

# Threshold estimation with the P1-N1-P2 cortical auditory evoked potentials

## İşitsel uyarılmış P1-N1-P2 kortikal potansiyellerle eşik incelemesi

Sıdika CESUR , Ufuk DERİNSU 

### ABSTRACT

**Aim:** The aim of the study was to compare the hearing threshold levels obtained by cortical auditory evoked responses and classic behavioral audiometry in adults with normal hearing and sensorineural hearing loss and to investigate the intercompatibility of these two tests.

**Methods:** In this study 74 adults consisting of 18 individuals with normal, and 56 impaired hearing were evaluated and threshold levels of ALRs obtained with both tests at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz frequencies and behavioural thresholds were compared.

**Results:** In adults with normal hearing any correlation between AEPs and behavioral thresholds was not found at 500 Hz, while moderate, and weak correlations were detected at 1000 and 2000 Hz, also at 4000 Hz, respectively. While in adults with hearing loss strong correlations were detected at all of the tested frequencies. The biggest mean difference between two tests values were 5 dB in normal and 7.4 dB in individuals with hearing disorders.

**Conclusion:** ALRs have showed good correlations in individuals with pure tone behavioral thresholds at 500, 1000, and 4000 Hz frequencies in patients with normal hearing and those with hearing loss. Therefore it may be suggested ALRs may be recommended as a reliable and accurate test to estimate pure tone thresholds in adults and children uncooperative to behavioural thresholds, forensic cases and subjects with nonorganic hearing loss.

**Keywords:** Auditory Late Response (ALRs), threshold estimation, nonorganic, hearing

### ÖZ

**Amaç:** Çalışmanın amacı, normal işitmeli ve sensörinöral işitme kayıplı yetişkinlerde işitsel uyarılmış geç potansiyeller (İUGP) ve klasik davranışsal tekniklerle elde edilen işitme eşiği sonuçlarını karşılaştırmak ve bu iki testin birbiri ile ne kadar uyumluluk gösterdiğini araştırmaktır.

**Yöntem:** Çalışmaya 18 normal işiten (33 kulak), 56 işitme kayıplı (112 kulak) olmak üzere toplam 74 yetişkin (145 kulak) alınmış ve 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarında elde edilen İUGP ve davranım eşikleri karşılaştırılmıştır.

**Bulgular:** Normal işitenlerde İUGP ve davranım eşikleri arasında 500 Hz'de korelasyon olmadığı, 1000 ve 2000 Hz'de orta, 4000 Hz'de zayıf bir korelasyon olduğu, işitme kayıplılarda ise tüm frekanslarda yüksek derecede bir korelasyon olduğu görülmüştür. Her iki ölçüm ortalamaları arasındaki en büyük fark değeri normal işitenlerde 5 dB, işitme kayıplılarda ise 7.4 dB'dir.

**Sonuç:** Sonuç olarak, İUGP'nin 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarında saf ses davranım eşikleri ile normal ve işitme kayıplı kişilerde yüksek oranda uyumluluk gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle İUGP'yi, davranım eşiklerine kooperasyonu olmayan çocuk ve yetişkinlerde, adli vakalarda ve nonorganik işitme kayıplarında eşik yordamak üzere kullanılabilir uygun ve güvenilir bir test olarak önermek olasıdır.

**Anahtar kelimeler:** İUGP (İşitsel uyarılmış geç potansiyeller), eşik belirlenmesi, non-organik, işitme

## GİRİŞ

Son zamanlarda işitme sağlığı ve güvenliğine verilen önemin artması ile işitmenin ölçüm ve değerlendirilmesi de önem kazanmıştır. Klinikte işitmenin ölçül-

mesinde yaygın olarak klasik davranışsal odyometrik testler kullanılmaktadır. Bu testler büyük ölçüde kişinin ve testi yapanın katılımını gerektiren subjektif testlerdir<sup>1</sup>. Ancak klasik odyometrik testlerin yapılmasının olası olmadığı yaştaki bebek ve küçük ço-

Received: 04.04.2018

Accepted: 15.07.2018

Marmara University, Department of Audiology, Istanbul, Turkey

Yazışma adresi: Sıdika Cesur, Marmara University, Department of Audiology, Istanbul, Turkey

e-mail: sdkacesur@gmail.com

Yazarların ORCID bilgileri:

S.C. 0000-0003-1479-6495, U.D. 0000-0003-0438-0074

cuklarda, zekâ geriliği ve iletişim bozukluğu olanlarda, nörolojik rahatsızlıklarda, komadaki hastalarda, medikolegal vakalarda ve nonorganik işitme kayıpları gibi durumlarda işitmenin değerlendirilmesi için objektif testlere gerek duyulmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak elektrofizyolojik testler kullanılmaktadır<sup>1,2</sup>.

Elektrofizyolojik testler; beynin bir uyarıyı alması ya da bir uyarı ile motor cevap oluşturması sırasında ilgili kısımlarında oluşan biyoelektriksel potansiyellerin kaydedilmesine dayalı testlerdir<sup>3,4</sup>. Kullanılan uyara ve potansiyellerin elde edilişlerine göre duyuşal, motor ve olaya ilişkin olmak üzere pek çok elektrofizyolojik test bulunmaktadır. Duyuşal uyarılmış potansiyeller görsel, işitsel veya elektriksel uyaranlar kullanılarak elde edilmektedir. İşitsel uyaran kullanılması ile elde edilen potansiyellere işitsel uyarılmış potansiyeller (İUP) denilmektedir. Kafa derisinin yüzeyine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla kaydedilen bu potansiyeller işitme siniri, beyin sapı ve korteksteki uyarının oluşturduğu voltaj değişikliklerini göstermektedir<sup>1,5</sup>.

Klinik ve teorik olarak işitsel uyarılmış potansiyeller gözden geçirildiğinde objektif eşik ölçümlerinde özellikle yetişkin bireylerde en optimize ve uygun test yöntemi olarak İşitsel Uyarılmış Geç Potansiyeller (İUGP)'in önerildiği görülmektedir<sup>6,7</sup>. Pek çok çalışmada nonorganik ve mesleki işitme kayıplı kişilerde işitme kaybını değerlendirmek üzere İUGP'nin yeğlendiği görülmektedir<sup>5,8,9</sup>. Benzer şekilde Boniver'in 2002 yılında yaptığı çalışmada, İUGP ile davranışsal odyometrik eşikler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ve İUGP'nin nonorganik işitme kayıplarında kullanılabilir ve güvenilir bir test olduğu ileri sürülmüştür<sup>10</sup>.

