

Lumbosakral Radikulopatili Hastaların Tanısında Dermatomal Duyusal Uyarılmış Potansiyeller

Seher Bingöl¹,
Aysun Soysal², Burcu Yüksel¹,
Belgin Mutluay¹, Baki Arpacı²,

¹Uzm. Dr., ²Doç. Dr.,
Bakırköy Prof. Dr. Mazhar Osman Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi

ÖZET

Lumbosakral radikulopatili hastaların tanısında dermatomal duyusal uyarılmış potansiyeller

Amaç: Lumbosakral radikulopatilerde elektrofizyolojik incelemelerin, radyolojik incelemeler ve klinik muayene bulguları ile ilişkisi ve tanıya katkılarının karşılaştırılması planlanmıştır.

Yöntem: Çalışmaya, bel ve bacak ağrısı yakınması ile başvuran, lumbosakral manyetik rezonans görüntüleme (MRG) incelemelerinde kök basısı saptanarak ameliyat edilmek üzere yatırılan 30 hasta (9 Kadın, 21 Erkek) ve nörolojik muayenesi normal olan 21 (11 Kadın, 10 Erkek) gönüllü denek alındı. Çalışmaya alınanlara iki yanlı tibial ve peroneal sinirlerin motor, yüzeysel peroneal ve sural sinirlerin duyusal ileti incelemeleri, tibial sinir F yanıtı, soleus H refleksi, tibial sinir duyusal uyarılmış potansiyel (DUP) ve L3, L4, L5 ve S1 dermatomal DUP (DDUP) yanıtları ve hasta grubuna, bunlara ek olarak iğne EMG incelemesi yapıldı.

Bulgular: Çalışmaya alınan 30 hastanın MRG incelemelerinde disk herniasyonu olup, 17'sinin (%58.8) iğne EMG incelemesinde MRG ile uyumlu radikulopati bulguları saptandı. L5/S1 disk herniasyonu olan 12 hastanın 7'sinde (%58.3) soleus H refleksi yanıtları patolojiktir. DDUP incelemelerinde 27 hastada (%90) patoloji saptanırken, bu inceleme sadece 7 hastada (%23.3) MRI ile uyumlu bulundu. 10 hastada tibial DUP anormalliyi saptanırken, 6 hastada (%20) anormallik MRI ile uyumluydu.

Sonuç: Araştırma sonuçları, lumbosakral radikulopatili olan hastalarda lezyonu lokalize etmede en sensitif elektrofizyolojik inceleme yönteminin iğne EMG incelemesi olduğunu, S1 radikulopatili hastalarda soleus H refleksi incelemesinin iğne EMG incelemesine benzer bir sensitivitesi olduğunu, DDUP incelemelerinin sensitivitesi yüksek olmakla birlikte subklinik tutulumu da saptadığından spesifitesinin düşük olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Lumbosakral disk herniasyonu, radikulopati, iğne EMG, soleus H refleksi, dermatomal duyusal uyarılmış potansiyeller

ABSTRACT

Dermatomal somatosensory evoked potentials in the diagnosis of patients with lumbosacral radiculopathies

Objective: To assess the association between electrophysiological studies and magnetic resonance imaging (MRI), clinical findings and its contribution to the diagnosis of lumbosacral radiculopathies.

Method: 30 patients (9 F, 21 M) with back and leg pain and with root compression detected only at one level on MRI were admitted to the study. All patients were under the care of neurosurgery clinic in our hospital. 21 (11 F, 10 M) healthy volunteers were admitted to the study as the control group. Bilaterally tibial and peroneal nerve motor, superficial peroneal and sural nerve sensory conduction studies, tibial F response, soleus H reflex, tibial nerve somatosensory evoked potentials (SEP) and L3, L4, L5 and S1 dermatomal SEP (DSEP) responses were evaluated in all participants. Additionally, needle electromyography (EMG) examinations were performed in the patient group.

Results: All of the 30 patients had lumbosacral disc herniation on MRI, 17 (58.8%) of them had radiculopathy by needle EMG consistent with MRI findings. 7 (58.3%) of 12 patients who had L5/S1 disc herniation, had abnormal soleus H reflex responses. Although DSEP responses of 27 (90%) patients showed an abnormality, only 7 (23.3%) patients' findings were consistent with MRI. Ten patients had tibial SEP abnormalities, however 6 (20%) of these patients' findings were in concordance with MRI.

Conclusions: We suggest that needle EMG is the most sensitive electrophysiological examination to localize the radiculopathy in patients with lumbosacral disc herniation. The sensitivity of soleus H reflex is similar to the needle EMG findings, especially in patients with S1 radiculopathy. Although the sensitivity of DSEP examinations was found to be high, specificity was found to be low due to the detected subclinical involvement.

Key words: Lumbosacral disc herniation, radiculopathy, needle EMG, soleus H reflex, dermatomal sensory evoked potentials

Yazışma adresi / Address reprint requests to:
Dr. Aysun Soysal, Ataköy 5. Kısım EH A Blok
Daire: 8 Bakırköy, İstanbul - Turkey

Telefon / Phone: +90-212-543-6565/1911

Elektronik posta adresi / E-mail address:
ayssoysal@gmail.com

Kabul tarihi / Date of acceptance:
30 Ağustos 2010 / August 30, 2010

GİRİŞ

Radikülopatiler, servikal ve lumbosakral bölgelerde en sık olarak, disk herniasyonu, protrüzyonu ve/veya disk dejenerasyonu ile birlikte olan ligament hipertrofinde ikincil kök basısı nedeniyle ortaya çıkmakla birlikte, özellikle torasik bölge radikülopatileri, diyabetik radikülopati gibi metabolik nedenlerle de oluşabilir (1-4). Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tekniklerinin gelişimi ile, radikülopati tanısında elektrofizyolojik incelemeler eski önemini yitirmekle birlikte, özellikle hastanın klinik bulguları ile MRG bulguları uyumsuz olduğunda, birden çok seviyede kök basısı bulunduğu ya da hastada öykü ve klinik bulgular radikülopatiyi düşündürmekle birlikte MRG incelemesi normal olduğunda veya hastanın öykü ve klinik bulguları ile pleksopati, mononöritis, radikülopati ayırımı yapılamadığında elektrofizyolojik incelemeler kesin tanı konmasına yardımcı olabilir (2-5). Radikülopatilerin değerlendirilmesinde iğne elektromiyografisi (EMG), geç yanıtlar ve uyarılmış potansiyeller gibi farklı elektrofizyolojik incelemeler birbirlerini tamamlayıcı yöntemler olmasına karşın, yapılan çalışmalarda, genellikle, bunlardan yalnızca birisi değerlendirildiğinden, elde edilen sonuçlar birbirleri ile çelişkilidir (5). Radikülopatilerin değerlendirilmesinde miks sinirlerin uyarımı ile elde edilen duyuşal uyarılmış potansiyel (DUP) yanıtlarının kullanılması, miks sinirler spinal korda birden çok seviyeden girdiğinden, tek bir kökün fizyolojik durumunu değerlendirmede yetersiz kalabilir (5,6). Bir dermatomun uyarımıyla somatosensoryel korteksten kaydedilen dermatomal duyuşal uyarılmış potansiyel (DDUP) yanıtlarının, tek bir kökteki etkilenmeyi saptamada daha hassas olduğu ileri sürülmektedir (6).

