

Kafa Travmalarında Uyarılma Potansiyelleri ile Beyin Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi^x

i. Metod ve analiz

Aydın PAŞAOĞLU^{xx}

Özet: Kafa travmalı hastalarda somatosensoriyal, oditoriye ve beyin sapı uyarılma potansiyelleri ile birlikte beyin ve beyin sapı iletim zamanlarının ölçüm ve analiz metodları tanımlanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde normal kişilerden ve 101 kafa travmalı hastadan elde edilen veriler önerdiğimiz analiz metoduna göre değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kafa travması, uyarılma potansiyelleri, elektrofizyoloji

Evaluation of brain functions in head injury with evoked potentials

Summary: Measurement and analysis methods for obtaining somatosensory, auditory and brainstem evoked potentials, central and brain stem conduction times in patients with head injury are described. In this part of the study, data from normal subjects and from 101 head injured patients are evaluated according to the analyzing method we proposed.

Key words: Head injury, evoked potentials, electrophysiology

Beyin fonksiyon bozukluğunun şiddetini yansıtan nörolojik muayene bulguları kafa travmalı hastaların izlenmesinde ve sonuçlarının tahmininde oldukça önemli bir yere sahiptir (1,15,16,20). Bununla birlikte diagnostik incelemelerin çoğu beyin anatomik durumu hakkında bilgi vermeye yöneliktir. Oysa ki beyin anatomik ve fonksiyonel bozukluklarının daha ayrıntılı değerlendirilmesi birbirini bütünlük bir takım inceleme tekniklerinin kullanılması ile mümkündür. Bu alanda beyin ile tomografisi, kafa içi basıncı ve beyin kan akımı ölçümleri, elektroensefalografi ve uyarılma potansiyelleri analizleri ile değerli bilgiler sağlanabilir. Noninvazif bir metod olan uyarılma potansiyellerinin klinik kullanımı ancak ortalama yönteminin geliştirilmesi ile mümkün olmuştur (5).

Bu yazıda sunulan çalışmanın amacı; uyarılma potansiyellerinin kaydedilmesinde uygulanacak metodların ayrıntılarını belirtmek, ayrıca kafa travmalı hastalarda işlem sırasında karşılaşılabilecek problemlerin neler olduğunu ve verilerin en uygun şekilde nasıl incelenip değerlendirilebileceğini tesbit etmektedir.

^x Bu araştırma Glasgow Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü Nöroşirürji Bölümünde yapılmıştır

^{xx} Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Materyal ve Metod

Normal ve hasta gruplarında her bir deney; sağ ve sol hemisferlerin somatosensoryal uyarılma potansiyelleri ile somatosensoryal beyin iletim zamanları, sağ ve sol beyin sapı uyarılma potansiyelleri ile beyin sapı iletim zamanları ve oditoryal uyarılma potansiyellerinin kaydedilmesini içine almaktadır.

Normal grubu; geçirilmiş veya mevcut bir nörolojik hastalığı olmayan ve işitme ile ilgili bozukluğu bulunmayan yaşları 18 ile 60 arasında değişen (30.56 ± 2.82) beşi erkek, onsekizi kadın olmak üzere 23 gönüllü hastane personeli teşkil etmektedir.

Hasta grubu; en az 6 saat komada kalan, yaşları 5 ile 79 arasında değişen (37.97 ± 2.06) 80'i erkek, 21'i kadın olmak üzere 101 kafa travmalı hasta oluşturmaktadır. Deneyler travmayı izleyen bir ile üçüncü günler (ortalama 2. gün) arasında hasta yatağının yanbaşında yapıldı. Otuz hastada bütün potansiyeller için travma sonrası altıncı aya kadar uzanan ve sekizi bulan seri çalışmalar yapıldı.

Genel Metodlar

Uyarılma potansiyellerinin kaydedilmesi: Gümüş /gümüş klorid "Cup" elektrodlar skalptaki yerlerine collodion'la yapıştırılıp iletken jelatinle doldurulduktan sonra her bir elektrodun "impedence"i dikkatle kontrol edilerek 2 Kohm civarında veya altında tutuldu. Potansiyelleri kaydetmede kullanılan cihaz (Tracor Northern TN 3000) ın içine yerleştirilen X-Y yazıcı (7010B X-Y Recorder-Hewlett Packard) ile birlikte sisteme bağlanabilen preamplifikatör (TN 3007 Physiological pre-amplifier) eklendi.