Yavaş hızda verilen bir uyarana karşı yaklaşık 50-250 ms. arasında bir sürede meydana gelen bir dizi pozitif ve negatif tepeden oluşan İUGP'nin en temel bileşenlerini N1 dalgası ve P2 dalgası oluşturmaktadır (Figür 1). Talamus ve daha üst düzey işitme merkezinin aktivitesini yansıttığı düşünülen bu yanıtların kaynakları konusunda ise hâlâ çelişkiler bulunmaktadır. İUGP'de kullanılan "tone burst" uyarının iniş/çıkış ve durasyon zamanları İşitsel Uyarılmış Beyinsapı Yanıtı (İUBC)'nda kullanılan "tone burst" uyarana göre

daha uzun olduğundan İUGP'de frekansa spesifiklik artmakta ve spektral sıçramalar azalmaktadır. Ayrıca uyku ve bilinç durumundan etkilenmemesi, miyojenik aktiviteden daha az etkilenmesi gibi avantajları İUGP'yi diğer elektrofizyolojik test yöntemleri içinde ön plana çıkarmaktadır. Ancak İUGP kayıt tekniği ve kullanılan parametreler klinikten kliniğe farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle, her kliniğin kendine özel normatif verilerini oluşturması gerekmektedir.

Bu çalışmada, normal işitmeli ve sensorinoral işitme kayıplı kişilerde işitsel uyarılmış geç kortikal yanıtlar ve klasik davranışsal tekniklerle elde edilen işitme eşiği sonuçlarını karşılaştırarak kliniğimiz için tanısal değerlendirmede kullanılacak standart bir veri oluşturmak amaçlanmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmaya 18 normal işiten (33 kulak), 56 işitme kayıplı (110 kulak) olmak üzere toplam 74 (144 kulak) yetişkin alınmıştır. İşitme kayıplı grupta, kayıp dereceleri çok hafif ile çok ileri derece arasında değişmekle birlikte, 20 (40 kulak) kişide odyogram konfigürasyonu yüksek frekanslara doğru inen tipte, 36 (72 kulak) kişide düz tiptedir. Normal işiten grup 18-65 yaşları arasında olup, katılımcılar herhangi bir nörolojik, lisan ve konuşma sorunu olmayan yetişkinler arasından seçilmiştir. İşitme kayıplı grupta aynı şekilde 18-65 yaşları arasında olup, sensörinöral işitme kayıplı yetişkinler arasından seçilmiştir. Nörolojik bozukluğu ve herhangi bir kulakta iletim patolojisi olanlar çalışmaya alınmamıştır. Tüm katılımcılara öncelikle akustik immitansmetri uygulanarak orta kulak sorunu ekarte edilmiş, sonrasında saf ses eşik odyometrisi ve konuşma odyometrisi uygulanarak işitme eşikleri belirlenmiştir.

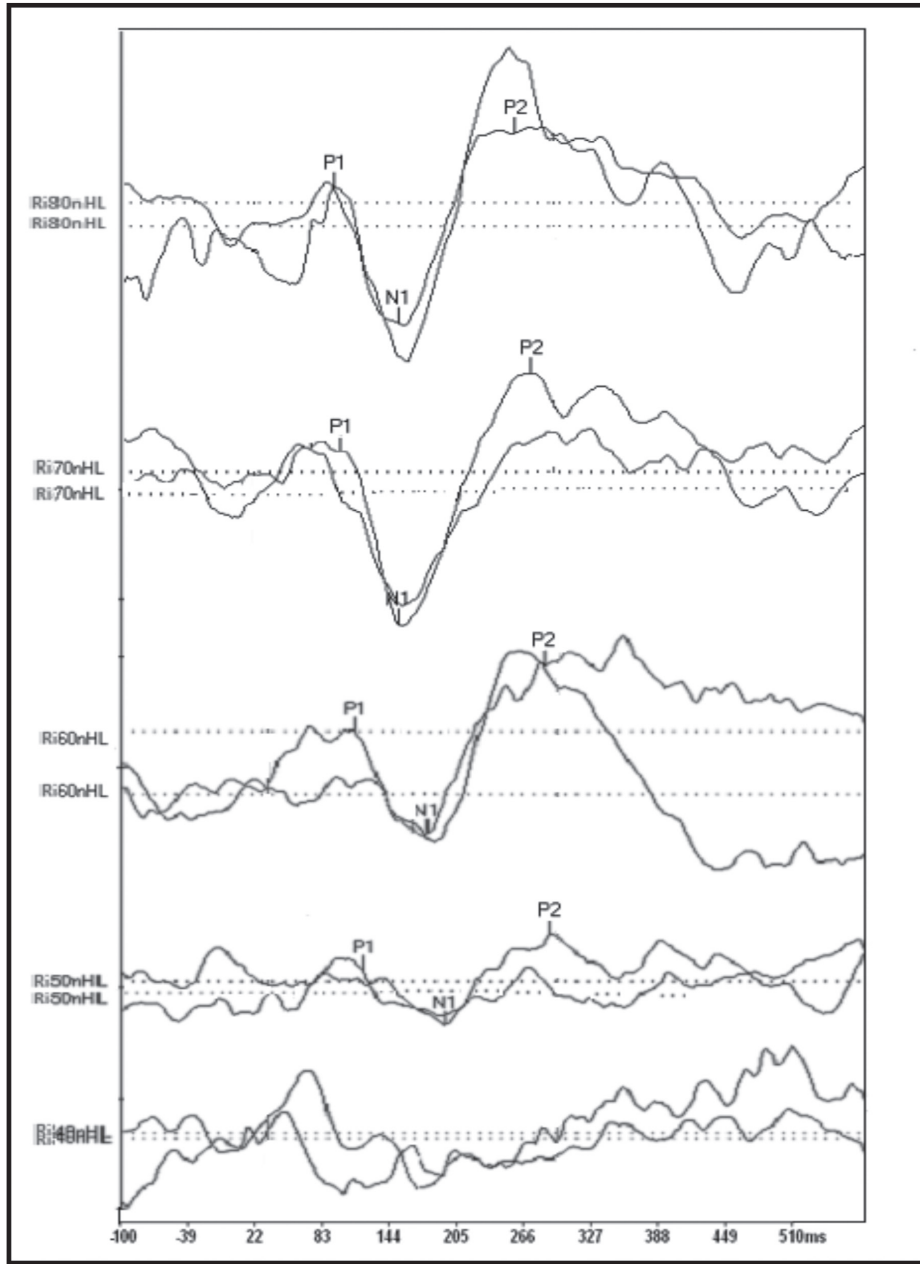
Çalışma, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Klinik Araştırmalar Ön Değerlendirme Komisyonu tarafından incelenip 30.03.2011 - 30 tarih ve sayısı ile etik kurul onayı alınarak yapılmıştır.