Bu çalışmada, lumbosakral radikülopatisi olan hastalarda elektrofizyolojik incelemelerin, radyolojik incelemeler ve klinik muayene bulguları ile ilişkisi incelenmiş ve tanıya katkıları karşılaştırılmıştır.

YÖNTEM

Çalışmaya, hastanemiz nöroşirürji servislerine lumbosakral disk herniasyonu nedeni ile opere edilmek

üzere yatırılan 9'u kadın, 21'i erkek, toplam 30 hasta ve 11'i kadın 10'u erkek 21 normal gönüllü denek alındı.

İleri yaşta olanlar (65 yaş üzeri), diyabet, üremi vb. gibi metabolik hastalığı bulunanlar, daha önce diske bağlı bir operasyon geçirmiş olanlar çalışmaya alınmadı. Çalışmaya alınan tüm bireylerin nörolojik muayeneleri yapıldı, klinik olarak ve MRG incelemelerinde tek taraflı ve tek mesafede diskopatisi olan hastalar çalışmaya dahil edilirken, kök basısına ait yakınması ve klinik bulguları olan hastalar kontrol grubuna alınmadı.

Elektrofizyolojik incelemeler: Tüm elektrofizyolojik incelemeler, hasta sırtüstü yatarken, sakin sessiz bir ortamda, Medelec Sapphire 4ME cihazı ile yapıldı. Her iki grupta da, alt ekstremitede iki yanlı tibial, peroneal motor; sural ve yüzeysel peroneal sinir duyuşal ileti incelemeleri; soleus H refleksi; tibial sinir F yanıtı, tibial sinir uyarımı ile DUP yanıtları; L3, L4, L5 ve S1 dermatomlarının uyarımı ile DDUP yanıtları çalışıldı. Radikülopatisi olan hastalara, ayrıca iğne EMG incelemesi yapıldı.

Motor ileti incelemeleri: 5 milivolt (mV) duyarlılığında, 50 milisaniye (ms) süpürme hızında, 3 hertz (Hz) - 5 kilohertz (kHz) filtre aralığında yapıldı. Tibial sinir bilek ve dizardından uyarılıp, abduktor hallusis (AH) kasından; peroneal sinir bilek, fibula başı ve dizardından uyarılıp, ekstansör digitorum brevis kasından kayıtlarla, standart yöntemlerle motor ileti incelemeleri çalışıldı (7-9). Elde edilen yanıtların başlangıç latansları, bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüdüleri (BKAP) ve motor ileti hızları değerlendirmeye alındı.

Duyuşal ileti incelemeleri 20 mikrovolt (μ V) duyarlılık, 10 ms süpürme hızında, 20 Hz-2kHz filtrasyon aralığında, sural ve yüzeysel peroneal sinirler bacadan uyarılıp sırasıyla dış malleol ve bileğin 1/3 dış kısmından kayıtlı, standart yöntemlerle antidromik olarak çalışıldı (7-9). Elde edilen yanıtların başlangıç ve tepe latansları, duyuşal aksiyon potansiyeli amplitüdüleri (DAP) ve duyuşal ileti hızları değerlendirmeye alındı.

Soleus H refleksi incelemeleri, 500 μ V duyarlılık, 50 ms süpürme hızında, 20 Hz-5 kHz filtrasyon aralığında, kayıt elektrodu dizardı-topuk arası mesafenin ortasına yerleştirilip dizardından uyarı şiddeti yavaş yavaş artırılarak çalışıldı. Elde edilen yanıtın latansı hastanın

yaş ve bacak boyuna göre hesaplanan normal değerle, karşı tarafla ve kontrol grubu ile karşılaştırıldı. H refleksi yanıtının elde edilememesi veya iki taraf arasında 2 ms'den fazla fark bulunması patolojik olarak değerlendirildi (10-12).

Tibial sinir F yanıtı incelemelerinde, 200 μ V duyarlılık, 50 ms süpürme hızında, 500 Hz-5kHz filtrasyon aralığında, bilekten tibial sinir supramaksimal şiddette 10 kez uyarılıp, AH kasından kaydedilerek elde edilen yanıtların minimum latansı değerlendirmeye alındı. Yanıtın elde edilememesi, hastanın bacak boyu ve yaşına göre hesaplanan minimum F latansı değerinden 2 ms uzun olması veya persistansın azalması patolojik olarak değerlendirildi (11,13,14).

İğne EMG incelemeleri 3 Hz-10 kHz filtrasyon aralığında, 100 ms süpürme hızında çalışıldı. İstirahatte 50 μ V duyarlılıkla denervasyon potansiyellerinin olup olmadığı, 100-200 μ V duyarlılıkta hafif kasılmada motor ünite potansiyellerinin özellikleri ve tam kasılma sırasında 200-500 μ V duyarlılıkta interferans özellikleri değerlendirildi. L3 radikülopatiyi değerlendirmek için iliopsoas, vastus medialis, vastus lateralis kasları; L4 radikülopatiyi değerlendirmek için tibialis anterior, vastus lateralis, rektus femoris kasları; L5 radikülopatiyi değerlendirmek için tibialis anterior, peroneus longus ve ekstansor hallucis longus ve gluteus medius kasları; S1 radikülopatiyi değerlendirmek için gluteus maximus ve gastrokinemius kasları incelendi. Ayrıca tüm hastalarda paraspinal kasların iğne EMG'si yapıldı (3,15).

Tibial DUP incelemesi için, sıra ile sağ ve sol tibial sinirler iç malleolden, parmaklarda hafif seyirme oluşturacak şiddette uyarılıp, gümüş/gümüş klorür (Ag/AgCl) disk elektrotlarla dizardı, lomber ve uluslararası 10-20 sistemine Fz'e refere edilen Cz'den kortikal kayıt alındı. 50 μ V duyarlılıkla, 10 Hz-2kHz filtrasyon aralığında dizardı ve lomber bölgelerden 50 ms, kortikalden 100 ms süpürme hızında çalışıldı. Art arda iki kez 512 yanıt averajlandı. Dizarıdan kaydedilen yanıtın N7, lomberden kaydedilen yanıtın N20 latansları ile kortikalden kaydedilen yanıtın P37, N45, P60, P95 latansları ile P37/N45 ve N45/P60 amplitüdüleri istatistiksel değerlendirmeye alındı (16,17).

