

SPOR BİLİMLERİNDE ELEKTROMİYOGRAFİ KULLANIMI

Ali Onur CERRAH¹ Hayri ERTAN¹ A. Ruhi SOYLU²

Geliş Tarihi: 23.11.2009

Kabul Tarihi: 18.4.2010

ÖZET

Yüzeysel elektromiyografi (sEMG), uzun yıllar boyunca laboratuvar araştırmalarında kullanılan bir araç olarak karşımıza çıkmasına rağmen, elektrik, elektronik, bilgisayar ve biyomedikal alanlarda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte kinesiyojoloji, rehabilitasyon, spor tıbbi, spor bilimleri ve birçok spor branşında farklı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. EMG uygulamaları sonucunda elde edilen veriler; merkezi kontrol stratejileri, sinir hücreleri boyunca olan sinyalin sinir kas kavşağına transferi, motor ünitelerde kas hücrelerinin elektriksel aktivasyonu, karmaşık biyomekaniksel olaylar zinciri, agonist ve antagonist kas tendonları üzerine etki eden ve kemiklere taşınan baskının üretimi hakkında bilgi edinilmesini sağlar. Spor bilimlerinde kassal aktivasyonun değerlendirildiği elektromiyografi uygulamaları ise, teknik gelişimin değerlendirilmesi, uygun antrenman programlarının oluşturulması, sporcunun gelişiminin takip edilmesi, yetenek seçimi amaçlarıyla kullanılabilir. Yüzeysel EMG spor bilimlerinde tek başına ölçüm aracı olarak kullanıldığı gibi, görüntü analizi, kuvvet platformu, izokinetik dinamometre vb. cihazlardan alınan bilgileri destekleyici unsur olarak da kullanılmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda antrenör ve spor bilimciler farklı antrenman yaklaşımlarını ortaya koyabilirler.

Anahtar Kelimeler: Yüzeysel EMG, Sinyal analizi, Spor bilimleri, Kas kasılması

USE OF ELECTROMYOGRAPHY IN SPORT SCIENCE

ABSTRACT

Even though surface electromyography (sEMG) is used as a tool in laboratory research for many years, it is started to used in kinesiology, rehabilitation, sports medicine, sports science and many branches of sport in the different purposes with the development of electrical, electronic, computer and biomedical areas of technology. The gathered data after EMG application provides information about; central control strategies, signal transmission along nerve fibers and across neuromuscular junctions, electrical activation of the muscle fibers organized in elementary motors and, through a chain of complex biochemical events, the production of forces acting on the tendons of the agonist and/or antagonist muscles and moving the bones. The EMG applications which muscular activation evaluated in sport sciences, is used for the aim of evaluation of the technical development, creating appropriate training programs, following improvement of athletes and talent identification. As surface EMG can be used individual measurement tool, it is used as supporting elements of the information that is gathered from image analyses, force plate, isokinetic dynamometer, etc. In line with this information, trainers and sport sciences can reveal different training approaches

Key Words: Surface EMG, Signal analyses, Sport sciences, Muscular contraction

GİRİŞ

İnsan organizmasında hücreler arası iletişim (neural network) elektrik akımları ile sağlanmaktadır. Bu akımlar mikro yada mili voltlar düzeyindedir. Bu voltajların gerek Merkezi Sinir Sistemi (MSS) ve gerekse periferel bölgelerde yorumlanıp anlandırılması insan hayatının açıklanması, kolaylaştırılması ve geliştirilmesi konusunda önemli ipuçları sağlamaktadır. Özellikle egzersiz yapan bireylerde gerek egzersizin sergilenişi sırasında gerekse egzersizin kronik etkilerinin ortaya çıkarılması konusunda elektro-fizyolojik yaklaşımlar önem kazanmaktadır. Sportif uygulamalar sırasında ise kaslarda oluşan elektriksel aktiviteleri ölçerek uygun yöntemlerle analiz edip, yorumlanması yeni yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Farklı spor branşlarına ait teknik becerilerin ve farklı egzersiz türlerinin insan organizması tarafından algılanıp, yorumlandığı bölüm MSS (Beyin)'dir. Egzersize veya herhangi bir sportif performansa oluşan cevap beyinden gönderilen bilgiler doğrultusunda periferde (kas) oluşan tepkileri içermekte ve bunun nasıl oluşturulduğunun incelenmesi büyük önem taşımaktadır. İnsanoğlunun yaptığı hareketlerin büyük çoğunluğu bilinçli olarak öğrenildikten sonra bu bilgilerin beyin bazal ganglionun'da otomatikleştiği bilinmektedir. Bununla birlikte, sportif etkinliklerde yanlış yönde otomatikleşmiş bir motor becerinin düzeltilmesi oldukça güçtür. Özellikle genç yaşlarda motor becerinin yeni öğrenildiği süreçte erken alınan önlemler bu problemi ortadan kaldırabilir. Bu yüzden, motor beceri gerektiren

¹ Anadolu Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Eskişehir

² Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik Bölümü, Ankara

teknik oluşumların en iyi şekilde tanımlanması ve uygulama alanına aktarılması gerekir. Bu bağlamda, kullanılan en yaygın ve pratik yöntem yüzeysel elektromiyografi (sEMG) uygulamalarıdır.

