

# Lumbosakral Radikülopatilerin Değerlendirilmesinde Değişik Elektrofizyolojik Yöntemlerin Karşılaştırılması

Nesrin ERMAN \*, Serpil KUYUCU \*, Nebil YILDIZ \*, Henri GRİLADZE \*, Turgay BİLGE \*

## ÖZET

*Elektrofizyolojik tanı yöntemleri, lumbosakral radikülopatilerin değerlendirilmesinde yararlıdır ve nöroradyolojik görüntüleme incelemelerini tamamlarlar. Tutulan kök ve tutulum derecesini ortaya koyar, tutulum süresi, iyileşme ve prognoz hakkında kanaat yürütmede önemli bilgiler verirler. Tanıya katkılarını değerlendirmek üzere, iğne EMG'si, H-refleks yanıtı, dermatomal SEP, elektriksel kök stimülasyonu çalışmalarını yaptık ve her testi diğerleri ile karşılaştırdık. İğne EMG'si incelemesi % 68 olguda anormallik gösterdi. Bunu % 52 ile elektriksel kök stimülasyonu ve % 44 ile dermatomal SEP izledi. En az bir incelemede patoloji saptama oranı % 84 olarak tespit edildi.*

*Anahtar kelimeler: Lumbosakral, radikülopati, elektrofizyoloji, elektriksel kök stimülasyonu, dermatomal SEP, İğne EMG'si, H refleksi*

*Düşünen Adam; 2002, 15(1):51-55*

## SUMMARY

*Electrodiagnostic methods are useful in the investigation of lumbosacral radiculopathies and complementary to neuroimaging studies. Electrodiagnostic studies determine the lumbosacral involved root, the degree of axon loss or focal demyelination and give some information about duration of involvement, regeneration and prognosis. To define the contributions to the diagnosis, we performed H reflex, needle EMG, electrical root stimulation and dermatomal SEP studies. Each test was compared with others. Needle EMG showed root abnormalities in 68 %. Lumbosacral electrical root stimulation with 52 % and dermatomal SEP with 44 % followed this respectively. At least one abnormal finding rate was 84 %.*

*Key words: Lumbosacral, radiculopathy, electrophysiology, root stimulation, dermatomal SEP, needle EMG, H reflex*

## GİRİŞ

Elektrodiagnostik testler olası lumbosakral radikülopatisi olan hastada, nörolojik muayenenin bir uzantısı ve tamamlayıcısı olarak kullanılmaktadırlar. Hastalığın tanısının yanısıra, tutulan kökü, tutulumun süresini, akson hasarı ya da fokal demiyelinizasyonu, varsa iyileşme düzeyini ve prognozu belirlemede önemli katkılar sağlarlar. İğne EMG'si tek başına

olgularda yaklaşık % 60-75 oranlarında tanı koydurucu olmaktadır. H refleksi pratikte S1 radikülopatilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. F yanıtlarının birden çok kökle taşınan kompleks yanıtlar olmaları anormallik oranını oldukça düşürmektedir. Benzer şekilde periferik sinirlerin direkt uyarımları ile elde edilen somatosensoriel yanıtların da duyarlılıklarının düşük olduğu gösterilmiştir. Son yıllardaki çalışmalarda, elektriksel kök stimülasyonunun tutulan kökü

\* Taksim Hastanesi Nöroloji Kliniği

belirlemede oldukça hassas olduğu ve dermatomal SEP'lerin, özellikle duysal liflerin etkilendiği kök tutulumlarında lokalizan değer taşıdığı bildirilmektedir (1,4,10-12).

Önceki çalışmalarda daha çok iğne EMG'si ile dermatomal SEP, tibial-peroneal SEP ile dermatomal SEP, iğne EMG'si ile elektriksel kök stimülasyonu karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada lumbosakral radikülopatili olgularda, iğne EMG'si, elektriksel kök stimülasyonu, dermatomal SEP, H refleksi (S1 kökü için) yöntemlerinin tümü karşılaştırılmış, birbirlerine üstünlükleri ve duyarlılıkları araştırılmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroşirürji kliniğine opere edilmek üzere yatırılan yaş ortalamaları  $42.32 \pm 11.5$  olan 15'i kadın ve 10'u erkek unilateral lumbosakral radikülopatili 25 olguda yapılmıştır. Kontrol grubu ise yakınması olmayan, nörolojik muayenesi normal bulunan, yaş ortalaması  $46.7 \pm 11.1$  olan 21 bireyden oluşturulmuştur. 65 yaşını geçen, metabolik, toksik, tümöral herhangi bir sistemik hastalığı olanlar, daha önce lomber laminektomi uygulananlar, iki yanlı belirti ve bulguları bulunanlar çalışma dışında tutulmuştur. Tüm olgu ve normal bireylere çalışmayla ilgili bilgi verilmiştir.