Özel Metodlar

a- Somatosensoryal uyarılma potansiyelleri (SUP): kayıtlarda parietal elektrodlar aktif, verteks elektrodu reference olarak kullanıldı. Parietal elektrodlar verteksin 5-7 cm. lateraline ve 2 cm. posterioruna yerleştirildi. Katodu 3 cm proksimalde olmak üzere anod ve katod kutuplarla sürekli akım uyarıyı bilek hizasında median sinire uygulanarak potansiyeller karşı tarafın parietalinden kaydedildi. Depolarize atım şiddeti baş parmak seğirmesinin başlaması gözlenip uyarım şiddeti eşiğe göre 2mA yükseltilecek belirlendi (2,3,17,22). Uyarım sonrası beyin elektriksel aktivitesinin ilk 200 ms'lik periyodu ortalandı. Kayıt işleminde uyarım sayısı 500, uyarım oranı 4.8 Hz, uyarım gecikmesi 4 ms, uyarım süresi 0.2 ms ve band genişliği 1 Hz-1.5 KHz olarak kullanıldı.

Her hemisfer için arka arkaya üç kez tekrarlanan kayıtlardan sonra elde edilen üç trasenin toplamı dördüncü kanala geçilerek traselerin dördü de yazıcı ile milimetrik grafik kağıdına çizildi. Dalga zirveleri ve latent süreleri toplam traseden okundu. Her üç kayıta da aynı biçim ve latent süreye sahip dalgalar "kesin" dalga, yalnızca iki trasede görülüp üçüncüsünde kaybolmuş veya biçim değiştirmiş dalgalar "muhtemel" dalga olarak kabul edildi. Üç traseni'n sadece birinde görülen dalgalar gerçek potansiyeller olarak değerlendirilmeyip analiz dışı bırakıldı. Buna göre dalga zirvelerinin sayısı "kesin" ve "kesin+muhtemel" şeklinde tanımlandı.

b- Beyin iletim zamanı (BİZ):Bu işlem için SUP 'nin kaydedilmesinde kullanılan skalp elektrod düzenlenmesi aynen korundu. Servikal elektrod ikinci servikal çıkıntı hizasına ve orta çizgiye yerleştirildi. Median sinirin uyarılması ile servikal ve karşı taraf parietal elektrodlardan eşzamanlı kayıtlar yapıldı. İletim zamanı, ikinci servikalden kaydedilen major negatif dalga latent süresinin (N 14) karşı parietalden kaydedilen ilk negatif dalga süresinden (N 20)

çıkartılması ile elde edildi (13) ve iki kez tekrarlanıp her hemisfer için ortalaması alınan değerler çalışmada kullanıldı. İki hemisferden sağlanan iletim zamanlarının kısa olanı "iyi" uzun olanı "kötü" ve ikisi arasındaki farkın hemisferler arası BİZ farkı olarak tarif edildi. Uyarı sonrası ilk 50 ms'lik period averajlanıp, uyarı sayısı 1000, uyarım oranı 4.7 Hz, uyarım gecikmesi 4 ms, uyarım süresi 0.2 ms ve band genişliği 10 Hz-3KHz olarak düzenlendi.