Dermatomal DUP incelemesi için uyarıcı elektrotlar; L3 dermatomu için dizin 4 cm üstünde uyluk iç kıs-

mına, L4 dermatomu için bacak medialine, safen sinirinin yüzeyde seyrettiği bölgeye, L5 dermatomu için ayakta 1. ve 2. parmak arasına ve S1 dermatomu için dış malleole yerleştirildi. Uyarı şiddeti, bireyin uyarıyı rahat algılayacağı, ancak ağrı duymayacağı ve seyirme oluşturmayacak şekilde ayarlandı. Uluslararası 10-20 sistemine göre Fz'e refere edilen Cz'den kortikal yanıtlar 5 μ V duyarlılık, 100 ms süpürme hızı ile 10 Hz-2 kHz filtrasyon aralığında, her bir dermatom için art arda iki kez 256 yanıt averajlanarak kaydedildi. Elde edilen yanıtların N1, P1, N2, P2 latansları ile N1/P1; P1/N2 ve N2/P2 amplitüdüleri istatistiksel değerlendirmeye alındı. Tibial ve dermatomal DUP incelemelerinde iki taraf arasında 5 ms'den fazla latans farkı ve/veya %50'den fazla amplitüd azalması patolojik olarak değerlendirildi (5,16).

İstatistiksel Analiz

Elde edilen istatistiksel verilerin değerlendirilmesinde SPSS programı kullanıldı. Hastaların parametrik verilerinin değerlendirilmesinde Student t testi, semptomatik ve asemptomatik tarafları ile kontrol grubunun sağ ve sol taraflarının karşılaştırılmasında "eşleştirilmiş gruplar" t testi kullanıldı.

BULGULAR

Çalışmaya alınan hastaların (41.5 \pm 11.9) ve kontrol grubunun (36.7 \pm 10.2) yaş ortalaması arasında anlamlı bir fark yoktu (p=0.48).

Tablo 1, çalışmaya alınan lumbosakral radikülopatili hastaların klinik, MRG ve elektrofizyolojik özelliklerini göstermektedir. 19 hastada sağ (%63) ve 11 hastada (%36.6) sol tarafta lumbosakral radikülopati ile ilişkili yakınmalar mevcuttu. 14 hastada (%47) kas güçsüzlüğü ve 19 hastada (%63) duyu kusuru saptandı. MRG incelemelerinde 1 hastada (%3) L2-L3; 2 hastada (%6) L3-L4; 15 hastada (%50) L4-L5 ve 12 hastada (%40) L5-S1 disk herniasyonu saptandı.

Kontrol grubunun sağ ve sol tarafları arasında motor ve duyuşal ileti incelemeleri, F yanıtları ve H refleksi latansları ile tibial ve dermatomal DUP yanıtlarının latans ve amplitüdüleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı (Tablo 2,3,4). Şekil 1, kontrol grubundan bir kişi-

Tablo 1: Lumbosakral disk hernili hastaların klinik, radyolojik ve elektrofizyolojik özellikleri

Yaş	Cins	MRG	M.Kayıp	D.Kayıp	EMG	F yanıtı	DDUP	H ref.	Ref. Değ.	
1	25	E	PL,L5/S1,R	Yok	Yok	NI	NI	NI	NI	Yok
2	42	E	PL,L4/L5,L	Var	Var	L5,S	NI	Lat↑,S1	NI	Yok
3	56	E	P,L4/L5,R	Var	Var	L5,S	NI	Lat↑,L5(R), Amp↓L4,L5(L)	NI	Yok
4	32	E	PL,L5/S1,R	Yok	Var	NI	NI	Lat↑,L5(L), Amp↓L4,L5(R)	NI	Var
5	65	K	PL,L4/L5,R	Var	Var	NI	NI	Lat↑ Amp↓L5	NI	Yok
6	43	K	PL,L5/S1,L	Yok	Yok	NI	NI	Lat↑,S1(L), Amp↓L5,S1(R)	Lat↑	Var
7	34	K	PL,L5/S1,R	Yok	Yok	S1,D,S	NI	Lat↑,L5,S1(R) Amp↓S1(L)	Lat↑	Var
8	50	E	PL,L4/L5,R	Var	Var	L5,S	NI	Amp↓S1(L)	NI	Yok
9	62	E	PL,L5/S1,R	Yok	Yok	S1,S	NI	Lat↑,S1(R), Amp↓L5,S1(R)	(-)	Var
10	38	K	PL,L5/S1,L	Var	Var	S1,S,D	Lat↑	NI	Lat↑	Var
11	38	E	PL,L4/L5,L	Yok	Yok	NI	NI	Lat↑,L5	NI	Yok
12	56	E	PL,L2/L3,L	Yok	Yok	NI	NI	Lat↑,L4,L5,S1 (L),Amp↓L5(L)	NI	Yok
13	46	E	PL,L4/L5,L	Var	Yok	L5,S	NI	Lat↑,L5(L), Amp↓L4(L)	NI	Yok
14	33	E	PL,L4/L5,R	Var	Yok	NI	NI	Amp↓L4,L5(L)	NI	Yok
15	40	E	PL,L4/L5,R	Yok	Yok	NI	NI	Amp↓L4,L5(L)	NI	Yok
16	32	E	PL,L5/S1,R	Yok	Yok	NI	NI	Lat↑,S1, Amp↓L5 (L)	NI	Var
17	35	K	PL,L5/S1,L	Var	Yok	NI	NI	Amp↓S1(L)	NI	Yok
18	38	K	PL,L5/S1,R	Yok	Var	S1,S,D	NI	Amp↓S1(L)	Lat↑	Var
19	62	E	PL,L3/L4,R	Yok	Var	L4,S	Lat↑	Lat↑Amp↓L5(L)	NI	Yok
20	35	E	PL,L5/S1,L	Var	Var	S1,S	NI	Amp↓L4,L5(L)	Lat↑	Yok
21	50	K	PL,L4/L5,R	Var	Var	L5,S,D	NI	Amp↓L5,S1(L)	NI	Yok
22	30	E	PL,L4/L5,L	Yok	Var	L5,S,D	NI	Amp↓L3,L4(L) L5(R)	NI	Yok
23	52	E	PL,L4/L5,R	Var	Var	L5,S,D	NI	Lat↑Amp↓L5(R) Amp↓L4,L5(L)	NI	Yok
24	21	K	Medial,S1	Yok	Var	NI	NI	NI	NI	Var
25	36	K	PL,L5/S1,L	Yok	Yok	NI	NI	Amp↓L4,S1(L)	NI	Yok
26	41	E	PL,L5/S1,R	Var	Yok	L5,S,D	NI	Lat↑Amp↓L4,S1(L)	NI	Yok
27	32	E	PL,L4/L5,R	Var	Var	L5,S,D	NI	Amp↓L5,S1(R) Amp↓L3,S1(L)	NI	Yok
28	28	E	PL,L3/L4,R	Yok	Var	NI	NI	Amp↓L3, S1(L)	NI	Yok
29	32	E	PL,L4/L5,R	Yok	Yok	L5,S	NI	Lat↑Amp↓L5(R)	(-)	Yok
30	61	E	PL,L5/S1,R	Var	Var	S1,S,D	NI	Amp↓S1(R)	NI	Yok

DDUP: Dermatomal duyuşal uyarılmış potansiyel, D.Kayıp: Duyuşal kayıp, M.Kayıp: Motor kayıp, R: Sağ, L: Sol, PL: Posterolateral, D: Denerasyon, S: Seyrelme, Amp: Amplitüd, Lat: Latans, H ref: H refleksi, Ref değ: Refleks değışikliği, NI: Normal, E: Erkek, K: Kadın.

nin L5 DDUP yanıtlarını göstermektedir.

