

SOMATOSENSORİK UYARILMIŞ POTANSİYELLER

Uz. Ömer BOZDOĞAN (x)

ÖZET :

Somatosensorik uyarılmış potansiyeller sinir sistemindeki nörofizyolojik olayların anlaşılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makalede omurilik ve korteks somatosensorik potansiyelleri: Kayıt edilmesi, uyarılması ve kaynaklandığı yapılar hakkında son yıllara kadar yapılan çalışmalar derlenmiştir.

GİRİŞ :

Sinir sisteminde nöronların uyarılması sonucu hücrelerarası sıvıda iyonik dengenin bozulması elektriksel potansiyel değişikliğine neden olur. Bu potansiyel değişikliği, uyarılan sinir dokusu yakınına konan mikroelektrotlarla saptanabilir.

Bu amaçla kafatası yüzeyine konan elektrotlardan kayıt edilen elektroensefalogram (EEG), kafatası içerisindeki sinirsel yapıların dinlenti halindeki aktivitesini yansıtır(1). Dışarıdan verilen doğal yada elektriksel uyarım sonucu'da sinir sisteminin çeşitli yapılarında oluşan potansiyel değişiklikler kayıt edilebilir(2). Bu şekilde oluşturulmuş potansiyellere uyarılmış potansiyel (EP: Evoked Potential) denir. Somatosensorik uyarım sonucu SEP (Somatosensory Evoked Potential), işitsel uyarım sonucu AEP (Auditory Evoked Potential), görsel uyarım sonucu VEP (Visual Evoked Potential) kayıt edilmektedir(3).

Bu derleme yazıda somatosensorik uyarılmış potansiyeller, kaynaklandığı sinirsel yapılar konusunda son yıllara kadar yapılan araştırma sonuçları tartışılacaktır.

(x) Atatürk. Üni. Kars Veteriner Fakültesi Fizyoloji Bilim Dalı Araş. Gör.

SOMATOSENSORİK POTANSİYELLER

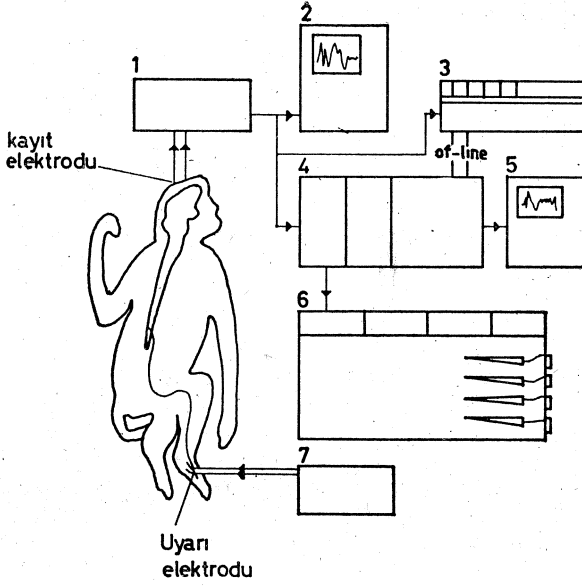
Somatosensorik potansiyeller periferel sinirlerin uyarılması sonucu somatosensorik korteks'ten yada omurilikten kayıt edilmektedir. Bu potansiyeller hem uyarılan afferent aksonlardaki, hem de postsinaptik nöronlardaki aktiviteyi yansıtmaktadır(2). Kayıt elektroduna yansıyan ilk potansiyeller, uyarılan afferent aksonlar boyunca yayılan aksiyon potansiyelidir. Bu potansiyeller genellikle trifazik formda (pozitif-negatif-pozitif;) kayıt edilmektedir. Uyarı ile kayıt elektrodu arasındaki uzaklık ne kadar fazla olursa, trifazik potansiyelin (Spayk potansiyeli) genliğide o kadar küçülür (4). Spayk potansiyelini postsinaptik potansiyeller izler. Bu potansiyeller yavaş değişim gösterirler ve polariteleri negatiftir. Postsinaptik potansiyeller, aksiyon potansiyeli gibi hep yada hiç yavaşına uymazlar ve uyarı frekansı arttıkça genliklerinde azalma görülür(5).