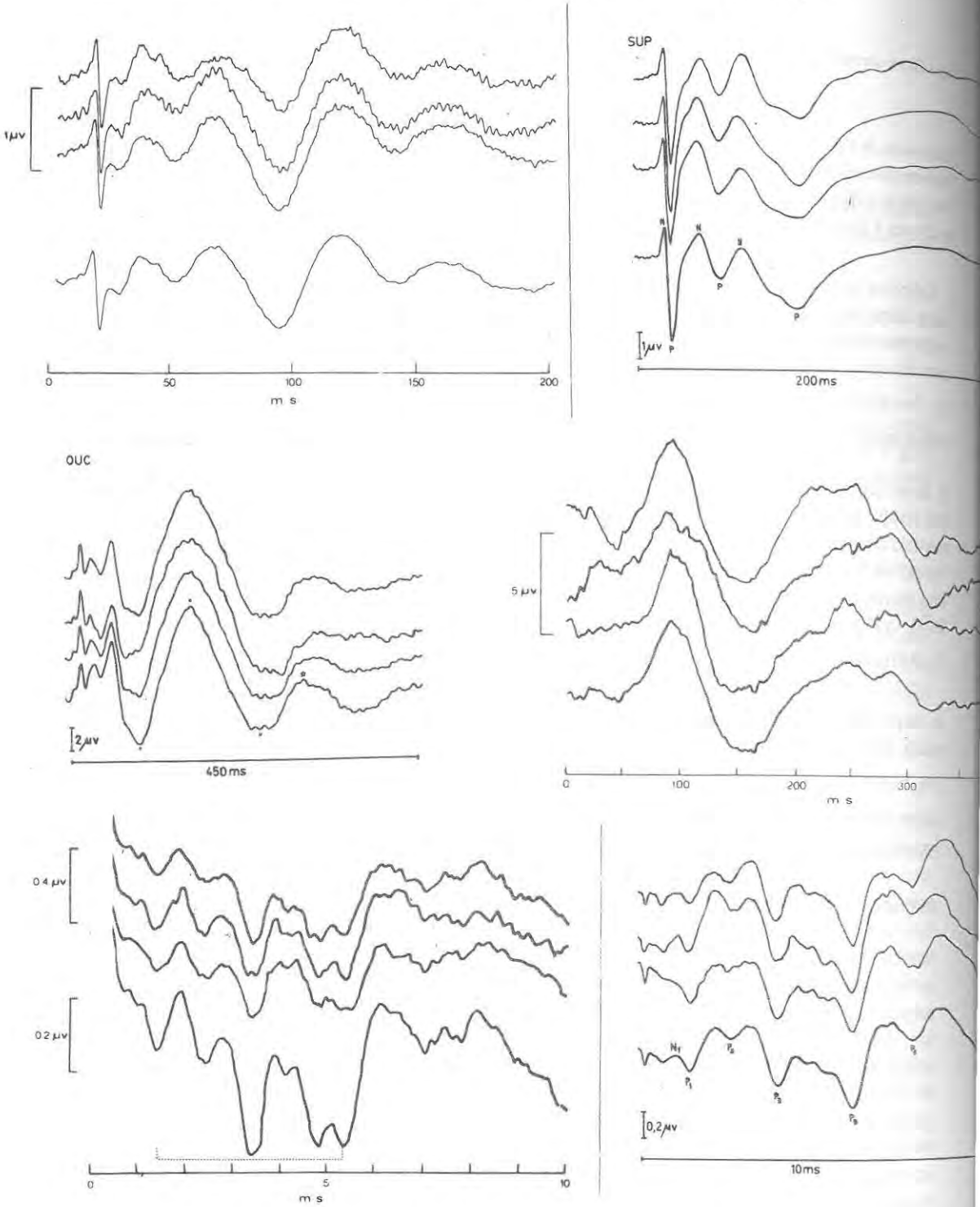
c- Oditoryal uyarılma potansiyelleri (OUP): Ses uyarısına karşı sağlanan bu uzun latent süreli kortikal potansiyeller yakın bölge (near-field) potansiyelleridir. OUP her iki kulağa ses uyarısı (Tone) verilerek vertekse konan aktif ve mastoidler üzerine yerleştirilen reference elektrodlardan kaydedildi. Uyarı sonrası ilk 450 ms'lik period averajlanarak işlemden uyarı sayısı 100, uyarım oranı 0,6 Hz, uyarım süresi 30 ms, Ton yükselme /düşme 5.1 ms, Ton frekansı 1000 Hz, Ton şiddeti 80 dB ve band genişliği 1-125 Hz şeklinde kullanıldı. Traselerin okunmasında SUP için kullanılan aynı metod uygulandı.

d- Beyin Sapı Uyarılma Potansiyelleri (BSUP): Kısa latent süreli uzak bölge (far-field) cevapları olan bu potansiyeller her kulağa ayrı ayrı verilen ses uyarısına (click) karşı elde edildi. Kayıtlar, vertekse konan aktif, uyarılan tarafın mastoid çıkıntısı üzerine yerleştirilen reference elektrodlar aracılığı ile yapıldı ve uyarılmayan tarafta ses maskelendi. "Kesin" ve "muhtemel" dalgaların belirlenmesinde SUP için kullanılan aynı metod uygulandı. Sadece ilk negatif dalga ile onu izleyen pozitif dalga zirvelerinin latent süreleri ölçüldü. Uyarı sonrası ilk 10 ms'lik period averajlanıp uyarı sayısı 2000, uyarım oranı 12 Hz, uyarım süresi 0.1 ms. "click" şiddeti 80 dB, maskeleye şiddeti 70 dB ve band genişliği 100 Hz-3 KHz olarak düzenlendi.

e- Beyin Sapı İletim Zamanı (BSİZ): Beyin sapı uyarılma potansiyelleri traselerinden gerekli ölçümler yapılarak elde edildi. BSİZ, ilk negatif dalga zirvesinin (N_1) latent süresi 5 inci pozitif dalga zirvesi latent süresinden çıkarılarak (N_5-N_1) veya N_1 yerine ilk pozitif dalganın (P_1) latent süresi kullanılarak P_5-P_1 şeklinde ölçüldü. Çalışmada her iki değer de incelendi. Gerek P_5-N_1 gerekse P_5-P_1 değerleri sağ ve sol kulağın uyarılması ile elde edilen sağ ve sol BSUP'nin en iyi olanı (normale yakını) esas alındı.

