

E.M.G.分析에 依한 筋力評價

李 晁 兩

서울대학교 工科大学 産業工學科

緒 論

等尺性(static contraction) 筋力의 評價는 人間 各個人의 能力이 다른점, 主위 환경에 대응하기 위한 筋力使用이 다양한 점등으로 인하여 그 重要性에 대한 인식이 高조되고 있다. 발달된 筋力 評價方法에 대한 實제적인 必要性의 예로서 最近의 연구에 의하면 筋力이 잘 發達된 사람은 産業體의 근무에서 手工의 作業이 부과 될 때 筋力이 약한 사람들보다도 骨格筋의 긴장이 적고 筋이나 골격에 상해를 적게 입으며, 疲勞도 적게 느낀다는 것이 입증되었다^(4,24,25).

또한 골격근 상해후 재활 과정에도, 그 사람의 身體的 再活 能力을 평가하는 더욱 객觀적인 科學的 測定方法 더욱 필요해지고 있다.

다른 응용분야에서도 사람의 筋力을 結定하는 방법으로서 現方法을 개선할 필요성이 증대하고 있다. 예로써, 시스템설계, 산업의학, 스포츠과학등이 이러한 분야의 대표적 例라 할수 있다.

이 研究의 目的은 5초 以上 50% MVC(최대수축) 筋力지수시 等尺性 收縮의 증가와 EMG의 진폭과의 關係를 조사하므로써 各 個人의 筋肉最大能力, 피로도 등을 科學적으로 예측하는데 있다.

이 結果는 측정에 협조의사가 없는 피검자들 부터도 더욱 객觀적인 최대筋力 평가가 가능하게 될 것이다.

筋력과 EMG의 진폭관계는 주로 統計的 회귀 分析으로 평가되어 왔다^(1,2,7,21). 이러한 통계적 분석은 분석결과가 평균·표준편차로 나타나는 개觀적인 범위는 잘 나타낼 수 있으나 個個人의 최대筋力을 분석하는 수단은 될 수 없었다. 筋력과 EMG의 선형적인 關係는 Fig. 1과 같으며, 대부분의 學者들은 이두박근의 경우에 筋力의 증가에 따라 EMG의 진폭이 선형적으로 증가하지 않는다는 事實에 일치할 보고있다.^(2,22,27,36). 이러한 事實은 팔목에 여러 부하량을 걸고 팔굽수축의 靜的 平衡分析(static contraction)을 行하여 이두박근이 주동근이 되는 동작을 EMG로 分析하여 더욱 明確하게 하였다.

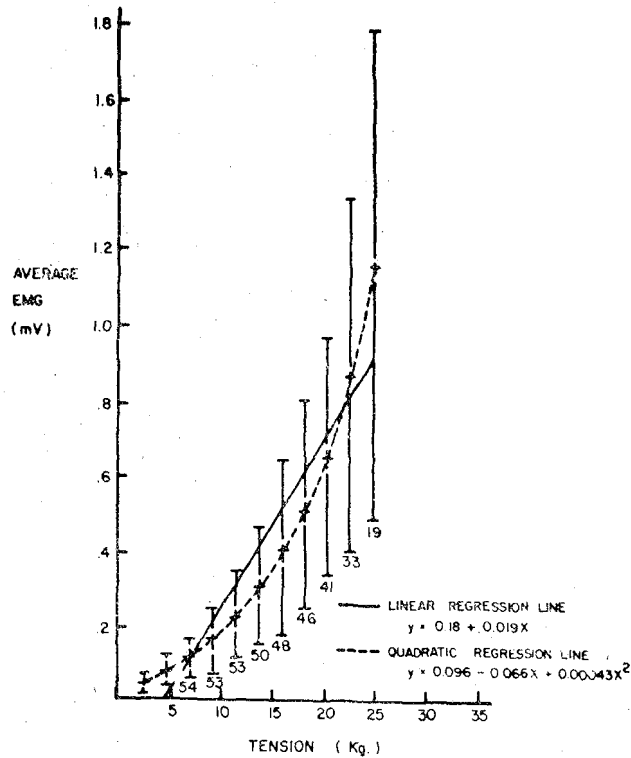


Fig. 1-Composite averaged EMG potential vs. tension curve of 54 plots. Points(+) represent mean values of averaged EMG potential at 5-pound increments of tension for 54 plots. The regression lines and their respective equations were calculated by the method of least squares. The number of X-Y plots included appear beneath each of the 1 standard deviation bars. (Reprinted from (36) with permission of the author.)