Hastaların hepsine nörolojik muayene yapılarak, lomber CT ve/veya MRI uygulanmıştır. Tüm hastalara L4, L5, S1 miyotomlarına uyan kaslara iğne EMG'si yapılmıştır. H refleksi yanıtları, diz ardından 1 ms süreli düşük akım şiddetinde uyarımlarla, iki yanlı soleus kası üzerinde diz ardının 18-20 cm altına yerleştirilen yüzey elektrodu ile kayıtlanmıştır. Lumbosakral kök uyarımı için hasta yüzükoyun yatırılmış, kaslarını gevşek durumda tutmasına çalışılmıştır. 5 cm uzunluğundaki teflon kaplı katod elektrod L2-L3 spinal proseslerin arasına, posterior laminalara değecek kadar ilerletilerek, kısa çıplak referans elektrod, bir-iki vertebra üzerine subkutan olarak yerleştirilmiştir. Yaklaşık 50-150 Volt ve 0.5-1 ms'lik uyarımlarla her iki alt ekstremité kaslarında motor kontraksiyonlar gözlenmiş, iki yanlı homolog kaslardan (L4, için rektus femoris, L5 için tibialis anterior, S1 için soleus kası) kayıtlama yapılmıştır. Stimulus şiddeti kademeli olarak artırılarak H refleksi yanıtı olmadığından emin olunmaya ve 1

mV'un üzerinde yanıt elde edilmeye çalışılmıştır. Tüm SEP inceleme-lerinde kayıtlamalar için aktif silver cup elektrod Cz ve referans silver cup elektrod Fz üzerine yerleştirilmiş, posterior tibial SEP için iç malleol, dermatomal SEP için L4, L5 ve S1 için Slimp JC, Stolov WC ark.'larının tanımladığı dermatomlarla uyumlu bölgeler (11,8) 2 Hz ve 0.1 ms süreli (dermatomal için kas uyarımına neden olmayacak şiddette) uyarılmış, en az 256 ortalama ve iki kez kayıtlama yapılmıştır.

Tüm elektrofizyolojik incelemeler Medelec Sapphire 4ME cihazı ile yapılmış, tüm incelemeler için ayrı ayrı uygun filtrasyon aralıkları kullanılmıştır. İki grup karşılaştırmasında student-T testi, sağlam ve hasta taraf karşılaştırmasında eşli T testi, grupların karşılaştırılmasında eş düzenli olmayan veriler için Mann Whitney U testi kullanılmış, analizler için SPSS'ten yararlanılmıştır.

## BULGULAR

### Kontroller (Tablo 1, 2)

10 kadın ve 11 erkekten oluşan yaş ortalamaları  $46.7 \pm 11.1$  olan 21 normal kontrolde, nörolojik muayene, tüm motor ve duysal iletiler, H refleksi yanıtları normal bulunmuş (H refleksi yanıtları, Braddom RL ve Johnson EW'ce geliştirilen boy ve yaş normogramına göre değerlendirilmiştir), iğne EMG'sinde patoloji saptanmamış, posterior tibial SEP, dermatomal SEP ve elektriksel kök stimülasyon yanıtları iki yanlı

Tablo 1. Kontrol grubu kök stimülasyonu ortalama değerleri.

	L4 Kok Uyarımı Rectus Femoris	L5 Kok Uyarımı Tibialis Anterior	S1 Kok Uyarımı Soleus
Sağ	$9.57 \pm 1.28$ ms	$13.2 \pm 1.55$ ms	$13.2 \pm 1.55$ ms
Sol	$9.57 \pm 1.28$ ms	$13.1 \pm 1.54$ ms	$13.1 \pm 1.54$ ms
Latans farkı	$0.22 \pm 0.14$ ms	$0.2 \pm 0.16$ ms	$0.2 \pm 0.16$ ms
Üst limit	0.8 ms	0.8 ms	0.8 ms

Tablo 2. Hasta grubu kök stimülasyonu ortalama değerleri.

