



Sıçan siyatik sinir modelinde fonksiyonel değerlendirme yöntemlerinin yeni bir sistemle karşılaştırılması

Comparison of the functional evaluation methods in rat sciatic nerve model by a new system

Cihangir TETİK, Bülent EROL, Cengiz ÇABUKOĞLU, Murat ÜNSAL

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Siyatik fonksiyonel indeks (SFİ) ve ayak bilek duruş açısı (ABDA), sıçan siyatik sinir modelinde, fonksiyonel sinir iyileşmesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan ölçümlerdir. Bu çalışmada, yeni bir yürüme koridoru sistemi oluşturularak eşzamanlı SFİ ve ABDA ölçümleri yapmayı ve bu ölçümlerin fonksiyonel sinir iyileşmesiyle olan ilişkisini araştırmayı amaçladık.

Çalışma planı: Yirmi bir adet sıçan üç gruba ayrıldı: Birinci grupta siyatik sinirde ezilme yaralanması oluşturuldu; ikinci grupta siyatik sinir kesilip bırakıldı; üçüncü grupta ise siyatik sinir kesildikten sonra epinöral teknikte dikildi. Sıçanlar üç ay sonra, altında ayna sistemi bulunan yürüme koridorunda yürütüldü. Yeni sistem sıçanların adım sikluslarının tüm fazlarının ve ayna üzerinden yansıyan ayak tabanı görüntülerinin eşzamanlı olarak video kameraya aktarımına olanak verdi. Görüntülerin bilgisayara aktarılmasıyla elde edilen verilerden SFİ ve ABDA ölçümleri yapıldı. Siyatik fonksiyonel indeks klasik ayak izi yöntemiyle de hesaplandı.

Bulgular: Şiddetli sinir zedelenmesi durumunda gelişen ayak problemleri nedeniyle grup II'den dört, grup III'ten iki sıçanın SFİ ölçümleri yapılamadı; ABDA ölçümleri tüm sıçanlarda yapıldı. Klasik ve yeni yöntemle hesaplanan SFİ ölçümleri arasında fark saptanmadı ($p>0.05$). En iyi fonksiyonel düzelmelerin birinci grupta, en kötü fonksiyonel geri dönüşün ise ikinci grupta olduğu her iki ölçüm yöntemiyle gösterildi. Üçüncü gruptaki sıçanların SFİ ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme saptanırken ($p<0.05$), bu durum ABDA ölçümlerine yansımada ($p>0.05$).

Çıkarımlar: Yeni yürüme koridoru SFİ ve ABDA ölçümlerinin eşzamanlı yapılabilmesini sağladı. Şiddetli sinir zedelenmesinde SFİ ölçümlerinde veri kaybı oldu. Fonksiyonel sinir iyileşmesinin değerlendirilmesinde SFİ ve ABDA ölçümleri arasında tam bir korelasyon saptanmadı.

Anahtar sözcükler: Hayvan; ekstremité/fizyoloji; ayak/innervasyon; yürüyüş; lokomasyon; sinir rejenerasyonu; sıçan; siyatik sinir/fizyoloji/yaralanma/cerrahi; ayak başparmakları/fizyoloji.

Objectives: Siatic functional index (SFI) and ankle stance angle (ASA) are two methods commonly used in the evaluation of functional nerve recovery in rat sciatic nerve models. In this study we designed a new walking track by which synchronous SFI and ASA measurements were made, evaluating the relationship between these measurements and functional nerve recovery.

Methods: Twenty-one rats were divided into three groups: the sciatic nerve was crushed in the first group, transected in the second, and in the third group, it was first cut then repaired by the epineural technique. Three months later the rats were allowed to walk on the track, with a mirror beneath, which made it possible to synchronously record the step cycles and the images of the sole reflected on the mirror. Images were transmitted to the computer and SFI and ASA were measured from the data obtained. Siatic functional index was measured using the classical method as well.

Results: Because of foot problems resulting from severe nerve injury, it was impossible to measure SFI in four rats in group II and in two rats in group III, whereas ASA was measured in all rats. There was no difference between SFI values obtained by classical and new methods ($p>0.05$). Both methods showed that the best functional results and the worst functional recovery were obtained in group I and group II, respectively. Group III rats exhibited a significant improvement by SFI measurements ($p<0.05$), but this could not be demonstrated by ASA values ($p>0.05$).

Conclusion: The study showed that it was possible to measure SFI and ASA synchronously by the new walking-track, that severe nerve injuries might lead to some data loss in SFI measurements, and that there was no complete correlation between SFI and ABDA in the evaluation of functional nerve recovery.