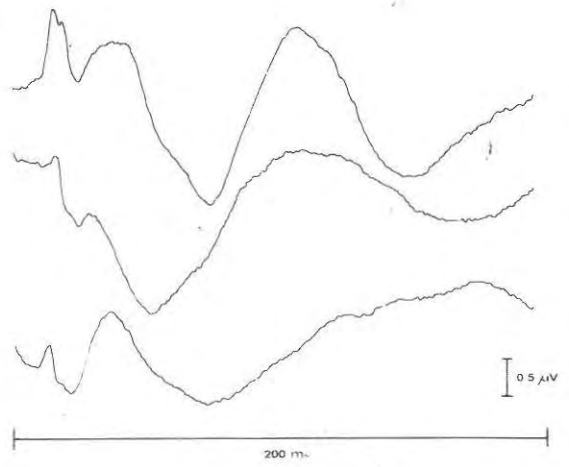
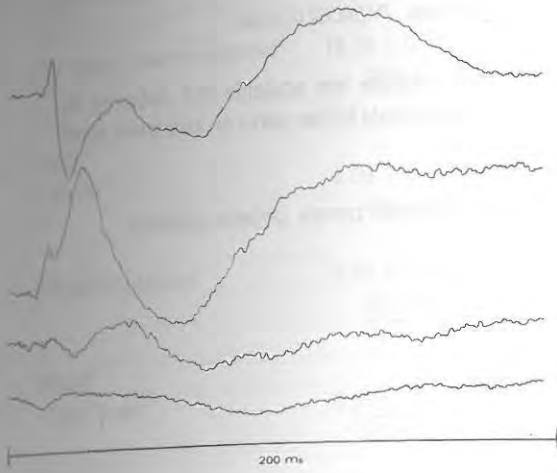
Bulgular

Normal kişilerden sağlanan uyarılma potansiyelleri dalgaları aynı kişilerde belirli bir sürede tekrarlanan kayıtlarda birbiri ile uygunluk içerisinde bulundu. Potansiyellerin kişiler ve kayıtlar arası biçim farklılıkları nispeten azdır ve dalgaların latent süreleri belirli değerler arasında kalmaktadır. Bu, özellikle beyin ve beyin sapı iletim zamanları ile beyin sapı uyarılma potansiyelleri için doğrudur. Uzun latent süreli somatosensoriyel ve oditoryal uyarılma potansiyellerinde bazı dalgaların latent süreleri ve polarite yönleri değişebilmekte, bazı dalga zirveleri kaybolmakta veya bifazik şekle dönüşülebilmektedir. Amplitüd değişimleri ise geniş bir dağılım göstermekte ve bu yüzden bir kriter olarak güvenilirliği azalmaktadır. Travmalı hastalardan elde edilen potansiyellerin dalga biçimleri nadiren hastalar arası mukayese edilebilir niteliktedir; dalgaların bir kısmı ya kaybolmuş ya da şekil değiştirmiştir. Aynı hastada tekrarlanan kayıtlarda bile dalga biçimi ve latent süreleri önemli ölçüde değişmektedir. Normal kişilerden sağlanan örnekler (Şekil 1) hasta grubu örnekleri (Şekil 2) ile karşılaştırıldığında farklılığın boyutu daha iyi anlaşılır.

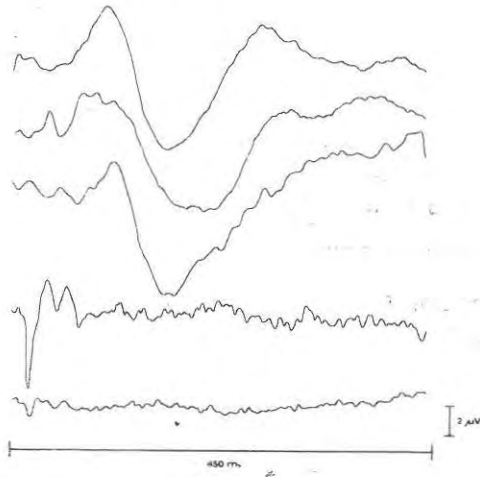


Şekil 1: Normal kişilerden kaydedilen SUP, OUP ve BSUP örnekleri. Şekillerdeki dördüncü trase ilk üç trasenin toplamıdır ve aynı kişiden kaydedilmiştir.

