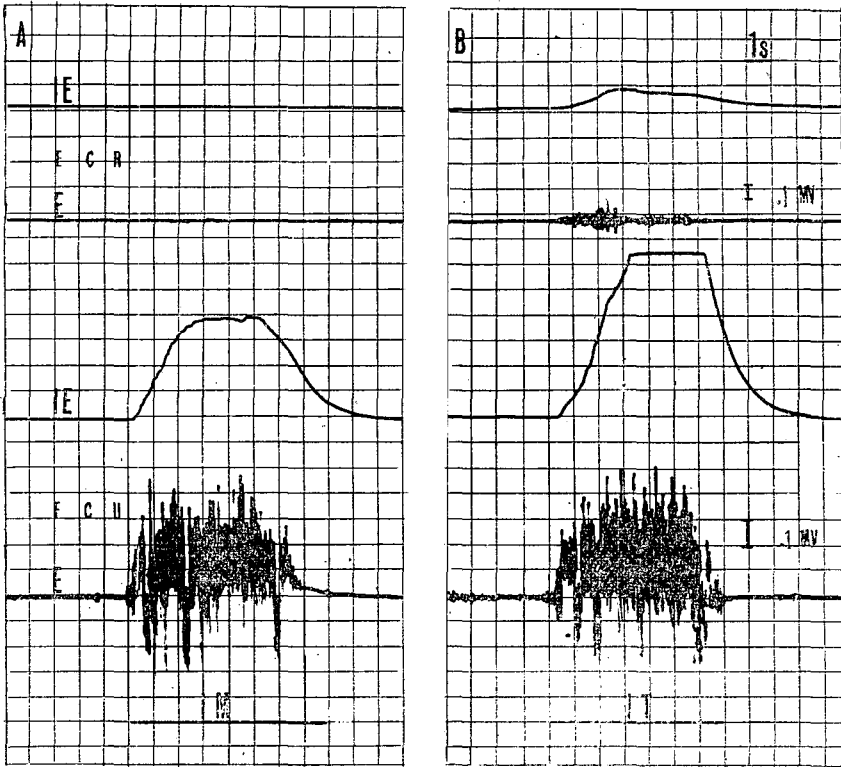


Fig. 4. EMGs and integrated EMGs of the forearm by isometric and isotonic contraction with 5LB Loading. A, isometric contraction (IM); B, isotonic contraction (IT).

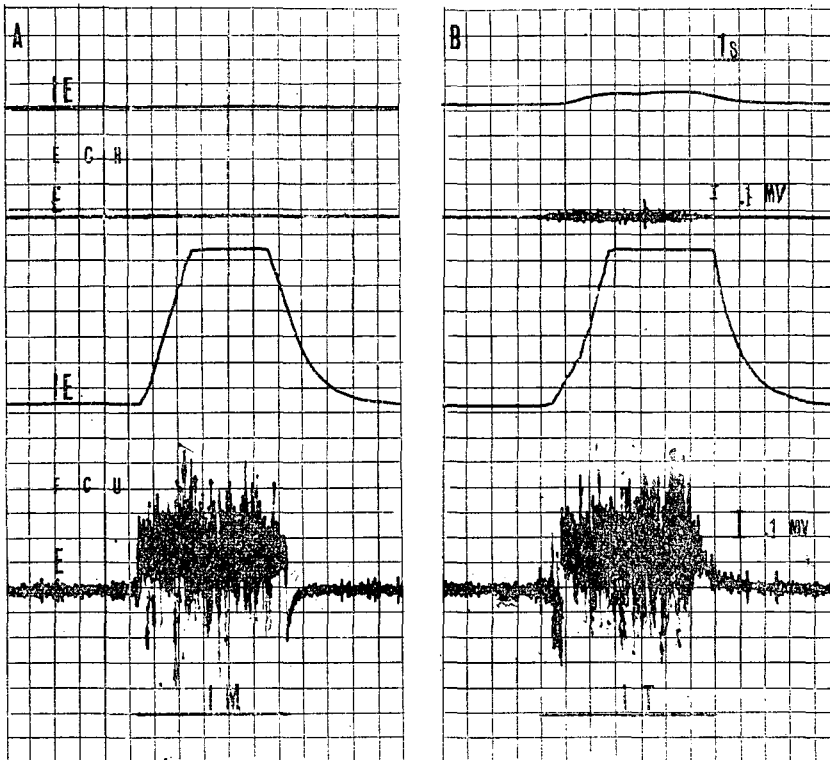


Fig. 5. EMGs and integrated EMGs of the forearm by isometric and isotonic contraction with 10 LB Loading. A, isometric contraction; B, isotonic contraction.