Key words: Animal; extremities/physiology; foot/innervation; gait; locomotion; nerve regeneration; rats; sciatic nerve/physiology/injuries/surgery; toes/physiology.

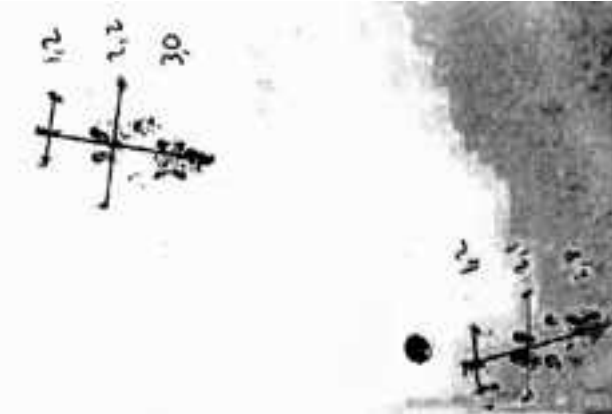
**Ninth Annual Meeting of the American Society for Peripheral Nerve (June 19-21, 1999, Los Angeles, California) ve 7. Türk El ve Üst Ekstremité Cerrahisi Kongresi'nde (19-22 Mayıs 2000, İstanbul) serbest bildiri olarak sunulmuştur.*

Yazışma adresi: Dr. Cihangir Tetik, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Tophanelioğlu Cad. No:13/15 81190 Altunizade - İstanbul. Tel: 0216 - 345 45 82 Faks: 0216 - 345 45 82

Başvuru tarihi: 28.07.2000 **Kabul tarihi:** 14.12.2000

Takiben, SFİ'nin klasik yöntemle ölçümünü yapmak üzere yürüme koridoru içine uygun boyutlarda beyaz kağıtlar yerleştirildi. Sıçanlar, arka ayakları mürekkebe bulanmış stampaya batırıldıktan sonra koridorda yürütüldü. Mürekkebin dağılması, sıçanların yürüme sırasındaki ürünasyonu sonucu izlerin ıslanması veya sıçanın kuyruk hareketiyle izlerin dağılması durumunda, düzgün ayak izi alınana kadar yürütme işlemi tekrarlandı. Ölçümler için düzgün, net olan ayak izleri seçildi (Şekil 3).

Sıçan adım siklusu, köpek ve kedilerde gözleendiği gibi, sallanma (F ve E1 fazlarını içerir) ve duruş (E2 ve E3 fazlarını içerir) fazlarından oluşur. Fleksiyon fazı (F) ekstremitenin fleksiyonu ve ayağın zeminden kalkmasıyla başlar. Birinci ekstansiyon fazı (E1) diz ve ayak bileğin ilk ekstansiyona gelişyle başlar. İkinci ekstansiyon fazının (E2) başlangıcı ise ayağın zemin üzerine tamamen yerleşmesiyledir. Üçüncü ekstansiyon fazı (E3) ise hayvanın topuğunu kaldırmaya başlayarak havalandırmaya hazırlan-



Şekil 3. Klasik ayak izi yöntemiyle siyatik fonksiyonel indeks ölçümleri için veri elde edilmesi.



Şekil 4. Bilgisayarda siyatik fonksiyonel indeks ve ayak bilek duruş açısı ölçümleri için veri elde edilmesi.

masıyla başlar.^[4] Yapılan çalışmalarda, ABDA ölçümleri için yürümenin orta-duruş fazındaki (E3 fazının başlangıcı) ayak bilek açısı kullanılmıştır.^[4] Çalışmamızda ABDA, kliniğe daha uygun olması amacıyla, literatürde belirtilenden farklı şekilde hesaplandı. Yürümenin orta-duruş fazının terminal dönemindeki, yani ayak bileğinin maksimum ekstansiyona (plantar fleksiyona) geldiği dönemdeki, bacak dorsal yüzü ile ayağın plantar yüzü arasındaki açı olarak değerlendirildi.

Elde edilen video görüntüleri Miro-DC 30 video kartıyla bilgisayar ortamına aktarıldı ve Adobe Premier 4.2 yöntemiyle tek tek çerçevelere ayrıldı. ABDA ölçümleri için yürümenin orta-duruş fazının terminal dönemindeki çerçeve seçildi. Bu çerçeve daha sonra Adobe 5.0 programıyla değerlendirildi. Bu programın açı ölçüm özelliğinden faydalanılarak ABDA ölçümleri yapıldı. Bilgisayar ortamına aktarılan görüntülerden SFİ ve ABDA ölçümleri için veri elde edildiği Şekil 4'te gösterilmiştir.