Somatosensorik potansiyellerde dalga formu uyarılan sinir teli, kaydın alındığı yer ve kayıt tekniğine göre değişiklikler gösterir. Kayıt teknikleri farklı olmasına rağmen, çeşitli hayvan türlerinde benzer sinir liflerinin uyarılması sonucu kayıt edilen potansiyellerde dalga formu birbirine benzerdir(6).

Uyarılma ve kayıt

Somatosensorik potansiyellerin kayıt edilmesinde en yaygın olarak kullanılan uyarı yerleri ekstremite afferent sinirleridir. Uyarım genellikle mekanik yada elektriksel olarak yapılmaktadır. Mekanik uyarılma deri yüzeyinden özel aygıtlarla dokunsal olarak yada kasın gerimini artırarak olur(7,8). Mekanik uyarılma daha doğal olmasına rağmen, bu uyarılar sonucu oluşan postsinaptik potansiyellerin genliği daha küçüktür. Mekanik uyarımda artifakt, elektriksel uyarımda olduğundan daha fazladır. Elektriksel uyarım yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür uyarımda oluşan somatosensorik potansiyelin genliği daha büyüktür(7). Elektriksel uyarımda 0.2-2msn. süreli doğru akım acı oluşturmayacak şekilde, uyarılmak istenen sinir lifi üzerindeki en yakın deri yüzeyinden ya da deri dokusunu geçerek doğrudan sinir lifine uygulanır(9). Deney hayvanları ile yapılan çalışmalarda iyice açığa çıkartılmış sinir lifi uyarılır. Uyarımın şiddeti minimal kas kasılması görülünceye kadar artırılabilir.

Ön ekstremite sinirleri uyarıldığında kayıt elektrotları, plexus brachialis, n. gracilis ve n. cuneatus'un bulunduğu ikinci servikal omurilik segmenti ve uyarılan ekstremitenin karşı tarafındaki somatosensorik alan üzerine konabilir(9). Arka ekstremite periferel sinirleri uyarıldığında, bu bölgelere ek olarak omurilik boyuncada elektrotlar konabilir (Şekil 1).



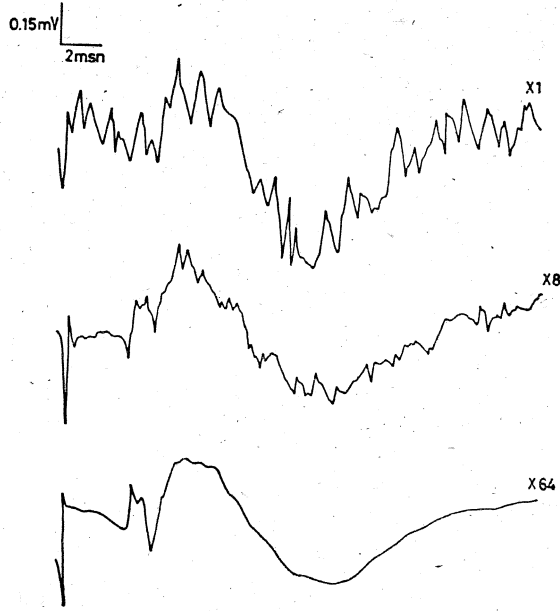
Şekil 1. Somatosensorik potansiyellerin kayıt edilmesi. 1. Amplifikatör, 2. 5. Ossiloskop, 3. Manyetik teyp, 4. Aearajlama aygıtı, 6. Poligraf, 7. Stimulatör (Klemm, W.R. (1)'den uyarlanmıştır).

Somatosensorik potansiyeller çıktığı kaynağa yakın elektrotlardan maksimal genlikte elde edilmektedir. Kaynaktan uzaklaştıkça potansiyellerin genliği de küçülmektedir(10,11). Derin anestezinin omurilikten kayıt edilen somatosensorik potansiyeller üzerine etkisi olmadığı yapılan önceki çalışmalarda ortaya konmuştur(4). Ancak anestezi edilmemiş hayvanlarda serebral korteksten kayıt edilen somatosensorik potansiyellerde bileşenlerin ayırıt edilmesi güçtür(12). Son yıllarda ratlarda yapılan çalışmalarda bazı anestetik maddelerin daha çok C lifleri uyarılmış potansiyelleri üzerine etkili olduğu diğer liflerin (A-) uyarılması sonucu oluşan somatosensorik potansiyeller üzerine fazla etkisi olmadığı saptanmıştır(13,14).