(FCR)의 順으로 나타났다(Fig. 2. A). 또한 腕關節 신전시에는 요측수근신근(ECR)이 가장 많은 근활동성을 보였고 지신근(ED), 척측수근신근(ECU)의 順으로 나타났다(Fig. 2. B).

2) 腕關節의 굴곡과 신전시 주동근에 대한 筋電圖 및 積分筋電圖 反應

腕關節의 굴곡과 신전시 前腕에서 주로 作用하는 근인 척측수근굴근(FCU)과 요측수근신근(ECR)에 대한 筋電圖 및 積分筋電圖 反應을 觀察하였다. 負荷를 가지 않는 腕關節의 굴곡과 신전시 前腕에서 나타난 筋電圖 및 積分筋電圖 反應에서 拮抗筋의 作用은 屈曲時에 더 많은 筋活動을 보였으며 주동근의 作用 역시 伸筋에 比해서 屈筋이 더 많은 活動을 나타내므로서 一般的으로 屈曲時에 筋活動性이 더 增加됨을 보여주고 있다(Fig. 3. A, B).

3) 負荷에 따른 前腕의 等長性 收縮과 等力性 收縮의 筋電圖 및 積分筋電圖 反應

前腕에서 等長性 收縮과 等力性 收縮의 筋電圖 및 積分筋電圖 反應을 알아보기 위하여 5 LB와 10 LB의 重量을 負荷시켜 腕關節의 屈曲과 신전시 주동근으로 作用한 근에 대해서 觀察하였다.

1) 5 LB, 重量 負荷의 경우

5 LB의 重量을 負荷했을때 前腕에서 나타난 근전도 및 적분근전도 反應은 等長性 收縮과 等力性 收縮에서 屈筋의 筋活動이 크게 나타났으며 等長性 收縮時에는 拮抗筋의 活動이 전혀 나타나지 않았으나 等力性 收縮時에는 약간의 筋活動을 보여주므로서 拮抗筋이 協同적으로 作用함을 알 수 있다. 또한 等長性 收縮에서나 等力性 收縮에서 나타난 屈筋의 活動性은 等力性 收縮時 약간 증가되는 傾向을 보인다(Fig. 4. A, B).

2) 10 LB 重量 負荷의 경우

10 LB의 重量을 負荷했을때 나타난 筋電圖 및 積分筋電圖 反應은 5 LB의 경우에 比해서 筋의 活動이 약간 增加되는 듯하나 有意性은 없었으며 5 LB의 경우와 마찬가지로 等長性 收縮時에는 拮抗筋의 活動이 전혀 나타나지 않았고 等力性 收縮時에는 協同적으로 作用함을 보여준다(Fig. 5. A, B).

考 察

一般的으로 等長性 收縮時 근원섬유의 미끄럼 기전

(sliding mechanism)이 일어나지 않으므로 근섬유의 길이가 단축되지 않으며, 等力性 收縮時는 근섬유가 단축되면서 짐을 움직이는 外部的인 일이 隨行된다는 概念이 알려져 있으나 Karpovich等¹²⁾은 等長性 收縮時에도 張力이 增加되면 약간의 근섬유의 단축을 피할수 없으며 身體에는 순수한 等力性 收縮은 없으므로 그 용어를 筋肉의 길이가 外部的인 힘에 抵抗하는 동안 늘어날때 보통과 다른 수축(eccentric contraction)이라고 하고 길이가 단축될때 집중적인 수축(concentric contraction)이라 하는게 옳다고 했다. 그러나 이들 見解의 差異도 주로 外部的인 活動을 수행하는 때는 等力性 收縮이 주가 된다는 데에는 一致하는 듯하다. 本 研究에서는 腕關節 屈曲과 신전시 前腕에서 作用하는 주동근을 中心으로 重量을 負荷시켜 인위적으로 等長性 收縮과 等力性 收縮을 施行하여 筋電圖 및 積分筋電圖 反應을 觀察하였다.