Siyatik fonksiyonel indeks ölçümleri için veriler hem bilgisayar ortamına aktarılan ayak tabanı görüntülerinden hem de klasik yöntemle sağlanan ayak izlerinden elde edildi: PL (Print length - topuktan parmak ucuna kadar olan mesafe); TS (Toe spread -1. ve 5. parmaklar arasındaki mesafe), IT (Intermediary toe spread - 2. ve 4. parmaklar arasındaki mesafe). Ölçümler hem normal, hem de deneysel taraf için yapıldı. Her iki yöntemle elde edilen veriler Bain ve ark.'nın modifiye ettiği formüle yerleştirildi.^[1,3,6]

Fiks kontraktür gelişimi, ayak parmaklarının kaybı, ayak tabanında ülser oluşumu gibi gelişen ayak problemleri nedeniyle grup II'den dört, grup III'ten iki sıçanın SFİ ölçümleri yapılamadı; ABDA hesaplamaları ise tüm sıçanlarda yapıldı.

Üçüncü ay sonundaki SFİ ve ABDA ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde "One-way ANOVA" istatistik yöntemi kullanıldı. Klasik ve yeni yöntemle elde edilen verilerden yapılan SFİ ölçümleri ki-kare testi ile karşılaştırıldı.

Sonuçlar

Üç ay sonundaki SFİ ve ABDA ölçümleri sonucunda en iyi fonksiyonel düzelmenin ezilme yaralanması oluşturulan birinci grupta olduğu gözleendi. Bu gruptaki fonksiyonel geri dönüş her iki ölçüm yöntemiyle de tama yakın bulundu. Sinirin kesilip bırakıldığı ikinci grupta ise fonksiyonel geri dönüş

Tablo 1. Postoperatif üçüncü ay sonundaki siyatik fonksiyonel indeks (SFİ) ve ayak bilek duruş açısı (ABDA) ölçüm sonuçları

Gruplar	SFİ (Normal:0)		ABDA (Normal:115°)	
	Sayı	Ölçüm±SD	Sayı	Ölçüm±SD
Grup I	7	-16.59±7.784	7	95.77±5.87
Grup II	3	-82.580±8.31	7	50.01±8.851
Grup III	5	-66.264±12.19	7	52.89±4.051

Grup I: Siyatik sinirde ezilme yaralanması oluşturuldu. Grup II: Siyatik sinir kesilip bırakıldı. Grup III: Siyatik sinir kesilip epinöral teknikle dikildi.

Tablo 2. Yeni ve klasik yöntemle ölçülen siyatik fonksiyonel indeks (SFİ) sonuçlarının karşılaştırılması (p>0.05)

Gruplar	SFİ (Yeni yöntem)		SFİ (Klasik yöntem)
	Sayı	Ölçüm±SD	Ölçüm±SD
Grup I	7	-16.59±7.784	-15.968±7.856
Grup II	3	-82.580±8.31	-82.0183±8.278
Grup III	5	-66.264±12.19	-65.118±12.213

oldukça kötüydü. En kötü SFİ ve ABDA ölçüm sonuçları bu grupta elde edildi. Sinirin kesilip epinöral teknikle dikildiği üçüncü gruptaki sıçanların SFİ ölçümlerinde ikinci gruba göre belirgin bir iyileşme gözlenirken (p<0.05), bu iki grubun ABDA ölçüm sonuçları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmadı (p>0.05). Dolayısıyla, sinir iyileşmesinin fonksiyonel açıdan değerlendirilmesinde SFİ ve ABDA ölçümleri arasında tam bir korelasyon gözlenmedi. Grupların üçüncü ay sonundaki SFİ ve ABDA ölçüm sonuçları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Siyatik fonksiyonel indeksin, ezilme yaralanması sonrası fonksiyonel geridönüşün ölçümünde etkili bir yöntem olduğu gözlemlendi. Fakat oluşan kontraktürler ve şiddetli sinir yaralanmasına bağlı gelişen olumsuz faktörlerden dolayı diğer gruplardaki bazı sıçanların güvenilir SFİ ölçümleri yapılamadı. ABDA ölçümleri tüm sıçanlarda yapıldı.

Klasik ve yeni yöntemle elde edilen verilerden yapılan SFİ hesaplamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p>0.05) (Tablo 2).