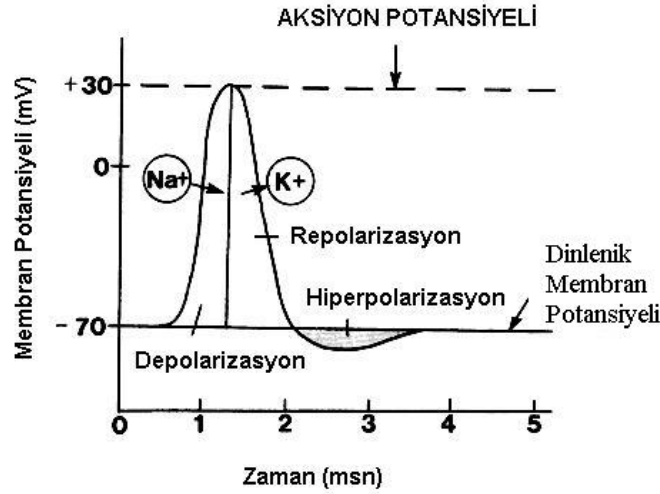
sEMG, uzun yıllar boyunca laboratuvar araştırmalarında kullanılan bir araç olarak karşımıza çıkmasına rağmen, elektrik, elektronik, bilgisayar ve biyomedikal alanlarda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte kinesiyojoloji, rehabilitasyon, spor tıbbı, spor bilimleri ve birçok spor branşında farklı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamaların büyük çoğunluğunun temel amacı, kasların aktivasyon zamanlarını ölçmek, kasların kasılma profillerini tanımlamak ve kas kasılmasının fiziksel yükünü ve yorgunluk oluşumunu tanımlamak için kullanılmaktadır.

sEMG spor bilimlerinde tek başına ölçüm aracı olarak kullanıldığı gibi, görüntü analizi, kuvvet platformu, izokinetik dinamometre vb. cihazlardan alınan bilgileri destekleyici unsur olarak da kullanılmaktadır.

Kas Kasılması ve gevşemesi sırasında EMG ile Tespit Edilen Elektriksel Potansiyellerin Oluşumunu Sağlayan Kimyasal ve Mekanik Olaylar

Kasılma

Kasların kasılması, sinirler aracılığıyla beyinden iletilmiş olan uyarıcı potansiyellerin kaslarda oluşturduğu motor ünite aksiyon potansiyeli (MUAP) olarak bilinen elektriksel potansiyeller sayesinde olur. Bir motor sinir birçok kas fibriline bağlanır ve bağlandığı kas fibrilini sinirle donatır. Bir motor sinir hücresi ve tüm kas fibrilleri birlikte motor üniteyi oluşturur. Motor nöron ile kas fibrili arasında bulunan sinaps (boşluk) sinir kas kavşağı olarak adlandırılır. Burası sinir ve kas sistemi arasındaki iletişimin meydana geldiği yerdir. Sinir iletilerinin sinir uçlarına vardığı yerler sarkolemmaya yakın olarak yerleşen akson terminalleri olarak adlandırılır. Sinir ileti bu bölgeye vardığında, bu sinir uçları tarafından bir nörotransmitter olan asetilkolin (ACh) salgılanır. Salgılanan bu ACh'ler sarkolemma üzerinde bulunan reseptörlere tutunur. Eğer yeterli sayıda ACh reseptörlere tutunursa kas hücresi zarlarında bulunan iyon kanalları açılır. Sodyumların içeri girmesi sonucu da elektriksel ileti başlamış olur. Bu süreç depolarizasyon olarak adlandırılır ve aksiyon potansiyelinin başlamasıyla sonuçlanır. Depolarizasyon süresince kalsiyum iyonları (Ca^{2+}), SR'den salgılanır ve miyofilamentlere doğru kas kasılmasını başlatmak üzere hareket eder (1, 2).



Şekil 1. Aksiyon potansiyeli (3)

Depolarizasyon sırasında iyonların hareketleri elektrot aracılığıyla tespit edilebilen elektromanyetik bir alan oluşturur. Şekil 1.'de görüldüğü gibi, zar potansiyelindeki değişiklikler, -70mV'luk dinlenik zar potansiyeli değerinden +30mV değerine kadar gider ve hızla dinlenim değerine geri döner (2). Oluşan bu elektriksel akımın bir bölümü de deriye yayılır. MUAP sonucu deriye yayılan bu elektriksel potansiyeller iki elektrotu (bipolar) kasın orta noktasına ve kas fibrillerine paralel olacak şekilde deri üzerine yapıştırılarak ölçülebilir (4). Birden çok kas lifi eş zamanlı kasılırsa deride elektrik potansiyellerinin sumasyonu çok büyük değerlere ulaşabilir. Kasılmanın miktarı MUAP'ların sayısının ve sıklığının artması ile artar. Kasların kasılı olduğu veya olmadığı durumlarda MUAP'ların incelenmesi, şeklinin ya da sıklığının normal sınırlar içinde olup olmaması veya normalde karşılaşılmayan elektriksel aktivitelere rastlanması kaslardaki sorunları belirlemek için incelenen değişkenlerdir (5,6).

Kas gevşeme

Kas kasılması Ca^{2+} salınımı tükenene kadar devam eder. Kas simulasyonu Ca^{2+} salınımını durdurduğu zaman troponin, aktin ve miyozin etkileşimini durdurur. Daha sonra yeni bir sinir ileti kas fibril zarına ulaşana kadar Ca^{2+} depolandığı yer olan SR'a aktif kalsiyum-salgılama sistemi ile geri pompalanır (2). Deaktivasyon iki amaca hizmet eder; (a) miyozin çapraz köprüleriyle aktin filamentler arasındaki mekaniksel iletiyi engeller, (b) ATP parçalanmasında rol alan miyozin ATPase aktivitesini engeller. Kasın gevşeme durumu, aktin ve miyozin filamentlerinin orijinal durumlarına geri dönmesi sonucu oluşur (7).