Rutin odyolojik incelemelerin ardından katılımcıların bir kısmında İUGP kaydı aynı gün içinde yapılırken, bir

kısmında kooperasyonun bozukluğu ve zamanla ilgili kısıtlılıklar nedeni ile başka bir gün yapılmıştır. Odyolojik tetkikler ve İUGP kayıtları bu konuda tecrübeli farklı odyologlar tarafından yapılmıştır. İUGP kaydı öncesi katılımcıların elektrot yerleşim yerleri temizlenmiş, Cz noninverting elektrot (verteks), A1 inverting elektrot (ipsilateral kulak memesi) ve A2 toprak elektrot (kontralateral kulak memesi) olacak şekilde seçilerek yerleştirilmiştir.

Katılımcılar, International Acoustic Company standartlarına uygun olarak belirlenmiş sessiz odada, rahat bir koltukta oturarak test edilmiştir. Test sırasında katılımcılar tercihlerine göre film izlemiş ya da kitap okumuşlardır. Film izleyen katılımcılarda TV tam karşıda ve sesi kapalı olacak şekilde ayarlanmıştır.

Uyarılmış potansiyellerin kaydı için Biologic Navigator Pro 7. versiyon (Natus Medical; San Carlos, CA,



Figür 1. Normal işiten bir katılımcının sağ kulak 1000 Hz İUGP (P1-N1-P2) eşik incelemesi.

USA) ve ICS Chartr EP (GN Otometrics/Natus Medical, Taastrup, Denmark) sistemleri kullanılmıştır. Her bir katılımcı için 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'lerdeki işitsel uyarılmış potansiyellerin P1-N1 ve P2 bileşenleri incelenmiştir (Örnek: Figür 1). Teste normal işitenlerde 30 dB nHL, işitme kayıplılarda 80 dB nHL şiddet seviyesinden başlanıp, 10'ar dB'lik adımlarla inilerek/çıkılarak İUGP eşiği belirlenmiştir. Eşik seviyesinin belirlenmesinde 500 ve 1000 Hz için en düşük şiddet seviyesinde elde edilen N1-P2 dalga amplitüdü büyüklüğü 5  $\mu$ V'un üzerinde, 2000 ve 4000 Hz için 3  $\mu$ V'un üzerinde ise eşik bu seviyenin 5 dB altı olarak kabul edilmiştir<sup>9</sup>. Her bir şiddet düzeyi için en az 2 kayıt yapılmıştır. Gerekli durumlarda özellikle eşik seviyesinde kayıtlar 3 ya da 4 kez yinelenmiştir. Test süresi, her bir katılımcı için elektrotların yapıştırılması ve uyarılmış yanıtların kaydı dâhil 45 dk. ile 1 saat arasında sürmüştür.

### Uyaran Tipi ve Özellikleri

Uyaran tipi olarak 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz tone burst kullanılmıştır. "Tone burst" uyarının her bir frekans için seçilen çıkış/ plato/ iniş zamanları Tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1. Tone burst uyarın için kullanılan çıkış/ plato/ iniş zamanları.**

Frekans	Çıkış Zamanı	Plato Zamanı	İniş Zamanı
500 Hz	5 ms.	30 ms.	5 ms.
1000 Hz	10 ms.	60 ms.	10 ms.
2000 Hz	20 ms.	120 ms.	20 ms.
4000 Hz	40 ms.	240 ms.	40 ms.

**Tablo 2. İUGP kayıt parametreleri.**

Analiz zaman	-100 ms uyarın öncesi ve 500 ms uyarın sonrası
Filtre	1-30 Hz
Amplifikasyon	50.000
Kanal sayısı	Tek kanal
Polarite	Rarefaction
Averajlama sayısı	20-50 sweep
Uyaran tekrar sayısı	0,7/sn
Artifact rejection	+/- 100 $\mu$ V
Elektrot yerleşimi	Cz, A1, A2

### Uyarılmış Yanıtların Kaydı İçin Kullanılan Parametreler

Kayıt sırasında kullanılan parametreler Tablo 2'de belirtilmiştir.

### İstatistiksel Yöntem

Çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve tabloların oluşturulmasında SPSS (SPSS Inc, Chicago IL, USA) sürüm 23 kullanılmıştır. Grupların normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorov-Smirnov Sınaması ile incelenmiş, grupların normal dağılım gösterdiği saptanmıştır. Her iki gruptan elde edilen İUGP (P1-N1-P2) ve davranışsal saf ses işitme eşikleri ortalama ve standart sapma değerleri için tanımlayıcı istatistik kullanılmıştır. Normal ve işitme kayıplı gruplarda ölçümle elde edilen değerler arasındaki farkın anlamlılığı için Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi, arasındaki ilişki için ise Pearson Korelasyon Testi kullanılmıştır. İşitme kayıplı grupta düz ve dik eğimli olmak üzere odyogram konfüğürasyonu bakımından yapılan ayırmada her iki işitme kayıplı gruptan elde edilen İUGP ve davranım eşiği ortalama farklarının (İUGP ortalaması-Davranım Odyometrisi ortalaması) birbirleri ile olan farklarını incelemek için Bağımsız Örneklem T-Testi kullanılmıştır. Bütün istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi olarak  $p < 0,05$  değeri kabul edilmiştir.

### BULGULAR

Pearson Korelasyon analizine göre, normal işitenlerde İUGP ve davranım eşikleri arasında her iki kulakta 500 Hz'de anlamlı bir korelasyon olmadığı, 1000 Hz'de sağ kulakta güçlü, sol kulakta orta derecede bir korelasyon olduğu, 2000 Hz'de sağ kulakta anlamlı bir korelasyon olmadığı, sol kulakta orta derecede bir korelasyon olduğu, 4000 Hz'de ise sağ kulakta zayıf bir korelasyon olduğu, sol kulakta anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür (Tablo 3). Her iki test arasındaki ortalama farklar incelendiğinde, en fazla farkın sağ kulakta 4.1 dB, sol kulakta 5 dB olduğu ve 4000 Hz'de elde edildiği görülmüştür. Ortalama farklar bakımından diğer frekanslardaki sıralama büyükten küçüğe doğru sağ kulakta 2000, 500 ve 1000 Hz,

sol kulakta 2000, 1000 ve 500 Hz şeklindedir. Her iki kulakta da 500 ve 1000 Hz frekanslarında elde edilen ortalama farklar istatistiksel açıdan anlamlı değilken, 2000 ve 4000 Hz frekanslarındaki ortalama farklar istatistiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 4).