Somatosensorik potansiyeller daha çok monopolar kayıt edilmektedir. Monopolar kayıtlarda referans elektrodu sinirsel olmayan inaktif bir dokuda olduğundan kayıt edilen potansiyelin genliği daha büyüktür(15,16). Çeşitli çalışmalarda farklı elektrot tiplerinin, kayıt edilen somatosensorik potansiyeller üzerine etkisi araştırılmış ve potansiyellerin dalga formu birbirine benzer bulunmuştur (17,18). Somatosensorik potansiyeller çeşitli frekansta dalgalar içerdiğinden amplifikatörde uygun bir frekans bandının seçilmesi çok önemlidir. Somatosensör potansiyellerin hızlı bileşenleri yüksek frekans bandında daha belirgin olarak kayıt edilir.

Frekans bandı-genişliği artırıldıkça kayıt edilen potansiyeldeki dalgaların çıkış süresi (latens) ve genliği artmaktadır(19). Somatosensorik potansiyellerin kayıtedilmesinde en önemli işlem, artifaktların yok edilmesidir.

1950 yıllarında Dawson'un geliştirdiği bir aygıt ile bunun üstesinden gelinmiştir. Bu aygıt ile birden çok sinyal birbiri üzerine alınarak rasgele oluşan potansiyeller (artifakt) elemine edilir (Şekil 2).



Şekil 2. Ortalama sinyaller alınarak artifaktların yok edilmesi. En üstteki tek bir sinyali, diğerleri ortalaması alınmış sinyalleri göstermektedir. Her sinyalin üzerindeki rakamlar ortalama sayısını belirtmektedir. Sinyaller ratlarda sural sinirin uyarılması sonucu omurilikten (L1-T13) kayıt edilmiştir (Bozdoğan, Ö. 18)).

Değerlendirme

Somatosensorik potansiyeller trifazik aksiyon potansiyelini takip eden bir dizi negatif ve pozitif polaritede dalgalar içerir. Her bir dalga polaritesine göre negatif (N) ve pozitif (P) olarak belirlenir. Uyarı artifaktından 15 msn. sonra çıkan negatif dalga N15 olarak yada çıkış sırasına göre N1, N2, şeklinde gösterilir. Dalgaların genliği milvolt (mV), çıkış süresi milisaniye(msn) olarak ölçülür. Somatosensorik potansiyellerde her bir dalganın tek bir kaynağı vardır (20). Çeşitli hayvan türlerinde yapılan çalışmalarda aynı türde uyarımlar sonucu kayıt edilen somatosensorik potansiyeller birbirine benzerdir(18,21,22,23,24). Bu nedenle somatosensorik potansiyellerde her dalganın kaynaklandığı sinirsel yapılar hakkında ortak bir değerlendirme yapılabilmektedir. Klinik nörolojide, periferik

ve merkezi sinir sistemi bozukluklarının teşhisinde somatosensorik potansiyellerinin değerlendirilmesi, normal dalga formlarına göre olmaktadır.

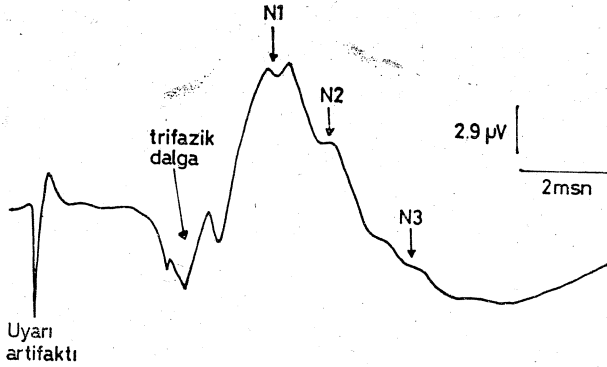
OMURULİK SOMATOSENSORİK UYARILMIŞ POTANSİYELLERİ

