

경추부 척추주위근에서 단극침전극 검사시 운동단위활동전위의 특성

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 연세 동서의학 연구소

박 은 숙·전 중 선·전 세 일
박 승 현·장 성 호·서 혜 정

=Abstract=

Paracervical Motor Unit Characteristics using Monopolar Needle Electrode

Eun Sook Park, M.D., Joong Son Chon, M.D., Sae Il Chun, M.D.,
Seung Hyun Park, M.D., Seong Ho Jang, M.D. and Hye Jung Su, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

Motor unit characteristics (amplitude, area, duration, phase, turn and polyphasic MUAP) were measured using a monopolar needle and narrow bandpass (500 Hz to 10 kHz) in paracervical muscles in 51 subjects (26 men and 25 women) aged from 18 to 66 years (mean age, 39.14 years). Motor unit action potentials (MUAP) were analyzed with the decomposition method.

1) Mean values of MUAP parameters were as follows: amplitude $745.24 \pm 295.19 \mu V$, area $491.51 \pm 218.23 \mu Vms$, duration $4.14 \pm 0.56 msec$, phase 3.48 ± 0.35 , turn 3.18 ± 0.49 , polyphasic $14.28 \pm 11.49\%$

2) Mean values of amplitude and area were significantly higher in men than in women ($P < 0.01$).

3) Mean values of MUAP parameters of paracervical levels were not significantly different.

4) MUAP parameters showed no significant correlation with age.

Paracervical MUAP analysis can be used to increase the diagnostic yield.

Key Words: Motor unit action potential, Decomposition

서 론

척추주위근 침근전도는 여러 종류의 질병, 특히 신경근병변, 근육병 그리고 전각세포질환(anterior horn cell disorder)등을 평가하는데 중요하게 이용

되어 왔다. 그러나 척추주위근 침근전도에서 탈신경을 의미하는 세동전위(fibrillation)나 양성예각파(positive sharp wave)가 주로 비정상 소견으로 해석되고 있으나³³⁾, 이러한 주관적인 근전도 방법만으로는 감별하기 어려운 질병이 많아, 보다 객관적이고 명확한 평가를 위하여 정량적 근전도 분석이 필요하게 되

었다. 자료의 정량화는 검사 결과의 해석에서 관찰자의 편견(bias)을 줄일 수 있으며, 동일환자의 추적관찰, 개인사이의 비교, 실험실 사이의 비교 그리고 연구방법의 비교를 용이하게 한다¹⁴⁾.

정량적 자료로 운동단위활동전위의 특성인 진폭(amplitude), 면적(area), 지속시간(duration), 위상수(phase), 전환수(turn)등을 측정하며 이러한 지표들은 신경, 근육의 질병의 경우 외에도 연령, 온도, 근육의 종류, 근수축 정도, 근전도 기계의 주파수 범위, 침전극의 종류등에 의해 영향을 받는다^{20,22,28)}.

본 연구에서는 정상인을 대상으로 경추부 척추주위근에서 단극침전극으로 운동단위활동전위를 기록하여 각 지표의 정량화된 값을 구하고, 이에 영향을 미칠수 있는 요소인 성별, 연령 그리고 척추분절과의 관계를 각각 분석하여, 추후 질병을 갖고 있는 환자군과 비교할 수 있는 정상 참고치를 구하고자 한다.

대상 및 방법

과거력상 신경근육계 이상이 없으며 검사 당시 자각증상이나 이학적 검사상 이상소견이 없는 정상 성인 51명(남자 26명, 여자 25명)을 대상으로 하였으며, 피검자의 연령은 18세부터 66세까지이었고 평균연령은 39.14세이었다.

이완이 가장 잘 되는 복와위 혹은 측와위에서 각 피검자의 경추부 제 5-6, 제 6-7 분절 및 제 7 경추부와 제 1 흉추부 척추분절에서 측정하였으나, 검사를 다 마치지 못한 피검자가 있어 총 112분절에서 측정하였다.