Møller⁽²²⁾에 의하면 근력의 증가와 EMG 진폭의 비선형 관계는 두 電極을 약 5cm 거리로 붙여서 사용하면 0.24cm 간격을 두었을 때보다 더욱 크게 나타난다는 事實이 보고되었다. Lindström⁽¹⁹⁾은 면적이 넓은 전극을 使用하면, EMG에 동원되는 運動素(Motor Unit: 이하 MU로 표기)의 數가 증가되기 때문에 EMG 電位가 증가 한다고 보고하였다. 특히 힘과 동원된 MU에 따른 EMG의 特性이 다를 때 더욱 심한 EMG 變位가 수반한다.

골격근의 機能的 屬性

骨格筋이 빠른 強縮과 높은 포도당을 동반하는 F type(Fast contraction, Highly-Glycolitic)의 筋섬유와, 늦은 強축과 높은 酸化를 동반하는 S type(Slow Contraction, Highly-Oxidative)의 筋섬유인 다른 두 섬유형태로 되어있는 MU로 구성되어 있다는 것은 잘 알려진 事實이다. (5,9,13,14,17,26,35). F type의 MU는 매우 無酸素的인 反面에 매우 높은 筋活動 전위(MUAP Muscle Action Potential)을 가지고 있고, 더욱 빠른 筋收縮을 한다^(10,17). S type의 MU는 有酸素的이며, 疲勞도가 적고, 筋收縮이 느리며, 收縮力이 낮은 特性을 가지

고 있다^(10,17). 이 두 근육에는 대략 200~400개의 MU가 있는데, 그중 40~60%가 S type이고 나머지가 F type인 것으로 추산된다^(8,17,29,34). 筋力은 신경 刺戟의 頻度나 筋섬유의 形態로 決定되는 個別的 運動單位의 強縮總合인 反面에 EMG는 刺戟의 頻度 및 筋섬유의 形態로 決定되는 同一한 運動單位에 대한 MUAP의 總合이라고 말 할수 있다. 이들의 關係는 各기 다른 特性을 지니며, 모두 질서있는 MU 동원으로 해서 비선형성이 더욱 증대하는 것으로 보인다^(2,22,28,36). 저수축강도에 있어서 S type의 MU가 收縮중에 야기되는 피로를 보충하기 위하여 추가로 충원되는 MU으로 인하여 F type EMG 진폭증대를 보이는 것과 F type이 S type보다 3배 가량 큰 EMG 진폭증대를 보이고 있는 점은 논리적으로 類似한 현상이라 하겠다. 本研究의 目的을 解決하기 위해서 上述된 考察은 個別的으로서의 추계적 筋疲勞模型⁽¹⁸⁾으로 發展되었는데 本研究의 資料分析結果를 利用하였다. 그것의 최종평가 는 被驗者에 自身の 最大筋力을 속이려고 노력하는 實驗者 集團과 自身の 最大筋力을 誠實하게 시위하려는 두 集團의 差異를 分析하여 整理하였다.

實驗器材 및 方法

對象

本 研究에서 대상으로 한 被驗者는 22名으로서 男 18名, 女 4名이었다. 그들 모두 志願者

Table 1. Anthropometric data.

	N	Age	Height(cm)	Weight (kg)	Upper Arm Circ 90% Flex mm
Males	18	23.7±4.3	181.6±6.5	78.7±13.3	313±3.5
Females	4	22.8±4.1	164.6±6.0	54.8±7.4	26.1±2.5

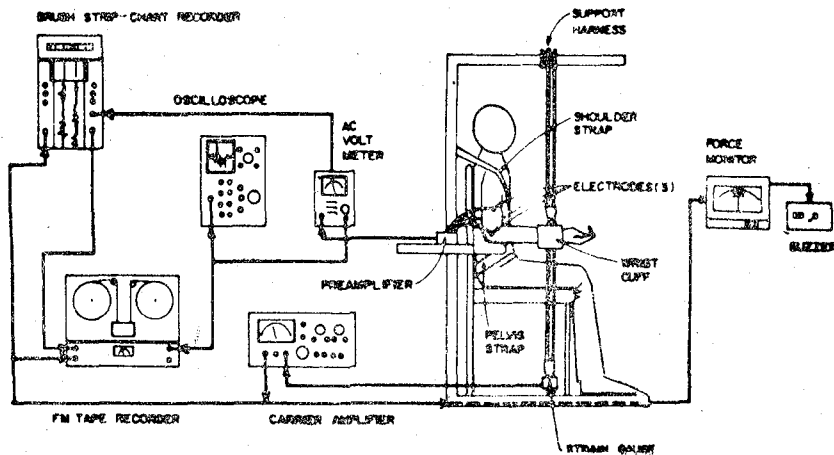


Fig. 2-Schematic drawing of the experimental set-up.