Somatosensorik uyarım sonucu omurilik yüzeyinden yada içerisinden kayıt edilen potansiyellere omurilik somatosensorik uyarılmış potansiyeli (sSEP, spinal Somatosensory Evoked Potential) denir. İlk olarak Graham ve Gasser(4) tarafından dorsal kök afferent sinirlerinin uyarılması sonucu kayıt edilmiştir. Omurilik somatosensorik potansiyelleri hakkında bugüne kadar elde edilen bilgilerin çoğu kediler üzerinde yapılan çalışmalarda elde edilmiştir(4,5,16,25-31). Maksimal genlikteki potansiyeller uyarılan aferent sinirlerin omuriliğe girdiği segment üzerinden kayıt edilmektedir. B giriş bölgesinden 1,2 segment uzakta potansiyellerin genliği küçülür(29,32). Omurilik somatosensorik potansiyelindeki dalgaların karakterize edilmesi ve kaynağının saptanması omurilik yüzeyinden ve derinlemesine alınan kayıtlarla yapılmaktadır.

Ekstremita periferel sinirleri uyarıldığında, spike potansiyelinden sora kayıt edilen N1 dalgası kalın miyelinli ($A\alpha\beta$) lifleri uyarıldığında oluşmaktadır (18,32,33). Diğer kayıt edilen negatif potansiyellere göre genliği en büyük olanıdır. N1 dalgası farklı sinir liflerinin uyarılması sonucunda birbirine benzer formlarda elde edilir, ancak maksimal genliğin kayıt edildiği omurilik bölgeleri aynı değildir(34). Omurilikten derinlemesine alınan kayıtlarda, N1 dalgasını oluşturan yapının dorsal boynuz tabanında olduğu bulunmuştur(18,29,31,32). İnce miyelinli lifler ($A\beta$) uyarıldığında ikinci negatif dalga N2 kayıt edilmektedir (18,32), 33,35,36). N2 dalgası N1'in inen kolunda omuz şelinde bir çıkıntı yapar. Yapılan çalışmalarda N2'nin kaynaklandığı yapının N1'e göre daha ventral ve lateralde olduğu bulunmuştur(18,29,31). N2 dalgası N1'e göre daha küçük genlikli olduğundan yüzey kayıtlarında tespit edilememektedir. Artan uyarı şiddetlerinde, daha ince miyelinli liflerin ($A\delta$) uyarılması sonucu N2'yi takip eden N3 dalgası oluşmaktadır (18,32, 36). N3 dalgasının genliği oldukça küçük olduğundan kayıtlarda ayırt edilmesi zordur. En belirgin olarak maymunlarda $A\delta$ lifleri uyarıldığında kayıt edilmiştir (32). Son yıllarda ratlarda yapılan çalışmalarda N1,N2,N3; ten ayrı olarak geç gelen negatif bir potansiyel, miyelinsiz C lifleri uyarıldığında oluşmuştur(14,37). Bundan farklı olarak, Liang(36) aynı lif gurubunun uyarılması sonucu negatif dalga yerine geç gelen pozitif bir dalga kayıt etmiştir.

Omurilikten yapılan direkt kayıtlarda negatif potansiyellerden başka pozitif bir dalga vardır. P dalgası N1 maksimal şiddette uyarıldığında en yüksek genlikte kayıt edilir (4,11). Bu dalganın presinaptik yumrulardaki depolarizasyon sonucu oluştuğu bulunmuştur(38), P dalgası yüksek frekans bandında yapılan kayıtlarda daha belirgin olarak kayıt edilmiştir(18,19), Şekil 3'te maksimal uyarı şiddetinde kayıt edilen sSEP gösterilmiştir. Omurilik somatosensorik potansiyelleri insanlarda

omurga boyunca deri yüzeyinden yada intratekal olarak duramater üzerinden kayıt edilmektedir(10,11),19,39,43). Deney hayvanlarında kayıt elen potansiyellere benzer şekilde, maksimal genlikteki potansiyel uyarılan afferentlerin omuriliğe girdiği segment üzerinden kayıt edilmiştir(11,15,144). Çocuklarda kayıt edilen omurilik potansiyellerinin genliği yetişkinlerdekine göre daha yüksek bulunmuştur(39).



Şekil 3. Maksimal uyarı şiddetinde ratlarda sural sinirin uyarılması sonucu omurilikten (L1-T13) subdural olarak kayıt edilen sSEP (Bozdoğan, Ö (18)).

