



# Sağlıklı Kontrollerde ve Motor Nöron Hastalarında CMAP Scan Verilerinin Otomatik Analizi

## Automatic Analysis of CMAP Scan Data on Healthy Controls and Motor Neuron Patients

Tuğrul ARTUĞ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
İstanbul Arel Üniversitesi  
İstanbul, Türkiye  
tugrulartug@arel.edu.tr

Emel Oğuz AKARSU, Nermin Görkem ŞİRİN, Bahar  
ERBAŞ, Mehmet Barış BASLO, Ali Emre ÖGE

Klinik Nörofizyoloji Bilim Dalı  
İstanbul Üniversitesi  
İstanbul, Türkiye

emeloguz@yahoo.com, gorkemsirin@yahoo.com.tr,  
baharerb@yahoo.com, mbbaslo@istanbul.edu.tr,  
aemreoge@istanbul.edu.tr

**Özetçe**—Bu çalışmada, poliomiyelit sekelli hastaların, ALS hastalarının ve sağlıklı kontrollerin tenar ve hipotenar kaslarından CMAP Scan tekniği kullanılarak kayıtlar alındı. CMAP Scan eğrisi minimum ve maksimum uyarı şiddetleri arasında verilen 500 uyarı ile oluşturuldu. CMAP Scan parametrelerinin hesaplanması için MATLAB ile bir otomatik bir analiz yazılımı geliştirildi. İstatistiksel sonuçlar step%, D50 ve geri dönen% değerlerinin sağlıklı bireyleri hastalardan ayırdığını göstermiştir. Geliştirilen yazılım bu çalışmada yer alan hastalıkların ve motor nöron/akson kaybı ile ilerleyen tüm diğer hastalıkların takibinde klinisyenlere analiz için hız kazandırmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** — CMAP Scan; poliomiyelit; ALS; motor ünite kaybı.

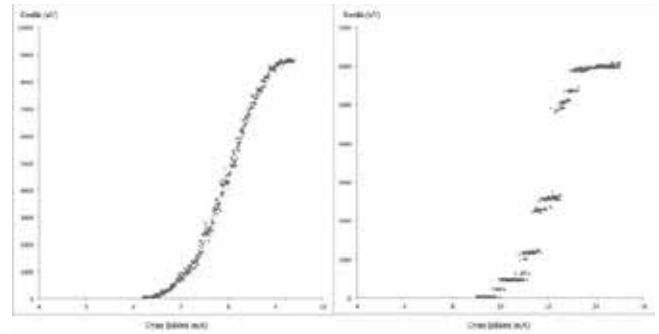
**Abstract**—In this study, motor response recordings were acquired from thenar and hypothenar muscles of poliomyelitis survivors, ALS patients and healthy participants by using CMAP Scan method. CMAP Scan curve was plotted by using 500 stimuli between minimum and maximum stimulus intensity. Automatic analysis software was developed with MATLAB for calculating CMAP Scan parameters. Statistical results revealed that step%, D50 and returner% values can differentiate healthy individuals from the patients. The developed software helps clinicians for following up the progression rate of the diseases which cause anterior horn cell degeneration.

**Keywords** — CMAP Scan; poliomyelitis; ALS; motor unit loss.

### I. GİRİŞ

Bileşik kas aksiyon potansiyeli analizi (CMAP Scan) bir kas içerisindeki fonksiyonel motor üniteleri çeşitli yönleriyle değerlendirir. Giderek artan veya azalan uyarım şiddetine karşılık kaydedilen motor yanıtlar, uyarım-cevap eğrisinin çizilmesini sağlar. Bu eğriden çıkarılan parametreler motor ünite büyüklüğü, motor ünite sayısı ve kastaki olası

reinervasyon hakkında bilgi verir [1]. Şekil 1'de sol tarafta sağlıklı bir kontrolün kesintisiz CMAP Scan eğrisi gözlemlenirken, sağ tarafta ise bir ALS hastasının kesintili yani stepler halindeki CMAP Scan eğrisi görülmektedir.



