

İNTRAMUSKÜLER AKSONAL MİKROSTİMULASYONLA JİTTER ÖLÇÜMÜ

Levent Sinan Bir *, Reha Kuruoğlu**

Tek lif EMG(TLEMG) nöro-muskuler ileti bozukluklarının tanısında hassas bir yöntemdir. Uyarılmış TLEMG uygulama kolaylığı nedeniyle tercih edilir. Bu yöntemle ekstensör digitorum communis kası 10 gönüllü ve sağlıklı denekte incelendi. Aynı kasta volonter aktivasyon yöntemine göre ortalama jitter anlamlı olarak küçülmüştü. Sonuçlarımıza göre ortalama jitter üst sınırı 23 µsn, tek bir son plak jitteri üst sınırı 38 µsn bulundu.

Anahtar sözcükler: Aksonal mikrostimulasyon, tek lif elektromyografi, ekstensör digitorum communis, jitter.

Jitter measurement by intramuscular axonal microstimulation

Single fiber electromyography (SFEMG) is a sensitive diagnostic tool for neuromuscular transmission disorders. Stimulation SFEMG is generally preferred, due to the ease of the procedure. By using this method, we investigated the extensor digitorum communis muscle in 10 healthy volunteers. Compared with the study in voluntarily activated muscle, we found a significantly lower jitter. Our results suggest that the upper normal limit for the mean jitter is 23 µsec, while it is 38 µsec for the jitter of the individual motor end plates.

Key words: Axonal microstimulation, single fiber electromyography, extensor digitorum communis, jitter.

Aksonal mikrostimulasyon yöntemiyle tek lif elektromyografi (TLEMG), volonter aktivasyon yöntemiyle yapılan TLEMG'ye göre daha yeni bir tekniktir. Daha kısa süreli oluşu ve hasta kooperasyonu gerektirmeyişi günlük pratikte yaygınlaşmasına neden olmuştur (1). Myastenia gravis(MG) tanısında ise TLEMG, ardsıra sinir uyarımı ve asetilkolin reseptör antikoruna (AChR-Ab) göre daha hassas bulunmuştur (7,9). Oh ve arkadaşları 100 jeneralize MG olgusunda AChR-Ab nin tanıdaki hassasiyetini %74 oranında bulurken, ardsıra sinir uyarımıyla proksimal kaslarda %83, ekstensör digitorum communis (EDC) kasında TLEMG ile %94 oranında anormallik bulmuşlardır. Buna karşın okuler MG de AChR-Ab %70, proksimal kaslarda ardsıra sinir uyarımı %45 ve EDC kasında TLEMG %80 oranında anormallik göstermiştir (7). Diğer bir çalışmada akkiz otoimmün MG tanısı alan 550 hastanın jeneralize semptomu olanlarda ardsıra sinir uyarımı %76 oranında, AChR-Ab %80 oranında anormal bulunurken, TLEMG %99 oranında anormallik göstermiştir. Okuler MG de ardsıra sinir uyarımı %48 hastada, AChR-Ab %55 hastada anormal bulunmuştur. Buna

karşın ekstensör digitorum communis (EDC) kasında TLEMG hassasiyeti %60 oranındadır. Ancak ikinci bir kas incelendiğinde anormallik oranı %89 a çıkmaktadır (9). Omuz kalça tipi MG li 12 olguda AChR-Ab %42 oranında anormal bulunmuştur. Ardsıra sinir uyarımında ise birinci incelemede %75 oranında anormallik saptanmıştır. Buna karşın TLEMG anormalliği %92 oranında saptanmıştır (8). İzlendiği gibi MG nin fokal formlarında antikor çalışmaları ve ardsıra sinir uyarım testinin tanıda hassasiyeti düşüktür. Bu tür hastalarda TLEMG nin tanıda büyük yararı vardır.

Stimulasyon yönteminde uyarı frekansının sabit tutulabilmesi, istenilen frekanslarda çalışmanın tekrarlanabilmesi ve farklı boşalımlarda saptanan değerlerin kıyaslanabilmesi, nöromuskuler ileti bozukluklarının ayırıcı tanısında da yardımcıdır (10). Ayrıca frekansa bağlı jitter değişkenlikleri nedeniyle kas lifinin subnormal ya da süpernormal iletimine bağlı myojenik jitter etkisini azaltmak amacıyla sıralanmış farkların ortalamasının ölçülmesine gerek yoktur. Boşalım frekansının kontrol edilmesi iletimin iyileşmesi fonksiyonunun ortaya çıkarttığı jitter anormalliğini de önler (1).

