

## HEMİPLEJİK ELİN REHABİLİTASYONUNDA EMG BİOFEEDBACK TEDAVİSİ: SENSORYAL KAYBIN SONUÇLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Onur ARMAĞAN, Funda TAŞÇIOĞLU, Cengiz ÖNER

Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Eskişehir

### ÖZET

**AMAÇ:** Çalışmamızın amacı, duyu kaybı olan ve olmayan hemiplejik hastaların el rehabilitasyonunda, EMG Biofeedback ve nörofizyolojik tedavi yaklaşımlarının etkinliğini araştırmaktır.

**GEREÇ VE YÖNTEM:** Bu çalışma prospektif bir klinik çalışma olarak planlandı. Hemiparezi dereceleri farklı, belirgin spastisitesi olmayan 21 hasta çalışmaya alındı. Hastalar duyu kaybı bulunup bulunmaması açısından 2 gruba ayrıldı. On bir hastadan oluşan 1. grupta duyu fonksiyonu normal olarak değerlendirildi. On hastadan oluşan 2. grupta ise duysal kayıp mevcuttu. Tüm hastalara 20 gün süre ile EMG Biofeedback (el bilek ve parmak ekstansör kaslarına) ve nörofizyolojik tedavi yaklaşımı içerisinde egzersiz tedavisi uygulandı. Tedavi öncesi ve sonrasında el bilek ekstansörlerinin kas gücü, yüzeysel EMG aktiviteleri, eldeki kavrama gücü ve Brunnstrom'un el için geliştirdiği motor iyileşme evreleri kaydedildi.

**BULGULAR:** Tedavi öncesiyle karşılaştırıldığında her iki grupta da kas gücü, yüzeysel EMG aktiviteleri ve Brunnstrom'un motor iyileşme evreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler elde edildi. Gruplar birbiri ile karşılaştırıldığında Brunnstrom'un motor iyileşme evrelerinde Grup 1 lehine anlamlı farklılık saptandı ( $p<0.05$ ). Kavrama gücü açısından ise sadece grup 1'de yer alan hastalarda anlamlı bir artış bulundu ( $p<0.05$ ).

**SONUÇ:** Elde ettiğimiz bu sonuçlar, EMG biofeedback tedavisinin tüm hemiplejik hastalarda yararlı olmakla birlikte, duysal kaybı olmayan hemiplejik hastalarda daha etkili olduğu kanaatini doğurdu.

**Anahtar Sözcükler:** Duysal kayıp, EMG Biofeedback, hemipleji, rehabilitasyon

## EMG BİOFEEDBACK THERAPY IN THE REEDUCATION OF THE HEMIPLEGIC HAND: THE EFFECT OF SENSORY LOSS IN RESULTS

**BACKGROUND AND OBJECTIVE:** The present study is aimed to investigate the value of EMG Biofeedback and neuromuscular facilitation techniques in the rehabilitation of hemiplegic hands in patients with or without sensory loss.

**METHODS:** This was a prospective clinical trial. Twenty-one patients with different grade of hemiparesis and with minimal or no spasticity were divided into two groups: group 1 (n=11) with normal sensation: group 2 (n=10) with sensory loss. Neuromuscular facilitation techniques an EMG Biofeedback treatment (finger and wrist extensor muscles) were applied to all patients for 20 days. Muscle strength measure for wrist extension, grip strength, Brunnstrom's motor recovery stage for hand and surface EMG potentials were evaluated before and after the treatment.

**RESULTS:** In both groups, a statistically significant improvement was observed with regard to muscle strength, Brunnstrom's stage, and surface EMG potentials. When two groups were compared to each other, the results from Brunnstrom's recovery stage of patients with normal sensation were better than those of patients with sensory loss ( $p<0.05$ ). A significant improvement in grip strength was seen only in patients with normal sensation ( $p<0.05$ ).

**CONCLUSION:** Our results showed that EMG biofeedback therapy was beneficial in all hemiplegic patients and especially more effective in patients with no sensory loss.