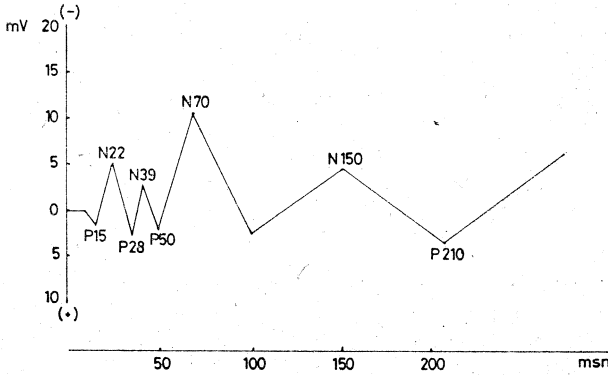
Maksimal genlikteki omurilik potansiyellerinin kayıt edildiği omurilik segmentinde kraniale doğru alınan kayıtlarda potansiyeller henüz tam olarak karakterize edilmemiştir. Bu potansiyeller hızlı değişim gösteren pozitif-negatif polaritede bir çok dalga içermektedir(22,6,46,47). Omurilik dorsal kolonu kesildiğinde, kesimin yapıldığı segmentin kranialinde bu potansiyeller kaybolmaktadır(47). Bu sonuca göre; bu potansiyeller dorsal kolonda giden afferentlerdeki aktiviteyi yansıtmaktadır. Sonraki çalışmalar bu potansiyellerin oluşmasında dorsal kolon dışındaki bazı yollarında sorumlu olabileceğini ortaya koymuştur(27,43,48).

KORTİKAL SOMATOSENSORİK UYARILMIŞ POTANSİYELLER

Periferel sinirlerin uyarılması sonucu, serebral korteks ile direkt temas halindeki mikro elektrotlardan kayıt edilen potansiyel, kortikal somatosensörük uyarılmış potansiyel (cSEP, cortical somatosensory evoked potential) olarak adlandırılır. Bu potansiyeller kortikal nöronların yada uzak subkortikal yapıların aktivitesini yansıtmaktadır(12,48). Anestezi altında subkortikal bölgelerden kaynaklanan aktivite baskılanır(48). İnsanlardan, maymunlardan ve kedilerden anestezi altında somatosensörük korteksten kayıt edilen SEP'te dalga formu birbirine benzerdir (49,53). Başlangıç spayk potansiyelini negatif potansiyel ve hemen sonra pozitif potansiyel takip etmektedir. Kedilerde maksimal genlikle potansiyelin kayıt

edildiği somatosensorik korteksin küçük bir kısmı çıkarıldığında, SEP'te yüksek genlik negatif dalganın küçüldüğü buna karşılık başlangıç polifazik spaykın değişmediği görülmüştür(49). Bu sonuca göre cSEP'te ilk gelen kısa latensli polifazik spayk, subkortikal yada periferel afferent aktiviteyi yansıtmaktadır.

Kliniklerde somatosensorik korteks üzerindeki kafatası bölgesinden cSEP kolayca kayıt edilebilmektedir. İnsanlarda anestezi yapılmadan benzer sinirlerin uyarılması sonucu kafatasından kayıt edilen SEP birbirine benzer bulunmuştur (Şekil 4), (2,9,15,19,42,54). Maksimal genlikteki SEP, uyarılan sinirin karşı tarafındaki somatosensorik alan üzerinden kayıt edilmiştir(54). Goff ve arkadaşları (54) SEP'te tirifazik potansiyelitakip eden pozitif dalgaları, 2,3,4,5 olarak numaralandırılmışlardır. İlk çıkan polifazik dalgaların kaynaklandığı yapılar Desmeth ve Cheron (55) tarafından detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Bu sonuca göre P13 ve P14 olarak numarandırılan dalgalar medilal lemniscuson afferent aksonlarındaki aktiviteyi bu dalgalarından önce gelen P11 ise dorsal kolon'daki afferent aktiviteyi yansıtmaktadır. Doğal uyarımlar verilerek kafatası üzeyinden kayıt edilen SEP daha küçük genlikli olmasına rağmen, elektriksel uyarı ile oluşturulan benzerdir(8). Mann (54) çok zayıf mekanik uyarıların bile SEP oluşturduğunu saptamıştır. Uyarılan bölge değiştiğinde oluşan potansiyelin şeklini'de değişmeler gözlenmiştir(56).