	L4 Kok Uyarımı Rectus Femoris	L5 Kok Uyarımı Tibialis Anterior	S1 Kok Uyarımı Soleus
Sağ	$8.8 \pm 1.6$ ms	$13.6 \pm 2.8$ ms	$14.6 \pm 2.7$ ms
Sol	$8.8 \pm 1.6$ ms	$13.3 \pm 2.6$ ms	$13.9 \pm 2.1$ ms
Latans farkı	$0.15 \pm 0.14$ ms	$0.34 \pm 0.53$ ms	$0.8 \pm 1$ ms

birbirlerine benzer olarak tespit edilmiştir. Dermatomal SEP yanıtları Slimp ve ark.' larının, elektriksel kök stimülasyonu değerleri Ertekin ve ark.' larının değerlerine benzer elde edilmiştir. Kök stimülasyonunda L4, L5 ve S1 kökleri için ortalama değerler (R/L) 9.57±1.28/9.58±1.38 ms, 13.2±1.55/13.1±1.54 ms, 14.2±1.5/14.1±1.55 ms tespit edilmiş, sağ-sol fark ortalamaları sırası ile 0.2±0.16 ms, 0.22±0.14 ms, 0.2±0.17 ms bulunmuştur. L4, L5, S1 dermatomal SEP'ler için, yine sırası ile (R/L) 37.7±2/37.7±2.1 ms, 42.5±2.1/42.7±2.4 ms, 43.7±2.5/43.9±2.5 ms bulunmuş; sağ-sol farkı ortalaması sırası ile 0.32±0.32; 0.6±0.43 ve 0.6±0.5 ms olarak hesaplanmıştır. Posterior tibial SEP incelemesinde ortalama değerler 39.5±1.8 / 39.2±1.75, sağ-sol latans farkı 0.4±0.5 bulunmuştur.

#### Hastalar (Tablo 3, 4)

L4, L5, S1 (daha çok L5, S1) kök basısı olan 25 olgunun 15'i kadın ve 10'u erkekti, yaş ortalamaları 42.32±11.5 idi. Yakınma süreleri en az 14 ve en çok 3 yıldt. Klinik olarak 25 olguda saptadığımız ünilateral lumbosakral radikülopati tanısı hepsinde radyolojik olarak, 21'inde elektrofizyolojik olarak desteklenmiştir (bazı olgularda aynı tarafta hem L5 hem de S1 radikülopati bulguları mevcuttu). Radyolojik tanıları daha sonra peroperatuar doğrulanmıştır. 4 olguda elektrofizyolojik anormallik saptanmamıştır. Hasta grubu kök uyarımı ortalama değerleri L4, L5 ve S1 kökleri için sırası ile (etkilenen taraf/sağlam taraf) 8.8±1.6/8.8±1.6 ms, 13.6±2.8/13.3±2.6 ms,

Tablo 3. Kontrol grubunda posterior tibial SEP ve dermatomal SEP ortalama değerleri.

	PT SEP	L4 DSEP	L5 DSEP	S1 DSEP
Sağ	39.5±1.8 ms	37.7±2 ms	42.5±2.1 ms	43.7±2.5 ms
Sol	39.2±1.75 ms	37.7±2.1 ms	42.7±2.4 ms	43.9±2.5 ms
Latans farkı	0.4±0.5 ms	0.32±0.32 ms	0.6±0.43 ms	0.6±0.5 ms
Üst limit	2 ms	2 ms	2 ms	2.1 ms

Tablo 4. Hasta grubunda posterior tibial SEP ve dermatomal SEP ortalama değerleri.

	PT SEP	L4 DSEP	L5 DSEP	S1 DSEP
Sağ	39.4±2.4 ms	37.7±2.1 ms	43.2±2.9 ms	43.4±2.8 ms
Sol	39.9±2.7 ms	37.6±2.3 ms	43.4±2.8 ms	44.6±3.6 ms
Latans farkı	1.05±1.7 ms	0.3±0.35 ms	1.28±2.16 ms	1±1.5 ms

14.6±2.7/13.9±2.1 ms, sağ-sol fark ortalamaları sırası ile 0.15±0.14 ms, 0.34±0.53 ms, 0.8±1 ms bulunmuştur. L4, L5, S1 dermatomal SEP'ler için, yine sırası ile (R/L) 37.7±2.1/37.6±2.3 ms, 43.2±2.9/43.4±2.8 ms, 43.97±3.3/44.6±3.6 ms bulunmuş; sağ-sol farkı ortalaması sırası ile 0.3±0.35; 1.28±2.16 ve 1±1.5 ms olarak hesaplanmıştır. Posterior tibial SEP incelemesinde ortalama değerler 39.4±2.4/39.9±2.7 ms, sağ-sol latans farkı 1.05±1.7 ms olarak elde edilmiştir.