**Key words:** EMG Biofeedback, hemiplegia, rehabilitation, sensory loss.

### GİRİŞ

Strok dünyada en sık görülen nörolojik sorun olup (1); iskemi, hemoraji veya beyin kan dolaşımındaki hasardan kaynaklanan, aniden ortaya çıkan fokal veya genel nörolojik semptomlar olarak tanımlanır (2).

Hemipleji, stroktan sonra gelişen fonksiyonel yetmezliğin en yaygın nedenidir. Her yıl yaklaşık 400.000 Amerikalı strok geçirmekte, bunların % 38'i ilk bir ay içerisinde ölmekte (3), akut safhadan

çıkan hastaların % 50'den fazlası ise özürlü olarak yaşamını sürdürmektedir (4). Bu nedenle stroktan sonra karşılaşılan fonksiyonel yetersizlik ve özürlülüğün kişisel ve sosyal yükü oldukça ağırdır (5).

Strok geçirip sağ kalanların sayısının artması ve buna bağlı olarak tıbbi harcamaların getirdiği ekonomik yük nedeni ile etkili rehabilitasyon stratejilerinin geliştirilmesi giderek önem kazanmaktadır (6). Strok sonrası özürlülüğün en yaygın ve en yıkıcı sonucu üst ekstremité

ve elde ortaya çıkan fonksiyonel yetersizliktir. Strok geçirip sağ kalan hastaların sadece % 5'i el ve kol fonksiyonlarını yeterli düzeyde yeniden kazanırken, % 20'sinde ise hiçbir fonksiyonel gelişme gözlenmemektedir (7).

Özellikle somatosensorial korteksi içeren olaylar, istemli motor fonksiyonunun azalması veya kaybına ve somatik stimülasyonun bilinçli algılanmasında azalmaya neden olabilmektedir (8). Strok sonrası gelişen hemisensorial defisit varlığı rehabilitasyon potansiyelini sınırlayan etmenler arasında kabul edilmektedir (6). Bobath ve Brunnstrom hemiplejik hastalarda hareket paternlerini analiz ederek motor fonksiyonun yeniden kazanımı için etkili rehabilitasyon programları geliştirmişlerse de duyu kaybı bulunan ekstremitelerin motor fonksiyon gelişimine yönelik selektif ve spesifik bir tedavi protokolü oluşturamamışlardır (9,10). Oysa duyu kaybı olan ekstremitenin motor fonksiyonunu yeniden kazanması daha zor gözükmektedir (8). Bu nedenle somatosensorial kortikal reorganizasyonun kazanılması için gündeme gelen yeni tedavi protokollerinin önemi yadsınamaz.

Kastan çıkan myoelektrik sinyalleri, görsel ve işitsel sinyallere dönüştürerek kasların eğitimini sağlayan EMG Biofeedback (BFB) tedavisi 1960 yılından beri hemipleji rehabilitasyonunda kullanılmaktadır (11). EMG biofeedback duyu iletiminde tıkanıklık bulunan alanlar üzerinde muhtemel bir by-pass etkisi gösterebileceği düşünülmüştür (12).

Strok hastalarında biofeedback uygulamasına ilişkin araştırmaların çoğunda, nörofizyolojik mekanizmalarla ilgili yeterli derecede görüş ve yoruma rastlanmamaktadır. Brundy ve arkadaşları, SSS disfonksiyonu olan hastalarda visüel ve işitsel feedback uygulaması ile somatosensorial kortikal alanlara ulaşılabilirliğini ve direkt kortikospinal trakt nöronları üzerine etki edilebileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca subkortikal düzeyde uygun motor-duyusal feed-back sistemlerinin işlevsel hale getirilebileceğini ileri sürmüşlerdir (13).