Bu yazıda, laboratuvarımızda toplumumuzdan seçilen sağlıklı ve gönüllü deneklerde EDC kasında int-

*: Uzman Dr.

** Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı, Ankara

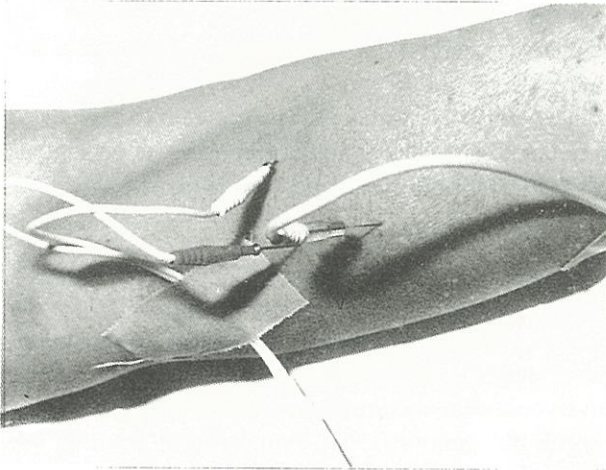
ramüskuler aksonal mikrostimulasyon yöntemiyle yaptığımız çalışmanın sonuçlarını bildirmekle birlikte, bu testin teorik temelini, klinikte kullanımını, endikasyonlarını ve hata kaynakları ile kısıtlılıklarını tartışmayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Denekler: Beş erkek, 5 kadın toplam 10 sağlıklı ve gönüllü denek çalışmaya alındı. Deneklerin yaşları 20 ile 45 arasında değişmekteydi (ortalama: 32.30, SS: 8.56). Deneklerin her birinde EDC kasında en az 20 kas lifine ait jitter değeri elde edilerek toplam 208 son plak incelendi. İnceleme sırasında Trontelj ve Stalberg tarafından önerilen yöntem uygulandı(15).

Uyarıma: Çalışmada Dantec Counterpoint cihazı kullanıldı. Uyarı için Dantec 13 L 62 yüzeyi teflon kaplı iğne elektrodları kullanıldı. Katodun ucunda 5 mm² lik, anodun ucunda ise 8 mm² lik çıplak uçlu bir alan bulunmaktaydı. Katodun yerleşim yeri yüzeyel stimulatörle saptandı. Düşük şiddetli akımla kasta gözle görülebilir ya da palpe edilebilir bir seyirme oluşturan nokta uyarım bölgesi olarak seçildi. Bu noktada katod dik olarak kas içine yerleştirildi. Anod bu noktanın 3 cm lateral ya da medialine subkütan mesafeye kondu. Uyarı darbe süresi 50 µsn idi. Üç Hz uyarı frekansıyla kasın küçük bir bölümünde seyirmeler oluşturuldu. Bu seyirmelerin uyarıcı ve kayıt elektrodlarını yerinden oynatmayacak tarzda olmasına özen gösterildi. Bu nedenle katodun yeri ayarlandı. Çalışma süresince 1-15 mA düzeyinde uyarılar yeterli oldu.

Kayıtlama : Dantec 13 K 87 TLEMG elektrodu seyiiren kasa dik olarak uyarıcı katodun 2-3 cm proksimal ya da distaline verleştirildi (Şekil 1). Kayıt elektroduyla tek

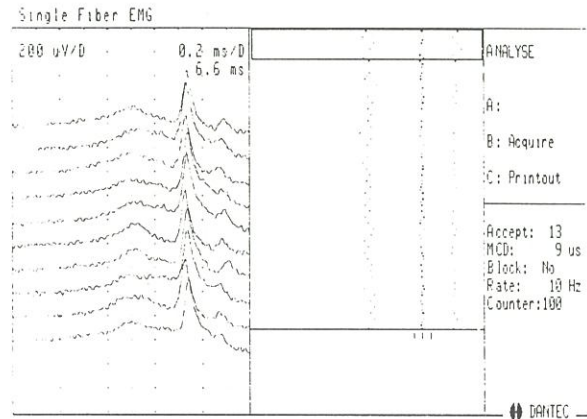


Şekil 1-EDC kasında intramusküler aksonal mikrostimulasyon için yerleştirilen teflon kaplı monopolar iğne ve tek lif elektrodları