일찌기 Tournay等¹³⁾은 腕關節의 신속한 신전이나 완만한 신전시 단요측수근신근(ECRB)이 장요측수근신근(E.C.R.L)보다 더 活動的이고 實際로 신속한 신전을 除外하고는 장요측수근신근은 근본적으로 活動性이 없다고 報告하였으나 이제 두근이 協同筋으로 作用한다¹⁴⁾는 것이 알려졌으므로 本實驗에서 두근을 分離해서 記錄하지 않았다. Backdahl等¹⁵⁾은 前腕이 신전하는 동안 屈筋과 伸筋 사이에 相互神經支配가 있으며 신근인 요측수근신근(ECR), 척측수근신근(ECU), 지신근(ED)이 協同적으로 作用하고 어느근도 주동근이 아니며 이것은 屈筋의 경우에도 同一하다고 發表했다. 이들의 報告를 本 實驗成績과 比較해 보면 屈筋이나 伸筋이 各 各 서로 協同적으로 作用한다는 點은 一致하였으나 腕關節 屈曲時 주동근이 척측수근굴근(FCU) 신전시의 주동근이 요측수근신근(ECR)이라는 점에서는 相異하다(Fig. 2). 이점에서 볼때 Backdahl等¹⁵⁾의 研究는 주동근 분석의 觀點보다는 筋間의 相互作用에 主眼點을 두었던 것이 아닌가 생각된다.

Fig. 3에서 보는바와 같이 前腕의 주동근에서 屈筋의 筋活動性이 많은것은 大部分의 사람들에 있어 屈筋의 作用은 伸筋보다 約 1.0~1.5배 더 強力한 힘을 낸다는 李¹⁶⁾의 報告와 一致하였으나 肘關節에 대한 拮抗筋의 作用에서 신전시에 굴곡시보다 항상 더 많은 拮抗筋의 活動性을 야기시킨다는 Patton等의 報告와 本 實驗成績의 結果와는 相異하였는데 이는 部位에 따른 筋收縮 樣相의 差異라고 생각되어 진다. 또한 이점에 있어서 Liberson等¹⁶⁾은 서로 部位가 다른 근에 있어서 積分筋電圖는 比較할 수도 없고 比較되어서는 안된

다고發表했다.

Fig. 4, 5에서 보여준 等長性 收縮과 等力性 收縮의 筋活動에서 明確하게 나타난 것은 5 LB와 10 LB의 負荷에서 拮抗筋의 作用이 等力性 收縮時에만 나타났다는 것이다. 이는 주로 等力性 收縮으로 外部의인 일을 隨行한다⁶⁾는 理論에 起因하여 일어나는 拮抗筋의 協同作用을 생각할 수 있다. 한편 Bigland等¹⁹⁾은 同一한 힘을 전개시킬때 等長性 收縮時 等力性 收縮에 비해 積分된 筋의 電氣의인 活動이 더 減少된다고 發表했는데 本 實驗結果에서도 有意性 있는 差異는 없으나 等力性 收縮時에 筋活動이 약간 增加되는 傾向을 볼 수 있었다. 5 LB와 10 LB의 負荷에 따른 變化는 Bigland等¹⁹⁾이 張力の 增加와 積分된 筋活動 間에 直線의인 關係가 있다고 發表한 이래 Ahlgren等²⁰⁾과 Viljanen等²¹⁾이 이에 뒷받침되는 報告를 發表하였으나 本 實驗結果에서는 負荷의 增加에 따라 약간 增加된 傾向은 있었으나 有意性은 없었다. 이는 本實驗에서 負荷重量과 收縮동작에 制限을 두고 행했기 때문인 것으로 생각되며 이에 따른 相關關係는 追後 研究되어 질수 있는 餘地가 있는 것으로 思料된다.

結 論

前腕에서 等長性 收縮과 等力性 收縮의 筋電圖的 反應의 差異를 觀察하기 위하여 腕關節 屈曲과 伸展時 主동근을 分析하고 負荷에 따른 等長性 收縮과 等力性 收縮을 施行하였던바 다음과 같은 結果를 얻었다.