**Tablo 3. Normal işiten grubun sağ ve sol kulak İUGP ve davranım eşikleri arasındaki korelasyon.**

Sağ Kulak		N	Korelasyon (r)	p
500 Hz	İUGP	18	0.914	0.176
	Odyometri	18		
1000 Hz	İUGP	18	0.937	0.001*
	Odyometri	18		
2000 Hz	İUGP	18	0.955	0.160
	Odyometri	18		
4000 Hz	İUGP	18	0.890	0.050*
	Odyometri	18		
Sol Kulak		N	Korelasyon (r)	p
500 Hz	İUGP	15	0.909	0.136
	Odyometri	15		
1000 Hz	İUGP	15	0.940	0.015*
	Odyometri	15		
2000 Hz	İUGP	15	0.914	0.021*
	Odyometri	15		
4000 Hz	İUGP	15	0.914	0.208
	Odyometri	15		

\*:  $p < 0,05$ , N: Örneklem büyüklüğü

İşitme kayıplı grupta; her iki kulakta tüm frekanslarda İUGP ve davranım eşikleri arasında yüksek bir korelasyon olduğu görülmüştür. İUGP ve davranım eşikleri arasında en yüksek korelasyon sağ kulakta 2000 Hz'de, sol kulakta 1000 Hz'de elde edilmiştir (Tablo 5). Her iki test arasındaki en büyük ortalama fark sağ kulakta 7.4 dB, sol kulakta 7.2 dB olup, sağ kulakta

**Tablo 5. İşitme kayıplı grubun sağ ve sol kulak İUGP ve davranım eşikleri arasındaki korelasyon.**

Sağ Kulak		N	Korelasyon (r)	p
500 Hz	İUGP	56	0.914	0.000*
	Odyometri	56		
1000 Hz	İUGP	56	0.937	0.000*
	Odyometri	56		
2000 Hz	İUGP	56	0.955	0.000*
	Odyometri	56		
4000 Hz	İUGP	56	0.890	0.000*
	Odyometri	56		
Sol Kulak		N	Korelasyon (r)	p
500 Hz	İUGP	54	0.909	0.000*
	Odyometri	54		
1000 Hz	İUGP	54	0.940	0.000*
	Odyometri	54		
2000 Hz	İUGP	54	0.914	0.000*
	Odyometri	54		
4000 Hz	İUGP	54	0.914	0.000*
	Odyometri	54		

\*:  $p < 0,05$ , N: Örneklem büyüklüğü

**Tablo 4. Normal işiten grubun sağ ve sol kulak İUGP ve davranım eşik ortalamaları farkı.**

Sağ Kulak		N	Ortalama (dB)	Std. Sapma	Ortalama fark (dB)	p
500 Hz	İUGP	18	8.0	5.97	1.9	0.261
	Odyometri	18	6.1	6.31		
1000 Hz	İUGP	18	7.2	8.26	1.3	0.331
	Odyometri	18	5.8	4.61		
2000 Hz	İUGP	18	8.6	6.59	3.3	0.048*
	Odyometri	18	5.2	4.68		
4000 Hz	İUGP	18	10.0	6.41	4.1	0.017*
	Odyometri	18	5.8	6.47		
Sol Kulak		N	Ortalama (dB)	Std. Sapma	Ortalama fark (dB)	p
500 Hz	İUGP	15	6.6	3.61	0.3	0.843
	Odyometri	15	6.3	6.93		
1000 Hz	İUGP	15	7.3	7.03	1.6	0.313
	Odyometri	15	5.6	7.03		
2000 Hz	İUGP	15	9.3	7.28	4.3	0.013*
	Odyometri	15	5.0	6.47		
4000 Hz	İUGP	15	9.0	8.49	5.0	0.038*
	Odyometri	15	4.0	5.68		

\*:  $p < 0,05$ , N: Örneklem büyüklüğü

2000 Hz, sol kulakta 500 Hz frekansında elde edilmiştir. Sağ kulakta 500 ve 1000 Hz'de elde edilen ortalama fark eşit olup, en az fark elde edilen frekans 4000 Hz'tir. Sol kulakta ise ortalama fark bakımından büyükten küçüğe doğru sıralama 500, 1000, 4000 ve 2000 Hz şeklindedir. İUGP ve davranım eşiği arasındaki ortalama fark değerleri tüm frekanslarda negatif yönde olup, istatistiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 6).

Düz ve yüksek frekanslara doğru dik eğimli olmak üzere iki farklı odyogram konfigürasyonuna sahip işitme kayıplı grubun İUGP ve davranım eşiği ortalamaları arasındaki fark değerleri karşılaştırıldığında,

her iki işitme kayıplı grup arasında İUGP ve davranım eşiği bakımından yalnızca 1000 Hz'de anlamlı bir fark olduğu diğer frekanslarda anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür (Tablo 7).

Grup içinde elde edilen her iki test sonuçlarının bir-biri ile hangi oranda uyumluluk gösterdiği incelendiğinde, normal grupta 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'de test edilen kulakların sırasıyla %93,3, %96,3, %90,9 ve %87,8'inin, işitme kayıplı grupta %67,2, %71,8, %71,8 ve %73,6'sının  $\pm 10$  dB içinde birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Her iki test sonucu arasında elde edilen en büyük fark değeri 35 dB olup, işitme kayıplı

**Tablo 6. İşitme kayıplı grubun sağ ve sol kulak İUGP ve davranım eşik ortalamaları farkı.**

Sağ Kulak		N	Ortalama (dB)	Std. Sapma	Ortalama fark (dB)	p
500 Hz	İUGP	56	39.3	23.08	-6.9	0.000*
	Odyometri	56	46.3	22.95		
1000 Hz	İUGP	56	47.3	24.82	-6.9	0.000*
	Odyometri	56	54.2	25.50		
2000 Hz	İUGP	56	53.6	24.73	-7.4	0.000*
	Odyometri	56	61.2	25.53		
4000 Hz	İUGP	56	62.5	22.13	-6.3	0.000*
	Odyometri	56	68.8	22.40		
Sol Kulak		N	Ortalama (dB)	Std. Sapma	Ortalama fark (dB)	p
500 Hz	İUGP	54	35.7	21.78	-7.2	0.000*
	Odyometri	54	43.0	23.91		
1000 Hz	İUGP	54	44.4	25.21	-7.0	0.000*
	Odyometri	54	51.5	26.36		
2000 Hz	İUGP	54	52.7	23.66	-4.4	0.000*
	Odyometri	54	57.1	25.76		
4000 Hz	İUGP	54	59.5	22.81	-5.2	0.000*
	Odyometri	54	64.8	25.58		