근전도 기계는 Premiere (Medelec Ltd., Woking, United Kingdom)를 이용하였고 여과 주파수 범위는 500 Hz에서 10 kHz로 설정하였다. 접지전극과 참고기록전극은 원판형 표면전극을 사용하였고, 참고기록전극은 조사하려는 분절 위의 극돌기에 반창고

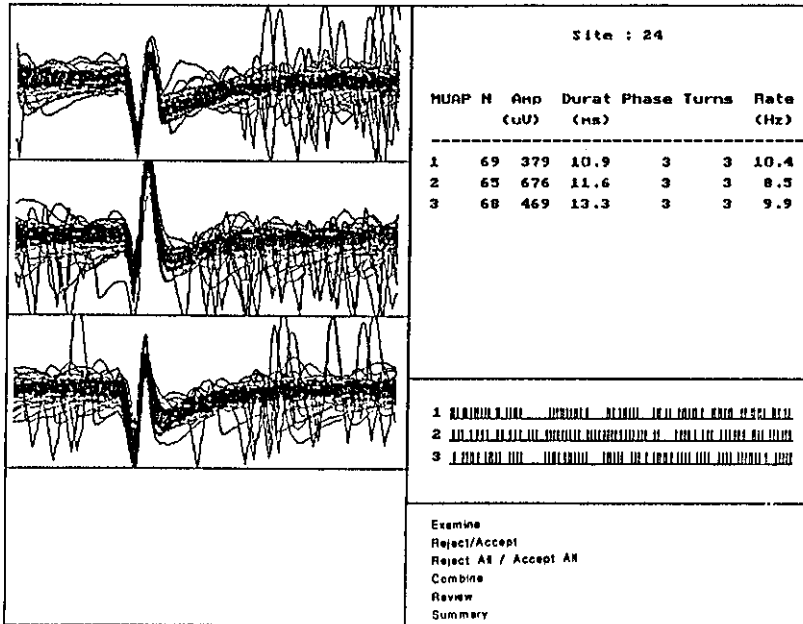


Fig. 1. Results of a decomposition study. In this analysis, three different MUAPs are identified. Their discharges are shown in superimposed mode on the left. The topmost MUAP is the first MUAP and the bottom MUAP is the third MUAP. The averaged MUAP is also superimposed on these discharges in a separate color display, but cannot be seen in this black and white illustration. The measurements of the MUAPs are shown in the top right. Below the table, the firing patterns of the MUAPs are presented. Each vertical tick on the line represents on discharge of that MUAP. The box in the lower right corner indicates the instructions/prompts for the operator.

로 고정하였다. 활성기록전극은 TECA MF 37(기록 면적: 0.068 mm², TECA Co., Pleasantville, NY, USA)의 단극침전극을 사용하여 척추 중앙선에서 약 1~2 cm 떨어진 측면에서 척추주위근의 깊은 곳으로 삽입하였다.

운동단위활동전위가 1~3개 정도 나타날 정도로 척추주위근을 최소 수축 시킨후 약 10초간 기록하고 (epoch time), 이를 근전도 기계에 내장된 Quantitative EMG analysis package중에서 decomposition method에 의해서 각각의 운동단위활동전위를 구하고, 한 분절당 최소 20개의 운동단위활동전위를 구할때까지 위치를 변화 시키며 반복 측정하였다.

Median averaging한 운동단위활동전위로부터 진폭, 면적, 지속시간, 위상수, 전환수, 다상성 전위 (poly-phasic motor unit)의 백분율등은 자동적으로 측정되었다. 분절에서 측정된 20개의 운동단위활동

전위의 각 지표의 평균값과 표준편차를 구하였다(Fig. 1).

통계분석은 SPSS PCIII+를 이용하였으며 성별에 따른 비교에는 t-test를, 척추분절의 비교에는 1요인 분산분석을 이용하였고, 연령과의 상관관계를 분석하기 위하여 상관분석을 이용하였다.

결 과

1) 18세에서 66세까지의 정상 성인 51명에서 경추부 척추주위근에서 단극침전극 검사시 운동단위활동전위의 각 지표의 정상 참고치는 진폭 745.24 ± 295.19 μV, 면적 491.51 ± 218.23 μVms, 지속시간 4.14 ± 0.56 msec, 위상수 3.48 ± 0.35회, 전환수 3.18 ± 0.49회 그리고 다상성전위 14.28 ± 11.49%이었다(Table 1).

Table 1. Mean Values of Paracervical Motor Unit Parameters

Parameters	Male	Female	Total
Amplitude(μV)	856.23 ± 329.79	628.08 ± 198.16*	745.24 ± 295.19
Area(μVms)	560.86 ± 250.49	418.30 ± 149.20*	491.51 ± 218.23
Duration(ms)	4.17 ± 0.52	4.10 ± 0.59	4.14 ± 0.56
Phase	3.50 ± 0.34	3.46 ± 0.36	3.48 ± 0.35
Turn	3.24 ± 0.50	3.10 ± 0.47	3.18 ± 0.49
Poly(%)	13.85 ± 10.75	14.72 ± 12.35	14.28 ± 11.49

Poly: polyphasic motor unit action potential

Values are mean ± S.D.