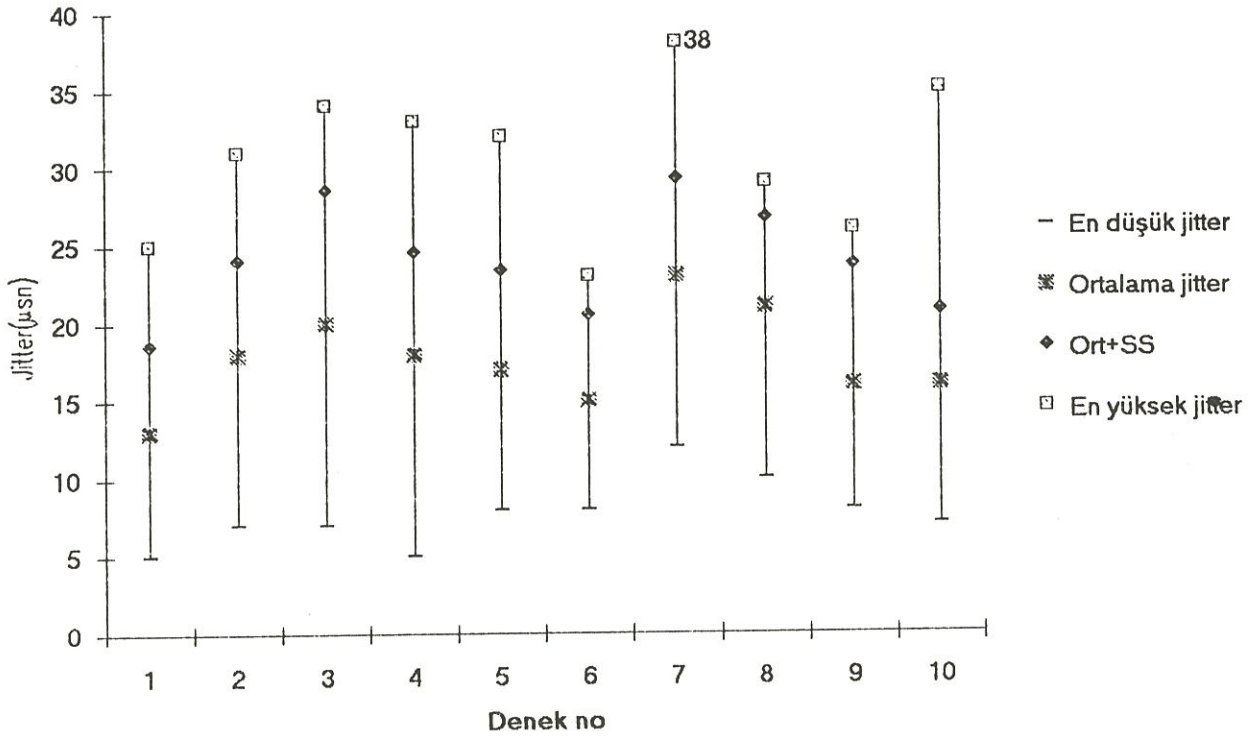
kas lifi potansiyellerinin kaydedilebildiği elektriksel aktivite bölgesine yaklaşıldığında uyarı frekansı 10 Hz yapıldı. Düşük boşalım frekanslarıyla ephaptik olaran uyarılan kas liflerinde yüksek jitter izlenmesi ve bunun 10 Hz lik boşalımmlarla ortadan kaldırılması nedeniyle bu uyarı hızı tercih edildi (12). Amplifikatör frekans alt sınırı daha stabil bir izoelektrik hat sağlamak amacıyla 500 Hz den 2,000 Hz e yükseltildi. Tek kas lifi aksiyon potansiyelleri eşik uyaranda saptandıktan sonra uyarım şiddeti en az %15 oranında artırıldı. Böylelikle eşikte uyarıyla ortaya çıkan artmış jitter değerlerinin kaydı önleildi. Birbirinin üzerine binen çentikli potansiyeller değerlendirmeye alınmadı. Jitter ölçümü için amplitüdü 200 µV üstünde, yükselme zamanı 300 µsn altında olan potansiyeller seçildi. Kayıtlama en az 3 insersiyoyla 20 ayrı noktadan yapıldı. Her potansiyel için 80-100 trase alındı. Jitteri 4 µsn veya daha altında olan potansiyeller direk kas lifi uyarımıyla elde edildiğinden değerlendirmeye alınmadı. Analiz zamanı 10 msn idi. Hassasiyet 200 µV ile 1 mV arasında değişiyordu. Jitter ölçümü potansiyellerin tepe noktalarından cihaz tarafından otomatik olarak yapıldı. Potansiyel latansları ayrıca ölçülmedi.