Kas kasılma çeşitleri

Kas; dış yüklenmeler, aktivitenin yönü ve büyüklüğe bağlı olarak kısalabilir, aynı uzunluğunda kalabilir, veya kasılma süresinde boyunda bir uzama meydana gelebilir (8).

Kas kuvvet üretmeye başladığında eğer dış kuvvetler kasın ürettiği ile aynı büyüklükte ise kas uzunluğunda bir değişim meydana gelmez ancak gerimi artar. Bu tür kasılmalar izometrik kasılma olarak adlandırılır. Eğer dış kuvvetler kasın ürettiğinden daha küçükse kasın boyunda bir kısalma meydana gelirken gerimi değişmez ve bu tür kasılmalar konsantrik kasılma olarak adlandırılır. Eğer dış kuvvetler kasın ürettiğinden daha fazla kuvvet üretirse kasın boyu uzar ve gerimi artar bu eksantrik kasılma olarak adlandırılır (1,8,9,10,11). Bir diğer kasılma çeşidi olan izokinetik kasılmada ise gerilim kasta tüm hareket açısı boyunca maksimal şekilde meydana gelir. Kas kıaldığı zaman harekete karşı direnç artar. Böylece kasta gerilim artar. Kasta oluşan bu gerilim tüm eklemlerde sabittir ve bununla birlikte hareketin hızı da sabittir (12).

Fiziksel aktiviteler sırasında birçok uzuv, eksantrik ve konsantrik kasılmaların eşit bir şekilde aktiviteye katılması sonucu hareket eder. Ancak, iskelet kasları eksantrik kasılma sırasında daha fazla güç ve kuvvet üretir. Bunu sağlayan iki temel farklılık bulunmaktadır; a) belli bir kuvveti üretirken eksantrik kasılmalarda konsantrik kasılmalara oranla daha az motor ünite aktiviteye katılır, b) eksantrik egzersizlerde konsantrik egzersizlere oranla daha az oksijen üretimi oluşur. Bu bulgular açık bir şekilde ortaya koymaktadır ki, her iki egzersiz türünde oluşan girdi/çıkışı ilişkisi çok farklılık göstermektedir ve mekaniksel etkinlik eksantrik egzersizlerde konsantrik egzersizlere oranla birkaç kat daha fazladır (8).

Gerilme kısalma döngüsü

Geleneksel olarak, kassal egzersiz statik ve dinamik olmak üzere sınıflara ayrılır. Her ne kadar bu sınıflama daha ayrıcalıklı olan izometrik, konsantrik ve eksantrik kasılmalar olarak sınıflansa da, aslında kas kasılmasının tam anlamıyla doğasını ve kasılma formunu açıklamamaktadır (11). Vücut segmentleri koşu ve sıçrama egzersizlerinde olduğu gibi periyodik olarak çarpma kuvvetlerinin etkisi altında kaldığından veya yerçekimi gibi dış etkiler kasın boyunu kısalttığından dolayı farklı kasılma çeşitleri (eksantrik, konsantrik, izometrik) normal bir kas hareketi sırasında çok nadir olarak yalnız başlarına oluşur. Bu tür durumlarda genellikle kasta eksantrik kasılma oluşur ve bunu takiben konsantrik kasılma meydana gelir. Bu yüzden eksantrik ve konsantrik kas kasılmalarının kombinasyonu kas fonksiyonunun doğal formunu oluşturmaktadır ve "Gerilme Kısalma Döngüsü" olarak adlandırılır (8,11).

Tek veya grup halinde kas kasılması

Hareket yalnızca bir kasın aktive olması sonucu oluşmaz. Birçok uzuv ve vücut hareketlerinde kas grupları tek bir hareketi gerçekleştirebilmek için birlikte kasılır. Hareketin oluşumu sırasında en büyük katkıda bulunan kaslar agonist kaslardır ve en önemli görev bu kaslara aittir. Hareket sırasında agonist kaslara yardımcı olan bazı kaslar bulunmaktadır. Yardımcı kaslar, olarak adlandırılabilen bu kaslar küçük kas grupları veya hareket açısının yapısından dolayı harekete tam olarak katılmayan; ancak oluşumunda katkıda bulunan kaslardır. Herhangi bir hareket sırasında, ekleme zıt tarafta ve harekete zıt yönde kasılan kaslarda antagonist olarak adlandırılır. Bu kaslar, agonist kaslara zıt yönde kasılma gerçekleştirirler. Bazı araştırmacılar agonist ve antagonist kasların ko-aktivasyon çeşitlerini araştırmışlar ve antagonist kasların tüm hareket boyunca zıt yönde güç ürettiğini ortaya koymuşlardır (13,14). Kontrollü hareketleri gerçekleştirmek için kas gruplarının ortak olarak görev aldığı başka yollarda bulunmaktadır. Eklemi sabitleyerek ve hareket süresinde istenmeyen düzensizlikleri engelleyerek harekete indirek olarak katılan kaslara sinerjist kaslar denir. Sinerjist kaslar agonist kaslarla aynı anda aktive olur ve agonist kaslara yardımcı olarak veya hareketi gerçekleştiren uzvu sabit tutarak stabilizasyonunu sağlar. Bu şekilde agonist kaslar daha etkili bir şekilde çalışır (15).