Bu çalışmamızdaki amacımız duyu bozukluğu olan ve olmayan hastalarda rutin nörofizyolojik tedavi yaklaşımları ile birlikte uygulanan EMG Biofeedback'in yararlı olup olmayacağını araştırmaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız, strok sonrası değişik derecelerde hemiparezi gelişen 21 hasta üzerinde prospektif

bir klinik çalışma olarak planlandı ve Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylandı. Hastaların çalışmaya alınma kriterleri aşağıdaki şekilde belirlendi: Kooperasyon kurulabilir olması, medikal yönden stabil olması, motive edilebilir olması, görme ve işitme kusuru olmaması, hastalık süresinin 36 ayı geçmemiş olması, afazi olmaması, el bileği ve parmaklarda kontraktür olmaması, el bileği ve parmaklarda minimal hareketin başlamış olması.

Çalışmaya alınan hastaların anamnezleri alındı ve ayrıntılı muayenesi gerçekleştirildi. Modifiye Asword Skalasına göre 3 derecenin üstünde spastisitesi bulunan hastalar da çalışma dışı bırakıldı (14). Çalışmaya alınan hastaların lezyon lokalizasyon dağılımları tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Hasta gruplarının lezyon lokalizasyon dağılımı

	Grup 1(n=11)	Grup 2(n=10)
MCA	4	6
IC	4	4
Putamen	2	-
ACA	1	-

MCA: Middle cerebral arter  
CI: Capsula interna  
ACA: Anterior cerebral arter

Kortikal duyu muayenesi iki nokta ayırımına göre gerçekleştirildi ve hastalar bu muayeneye göre duyu kaybı olmayan (grup I, n=11) ve duyu kaybı olan (grup II, n=10) şeklinde iki gruba ayrıldı. Ayrıca tüm hastalarda derin ve yüzeysel duyu muayenesi yapıldı ve normal olarak değerlendirildi.

Her iki hasta grubuna 4 hafta süre ile haftada 5 gün 30 dakika olmak üzere Brunstrum'un nörofizyolojik yaklaşım prensipleri doğrultusunda egzersiz tedavisi ve el bilek ekstansör kas grubuna 30 dakika süre ile EMG Biofeedback tedavisi uygulandı.

EMG Biofeedback uygulaması için çift kanallı EMG Biofeedback (MED-LINK MODEL 79, EMS, İngiltere) modülü kullanıldı. Aletin sağında her kanalın çıkışını (A ve B) nümerik olarak, sol tarafında da grafiksel olarak gösteren gösterge mevcuttu ve feedback duyarlılığı 20 mikrovolt ile 2 milivolt arasında idi. Her kanalın (A ve B) duyarlılığı ayrı ayrı ve tespit edilen EMG seviyesine göre ses çıkarmak üzere ayarlandı.

EMG Biofeedback uygulaması hasta oturur pozisyonda, dirsek fleksiyonda, ön kol pronasyonda ve masada destekli, el bileği tam

fleksiyonda olmak üzere önce sağlam tarafta gerçekleştirildi. Cihazın üçlü standart yüzeyel iki elektrodu ekstansör karpi radialis üzerine (dirsek kıvrımının lateral ucu ile bileğin orta noktası arasında bulunan bölgenin 1/3 üst kısmı) konuldu. Hasta, gevşemeyi ve elini fleksiyonda serbest bırakmayı sağladıktan sonra el bileğini ekstansiyona getirmesi istendi. Hedeflenen kas aktivasyonu gerçekleştirildiğinde ekranda nümerik ve grafiksel olarak görüldü. Aynı zamanda işitsel olarak da alarm sesi duyuldu. Bu şekilde hasta ne yapması gerektiği konusunda eğitilmiş oldu ve daha sonra felçli ekstremitenin eğitimine geçildi.

