

İnmeli Hastalarda EMG Biofeedback Kullanımı

EMG Biofeedback Application in Stroke Patients

Kaan UZUNCA

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye

Özet

Biofeedback (BF), kişiye ait fizyolojik olaylar hakkında, elektronik cihazlarca görsel ve işitsel sinyaller üreterek bilgi veren, kişinin bu bilgileri kullanarak vücut fonksiyonlarının farkında olmasını ve bu fonksiyonlarını istemli olarak değiştirebilmesini sağlayan bir tedavi yöntemidir. Elektromiyografik-biofeedback (EMG-BF) en sık kullanılan BF çeşididir. Bu yöntem yüzeysel elektrotlar kullanılarak motor ünit potansiyellerini algılayan bir cihaz olarak tanımlanır. Hasta kaslarındaki aktiviteyi arttırmaya ya da azaltmaya çalışır. EMG-BF 1960'lardan itibaren hemipleji rehabilitasyonunda kullanılmaktadır. İnmeli hastalarda EMG-BF kullanımının temel amacı parezik kasların reedükasyonu ve spastik kasların relaksasyonudur. İnmeli hastalarda ayak bileği eklem hareket açıklığında ve dorsifleksiyon kuvvetinde anlamlı artış olduğu gösterilmiştir. Ayrıca EMG-BF'in özellikle salınım fazında yürümenin iyileşmesi üzerine olumlu etkisi vardır. İnme geçirmiş hastalarda el bileği eklem hareket açıklığını ve kas aktivitesini iyileştirmekle beraber, fonksiyonel etkisi tartışmalıdır. EMG-BF hem alt, hem de üst ekstremitte rehabilitasyonu için inmeli hastalarda etkin ve kolay uygulanabilir yardımcı bir rehabilitasyon aracıdır. *Türk Fiziksel Tıp Rehab Derg 2007; 53 Özel Sayı 1: 26-9*

Anahtar Kelimeler: İnme, EMG biofeedback

Summary

Biofeedback (BF) is the therapeutic technique of using equipment to reveal to human beings some of their physiological events in the form of visual or auditory signals in order to teach them to manipulate. Electromyographic-biofeedback (EMG-BF) is most frequently employed form of BF. This method was defined as the use of instrumentation applied to the patient's muscles with external electrodes to capture motor unit electrical potentials. The patient is instructed to activate or decrease the activity of the muscles. EMG-BF has been used in the rehabilitation of hemiplegia since the 1960s. Main goals of EMG-BF application in stroke patients are re-education of paretic muscles and relaxation of spastic muscles. Significant improvement in ankle range of motion and dorsiflexion strength was shown in patients with stroke. Also, EMG-BF has positive effect on gait recovery especially in swing phase. Although EMG-BF improves the wrist extension range of motion and muscle activity in poststroke patients, functional effect has been still controversial. EMG-BF is an effective and easy applicable rehabilitation tool for both upper and lower extremity rehabilitation in poststroke patients. *Turk J Phys Med Rehab 2007; 53 Suppl 1: 26-9*

Key Words: Stroke, EMG biofeedback

Teknik olarak feedback, çıkışın, kaynağa tekrar geri döndürülerek hatanın düzeltilmesinin sağlanması ya da bir karşılaştırma yapılarak çıkışın belirli bir istek yönünde yeniden şekillendirilmesinin sağlanması anlamını taşır. "Bio" yunancada hayat demektir. "Feedback" ise bilginin kaynağa, kökene geri döndürülmesidir. O halde biofeedback (BF), kaynağın oluşturduğu biyolojik bilginin kaynak tarafından anlaşılabilmesi ve kontrol edilebilmesi için, tekrar kaynağa geri döndürülmesidir. Türkçe'ye ise "geri itilim", "geri besleme" veya "geri bildirim" olarak çevrilebilir. Başka bir ifadeyle, BF, farkında olunmayan ve kişiye ait normal veya anormal fizyolojik olaylar hakkında, genellikle elektronik cihazlarca ve sık-