Şekil 4. Kotikal somatosensorik potansiyel; 40 gönüllü normal insanda anestezi yapılmadan, median sinir uyarılarak, kafatası üzerinden (C3-Fz;) kayıt edilen ortalama cSEP'in şematize edilmiş şeklidir (Dyer'e (3) göre Obeso, et. al., 1980'den).

Omuriliğin deneysel olarak oluşturulan lezyonlarında SEP'te oluşan değişiklikler bir çok çalışmalarda araştırılmıştır(50-52, 56-57). Kedilerde yapılan çalışmalarda omurilik dorsal kolununun tamamiyle kesilmesi kortikal SEP'in kaybolmasına neden olmuştur(52,58,59).

SUMMARY :

SOMATOSENSORY EVOKED POTENTIALS

Somatosensory evoked potentials have been recorded extensively to understand neurological processes in the nervous system. This article is aimed at providing the current review of spinal and cortical somatosensory evoked potentials: Recording, stimulating, waveform and its sources.

KAYNAKLAR

1. Klemm, W.R. *Animal Electroencephalography*, Academic Press New York, 1969
2. Greenberg, R.P. Ducker, TB. Evoked potentials in the clinical neurosciences, *J. Neurosurg.*, 56: 1-18, 1982.
3. Dyer, R.S, The use of sensory evoked potentials in toxicology, *Fundament. Appl. Toxicol.* 5: 24-40, 1985,
4. Gasser, H.S. and Graham, H.T., Potentials produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots. *Am. J. Physiol.*, 103: 303-320, 1933.
5. Bernhard, C.G., The spinal cord potentials in leads from the cord dorsum in relation to peripheral source of afferent stimulation *Acta Physiol. Scand.*, 29: 1-29, 1953.
6. Bullock, T.H., Interspecific comparison of brain stem auditory evoked potentials and frequency following responses among vertebrate classes, In: *Evoked Potentials*, Vol. 111 edited by Cracco, R.O. and Wollner, I.B., Alan R. Liss Inc., New York, 1986.
7. Pratt, H. and Starr, A; Somatosensory evoked potentials to natural forms of stimulation, In: *Evoked Potentials*, Vol. 111 edited by Cracco, R.O. and Wollner, I. B; Alan R. Liss Inc., New York, 1986.
8. Larsson, L.E. and Prevec, T.S; Somatosensory response to mechanical stimulation as recorded in the human EEG, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol* 28: 162-172, 1970.
9. Chiappa, K.H., Evoked potentials in clinical medicine, *The New England Journal of Medicine*, 306: 1203-1216, 1982.
10. Ertekin, C., Comparison of the human evoked electrospinogram recorder from the intrathecal, epidural and cutaneous levels, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 44: 683-690, 1978.
11. Cracco, R.Q., Cracco, J.B., Sarnowski, R., et. al., Spinal evoked potentials, *Prog., Clin. Neurophysiol.*, Vol.7. edited by J. E. Desmedt pp. 87-104, 1980.