이었으며, 地方大學으로 부터는 健康한 者였다. 모두 實驗의 概要 및 실험에 따르는 危險에 대하여 教育을 받았으며, 參與에 대한 受諾書를 받았다. 被驗者중 半은 生理學專攻이었으며, 모두 筋力測定法에 익숙하여 있는 者들이었는데 그들의 身體測定데이터는 (Table 1) 같다.

被驗者는 임의로 2개의 集團에 分類하였으며, 그중 한 集團은 “Faker” (실험자에게 최대 근력을 속이려고 노력하는 집단), 다른 하나는 “Sincere” (실험자에게 최대근력을 성실히 시위하는 집단)로 하였다. 本 實驗前에는 그들 모두의 실제치 最大筋力을 격려된 실험실에서 비밀리에 測定되었다. 따라서 실험자는 피실험자가 Faker인가 Sincere 인가를 모르는 상태에서 EMG 분석만으로 소속집단을 알아 맞추도록 실험 설계가 이루어졌다. 제 3 자에 의해서 지시된 내용으로써, “Sincere”集團에게는 항상 그들의 最大筋力 測定值를 發揮하게 하고 그것을 알려주었으며, “Faker” 集團에는 그들 MVC의 50~75% 사이에서 선택하여 내도록 하고 그 실제 상태를 알려 주지 않았다. 이 50~75%의 근거는 50% MVC는 검사 및 추정에 매우 용이한 값이며 75%는 實際의 MVC에 매우 근접한 수치라는 데에 있다.

實驗器材

被驗者는 가죽 벨트가 달린 단단한 의자에 앉아 어깨는 등받이 密着시키고 姿勢를 Fig. 2와 같이 한다. 팔굽은 상완과 전완이 90°의 각도를 이루게 하여 이두박근이 最大筋力을 發揮하도록 하였다⁽²³⁾. 電極表面의 EMG기록이 우측 이두박근에 의해서 얻어지며 그 근 腹部 및 팔굽의 후면과 정중면을 알콜로 닦고 電極을 부착시킨다. 그 이하 節次는 EMG 實驗 節次에 따랐다.

實驗方法

被驗者는 4~6명씩 짝지어 檢査를 받았으며, 두 檢査가 아래와 같이 實施되었다. 즉 1) 약 5초 동안 그의 筋力을 점차 늘려 최대근력을 발휘하는 과정을 3회 反復, 2) 最大筋力의 50%를 維持하는 方法이었다. 첫번째의 方法은 deVries에 의해 최근 實行됐던, 電氣活動의 效率(EEA)의 개념과 유사한 筋의 發揮長力 機能으로서 정류된 EMG 전압의 증가를 나타내어 준다. EEA 이론은 약 5초 내외에 100% MVC, 즉 최대 筋力에 도달할 수 있으며 이때 연관된 EMG의 電位(voltage) 증가를 파악할 수 있다는 내용이다.

被驗者는 서서히 筋力을 증가 하면서 最大筋力에 이른 후 멈추게 된다. 50% MVC의 持久力 실험은 個人이 앞서 측정된 각 개인의 最大值의 50%에 상응하는 水準을 維持하는 方法이다. 被驗者는 筋力計를 잡아 당기며 身體의으로 견딜 수 있는 한 50% 水準을 유지시키도록 한다. 附加的인 裝置로서 最大筋力의 50%이하로 내려 갈때는 부저가 울리게 되며, 부저가 3초 이상 울리게 되면 불이 켜져 實驗의 終了를 나타내게 된다. 各被驗者에 대한 檢査는 약 10分間이며, 4~6명 실험 集團을 실험하는데 약 60分을 요하게 된다. 被驗者에 대한 實驗 順序가 決定되어있기 때문에 한 被驗者는 各 實驗後에 同一한 休息時間을 갖게 된다. 전체의 실험 節次는 4회 反復하게 된다.