\*:  $p < 0,05$ , N: Örneklem büyüklüğü

**Tablo 7. İşitme kayıplı grupta İUGP ve davranım eşikleri arasındaki ortalama fark değerlerinin frekans ve odyogram konfigürasyonuna göre dağılımları.**

Frekans	Konfigürasyon	N	Ortalama fark (dB)	Std. Sapma	p
500 Hz	Düz	40	0,2817	23.7980	0.557
	Eğimli	72	0.8750	8.6519	
1000 Hz	Düz	40	-1.5493	13.9281	0.018*
	Eğimli	72	-6.000	6.9981	
2000 Hz	Düz	40	-5.7746	12.8075	0.936
	Eğimli	72	-4.7500	8.2392	
4000 Hz	Düz	40	-5.3750	12.8075	0.946
	Eğimli	72	-5.7746	8.6519	

\*:  $p < 0,05$ , N: Örneklem büyüklüğü



**Tablo 8. Normal işitmeli grupta İUGP ve davranım eşikleri arasındaki ortalama fark değerlerinin yüzde olarak dağılımları.**

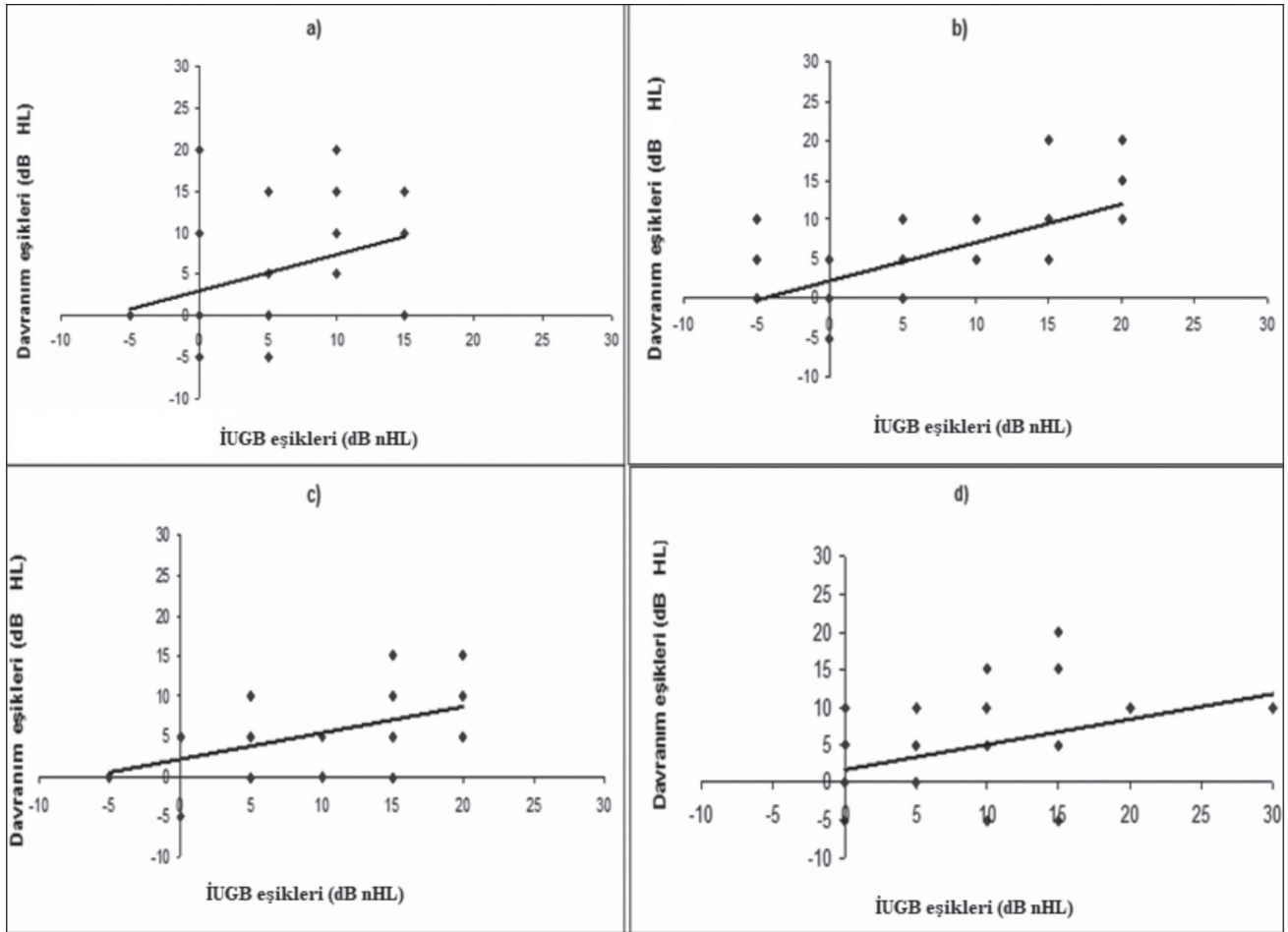
Frekans	Birebir eşleşme	5 dB içinde	10 dB içinde	15 dB ve üzerinde
500 Hz	%33.3 (11)	%78.7 (26)	%93.9 (31)	%6.0 (2)
1000 Hz	%24.2 (8)	%81.8 (27)	%96.9 (32)	%3.0 (1)
2000 Hz	%18.1 (6)	%72.7 (24)	%90.9 (30)	%9.0 (3)
4000 Hz	%24.2 (8)	%63.6 (21)	%87.8 (29)	%12.1 (4)

Kulak sayıları parantez içinde belirtilmiştir.