*p < 0.01

Table 2. Comparison of Paracervical Motor Unit Parameters at Different Segment

Parameters	Paracervical Segments		
	C5-C6	C6-C7	C7-T1
Amplitude(μV)	647.36 ± 220.98	718.92 ± 378.97	800.86 ± 248.47
Area(μVms)	421.43 ± 124.13	479.38 ± 300.52	526.86 ± 175.81
Duration(ms)	4.21 ± 0.68	4.12 ± 0.62	4.13 ± 0.48
Phase	3.54 ± 0.34	3.44 ± 0.39	3.49 ± 0.33
Turn	3.11 ± 0.51	3.12 ± 0.49	3.24 ± 0.50
Poly(%)	13.19 ± 11.39	12.99 ± 11.79	15.56 ± 11.51

Poly: polyphasic motor unit action potential

Values are mean ± S.D.

Table 3. Correlation Coefficients between Paracervical Motor Unit Parameters and Age

Parameters	Correlation coefficients
Amplitude	-0.0990
Area	-0.1059
Duration	-0.1072
Phase	0.1756
Turn	0.1579
Poly	0.1948

Poly: polyphasic motor unit action potential

2) 성별과 운동단위활동전위의 각 지표를 t-test로 통계분석시 진폭은 남성이 856.2 μV , 여성이 628.1 μV 으로 남성이 여성보다 진폭이 더 컸고($p < 0.05$), 면적은 남성이 560.9 μVms , 여성이 418.3 μVms 로 남성이 여성보다 더 컸으나($p < 0.01$), 지속시간, 위상수, 전환수 그리고 다상성전위의 백분율은 남녀간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

3) 척추분절과 운동단위활동전위의 각 지표를 1요인 분산분석으로 통계분석한 결과 경추부 제 5-6, 제 6-7 분절 및 제 7 경추부와 제 1 흉추부 척추분절간에 유의한 차이가 없었다(Table 2).

4) 연령과 운동단위활동전위의 각 지표를 상관분석한 결과 유의한 상관관계가 없었다(Table 3).

고 찰

운동단위활동전위를 기술하기 위하여 진폭, 지속시간, 면적, 위상수, 전환수등의 지표가 이용되고 있다. 그러나 이러한 지표들은 신경의 병변이나 근육의 병변 등의 질병상태뿐만 아니라 연령, 온도, 근육의 종류, 근수축 정도, 근전도 기계의 주파수 범위, 침전극의 종류등에 의해 영향을 받는다.^{20, 22, 28}.

지속시간은 하나의 운동단위에 속해있는 근섬유에서 발생하는 총 전류량을 반영하며²⁸, 근육병변과 신경병변을 가장 잘 구별해주는 지표로 알려져 있다⁷. 이는 근섬유의 수와 단면적, 종판(endplate zone)의 분포에 영향을 받으나^{20, 28}, 동심침전극일 경우 2~2.5 mm의 반원형 내에 있는 근섬유의 수에 주로 영향을 받는다²⁶. 또한 진폭, 면적과는 달리 운동단위안에서 기록

전극의 위치변화에 영향을 가장 적게 받는다²⁴. 진폭은 음위상 전위의 정점과 양위상 전위의 정점간의 전위차로 근섬유의 밀도와 직경, 동조정도(synchronization), 활동기록전극의 종판에 대한 근접정도등에 의해 결정되며^{20, 28}, 위상수는 운동단위활동전위가 기저선을 교차하는 수에 하나를 더한 수이며 5 이상이면 다상성 전위라고 하며 이는 각 근섬유의 비동기화 방전(desynchronized discharging)을 의미한다²⁰.

운동단위활동전위의 정량화를 위해서는 한 근육에서 측정하는 운동단위활동전위는 최소 20개가 필요하다고 여러 연구 보고가 있어 Engstrom과 Olney¹⁶는 정상 성인 21명의 Biceps에서 20개의 운동단위활동전위를 구하여 5개, 10개, 15개, 그리고 20개일때 각 지표를 비교하여 20개일때 intertrial variability를 줄이고 진단적 민감도를 높일 수 있었다고 하였고 본 연구에서도 20개의 운동단위활동전위를 측정 하였다.