結果 및 考察

傳統的인 筋力發揮方法에 의하면 MU의 동원은 筋力發揮水準의 增加를 나타낸다는 것을 基礎로 하고 있다. 그 順序는 比較的 낮은 強度에서 S type의 MU 동원이 먼저 일어나는데 그것은 그들의 낮은 活動진위와 刺戟頻度에 기인하며, 緊張增大나 EMG 振幅에서도 小幅의 增大를 招來하게 된다. 要求된 緊張이 높은 水準으로 올라감에 따라 더 많은 F type MU가 근력발휘에 主導的인 役割을 하게 된다. 그들에 상응하는 큰 활동력과 이의 동원이 더욱 적은 S type의 MU가 存在 하였을 때 보다 더 큰 폭으로 EMG 振幅增大를 나타낸다. F type의 추가동원으로 Møller⁽²¹⁾와 Zuniger과 Simons⁽³⁶⁾에 의해서 觀察된 바와 같이 비선형적인 EMG 振幅의 증가현상을 招來하는 것으로 보인다. 첫번째 考察은 낮은 범위의 水準에서는 S type의 동원이 調節되고 높은 水準에서는 F type의 동원이 支配的으로 調節된다는 것이다. Gydikov와 Kosarov⁽¹¹⁾가 提案한 바와 같이 60% S type과 40% F type比率에 基礎를 두고 EEA graph의 變換點은 被驗者의 60% MVC에서 잘 일어난다는 것을 알 수 있다. 이것이 上述한 水準以上에서 일어난다면 그것은 "Faker"集團을 나타내는 것이다. 各被驗者의 變換點은 두 전형 回歸線의 接點으로 알아낼 수 있으며, 한 線은 최초의 값이고, 다른 하나는 EMG 振幅의 最終값을 나타낸다. 筋力의 데이터는 아래의 Fig. 3과 같다. 첫째 선은 S type에 의하여 發生한다. 정류된 EMG의 두번째 考察로서는 EEA 曲線으로부터 最大의 筋力을 豫測하는 手段으로서 50% MVC의 持續과 最終 EMG의 豫測發揮가 사용된다.

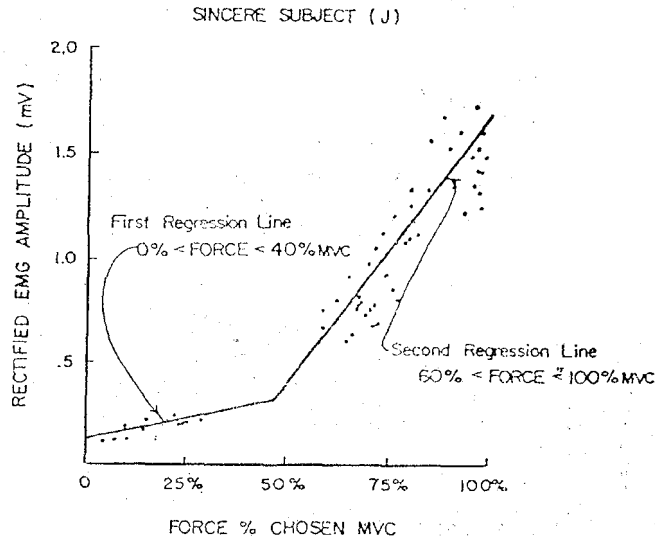


Fig. 3-Rectified EMG amplitude during force % chosen MVC

정류된 EMG는 被驗者가 "Faker" 集團일 경우 支配的으로 S type의 느린 疲勞要素와 낮은 振幅의 MU가 參與하기 때문에 持續期間 동안은 EMG 振幅이 增大하지 않는 것이다. 그

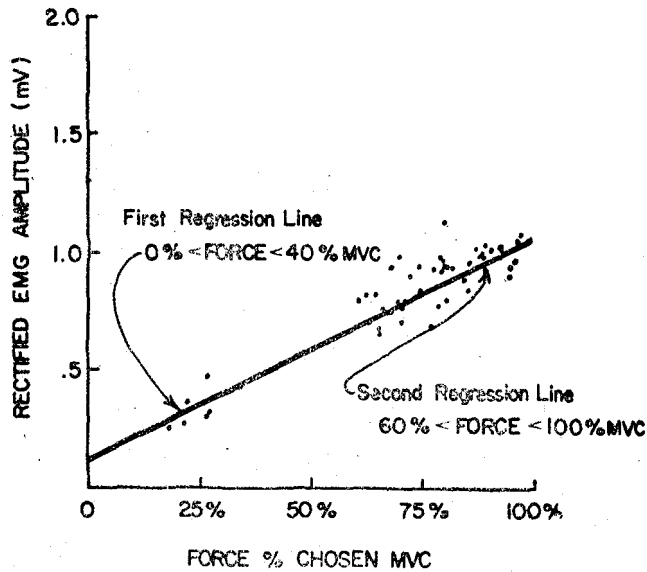


Fig. 4-Typical subject response during graded exertion test.