EMG sinyalini etkileyen faktörler

EMG sinyali kaydedilirken sinyalin doğruluğunu etkileyen en önemli unsurlardan biri, sinyal/gürültü oranıdır. Yani EMG sinyalindeki enerjinin gürültü enerjisine oranıdır (16). Gürültü, genellikle sEMG sinyallerindeki istenmeyen elektriksel sinyal olarak tanımlanır. Bu gürültünün frekansı sıfırdan birkaç bin Hertz (Hz)'e kadar değişebilir. Gürültü farklı kaynaklardan oluşabilir:

1. *Elektrostatik alan*; deri ile elektrot arası,
2. *Elektronik cihazlar*; televizyon, havalandırma, güç hatları, lambalar vb.,
3. *Hareket artefaktı*; hareket sırasında kablo, amplifikatör veya elektrotun yerinden oynamasına bağlı olarak oluşan istenmeyen sinyal
4. *Yanses*; ölçüm yapılmak istenen kasa komşu olan diğer kas gruplarından gelen aksiyon potansiyelleri,
5. *Elektrot özelliği ve yerleşimi*; kasın yüzey alanına bağlı olarak kullanılan elektrotların büyüklüğü ve ölçüm yapılacak kasa ait yüzey alanına uygun yerleşimi (17,18).

Bu bağlamda; ölçüm uygulamalarına geçilmeden önce sEMG sinyalinin güvenilirliğini arttırmak için bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır; (a) derinin hazırlanması, (b) elektrot çeşidi ve yerleşimi, (c) gürültüsüz bir ölçüm ortamının hazırlanması (d) amplifikatörün giriş empedansı, (e) maksimal istemli kasılma (MİK) ölçümünün uygun eklem açısında yapılması (19).

Elektrot çeşitleri

EMG'de genelde iğne elektrot ve yüzeysel elektrotlar kullanılır. Özellikle spor bilimlerinde kullanım kolaylığı açısından yüzeysel elektrotlar daha çok tercih edilir. Her iki elektrot tipinde de Tablo 1'de ifade edilen avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır (20).

Tablo 1. Yüzeysel ve İğne Elektrotunun Avantajları ve Dezavantajları (21).

Yüzeysel Elektrot		İğne Elektrotu	
Avantajları	Dezavantajları	Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> - Uygulanması çabuk ve basittir. - Tıp uzmanı ve sertifikası gerektirmez. - Rahatsızlık verme oranı en azdır. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sadece yüzeysel kaslar için kullanılır. - Yansesden etkilenebilir. - Standart elektrot yerleşimi yoktur. - Deneğin hareket kabiliyetini engelleyebilir. - Dinamik kassal aktiviteleri kayıtlı etmede sınırlılıklar vardır. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aşırı derecede duyarlıdır. - Tek bir kasın kasılma sinyallerini kaydeder. - Derin kaslara ulaşabilir. - Çok az yanses ihtimali vardır. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aşırı derecede duyarlıdır. - Personel tıp sertifikası gerekmektedir. - Yeniden yerleştirme neredeyse imkansızdır. - Ölçülen bölge belki tüm kası temsil etmeyebilir.

Bipolar sEMG kullanımında SENIAM (non-invaziv şekilde kasların değerlendirilmesinde yüzeysel EMG)'in önerilerine göre EMG ölçümünde kullanılan elektrotlar

Birçok uygulamada, aksiyon potansiyeli kas üzerindeki deri yüzeyine yerleştirilen iki elektrot aracılığıyla (bipolar olarak adlandırılan yöntem) ölçülür. Bu yüzden, kas kasılması sırasında aksiyon potansiyeli kası örten doku boyunca hareket eder ve deri yüzeyindeki elektrotlar aracılığıyla tespit edilir (22). Elektrotun fonksiyonu iyonik biyoelektronik akımı elektron akımına çevirerek EMG sinyalinin monitöre aktarmaktır. Bu değişim elektrotta meydana gelir. sEMG analizinde kullanılacak elektrot sisteminin temel ihtiyacı, elektrot sisteminin döndürülebilir ya da nonpolarize olmasıdır. Alüminyum ve altın gibi maddeler çok kolay polarize olur ve çok yüksek elektrik potansiyelleri sergilerler. Bu yüzden ideal olanı yüzeysel elektrotlarda oldukça yaygın kullanılan gümüş-gümüş klorür'dür (23). sEMG sinyali bu elektrotlardan geçerek gürültüyü kaldırmak için amplifikatöre gelir, büyüklüğünü yükseltir ve daha sonra bilgisayara aktararak analize hazır hale getirilir (24).

Elektrot şekli: Her iki elektrotun uygulama şekli aynı olmalıdır. Bu şekilde girdi empedansı birbirine yakın olur. Ancak SENIAM uygun elektrot şekli hakkında tam olarak açık bir öneride henüz bulunmamıştır.

Elektrot cinsi: SENIAM Ag/AgCl (gümüş/gümüş-klorür) elektrot kullanımını önermektedir.

Elektrotlar arası mesafe: SENIAM bipolar sEMG elektrotları arası mesafeyi merkezden merkeze 20 mm olarak önermektedir.

Elektrot büyüklüğü: Elektrotun iletken kısmı anlamına gelmektedir ve SENIAM maksimum 10 mm olarak önermektedir (25,26)

Deri yüzeyinin hazırlanması ve elektrot yerleşimi

sEMG sinyalinin etkileyen en önemli etmenlerden birisi deri yüzeyinin hazırlanması ve elektrot yerleşimidir. Deri yüzeyinin hazırlanmasındaki en önemli sebeplerin başında elektrotların sabitlenmesi ve düşük deri empedansının oluşmasını sağlamak gelmektedir. En iyi sEMG amplifikatörleri arasındaki deri empedansı, 5-50 kOhm olarak dizayn edilmiştir. Genellikle elektrot yerleşiminden önce derinin hazırlanması aşağıdaki basamaklardan oluşur:

Deri yüzeyindeki kılların temizlenmesi: Bu işlem jilet yardımıyla kuru deri üzerine uygulanır. Bu esnada deri üzerinde bulunan kıllar temizlenirken ölü derininde yüzeyden ayrılması sağlanır. Elektrotların daha iyi yapışmasını sağladığı gibi, nemli ve terli ortamın oluşmasını engellemekte ve böylece kastan gelen elektriksel aktivitenin uygun kaydedilmesini sağlamaktadır.