Bulgular

İkiyüzsekiz kas lifinden elde olunan tek lif aksiyon potansiyellerine ait jitter değerleri 5 ile 38 µsn arasında değişmekteydi (ortalama: 17.75 µsn, SS: 6.79 µsn) (Şekil 2). Yüzde doksanbeş güvenilirlik üst sınırı 33 µsn idi. Ortalama+3 SS ile elde olunan üst sınır 38.2 µsn olarak bulundu. Deneklere ait en yüksek jitter değerleri 23 ile 38 µsn arasındaydı (ortalama: 30.1 µsn, SS: 4.53 µsn). Deneklerin her birinin ortalama jitterinden hesaplanan ortalama jitter (SS) (%95 güvenilirlik üst sınırı) 17.70 (2.83)



Şekil 2-Normal bir denekte aksonal mikrostimulasyonla elde edilen bir tek lif potansiyelinde jitter ölçümü. Altalta yazdırılan 100 potansiyelden seçilmiş 10 potansiyel izleniyor.



Şekil 3-İncelenen deneklerde elde edilen jitter değerlerinin alt ve üst sınırları, ortalama jitter ve standard sapma

(23) µsn idi. Ortalama jitter, SS ve deneklerdeki tek potansiyel jitterinin değişkenliği şekil 3 te izlenmektedir. Ortalama+3 SS ile elde olunan üst sınır 26.19 µsn olarak belirlendi (Tablo 1). Tek lif potansiyel jitteri ve ortalama jitterle yaş arasında pozitif bir korelasyon saptanmadı.

Çalışılan tüm son plaklarda elde edilen veriler ve tek tek denekler incelendiğinde jitter ölçümü için şu üst sınır değerleri kullanılabilir: Tek kas lifi jitteri için 3 SS olan 38 µsn, ortalama jitter için bulguların %95 ini içine alan 23 µsn. Testin anormal olması için incelenen 20 liften en az ikisinin anormal jitter göstermesi ya da ortalama jitterin üst sınırı geçmesi gerekir. Tüm deneklerimiz bu tanımlamaya göre normal sınırlar içerisinde bulunmuştur.

Tartışma

Teorik Temel ve Önceki Uygulamalar

Mikrostimulasyon, katod olarak kullanılan iğne elektrodu yardımıyla kısa süreli akım darbesi ve düşük akım şiddeti kullanarak aksonların selektif olarak uyanılmasına denir (15). Aksonal mikrostimulasyon yöntemiyle EDC kasına ait jitter değerleri ilk kez Trontelj ve arkadaşları tarafından 15 normal denekte çalışılmıştır. Tek potansiyelle ait jitter ve ortalama jitter ortalamaları sırasıyla 17.1 µsn ve 17.2 µsn bulunmuştur. Bu çalışmada yaş ortalaması 25 dir.

Jitter değerlerinin bizim çalışmamıza göre biraz daha küçük olması kullandıkları deneklerin daha genç olmasıyla açıklanabilir. Tek bir potansiyelle ait jitter değerinin üst sınırını 40 µsn, ortalama jitter üst sınırı 25 µsn olarak bulunmuştur(12). Bulgularımız bu değerlerle uyumludur. Yaş ortalaması 56 olan 8 denek üzerinde diğer bir çalışmada ortalama jitter 21.66 µsn bulunmuştur(4). Bu değer bizim ortalamamızdan %22.37 oranında büyüktür ($t=2.79$, $p<0.02$). Çalışmamızda, az sayıda denek olmasından kaynaklanan yaşla jitter artışı saptayamamamıza karşın, iki araştırmanın kıyaslanması yaşın artmasıyla jitterin de belirgin olarak arttığını açıkça göstermektedir. Ancak volonter aktivasyon yönteminde olduğu gibi (2) yaşla jitter ilişkisini gösteren çalışma henüz yapılmamıştır. Sağlıklı gönüllülerin bulunma güçlüğü nedeniyle bu tür çalışmalar ancak kısıtlı sayıda denekte yapılmaktadır.