본 연구에서 경추부 척추주위근에서 측정된 운동단위활동전위의 각 지표와 연령과는 유의한 상관관계가 없었다. 이러한 결과는 다른 연구^{4, 5, 29}와 유사한 결과를 보였지만, Buchthal등^{7, 8}은 운동단위활동전위의 지속시간이 연령과 직선적 상관관계가 있다고 보고하여 본 연구와는 상반된 결과를 보였다. Stalberg등³⁰은 한 운동단위에 속해있는 모든 근섬유를 조사할 수 있는 macro-EMG에서 연령 증가에 따라 진폭과 면적이 증가하지만, 이는 근위부근육보다 원위부근육에서 더 증가한다고 보고 하였고 조직학적 검사에서도 연령에 따른 근육의 변화는 원위부에서 더 크다고 보고 하여^{17, 31, 32}, 척추주위근은 가장 근위부의 근육이기 때문에 연령의 영향을 덜 받는 것으로 추측해 볼 수 있겠다. 또한 연령이 증가함에 따라 제 1형 근섬유보다는 주로 제 2형(fast-twitch) 근섬유의 소실이 있는데^{10, 23}, 척추주위근은 주로 제 1형(slow-twitch) 근섬유로 구성 되어 있어²¹ 경추부 척추주위근의 운동단위활동전위가 연령의 영향을 적게 받는 한 요인으로 생각해 볼 수 있으며 운동단위활동전위의 진폭과 면적이 남성에서 더 컸는데 이는 아마도 남성이 여성보다 근섬유의 단면적이 더 크기 때문으로 생각된다²⁸.

본 연구에서 여과주파수 범위는 500 Hz에서 10 kHz로 하여 안정된 기저선을 얻을 수 있었고, 운동단위활동전위의 각 요소를 쉽게 구별할 수 있었다. 이러한 주파수 범위에서 단극침전극을 사용할 경우 상용

주파수인 20 Hz~10 kHz에서 보다 진폭, 면적 그리고 지속시간은 작아지고 전환수와 다상성전위의 비율은 동일하며 위상수는 증가하는 것으로 알려져 있다^{11,12)}.

Eisen¹⁵⁾과 Buchman¹⁶⁾은 단극침전극을 사용하여 운동단위활동전위의 특성을 연구하여 단극침전극 사용시 단일섬유 침전극(single fiber needle)보다 진폭은 작고 지속시간은 증가함을 발표하였고, 단일섬유 침전극이 운동단위활동전위의 특성을 가장 잘 나타낼 수 있지만, 단극침전극을 사용시 유사한 유용한 정보를 얻을 수 있고 환자에게 통증을 덜주며 전문가가 필요없고 비용이 덜들며 비정상 자발전위를 측정할수 있는 장점을 제공한다고 하였다. Pease와 Bowyer²⁷⁾은 단극침전극과 동심침전극(concentric electrode)를 사용하여 측정한 운동단위활동전위의 특성을 비교 분석한 연구에서 진폭과 지속시간은 두 전극간 통계적으로 유의한 차이가 없다고 하였다. 그러나 Howard¹⁹⁾은 진폭, 상승시간, 전환수등은 단극침전극에서 더 크지만 지속시간과 firing rate는 차이가 없다고 하였다. 국내의 보고에서도 진폭은 단극침전극에서 크게 측정되지만, 지속시간, 면적 그리고 상승시간은 단극침전극과 동심침전극에서 차이가 없다고 하였다³⁾. 한편 Nandedkar와 Sanders²⁵⁾는 진폭, 면적, 위상수, 전환수등은 단극침전극에서 더 크지만 지속시간과 진폭대 면적의 비는 두 전극간에 차이가 없다고 하였고, 비록 단극침전극의 기록면적(recording surface)이 더 크지만 지속시간이 동일한 것으로 미루어 볼때, 멀리 있는 근섬유일수록 활동전위의 진폭이 급격히 감소되어 측정되기 때문에 동심침전극보다 더 선택적이라고 주장하였다. Johnson등에 따르면 동심침전극을 사용할 때 다상성 전위가 12%이고 단극침전극 사용할 때 14%라고 하였으며, Nandedkar와 Sanders²⁵⁾는 동심침전극 9.6%, 단극침전극 21.2%라고 하였다. 이와같이 사용된 침전극의 종류에 따라 운동단위활동전위의 각 지표값이 달라지기 때문에 정량분석시 침전극의 종류에 특정한 정상 참고치를 참조 하여야 한다. 주로 단극침전극을 사용하는 국내의 상황에서는 이를 이용한 정상 참고치가 더욱 필요하다고 생각되며, 일반적 근전도 검사 실시중에 정량적 분석이 필요할 경우 침전극을 바꾸지 않고도 바로 실시할 수 있기 때문에 임상에서 훨씬 쉽게 이용할 수 있으리라 생각된다.