Ölü derinin temizlenmesi: Ölü derinin kaldırılmasını sağlayan özel macunlar, zımpara kağıdı, daha yumuşak tekstil ürünleri deri yüzeyine fazla zarar vermeden kullanılabilir ve bunu takiben alkolle deri yüzeyi silinerek kir, ter ve ölü deri ortadan kaldırılmaktadır.

Hangi metot kullanılırsa kullanılsın, deri yüzeyi açık kırmızı renk aldığı anda uygun deri empedans ortamının yaratılmış olduğu anlaşılır (18).

Elektrot yerleşimi: Elektrot yerleşimi kastan gelen iletinin en uygun şekilde bilgisayar ortamına aktarılmasında büyük öneme sahiptir. Farklı deneklerde elektrot yerleşimi mümkün olduğunca aynı nokta üzerinde yapılmaya çalışılmalıdır. Elektrotlar yerleştirilirken dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır: (a) Elektrotlar, bir motor nokta ve tendon bağlantıları arasına veya iki motor nokta arasına yerleştirilmelidir. Ayrıca kasın uzunlamasına çizgisi boyunca da yerleştirilebilir. (b) Elektrotun uzunlamasına olan eksenine ise kas fibrillerine paralel olacak şekilde yerleştirilmelidir. (c) Referans elektrotu mümkün olduğunca en uzak noktada kemik prominans (çıkıntı) üzerine yerleştirilmelidir (17).

sEMG sinyalinin bilgisayar ortamına aktarılması

A/D dönüştürücü: Kastan alınan sEMG sinyali bilgisayar ortamına aktarılmadan önce, analog voltajdan dijital sinyale dönüştürülmelidir (A/D dönüştürme). A/D dönüştürücü istenilen amplitüt oranını (örneğin, +/-5V) en uygun şekilde dönüştürmelidir. A 12 bit A/D dönüştürücü girdi sinyalinin voltaj oranını 4095 intervale ayırır. Bu durum kinesiyojik ölçümler için uygundur.

A/D örnekleme oranı: Diğer bir önemli tekniksel konu, uygun örnekleme frekansının seçilme işlemidir. Bir sinyale ait sıklık spektrumunu en doğru şekilde çevirebilmek için giriş sinyal voltajını tanımlayan A/D dönüştürücüdeki örnekleme oranı beklenen maksimal sinyal frekansına oranla en az iki kat daha büyük olmalıdır. sEMG için sinyal gücü 10-250 Hz arasında bulunur ve SENIAM ve ISEK (uluslararası elektromiyografi ve kinesiyojik topluluğu)'nun önerilerine göre amplifikatör bandı 10-500 Hz gerektirmektedir. Sinyal kaybını önlemek için örnekleme frekansının da en az 1000 Hz ve hatta 1500 Hz civarında olması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır (18).

sEMG sinyalinin analizi

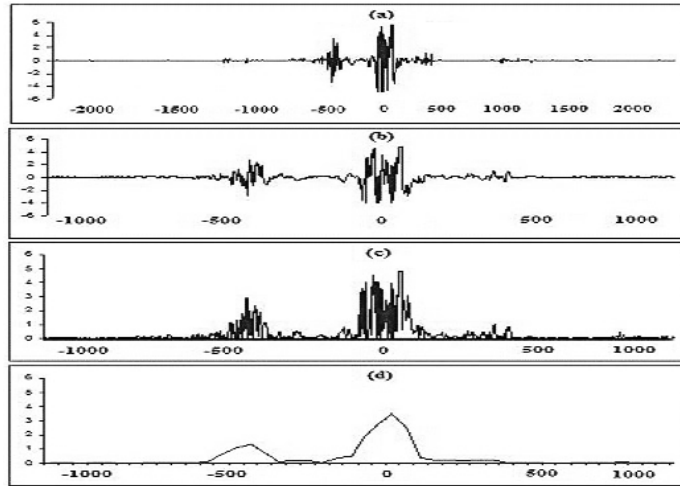
Üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmayan sEMG sinyaline ham veri denmektedir. Bu ham veriler aynı zamanda çevredeki elektriksel cihazlardan kaynaklanan gürültüde içermektedir. Bu gürültüler sEMG verisinde hata oluşturduğundan üzerinde düzeltme yapılarak analiz edilmektedir. sEMG sinyal genliği rasgele negatif ve pozitif değerler alan zamana ve kuvvete bağlı olan bir sinyaldir. Literatürde, sEMG sinyalinin farklı filtreleme yöntemleri kullanılarak analiz edildiği görülmektedir (18,19).

Kesit Alma (EPOCH): Ölçüm sırasında kayıt edilen tüm sEMG verisinin belli bir kısmının analiz ortamına aktarılma işlemine kesit alma denir (27). sEMG elektrotları kaslardan aldıkları verileri saniyenin 1/1000 hızında değerlendirir ve sisteme aktarır. Araştırma planı içinde sEMG verileri belirli bir anın öncesi ve sonrası şeklinde ikiye bölünmesi gerekebilir. Bu sebeple kesintisiz kaydedilmiş veriler belirli bir tetik noktasının öncesindeki ve sonrasındaki veriler olarak ayrılmalıdır (futbolda topa vuruş anından 1sn öncesi 1000 veri ve 1sn sonrası 1000 veri gibi). Tetik noktasından belirli bir veri öncesi ve sonrasındaki aralık kesit alanı olarak tanımlanır. Ancak bunu yapabilmek için ilgili tetik noktasının veya topa değişimin tespiti gerekir (19,23).