Lumbosakral disk radikülopatisi olan hastaların motor ileti incelemelerinde, semptomatik tarafta tibial sinir bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüdüleri asemptomatik taraftan anlamlı olarak düşük bulunurken ($p=0.02$), motor distal latansları ve motor ileti hızları ile duyuşal ileti incelemelerinin amplitüd, latans ve ileti hızlarında, semptomatik ve asemptomatik taraf arasında anlamlı bir fark yoktu (Tablo 2).

İğne EMG incelemesinde, 13 hastada (%43) herhangi bir patolojik bulgu saptanmamıştır. Bir hastada (%3) L4, 11 hastada (%37) L5 ve 5 hastada (%17) S1 kök

tutulumu saptandı; bu hastaların MRG'lerinde sırası ile L3-L4; L4-L5 ve L5-S1 disk herniasyonu vardı (Tablo1).

Hastaların semptomatik ve asemptomatik tarafları arasında, tibial sinir F yanıtı latansları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0.16$). Tibial sinir F yanıtı latansı 2 hastada normalden uzun olup, iğne EMG ve MRG'de bir hastada L4 radikülopatisi ve L3-L4 disk herniasyonu, bir hastada ise S1 radikülopatisi ve L5-S1 disk herniasyonu mevcuttu (Tablo 1,2).

Soleus H refleksi latansında da, hastaların semptomatik ve asemptomatik tarafları arasında anlamlı bir fark yoktu ($p=0.36$) (Tablo 2). S1 kök tutulumu olan

Tablo 2: Lumbosakral radikülopatili (LSR) hastalar ve kontrol grubunun motor, duysal ileti incelemeleri, F yanıtı ve soleus H refleksi sonuçları

	LSR'li hastalar		p	Kontrol grubu		p
	Hasta taraf	Sağlam taraf		Sağ	Sol	
Tibial						
Dis latans	4.62±0.63	4.66±0.62	0.63	4.20±0.52	4.40±0.44	0.18
BKAP	8.55±2.47	9.30±2.03	0.02	8.70±2.45	8.95±3.25	0.51
MİH	46.5±2.59	45.3±2.93	0.71	46.3±3.65	46.9±3.85	0.28
Peroneal						
Dis latans	4.39±0.92	4.20±0.63	0.11	3.93±0.69	4.08±0.46	0.13
BKAP	4.44±2.35	4.80±2.35	0.23	5.19±1.84	4.85±0.87	0.36
MİH	46.2±4.04	46.1±3.15	0.52	48.4±5.38	48.4±4.22	1.00
Sural						
DAP amp	17.4±6.76	18.1±5.84	0.44	17.2±2.97	18.1±3.49	0.07
Tepe lat	3.68±0.50	3.67±0.37	0.79	3.65±0.32	3.75±0.41	0.30
DİH	47.4±5.05	48.5±5.05	0.21	48.0±5.75	48.9±4.35	0.43
Yüz peron						
DAP amp	15.8±4.77	15.7±3.53	0.73	15.9±4.62	17.1±3.39	0.65
Tepe lat	3.37±0.44	3.35±0.46	0.89	3.38±0.33	3.22±0.35	0.07
DİH	47.7±6.98	48.2±6.71	0.50	47.6±4.15	48.1±4.15	0.72
Tibial						
F latansı	48.9±3.75	48.8±3.64	0.16	46.9±2.62	46.6±2.19	0.27
Soleus						
H refleksi	28.1±0.79	29.4±2.30	0.36	28.2±2.69	28.2±2.65	0.92

Dis latans: Distal latans; BKAP: Bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüdü; MİH: Motor ileti hızı; DAP amp: Duysal aksiyon potansiyeli amplitüdü; Tepe lat: Tepe latansı; DİH: Duysal ileti hızı

Tablo 3: Lumbosakral radikülopatili (LSR) hastalar ve kontrol grubunun iki yanlı tibial DUP yanıtlarının latans ve amplitüdüleri

	LSR'li hastalar		p	Kontrol		p
	Hasta taraf	Sağlam taraf		Sağ	Sol	
N7 latans	7.96±0.82	7.92±0.76	0.80	8.04±0.52	8.20±0.72	0.19
N20 latans	21.20±1.71	21.16±1.47	0.92	21.94±2.28	21.81±1.28	0.77
P37 latans	40.18±3.14	39.94±3.64	0.49	38.55±1.57	38.88±1.86	0.28
N45 latans	48.70±3.51	48.17±3.58	0.40	47.36±2.02	47.69±2.33	0.34
P60 latans	60.53±4.61	60.59±4.91	0.88	58.86±3.98	58.30±2.70	0.42
P95 latans	91.75±4.50	92.51±4.01	0.09	91.16±3.25	90.64±3.71	0.48
P37/N45amp	2.18±1.80	2.56±2.44	0.09	2.00±1.68	2.00±1.28	0.99
N45/P60 amp	2.10±1.86	2.43±2.44	0.08	1.61±1.31	1.79±1.06	0.20

amp: amplitüd

12 hastanın 7'sinde (%58) semptomatik tarafta soleus H refleksinin alınamaması veya latans uzaması şeklinde patoloji bulunurken, diğer seviyelerde kök tutulumu olan hastalarda H refleksi yanıtlarında patoloji bulunmamıştır (Tablo 1).

Lumbosakral disk hernili hastaların tibial DUP incelemesinde, semptomatik ve asemptomatik taraftan elde edilen yanıtların latans ve amplitüdüleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 3). Hastaların semptomatik ve asemptomatik tarafları tek tek karşılaştırıldığında, 30 hastanın 8'inde DUP incelemelerinde iki taraf arasında %50'den fazla amplitüd farkı ve 2 hasta da 5 ms'den fazla latans farkı saptanmıştır. S1 radikülo-

patili 12 hastanın 5'inde, L5 radikülopatili 15 hastanın 4'ünde ve L4 radikülopatili 2 hastanın 1'inde tibial DUP anormalliği mevcuttu. Tibial DUP anormalliği saptanan 10 hastanın 6'sında bu anormallik semptomatik tarafta iken 4 hastada asemptomatik tarafta görülmekteydi.