İğne EMG'sinde en fazla, sırası ile, katılma oranında seyrelme, erken polifazi artışı, subakut-kronik MÜP değişiklikleri, paraspinale denervasyon, extremitede ilgili miyotomda denervasyon potansiyelleri gibi patolojilere rastlanmıştır. H refleksi incelemelerinde % 50 amplitüd farkı olanlar ve/veya 1 ms nin üzerindeki latans farkları ve elde edilememesi patolojik kabul edilmiştir. Kök stimülasyonunda kontrol grubunun fark ortalaması değerinin 3SD (>0.9 ms) fazla olan taraf farkları patolojik olarak kabul edilmiştir. Dermatomal SEP'te de benzer olarak fark ortalamasının +3SD üzerindeki farklar (> 3 ms) ve yanıt elde edilememesi patolojik olarak kabul edilmiştir. Posterior tibial SEP'te, yine sağ-sol farkının +3SD üzerindeki değerler (>2 ms) ve % 50'nin üzerindeki amplitüd farkı patolojik olarak değerlendirilmiştir.

25 hastanın 17'sinde iğne EMG'si bulgusu tespit edilmiş (% 68) (bkz. grafik 1), 17 olgunun 1'inde EMG bulgusu operasyon tanısı ile uyumsuz bulunmuş (dermatomal SEP ve kök stimülasyon patolojileri, klinik lokalizasyonu EMG bulgusunu desteklemekteydi), 3 olguda ise yalnızca EMG bulgusu gözlenmiş ve bu bulgular operasyon tanısı ile uyumlu bulunmuştur. H refleksi 7 hastada patolojik olarak değerlendirilmiş (% 38.8) ve bu operasyon tanısı ile uyumlu bulunmuştur. Posterior tibial SEP sadece 4 olguda patolojik bulunurken, dermatomal SEP'ler 11 olguda (% 44) bir tarafta patolojik latans uzaması göstermiş, bu olguların 7'si klinik ile korele bulunmuştur. EMG bulgusu gözlenmeyen 2 olguda dermatomal SEP patolojisi mevcut ve bu klinik tanı ile uyumlu bulunmuştur. 4 olguda kök stimülasyon değeri normal iken, dermatomal SEP P1 latans değerleri bir tarafta patolojik uzamış tespit edilmiştir. H refleksi yanıtı normal olduğu halde dermatomal SEP S1 kök patolojisini gösterebilmiştir. Elektriksel kök stimülasyonunda 13 olguda etkilenen tarafta bazen

bir, bazen iki dermatomun uyarımı ile patolojik uzama saptanmıştır (% 52). 2 olguda, ön planda tutulan kök uyarımı normalken, daha hafif tutulum gösterdiği düşünülen kökün uyarımı ile patolojik uzama gözlenmiştir. 1 olguda EMG normalken, kök stimülasyonunda belirgin uzama tespit edilmiştir. Patolojik latans uzaması gözlenen 13 olgunun 9'u S1 kök patolojisini, 2'si L5 kök patolojisini, ikisi de hem L5 hem de S1 kök patolojilerini göstermiştir.

Tüm olguların 13'ünde en az iki (% 52), 21'inde en az bir (% 84) anormal elektrofizyolojik bulgu saptanmıştır. SEP veya iğne EMG patolojisi % 76, dermatomal SEP veya kök stimülasyonu patolojisi % 68, kök stimülasyonu ya da iğne EMG'si patolojisi % 76 oranlarında tespit edilmiştir.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Elektrofizyolojik tanı yöntemleri, şüpheli radikülopatilerin değerlendirilmesinde çok invaziv olmayan güvenilir ve duyarlı yöntemlerdir. Özellikle tanı ve prognoz belirlemede, radyolojik bulgunun klinikle ilişkilendirilmesinde çok yararlıdır.