lıkla görsel ve işitsel sinyaller üreterek bilgi veren, kişinin bu bilgileri kullanarak vücut fonksiyonlarının farkında olmasını ve bu fonksiyonlarını istemli olarak değiştirebilmesini sağlayan bir tedavi sistemidir. Biofeedback, terapötik egzersizlerin kullanıldığı hasta gruplarında, normalde hastanın hissedemeyeceği fizyolojik olayların gösterilmesi, ölçülmesi ve kontrol edilmesini sağlayarak konvansiyonel egzersizlerin daha verimli ve amaca uygun olarak yapılabilmesini sağlar (1-4).

Biofeedback ile kalp hızı ve ritmi, kan basıncı, deride terleme, ısı değişimleri, beyin dalga şekilleri, kas kontraksiyonu, sfinkter hakimiyeti kontrol edilebilir (5-8).

Yazışma Adresi: Dr. Kaan Uzunca, Fatih Mah. Tahsin Şipka Cad. İzzet Arseven Apt. A Blok D.8 Edirne, Türkiye
Tel.: 0284 235 76 41/4716 Faks: 0284 235 91 87 E-posta: druzunca@yahoo.com

Kabul tarihi: Şubat 2007

Not: V. Trakya FTR "Sıranuş Kokino" Günleri-İnme Rehabilitasyonu Sempozyumunda sunulmuştur (21-22 Eylül 2006 Edirne)

Fiziyatriye BF kullanımı geniş bir alanda yer bulmaktadır. Motor kuvvet gelişimi, denge ve yürüme eğitimi, spastisitenin azaltılması, genel relaksasyon sağlanması, mesane ve bağırsak fonksiyon bozukluklarının tedavisi gibi birçok konuda kullanılmaktadır (2,7-10). Biofeedback'in fiziyatri uygulamaları elektromiyografinin teşhis ve araştırmalarda kullanımı ile doğmuştur. Zamanla birçok BF modalitesi geliştirilmiştir. Bunların arasında termal, elektromiyografik, pozisyonel, elektrogonyometrik, denge, termal ve EEG BF sayılabilir (2,6,9,11).

1960'ların başında Basmajian tarafından inmeli hastaların rehabilitasyonunda kullanılan EMG biofeedback (EMG-BF) daha sonraki yıllarda geliştirilerek çok çeşitli amaçlarla bu endikasyonda kullanılmıştır (2). EMG-BF rehabilitasyonda en yararlı ve en sık kullanılan BF tipidir. İnme rehabilitasyonunun dışında medulla spinalis yaralanmalarında, serebral palsi ve kafa travmalarında, multipl sklerozda, distoni ve diskinezilerde, periferik sinir yaralanmalarında, rehabilitasyon amacıyla ve ayrıca ağrı tedavisinde de kullanılmaktadır (2,10,12-14). Kasın çıkan miyoelektrik sinyalleri, görsel veya işitsel sinyallere dönüştürerek kasların eğitimini sağlayan bir yöntemdir. Temel olarak kas reedükasyonu ve relaksasyonu amacıyla kullanılan EMG-BF cihazı, yüzeyel ya da daha nadir olarak kullanılan iğne elektrotlar ile kas aktivitelerini milivolt olarak kaydedebilen hassas bir voltmetredir. Kas aktiviteleri ve miktarı ile ilgili bilgilerin işitsel ya da görsel sinyaller şeklinde hastaya geri bildirilmesi ve bu sinyallerin istenilen amaç doğrultusunda hasta tarafından değiştirilmeye çalışılması esasına dayanır (2-4).