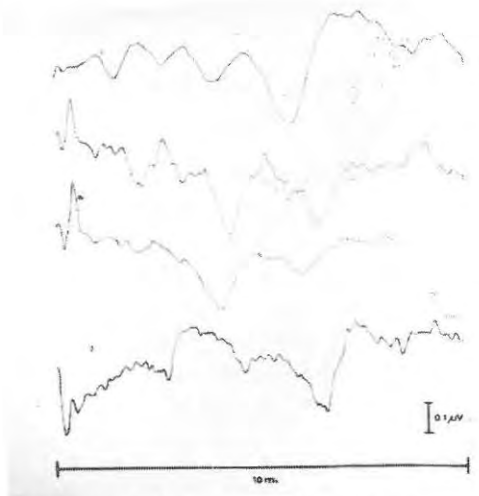
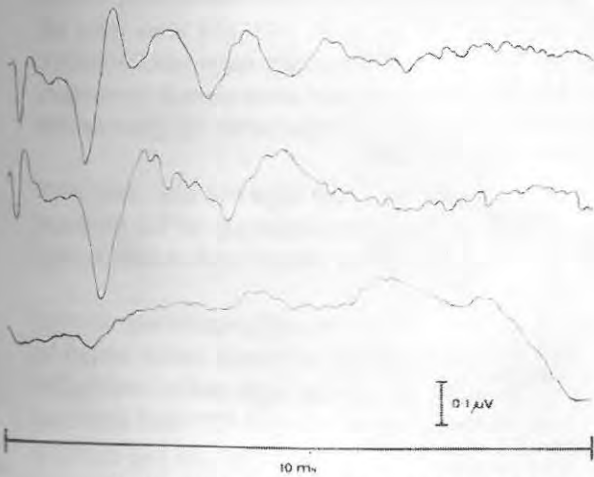
SUP



OUP



BSUP



Şekil 2: Hasta grubundan SUP, OUP ve BSUP örnekleri. Şekillerdeki traseler farklı hastalardan kaydedilmiştir.

Normal BİZ ve BSİZ değerleri tablo I de gösterilmiştir. Tabloda her hemisfer için ortalama BİZ değerleri ile hemisferler arası BİZ ortalama farkları verilmiş, BSİZ her iki kulaktan kaydedilmekle birlikte yalnız en kısa latent süreli olanlar dikkate alınmıştır.

Tablo I. Normal beyin iletim zamanı, hemisferler arası iletim farkı ve beyin sapı iletim zamanı. Değerler ortalama, standart hata, standart sapma ve range olarak gösterilmiştir.

Sağ hemisfer	Beyin iletim zamanı(ms)	
	sol hemisfer	hemisferler arası fark
5.67 ± 0.09	5.66 ± 0.09	0.23 ± 0.03
SD: 0.42	SD : 0.41	SD:0.16
5.0 - 6.6	5.1 - 6.5	0 - 0.7

P5-N1	Beyin sapı iletim zamanı (ms)	
	P5-P1	
4.35 ± 0.04	4.04 ± 0.04	
SD: 0.2	SD:0.19	
3.9 - 4.6	3.6 - 4.3	

Normal ve hasta grubu dalga sayısı dağılımları tablo II'de gösterilmiştir. İki grup arasındaki dalga sayısı farkı bütün potansiyeller için önemli bulunmuştur (P< .001).

Tablo II. Normal ve hasta grubu uyarılma potansiyellerinin kesin ve kesin+muhtemel dalga sayıları dağılımı

Uyarılma Potansiyeli	Normal grup	Hasta grubu	P
SUP			
- Sağ "kesin"	8.09 ± 0.46 SD:2.2	4.55 ± 0.49 SD:4.80	<.001
- Sağ "kesin+muhtemel"	9.17 ± 0.43 SD:2.08	5.66± 0.49 SD:4.79	<.001
- Sol "kesin"	8.17 - 0.38 SD:1.8	4.85-0.49 SD:4.87	<.001
- Sol kesin+muhtemel"	0.09± 0.42 SD:2.04	5.84 ± 0.49 SD:4.80	<.001
- Toplam "kesin"	16.26±0.73 SD:3.5	8.08±0.60 SD:5.97	<.001