Bu çalışmada yukarıda sözü edilen yöntemlerin birbirlerine üstünlüklerini ve duyarlılıklarını ortaya koymayı amaçladık.

Olgularda % 68'le en fazla anormallik oranı İğne EMG'sinde saptanmıştır, bu sonuç M.J. Aminoff ve ark. ve Eisen ve ark. çalışmalarıyla benzerdir. Ancak Ertekin ve ark. kök stimülasyonunun daha yüksek oranda anormal bulguyu ortaya çıkardığını belirttikleri çalışmadan farklılık göstermiştir. Yine de bu çalışmada iğne EMG'sinde saptanan patoloji oranı (% 65) bizimki ile benzer bulunmuştur (1-4).

Lumbosakral radikülopatilerde, posterior tibial ve peroneal SEP yanıtlarının duyarlılığı ile ilgili çalışmalar, patoloji saptama oranını % 0'dan % 100 kadar, segmental-dermatomal SEP'lerde % 48'den % 70'e kadar vermektedirler (1-3,5-7,9). Bu sonuçlar oldukça kafa karıştırıcı olmuştur, yanlış anormallik kabul etme kriterlerindeki esnekliğe dayanmaktadır. Kriterler, yanıt elde edilememesi ve latans farkının+3SD üzerindeki değerleri, % 50'nin üzerinde amplitüd değişikliklerini, çok kötü morfolojileri patolojik kabul etme noktasına geldiğinde patoloji saptama oranı

düşmektedir (10). Posterior tibial ve peroneal SEP çalışmaları birden çok kökü ilgilendirdiğinden hem anormallik saptama şansı, hem de spesifite düşmektedir (1,2,10). Aminof ve ark. peroneal SEP'le % 0 patoloji saptarlarken, dermatomal SEP'le bu oranı iki ayrı çalışmada % 25 ve % 32 bulmuşlardır. Çalışmamızda posterior tibial SEP'te patoloji saptama oranı % 16, dermatomal SEP patoloji saptama oranı % 44 bulunmuştur. Bu sonuçlar Aminoff ve ark.'nın sonuçları ile benzerlik göstermektedir (1,2).

S1 kök lezyonu düşünülen 16 olgunun 7'sinde, H refleksi patolojisi saptanmış, bu da operasyon tanıları ile uyumlu bulunmuştur. Bu sonuç, Aminof ve ark.'nın 22 S1 kök lezyonlu olgunun 9'unda saptadıkları H refleksi patolojisi oranı ile benzerdir (1).

Yüksek voltajlı, perkutanöz elektriksel uyarımla elde edilen motor uyarılmış potansiyellerin lomber radikülopati tanısındaki yeri daha önce gösterilmiştir (12). Bizim örnek aldığımız yöntemi geliştiren ve lumbosakral radikülopatilerde uygulayan Ertekin ve ark. (4) elektriksel kök uyarımı ile iğne EMG'sinden daha yüksek anormallik tespit etmişlerdir (% 80 ve % 65). Bu çalışmada ikinci en fazla anormallik oranı %52 ile elektriksel kök stimülasyonunda elde edilmiştir. Çalışmamızda, anormallik oranı, Ertekin ve ark.'nın çalışmasında olduğu gibi yine yüksek, ancak bu çalışmaya göre daha düşük bulunmuştur.

Hafif olgularda, iğne EMG'si, erken dönemde yardımcı olamama gibi bir zayıf yöne sahip olmakla birlikte, aktif ve ciddi lezyonu ortaya koymadaki üstünlük ve akson hasarını gösteren tek inceleme olmasıyla, önemini korumaktadır. SEP ve kök stimülasyonunda, birincide duysal ve ikincide motor lifler test edilmektedir. H refleksi incelemesinde, sadece S1 kökü için uygulanabilir olmakla birlikte, erken dönemde hafif olgularda motor ve preganglionik duysal lifler değerlendirilebilmektedir. Her üç inceleme yöntemiyle de, temel olarak hafif şiddetteki olgularda fokal demiyelinizasyondan kaynaklanan latans gecikmesi ve amplitüd düşmesinin saptanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, kök stimülasyonu ile daha çok S1 patolojisinin belirlendiği, H refleksleri normal olan 3 olguda, S1 patolojisinin dermatomal SEP'le ortaya konduğu gösterilmiştir. İğne EMG'si çok hafif olgularda belirgin değişiklik göstermez. Hafif-orta ve orta şiddetteki olgularda fokal demiyel-

linizasyon erken polifazi artışı ile kendini gösterir ve artık tek başına da erken dönemde tanı koydurucudur. Katılma oranında seyrelme fokal demiyelinizasyon ve/veya akson kaybını işaret eder. 2 haftalık bir süreden sonra belirgin motor ünit değişikliklerinin ortaya çıkmaması, paraspinal denervasyonun gelişmemiş olması tutulumun fokal demiyelinizasyon ağırlıklı olduğunu ortaya koyar.

