

Görsel uyartılmış potansiyel kaydında fototransistörlü tetikleme yöntemi

Phototransistor triggering technique for recording visual evoked potentials

Akay A

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Bornova-İZMİR

Özet

Giriş: Görsel uyartılmış potansiyeller beynin görsel uyarılara yanıt olarak oluşturduğu biyoelektrik potansiyellerdir. Nöroloji ve oftalmoloji kliniklerinde, elektrofizyoloji laboratuvarlarında kullanılan görsel uyartılmış potansiyel kayıt sistemleri özel amaçlı ve pahalı aygıtlardır. Bu sistemler değişik görsel araştırmalarda kullanılmak amacıyla üzerlerinde herhangi bir modifikasyon yapılamayan, esnekliği bulunmayan sistemlerdir.

Gereç ve Yöntem: Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı laboratuvarlarında yapılan görsel uyartılmış potansiyel çalışmaları sırasında fototransistörlü tetikleme yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmada açıklandığı gibi, biri patern gösterimi, diğeri kayıt ve analiz için kullanılan sıradan iki bilgisayarın kullanıldığı yeni bir kayıt sistemi kullanılmıştır.

Sonuç ve Tartışma: Bu çalışmada başarı ile kullanılan düşük maliyetli kayıt ve analiz sisteminin, hiçbir donanım ve yazılım değişikliği yapılmaksızın nöroloji ve oftalmoloji kliniklerinde de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görsel uyartılmış potansiyel, ortalama, dama tahtası, patern dönüşümü, tetikleme, eş zamanlılık

Summary

Introduction: Visual evoked potentials are the bioelectrical responses of the brain to visual stimuli. For recording stimulus evoked potentials in neurology and ophthalmology clinics and electrophysiology laboratories dedicated and expensive equipment and peripherals are used. Such systems are not usually adaptable for use in slightly different variants of the intended application.

Materials and Methods: While working with pattern shift visual evoked potentials in our laboratory, we developed a new triggering method to record visually evoked potentials using phototransistors, a system incorporating two ordinary personal computers, one for pattern generation and the other for signal recording as described in this study.

Results and Discussion: The simple and inexpensive data acquisition and analysis system designed for this study and used with success can easily be adapted to applications in neurology and ophthalmology clinics without any major changes in hardware and software.

Key Words: Visual evoked potential, average, checkerboard, pattern shift, triggering, synchronization

Giriş

Görsel uyartılmış potansiyeller (GUP) beynin görsel uyarılara yanıt olarak oluşturduğu, primer görme korteksi olan oksipital alandaki kafa derisinden kaydedilebilen biyoelektrik potansiyellerdir. GUP'lar, genlik değerlerinin çok küçük olması nedeniyle rutin EEG kayıtlarında görülemezler. Sinyal/gürültü oranının yükseltilmesi ve sinyalin (GUP) gürültüden (EEG) ayıklanıp görüntülenmesi, beynin elektriksel yanıtının (GUP) uyarma anı sonrası hep aynı zaman gecikmesiyle oluşması ve beynin diğer elektriksel aktivitelerinin uyarana bağımlı olmaması esasına dayanır. Bu esasa göre EEG içinde gömülü bulunan uyartılmış potansiyelleri ortaya çıkarabilmek için uyarıya eş zamanlı olarak kaydedilmiş olan EEG traselerinin ortalamasının alınması gerekir (1). En kullanışlı ve yararlı yöntem budur (2, 3).

Uyartılmış potansiyel çalışmalarında temel sorun "uyaran uygulama anı" ile "kayıt başlama anı" arasındaki eş zamanlılıktır. Bunun için uyaran uygulandığı anda kayıt işleminin tetiklenmesi, yani aynı anda kaydın başlatılması gerekir. Bu nedenle GUP çalışmalarında görüntü işlemcisi (video processor) çok hızlı olan gelişmiş donanımlı, hızlı bilgisayarlar kullanılır.

Bu yazıda GUP çalışmaları amacıyla Biyofizik Anabilim Dalı laboratuvarlarında geliştirilen iki bilgisayarlı yeni bir tetikleme yöntemi anlatılacaktır.

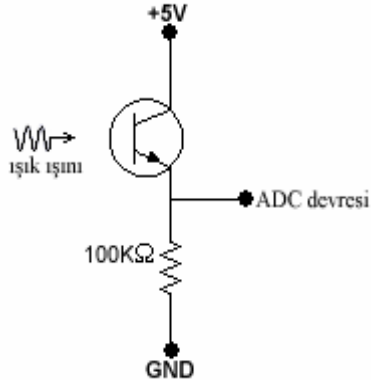
Gereç ve Yöntem

Görsel uyartılmış potansiyeller sağlıklı yedi erişkin denekten yazdırılmıştır (yaş ortalaması $30,71 \pm 5,65$, yaş aralığı 24-41). Denekler için Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan 21.04.2006 tarih ve 06-3.1/6 sayılı onay alınmıştır.