EMG-BF'in fizyolojik fonksiyonları nasıl geliştirdiği net bir şekilde bilinmemektedir. Santral sinir sistemi içinde motor ve duyu alanlar, subkortikal bölgeler, bazal ganglionlar, serebellum büyük bir uyum içinde çalışırlar ve tüm bu yapılar birçok internal düzenleyici ağlarla birbirine bağlıdırlar. Bunların fonksiyon yapabilmeleri için de dış dünya ile bağlantılarının olması gerekir. Bu da kutanöz reseptörler, proprioseptörler, işitsel ve görsel inputlarla sağlanır. Yani hareket kontrolünün sağlanabilmesi için görsel, işitsel, vestibüler ve proprioseptif bilgiye gereksinim vardır. Eksternal veya internal bir travma ile oluşan beyin hasarı sonucunda bazı yapılar örneğin motor yollar, BF tedavisi ile tekrar fonksiyonel hale gelebilir ve bu bölgeler yeniden eğitilebilir. Beynin hasarı sonrasında farklı yapılar ile motor yolların plastisite ve yeniden öğrenme sayesinde tekrar fonksiyonel hale gelebildiği bilinmektedir. Biofeedback ile bu süreç hızlandırılabilir. Biofeedback uygulaması ile bozulmuş bir fonksiyon yeniden öğrenilebilmektedir ve bu süreçle ilgili iki olası teori ileri sürülmüştür. Bunlardan ilki, santral sinir sisteminde herhangi bir patoloji sonrasında kaybolan fonksiyonları üstlenecek yeni yolların gelişmesi; diğeri ise mevcut patolojiye rağmen devam etmekte olan serebral ve spinal yolların yardımcı feedback kısımlarının aktive olmasıyla fonksiyonun yeniden kazanılmasıdır (2,15,16).

EMG-BF'in çalışma prensibi, kastaki miyoelektrik sinyallerin görsel ve işitsel sinyallere dönüştürülmesine dayanır. Biofeedback ile kontraksiyonun oluşturduğu kuvvet değil, ancak kas kontraksiyonu ile ortaya çıkan elektrik enerjisi ölçümü yapılır ve volt ile ifade edilir. Kaydedilen voltaj, görsel ve işitsel sinyaller ortaya çıkarabilen bilgisayarlı biofeedback cihazları tarafından çeşitli şekillerde sergilenir. Değişik türde sesler, devamlı ya da kesik ses tonları veya mikrovoltaj metre, grafikler, rakamlar, çeşitli ışık tonları gibi değişik türde görüntüler oluşur. Voltajı ölçebilmek için iki aktif elektrota ve bir referans elektrota ihtiyaç vardır. Genellikle yüzeyel elektrotlar kullanılır. Cevap alınamayan olgularda iğne elektrotlar denenebilir. Çeşitli yüzeyel elektrotlar bulunmaktadır. Minyatür elektrotlardan,

çapı 12,5 cm'ye kadar ulaşan elektrotlar mevcuttur. Elektrotların cilt üzerine yerleştirilmesinden önce cilt alkollü bir pamukla temizlenmelidir. Aksi takdirde ciltte bulunan kir, yağ ve ölü cilt hücreleri bioelektrik sinyallerin elektrota ulaşmasını engeller. Elektrotla cilt arasında etkili bir geçirgenlik sağlamak amacıyla jel kullanılmalıdır. Uygulamada aktif elektrotlardan birisi ölçüm yapılacak kasın orta noktasına, diğeri ise diğeri mümkün olduğunca yakın olarak daha distale ve kasın trasesine paralel olarak yerleştirilir (Şekil 1). Elektrotlar birbirine ne kadar yakın yerleştirilirse o oranda izole kastan kayıt alınır. Elektrotlar birbirinden uzaklaştıkça kayıt yapılan kas dışında çevre kaslara ait elektriksel sinyaller de ölçüme karışır. Referans elektrot ise vücudun herhangi bir noktasına yerleştirilebilir. Aynı anda çift kanal kullanılarak iki ayrı kastan ölçüm yapıldığında, iki çift aktif elektrottan bir referans elektrot kayıt için yeterli olacaktır (2,3,17,18).