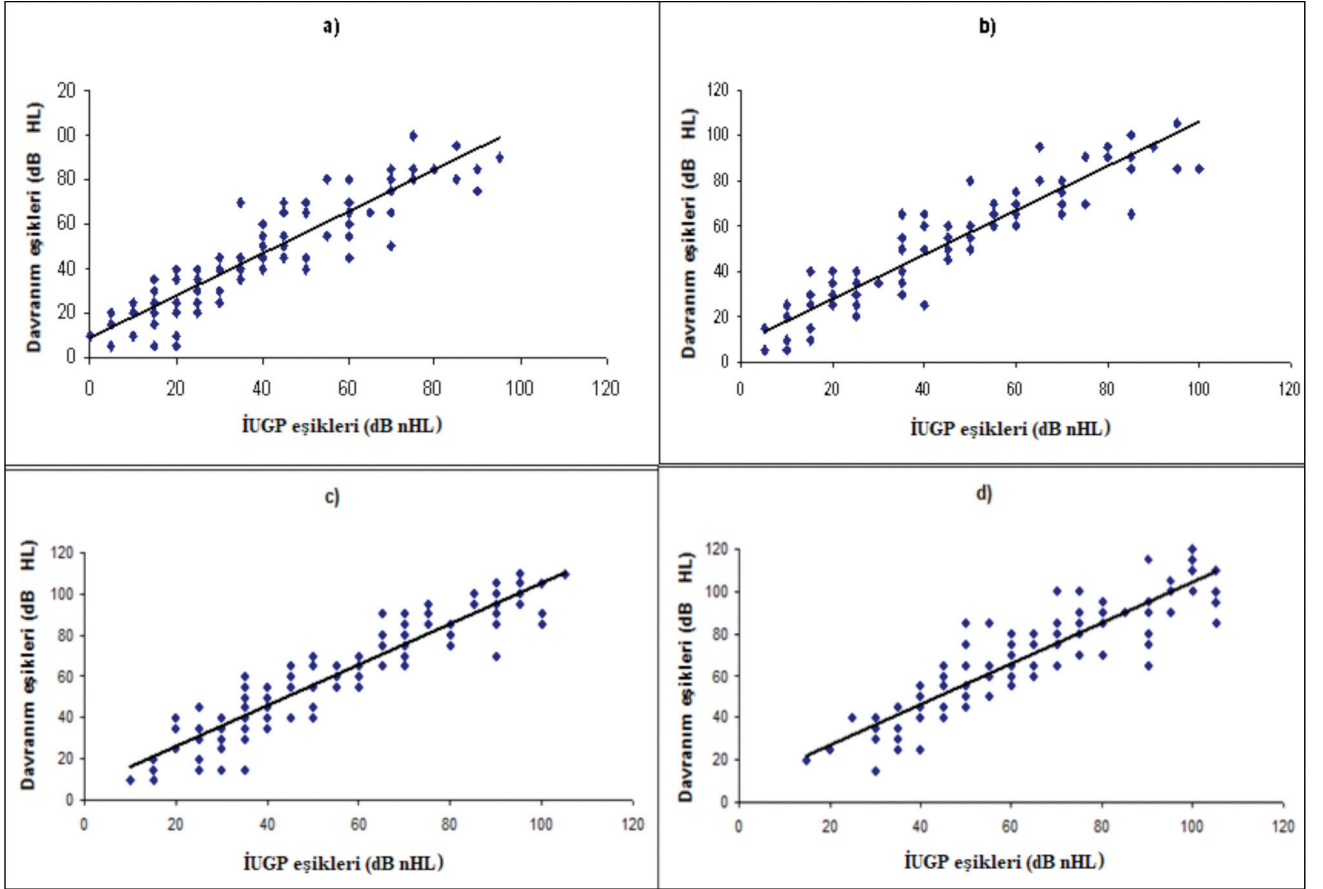
**Tablo 9. İşitme kayıplı grupta İUGP ve davranım eşikleri arasındaki fark değerlerinin yüzde olarak dağılımları.**

Frekans	Birebir eşleşme	5 dB içinde	10 dB içinde	15 dB ve üzerinde
500 Hz	%17.2 (19)	%40.9 (45)	%67.2 (74)	%32.7 (36)
1000 Hz	%17.2 (19)	%47.2 (52)	%71.8 (79)	%28.1 (31)
2000 Hz	%16.3 (18)	%46.3 (51)	%71.8 (79)	%28.1 (31)
4000 Hz	% 9.0 (12)	%45.4 (50)	%73.6 (81)	%26.3 (29)

Kulak sayıları parantez içinde belirtilmiştir.



**Figür 2. Normal işiten grupta İUGP ve davranım eşiklerinin karşılaştırılması a) 500 Hz b) 1000 Hz c) 2000 Hz d) 4000 Hz (Her bir nokta birden fazla kulak sayısını gösterebilmektedir).**



Figür 3. İşitme kayıplı grupta İUGP ve davranım eşiklerinin karşılaştırılması a) 500 Hz b) 1000 Hz c) 2000 Hz d) 4000 Hz (Her bir nokta birden fazla kulak sayısını gösterebilmektedir).

grupta elde edilmiştir. Elde edilen diğer fark değerlerinin frekanslar üzerinde yüzde olarak dağılımları Tablo 8 ve Tablo 9'da gösterilmektedir. İUGP ve davranım eşiği karşılaştırılmaları ise Figür 2 ve Figür 3'te gösterilmektedir.

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Normal işiten ve sensörinöral işitme kayıplı kişilerden oluşan iki grup arasındaki İUGP ve davranım odometri sonuçlarının karşılaştırıldığı bu çalışmada, her iki test ile elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı, sonuçların büyük oranda  $\pm 10$  dB içinde uyumluluk gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızda, İUGP'nin frekansa özgü eşik belirlemedeki yerini değerlendirmek üzere her bir frekansta

elde edilen İUGP ve davranım eşikleri karşılaştırılmış ve aralarındaki korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Benzer şekilde Tomlin ve ark. ve Biago'nun İşitsel Devamlı Durum Yanıtları (İDDC), İUGP ve davranım eşiklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, her iki testin de davranım eşikleri ile yüksek korelasyon gösterdiğini, İUGP'nin İDDC'ye göre davranım eşiklerine daha yakın sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Tomlin ve ark.'nın<sup>11</sup> çalışmasında, İUGP eşikleri ile davranım eşikleri arasında en yüksek korelasyon 500 ve 4000 Hz frekanslarında elde edilirken, Biago'nun çalışmasında, en yüksek korelasyon 2000 ve 4000 Hz frekanslarında elde edilmiş ve tipik olarak yüksek frekans işitme kaybı görülen mesleki gürültüye bağlı işitme kayıplarının belirlenmesinde İUGP'nin güvenilir bir test olduğu ileri sürülmüştür<sup>6</sup>. Çalışmamızda ise, karşılaştırılan frekanslarda hem işitme kayıplı hem de



normal işiten grup içinde en yüksek korelasyon 1000 ve 2000 Hz frekanslarında elde edilmiştir.