Aksonal mikrostimulasyon yöntemiyle elde edilen jitter volonter aktivasyonla elde edilene göre daha küçüktür (12). Biz de laboratuvarımızda EDC kasında stimulasyonla elde ettiğimiz ortalama jitter değerinin volonter aktivasyonla elde edilen değere (6) göre %29.43 oranında küçük olduğunu saptadık. Stimulasyonla ortalama jitter (SS) 17.7 (2.83) µsn, volonter aktivasyon yöntemiyle bulduğumuz 25.08 (5.04) µsn den anlamlı olarak daha kü-

Tablo I. EDC kasında aksonal mikrostimulasyonla ortalama jitter değerleri ve normal üst sınırlar

	Tek Kas Lifinde Jitter	Ortalama Jitter
n	208	10
Sınırlar (μ s)	5-38	13-23
Ortalama (μ s)	17.75	17.70
SS (μ s)	6.79	2.83
%95 güvenlik üst sınırı (μ s)	33	23
Ortalama + 3 SS (μ s)	38.2	26.19

cüktür ($t=5.47$, $p<0.01$). Havuzlanmış tek potansiyel jitter ortalaması da potansiyel çiftleri ortalamasıyla karşılaştırıldığında anlamlı olarak küçük bulundu ($t=8.07$, $p<0.01$). Volonter aktivasyon yönteminde aynı motor üniteye ait iki kas lifinin jitteri incelenmektedir. Bunlardan birinin aksiyon potansiyeli osiloskopu tetiklemekte ve referans potansiyeli görevini yapmaktadır. Bu referanstan diğer potansiyelin belirli bir noktasına kadar geçen süre hesaplanmakta, böylece interpotansiyel interval (IPI) bulunmaktadır. IPI değişkenlikleri incelenen iki son plaktaki nöromuskuler ileti süresini yansıtmaktadır (1,11,12). Bir çiftin jitteri her iki motor son plaktan elde edilecek jitter değerlerinin karelerinin toplamının kareköküne eşittir. Tek son plaktaki teorik jitter ise çiftin jitterinin 2 nin kareköküne bölünmesiyle elde edilir (1). Laboratuvarımızın EDC kasında volonter aktivasyon normal değerlerine (6) göre aksonal mikrostimulasyonda bulmamız gereken teorik jitter şöyle olmalıdır: $25.26/1.4142=17.86 \mu$ sn. Deneyle bulduğumuz değer 17.75μ sn, teorik değerden sadece %0.6 oranında küçüktür. Bu da boşalım aralarının normal deneklerde sabit tutulduğunu göstermektedir. Bir kasın volonter aktivasyonda jitter değeri bilinirse, karekök 2 ye bölünerek stimulusla bulunması gereken normal değer hesaplanabilir. Henüz elektrik stimulusuyla EDC ve orbikularis okuli kasları dışında normal değerler araştırılmadığından, normal veriler toplanana kadar volonter aktivasyonda jitteri bilinen kaslarda bu formül yardımıyla inceleme yapılabilir (15). Stimulus yöntemiyle incelemede osiloskop volonter aktivasyonda olduğu gibi EMG sinyali ile değil, elektrik uyarımıyla tetiklenir. Tek lif potansiyelinin stimulus artefaktından başlayarak ölçülen latans değişkenlikleri jitteri verir. Ayrıca volonter aktivasyonla minimal aktivite sırasında küçük çaplı aksionların ateşlenmesine karşın aksonal mikrostimulusla hem küçük hem de büyük çaplı aksionlar uyarılır (12). Büyük çaplı aksionların emniyet faktörü daha geniş olduğundan jitter kısılır (11).