EMG cihazının "diferansiyel amplifier" adı verilen ünitesi elektrik hatlarından, elektrikli aletlerden, radyo istasyonlarından yayılan ve gürültü diye tanımlanan enerjiyi elimine ederken, kaslardan alınan enerjinin yansıtılmasını sağlar. Bu bioelektrik voltaj çeşitli yansıtıcı ve doğrultucular aracılığı ile görsel ve işitsel sinyallere dönüştürülerek monitorize edilir ve ayrıca kayıtlanır. Eğer kontraksiyon hedefleniyorsa kasılma başarıldığında ortaya çıkan görsel veya işitsel bir sinyal daha artırmak için yapılan gayret, giderek hastayı amacına doğru daha da yaklaştırır. Kasın gevşemesi hedefleniyorsa bunun tam aksi uygulanacaktır (2,3,17,18).

Hastalar uygulama sırasında kendisinden istenilen kontraksiyon miktarlarını hem grafik halinde hem de sayısal olarak izleyebilmektedirler. İlerleyen seanslarda belirlenen eşik değerini progresif olarak yükseltmesi ile her geçen gün daha yüksek düzeylerde kas kontraksiyonu üretmeye çalışarak kas gücünü arttıracak; ya da bunun tersine eşik değer progresif olarak azaltılarak daha fazla relaksasyon sağlanacaktır (2,3) (Şekil 2, Şekil 3).

Seanslar sırasında alınan kayıtların karşılaştırılması da fonksiyonel iyileşmenin değerlendirilmesi yönünden bize önemli bilgiler vermektedir. Literatürde EMG-BF uygulamasıyla ilgili herhangi bir yan etkiye rastlanılmamıştır. Ortalama bir seans süresi 30 dakika ve seans sayısı ise 10-20'dir (2,18,19). Genellikle yarım saatlik seanslar halinde uygulanan bu tedavi yöntemine hedefe ulaşana kadar devam edilir. Hastanın iyileşme arzusu ve elde edilen sonuçların monitörize sistemler aracılığıyla izlenmesi tedavinin başarısını artırır (17).

İnmede biofeedback: İnme sonrası istemli kas kontraksiyonu yapılamaması ve/veya spastisite adı verilen disfonksiyonel aşırı kontraksiyon sonucunda motor fizyolojik bozukluk ortaya çıkar. Bu da fonksiyonel kayıpları doğurur. Bunlara ilaveten inmeli hastalarda selektif istemli motor kontraksiyon ve relaksasyonun gerçekleştirilememesi nedeniyle kas sinerjileri adı verilen disfonksiyonel stereotopik senkronize hareket paternleri gelişir ve hasta amaca yönelik fonksiyonel hareketleri gerçekleştiremez (20). EMG-BF ile hastanın ilgili kaslarından alınan miyoelektrik sinyaller



Şekil 1. EMG-BF için kullanılan yüzeyel elektrotlar ve yerleştirilmesi.

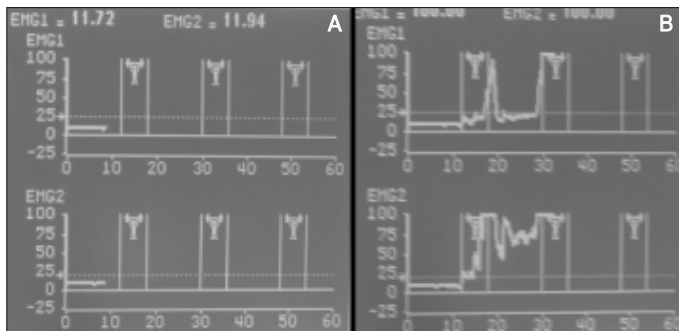
görsel ve işitsel sinyallere dönüştürülerek hastaya bildirilir. Böylelikle hastanın motor unit aktivitesinin farkında olması sağlanarak, yapay bir proprioepsiyon oluşturulur. Bu yapay proprioepsiyon ile hastanın parezik kasını aktive etmesi, spastik kasını gevşetmeye çalışarak fonksiyonel hareket paternlerini yeniden elde etmesi hedeflenir (15).