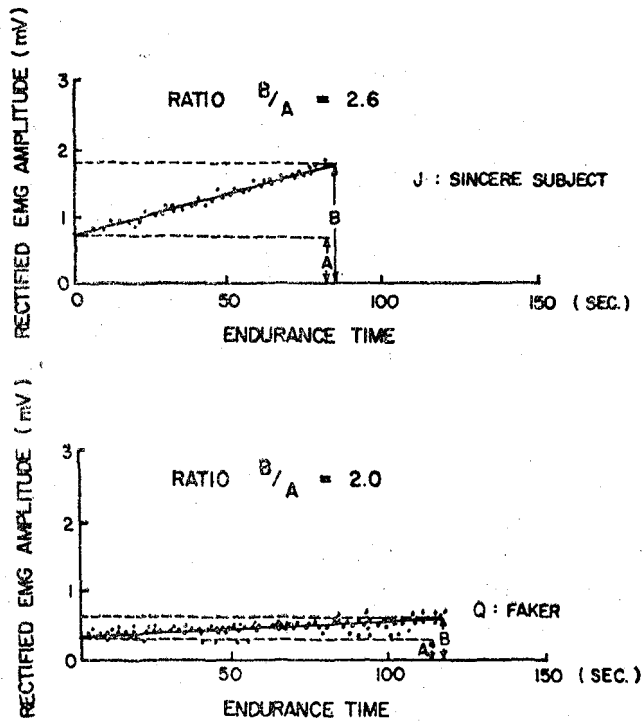


Fig. 5-Rectified EMG amplitude during 50% endurance hold.

結果는 Fig. 5와 같다. 疲勞現象에 따르면 지구 실험의 終末에 EMG의 振幅은 최대근력의 나타날 것이다. 과분극에 의하여 그의 最終 EMG振幅水準으로 또한 各 被驗者 EEA曲線의 둘째線은 "Faker"集團에게는 最終 EMG진폭도 F type와 S type의 MU의 分別된 疲勞率로 負荷가 評價된다. 그러므로 豫言되는 最大筋力은 바로 橫線으로 부터 얻어 질 수 있다. 더 우기 觀察된 最大筋力과 豫言된 最大筋力의 比率을 취함으로써 各 被驗者의 發揮比率水準을 취할 수 있다.

Table 2. Results of transition point analysis and proportion of predicted strength analysis.

A: Sincere Subjects

Subject	Shift Pt 25% MVC	Final EMG MV	Predicted Max Strength Newtons	Observed* Max Strength Newtons	Observed	Predicted Status	Post Hoc Peak Strength Newtons
					Predicted %		
A	56	1.626	181.3±14.7	157.8	87.0	S	167.6
B	52	1.957	181.3±14.7	162.7	89.7	S	189.1
C	47	2.574	325.4±20.6	264	99.4	S	323.4
D	55	2.102	318.5±29.4	219.2	84.3	S	268.5
E	47	2.537	341 ±24.5	310.7	91.1	S	310.7
F	50	2.505	274.4±19.6	241.1	87.9	S	252.8
G	40	2.350	352.8±22.5	291.1	82.5	S	412.6
H	71	.974	387.1±39.2	222.5	57.5	F	236.2
I	36	2.382	378.3±29.4	333.2	88.1	S	333.2
J	43	1.965	338.1±24.5	343	101.4	S	403.8
K	47	2.231	387.1±14.7	290.1	75.0	S	331.2
L	36	2.412	392 ±29.4	329.3	84.0	S	329.3

B: Fakers

Subject	Shift Pt 25% MVC	Final EMG MV	Predicted Max Strength Newtons	Observed* Max Strength Newtons	Observed	Predicted Status	Post Hoc Peak Strength Newtons
					Predicted %		
M	69	752	151.9±24.5	94.1	61.9	F	168.6
N	97	553	210.7±24.5	116.6	55.3	F	235.2
O	88	1.128	315.6±14.2	167.6	53.1	F	284.2
P	90	1.459	362.6±24.5	225.4	62.1	F	313.6
Q	93	.853	343.0±29.4	179.3	52.3	F	385.1
R	**	.850	352.0±29.4***	113.7	32.2	F	327.1
S	84	.999	416.5±29.4	295.2	68.5	F	362.6
T	64	1.277	357.7±19.6	245.0	68.5	F	387.1
U	96	1.583	287.1±29.4	142.1	49.5	F	313.6
V	76	.983	249.9±24.5	131.3	52.5	F	254.6

*Maximum observed on progressive exertion technique which according to the instructions should be 100% MVC.