Şekil 1. Bir ALS hastası ile sağlıklı bir kontrolün CMAP Scan eğrisi

Amyotrofik lateral skleroz (ALS), motor nöron dejenerasyonu ile giden ilerleyici dejeneratif bir hastalıktır. Hastalığın progresyonunun takibi, hastaların izlenmesinde ve ilaç çalışmalarında klinik cevabın gözlenmesinde oldukça önemlidir. Klinik pratikte bu amaçla kullanılan klinik skorlamalar yetersiz kalmaktadır.

Elektrofizyolojik yöntemler uzun yıllardır, motor ünite kaybı ve reinervasyonun takibi amacıyla ALS hastalarında kullanılmaktadır. Ancak halen günümüzde takipte kullanılmasi önerilen kabul görmüş elektrofizyolojik yöntem yoktur [2].

Poliomyelit (çocuk felci), medulla spinalis ön boynuzunda bulunan motor nöron hücrelerinin dejenerasyonu ile devam eden bir hastalıktır ve gevşek felce neden olur. Akut poliomiyelit atağı sonrasında hastaların iyileşme dönemine girerler ve hastalık stabilleşir. Hastaların bir kısmında akut

ataktan yaklaşık 20-30 yıl sonra mevcut güçsüzlüğün artması ile sonlanan motor nöron kaybı ile karakterize 'post-polio sendromu' gelişebilir. Aynı ALS hastalığında olduğu gibi, bu hastaların motor ünite sayısı ve reinervasyon bulgularının takibi prognoz tayini ve tedavi yanıtının izlenmesinde önemlidir [3, 4].

Motor ünite kaybı ve reinervasyon bulgularının elektrofizyolojik takibi amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında görece daha yeni ancak bir kas içerisindeki fonksiyonel motor üniteler hakkında oldukça önemli bulgular veren CMAP Scan, ALS hastalarında oldukça az, poliomiyelit hastalarında ise hiç çalışılmamıştır [1, 5, 6].

Bu çalışmada, ALS ve poliomiyelit sekelli hastalarının tenar ve hipotenar kaslarında CMAP Scan eğrisinden elde edilen parametrelerin incelenmesi ve sağlıklı kontroller ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## II. KULLANILAN YÖNTEMLER

10 poliomiyelit sekelli hasta, 32 ALS hastası ve 10 sağlıklı kontrol çalışmaya dahil edildi. CMAP Scan kayıtları her bir denek için tenar ve hipotenar kaslardan yapıldı. Tenar bölgede kayıt kası abdükör pollisis brevis (APB) olarak kullanıldı, uyarı bilekte medyan sinir üzerine verildi. Hipotenar bölgede kayıt kası abdükör digiti minini (ADM) olarak kullanıldı ve uyarı bilekte ulnar sinire verildi. ALS ve poliomiyelit hastalarının az etkilenmiş ekstremiteleri, sağlıklı kontrollerin ise non-dominant ekstremiteleri çalışıldı.

CMAP Scan eğrisi oluşturulurken minimum ve maksimum uyarı şiddetleri arasında 500 adet uyarı verildi ve bu uyarılara karşılık gelen motor cevapların genlikleri kaydedildi [7]. Motor cevap genlikleri ve karşılık gelen uyarı şiddetleri bir excel dosyası olarak bilgisayara aktarıldı.

CMAP Scan eğrisinden hesaplanan parametreler, step (adım) analizi, geri dönen analizi ve D50'dir [5, 6]. Bu parametrelerden ilki olan step analizi, eğri içerisinde meydana gelen kesintilerin değerlendirilmesidir. Eğri içerisinde izlenen bu boşluklar, step olarak tanımlanır. Step analizi için öncelikle eğri içerisindeki en düşük genlikli step büyüklüğü görsel olarak belirlendi ve sonrasında MATLAB programı kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamaların algoritması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Step analizi algoritması

Steplerin büyüklükleri ölçülerek, motor yanıt genliklerine oranı, step% olarak hesaplandı. Step%, ALS ve polinöropati sendromlu hastalarda yapılan çalışmalarda motor ünite kaybı ile negatif korelasyonlu bulunmuştur [6].