Tedavi etkinliğini değerlendirmek amacıyla hastalarda tedavi öncesi ve sonrası Brunnstrom'un el için geliştirdiği motor gelişme evreleri (15), el bilek ekstansörlerinin kas gücü, dinamometre ile eldeki kavrama gücü, el bileği ekstansiyonu sırasında kaydedilen yüzeysel elektrik aktivite değerleri kaydedildi. Eldeki kavrama gücünü saptamak amacıyla Riester marka dinamometre cihazı kullanıldı. Hastadan üç kez aletin manşonunu sıkması istendi ve bar cinsinden elde edilen üç değer ortalaması alındı. Yine aynı şekilde hastaya tedavinin birinci seansı ve yirminci seansında üç kez izometrik el bileği ekstansiyonu yaptırıldı ve mikrovolt cinsinden elde edilen kas aktivite değerlerinin ortalamaları alınarak kaydedildi.

İstatistiksel analizlerde Mann-Whitney U, Ki kare, Wilcoxon ve t testleri uygun oldukları yerlerde kullanıldı ve  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Çalışmaya alınan 21 hastanın demografik özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Demografik özellikler açısından gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır

Tablo 2: Hastaların demografik özellikleri

	Grup I	Grup II	p
Yaş	56,27±8,98	53,90±12,68	NS
Süre	8,63±10,63	8,10±10,53	NS
Cins E/K	7/4	6/4	NS
BT Inf/Hemora	7/4	7/3	NS

Duyu kaybı olmayan I. gruptaki 11 hastanın 10'unda, duyu kaybı olan II. gruptaki 10 hastanın 8'sinde el bilek ekstansörlerinin kas gücünde

tedavi sonrası bir derece ilerleme saptandı. Bu ilerleme birinci gruptaki hastalar lehine biraz daha fazla olmak üzere her iki gruptaki hastalarımızda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde idi (I. grup;  $p < 0,01$ , II. grup;  $p < 0,05$ ). Ancak tedavi sonrası elde edilen artış açısından gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo 3).

Tablo 3: Her iki gruptaki hastaların tedavi öncesi ve sonrası kas testi sonuçları

Grup	Tedavi Öncesi					Tedavi Sonrası					p
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Grup I	1	6	2	2	-	-	2	5	2	2	<0,01
Grup II	2	3	2	3	-	-	5	2	-	3	<0,05
P	>0,05					>0,05					

El bileğinin ekstansiyonu sırasında kaydedilen EMG aktivitesindeki artış her iki grupta da istatistiksel olarak ileri derecede anlamlıydı. Bu artış duyu kaybı olmayan hasta grubunda daha anlamlı düzeyde olmakla birlikte (I. grup;  $p < 0,001$ , II. grup;  $p < 0,05$ ) gruplar arasındaki fark anlamlı değildi (Tablo 4).

Tablo 4: Her iki gruptaki hastaların EMG aktivitelerinin Karşılaştırılması

	n	Ort±Std hata	p
EMG Grup I T.O	11	25,50±23,42	<0,001
T.S		80,82±40,96	
EMG Grup II T.O	10	33,67±34,38	<0,01
T.S		53,34±50,98	
T.Onc Grup I	11	25,50±23,42	>0,05
Grup II	10	33,67±34,38	
T.Son Grup I	11	80,82±40,96	>0,05
Grup II	10	53,34±50,98	

Tedavi sonrası motor fonksiyon gelişimini göstermesi açısından önemli bir parametre olan Brunnstrom'un el için geliştirdiği iyileşme evreleri dikkate alınarak yapılan karşılaştırmada her iki gruptaki hastalarda belli düzeylerde iyileşme bulundu. Bu iyileşme duyu kaybı olmayan grupta istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı düzeyde iken ( $p < 0,01$ ), duyu kaybı olan grupta ise anlamlı düzeyde idi ( $p < 0,05$ ). Buna göre gruplar tedavi sonrası elde ettikleri kazanç bakımından karşılaştırıldığında, I. gruptaki hastalar lehine olmak üzere istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p < 0,05$ ) (Tablo 5).

Eldeki kavrama gücünde ise sadece duyu kaybı olmayan hasta grubunda tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış saptanmıştır ( $p < 0,05$ ) (Tablo 6).