근전도를 이용한 신경근 병변의 진단에서 수술 소견

과 근전도 소견을 비교하여 척추주위근과 상지 및 하지 근육에서 나타난 비정상 자발전위만으로 진단한 경우 경우 및 요천수 신경근 병변의 진단율이 각각 14.5%, 26.7% 정도 밖에 되지 않으나 다상성 전위의 비율의 증가를 고려하면 진단율이 각각 89.9%와 87.2%라고 하였다^{13,16)}. 또한 국내의 연구에서 척추주위근 또는 상지 및 하지 근육에서 비정상 자발전위를 보인 경우가 경우 신경근 병변에서 66.3%, 요천수 신경근 병변에서 65.6%이었으나, 비정상 자발전위 없이도 다상성 전위의 출현, 점증원의 감소 그리고 firing rate의 증가등 운동단위활동전위의 변화도 의미있는 소견으로 평가되어 신경근 병변으로 진단된 경우가 경우 및 요천수 신경근 병변에서 각각 33.7%, 34.4%나 되었다¹¹⁾. 이렇듯 신경근 병변을 비정상 자발전위만으로 진단한 경우 많은 예에서 이상을 놓칠 수 있어 신경근 병변 환자의 운동단위활동전위의 지표를 정상 참고치와 비교함으로써 침전도의 민감도를 높일수 있다고 생각한다.

결 론

18세에서 66세까지의 정상 성인 51명에서 경추부 척추주위근에서 단극침전극 검사시 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 운동단위활동전위의 각 지표의 정상 참고치는 진폭 $745.24 \pm 295.19 \mu V$, 면적 $491.51 \pm 218.23 \mu Vms$, 지속시간 $4.14 \pm 0.56 msec$, 위상수 3.48 ± 0.35 회, 전환수 3.18 ± 0.49 회 그리고 다상성전위 $14.28 \pm 11.49\%$ 이었다.

2) 진폭과 면적은 남성이 여성보다 진폭이 더 컸고 ($p < 0.01$), 지속시간, 위상수, 전환수 그리고 다상성전위의 비율은 남녀간에 유의한 차이가 없었다.

3) 경추부 제 5-6, 제 6-7 분절 및 제 7 경추부와 제 1 흉추부 척추분절간에 운동단위활동전위의 각 지표에는 유의한 차이가 없었다.

4) 연령과 운동단위활동전위의 각 지표와는 유의한 상관관계가 없었다.