Lumbosakral disk hernili 30 hastanın DDUP incelemelerinde, semptomatik tarafta L4 DDUP yanıtının P2 latansı (p=0.04) ile L5 DDUP yanıtının N1 latansı (p=0.03) asemptomatik taraftan anlamlı olarak uzun bulunurken, L3 DDUP yanıtının N2/P2 amplitüdü (p=0.03) asemptomatik taraftan anlamlı olarak düşük bulundu. S1 DDUP yanıtlarının latans ve/veya amplitüdüleri arasında anlamlı bir fark saptanmadı (Tablo 4).

Tablo 4: Lumbosakral radikülopatili (LSR) hastalar ve kontrol grubunun iki yanlı dermatomal DUP yanıtlarının latans ve amplitüdüleri

	LSR'li hastalar		p	Kontrol grubu		p
	Hasta taraf	Sağlam taraf		Sağ	Sol	
L3						
N1 latans	29.06±2.29	29.24±2.93	0.62	28.32±3.22	29.08±3.21	0.14
P1 latans	36.43±2.61	36.77±2.28	0.40	35.45±3.61	35.65±3.28	0.68
N2 latans	45.09±2.38	44.22±3.20	0.33	44.00±3.63	44.22±3.20	0.59
P2 latans	56.17±3.03	56.14±2.86	0.96	54.24±4.50	54.36±4.40	0.78
N1/P1 amp	0.59±0.33	0.48±0.33	0.16	0.45±0.37	0.48±0.27	0.68
P1/N2 amp	0.99±0.52	0.88±0.58	0.22	0.62±0.33	0.65±0.35	0.78
N2/P2 amp	1.29±0.71	1.09±0.64	0.03	0.86±0.76	0.73±0.40	0.38
L4						
N1 latans	32.43±2.87	32.47±3.83	0.77	31.52±4.78	32.40±4.22	0.09
P1 latans	41.14±3.24	41.11±3.61	0.95	39.95±4.64	40.67±3.52	0.07
N2 latans	50.51±3.30	50.15±3.12	0.22	49.03±3.71	49.37±3.19	0.41
P2 latans	62.84±3.44	62.02±3.73	0.04	60.55±3.90	59.97±3.97	0.22
N1/P1 amp	0.73±0.56	0.83±0.72	0.44	0.45±0.35	0.44±0.25	0.95
P1/N2 amp	1.36±1.08	1.42±1.12	0.54	0.78±0.63	0.73±0.34	0.75
N2/P2 amp	1.54±1.06	1.73±1.30	0.25	0.89±0.73	0.78±0.37	0.55
L5						
N1 latans	39.88±4.34	38.39±3.79	0.01	36.69±4.98	36.55±5.21	0.79
P1 latans	49.94±5.93	48.66±3.99	0.15	46.70±4.54	45.88±3.75	0.08
N2 latans	60.97±5.39	59.78±3.83	0.26	57.67±5.00	56.47±3.76	0.06
P2 latans	74.20±5.58	72.67±5.19	0.08	69.10±4.95	68.73±1.09	0.41
N1/P1 amp	0.91±0.43	0.97±0.65	0.56	0.91±0.52	0.96±0.76	0.70
P1/N2 amp	1.89±1.09	1.94±1.24	0.85	1.56±0.75	1.75±1.34	0.42
N2/P2 amp	1.83±1.24	1.96±1.24	0.63	1.22±0.46	1.31±0.74	0.59
S1						
N1 latans	37.90±3.13	37.45±2.53	0.33	37.28±3.29	37.10±4.04	0.72
P1 latans	46.44±3.20	45.48±3.03	0.07	44.80±3.37	45.22±4.22	0.51
N2 latans	56.44±3.03	55.80±2.93	0.29	54.90±4.53	55.65±5.28	0.17
P2 latans	69.49±3.18	69.15±3.89	0.68	66.80±5.38	67.37±6.04	0.32
N1/P1 amp	1.04±0.71	1.27±0.97	0.11	0.70±0.53	0.75±0.57	0.73
P1/N2 amp	2.06±1.41	1.98±1.77	0.79	1.15±0.82	1.11±0.85	0.78
N2/P2 amp	2.12±1.45	2.00±1.81	0.55	0.98±0.64	1.01±0.62	0.62

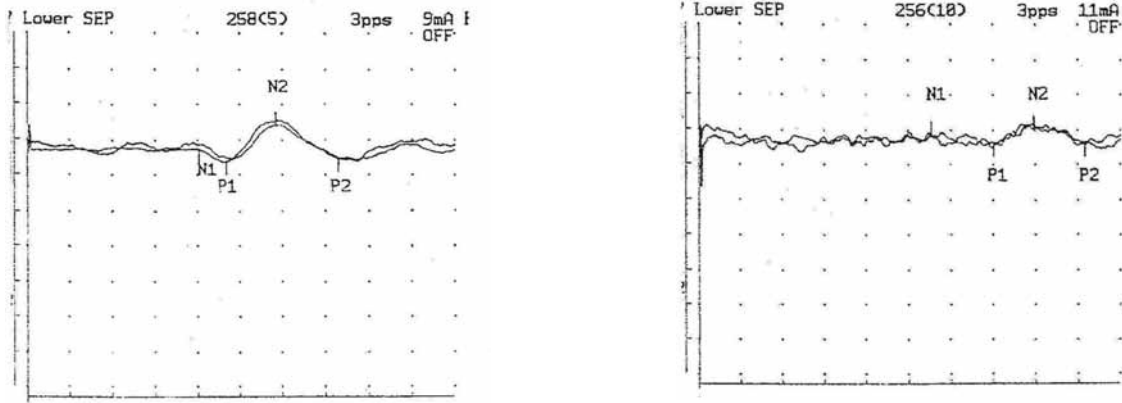
amp: amplitüd

Çalışmaya alınan 30 hastanın semptomatik ve asemptomatik tarafları tek tek karşılaştırıldığında, 27 hastada (%90) DDUP yanıtlarının latans ve/veya amplitüdülerinde anlamlı fark bulunurken, 13 hastada anormallik semptomatik tarafta, 7'sinde hem semptomatik hem de asemptomatik taraftaydı. Sadece 7 hastada DDUP anormalliği MRG ve klinik bulgularla uyumlu idi. İğne EMG'sinde, 30 hastanın 17'sinde (%57) radikülopati bulguları saptandı. Toplam 15 hastada, hem EMG hem de DDUP incelemelerinde patoloji saptandı. DDUP latans ve/veya amplitüd anormalliklerinin 15 tanesi L5, 9 tanesi S1, 2 tanesi L4 ve 1 tanesi L3 dermatomlarına aitti (Tablo 1).