- 1) 前腕에서 腕關節 屈曲時 主동근은 척추수근굴근(FCU)이었으며 腕關節 伸전시 主동근은 요측수근신근(ECR)이었다.
- 2) 前腕에서 等力性 收縮時 屈筋과 伸筋은 協同的으로 作用했으며 等長性 收縮時는 屈筋만이 作用했다.
- 3) 等力性 收縮時는 等長性 收縮時에 비해서 筋活動이 약간 增加되었다.
- 4) 負荷의 增加에 따른 筋電圖 및 積分筋電圖 反應은 약간 增加된 傾向이 있으나 큰 차이는 없었다.

REFERENCES

- 1) Duchenne G.B.A.: *Physiologie des mouvements*, transl. by E.B. Kaplan. W.B. Saunders Co., Philadelphia and London. 1867,
- 2) Buchthul, F. and Madsen, E.E.: *Synchronous activity in normal and atrophic muscle. Electro-*

- enceph. Clin. Neurophysiol.* 2:425-444, 1950.
- 3) Cook, W.A.: *Antagonistic muscles in the production of clonus in man. Neurology*, 17:779-782, 1967.
- 4) Hannam, A.G.: *Computer analysis of the correlation between the activity of the masseter muscles during unilateral chewing in in man. Electromyogr. Clin. Electrophysiol.*, 16:165-175, 1976.
- 5) Angel, R.W.: *Electromyographic patterns during ballistic movement of normal and spastic limbs. Brain Res.*, 99:387-392, 1975.
- 6) Guyton, A.C.: *Textbook of Physiology*, Sixth ed., W.B. Saunders. Philadelphia. London. Toronto. 132-133, 1981.
- 7) Basmajian, J. V.: *Muscles alive.*, Fourth ed. The Williams & Wilkins Co. Baltimore. 169, 1978.
- 8) Currier, D.P.: *Maximal isometric tension of the elbow extensors components by quantitative electromyography. Phys. Ther.*, 52:1265-1276, 1972.
- 9) Lippold, O.C.J.: *The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension.*, *J. Physiol.* 117:492-499, 1952.
- 10) Inman, V.T, Ralson, H.J., Saunders, J.B., Feinstein, B. and Wright, E.W.: *Relation of human electromyogram to muscular tension. Electroencephalog. & Clin. Neurophysiol.* 4: 187-194, 1952.
- 11) 田中英彦外: 總合筋力と 筋電圖, 東京教育大學 體育學部紀要 第10卷, 101-110, 1971.
- 12) Karpovich, P.V. and Sinning, W.E.: *Physiology of muscular activity. Seventh edit. W.B. Saunders Co. Philadelphia, London, Toronto.* 13, 1971.
- 13) Tournay, A, and Paillard, J.: *Electromyographie des muscles radiaux a l'etat normal. Rev. Neurol.*, 89:277-279, 1953.
- 14) Basmajian, J.V.: *Muscles alive.*, Fourth edit. The Williams & Wilkins Co. Baltimore. 213, 1978.
- 15) Bäckdahl, M. and Carlsöö, S.: *Distribution of*

- activity in muscles acting on the wrist(an electromyographic study). Acta Morph. Neer-Scandinav., 4:136-144, 1961.*
- 16) Lee, H.S.: *Kinesiology. Dong-Hwa Co. Seoul., 296, 1975.*
- 17) Patton, N.J. and Mortensen, A.O.: *A study of some mechanical factors affecting reciprocal activity in one-joint muscles. Anat. Rec., 166: 360, 1970.*
- 18) Liberson, W.T., Dondey, M. and Asa, M.M.: *Brief repeated isometric maximal exercises. Am. J. Phy Med., 41:3-14, 1962.*
- 19) Bigland, B. and Lippold, O.C.J.: *The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles. J. physiol., 123: 214-224, 1954.*
- 20) Ahlgren, G. and Lipke, D.P.: *Electromyographic activity in digastric muscles and opening force of mandible during static and dynamic conditions. Scand. J. Dent. Res. 85:152-154, 1977.*
- 21) Wiljanon K., Poppius, H., Bergstrom, R.M. and Harkumaki M: *Electrical and mechanical activity in human respiratory muscles. Acta. Neuro. Scandinav., 41:suppl. 13, 237-239, 1964.*