Inmeli alt ekstremitede EMG-BF kullanımı: Temel fonksiyonel amaç ambulasyonu düzeltmek ve ambulasyon sırasındaki stereotipik hareketleri yeniden kazandırmaktır. Spesifik hareket paternlerindeki birkaç ekstremitte segmenti simültane olarak çalıştırılır (2,17).

İnmeye bağlı düşük ayağı olan hemiparezili hastalarda yapılan çalışmalarda ayak bileği dorsifleksör kaslarında kuvvet artışı olduğu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (21-23). Pozisyonel biofeedback ile EMG-BF'nin kombine edilerek kullanıldığı bir çalışmada ise ayak bileği hareket açıklığında, yürüme hızında ve adım mesafesinde anlamlı artış elde edildiği bildirilmiştir (22). EMG-BF'in alt ekstremitte spastisitesi üzerine etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada fizik tedaviden üstün olmadığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada EMG-BF uygulanan hastalar ile fizik tedavi alan hastalar arasında Barthel indeksi skorları açısından tedavi sonrası fark elde edilemediği bildirilmiştir (24). EMG-BF'nin yürüme üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmalarda, EMG-BF kullanılan grupta ayak bileği dorsifleksiyon gücü ve eklem hareket açıklığında kontrol grubuna göre anlamlı artış elde edilmekle birlikte, yürüme analizi parametrelerinde farklılık saptanmadığı gösterilmiştir (21,23,25). Ancak bir başka çalışmada yürümenin salınım fazında düşük ayakta düzelme olduğu belirtilmiştir (24). Başka bir çalışmada ise yürüme hızının pozisyonel biofeedback uygulanan hastalarda EMG-BF uygulanan gruba göre anlamlı olarak arttığı gösterilmiştir (26). Cozean ve ark.'nın (27) EMG-BF ile fonksiyonel elektrik stimülasyonunun kombine kullanımının yürüme üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, yürümenin salınım fazında, hem ayak bileği hem de diz eklem hareket açıklıklarında düzelmenin yanı sıra, yürüme hızında da anlamlı artış elde edildiği bildirilmiştir.



Şekil 2. Kontraksiyon ile daha önceden belirlenen eşik değerini üzerine çıktığını gösteren grafiğin şematik resmi.



Şekil 3. A: Kontraksiyon öncesi monitörde izlenen kas aktivitesinin eşik değeri altındaki seyri B: Kontraksiyon ile eşik değerinin üzerine yükselen kas aktivitesinin monitörde izlenmesi.

Inmeli üst ekstremitede EMG-BF kullanımı: Birçok çalışmada klasik fizik tedaviye eklenen EMG-BF ile üst ekstremitte eklem hareket açıklıklarında ve kas güçlerinde artış elde edilmekle beraber, tek başına bir tedavi yöntemi olarak kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Armağan ve ark. (28) el bileği ekstansörlerini güçlendirmek üzere uygulanan EMG-BF'in plasebo BF ile karşılaştırıldığı el bileği ekstansiyon açısından artma ve bardaktan su içme becerisinde düzelme sağladığını bildirmişlerdir. Üst ekstremiteye uygulanan EMG-BF'i plasebo BF ile karşılaştıran bir başka çalışmada ise Fuyl-Meyer motor performans değerlendirmesinde ilerleme saptanmakla beraber, uzun dönemde fark olmadığı gösterilmiştir (29). Bununla beraber, üst ekstremitte kaslarını güçlendirmek amacıyla uygulanan EMG-BF'in el becerisi açısından klasik fizyoterapiye göre üstün olmadığını iddia eden çalışmalar da bulunmaktadır (30).

Wolf ve ark. (31) EMG-BF uygulanan inmeli hastalarda tedavinin başarısını etkileyen hasta karakteristiklerini incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucuna göre yaş, cinsiyet, hemiparetik taraf, felcin süresi, daha önce uygulanan rehabilitasyon yöntemi ve uygulanan seans sayısının EMG-BF tedavisinin başarısı ile ilişkili olmadığını belirtmişlerdir. Ancak üst ekstremitede proprioseptif kayıpların varlığı fonksiyonel kazanımı azaltmaktadır. Genelde fonksiyonel kazanım alt ekstremitede, üst ekstremiteden daha iyidir (2,31).