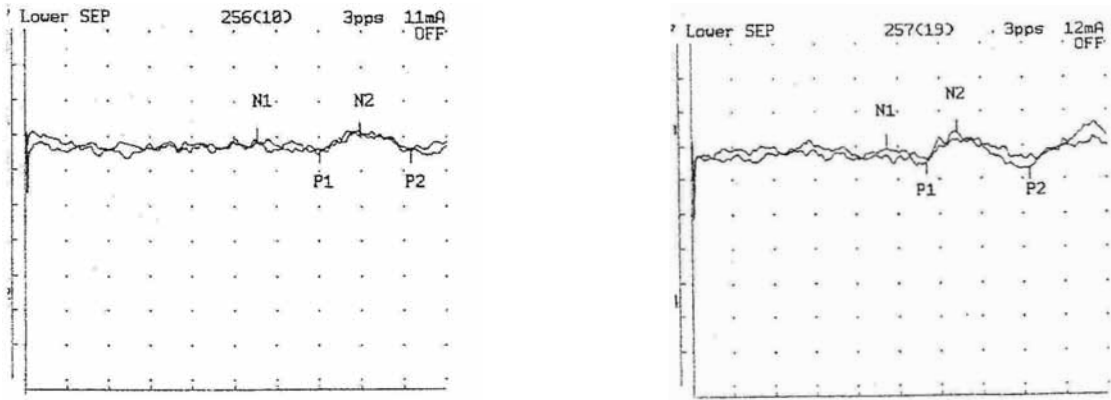
L5 radikülopatisi olan 15 hastanın tibial DUP incelemelerinde anlamlı bir fark saptanmamış olup, L5 DDUP yanıtlarının N1 ve P2 latansları semptoma-

tik tarafta asemptomatik taraftan anlamlı olarak uzun bulunmuştur (sırası ile, p=0.01; p=0.05). Bu hastaların semptomatik ve asemptomatik tarafları tek tek karşılaştırıldığında, hepsinde (%100) DDUP latans ve/veya amplitüdülerinde patoloji bulunurken sadece 4 hastada DDUP anormalliği MRG lezyonu ile uyumlu bulundu. Şekil 2, sağ L5 radikülopatisi olup, MRG lezyonu ile uyumlu sağda DDUP latans uzaması olan bir hastanın yanıtlarını göstermektedir.

S1 radikülopatisi olan 12 hastanın tibial DUP incelemesinde, kortikal N45 latansı semptomatik tarafta asemptomatik taraftan anlamlı olarak uzundu (p=0.01). DDUP latans ve amplitüdüleri arasında semptomatik ve asemptomatik taraf arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Hastaların semptomatik ve asemptomatik tarafları tek tek karşılaştırıldığında ise, 12 hastanın 9'unda



Şekil 1a-b: Kontrol grubundan bir bireyin sağ (a) ve sol (b) L5 DDUP yanıtları



Şekil 2a-b: Sağ L5 radikülopatili hastanın sağ (a) ve sol (b) DDUP yanıtları (Sağda latans uzaması)

(%75) DDUP latans ve/veya amplitülerinde patoloji saptandı; bu 9 hastanın 3'ünde DDUP anormalliği lezyonu doğru olarak lokalize edebildi.

TARTIŞMA

Radikülopati nedeniyle başvuran hastalarda, nörolojik muayene ve noninvazif bir inceleme yöntemi olan MRG görüntüleme yanında, elektrofizyolojik incelemeler lezyonu lokalize etmede yardımcı ve birbirini tamamlayıcı inceleme yöntemleridir.

Radikülopatilerde lezyon periferik sinirin uyarıldığı yerden daha proksimalde olduğundan motor ve duysal ileti incelemeleri genellikle normaldir (3,4). Bunun nedeni, olasılıkla, lezyonun etkilenen kökün küçük bir segmentiyle sınırlı olmasıdır. Disk herniasyonu veya spondiloz arka kök ganglionunun daha proksimalindeki preganglionik duysal kök liflerini etkileyip,

postganglionik periferik duysal lifleri etkilemediğinden duysal ileti incelemeleri normaldir. Ancak, akson kaybının olduğu durumlarda veya birden çok kökte dejenerasyon varsa BKAP amplitüdü düşebilir (3,4). Çalışmamızda da, hastaların semptomatik taraflarındaki tibial sinir BKAP amplitüdünün asemptomatik taraftakinden düşük olduğu saptanmıştır ($p=0.02$).

Manyetik rezonans görüntüleme teknikleri gelişmeden önceki dönemlerde, EMG incelemesinin kök lezyonunu saptamada en hassas inceleme yöntemi olduğu ve miyelografi bulguları ile %70-90 arasında korelasyon gösterdiği ileri sürülmektedir. Kök basısını tam olarak saptamada EMG'nin sensitivitesi, farklı çalışmalarda %45 ile %78 arasında değişmektedir (5). Lumbosakral radikülopatisi olan hastalarda, EMG ile BT korelasyonunu Tullberg ve arkadaşları (5) %20 olarak bulurken, Walk ve arkadaşları (18) ise miyelografi, BT veya MRG ile EMG bulgularının %47 korele olduğunu göstermiş-

lerdir. Aminoff ve arkadaşları (19) L5 veya S1 radikülopatisi olan 28 hastanın 21'inde (%75), diğer elektrofizyolojik incelemeler normal olduğu halde, EMG incelemesinde miyotomal dağılım gösteren denervasyon bulguları saptadıklarından, EMG incelemesinin en yararlı elektrofizyolojik inceleme olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak bu çalışmada, EMG incelemesi ile radyolojik incelemeler arasındaki ilişkiden bahsedilmemiştir. Benzer şekilde, Eisen de (20), EMG incelemesinin en hassas elektrofizyolojik inceleme yöntemi olduğunu bildirirken, EMG ile miyelografi ve/veya kontrastlı bilgisayarlı tomografi (BT) gibi radyolojik incelemelerin korelasyonuna değinmemiştir. Çalışmamızda, MRG'de kök basısı saptanan 30 hastanın 17'sinin (%56.6) EMG incelemesinde, ilişkili kaslarda radikülopati bulguları saptanmıştır. Sonuçlarımızın diğer çalışmalardan daha yüksek olması, MRG incelemesinin kök lezyonunu saptamada diğer görüntüleme tekniklerinden daha hassas olması ile ilişkili olabilir.

F yanıtı motor fonksiyonları değerlendirir ve motor nöronlar ile motor kökler gibi daha proksimal kısımların iletim özellikleri hakkında bilgi verir (1-5,21). Tullberg ve arkadaşlarının (5) alışmasında, 20 hastanın 7'sinde (%35) peroneal ve tibial sinir F yanıtı latansları uzun bulunup, bunların 3'ü (%15) hastanın radikülopatisi ile uyumlu bulunmuştur. Aminoff ve arkadaşlarının (19) alışmasında ise, 28 hastanın 5'inde (%18) F yanıtlarında patoloji saptanmıştır. Çalışmamızda F yanıtı latansları, radikülopatisi olan hastaların %6'sında uzun bulundu. Sonuçlarımız, sadece tibial sinir F yanıtı çalışıldığından ve F yanıtı tek bir köke sınırlı olmadığından, ayrıca sadece tek bir köke sınırlı lezyonu olan hastaları çalışmamıza aldığımızdan, literatürde bildirilenden daha düşük bulunmuş olabilir.