척추주위근에서의 이러한 정상 참고치를 신경근육의 병변을 갖고 있는 환자군과 비교분석함으로써 척추주위근 침전도의 진단적 유용성을 증진시킬 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 김창완, 권희규: 경수 및 요천수 신경근 병증의 근전도 분포에 대한 연구. 대한재활의학회지 1994; 18: 263-273
- 2) 이경민, 고현운: 근활동전위의 진폭, 지속시간 및 면적의 분석. 대한재활의학회지 1989; 13: 320-325
- 3) 이경민, 고현운: 침전극의 종류에 따른 운동단위활동전위의 특성변화. 대한재활의학회지 1992; 16: 84-87
- 4) Bischoff C, Machetanz J, Conrad B: Is there an age-dependent continuous increase in the duration of the motor unit potential? *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; 81: 304-311
- 5) Bischoff C, Stalberg E, Falck B, Olofsson KEE: Reference values of motor unit action potentials obtained with multi-MUAP analysis. *Muscle Nerve* 1994; 17: 842-851
- 6) Buchman AS, Hoirsch M, Eisen AA: A comparison of monopolar and single fiber electrodes for single fiber electromyography. *Muscle Nerve* 1988; 11: 957
- 7) Buchthal F: Electrophysiological signs of myopathy as related with muscle biopsy. *Acta Nerol Scand* 1977; 32: 1-29
- 8) Buchthal F, Pinelli P, Rosenfalck P: Action potential parameters in normal human muscle and their physiological determinants. *Acta Physiol Scand* 1954; 22: 219-229
- 9) Buchthal F, Rosenfalck P: Action potential parameters in different human muscles. *Acta Physiol Scand* 1955; 30: 125-131
- 10) Campbell MJ, McComas AJ, Petito F: Physiological changes in aging muscle. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1973; 36: 179-182
- 11) Chu J, Chen RC: Changes in motor unit action potential parameters in monopolar recordings related to filter settings of the EMG amplifier. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66: 601-604
- 12) Chu J, Chen RC, Bruyninckx F: Effects of the EMG amplifier filter settings on the motor unit action potential parameters recorded with concentric and monopolar needles. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1986; 26: 627-639
- 13) Crane CR, Krusen EM: Significance of polyphasic potentials in the diagnosis of cervical root involvement. *Arch Phys Med Rehabil* 1968; 49: 403-406
- 14) Dorfman LJ, McGill KC: Automatic quantitative electromyography. *Muscle Nerve* 1988; 11: 804-818
- 15) Eisen AA, Buchman AS, Hoirsch M, Garrison S: Computerized analysis of single fiber motor unit characteristics using a monopolar electrode. *Neurology* 1988; 38(suppl): 107
- 16) Engstrom JW, Olney RK: Quantitative motor unit analysis: The effect of sample size. *Muscle Nerve* 1992; 15: 277-281
- 17) Grimby G, Salton B: The aging muscle. *Clin Physiol* 1983; 3: 209-218
- 18) Hoover BB, Caldwell JW, Krusen EM, Muckelroy RN: Value of polyphasic potentials in diagnosis of lumbar root lesions. *Arch Phys Med Rehabil* 1970; 51: 546-548
- 19) Howard JE, McGill KC, Dorfman LJ: Properties of motor unit action potentials recorded with concentric and monopolar needle electrodes: ADEMG analysis. *Muscle Nerve* 1988; 11: 1051-1055
- 20) Johnson EW: *Practical electromyography*, 2nd ed, Baltimore: Williams & Wilkins, 1988, pp22-31
- 21) Jorgensen K, Mag C, Nicholaisen T, Kato M: Muscle fiber distribution, capillary density, and enzymatic activities in the lumbar paravertebral muscles of young men. *Spine* 1993; 18: 1439-1450
- 22) Kimura J: *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: Principles and practice*, 2nd ed, Philadelphia: F.A. Davis company, 1989, pp233-236
- 23) Larson L: Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging. *Acta Physiol Scand* 1983; 117: 469-471
- 24) Nandedkar SD, Sanders DB: Simulation of myopathic motor unit action potentials. *Muscle Nerve* 1989; 12: 197-202
- 25) Nandedkar SD, Sanders DB: Recording characteristics of monopolar EMG electrodes. *Muscle Nerve* 1991; 14: 108-112
- 26) Nandedkar SD, Sanders DB, Stalberg EV, Andreassen S: Simulation of concentric needle EMG motor unit action potentials. *Muscle Nerve* 1988; 11: 151-159
- 27) Pease WS, Bowyer BL: Motor unit analysis comparison between concentric and monopolar

- electrodes. *Am J Phys Med Rehabil* 1988; 67: 2-6
- 28) Stalberg E, Andreassen S, Falck B, Lang H, Rosenfalck A, Trojaborg W: *Quantitative analysis of individual motor unit potentials: A proposition for standardized terminology and criteria for measurement. J Clin Neurophysiol* 1986; 3: 313-348
- 29) Stalberg E, Bischoff C, Falck B: *Outliers, a way to detect abnormality in quantitative EMG. Muscle Nerve* 1994; 17: 392-399
- 30) Stalberg E, Fawcett PRW: *Macro EMG changes in healthy subjects of different ages. J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1982; 45: 870-878
- 31) Tomlinson BG, Walton JN, Rebeiz JJ: *The effects of aging and of cachexia upon skeletal muscles: A histopathological study. J Neurol Sci* 1969; 9: 321-346
- 32) Tomonaga M: *Histochemical and ultrastructural changes in human skeletal muscle. J Am Geriatric Soc* 1977; 25: 125-131
- 33) Travlos A, Trueman S, Eisen A: *Monopolar needle evaluation of paraspinal musculature in the cervical, thoracic, and lumbar regions and the effects of aging. Muscle Nerve* 1995; 18: 196-200
-