**No shift point observed.

***Prediction based on a second slope found from an average of the second slopes of all male subjects.

結 論

정류된 EMG와 근력의 데이터 분석은 前揭된 (Table 2)와 같다. 假定된 F type/S type와 MU의 變換點 및 豫言된 筋力の 比率로 "Faker" 集團 전부와 "Sincere" 集團 12名중 11名을 정확히 맞춤으로서 정확도는 95.5%였다. 일반적으로 EMG데이터 분석으로부터 Sincere集團은 지구實驗의 終了時 MU의 F type/S type比率이 "Faker" 集團보다 높았으며 더우기 EMG水準은 Faker集團보다 "Sincere" 集團이 더욱 가속적으로 增大하였다. 最大筋力值들은 다음 Fig. 6의 結果와 같았는데 回歸線의 傾斜는 1.025였고 $r^2=0.60$ 이며 有意度는 $p<0.001$ 이므로 豫言된 被驗者의 實際筋力은 약간은 過大評價되었다.

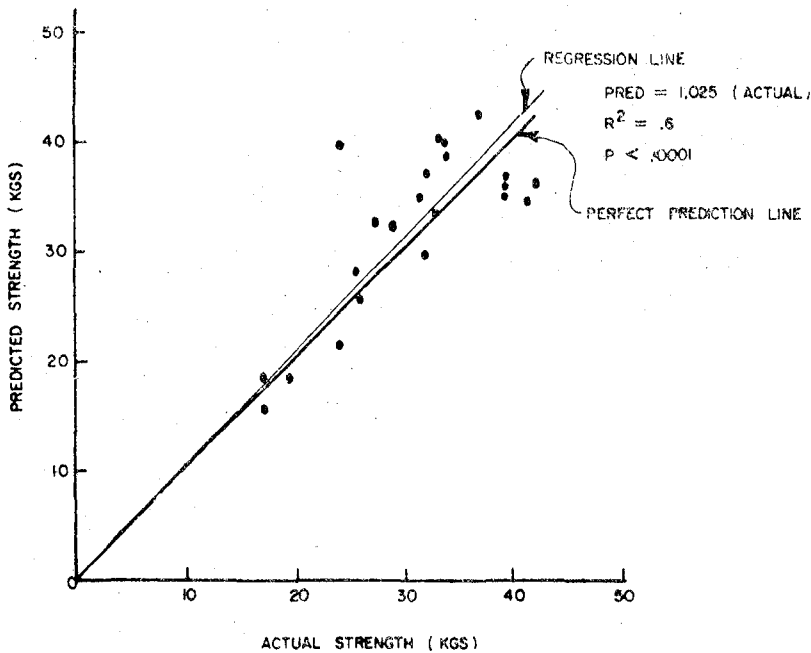


Fig. 6-Graph of predicted strength vs. actual strengths.

論 議

본 研究에서 나타난 EMG의 진폭분석은 MU의 활동내용을 민감하게 파악한다는 概念과 사람의 실제 筋力 용량을 決定하는데 有效하므로 應用可能性이 높다는 사실을 뒷받침하고 있다.

즉,

- 1) MU의 두 타입(F, S)

- 2) 동원된 각 타입의 근육의 분포 비율
- 3) 각기 다른 MU EMG 진폭
- 4) 피로와 결과적 MU의 증가에 따른 MU수축력 손실을 진행

등이 구체화된 모형을 使用하면 動作時 筋력에 關係된 EMG진폭이 해석될 수 있다.

높은 수준의 強度에서 EMG진폭의 비율 증가는 주로 S type의 MU보다 더 높은 MUAp의 F type MU동원에 기인하는 것이다. 또한 그 강도에서의 F type MU의 부가적 동원과 함께 강도의 결과적 증가를 낳는 자극의 頻度에 있어서 증가는 나타난다. 同一한 概念으로 근육의 피로를 說明할 수 있다.

10~30% MVC강도 동작의 持久實驗동안 MU의 동원은 주로 S type에 의하여 이루어질 것이다. S type의 MU는 느린 MUAp를 나타내기 때문이다. 그러나 높은 강도의 지속(50% MVC이상)에는 많은 수의 F type가 처음부터 동원된다.