12. Arezzo, J.C., Vaughan, H.G. and Legatt, A.D. Topography and intracranial sources of somatosensory evoked potentials in the monkey II. Cortical components, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 51: 1-18, 1981.
13. Woolf, C.J. and Wiesenfeld-Hallin, Z., The systemic administration of local anesthetics produces a selective depression of C afferent fibre evoked activity in the spinal cord, *Pain*, 23: 361-374, 1985.
14. Peets, J.N., Power, C. and Pomeranz, B., B., Long latency spinal cord dorsum potential; Suppression by intrathecal morphine and enkephalin analog, *Brain Research*, 304: 279-284, 1984.
15. Jones, S.J. and Small, D.G., Spinal and subcortical evoked potentials following stimulation of posterior tibial nerve in Man, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 44: 299-306, 1978.
16. Cracco, R.Q. and Evans, D., Spinal evoked potential in the cat; Effects of asphyxia, strychnine, cord section and compression, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 44: 187-201, 1978.
17. Sivola, J. and Jarvilehto, M., Spinal evoked potential evaluated with two relevant electrode types, *Physiol. Acta. Scand.* 115:103-107, 1982.
18. Bozdoğan, Ö., Cord dorsum potentials evoked by peripheral nerve stimulation in the rat, *MS. Thesis, M.E.T.U.-Ankara*, 1986.
19. York, D.H., Somatosensory evoked potentials in Man: Differentiation of spinal pathways responsible for conduction from the forelimb vs hindlimb, *Prog. Neurobiol.*, 25: 1-15, 1985.
20. Lehmann, D., Spatial analyses of human evoked potentials, In; *Evoked Potentials*, Vol, III edited by Cracco, R.Q. and Wollner, I.B., Alan R. Liss Inc., New York, 1986.
21. Feenstra, B.W.A. and Schropp, R.E.1., Terrapin muscle afferents studied by cord dorsum potential analyses, *Comp. Biochem. Physiol*, Vol 81A, No. 3, 659-667, 1985.
22. Holliday, T.A., Weldon, N.E., Ealand, B.G., Percutaneous recording of evoked spinal cord potentials of dogs, *Am. J. Vet. Res.*, Vol. 40; 326-333, 1979.
23. Carpenter, D.O., and Rudomin, P., The organization of primary afferent depolarization in the isolated spinal cord of the frog, *J. Physiol.*, 229: 471-493, 1973.
24. Mendel, L., Properties and distribution of peripherally evoked presynaptic hyperpolarization in cat lumbar spinal cord, *J. Physiol.* 226: 769-793, 1972.

25. Schram, J., Krause, R., Shigeno, T., et al. Experimental investigation on the spinal cord evoked injury potential, *J. Neurosurg.*, 59: 485-492, 1983.
26. Happel, L.T., LeBlanc, H.J. and Kline, D.G., Spinal cord potentials evoked by peripheral nerve stimulation, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 38: 349-354, 1975.
27. Sarnowski, R.J., Cracco, R.Q., Vogel, H.B., et al., Spinal evoked response in the cat, *J. Neurosurg.*, 43: 329-336, 1975.
28. Lucas, M.B., and Willes, W.D., Identification of muscle afferents which activate interneurons in the intermediate nucleus, *J. Neurophysiol.*, 37: 282-293, 1974.
29. Willis, W.D., Skinner, R.D., et al., Differential distribution of spinal cord potentials, *Exp. Brain Res.*, 17: 169-176, 1973.
30. Austin, G.M., and McCouch, G.P., Presynaptic component of intermediary cord potential, *J. Neurophysiol.* 18: 441-451, 1955.
31. McCouch, G.P. and Austin, G.M., Site of origin and reflex behavior of postsynaptic negative potentials recorded from the spinal cord. *Yale J. Biol. Med.*, 28: 372-379, 1955.
32. Beal, J.E., Applebaum, A.E., Foramen, R.D., et al., Spinal cord potentials evoked by cutaneous afferents in the monkey, *J. Neurophysiol.*, 40: 199-211, 1977.
33. Hori, Y., Endo, K. and Willis, W.D., Synaptic actions of cutaneous A fibres on primate motoneurons, *Brain Res.*, 299: 195-199, 1984.
34. Lonchamt, P., Chamili, S., et Chanelet, J., Potentials de moelle dorsale evokes par stimulation des afferences cutanees chez le chat spinal (Etude d'une onde N3), *C.R. Soc. Biol.*, 175: 164-168, 1981.
35. Liang, H., Zhenfeng, C. and Zhaolin, W., The cord dorsal potentials evoked by A afferent fibres in the sural nerve in rats., *Acta Acad. Med. Xian*, 4: 227-232, 1983.
36. Liang, H., Zhenfeng, C. and Zhaolin, W., Cord dorsum potentials evoked by A afferent fibres in rats, *Acta physiol. Sin.*, 36: 271-279, 1984.
37. Schoenborg, J., Functional and Topographical properties of field potentials evoked in rat dorsal horn by cutaneous C. fibre stimulation, *J. Physiol.*, 356: 169-192, 1984.
38. Maruyama, Y., Shimoji, K., Sıhımızı, H., et al., Human spinal cord potentials evoked by different sources of stimulation and conduction velocities along the cord., *J. Neurophysiol.*, 48: 1098-1107, 1982.