Hastaları yaşlarına ve parezinin süresine bakarak EMG-BF tedavisi için dışlamamak gerekir. Ama yine de diğer rehabilitasyon yaklaşımlarında olduğu gibi BF tedavisine olabildiğince erken başlanmalıdır. EMG-BF tedavisi için uygun olan hastaların özellikleri şunlardır (2,9):

1. EMG-BF tedavisi öncesi potansiyel istemli kontrolün varlığı,
2. Motivasyon ve kooperasyonun olması,
3. Reseptif afazinin olmaması ve verilen komutlara cevap verebilme,
4. Ciddi proprioseptif kayıp ve belirgin spastisitenin olmaması,
5. Bazı istemli hareketleri başlatma yeteneğinin olması.

Motor kayıpları olan hastaların rehabilitasyonunda esas amaç hastanın fonksiyonel işleri yapabilme yeteneğini yeniden kazanabilmesidir. Bu yaklaşım yaşamsal bağımsızlığı sağlamak için önemlidir. Teknolojinin ilerlemesi ile EMG-BF yerine bilgisayar destekli kombine BF yaklaşımları önem kazanmıştır. Son yıllarda fonksiyonel aktivitelerde iyileşmeyi hedefleyen motor kontrol yöntemlerinden olan "işe yönelik" biofeedback tedavisinden faydalanılmaktadır. İşe yönelik biofeedback kavramı dinamik bir yöntemdir. Nöromotor komponent ile çevre bütünleşmesini esas alır. Bu biofeedback yaklaşımında kas aktivitesi yerine, ekstremitte yürümesi feedback kaynağı olarak seçilmektedir (32). Dinamik biofeedback yaklaşımlarının EMG-BF'e göre fonksiyonel olarak üstün olduğu iddia edilmekle beraber, pahalı bir teknik olup ekipman ve bilgisayar yazılımı gerektirmektedir. Ancak kolay uygulanabilir ve kolay taşınabilir bir araç olan EMG-BF'in inmeli hastaların rehabilitasyonunda klasik fizyoterapiye eklenmesi özellikle alt ekstremitte rehabilitasyonunda halen tercih edilebilir bir rehabilitasyon yöntemidir.

Kaynaklar

1. Kocatürk U. Açıklamalı tıp terimleri sözlüğü. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 1991.
2. Basmajian JV. Biofeedback in physical medicine and rehabilitation. In: De Lisa JA, editor. Physical medicine and rehabilitation. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams-Wilkins; 2005. p. 271-85.
3. Dursun E. Biofeedback. Oğuz H, Dursun E, Dursun N (Editörler). Tıbbi rehabilitasyon. İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri; 2004. s. 447-59.