- Toplam "kesin+muhtemel"	18.26 ± 0.77 SD.3.7	10.17 ± 0.63 SD.6.23	<.001
OUP			
- Kesin	8.09 ± 0.43 SD.2.09	3.45 ± 0.53 SD.5.22	<.001
- Kesin+muhtemel	9.09 ± 0.39 SD.1.86	4.61 ± 0.52 SD.5.09	<.001
BSUP			
- Sağ "kesin"	5.81±0.25 SD.1.17	2.98±0.28 SD.2.73	<.001
- Sağ "kesin+muhtemel"	6.09 ± 0.15 SD.0.70	3.88 ± 0.28 SD.2.76	<.001
- Sol "kesin"	5.62 ± 0.24 SD.1.11	3.0 ± 0.28 SD.2.78	<.001
3- Sol "kesin+muhtemel"	6± 0.17 SD.0.77	4.08 ± 0.27 SD.2.68	<.001
- En iyi "kesin"	6± 0.24 SD.1.09	3.73 ± 0.26 SD.2.61	<.001
- En iyi "kesin+muhtemel"	6.28±0.14 SD.0.64	4.78 ± 0.25 SD.2.49	<.001

Tartışma

Uyarılma potansiyellerinin insan beynini araştırmak için en iyi, objektif ve noninvaziv tekniklerden biri olduğu hakkında genel fikir birliği vardır (25). 1947 de ilk kez Dawson (4) tarafından SUP'nin insan skalpından kaydedilmesinden sonra günümüze kadar yoğun araştırmalara konu olan bu potansiyeller, hastalıklarda ve normal kişilerde çeşitli yönleri ile araştırılmıştır. Bununla birlikte klinikteki uygulama güçlükleri tam olarak çözümlenmemiş ve serebral kökenleri yeterince belirlenemediği gibi verileri değerlendirmede de ideal bir metod bulunamamıştır.

Kişiler arası, hatta aynı kişide değişik zamanlarda kaydedilen SUP önemli amplitüd farkları göstermektedir (26). Komalı hastalarda SUP'nin geç dalgalarının kaybolduğu, erken dalgalarında amplitüd düşmesi görüldüğü belirtilirken (19) latent süre, amplitüd ve dalga biçiminin şuur seviyesi ile uygunluk göstermeyebileceği de ileri sürülmüştür (18).

Beyin harabiyetinin genişliği ve yerleşimi ile latent sürenin gecikmesi, dalga biçimi veya amplitüdülerinin değişmesi arasında bir ilişkinin mevcut olmadığını bildiren yazarlara (26) karşılık intrakraniyal hematolu hastalarda amplitüdde çeşitli değişmelerle birlikte dalga biçiminin de değişerek monofazik olma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir (18). Erişkin ve çocuklarda belirli SUP komponentlerinin hemisferler arası latent süre farklılıkları gösterilmiş, kişinin uyku ve uyanıklık durumuna göre bazı komponentlerin kaybolduğu, biçim değiştirdiği veya yenilerinin ortaya çıktığı kaydedilmiştir (2,10).

Çalışmalar genellikle uyarılma potansiyellerinin latent süre, amplitüd ve dalga biçimlerine dayanılarak değerlendirilmekle

beraber SUP ve OUP komponentlerini ölçmeyi ve değişiklikleri tanımlamayı sağlayacak objektif bir metodun bulunmasının gerekliliğine değinilirken böyle bir metodun kurulmasındaki güçlüğü de ayrıca dikkat çekilmiştir (11).

Kafa travmalı hastalarımızda uyarılma potansiyelleri genel olarak çok değişik şekiller gösterdi ve nadiren birinin diğeri ile uygunluk içerisinde olduğu görüldü. Bu hastalarda latent süre ve amplitüd ölçümlerine dayalı, dalga biçimlerini esas alan bir analiz metodunu (12) uygulamak mümkün olmadı. Kafa travmalarında hipoksi, iskemî, kompresyon ve nöronal çevre değişiklikleri gibi birçok patolojik olayın bulunması, geniş latent süre ve amplitüd sapmalarına neden olarak (18) potansiyellerin belirli standartlar içinde kalmasına engel olur. Bu sebeple, uyarılma potansiyelleri zirvelerinin kökenleri bilinmese dahi, bunların sayısındaki değişimler ilgili nöronal alanının fonksiyonunu yansıtacağı düşünülerek her potansiyel türü için dalga zirvelerinin sayısının hesaplanması yoluna gidildi.