**Tablo 5:** Her iki gruptaki hastalarda tedavi öncesi ve sonrası Brunstrom el evre değişiklikleri

Grup	Tedavi Öncesi					Tedavi Sonrası					P
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	
Grup I	3	5	1	2	-	1	2	3	3	2	<0,01
Grup II	2	5	3	-	-	1	3	4	2	-	<0,05
P	>0,05					<0,05					

**Tablo 6:** Her iki grupta tedavi öncesi ve sonrası elde edilen kavrama güçlerinin karşılaştırılması

	n	Ort±St. hata	p
Dinamo Grup I T.O	11	0,056±0,053	<0,01
Grup I T.S		0,221±0,167	
Dinamo Grup II T.O	10	0,044±0,065	>0,05
Grup II T.S		0,137±0,214	

## TARTIŞMA

Strok sonrası fonksiyonel iyileşme potansiyeli olan hastaların tanımlanması nörolojik rehabilitasyonun önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır (16). Strok sonrası gelişen hemisensorial defisit varlığı, rehabilitasyon potansiyelini sınırlayan etmenler arasında kabul edilmektedir (6). Bu nedenle somatosensorial kortikal reorganizasyonun kazanılması için yeni tedavi protokollerine gereksinim duyulması yadsınamaz. Bu amaçla klasik rehabilitasyon yöntemlerine ek olarak nörofizyolojik tedavi yaklaşımları, fonksiyonel elektrik stimülasyonu ve biofeedback yöntemleri de ağırlıklı biçimde uygulanmaktadır (17).

Duyu kaybı olan ve olmayan hemiplejik hastaları karşılaştırdığımız bu çalışmamızda uygulanan egzersiz ve EMG Biofeedback tedavisinin her iki grupta da anlamlı düzeltilmeler sağladığı görülmüştür. Elde ettiğimiz veriler daha önce yapılan pek çok çalışmanın verileri ile uyum içindeydi. EMG Biofeedback tedavisi ile hemiplejik hastalarda spastisitede azalma, üst ekstremitate fonksiyonlarında, kas gücünde ve hareket açıklıklarında iyileşme olduğu çeşitli çalışmalar neticesinde gösterilmiştir (12,18,19,20). Inglis, hastalık süresi en az 6 ay olan 30 hemiplejik hastanın üst ekstremitelerinin tedavisinde bir gruba egzersiz tedavisi uygularken, diğer gruba BFB ve egzersiz tedavisi uygulamış ve tedavi sonrası kas gücünde BFB yapılan grupta istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğunu bildirmiştir (19). Yine Rathkolb erken dönem 32 hemiparezik hastanın el fonksiyonlarını geliştirmek için EMG Biofeedback tedavisi uygulamış ve başarılı sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir (12).

Türk Beyin Damar Hastalıkları Dergisi 2002, 8:3; 153-157

Benzer şekilde hemiparezik alt ekstremitate rehabilitasyonunda da EMG Biofeedback tedavisinin etkili olduğunu ortaya koyan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (21,22,23). Burnside, 22 kronik hemiparezili hastanın düşük ayak tedavisi için EMG Biofeedback ve egzersiz tedavisini karşılaştırmış, sonuçta kas gücünde görülen düzeltilmenin biofeedback grubunda daha fazla olduğunu ve bu kazancın sonraki kontrollerde de yine biofeedback grubunda devam ettiğini belirtmiştir (24).

EMG Biofeedback'ın kas gücü üzerindeki etkilerini gösteren çalışma sonuçlarımız ile, bu konuyla ilgili çalışma yapmış olan araştırmacıların sonuçları bir arada değerlendirildiğinde, biofeedback+egzersiz tedavisinin etkin ve selektif bir tedavi oluşturduğu ortaya çıkmaktadır.