이것은 MU동원과 EMG진폭사이에 양립되는 관계가 성립될 수 있음을 나타낸다.

"Faker"집단에 있어서 초기 EMG보다 2~3배 큰 최종 정류 EMG를 얻기 위해서는 짧은 持久時間을 갖는 것보다는, 긴 지속시간을 維持하는 것이 분명히 有利하다. 왜냐하면 그들은 相應的으로 補償되는 MU동원이나 EMG의 진폭증대를 초래하지 않을 것이기 때문이다.

이러한 最大 筋力評價는 운동선수의 訓練, 作業매치등에 도움을 줄 것이며 筋력훈련에 모형의 適用 可能性을 제공할 것이다.

REFERENCES

1. Bigland, B. and O.C.J. Lippold. Motor unit activity in the voluntary contraction of human muscle. *J. Physiol.* (London) 125:322-335, 1954.
2. Bouisset, S. EMG and muscle force in normal motor activities. in *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*, ed. J.E. Desmedt, 547-585. Karger: Basel, 1973.
3. Burke, R.E., D.N. Levine, F.E. Zajac, W.K. Engel, and P. Tsairis. Mammalian motor units: physiological-histochemical correlation in three types in cat gastrocnemius. *Science*. 174:709-712, 1971.
4. Chaffin, D.B., G.D. Herrin, W.M. Keyserling, and J.A. Foulke. Pre-employment strength testing-an updated position. *J. Occ. Med.* 20:403-408, 1978.
5. Close, R.I. Dynamic properties of mammalian skeletal muscles. *Physiol. Rev.* 52:129-196, 1972.
6. Cogshall, J.C. and G.A. Bekey. A stochastic skeletal muscle based on motor unit

- properties. *Math. Biosci.* 7:405-419, 1970.
7. DeVries, H.A. Efficiency of electrical activity as a physiological measure of the functional state of muscle tissue. *Am. J. Phys. Med.* 47:10-22, 1968.
 8. Edström, L. and B. Nyström, Histochemical types and size of fibers in normal human muscles. *Acta Neurol. Scan.* 45:257, 1969.
 9. Gollnick, P.D., J. Karlsson, K. Pilehl, and B. Saltin. Selective glycogen depletion in skeletal muscle fibers of man following sustained contractions. *J. Physiol. (London)* 241:59-67, 1974.
 10. Gydikov, A., N. Dimitrova, D. Kojarov, and G. Dimitrov. Influence of frequency and duration of firing on the shape of potentials from different types of motor units in human muscles. *Exp. Neur.* 52:345-355, 1976.
 11. Gydikov, A. and D. Kosarov. The influence of various factors on the shape of the myopotentials in using monopolar electrodes. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 13:319-343, 1973.
 12. Henneman, E. and C.B. Olson. Relation between structure and function in the design of skeletal muscles. *J. Neurophysiol.* 28:581-598, 1965.
 13. Hulten, B., A. Thorstensson, B. Sjoedin, and J. Karlsson. Relationship between isometric endurance and fiber types in human leg muscles. *Acta. Physiol. Scand.* 93:135-138, 1975.
 14. Johnson, J.P., D. Weightman, and D. Appleton. Data on fibre size in thirty-six human muscles. *J. Neurol. Sci.* 19:307-318, 1973.
 15. Karlsson, J. Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiol. Scand.*, 81, Suppl. 358:1-72, 1971.
 16. Karlsson, J. and B. Ollander. Muscle metabolites with exhaustive static exercise of different duration. *Acta Physiol. Scand.* 86:309-314, 1972.
 17. Kosarov, D. and A. Gydikov. Dependence of the discharge frequency of motor units in different human muscles upon the level of the isometric muscle tension. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 16:293-306, 1976.
 18. Lee, M.W. *A Stochastic Model of Muscle Fatigue in Frequent Strenuous Work Cycles.* Ph.D. Dissertation, the University of Michigan, pp.16-45, 1979. 19.
Lindström, L. On the frequency spectrum of EMG signals. Technical Report, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, pp.1-39, 1970.
 20. Milner-Brown, H.S., R.B. Stein, and R. Yemm. The orderly recruitment of human