Tartışma

Periferik sinir rejenerasyonunun değerlendirilmesinde elektrofizyolojik, morfolojik ve histolojik çalışmalar yapılmıştır. Fakat bu çalışmalar fonksiyonel

sinir iyileşmesini değerlendirmede yeterli olmamıştır.^[1-5] Medinacelli ve ark.^[1] sıçanlarda fonksiyonel sinir rejenerasyonunu nicelendirmede yürüme koridoru analizlerini kullanmışlardır. Siyatik sinir lezyonu yaratılmış sıçanların ayak izlerinden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve SFİ hesaplaması ampirik olarak formüle edilmiştir.^[1,3] Bu formül daha sonra çeşitli araştırmacılar tarafından modifiye edilmiştir.^[2,3]

Siyatik fonksiyonel indeksin bazı eksiklikleri vardır. Özellikle şiddetli sinir zedelenmesi durumunda düzgün ayak izi elde edilememesi ve izlerin yürüyüş hızı ile varyasyonlar göstermesi gibi teknik kısıtlılıklar taşır. Kontraktür oluşumu, ayak ülserleri, parmak kaybı durumlarında ayak izi analizi güvenilir değildir.^[4,5] Hare ve ark.^[7] yaptıkları çalışmada otolog sinir greftiyle tamiri takiben bir yıl sonra dahi SFİ’de belirgin gelişme olmadığını ve bunun muhtemelen oluşan kontraktürlere bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Kinematik yürüme analizleri, birçok nörolojik ve ortopedik hastalığın kliniğindeki fonksiyonel gelişmeyi değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Benzer teknikler, aynı amaçla, hayvan çalışmalarına da uygulanmıştır.^[4] Sıçanlarda nicel yürüme analizi çalışmalarının şekillenmesiyle, periferik sinir lezyonlarının değerlendirilmesinde farklı ölçümler ortaya çıkmıştır. Lin ve ark.^[4] komplet siyatik sinir lezyonu

yarattıkları sıçanlarda, sinir rejenerasyonunun takibinde kullandıkları ABDA'nın güvenilir bir ölçüm olduğunu belirtmişlerdir.

Sinir iyileşmesinin fonksiyonel olarak değerlendirilmesinde SFİ'yi esas alan birçok çalışma yapılmıştır. Kısıtlı sayıdaki çalışmada SFİ ölçümleri ABDA ölçümleriyle kombine edilmiş, aralarındaki korelasyon incelenmiştir.^[4]

Bu çalışmada, yeni yürüme koridoru sistemiyle SFİ ve ABDA ölçümleri eşzamanlı olarak yapılarak aynı çalışma içinde kullanılmıştır. Literatürle uyumlu olarak, SFİ'nin yaygın kullanımına rağmen şiddetli sinir lezyonlarının varlığında doğru ve güvenilir ölçüm yapılamaması gibi olumsuzlukları olduğu görülmüş; ABDA ise şiddetli sinir zedelenmesi durumunda dahi duyarlı bir yöntem olarak tüm sıçanlarda ölçülebilmüş, veri kaybı olmamıştır. Periferik sinir lezyonunu takiben sinirin fonksiyonel geridönüşünü değerlendirilmede SFİ ve ABDA ölçümleri arasında tam bir korelasyonun olmadığı saptanmıştır.

Kaynaklar

1. de Medinaceli L, Freed WJ, Wyatt RJ. An index of the functional condition of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks. *Exp Neurol* 1982;77:634-43.
2. Shen N, Zhu J. Application of sciatic functional index in nerve functional assessment. *Microsurgery* 1995;16:552-5.
3. Brown CJ, Mackinnon SE, Evans PJ, Bain JR, Makino AP, Hunter DA, et al. Self-evaluation of walking-track measurement using a Sciatic Function Index. *Microsurgery* 1989; 10:226-35.
4. Lin FM, Pan YC, Hom C, Sabbahi M, Shenaq S. Ankle stance angle: a functional index for the evaluation of sciatic nerve recovery after complete transection. *J Reconstr Microsurg* 1996;12:173-7.
5. Walker JL, Evans JM, Meade P, Resig P, Siskin BF. Gait-stance duration as a measure of injury and recovery in the rat sciatic nerve model. *J Neurosci Methods* 1994; 52:47-52.
6. Brown CJ, Evans PJ, Mackinnon SE, Bain JR, Makino AP, Hunter DA, et al. Inter- and intraobserver reliability of walking-track analysis used to assess sciatic nerve function in rats. *Microsurgery* 1991;12:76-9.
7. Hare GM, Evans PJ, Mackinnon SE, Best TJ, Brain JR, Szalai JP, Hunter DA. Walking track analysis: a long-term assessment of peripheral nerve recovery. *Plast Reconstr Surg* 1992;89:251-8.