Literatürde İUGP eşikleri ile davranım eşiklerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Betty ve ark.'nın<sup>12</sup> 2002 yılında nonorganik işitme kayıplarının tespitinde İUGP'nin ne kadar güvenilir bir yöntem olduğunu incelemek üzere yaptıkları çalışmalarında, İUGP eşikleri ile davranım eşikleri karşılaştırılmıştır. İki yüz dört kişinin katılımı ile gerçekleştirilen bu çalışmada, 1000, 2000 ve 3000 Hz'de test edilen kulakların sırasıyla %25,1, %28,7, %4,9'unda İUGP ve davranım eşikleri arasında birebir eşleşme olduğu, %85,9, %86,9, %83,2'sinde İUGP ve davranım eşiklerinin 10 dB içinde uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışmamızda da benzer şekilde 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'de olmak üzere İUGP ve davranım eşikleri karşılaştırılmış, sırasıyla test edilen kulakların %67,2, %71,8, %71,8 ve %73,6'sında İUGP ve davranım eşiklerinin  $\pm 10$  dB içinde uyumlu olduğu belirlenmiştir. Frekanslar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamakla birlikte, en düşük uyumluluk oranın 500 Hz'de olduğu ve her iki test eşiği arasında elde edilen en fazla farkın 35 dB olduğu görülmüştür.

İUGP'de kullanılan "tone burst" uyarının çıkış, iniş ve durasyon zamanlarının erken latanslara göre daha uzun oluşu "tone burst" uyarının spektral sıçramalarını azaltmakta, böylece daha frekansa özgü yanıtlar elde edilmesini sağlamaktadır<sup>13</sup>. Çalışmamızda da özellikle işitme kayıplılarda test edilen tüm frekanslarda davranım eşikleri ile İUGP eşiklerinin güçlü bir korelasyon göstermesi, İUGP'nin frekansa özgü bilgi sağlamadaki üstünlüğünü destekler nitelikte olmuştur.

İUGP ve davranım eşikleri arasında elde edilen korelasyon değerlerinin normal ve işitme kayıplılarda nasıl değiştiğini incelediğimizde ise işitme kayıplılarda normallere göre daha güçlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda, benzer bulguların diğer elektrofizyolojik test yöntemleri için de geçerli olduğu ve ancak diğer test yöntemlerine kıyasla İUGP'nin normal işitenlerde davranım eşikleri ile daha yüksek korelasyon gösterdiği ileri sürülmektedir<sup>6,7</sup>.

Yeung ve ark.'nın<sup>14</sup> eşik belirlemedeki üstünlükleri bakımından İUGP ve İDDC ölçümlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, her iki testin de işitme kayıplılarda normallere göre daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği ve işitme kaybının derecesinin artmasıyla elde edilen sonuçların doğruluğunun da arttığı ileri sürülmüştür. Literatürde benzer bulguların elde edildiği çalışmalarda, bu durumun rekrutmentle ilişkili olduğu, işitme kayıplılarda şiddetin artması ile meydana gelen fizyolojik yanıtın amplitüdünün de artışı gösterdiği ileri sürülmektedir<sup>6,9</sup>. Çalışmamızda, amplitüdü değerlendirilmemekle birlikte, eşik inceleme sırasında benzer etkinin görüldüğü gözlenmiştir.

Çalışmamızda, normal işitenlerde İUGP ile davranım eşikleri arasında 500 Hz'de anlamlı bir korelasyon olmadığı, 1000 Hz'de sağ kulakta güçlü, sol kulakta orta derecede bir korelasyon olduğu, 2000 Hz'de sağ kulakta anlamlı bir korelasyon olmadığı, sol kulakta orta derecede bir korelasyon olduğu, 4000 Hz'de ise sağ kulakta zayıf bir korelasyon olduğu, sol kulakta anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür. Korelasyon değerleri yüksek olmamasına karşın, eşikler arasındaki farkın en fazla 20 dB olduğu ve hemen her vakada, İUGP eşiklerinin normal işitme sınırlarında kaldığı görülmüştür. Bu durumda normal işitenlerde İUGP'nin genel olarak işitme seviyesi ile ilgili doğru bilgi verebileceğini söylemek olasıdır.

Klinikte objektif testlerin uygulanmasını gerektiren vakaların başında davranım testlerine kooperasyon kuramayan ya da nonorganik işitme kaybı şüphesi taşıyan kişilerin geldiği görülmektedir. Bu gibi vakalarda otoakustik emisyon ve akustik immitansmetri gibi kısa ve pratik test yöntemleri ile normal işitme, işitme kaybından kolay bir şekilde ayrılabilen ancak işitme kaybının olduğu durumlarda kaybın miktar ve derecesi belirlenememektedir. Bu nedenle İUGP'nin normal işitenlerde davranım eşikleri ile zayıf korelasyon göstermesinin, nonorganik komponentini açığa çıkarmada önemli bir sınırlılık yaratmadığı, tam tersi işitme kayıplılarda davranım eşikleriyle yüksek korelasyon göstermesi bakımından işitme kayıplarının belirlenmesinde önemli bir yere sahip olduğu söylenebilir.

Normal ve işitme kayıplı grup İUGP ve davranım eşikleri arasındaki ortalama farklar bakımından karşılaştırıldığında ise normal işitenlerden elde edilen ortalama farkların pozitif yönlü, işitme kayıplılardan elde edilen ortalama farkların ise negatif yönlü olduğu görülmüştür. Bu durum normal grupta İUGP eşiklerinin davranım eşiklerine göre daha kötü olduğunu, işitme kayıplı grupta ise daha iyi olduğunu göstermektedir. Normal işitenlerde eşik tespit edilirken eşik seviyesine doğru inildikçe akustik uyarının ilişkisiz EEG (elektroensefalografi) gürültüsünden ayrıştırılması zorlaştığından dalga morfolojisi bozulmakta, bu durum eşik belirlenmesini zorlaştırmaktadır<sup>15,16</sup>. Normal işiten grupta İUGP eşiklerinin davranım eşiklerine göre daha kötü olmasının nedenini bununla açıklamak olasıdır. Buna karşın Betty ve ark.'nın<sup>12</sup> yaptığı çalışmada, hem normal hem de işitme kayıplı gruptan elde edilen İUGP eşik ortalamalarının saf ses eşik ortalamalarından kötü elde edildiği, bunun nedeni olarak da elektriksel yanıtları elde edebilmek için eşik üstü bir uyarın gerektiği ileri sürülmüştür.

İUGP ile eşik belirlenmesini zorlaştıran en önemli faktörlerin başında kişilerin dikkat ve uyanıklık durumları gelmektedir. İUGP ile her bir frekansta eşik belirlemek oldukça uzun sürdüğünden kişilerin dikkat ve bilinç durumları test süresince değişmektedir. Böyle bir durumda klinisyen test etmekte olduğu kişinin dikkatini uyanık tutmak için uygun yöntemi seçmek zorundadır. Çalışmamızda buna dikkat edilmiş, test sırasında katılımcılardan yeğlemelerine göre kitap okumaları ya da film izlemeleri istenerek bu durum kontrol edilmeye çalışılmıştır. Uyuklama ya da sıkılma belirtileri gözleendiği durumlarda teste ara verilerek katılımcıların yine uyanık olmaları sağlandıktan sonra teste devam edilmiştir. Bu durumda her bir frekansta eşik belirlerken İUGP'nin kısa süren bir test olmadığını ve bunun bir dezavantaj oluşturduğunu söylemek olasıdır. Literatürde eşik belirlemede kullanılan elektrofizyolojik test yöntemlerini süreleri bakımından karşılaştıran bazı çalışmalarda İUGP'nin diğer yöntemlere göre avantajlı olduğu ileri sürülmüştür<sup>15,17</sup>. Buna karşın Yeung ve ark.'nın<sup>14</sup> yaptığı çalışmada, İUGP ile eşik belirlemenin İDDC'ye kıyasla daha çok zaman aldığı ileri sürülmüştür.