H refleksi, hem motor hem de duyuşal kökleri değerlendiren ve kolayca elde edilebilen refleks bir yanıtıdır (1-4,21). H refleksinin çok sayıda kasta elde edilebilmesine rağmen, soleus ve fleksör karpi radialis (FKR) kaslarından kolaylıkla elde edilebilir. Pratik kullanımında soleus H refleksi S1; FKR H refleksi C6/C7 radikülopatilerinin tanısında yardımcı bir elektrofizyolojik yöntem olarak kullanılabilir (1-4,21). Aminoff ve arkadaşlarının (19) alışmasında S1 radikülopatisi olan 22 hastanın 9'unda (%41) H yanıtının alınmaması veya

latansının uzun bulunması şeklinde patoloji saptanırken, bizim çalışmamızda ise S1 radikülopatisi olan 12 hastanın 8'inde (%66.6) patoloji bulundu.

Sadece duyuşal nöronların etkilendiği hastalarda EMG incelemesi ve F yanıtı normal olabilir. Bu durumda radikülopati varlığını araştırmak için, elektrofizyolojik araştırmalara DUP incelemeleri eklenerek daha proksimaldeki duyuşal yollar hakkında bilgi edinebilir (3-5,21). Peroneal ve tibial sinir uyarımı ile çalışılan DUP incelemeleri, bu sinirlerin birden çok kökle spinal korda girmesinden dolayı lezyonu tam olarak lokalize etmede yetersiz kalır. Bu nedenle, tek dermatomun uyarımı ile elde edilen DDUP yanıtının lezyonu lokalize etmekte daha spesifik ve sensitif olduğu ileri sürülmektedir (3-6,21). Katifi ve Sedgwick'in (21) yaptığı çalışmada, radyolojik ve cerrahi olarak lumbosakral radikülopatisi olduğu saptanan 21 hastanın 7'sinde (%33) tibial DUP yanıtlarında patoloji olduğu bildirmiştir. Walk ve arkadaşları (18) ise lumbosakral radikülopatisi olan 59 hastanın 38'inde miyelografi ve BT'de anormallik saptayıp bu hastaların 32'sinde (%84); ayrıca fokal motor defisit veya refleks değişikliği olan 23 hastanın 20'sinde (%87) DUP incelemelerinde anormallik olduğunu gösterip, özellikle iğne EMG incelemesi normal olan hastalarda DUP incelemesinin yararlı bir inceleme olduğunu bildirmişlerdir. Aminoff ve arkadaşlarının (19) L5 ve S1 radikülopatisi olan hastalarda yaptığı çalışmada ise, peroneal sinir uyarımı ile yapılan DUP incelemelerinde patoloji bulunmamıştır. Çalışmamızda, 30 hastanın 10'unda (%33) tibial DUP anormalliği bulundu. Bunların 8'inde %50'den fazla amplitüd düşüşü, 2'sinde diğer tarafa kıyasla 5 ms'den fazla latans uzaması mevcuttu. S1 radikülopatisi olan 12 hastanın 5'inde tibial DUP anormalliği saptanırken, bunların 2'sinde DUP anormalliği semptomatik, 3 hastada ise asemptomatik taraftaydı. Semptomatik tarafta tibial DUP anormalliği olan 2 hastanın 1'inde EMG'de kök tutulumu saptandı. Asemptomatik tarafta tibial DUP anormalliği olan 3 hastanın 2'sinde EMG'de semptomatik tarafta S1 radikülopati bulguları mevcuttu. L5 radikülopatisi olan 15 hastanın 4'ünde DUP anormalliği saptanıp, bunların 3'ü semptomatik taraftaydı. Ancak semptomatik tarafta tibial DUP anormalliği olan hastaların hiçbirinde, EMG'de radikülopati bul-

gusu yoktu. L4 radikülopatisi olan 3 hastanın 1'inde ise, semptomatik tarafta DUP anormalliği olup, ayrıca EMG'de L4 kök tutulumu bulguları mevcuttu. Sonuç olarak, lumbosakral radikülopatisi olan hastalarda tibial DUP anormalliğinin lezyona spesifitesi düşüktü ve asemptomatik tarafta da tibial DUP anormalliği vardı. Katifi ve Sedgwick'in (21) çalışmasında da benzer şekilde asemptomatik tarafta tibial ve peroneal DUP anormallikleri saptanmış ve araştırmacılar bu sonuçların santral disk protrüzyonuna bağlı spinal köklerin bilateral olarak etkilenmesi veya spinal dar kanala bağlı subklinik etkilenmeye bağlı olabileceğini düşünmüşlerdir. Çalışmamız da bu görüşün doğru olabileceğini desteklemektedir.

Duyusal uyarılmış potansiyel incelemesinin tek bir köke spesifik olmadığı birçok araştırmada kabul edilirken, bazı çalışmalarda kök lezyonlarının tanınmasında tek bir dermatoma ait deri alanının uyarımı ile elde edilen DDUP'nin segmental duyarlılığının daha fazla olduğu ileri sürülmüştür (5,6,19,21,22). Aminoff ve arkadaşlarının (19,22) yaptığı iki farklı çalışmadan birinde 28 olgunun 7'sinde (%25), diğerinde 19 olgudan 6'sında (%32) DDUP anormalliğinin kök lezyonunu doğru olarak lokalize ettiği bulunmuştur. Katifi ve Sedgwick (21) ise, cerrahi olarak lumbosakral kök basısı olduğu kanıtlanmış 20 hastanın 19'unda DDUP yanıtlarının anormal olduğunu ve DDUP incelemesinin kök basısını göstermede sensitivitesinin miyelografi kadar yüksek olduğunu, ayrıca miyelografi ile karşılaştırıldığında noninvazif ve tekrarlanabilir bir inceleme olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu iki çalışmada da, 3 hastada asemptomatik tarafta ve 6 hastada ise bilateral olarak DDUP incelemesinde anormallik olduğu bulunmuş ve araştırmacılar bu sonuçların spinal stenozaya bağlı subklinik kök tutulumuna bağlı olduğunu düşünmüşlerdir (19,21,22). Daha sonra, Tullberg ve arkadaşları (5) lumbosakral disk herniasyonu olan 20 hastanın 8'inde (%40) DDUP anormalliğini saptarken, bunların sadece 3'ünde (%15) DDUP anormalliğinin BT ile uyumlu olduğunu göstermişler ve üstelik cerrahi sonrası iyileşen 3 hastada DDUP anormalliği-