Geri dönen analizinde ise, giderek azalan uyarı şiddetine karşılık eğride meydana gelen yukarı sıçramalar hesaplanır. Bu

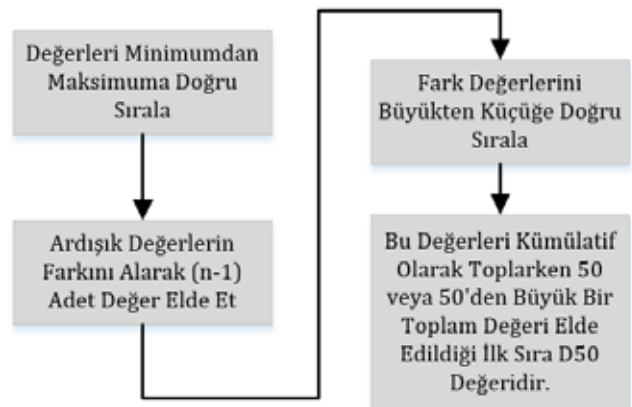
analiz MATLAB programında Şekil 3'te verilen algoritmaya göre yapılmıştır.



Şekil 3. Geri dönen analizi algoritması

Geri dönenlerin büyüklükleri ölçülerek, motor yanıt genliğine oranı, geri dönen% olarak hesaplandı. Geri dönen noktalar, eğrinin kalınlığının artmasına sebep olur ve eksitabilite değişikliklerinin bir göstergesi olabilir.

CMAP Scan eğrisindeki son parametre ise D50 parametresidir. Bu parametre, motor yanıt genliğinin %50'sini oluşturan adım sayısı olmakla birlikte, bir dizi matematiksel işlem kullanılarak hesaplanır. MATLAB programında yapılan işlemler Şekil 4'te gösterilmiştir. D50 parametresi, motor ünite kaybı ile ters orantılı olarak saptanmıştır [5].



Şekil 4. D50 analizi algoritması

Elde edilen veriler, poliomiyelit sekelli hastalar, ALS hastaları ve sağlıklı kontroller arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

### III. SONUÇLAR

Poliomyelit sekelli hastalardan elde edilen sonuçlar Tablo 1'de sunulmuştur.

TABLO I. POLİMYELIT SEKELLİ HASTALARIN HESAPLANAN PARAMETRELERİ

Poliomyelit	Medyan [Ort ± STD] (min-max)	Ulnar [Ort ± STD] (min-max)
Step Sayısı	3.5 ± 4.14 (0-13)	1.89 ± 1.76 (0-5)
Step Toplamı (µV)	1043.5 ± 1215.28 (0-3120)	584.33 ± 523.15 (0-1684)
Max Step Büyüklüğü (µV)	284.6 ± 248.86 (0-717)	319.11 ± 227.48 (0-710)
Max CMAP Genliği (µV)	9991.6 ± 2814.78 (4104-13368)	9824.67 ± 1072.24 (7671-11103)
Step%	11.88 ± 14.14 (0-43)	6.0 ± 5.0 (0-15.5)
Geri Dönen Sayısı	40.2 ± 17.18 (20-74)	31.33 ± 17.86 (12-59)
Geri Dönen Toplamı (µV)	14462.4 ± 5923.65 (5619-23380)	10580.22 ± 7786.01 (3547-24145)
Geri Dönen Ortalaması (µV)	367.1 ± 93.22 (232.14-523.6)	316.2 ± 65.53 (240.12-409.24)
Geri Dönen%	163.4 ± 106.8 (58.65-418.57)	107.8 ± 76.7 (31.95-247.92)
D50 Değeri	36.7 ± 17.1 (12-74)	38 ± 8.9 (23-50)

Sağlıklı kontrollerden elde edilen verilerden hesaplanan parametreler Tablo 2'de verilmiştir.