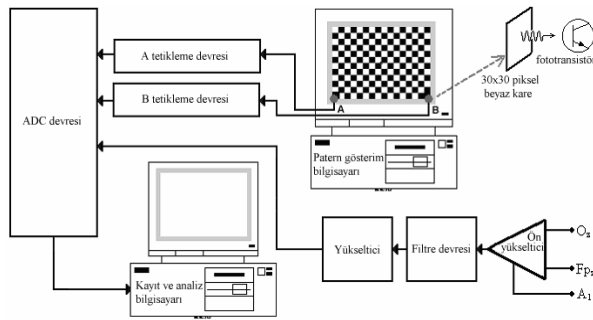
Dönüşümlü dama tahtası (checkerboard) paternlerini oluşturup göstermekte kullanılan bilgisayarın monitörünün sol ve sağ alt köşelerine birer fototransistör yerleştirilmiştir (Şekil 1). Transistörlerin çıkışları tetikleme devreleri aracılığıyla kayıt bilgisayarına bağlanmıştır (Şekil 2, Şekil 3). Sadece buldukları köşedeki ışık şiddeti değişikliklerini algılayacak biçimde monitöre sabitlenen fototransistörler, ortamdaki hiçbir ışık kaynağından etkilenmeyecek şekilde ayarlanmıştır.



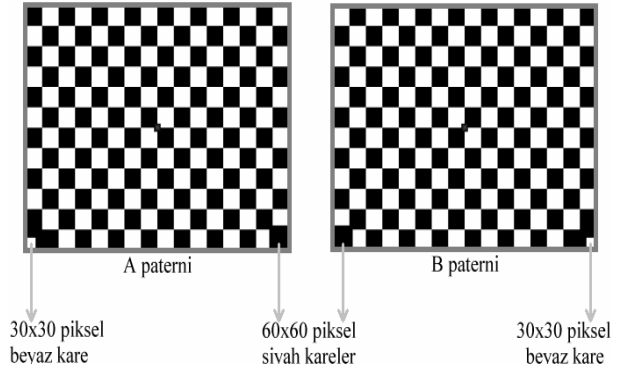
Şekil 1. Patern gösterme bilgisayarına ait olan monitörün sol ve sağ alt köşelerine sabitlenmiş olan iki fototransistör



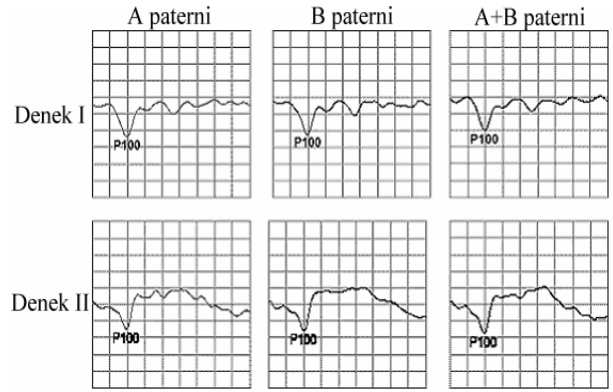
Şekil 2. Fototransistör ve tetikleme devresi



Şekil 3. Kayıt sisteminin blok diyagramı



Şekil 4. Fototransistörleri tetiklemek amacıyla A paterninin sol alt ve B paterninin sağ alt köşelerinde oluşturulan beyaz kareler



Şekil 5. İki deneğin Oz kayıtlarından elde edilen ortalamalar. A paternine ait olan EEG ortalamaları birinci kolonda, B paternine ait olan EEG ortalamaları ikinci kolonda, klasik yöntemle elde edilen EEG ortalamaları üçüncü kolondadır. Yatay ölçek: 50 ms/div, Dikey ölçek: 5µV/div

Bilgisayar ortamında oluşturulan dönüşümlü dama tahtası paternlerinden birincisine A paterni, bunun zıttı tamamlayıcısı olan ve birinci paternle arasında bir lüminans farkı olmayan ikincisine B paterni adı verilmiştir. A paterni ekranda belirlediği anda, paternin sol alt köşesinde var olan 30x30 piksel boyutundaki beyaz kare monitörün sol alt köşesine sabitlenmiş olan A fototransistörünün karşısında, paternin sağ alt köşesinde bulunan 60x60 piksel boyutundaki siyah kare de monitörün sağ alt köşesindeki B fototransistörünün karşısında belirecektir. Paternin sağ alt köşesinde bulunan bu siyah kare, B fototransistörünün rasgele tetiklenmesini engelleyerek kesimde kalması amacıyla tasarlanmıştır (Şekil 4, Şekil 3). B paterni ekranda belirlediğinde de bunun tam tersi olacaktır. Yani paternin sağ alt köşesinde bulunan 30x30 piksel boyutundaki beyaz kare B fototransistörünün karşısında, sol alt köşedeki 60x60 piksellik siyah kare de A fototransistörünün karşısında belirecektir.