39. Delbeke, J., McComas, A.J., and Kopec, S.J., Analysis of evoked lumbosacral potentials in Man, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 41: 293-302, 1978.
40. Ertekin, C., Studies on the human evoked electrospinogram, *Acta Neurol. Scandinav.*, 53: 3-20, 1976.
41. Lehmkuhl, D., Dimitrijevic, R.M.R. and Renouf, F., *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 59: 142-155, 1984.
42. Kobayashi, N., The origin of spinal cord potentials evoked by peripheral nerve stimulation and its clinical meaning 1. Clinical study, *J. Jpn. Orthop. Assoc.*, 59 (1): 27-38, 1985.
43. Kakigi, R., Shibasaki, Ni, N., Hashizume, A., et al., Short latency somatosensory evoked spinal and scalp recorded potentials following posterior tibial nerve stimulation in Man, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 53 (6): 602-611, 1982.
44. Seyal' M. and Gabor, A.J., The human posterior tibial somatosensory evoked potential: Synapse dependent and synapse independent spinal components, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 62: 323-331, 1985.
45. Snyder, B.G.E. and Holliday, T.A., Pathways of ascending evoked spinal cord potentials of dogs, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 58: 140-154, 1984.
46. Koprive, A.I., Evans, D.E. and Rizzoli-H.V., The effects of ischemia on long-tract neural conduction in the spinal cord, *J. Neurosurg.*, 50: 639-644, 1979.
47. Cusick, J., Myklebust, J., Larson, S.J., et al., Spinal evoked potentials in the primate neural substrate, *J. Neurosurg.*, 49: 551-557, 1978.
58. Feldman, M.H., Cracco, R.O., Farmer, P. et al., Spinal evoked potentials in the monkey, *Ann. Neurol.*, 7: 238-244, 1980.
49. Kelly, D.L., Goldring, R.O., O'Leary, U.J.L., Averaged evoked somatosensory responses from exposed cortex of Man, *Arch. Neurol.*, 13: 1-9, 1965.
50. Handwerker, H.O., Zimmerman, M., Cortical evoked responses upon selective stimulation of cutaneous group II fibers and the mediating spinal pathways. *Brain Research*, 36: 437-440, 1973.
51. Anderson, S.A., Norrrell, K. and Norrrell, N., Spinal pathways projecting to the cerebral first somatosensory area in the Monkey, *J. Physiol.* 225: 589-597, 1972.
52. Schieppatti, M. and Ducati, A. Effects of stimulus intensity, cervical cord tractotomies and cerebellectomy on somatosensory evoked potentials from skin and muscle afferents of cat hindlimb, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 51: 363-372, 1981.

53. Alpsan, D., The effect of the selective activation of different peripheral nerve fibre groups on the somatosensory evoked potentials in the cat, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 51: 363-372, 1981.
54. Goff, W.R., Rosner, B.S. and Allison, T., Distribution of cerebral somatosensory evoked responses in Man, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 14: 697-713, 1962.
55. Desmedt, J.E. and Cheron, C., Central somatosensory conduction in man: Neural generators and interpeak latencies of the far field components recorded from neck and right or left scalp and earlobes, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 50: 382-403, 1980.
56. Mann, M.D., Kasparzak, N.H., Hiltz, F.L., et al., Activity in single cutaneous afferents: Spinal pathways and cortical evoked potentials, *Brain Res.*, 39: 61-70, 1972.
57. Sudo, O., Clinical application of the evoked spinal potentials 1. Neuropysiological assesment of the evoked spinal cord potentials in experimental cord trauma with reference to cord compression and ischemia, *J. Jpn. Orthop. Assoc.*, 54 (12): 1649-1660, 1980.
58. Kandel, E.R., and Schwartz, J.H. *Principles of Neural Science*, Edward Arnold Ltd. London, 1981.
59. Jones, S.J., The value of evoked potentials in surgical monitoring, In: *Evoked Potentials*, Vol. III, edited by Cracco, R.Q. and Wollner, I.B., Alan R. Liss Inc., New York, 1986.