Bugüne kadar geliştirilen rehabilitasyon programlarının çoğu motor fonksiyonun düzeltilmesine yöneliktir (9,10). Ancak fiziki yetersizlik ve uygulanan spesifik tedavi ile motor iyileşmenin derecesi arasında net bir ilişki kurulamamış ve bu iyileşmede başka faktörlerin de söz konusu olduğu ileri sürülmüştür (25). Motor iyileşme için afferent ve efferent sistemler arasında kompleks bir etkileşim gereklidir (26,27). Birçok hastada bozuk propriosepsiyon motor kontrol için gerekli olan afferent uyarıyı olumsuz yönde etkiler (7). Seitz yaptığı fonksiyonel nöro-görüntüleme çalışmasında motor iyileşmenin sağlanması için kortekse duyuusal bilgi akışını sağlayacak intakt kortikotalamik yola gereksinim olduğunu göstermiştir (28). Bu görüş sensorial bozukluk bulunmayan hemiparezinin, iyileşme açısından hemisensorial defisit ile birlikte olan hemipareziden daha şanslı olduğunu gösteren bulgularla uyumludur (29,30).

Çalışmamızda; tedavi sonrası her iki grupta anlamlı ilerlemeler olmakla birlikte, Brunstrom'un el için geliştirdiği motor iyileşme evrelerindeki ilerleme duyu kaybı olmayan hastalar lehine olmak üzere istatistiksel anlamlılık gösterdi. Literatürde duysal kaybı olan hastalarda EMG Biofeedback uygulamasını içeren çalışmaların sayısı oldukça azdır (31). Bu konuda yapılan çalışmalarda pek çok araştırmacı sonuçları olumsuz etkileyeceğini düşünerek olsa gerek duysal kaybı olan hastaları çalışma dışı bırakmışlardır (12,16). Bu nedenle çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları literatür bulguları ile karşılaştırıp yorumlamak oldukça zor oldu. Skelly duyu kaybı olan ve olmayan 20 hasta üstünde gerçekleştirdiği çalışmasında

omuz fonksiyonlarını geliştirmek amacıyla EMG BF tedavisi uygulanmış, tedavi etkinliği açısından duyu kaybı olmayan hastalarda daha büyük bir gelişme saptamakla birlikte, gruplar arasında bir fark bulamamıştır. Biz de çalışmamızda ele aldığımız diğer değerlendirme kriterleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark sağlamadık.

Genel olarak çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, EMG biofeedback ile birlikte uygulanan egzersiz tedavisinin hemiplejik elin rehabilitasyonunda yararlı olduğunu göstermiştir. Özellikle duyu kaybı olmayan hastaların bu tedaviden daha fazla yarar gördüğü düşüncesindeyiz.