SUP ve OUP nin subjektif yorumlara yol açabilecek değişkenliğine karşılık BSUP'nin metabolik koma, hipoksik yaygın kortikal beyin harabiyeti, depressif ve sedatif ilaçlardan etkilenmediği bilinmektedir (23,24). Ancak komalı hastalarda bu potansiyellerin yorumunda dikkatli olmak gerekir. Komadaki hasta orta kulak basıncını eşitleştirme yeteneğini kaybetmiş olabileceğinden ortaya çıkan geçici iletim tipi sağırılık BSUP 'nin kaybolmasına neden olabilir. Bazal kırığı veya bulguları tesbit edilen komalı hastalarda otore veya dışkulak yolunu kapayan kan pıhtısı potansiyel amplitüdlерinin ileri derecede düşmesine veya sekizinci sinirin aksiyon potansiyeli olan P₁ dahil bütün potansiyellerin kaybolmasına neden olabilir. BSUP anormlliklerini beyin sapı harabiyeti olarak yorumlamadan önce yukarıda belirtilen noktaları ekarte etmek ve şüpheli çalışmaları birkaç kez tekrarlamak gerekir. Dolayısıyla anormal BSUP beyin sapının zedelenmesine bağlı olabileceği gibi otore veya dışkulak yolunun tıkanması yada travma nedeni ile sekizinci sinirin zedelenmesine de bağlı olabilir. Bu ihtimalleri ayırdetmek ancak yapılan seri çalışmaların değerlendirilmesi ile mümkün olabilir.

Beyin ve beyin sapı ileim zamanları gerek aynı kişide tekrarlanan ölçümler gerekse kişiler arası ölçümleri yönünden tutarı değerler gösterdi. Hemisferler arası BİZ farkı mevcut değildi.

Normal kişilerde SUP yaş ve uyarılan periferik sinir noktası ile korteks arasındaki mesafeye göre değişiklik gösterir (6,7). Hastalarda ise beyin sapı, talamus ve korteks lezyonlarının etkileri yanında periferik sinir ve spinal kordun da patolojik durumları bu potansiyelleri etkileyebilir (13). Parietal skalp ve üst servikalden eşzamanlı olarak kaydedilen BİZ'nin kol ve boy uzunluğundan bağımsız, kişiler arası ve aynı kişide değişik zamanlarda yapılan kayıtlar arası farkının önemsiz olduğu bildirilmiş ve soğuşun etkisi ile kolda periferik iletim yavaşlaması sonucu N20 ve N14'de gecikme görülebileceği halde N20-N14 farkının sabit kaldığı gözlenmiştir (13,21). Bu bilgiler çalışmamızla da desteklenmiş ve elde edilen değerler literatürde bildirilenlere uygun bulunmuştur (8,13,14,21).

BSUP dalgaları ayrı ayrı latent süre sapmaları gösterebilmekle birlikte beyin sapı iletim zamanını yansıtan P₅-N₁ veya P₅-P₁ arasındaki latent süre belirti değerleri korudu.

Fabiani ve ark.(9) birinci dalga zirvesi (P₁) ile beşinci dalganın bitiş noktası (P₅) arasındaki süreye beyin sapı transmisyon zamanı adını vererek bu sürenin yenidoğanlarda 5.93 ± 0.21 ms olduğunu, 7-8 yaşlarında 4.52±0.20 ms'ye eriştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda P₅-P₁ periodu 4.04±0.04, SD: 0.2 ms bulundu. BSUP kaydedilebilen her hastada P₅-N₁ periodunun belirlenebileceği görüldü. N₁ zirvesinin bazı hastalarda tepe noktası göstermediği izlendi ve tam olarak ölçülemedi. Bu nedenle BSİZ nın kriteri olarak P₅-P₁ periodunun daha güvenilir olduğu söylenebilir.

Kafa travmalı hastaların uyarılma potansiyellerini kaydetmede özel birtakım güçlüklerle karşılaşılır. Akut dönemde huzursuzluk, ajitasyon, çeşitli tipte vücut kasılması ve şuursuz hareketlerin yanısıra, uyarının uygulandığı ve elektrodların konduğu bölgelerin birçok nedenle uygun olmayışının yarattığı zorluklar hem yapılan işlemi hem de elde edilen sonuçların analizini güçleştirmektedir. Subakut veya kronik dönemde ise hastaların şuur seviyesinden kaynaklanan kooperasyon

zorluğu en önemli problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araştırmadan edinilen bilgilerin ışığı altında ve yukarıda belirtilen güçlükler dikkate alınacak olursa kafa travmalı hastaların izlenmesinde BİZ ile BSİZ nin kayıtları ile yetinilmesi önerilebilir. Böylece hem zamandan kazanılmış olur hem de beynin supra ve infratentorial bölgeleri hakkında gerekli bilgi sağlanmış olur.