Rektife etme: Kesiti alınan veri işleme aşamasına gelir. Bu kısımda önce verinin dalga akımdan doğru akıma dönüştürülmesi yani negatif işaretlerin değiştirilmesi gerekir. Rektifikasyon işlemi, sinyalin sadece pozitif kısımlarının değerlendirilmesidir. Bu işlem ya sinyalin negatif kısımları atılarak (yarım dalga rektifikasyonu) ya da sinyalin tamamının mutlak değeri alınarak (tam dalga rektifikasyonu) gerçekleştirilir. Sinyalin negatif ve pozitif değerlerinden dolayı ortalamasının alınamaması, rektifikasyon işleminin işaret uygulamasını gerektirmektedir. Rektifikasyon işlemi, sinyalin bütün enerjisinin korunması amacıyla genellikle sinyalin bütününün mutlak değeri alınarak yapılır. Bu işlemde verinin büyüklüğü değişmez sadece yönü değişir (19,23).

İntegrasyon: İntegrasyon işlemi verilerin ortalamasının alınması anlamına gelmektedir. İki tane farklı integrasyon işlemi farklı amaçlar için kullanılır. Birincisi, eğer sEMG verisinin mikro yapısından ziyade tüm veriye bakılmak isteniyorsa "lineer zarf" hesaplaması yapılır. sEMG'nin lineer zarf analizi her 10msn'lik küçük zaman aralıklarının integrasyonu anlamına gelmektedir (22,28). İkincisi ise belirli bir dönem içerisindeki tüm veriyi değerlendirmek için yapılan integrasyon işlemidir. Rektifikasyonu alınan verilerin işleme sokulup değerlendirilebilmesi için örneğin 100, 40, 10'ar msn'lik gruplar halinde ortalamaları alınabilir. Bu sebeple kesiti alınan ve negatif verileri pozitif değeriyle değiştirilen veri, bir formülasyona sokularak indirgenir. Şekil 2.'de bir araştırma kapsamında elde edilen sEMG verisinin topa vuruş anındaki VM (vastus medialis) kasına ait (0 noktası topa temas anını belirtir) analiz basamaklaması örneği verilmiştir.

Normalizasyon: sEMG verisinin normalizasyon işlemi bireyler arasındaki kassal aktivasyon düzeylerini karşılaştırmak için kullanılan bir analiz yöntemidir (29). Ancak normalizasyon işlemi yapılırken ölçüm yapılacak kas grubuna ait eklem açısı ve vücudun konumunun ne olması gerektiği çok iyi bilinmelidir. Çünkü normalizasyon için uygulanacak teknik her sporcu için hemen hemen aynı sonuçları vermemelidir (27). Bir çok araştırmacı sEMG sinyalinin normalizasyon tekniklerini açıklamışlardır (30,31). En çok kullanılan yöntem izometrik MİK (maksimal istemli kasılma)'yı referans olarak kullanmaktır MİK ölçümü alınarak kasılan kasın kendisine ait maksimal istemli kasılma değerinin % kaçını ile harekete geçtiği bilinebilmektedir. Bu süreç dahilinde yapılan işleme normalizasyon işlemi denmektedir (32).



Şekil 2. Topa vuruş anında VM kasına ait sEMG sinyalinin analizi: (a) ham veri; (b) kesiti alınmış veri; (c) rektife edilmiş veri; (d) integrasyonu alınmış veri (33).

Elektromiyografinin Tanımı ve Spor Bilimlerinde Kullanım Alanları

Genel anlamda sEMG sinyali; merkezi kontrol stratejileri, sinir hücreleri boyunca olan sinyalin sinir kas kavşağına transferi, motor ünite kas hücrelerinin elektriksel aktivasyonu, karmaşık biyomekanik olaylar zinciri, agonist ve antagonist kas tendonları üzerine etki eden ve kemiklere taşınan baskının üretimi hakkında bilgi vermektedir (34).

Bu bağlamda, sEMG kasların kasılmasını sağlayan elektriksel aktivitenin izlendiği ve yorumlandığı bir çalışma alanıdır. Diğer tüm disiplinlerde olduğu gibi spor bilimleri alanında da çok yaygın olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Bazı durumlarda birincil araştırma aracı, bazen de diğer ölçüm yöntemleri ile elde edilen bulguları destekleyici yöntem olarak kullanılmaktadır. Kassal kasılma-gevşeme stratejileri, yorgunluğun değerlendirilmesi vb. konular direkt kullanıma örnek teşkil ederken, hareket analizi sırasında (kinematik değerlendirme) destekleyici bilgi sağlayabilmektedir.

Son yıllarda kinematik değerlendirmelerin yanı sıra iskelet kaslarının kasılma-gevşeme mekanizmalarının değerlendirmeleri, spor bilimlerinde sıkça kullanılmaya başlayan sEMG yöntemiyle analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalar okçuluk (35), tenis (36) ve golf (37) gibi bireysel sporlarda gerçekleştirildiği gibi; softbol (38), futbol (39) ve voleybol (40) gibi takım sporlarında da gerçekleştirilmiştir.

sEMG sistemlerinin kullanıldığı ve spor bilimlerinde uygulanan bu çalışmaların büyük çoğunluğu, takım veya bireysel sporlarda özel beceri gerektiren tekniklerin sergilenişi sırasında ilgili kaslarda meydana gelen kasılma ve gevşeme mekanizmasının tespit edilmesi ile sakatlık oluşumu ve uygun tekniğin tespiti gibi konuları içermektedir. Elde edilen bu veriler;

- (a) teknik gelişimin değerlendirilmesi,
- (b) uygun antrenman programlarının oluşturulması,
- (c) sporcunun gelişiminin takip edilmesi,
- (d) yetenek seçimi amaçlarıyla kullanılabilir (41).