Böylelikle ekrandaki patern dönüşümleri sırasında, A paterni ekranda görüntülendiğinde sol alt köşedeki A fototransistörü, aynı anda karşısında belirecek olan beyaz kareden ışık alıp iletme geçecek, ama sağ alt köşedeki B fototransistörü, karşısında beliren siyah kare nedeniyle ışık alamayıp kesimde kalacak, ekrana B paterni basıldığı anda da bunun tam tersi olacak, yani sağ alt köşedeki B fototransistörü iletme geçecek ve A fototransistörü kesimde kalmış olacaktır.

Işığı algılaması ile iletme geçmesi arasında çok kısa bir zaman gecikmesi olan A veya B fototransistörleri (5 mm çapında, lamba tipli, model PS3022) iletme geçtikleri anda çıkışlarında ortaya çıkan tetikleme sinyali, tetikleme devresi aracılığıyla (Şekil 3) analog/dijital çevrim devresinin A veya B kanalını tetikleyip aktif hale getirecek ve sonuçta kayıt bilgisayarında ilgili kanala ait (A ya da B) bir EEG trasesi kaydedilecektir. Böylelikle A paterniyle eş zamanlı olarak kaydedilen EEG traseleri kayıt bilgisayarının A kanalında, B paterniyle eş zamanlı olarak kaydedilen EEG traseleri de kayıt bilgisayarının B kanalında toplanmış olacaktır.

Patern gösterim bilgisayarının monitörü (15 inch, 0.28 dpi, SVGA) 800x600 piksel çözünürlükte, maksimum kontrast ve lüminans değerlerinde kullanılmıştır. Ekran tazeleme hızı, fototransistörlerin rasgele tetiklenmesini önlemek amacıyla olabildiğince yüksek seçilmiştir (85 Hz). A ve B paternlerinin dönüşümlü olarak ve aynı zaman aralıklarıyla (1100 milisaniye) ekranda gösterimi amacıyla bir slayt-gösterim (slide-show) programı kullanılmıştır.

Klinik GUP kayıtlarında kullanılan dönüşümlü dama tahtası paternlerindeki şekil boyutu (checkboxsize) 10' ila 60' arasındadır (4, 5). Klinik kullanım sınırlarından uzaklaşmamak amacıyla şekil boyutu olarak 60' seçilmiştir.

Sinyal kaydı: EEG sinyallerini yükseltmek için iki kanallı ön yükseltici (headstage, preamplifier) (Dagan Corporation, Model 4001) ve diferansiyel yükseltici (Dagan Corporation, Model EX4-400) kullanılarak sinyaller 20,000 kez yükseltilmiştir. Analog/dijital çevrim için kullanılan Advantech PCL-818HGL model kartın referans gerilimi ± 5 volt, dikey çözünürlüğü 12 bit, yatay çözünürlüğü (örnekleme hızı) 1000/s olarak seçilmiştir. EEG sinyallerinin kayıt ve analizi için DasyLab yazılımı kullanılmıştır.

Klasik GUP uyarı olarak kliniklerde dönüşümlü dama tahtası paternleri kullanıldığı bilinmektedir (6). Bu nedenle bu çalışmada uyarı olarak dönüşümlü dama tahtası paternleri ve bununla ilgili kayıt parametreleri kullanılmıştır (6). Ön yükseltici çıkışındaki sinyaller 1-300 Hz bant geçiren filtre devresinden geçirildikten sonra yükseltici girişine uygulanmıştır. (Şekil 3). Kaydedilen EEG traselerinin uzunluğu (analiz zamanı) 512 milisaniye olarak sabit tutulmuştur. Bipolar kayıt elektrodlarından aktif olanı için iniyonun 2 cm üzeri (Oz),

pasif elektrod için naziyonun 2 cm üzeri (Fpz) kullanılmıştır. Topraklama sol kulak memesinden (A1) ve sağ el bileğinden yapılmıştır.

Her bir patern için o paternin ekranda görüldüğü anla eş zamanlı olan (7) 100 EEG bloğu kaydedilmiştir (6). Bu durumda, her deneyin sonunda ortalaması alınan üç tip sinyal elde edilmiştir. (Şekil 5).

1. A paternine ait olan 100 EEG bloğunun ortalaması.
2. B paternine ait olan 100 EEG bloğunun ortalaması.
3. A ve B paternlerinin toplamı olan 200 EEG bloğunun ortalaması ki bu ortalama, kliniklerde klasik yöntemle elde edilen GUP grafiğidir.