TABLO II. SAĞLIKLI KONTROLLERİN HESAPLANAN PARAMETRELERİ

Sağlıklı	Medyan [Ort ± STD] (min-max)	Ulnar [Ort ± STD] (min-max)
Step Sayısı	1 ± 1.25 (0-3)	1.4 ± 2.55 (0-7)
Step Toplamı (µV)	245.6 ± 301.06 (0-754)	317.8 ± 588.82 (0-1549)
Max Step Büyüklüğü (µV)	146 ± 175.8 (0-465)	82.9 ± 140 (0-364)
Max CMAP Genliği (µV)	10230.4 ± 3153.04 (5885-14486)	8806 ± 985.91 (7777-10329)
Step%	2.9 ± 3.5 (0-9)	3.7 ± 6.9 (0-16.7)
Geri Dönen Sayısı	43.3 ± 10.28 (29-65)	24.8 ± 11.39 (3-39)
Geri Dönen Toplamı (µV)	15601.1 ± 5703.34 (5757-23551)	7115.7 ± 3485.28 (694-11515)
Geri Dönen Ortalaması (µV)	354.82 ± 100.78 (198.52-492.07)	280.25 ± 26.12 (231.33-313.11)
Geri Dönen%	150.6 ± 33.2 (97.82-193.02)	82.3 ± 43.7 (8.59-148.06)
D50 Değeri	49.7 ± 11.1 (39-73)	48.6 ± 11.4 (32-65)

ALS hastalarının hesaplanan parametreleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

TABLO III. ALS HASTALARININ HESAPLANAN PARAMETRELERİ

ALS	Medyan [Ort ± STD] (min-max)	Ulnar [Ort ± STD] (min-max)
Step Sayısı	5.56 ± 3.36 (0-15)	4.06 ± 3.12 (0-15)
Step Toplamı (µV)	1593.91 ± 1008.29 (0-4314)	973.47 ± 821.08 (0-4049)
Max Step Büyüklüğü (µV)	505.97 ± 335.55 (0-1705)	342.91 ± 223.57 (0-1244)
Max CMAP Genliği (µV)	6506.56 ± 2927.94 (1771-13809)	6362.88 ± 2077.54 (2071-10984)
Step%	29.77 ± 20.06 (0-68)	17.1 ± 14.4 (0-65.6)
Geri Dönen Sayısı	49.71 ± 26.18 (23-169)	44.68 ± 25.48 (11-125)
Geri Dönen Toplamı (µV)	17423.38 ± 11804.22 (2751-65667)	11266.71 ± 7068.88 (2686-33286)
Geri Dönen Ortalaması (µV)	350.25 ± 143.68 (119.61-841.88)	255.64 ± 76.15 (124-455.03)
Geri Dönen%	319.6 ± 303.5 (87.91-1730.36)	193.7 ± 128.9 (31.49-595.14)
D50 Değeri	22.2 ± 15.1 (1-56)	27.5 ± 14.2 (3-52)

Poliomyelit sekelli hastalarının yaş ortalaması  $51.4 \pm 11.79$ , ALS hastalarının  $54.24 \pm 12.45$  ve sağlıklı kontrollerin ise  $54.6 \pm 12.1$ 'di.

Medyan step% sırasıyla ALS hastalarında  $29.77 \pm 20.06$ , poliomyelit grubunda  $11.88 \pm 14.14$  ve sağlıklı kontrol grubunda  $2.9 \pm 3.5$ 'ti ( $p < 0.001$ ). Ulnar step% sırasıyla ALS hastalarında  $17.1 \pm 14.4$ , poliomyelit grubunda  $6.0 \pm 5.0$  ve sağlıklı kontrol grubunda  $3.7 \pm 6.9$ 'du ( $p = 0.001$ ).