4. Fagerson TL, Krebs DE. Biofeedback. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ, editors. *Physical rehabilitation Assessment and treatment*. Philadelphia, FA Davis Company; 2001. p. 1093-1115.
5. Middaugh SJ, Haythornthwaite JA, Thompson B, Hill R, Brown KM, Freedman RR, et al. The Raynaud's Treatment Study: biofeedback protocols and acquisition of temperature biofeedback skills. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2001;26:251-78.
6. Kotchoubey B, Busch S, Strehl U, Birbaumer N. Changes in EEG power spectra during biofeedback of slow cortical potentials in epilepsy. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 1999;24:213-33.
7. Wang AC, Wang YY, Chen MC. Single-blind, randomized trial of pelvic floor muscle training, biofeedback-assisted pelvic floor muscle training, and electrical stimulation in the management of overactive bladder. *Urology* 2004;63:61-6.
8. Fernandez-Fraga X, Azpiroz F, Casaus M, Aparici A, Malagelada JR. Responses of anal constipation to biofeedback treatment. *Scand J Gastroenterol* 2005;40:20-7.
9. Dursun E, Hamamci N, Donmez S, Tuzunalp O, Cakci A. Angular biofeedback device for sitting balance of stroke patients. *Stroke* 1996;27:1354-7.
10. Engel JM, Jensen MP, Schwartz L. Outcome of biofeedback-assisted relaxation for pain in adults with cerebral palsy: preliminary findings. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2004;29:135-40.
11. Colborne GR, Olney Sj, Griffin MP. Feedback of ankle joint angle and soleus electromyography in the rehabilitation of hemiplegic gait. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:1100-6.
12. Nacht MB, Wolf SL, Coogler CE. Use of electromyographic biofeedback during the acute phase of spinal cord injury: a case report. *Phys Ther* 1982;62:290-4.
13. Klose KJ, Needham BM, Schmidt D, Broton JG, Gren BA. An assessment of contribution of electromyographic biofeedback as an adjunct therapy in the physical training of spinal cord injured persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:435-56.
14. Deepak KK, Behari M. Specific muscle EMG biofeedback for hand dystonia. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 1999;24:267-80.
15. Wolf SL. Electromyographic biofeedback applications to stroke patients: a critical review. *Phys Ther* 1983;63:1448-55.
16. Bach-y-Rita P. Central nervous system lesions: Sprouting and unmasking in rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 1981;62:413-7.
17. Göksoy T. Biofeedback. Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y, editörler. *Fiziksel tıp ve rehabilitasyon*. Güneş Kitabevi, Ankara, s. 813-19, 2000.
18. Prentice WE. Biofeedback In: Prentice WE, editor. *Therapeutic modalities in rehabilitation*. New York, The McGraw Hill Companies. 2005. p. 182-200.
19. Akarırnak Ü. Biofeedback. In: Sarı H, Tüzün Ş, Akgün K, editörler. *Hareket sistemi hastalıklarında fizik tedavi yöntemleri*. İstanbul, Nobel Tıp kitabevi. 2002. s. 123-31.
20. Glanz M, Klawansky S, Chalmers T. Biofeedback therapy in stroke rehabilitation: a review. *J R Soc Med* 1997;90:33-9.
21. Basmajian JV, Kulkula 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;56:231-6.
22. Colborne GR, Olney Sj, Griffin MP. Feedback of ankle joint angle and soleus electromyography in the rehabilitation of hemiplegic gait. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:1100-6.
23. Burnside IG, Tobias HS, Bursill D. Electromyographic feedback in the remobilization of stroke patients: a controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1982;63:217-22.
24. Intiso D, Santilli V, Grasso MG, Rossi R, Caruso I. Rehabilitation of walking with electromyographic biofeedback in foot-drop after stroke. *Stroke* 1994;25:1189-92.
25. Bradley L, Hart BB, Mandana S, Flowers K, Riches M, Sanderson P. Electromyographic biofeedback for gait training after stroke. *Clin Rehabil* 1998;12:11-22.
26. Mandel AR, Nymark JR, Balmer SJ, Grinnel DM, O'Riain MD. Electromyographic versus rhythmic positional biofeedback in computerized gait retraining with stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71:649-54.
27. Cozean CD, Pease WS, Hubbel SL. Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;69:401-5.
28. Armagan O, Tascioglu F, Oner C. Electromyographic biofeedback in the treatment of the hemiplegic hand: a placebo-controlled study. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;82:856-61.
29. Crow JL, Lincoln NB, Nouri FB, De Weeredt W. The effectiveness of EMG biofeedback in the treatment of arm function after stroke. *Int Disabil Stud* 1989;11:155-60.
30. 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;63:613-6.
31. Wolf SL, Baker MP, Kelly JL. EMG biofeedback in stroke: a 1-year follow-up on the effect of patient characteristics. *Arch Phys Med Rehabil* 1980;61:351-5.
32. Huang H, Wolf SL, He J. Recent developments in biofeedback for neuromotor rehabilitation. *J Neuroengineering Rehabil* 2006;21:3-11.