Elektrofizyolojik ölçümler sırasında en sık karşılaşılan ve eşik belirlemeyi önemli ölçüde zorlaştıran sorunlardan biri de kas ve harekete bağlı oluşan artifaklardır. Özellikle nonorganik işitme kayıplarında vakalar uyumaya direnç gösterme ya da bilinçli olarak hareket edip artifakta neden olma eğiliminde olduklarından İUBC gibi sedasyon gerektiren yöntemlerle test edilmeleri güç olmaktadır. Bu durumda İUGP, diğer elektrofizyolojik test yöntemlerine göre miyojenik gürültüden daha az etkilenmesi bakımından avantajlı olup, nonorganik işitme kayıplarında kritik bir önem taşımaktadır.

Testler farklı günlerde yapılabildiğinden, iletim tipi işitme kayıplarının doğası gereği oluşabilecek odyometrik eşik farklılıklarının, sonuçları etkilemesinden kaçınmak üzere çalışmamızda işitme kayıplı grup, sadece sensorinöral işitme kayıplı kişilerden oluşturulmuştur. Literatürde de İUGP ile ilgili yapılan çalışmalarda sıklıkla sensorinöral işitme kayıplı kişiler yeğlenmiştir<sup>1,6,7,14</sup>.

Tüm avantajları gözden geçirildiğinde, frekansa özgü eşik bilgisi sağlaması, miyojenik gürültüden daha az etkilenmesi, sedasyon gerektirmemesi ve noninvasif olarak uygulanan bir test olması bakımından İUGP'nin nonorganik işitme kayıplarında kullanılabilir uygun bir objektif test yöntemi olduğu söylenebilir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, İUGP'nin iç kulaktan kortekse kadar olan nöral yollar boyunca işitme sistemini değerlendirmeye olanak sağlayan, eşik belirlemede doğru ve güvenilir sonuçlar veren objektif bir test yöntemi olduğu söylenebilir. Bu bakımından İUGP, davranım odyometrisini gerçekleştiremeyen küçük çocuk ve yetişkinlerde, ayrıca objektif işitme ölçümüne gerek duyulan nonorganik işitme kayıplı kişilerde ve medikolegal vakalarda kullanılabilir uygun bir test yöntemi olarak önerebilir.

## KAYNAKLAR

1. Stach B. Clinical audiology: An introduction: Nelson Education 2008.
2. Lin J, Staecker H. Nonorganic hearing loss. Seminars in neurology: Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New York, USA. 2006:321-30.
3. Hall JW. Handbook of Auditory Evoked Responses: Allyn and Bacon 1992.
4. Martin FN, Clark JG. Introduction to audiology: Allyn and Bacon Boston 1997.
5. Stephen WH, Garry N, Ivan K, et al. The use of cortical evoked response audiometry in the assessment of noise-induced hearing loss. Otolaryngology Head and Neck Surgery. 2003;128(2):257-62.  
<https://doi.org/10.1067/mhn.2003.79>
6. Biagio L. Slow cortical auditory evoked potentials and auditory steady-state evoked responses in adults exposed to occupational noise. University of Pretoria 2009.
7. Biagio L, Swanepoel DW, Soer ME. Objective assessment of noise-induced hearing loss: a comparison of methods. 2009.
8. Alberti P, Hyde M, Riko K. Exaggerated hearing loss in compensation claimants. The Journal of otolaryngology. 1987;16(6):362-6.
9. Lightfoot G, Kennedy V. Cortical electric response audiometry hearing threshold estimation: accuracy, speed, and the effects of stimulus presentation features. Ear and hearing. 2006;27(5):443-56.  
<https://doi.org/10.1097/01.aud.0000233902.53432.48>
10. Boniver R. Slow auditory evoked potentials: the end of malingering in audiology. International Tinnitus Journal. 2002;8(1):58-61.
11. Tomlin D, Rance G, Graydon K, et al. A comparison of 40 Hz auditory steady-state response (ASSR) and cortical auditory evoked potential (CAEP) thresholds in awake adult subjects: Comparación de umbrales con 40 Hz ASSR y CAEP en adultos despiertos. International Journal of Audiology. 2006;45(10):580-8.  
<https://doi.org/10.1080/14992020600895170>
12. Tsui B, Wong LL, Wong EC. Accuracy of cortical evoked response audiometry in the identification of non-organic hearing loss: International Journal of Audiology. 2002;41(6):330-3.  
<https://doi.org/10.3109/14992020209090407>
13. Hall III J. eHandbook of auditory evoked responses: Principles, procedures & protocols. Kindle Direct Publishing 2015.
14. Yeung KN, Wong LL. Prediction of hearing thresholds: Comparison of cortical evoked response audiometry and auditory steady state response audiometry techniques: Predicción de umbrales auditivos. Comparación entre las técnicas de Audiometría por Respuestas Evocadas Corticales y Audiometría por Respuestas Auditivas de Estado Estable. International Journal of Audiology. 2007;46(1):17-25.  
<https://doi.org/10.1080/14992020601102238>
15. Van Maanen A, Stapells DR. Comparison of multiple Auditory Steady-State Responses (80 versus 40 Hz) and slow cortical potentials for threshold estimation in hearing-impaired adults: Comparación de las respuestas auditivas múltiples de estado estable (80 vs 40 Hz) y de los potenciales corticales lentos en la estimación de umbrales en adultos con hipoacusia. International Journal of Audiology. 2005;44(11):613-24.  
<https://doi.org/10.1080/14992020500258628>
16. Stapells DR. Cortical event-related potentials to auditory stimuli. Handbook of Clinical Audiology. 2002;5:378-406.
17. Dejonckere PH, Coryn CP. A Comparison Between Middle Latency Responses and Late Auditory Evoked Potentials for Approximating Frequency-Specific Hearing Levels in Medicolegal Patients with Occupational Hearing Loss. International Tinnitus Journal. 2000;6(2):175-81.