Sonuçlar

Görüntü monitöründe paternlerin ekrana basılmasıyla kayıt bilgisayarında EEG bloklarının kaydının başlaması arasındaki eş zamanlılığın mükemmel olduğu gözlenmiştir, çünkü tetikleme işlevini yerine getirip kaydın başlaması komutunu veren fototransistörün ışığı algılamasıyla iletme geçmesi arasındaki gecikme yalnızca 15 mikrosaniyedir.

Öte yandan, elde edilen üç farklı ortalama P100 potansiyelleri 7 denekte de normal olarak izlenmiş (P100 ortalama latansı 104 ± 13 milisaniye olarak bulunmuştur), A ve B paternlerine ait olan 100'er EEG bloğunun ve bunların toplamı olan 200 bloğun ortalamaları arasında, aynı denekte herhangi anlamlı bir fark görülmemiştir. (Şekil 5). Klinik çalışmalarda ve elektrofizyolojik araştırmalarda kullanılan ve patern dönüşümleri arasında fark gözetilmeyip tüm EEG bloklarının bir kanalda toplanarak ortalamalarının alındığı klasik yöntemin bu varsayımının da doğruluğu açıkça gözlenmiştir.

Tartışma

Bu çalışmada kullanılıp dönüşümlü dama tahtası paternleriyle kontrolü yapılan fotodetektör tetiklemeli görsel uyartılmış potansiyel kayıt sisteminin başlıca üstünlükleri şunlardır:

1. Nöroloji ve oftalmoloji kliniklerinde, elektrofizyoloji laboratuvarlarında kullanılan hazır görsel uyartılmış potansiyel kayıt sistemleri özel amaçlı ve pahalı aygıtlardır. Bu sistemler değişik görsel araştırmalarda kullanılmak amacıyla üzerlerinde herhangi bir modifikasyon yapılamayan sistemlerdir. Bu çalışmada ise kendilerinde hiçbir donanım özelliği aranmayan iki bilgisayarın kullanıldığı ucuz ve esnek (çok amaçlı) bir sistem tasarlanmıştır.
2. Uyarı-kayıt eş zamanlılığı idealdir. Konvansiyonel GUP kayıtlarında kayıt sisteminin donanım özelliklerine bağlı olarak uyarı başlangıcı ile kayıt başlangıç zamanı arasında birkaç milisaniyelik gecikme olabilmektedir. Chiappa'ya göre ekrandaki paternlerin her dönüşümünde 20-30 milisaniyelik eş zamanlılık sorunu oluşmaktadır (6). Bu ise ortalaması alınan sinyallerin güvenilirliğini

azaltmakta ve daha çok sayıda EEG bloğunun kaydedilmesini gerektirmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için klasik kayıt sistemlerinde güçlü donanımlı pahalı bilgisayarlar ve yeterince hızlı çalışan görüntü işlem birimleri kullanılmaktadır.

3. Patern özgü EEG bloklarının bağımsız kanallarda toplanması klinik çalışmalar için değilse de, elektrofizyolojik araştırmalar için uygundur. Örneğin görsel algının renk, kontrast, derinlik gibi değişik

bileşenleri konusunda basit ya da karmaşık çalışmalar kolaylıkla yapılabilir.

4. Sistem, fotodedektör sayısının ve buna bağlı olarak patern çeşidinin artırılmasıyla görsel algıyla ilgili karmaşık paradigmatlı çalışmalar yapmaya uygun hale getirilebilir. Örneğin her bir patern çeşidinin monitörde gösterilme süresi bağımsız olarak ayarlanarak ve gerekirse rasgelelik de eklenerek olaya ilişkin potansiyel çalışmaları yapılabilir.

Kaynaklar

1. McGillem CD, Aunon JI, Yu KB. Signals and noise in evoked brain potentials. Ibid, BME-32, 1985; 1012-1016
2. Daube JR. Clinical Neurophysiology. F A Davis Company, Philadelphia, 1996; p 44, 45-193
3. Fotopoulos S, Economou G, Bezerianos A ve ark. Latency measurement improvement of P100 complex in visual evoked potentials by FMH filters. IEEE Trans Biomed Eng 1995; 42:424-428
4. Krumdick G ve He B. Development of a visual stimulation system and its application to visual evoked potentials. Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Eng Med Biol Soc 1998; vol 20, no 4:2186-2189
5. Aminoff M ve Goodin D. Visual evoked potentials. J Clin Neurophysiol 1994; 11:493-499
6. Chiappa KH. Evoked Potentials in Clinical Medicine. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia-New York, 1997; p 31, 38, 39, 68
7. Rosenstein GZ, Furman V, Sohmer H ve ark. Single P100 visual evoked potential analyses in man. Int J Neurosci 1994; 79:251-265