Klinik Kullanım ve Endikasyonlar

İki yöntem arasındaki bu kuramsal farklılıklar klinik pratikte MG tanısında bazı zorluklara yol açabilir. Yapılma kolaylığı nedeniyle stimulus yöntemi tercih edilirse

volonter aktivasyona göre jitter anlamlı olarak daha küçük çıkar. MG hastalarında aksonal mikrostimulusla ortalama jitterin %28 oranında azaldığı gösterilmiştir. Anormal çift ya da potansiyeller normal çift ya da potansiyellere oranlanırsa, bunda da stimulus yönteminde ortalama %10 luk bir azalma izlenir. Anormal jitter gösteren potansiyellerde azalma istatistiksel olarak $p=0.05$ düzeyinde anlamlıdır(4).

Kullanım kolaylığı nedeniyle stimulus yöntemi MG hastalarında tanı yanında tedavinin monitorizasyonunda da yararlıdır. Ortalama jitterde %10 dan fazla bir artışın klinikte kötüleşmeyle birlikte olduğu bildirilmiştir. Yüzde 10 ve daha fazla olan küçülme ise düzelmenin göstergesidir (5). MG hastalarının bazısında subjektif kötüleşme duygusuna eşlik eden bir klinik belirti olmamakta, bu nedenle bu tür hastalarda tedavi değişikliğinden önce EDC kasında aksonal mikrostimulusla inceleme yaparak objektif olarak değerlendirmekteyiz. Bulunan ortalama jitter değeri, remisyon sırasında elde edilen bazal değerle kıyaslanarak hastanın kliniğinin ne yönde gideceği saptanır.

Bu yöntemle değişik boşalım frekanslarında inceleme yapmak mümkündür. MG de yüksek frekanslı boşalımlarda jitter artışı olduğu düşünülmekteyse de, Trontelj birçok son plakta boşalım frekansı 10 Hz den 15 ya da 20 Hz e çıktığında jitter anormalliği ve blokta düzelme olduğunu bulmuştur. Myastenik son plaklarda düşük frekanslı boşalımlarda da belirgin bir düzelme olur. Buna karşın presinaptik patolojilerde belirgin bir anormallik saptanır. Yirmi Hz gibi yüksek boşalımlarda jitter ve blok anormalliği düzelir (14). Ancak deneyimlerimize göre EDC kasındaki incelemelerde yapılan frekans değişikliklerinde sıklıkla kayıt elektrodları yerinden oynamakta ve yakalanmış olan potansiyel kaybedilmektedir. Boşalım frekanslarını değiştirmenin teknik olarak en kolay orbikularis okuli kasında uygulanabildiği bildirilmektedir (13).

Volonter aktivasyon sırasında ortaya çıkan küçük jitter fenomeni myopatilerde artar. Stimulusla bulunan küçük jitter ise direk kas lif membranının uyanılmasına bağ-

lıdır. Aksonal mikrostimulasyon sırasında stimulus artefaktından değil de tepelerarası jitter ölçümü yapılabilirse myopatilerde "fiber-splitting" sonucu ortaya çıkan küçük jitter kolayca belirlenebilir. Bu yöntemin volonter aktivasyona üstünlüğü iletimin iyileşmesi fonksiyonuna bağlı olarak ortaya çıkan myojenik jitterin ekarte edilmesi ve böylece yanlışlıkla artan jitterin önlenmesidir (3).

Hasta kooperasyonunun sağlanmadığı durumlarda, çocuklarda, komadaki hastalarda, güç kaybı nedeniyle volonter hareketi gerçekleştiremeyenlerde stimulasyon yöntemi volonter aktivasyona tercih edilmelidir. Elektrik uyarımı sırasında kalın myelinli aksonlar daha kolay uyanır. Volonter aktivasyonla ateşlenen eşik düşük tip I liflerden oluşan ünitelerden farklı akson popülasyonları ateşlenir. Böylece tip II liflerini tutan patolojilerde elektiriksel uyanımla hassasiyet artar (10). Araştırmalarda bir motor ünitenin F-yanıtlarını incelerken yararlı olabilir. Ayrıca hayvanlarda kas hastalıklarının ayırıcı tanısında veterinerler tarafından kullanılabilir (10).