Kaynaklar

1. Becker DP, Vries JK, Sakalas R, et al: Early prognosis in head injury based on motor posturing, oculocephalic reflexes, and intracranial pressure. In Mc Laurin RL(ed): **Head Injuries- Second Chicago Symposium on Neural Trauma**. Grune and Stratton, New York 1976, pp 27-30
2. Cracco RQ : Travling waves of the human scalp-recorded somatosensory evoked response. Effects of difference in recording technique and sleep on somatosensory and somatomotor responses. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 33:557-577, 1972.
3. Cracco RQ, Cracco JB: Somatosensory evoked potential in man. Far field potentials. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 41: 460-466, 1976.
4. Dawson GE: Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerve in man. **J Neuroi Neurosurg Psychiatry** 10: 134-140, 1976.
5. Dawson GE: A summation technique for the detection of small evoked potentials. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 6: 65-84, 1954.
6. Desmedt JE: Some observations on the methodology of cerebral evoked potentials in man. Attention, voluntary contraction and event-related cerebral potentials. Vol.1 **Progr Clin Neurophysiol**, Karger Basel 1977, pp 12-29
7. Desmedt JE, Brunko E, Debecker J: Maturation of the somatosensory evoked potentials in normal infants and children with special reference to the early N₁ Component. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 40: 43-58, 1976.
8. Dorfman LJ: Indirect estimation of spinal cord conduction velocity in man. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 42: 26-34, 1977.
9. Fabiani M, Sohmer H, Tait C, et al: A functional measure of brain activity: Brain stem transmission time. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 47: 483-491, 1979.
10. Goff WR, Allison T, Shaprio A, Rosner BS: Cerebral somatosensory responses evoked during sleep in man. **Electroencephalogy Clin Neurophysiol** 21: 1-9, 1966.
11. Goff GD, Matsumiura Y, Allison T, Goff WR: The scalp topography of human somatosensory and auditory evoked potentials. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 42: 57-76, 1977.
12. Greenberg RP, Mayer DJ, Becker DP, Miller JD: Evaluation of brain function in severe human head trauma with multimodality evoked potentials. Part 1: Evoked brain-injury potentials, methods, and analysis. **J Neurosurg** 47:150-162, 1977.

13. Hume AL, Cant BR: Conduction time in central somatosensory pathways in man. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 45: 361-375, 1978.
14. Hume AL, Cant BR, Show NA: Central somatosensory conduction time in comatose patients. **Ann Neurol** 5: 379-384, 1979.
15. Jennett B, Teasdale G, Braakman R, et al: Predicting outcome in individual patients after severe head injury. **Lancet** i: 1031-1034, 1976
16. Jennett B, Teasdale G, Braakman R, et al: Prognosis of patients with severe head injury. **Neurosurgery** 4: 283-289, 1979.
17. Jones SJ: Short latency potentials recorded from the neck scalp following median nerve stimulation in man. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol** 43: 853-863, 1977.
18. Larson SJ, Sances A Jr, Ackmann JJ, Reigel DH: Noninvasive evaluation of head trauma patients. **Surgery** 74: 34-40, 1973.
19. Perot PL Jr: Evoked potentials assessment of patients with neuro trauma. In Mc Laurin RL(ed): **Head Injuries-2 Second Chicago Symposium on Neural Trauma**. Grune and Stratton, New York 1976, pp 77-79.
20. Plum F, Posner JB: **The Diagnosis of Stupor and Coma**. FA Davis, Philadelphia 1980, pp 325-343.
21. Saymon L, Hargadine J, Zawirski M, Branston NM: Central conduction time as an index of ischemia in subarachnoid haemorrhage. **J Neurol Sci** 44: 95-103, 1979.
22. Shibasaki H, Yamashita Y, Tsuji S: Somatosensory evoked potentials. Diagnostic criteria and abnormalities in cerebral lesions. **J Neurol Sci** 34: 437-439, 1977.
23. Starr A, Achor LJ: Auditory brainstem responses in neurological disease. **Arch Neurol** 32: 761-768, 1975.
24. Starr A: Clinical relevance of brainstem auditory evoked potentials in brainstem disorders in man. In Desmedt JE(ed): **Auditory Evoked Potentials in Man. Psychopharmacology correlates of EP's. Vol 2. Progr Clin Neurophysiol**, Karger Basel 1977, pp 45-57.
25. Starr A: Sensory evoked potentials in clinical disorders of nervous system. **Ann Rev Neurosci** 1: 103-127, 1978.
26. Torre JC de la, Trimble JL, Beard RT, et al: Somatosensory evoked potentials for the prognosis of coma in humans. **Exp Neurol** 60: 304-317, 1978.