nin değişmediğini ya da daha da kötüleştiğini bulmuşlardır. Dumitru ve Dreyfuss (23) ise tek taraflı ve tek seviyede L5 veya S1 radikülopatisi olan hastalarda segmental DUP veya DDUP incelemesi yaparak semptomatik ve asemptomatik tarafları karşılaştırdıklarında, P1 latansında uzamanın L5 radikülopatisi olanlarda %40, S1 radikülopatisi olanlarda ise %10 sensitivitesi olduğunu ve tek seviyede bilinen L5 veya S1 radikülopatisi olan hastalarda segmental DUP veya DDUP incelemelerinin klinik kullanımının kısıtlı olduğunu düşünmüşlerdir. Çalışmamızda da, 30 hastanın 27'sinde (%90) DDUP incelemelerinde anormallik bulunurken, 7 hastada (%23.3) DDUP anormalliği MRG ile uyumlu bulundu. Çalışmamızdaki DDUP anormalliği, Katifi ve Sedgwick'in (21) sonuçlarına benzer şekilde yüksek bulunurken, lezyonu lokalize etmedeki sensitivitesi Aminoff ve arkadaşlarının (19,22) sonuçlarına benzerdi. Bulgularımız DDUP incelemelerinin subklinik bir radikülopatiyi saptayabilecek sensitif bir inceleme yöntemi olduğunu düşündürmekle birlikte, lezyona spesifitesinin düşük olduğunu ve klinik tanıya katkısının sınırlı olduğunu, bu nedenle elde edilen sonuçların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmüştür.

SONUÇ

Sonuçlarımız, lumbo sakral radikülopatisi olan hastalarda lezyonu lokalize etmeye en yardımcı elektrofizyolojik inceleme yönteminin iğne EMG incelemesi olduğunu, S1 radikülopatili hastalarda soleus H refleksi incelemesinin iğne EMG incelemesine benzer bir sensitivitesi olduğunu, DDUP incelemelerinin sensitivitesi yüksek olmakla birlikte, subklinik tutulumu da saptadığından spesifitesinin düşük olduğunu göstermiştir. Klinik ve radyolojik bulgular birbiri ile uyumlu olmadığında, EMG incelemesi, F yanıtı, H refleksi, tibial DUP ve DDUP incelemeleri gibi elektrofizyolojik incelemelerin birbirini tamamlayan inceleme yöntemleri olduğu ve lezyonu lokalize etmeye yardımcı olabileceği de akılda tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Liveson JA. Peripheral Neurology. Case Studies in Electrodiagnosis. Second ed, Philadelphia: F.A. Davis Company, 1991; 40-44.
2. Oh SJ. Principles of Clinical Electromyography. Case Studies. Baltimore: Williams&Wilkins, 1998; 215-265.
3. Dumitru D, Zwarts MJ. Radiculopathies: In Dumitru D, Amato AA, Zwarts M (editors). Electrodiagnostic Medicine. Second ed, Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc., 2002, 713-776.
4. Ertekin C. Santral ve Periferik EMG. Anatomi-Fizyoloji-Klinik. Meta Basım, İzmir, 2006, 301-342.
5. [Tullberg T, Svanborg E, Isacson J, Grane P. A Preoperative and Postoperative Study of the Accuracy and Value of Electrodiagnosis in Patients with Lumbosacral Disk Herniation. Spine 1993; 18:837-842.](#)
6. [Owen JH, Bridwell KH, Lenke LG. Innervation Pattern of Dorsal Roots and Their Effects on the Specificity of Dermatomal Somatosensory Evoked Potentials. Spine 1993; 18:748-754.](#)
7. Kimura J. Assessment of Individual Nerves. In: Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle. Principles and Practice. Second Ed. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1989, 103-138.
8. Dumitru D, Amato AA, Zwarts MJ. Nerve Conduction Studies: In Dumitru D, Amato AA, Zwarts M (editors). Electrodiagnostic Medicine. Second ed., Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc., 2002, 159-223.
9. Oh SJ. Anatomical Guide for Common Nerve Conduction Studies. In: Clinical Electromyography. Nerve Conduction Studies. Third Ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2003, 54-78.
10. Kimura J. H, T, Masseter, and Other Reflexes. In: Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle. Principles and Practice. Second Ed. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1989, 356-374.
11. Dumitru D, Zwarts MJ. Special Nerve Conduction Techniques: In Dumitru D, Amato AA, Zwarts M (editors). Electrodiagnostic Medicine. Second ed. Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc., 2002, 225-256.
12. Oh SJ. Reflex Tests. In: Clinical Electromyography. Nerve Conduction Studies. Third Ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2003, 390-446.
13. Kimura J. The F Wave. In: Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle. Principles and Practice. Second Ed. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1989, 332-355.
14. Oh SJ. Special Nerve Conduction Techniques. In: Clinical Electromyography. Nerve Conduction Studies. Third Ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2003, 447-503.
15. Dumitru D, Zwarts MJ. Needle Electromyography: In Dumitru D, Amato AA, Zwarts M (editors). Electrodiagnostic Medicine. Second ed. Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc., 2002, 257-291.
16. Dumitru D, Robinson LR, Zwarts MJ. Somatosensory Evoked Potentials: In Dumitru D, Amato AA, Zwarts M (editors). Electrodiagnostic Medicine. Second ed., Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc., 2002; 357-413.
17. Oh SJ. Somatosensory Evoked Potentials in Peripheral Nerve Lesions. In: Clinical Electromyography. Nerve Conduction Studies. Third ed., Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2003, 551-581.
18. Walk D, Fisher MA, Doundoulakis SH, Hemmati M. Somatosensory Evoked Potentials in the Evaluation of Lumbosacral Radiculopathy. Neurology 1992; 42:1197-1202.
19. Aminoff MJ, Goodin DS, Parry GJ, Barbaro NM, Weinstein PR, Rosenblum ML. Electrophysiological Evaluation of Lumbosacral Radiculopathies: Electromyography, Late Responses, and Somatosensory Evoked Potentials. Neurology 1985; 35:1514-1518.
20. Eisen A. Electrodiagnosis of Radiculopathies. Neurol Clin 1985; 3:495-510.
21. [Katifi HA, Sedgwick EM. Evaluation of the Dermatomal Somatosensory Evoked Potential in the Diagnosis of Lumbosacral- root Compression. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1987; 50:1204-1210.](#)
22. [Aminoff MJ, Goodin DS, Barbaro NM, Weinstein PR, Rosenblum ML. Dermatomal somatosensory evoked potentials in unilateral lumbosacral radiculopathy. Ann Neurol 1985;17:171-176.](#)
23. [Dumitru D, Dreyfuss P. Dermatomal/Segmental Somatosensory Evoked Potential Evaluation of L5/S1 Unilateral/Unilevel Radiculopathies. Muscle Nerve 1996; 19:442-449.](#)