## KAYNAKLAR

- Melo TP; Bogoslovsky J. Hemiparesis and other types of motor weakness. In: Bogoslovsky J, Caplan L (eds). *Stroke Syndromes*. London: Cambridge University Press, 1995, 3-13.
- Ralp LS. Pathogenesis, classification and epidemiology of cerebrovascular disease. In: Rowland LP ed. *Merritt's Textbook of Neurology*, night edition, Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995, 227-243.
- Goldstein M. The decade of the brain: challenge and opportunities in stroke research. *Stroke* 1990, 21: 373-374.
- Dombovy ML, Basford JR, Whisnant JP, Bergstrahl EJ. Disability and use of rehabilitation service following stroke in Rochester, Minnesota. *Stroke* 1987, 18: 830-836.
- Osberg JS, Haley SM, McGinnis GE, DeJong G. Characteristic of cost outliers who did not benefit from stroke rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 1990, 69: 117-125.
- Dombovy ML, Sandok BA, Basford JR. Rehabilitation for stroke: a review. *Stroke* 1986, 17(3): 363-369.
- Basmajian JV, Gowland C, Brandstater ME, Swanson L, Trotter J. EMG feedback treatment of upper limb in hemiplegic stroke patients: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 1982, 63: 613-615.
- Dannenbaum RM, Dykes RW. Sensory loss in the hand after sensory stroke: Therapeutic rationale. *Arch Phys Med Rehabil* 1988, 69: 833-839.
- Bobath B. *Adult Hemiplegia. Evaluation and treatment*. Ed 2. London: William Heineman Medical Ltd, 1978.
- Brunnstrom S. *Movement Therapy in Hemiplegia*. New York: Harper and Row, 1970.
- Basmajian JV: *Biofeedback in Rehabilitation Medicine*. In: De Lisa JA ed. *Rehabilitation Medicine, Principles and Practice*, second edition. Philadelphia, Lippincott Company, 1993, 425-439.
- Rathkolb O, Baykoushev St, Baykousheva V. Myofeedback in motor re-education of wrist and fingers after hemispheric stroke. *Electromyography. Clin: Neurophysiol* 1990, 30: 89-92.
- Brundy J, Korein J, Levidow L, Grynbaum BB, Lieberman A, Friedman LW. Sensory feedback therapy in patients with brain insult. *Scand J Rehabil Med* 1977, 9: 155-163.
- Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987, 67(2): 206-207.
- Kutlay Ş. Nörorehabilitasyonda kullanılan özel kinezyoterapi yöntemleri. In: Beyazova M, Kutsal YG eds. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. Ankara: Güneş Kitapevi, 2000, 930-949.
- Francisco G, Chac J, Chawla H, Kirshblum S, Zorowitz R, Lewis G, Pang S. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation for improving the arm function of acute stroke survivors: a randomised pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 1998, 79: 570-575.
- Özcan O. Hemipleji Rehabilitasyonu. In: Oğuz H ed. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi, 1995, 84-399.
- Wissel J, Ebersbach G, Gutjarh L, Dahlke F. Treating chronic hemiparesis with modified biofeedback. *Arch Phys Med Rehabil* 1989, 70: 612-17.
- Inglis J, Donald MW, Monga TN, Sproule M, Young MJ. Electromyographic biofeedback and physical therapy of the hemiplegic upper limb. *Arch Phys Med Rehabil* 1984, 65: 755-759.
- Turczynski BE, Hartje W, Sturm W. Electromyographic feedback of chronic hemiparesis an attempt to quantify treatment effects. *Arch Phy Med Rehabil* 1984, 65: 526-28.
- Intiso D, Santilli V, Grasso MG, Rossi R, Caruso I. Rehabilitation of walking with electromyographic biofeedback in foot-drop after stroke. *Stroke* 1994, 25 (6): 1189-1192.
- Basmajian JV, Kukulla CG, Narayan MG, Takebe K. Biofeedback treatment of foot-drop after stroke compared with standard rehabilitation technique: effects on voluntary control and strength. *Arch Phys Med Rehabil* 1975, 56: 231-236.
- Amato A, Hermsmeye CA, Kleiman KM. Use of electromyographic feedback to increase inhibitory control of spastic muscle. *Phys Ther* 1973, 53: 1063-1066.
- Burnside IG, Tobias S, Bursill D. Electromyographic feedback in the remobilisation of stroke patients: a controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1982, 63: 217-222.
- Dobkin B. Focused stroke rehabilitation programs do not improve outcome. *Arch Neurol* 1989, 46: 701-702.
- Thath T. Neurol basis of motor control: an overview. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 1993, 4: 615-622.
- Anderson M. The role of cerebellum in motor control and motor learning. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 1993, 4: 623-636.
- Seitz R. Motor learning and plasticity of the human brain: evidence from neuroimaging. *Electroencephphlogr Clin Neurophysiol* 1995, 25: 68-73.
- Reding M, Potes E. Rehabilitation outcome following initial unilateral hemispheric stroke: life table analysis approach. *Stroke* 1988, 19: 1354-1358.
- Robertson S, Jones L. Tactile sensation impairments and prehensile function in subjects with left-hemisphere cerebral lesion. *Arch Phys Med Rehabil* 1994, 75: 1108-1117.
- Skelly AM, Kenedi RM. EMG Biofeedback therapy in the re-education of hemiplegic shoulder in patients with sensory loss. *Physiother* 1982, 68(2): 34-38.