Spor bilimlerinde takım veya bireysel sporlarda performansın ortaya konması oldukça önemlidir. Performansı yorumlamada son yıllarda kullanılmaya başlanan sEMG uygulamaları, futbolda üst vuruş tekniğinin uygulanışı örneğinden yola çıkarak şu başlıklar altında değerlendirilebilir.

1. Spora özgü motor beceri performansı gerçekleştirilirken hangi kasların kasılıp hangi kasların gevşediği hakkında bilgi sahibi olunabilir. Örneğin, üst vuruş tekniğinin uygulanışı sırasında ileri savurma fazında (topa doğru) kuadriseps grubu kaslar kasılarak dize ekstansiyon yaptırırken hamstring grubu kaslar gevşeyerek bu hareketi kısıtlamazlar.
2. Spora özgü motor beceri performansı gerçekleştirilirken harekete katkıda bulunan sinerjist kaslar hakkında bilgi sahibi olunabilir. Örneğin, üst vuruş tekniğinin uygulanışı sırasında ileri savurma fazında dizde oluşan ekstansiyona vastus lateralis ve vastus medialis kasları gerçekleştirirken rectus femoris kası özellikle topla temasa yaklaşma anında sinerjist olarak kasılır.
3. Spora özgü motor beceri performansı gerçekleştirilirken kaslarda oluşan kasılma türlerini tanımlamada kullanılabilir. Örneğin, üst vuruş tekniğinin uygulanışı sırasında topla temas fazında kuadriseps grubu kaslar konsantrik olarak kasılırken hamstring grubu kaslar eksantrik olarak kasılmaktadır.
4. Sporcuların beceri düzeylerini ayırt etmeye yarayarak uygun tekniğin tanımlanması aşamasında kullanılabilir. Örneğin profesyonel futbolcular özellikle vuruş sonrası ileri savurma fazında dize fleksiyon yaptırarak kaslarını gevşeterek bacağın kalça yüksekliğine kadar çıkmasına izin verirken, amatör sporcular bu kası kasarak ileri savurma fazını kısıtlayarak performansı olumsuz etkilemektedirler.
5. Uygun tekniği tanımlayarak, sportif tekniği düzeltme sağlayıcı feedback (geri bildirim) aracı olarak kullanılabilir. Örneğin: profesyonel ve amatör futbolcularda topla vuruş sırasında gerçekleştirilen ölçümler sonrası tanımlanan kasılma-gevşeme stratejileri, genç ve yeni başlayan futbolculara geribildirim olarak verilebilir.
6. Uygulanan tekrarlı motor becerilerin yorgunluk oluşumuna olan katkısı hakkında bilgi sahibi olunabilir. Örneğin futbolda ardi ardına uygulanan üst vuruşun veya yoğun interval yüklenmenin kaslarda oluşturduğu periferik yorgunluk yüzeyel sEMG kullanılarak tespit edilebilir (33).

SONUÇ

Sonuç olarak spor bilimlerinde sEMG kullanımı son yıllarda oldukça artmıştır. Tek başına ölçüm aracı olarak kullanıldığı gibi, görüntü analizi, kuvvet platformları ve izokinetik dinamometre vb. destekleyici unsur olarak da kullanılmaktadır. EMG yönteminin kullanılmasıyla elde edilen bilgiler özellikle; teknik gelişimin değerlendirilmesi, uygun antrenman programlarının oluşturulması, sporcunun gelişiminin takip edilmesi, yetenek seçimi amaçlarıyla kullanılabilir. Bu bilgiler doğrultusunda antrenör ve spor bilimciler farklı antrenman yaklaşımlarını ortaya koyabilirler.

KAYNAKLAR

1. Cerny F.J., Burton H.W., Exercise Physiology for Health Care Professionals, Human Kinetics, s.142, United States of America, 2001.
2. Wilmore J.H., Costill D.L., Physiology of Sport and Exercise, Human Kinetics, s. 45-53, 39-44, Hong Kong, 2004.
3. [http-1: http://www.nicksnowden.net/images/Nerves%20and%20cardiac%20muscle/action_potential.gif](http://www.nicksnowden.net/images/Nerves%20and%20cardiac%20muscle/action_potential.gif) (02.07.2010)
4. Chusid J.G., Correlative Neuroanatomy and Functional Neurology, Lange Medical, s.17-18, California, 1993.
5. Basmajian J.V., Latif A., "Integrated actions and functions of the chief flexors of the elbow", J. Bone Joint Surg, 39, pp.1106-1118, 1957.
6. Soderberg, G.L., Recording techniques. In: Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: expert perspectives, G.L., Soderberg (Eds), DHHS (NIOSH) Publication, USA, No. 91-100, 24-41, (1992).
7. Mc Ardle W.D., Katch F.I., Katch V.L., Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance, Lea and Febiger, s.359, Philadelphia, 1981.
8. Jones N.L., Mc Cartney N., Mc Comas A.J., Human Muscle Power, Human Kinetics, s.27, United States of America, 1986.
9. Powers S.K., Howley E.T., Exercise Physiology Theory and Application to Fitness and Performance, Mc Grow Hill, s.130-136, United States of America, 2001.
10. Brooks G.A., Fahey T.D., White T.P., Baldwin K.M., Exercise Physiology; Human Bioenergetics And Its Applications, Mc Grow Hill, s.339, United States of America, 2000.
11. Zatsiorsky V.M., Biomechanics in Sport, Blackwell Science, s.56, United Kingdom, 2005.