ALS grubunda geri dönen%, medyan ve ulnar sinir uyarımlı kayıtlarda sırasıyla  $319.6 \pm 303.5$  ve  $193.7 \pm 128.9$  ve poliomyelit grubunda  $163.4 \pm 106.8$  ve  $107.8 \pm 76.7$ , sağlıklı kontrol grubunda  $150.6 \pm 33.2$  ve  $82.3 \pm 43.7$ 'ydi (medyan sinir için  $p = 0.008$  ve ulnar sinir için  $p = 0.001$ ).

Medyan D50 sırasıyla ALS hastalarında  $22.2 \pm 15.1$ , poliomyelit grubunda  $36.7 \pm 17.1$  ve sağlıklı kontrol grubunda  $49.7 \pm 11.1$ 'di ( $p < 0.001$ ). Ulnar D50 sırasıyla ALS hastalarında  $27.5 \pm 14.2$ , poliomyelit grubunda  $38 \pm 8.9$  ve sağlıklı kontrol grubunda  $48.6 \pm 11.4$ 'tü ( $p < 0.001$ ).

### IV. TARTIŞMA

Tenar ve hipotenar kaslarından kayıtlarla hesaplanan step%, D50 ve geri dönen% değerleri motor nöron kaybı ile ilerleyen hastalıkları sağlıklı kontrollerden ayırabilmektedir. Poliomyelit sekelli hastaların etkilenmemiş ekstremiteledeki anormal bulgular, hastalığın takibinde post-polio sendromu gelişmesinin bir habercisi olabilir. Bu parametreler, günümüz EMG cihazlarında otomatik olarak hesaplanmamaktadır. Excel verisinin, bir dizi matematiksel işlem ile analiz parametrelerine dönüştürülmesi oldukça uzun süreli ve zahmetli bir işittir. Otomatik bir yazılım, bu hastalıkların ve motor nöron/akson kaybı ile ilerleyen tüm diğer hastalıkların takibinde klinisyenlere hızlı ve faydalı bilgiler sağlayacaktır.



#### KAYNAKLAR

- [1] Blok, J. H., Ruitenber, A., Maathuis, E. M., Visser, G. H., "The electrophysiological muscle scan", *Muscle Nerve*, 36(4):436-446, 2007.
- [2] de Carvalho, M. and Swash, M., "Can selection of rapidly progressing patients shorten clinical trials in amyotrophic lateral sclerosis?", *Arch Neurol*, 63(4):557-560, 2006.
- [3] Dalakas. M. C., Elder, G., Hallett, M., Ravits, J., Baker, M., Papadopoulos, N., Albrecht, P., Sever, J., "A long-term follow-up study of patients with post-poliomyelitis neuromuscular symptoms", *N Engl J Med*, 314(15):959-963, 1986.
- [4] Gonzalez, H., Sunnerhagen, K. S., Sjöberg, I., Kaponides, G., Olsson, T., Borg, K., "Intravenous immunoglobulin for post-polio syndrome: randomized controlled trial", *Lancet Neurol*, 5(6):493-500, 2006.
- [5] Sleutjes, B. T., Montfoort, I., Maathuis, E. M., Drenthen, J., van Doorn, P. A., Visser, G. H., Blok, J. H., "CMAP scan discontinuities: automated detection and relation to motor unit loss", *Clin Neurophysiol*, 125(2):388-395, 2014.
- [6] Maathuis, E. M., Drenthen, J., van Doorn, P. A., Visser, G. H., Blok, J. H., "The CMAP scan as a tool to monitor disease progression in ALS and PMA", *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*, 14(3):217-223, 2013.
- [7] Maathuis, E. M., Drenthen, J., Visser, G. H., Blok, J. H., "Reproducibility of the CMAP scan", *J Electromyogr Kinesiol*, 21(3):433-437, 2011.