- motor units during voluntary isometric contractions. *J. Physiol.* (London) 230:359-370, 1973.
21. Milner-Brown, H.S. and R.B. Stein. The relation between the surface electromyogram and muscular force. *J. Physiol.* (London) 246:549-569, 1975.
 22. Møller, E. The churning apparatus; an electromyographic study of the muscles of mastication and its correlation to facial morphology. *Acta Physiol. Scand.* 69, Sup. 280:1-229, 1966.
 23. Norris, F.H., Jr., and E.L. Gasteiger. Action potentials of single motor units in normal muscle. *J. Electroenceph. Clin. Neurophys.* 7:115-126, 1955.
 24. Poulson, E. and K. Jorgenson. Back muscle strength, lifting and stooped working postures. *Applied Ergon.* 2:133-137, 1971.
 25. Rowe, L.M. Low back disabilities in industry; updated position. *J. Occup. Med.* 13: 476-478, 1971.
 26. Sjodin, B. Lactate dehydrogenase in human skeletal muscle. *Acta Physiol. Scand.* 97, Suppl. 436:1-32, 1976.
 27. Sica, R.E.P. and A.J. McComas. Fast and slow twitch units in a human muscle. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 34:113-120, 1971.
 28. Simons, D.G. and E.H. Zuniga. Effect of wrist rotations on the XY plot of averaged biceps EMG and isometric tension. *Am. J. Phys. Med.* 49-253-256, 1970.
 29. Sissons, H.A. Anatomy of the motor unit. *Disorders of Voluntary Muscle.* ed. J.N. Walton, 3rd ed. Churchill Livingstone, London, pp.1-16, 1974.
 30. Stephens, J.A. and D.G. Stuart. The motor units of cat medial gastrocnemius: Speed-size relations and their significance for the recruitment order of motor units. *Brain Res.* 91:177-195, 1975.
 31. Stephens, J.A. and A. Taylor. Fatigue of maintained voluntary muscle contraction in man. *J. Physiol.* (London) 220:1-18, 1972.
 32. Stephens, J.A. and T.P. Userwood. The fatigability of human motor units. *J. Physiol.* (London) 250:37p, 1975.
 33. Stuart, D.G. and J.A. Stephens. The recruitment order of motor units and its significance for the behavior of tendon organs during normal muscle activity. *The Motor System: Neurophysiology and Muscle Mechanisms.* Shahani, M. (ed.) Elsevier Science Publishing Co., New York, pp.37-40, 1974.
 34. Sulemana, C.A. and R. Suchenwirth. Topische untersche unterschiede in der enzym-

- histologischen zusammensetzung der Skelettmuskulatur, Untersuchungen an 5 Skelettmuskeln von Verstorbene ohne Neuromuskulare Erkrankungen. *J. Neurol. Sci.* 16: 433-444, 1972.
35. Thorstensson, A. Muscle strength, fiber types and enzyme activities in man. *Acta Physiol. Scand.* 99, (Suppl). 443:45, 1976.
36. Zuniga, E.N. and D.G. Simons. Nonlinear relationship between averaged electromyogram potential and muscle tension in normal subjects. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 50: 613-620, 1969.
37. Zuniga, E.N., X.T. Truong, and D.G. Simons. Effects of skin electrode position on averaged electromyographic potentials. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 51:264-272, 1970.

Muscle strength assessment from EMG analysis

Myun Woo Lee

Abstract

Isometric strength is a useful indicator of a person's capacity to safely perform tasks requiring high physical effort. This paper develops and evaluates a method for the improved assessment of such strength using surface electrode EMG analysis of graded, submaximal exertions. The method is evaluated by having two groups of volunteers each perform repeated isometric elbow flexions while EMG's were obtained from the biceps brachii. Subjects in one group were instructed by a third party to "fake" all exertions at levels between 50% and 75% of that requested by the experimenters. The second group was asked to give full cooperation. The experimenters were "blind" as to which group any one subject belonged until all EMG analyses were complete. The EMG's were evaluated by comparing their rectified amplitudes during a slowly increasing (five second) exertion requirement and a submaximal exertion at a requested 50% MVC level until fatigue, i.e., when the subject no longer could or would retain the requested exertion over a three-second period. The changes in the EMG amplitude during the endurance hold were used to determine the maximum potential EMG and whether the subject was faking or sincere. The changes in the relationship between EMG amplitude and the force of exertion on the progressive exertion requirement along with the estimated maximum EMG allowed the prediction of maximum strength and thus the level at which each subject was exerting. Of the 22 subjects, all 10 fakers and 11 of 12 sincere subjects were correctly identified. A theoretical basis for the method is discussed.