Hata Kaynakları ve Kısıtlılıklar

Artmış Jitter: Myojenik jitterin ortadan kaldırılmasına karşın aksonal mikrostimulasyonda ortaya çıkabilen hatalı jitter artışları da bilinmelidir. Bunlardan ilki aksonun uyanılma eşiklerinde jitter ölçümüdür. Bu hatalı aksonal jitter, ölçülen değere en az 5 µsn ekler. Eşik uyanım nedeniyle tek lif aksiyon potansiyeli aralıklı olarak bloğa girerse, ölçülen jitter 100 µsn üstünde olabilir. Bu nedenle eşik değeri üstü uyanım çok önemlidir. Hatta aynı motor üniteye bağlı kas liflerinin incelenmesi sırasında da bu ayarlama yapılmalıdır. Ephaptik ateşlenme yüksek jittire yol açsa da çalıştığımız boşalım frekanslarında bu sorun ortadan kalkmaktadır. Akson refleksi sonucu oluşan bimodal jitter başka bir hata kaynağıdır. Direk ve refleks uyanımların aynı sekans sırasında ortaya çıkmaları anormal jittire yol açabilir. Bu durumda akım şiddetinin artırılması sadece kısa latanslı yanıtların, azaltılması sadece uzun latanslı yanıtların ortaya çıkmasına yol açacak ve sorun çözülecektir. Bimodal jitterle karıştırdıktan sonra refleks yanıtların analizinde bir sakınca yoktur. Akson refleksi 15 msn gibi genelde bileşik kas aksiyon potansiyeli süresinden de uzun latanslarda izlenmektedir (10,15). Çalışmamızda katoddan kayıt elektroduna sabit bir mesafe saptayıp latans ölçümü yapmadığımız için potansiyellerin ortaya çıkma süresini saptayamadık. Ancak analiz süremiz 10 msn olduğundan akson refleksi değerlendirmeye dışı bıraktığımız söylenebilir. Bazı MG hastalarında kimi kas liflerinin aynı ya da değişik motor nöronlardan kaynaklanan iki adet fonksiyonel nöromuskuler kavşak tarafından innerve edildiği bu-

lunmuştur. Tek bir kavşak iki ayrı motor nöronla da innerve edilebilir. Bu tür liflerden alınan yanıtlar akson refleksi andırırsa da akım şiddeti arttığında latans değişiklikleri olmaması, daha geç ortaya çıkan yanıtın erken yanıtın farklı jitter göstermesi, geç yanıtın ancak erken yanıt bloğa girdiği zaman ortaya çıkması gibi özelliklerle ikili kavşak anormalliği ortaya konabilir. Bu durum bazan MG de izlenen büyük jitter değerleriyle karışabilir (16). Akson ya da nöromuskuler kavşaktaki patoloji sonucu gerçek blokla giden durumlarda da iletimin iyileşmesi fonksiyonuna bağlı myojenik jitter artışı izlenebilir. Birbirinin üzerine binen tepelerden oluşan potansiyellerden jitter ölçümü de hatalı yüksek değerlere yol açabilir (10,15).

Küçük Jitter: Direk kas lifi uyarımı düşük jitter değerlerine yol açar. Çalışmamızda değerlendirmeye alınmamakla birlikte EDC de bulunan potansiyellerin ortalama %10 unda küçük jitter bulunduğu bildirilmektedir. Küçük jitterin saptanması bunun 4 µsn ya da altında olması nedeniyle zor değildir. Bu dezavantaj orbikularis okuli kasının incelenmesinde olduğu gibi ekstramuskuler aksonal stimulasyonda ortadan kalkar. Ölçüm sırasında tesadüfen iki ayrı tepe birbirinin üzerine binerse daha büyük jitter gözlenen potansiyelin jitteri kısalmış izlenir. Bu iki potansiyelden de bağımsız olarak latans değişikliklerinin birbirini eksiltmesine bağlıdır (10,15).

Lif Yoğunluğu ve IPI: Yöntemin bir kısıtlılığı da lif yoğunluğunun ölçülememesidir. Ancak bilgisayar yardımıyla küçük inkrementlerle akım şiddeti artırılırken ortaya hep birden çıkan ve akım azaltılınca ortadan kalkan potansiyeller sayılarak değerlendirme yapılabilir. Ancak çoğu cihazda bu olanak olmadığından rutin çalışmalar sırasında lif yoğunluğuna bakılamamaktadır. Yine de bu ölçümün, stimulasyonda motor ünitelerin ortaya çıkış sırası değiştiğinden volonter aktivasyon sürecinde yapılan ölçümden farklı olduğu hatırlanmalıdır. Bu yöntemle IPI ye de bakılamaz. IPI nin normal üst sınır üzerinde uzaması myojenik tutuluşu göstermektedir (10,15).