CERRAH, A.O., ERTAN, H., SOYLU, A.R., “Spor Bilimlerinde Elektromiyografi Kullanımı”

12. Robertson T., Glover S., Senior Physical Education, Coghill Publishing, s.48-56, Australia, 1989.
13. Solomonow M., Barata R., Zhou BH., R D'Ambrosia., “Electromyogram coactivation patterns of the elbow antagonist muscles during slow isokinetic movement”. *Exp. Neurol.*, 1, pp.470-477, 1988.
14. Barata R., Solomonow M., Zhou BH., Letson D., Churnard R., D'Ambrosia R., “Muscular coactivation: The role of antagonistic musculature in maintaining knee stability”, *Am. J. Sports. Med.*, 16, pp.113-122, 1988.
15. Gans C., “Fiber architecture and muscle function”. *Exercise and Sport Science Review*, 10, pp.160-207, 1982
16. http-2 Delsys, surface electromyography: detection and recording, <http://serveroersted.dtu.dk/personal/jw/Courses/31654/pdf/semgintro.pdf> (16.11.2008).
17. De Luca C.J., “The use of surface electromyography in biomechanics, *J. Appl. Biomech.*, 13(2), pp.135-163, 1997.
18. http-3 The ABC of EMG, <http://reseau.risc.cnrs.fr/fichiers/apercu.php?numero=1> (18.11.2008).
19. Gerleman DG., Cook TM, Instrumentation, In: Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: expert perspectives, GL., Soderberg (Eds). DHHS (NIOSH) Publication, USA, No. 91-100, pp.44-68, 1992.
20. Barkhause, PE., Nandekar SD., “Recording characteristics of the surface electrodes”, *Muscle Nerve*, 17(11), pp.1317-1323, 1994.
21. http-4 Electromyography Fundamentals, myweb.facstaff.wvu.edu/chalmers/EMG_fundamentals.pdf (19.11.2008).
22. Basmajian JV., De Luca C.J., *Muscles Alive. Their Function Revealed by Electromyography*. Williams & Wilkens, s.39, 68, 95, Baltimore, 1985.
23. Soderberg GL., Cook TM., “Electromyography in biomechanics”, *Phys. Ther.*, 64(12), pp.1813-1820, 1984.
24. http-5 Applications of surface electromyography in strength and conditioning, <http://www.nasca-lift.org/HotTopic/download/EMG.pdf> (19.11.2008).
25. http-6 Important factors in surface emg measurement, <http://www.bortec.ca/Images/pdf/EMG%20measurement%20and%20recording.pdf> (19.11.2008).
26. http-7 Seniam: Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles, <http://www.seniam.org> (10.10.2008).
27. Merletti R., “The standards for reporting EMG data”, *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 9, pp.1, 1999.
28. Latash ML., *Neurophysiological Basis of Movement, Human Kinetics*, s.48-49, United States of America, 1998.
29. Miller DJ., “EMG normalization (Letters and Responses)”, *Phys. Ther.*, 66 (2), pp.270-272, 1986.
30. Hof A., Elzinga H., Grimmius W., Halbertsma J., “Detection of non-standard EMG profiles in walking, *Gait and Posture*”, 21, pp.171-177, 2005.
31. Bogey R.A., Perry J., Gitter, AJ., “An EMG-to-force processing approach for determining ankle muscle forces during normal human gait”. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, 13, pp.302-310, 2005.
32. LeVeau B., Andersson GBJ., Data analysis and applications interpretation of the electromyographic signal. In: Selected Topics In Surface Electromyography For Use In The Occupational Setting: Expert Perspectives, G.L., Soderberg (Eds). DHHS (NIOSH) Publication, No. 91-100, pp.10-102, 1992.
33. Cerrah AO., “Futbolda Farklı Vuruş Tekniklerinde Kassal Aktivasyonların Ve Top Hızı-İzokinetik Kuvvet İlişkisinin Değerlendirilmesi”. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, 2009.
34. Merletti, R., Parker, P. *Electromyography*. Hoboken, NJ: Wiley, s.IV, Canada, 2004.
35. Ertan H., Kentel B., Tümer ST., Korkusuz F., “Activation patterns in forearm muscles during archery shooting”. *Human Movement Science*, 22(1), pp.37-45, 2003.
36. Hatch GF., Pink MM., Mohr KJ., Sethi PM., Jobe FW, “The Effect of Tennis Racket Grip Size on Forearm Muscle Firing Patterns”, *Am J Sports Med*, 1(34), pp.1977-1983, 2006.
37. Aggarwal A., Shenoy S., Sandhu JS., Comparison of Lumbar and Abdominal Muscles Activation Pattern in two Different Skill Level Golf Players: An EMG Analysis, *Med Sport.*, 12(4), pp.109-114, 2008
38. Maffet MW, Jobe FW, Pink MM, Brault J, Mathiyakom W., “Shoulder muscle firing patterns during the windmill softball pitch” *Am J Sports Med.*, 25, pp.369-374, 1997.
39. Charnock BL, Lewis CL, Garrett WE., Queen RM., Adductor longus mechanics during the maximal effort soccer kick. *Sports Biomech.*8(3). pp.223-34. 2009.
40. Salci Y., Kentel BB., Heycan C., Akin S., Korkusuz F., “Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players”. *Clinical Biomechanics*, 19, pp.622-628, 2004.
41. Ertan H., Soylu AR., Korkusuz F., Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery, *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 15, pp. 222-227, 2005.