Bu çalışma, iğne EMG'sinin tüm elektrofizyolojik yöntemlerle karşılaştırıldığında, özellikle aktif ve ciddi bir tutulumu belirlemede halen en üstün ve en değerli yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Elektriksel kök stimülasyonu ve dermatomal SEP incelemeleri, sırasıyla erken dönem motor tutulumu ve erken dönem duysal etkilenimi saptamada, hafif olguların erken dönem incelemesinde, iğne EMG'sine göre kısmi bir üstünlük göstermektedirler. H refleksi, S1 kök lezyonlarının erken dönem patolojilerini göstermede kolay uygulanabilir bir yöntemdir, ancak kök stimülasyonu ile daha fazla sayıda S1 kökü patolojisi saptanmıştır. H refleksi normal olan olgularda da dermatomal SEP patolojileri tespit edilebilmiştir (tersi de geçerli).

Özellikle iğne EMG'sinde ve H refleksi incelemesinde patoloji saptanmayan olgularda, erken dönem incelemelerinde ve multipl kök basılarında aktif tutulumu belirlemede dermatomal SEP ve elektriksel kök stimülasyonu yöntemleri incelemeye dahil edilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Aminoff MJ, Douglas S, Goodin, Gareth J, Rosenblum, et al: Electrophysiologic evaluation of lumbosakral radikülopaties. Electromyography, late responses and somatosensory evoked potentials. Neurology 35:1513-1518, 1985.
2. Aminoff MJ, Goodin DS, Barbaro NM, Weinstein PR, et al: Dermatomal evoked potentials in unilateral lumbosakral radikülopaty. Ann Neurol 17:171-176, 1985.
3. Eisen A, Hoich M, Moll A, et al: Evaluation of radikülopaties by segmental stimulation and somatosensory evoked potentials. Can J Neurol Sci 10(3):178-182, 1983.
4. Ertekin C, Şirin H, Koyuncuoğlu HR, et al: Diagnostic value of electrical stimulation of lumbosakral root in radikülopaties. Acta Neurol Scand 90:26-33, 1994.
5. Katifi HA, Sedgwick EM, et al: Evaluation of the dermatomal somatosensory evoked potentials in the diagnosis of lumbosakral root compression. J Neurol Neurosurg Psych 50:1204-1210, 1987.
6. Machida M, Asai T, Sato K, et al: New approach for diagnosis in herniated lumbosakral disc. Dermatomal somatosensory evoked potentials. Spine 11(4):380-4, 1986.
7. Perlik S, Fisher MA, Patel DV, Slack C, et al: On the usefulness of somatosensory evoked responses for the evaluation of lower back pain. Arch Neurol 43(9):907-13, 1986.
8. Pop PHM and Stolov, Slimp: Dermatomal somatosensory evoked potentials of the lumbar and cervical roots. In: Jay A. Liveson, Dong M. Ma, Laboratory Reference for Clinical Neurophysiology, F.A. Davis Company, 321-323, 1992.
9. Seyal M, LS Sandhu and YP Mack, et al: Spinal segmental somatosensory evoked potentials in lumbosakral radikülopaties. Neurology 39:801-805, 1989.
10. Shin J. Oh: Somatosensory evoked potentials in radikülopaties in Clinical Electromyography. Second edition, Williams & Wilkins 465-468, 1992.
11. Slimp JC, Rubner ML, Stolov WC, et al: Dermatomal somatosensory evoked potentials: cervical, thoracic and lumbosakral levels. Electroencephalogr. Clin Neurophysiol 84:55-70, 1992.
12. Tabaraud F, Hugon J, Chazal F, et al: Motor evoked responses after lumbar spinal stimulation in patients with L5 or S1 radicular involvement. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 72(4):334-9, 1989.