Sonuç

Aksonal mikrostimulasyon yöntemiyle EDC kasında bulduğumuz değerler Trontelj ve ark. ile Jabre ve ark. bulguları arasında bir yer almaktadır (4,12). Bu yöntemle yapılan çalışma uyarı ve kayıt noktaları iyi seçildiği takdirde volonter aktivasyon yöntemine göre daha az ustalık istemekte ve daha kısa sürmektedir. Düşük akım şiddeti nedeniyle test daha ağrısız olmaktadır. Öğrenim sürecinin kolaylığı nedeniyle laboratuvaradaki en deneyimli elektromyografa ihtiyaç olmamakta, asistanlar tarafından uygulanabilmektedir. Yukarıda bahsedilen teknik özelliklere

dikkat edilmek şartıyla, klinikte en çok gereksinim duyulan endikasyonu olan nöromuskuler ileti bozukluklarının tanısında en yararlı yöntem olarak bu testin kullanılmasını öneririz.

Kaynaklar

1. Ertaş M. Tek lif EMG tekniği. In: Ertaş M, Kuruoğlu R, Varlı K. Tek Lif EMG. Klinik Nörofizyoloji, EEG-EMG Derneği Yayınları No: 6, Bornova, İzmir, 1995, 1-28.
2. Gilchrist J, Barkhaus P, Brill V et al. Single fiber EMG reference values: a collaborative effort. *Muscle Nerve* 1992; 15: 151-161.
3. Hilton-Brown P, Stålberg E, Trontelj JV, Mihelin M. Axonal stimulation in dystrophic muscle. *Muscle Nerve* 1985; 8: 383-388.
4. Jabre JF, Chirico-Post J, Weiner M. Stimulation SFEMG in myasthenia gravis. *Muscle Nerve* 1989; 12: 38-42.
5. Massey JMM, Sanders DB. Single fiber electromyography in myasthenia gravis during pregnancy. *Muscle Nerve* 1993; 16: 458-460.
6. Nazlıel B, Kuruoğlu R, Anlar B. Ekstensör digitorum communis kasında volonter aktivasyon yöntemiyle tek lif EMG "Off-line" analiz normal değerleri. XIV. Ulusal Klinik Nörofizyoloji EEG-EMG Kongresi Kitabı. Çeşme, İzmir, 1996; 48.
7. Oh SJ, Kim DE, Kuruoğlu R et al. Diagnostic sensitivity of the laboratory tests in myasthenia gravis. *Muscle Nerve* 1992; 15: 720-724.
8. Oh SJ, Kuruoğlu R. Chronic limb-girdle myasthenia gravis. *Neurology* 1992; 42: 1153-1156.
9. Sanders DB. Clinical neurophysiology of disorders of the neuromuscular junction. *J Clin Neurophysiology* 1993; 10: 167-180.
10. Stålberg E, Trontelj JV, Mihelin M. Electrical microstimulation with single-fiber electromyography: a useful method to study the physiology of the motor unit. *J Clin Neurophysiology* 1992; 9: 105-119.
11. Stålberg E, Trontelj JV. *Single Fiber Electromyography*. 2nd edition. New York: Raven Press, 1994.
12. Trontelj JV, Mihelin M, Fernandez JM, Stålberg E. Axonal stimulation for end-plate jitter studies. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1986; 49: 677-685.
13. Trontelj JV, Khuraiabet A, Mihelin M. The jitter in stimulated orbicularis oculi muscle: technique and normal values. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 51: 814-819.
14. Trontelj JV, Stålberg E. Single motor end-plates in myasthenia gravis and LEMS at different firing rates. *Muscle Nerve* 1990; 14: 226-232.
15. Trontelj JV, Stålberg E. Jitter measurement by axonal micro-stimulation. Guidelines and technical notes. *Electroencephalog Clin Neurophysiol* 1992; 85: 30-37.
16. Trontelj JV, Stålberg E. Multiple innervation of muscle fibers in myasthenia gravis. *Muscle Nerve* 1995; 18: 224-228.