



**T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASSR (AUDITORY STEADY-STATE RESPONSES)  
ÖLÇÜMLERİNDE MASTER (MULTIPLE AUDITORY STEADY-  
STATE RESPONSES) VE IHS (INTELLIGENT HEARING SYSTEM)  
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**GÜL OKUMUŞOĞLU SAYAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ODYOLOJİ BİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Prof.Dr. Ferda Akdaş**

**İSTANBUL -2007**

Her zaman bana yol gösteren danışmanım Marmara Üniversitesi Odyoloji Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr.Ferda Akdaş'a, daima yanımda olan annem Nesrin Üzülmez'e ve kardeşlerime, öğretim hayatımda beni hep teşvik eden halam Meserret Üzülmez'e ve bana destek olan eşime teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

Özet	1
Summary	2
Giriş ve Amaç	3
Genel Bilgiler	5
Gereç ve Yöntem	16
Bulgular	24
Tartışma ve Sonuç	31
Kaynaklar	35
Özgeçmiş	39

## KISALTMALAR VE SİMGELER

ASSR	:Auditory Steady State Response
İBC	:İşitsel Beyinsapı Cevabı
AM	:Amplitud Modulasyonlu
FM	:Frekans Modulasyonlu
MM	:Mikst Modulasyonlu
EEG	:Elektroensefalogram
Hz	:Hertz
kHz	:Kilo Hertz
MASTER	:Multiple Auditory Steady State Responses
IHS	:Intelligent Hearing System
IAC	:Internatioanal Acustic Center

# ŞEKİLLER , RESİMLER VE TABLOLAR

## İ. Şekillerin Listesi

- Şekil 1.** Devam eden uyarın serisinin bir işitsel uyarılmış potansiyel cevaplar ardılı meydana getirmesi.
- Şekil 2a.** Taşıyıcı frekansların farklı modülasyon frekanslarında cevap oluşturması.
- Şekil 2b.** Binaural uyarım ile sağ ve sol kulakta elde edilmiş cevaplar.
- Şekil 3.** Farklı modülasyon oranları olan uyarın örnekleri.
- Şekil 4.** ASSR ölçümlerinde kullanılan altı farklı uyarın tipi ve güç spektrumları.
- Şekil 5.** IHS'de cevap taraması.
- Şekil 6.** IHS odyogram görüntüsü.
- Şekil 7.** MASTER ölçüm ekranı görüntüsü.
- Şekil 8.** MASTER odyogram görüntüsü.
- Şekil 9a.** Normal işiten Grup 1'in 500,1000,2000,4000 Hz.'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.
- Şekil 9b.** Düz odyogram konfigürasyonu olan Grup 2'in 500,1000,2000,4000 Hz.'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.
- Şekil 9c.** Az eğimli odyogram konfigürasyonu olan Grup 3'ün 500,1000,2000,4000 Hz.'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.
- Şekil 9d.** Dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan Grup 4'ün 500,1000,2000,4000 Hz.'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.

## İİ. Tabloların Listesi

**Tablo 1.** Katılımcıların işitme kaybı derecelerine göre dağılımı.

**Tablo 2.** MASTER ve IHS sistemlerinde kullanılan parametreler.

**Tablo 3.** MASTER ve IHS sistemlerinde kullanılan düzeltme faktörleri.

**Tablo 4a:**Normal işiten katılımcıların oluşturduğu Grup 1'in havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleriyle kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucunda elde edilen r katsayıları.

**Tablo 4b:**Düz odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu Grup 2'nin havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleriyle kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucunda elde edilen r katsayıları.

**Tablo 4c:** Az eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu Grup 3'ün havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleri ile kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucu elde edilen r katsayıları.

**Tablo 4d:**Dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu Grup 4'ün havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleri ile kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucu elde edilen r katsayıları.

## ÖZET

Bu araştırmada, MASTER ve IHS sistemleriyle elde edilen ASSR eşikleri ile davranım eşikleri karşılaştırılmış ve böylece bu iki farklı sistemin işitme eşiğini yordamadaki güvenilirliği değerlendirilmiştir. Araştırmaya dört grup katılımcı dahil edilmiştir. İlk grup; normal işiten yetişkinlerden, diğer üç grup sensorinöral işitme kayıplı yetişkinlerden oluşmaktadır. Bu üç grup; düz, az eğimli ve dik eğimli odyogram konfigürasyonuna sahip katılımcılardan meydana gelmektedir. Çalışmaya katılan kişilere akustik immitansmetri ve saf ses odyometrisi uygulanmış, daha sonra tüm katılımcılara MASTER ve IHS sistemleri ile benzer parametreler kullanılarak ASSR testi yapılmış, her iki kulağa aynı anda, çoklu frekansta uyarın verilmiştir. 500-1000-2000-4000 Hz taşıyıcı tonlar, 77-105 Hz arasında farklı oranlarda modüle edilmiştir. ASSR testleri sırasında, test edilen kişinin rahat bir pozisyonda uzanması sağlanmış ve mümkünse uyuması istenmiştir. ASSR testleri en az 15 dakika, en çok 50 dakika sürmüştür. Ortalama test süresi MASTER'da 30.54 dk., IHS'de 33.51 dk.'dır. Karşılaştırmalar için Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Dört grupta iki ayrı sistemden elde edilen ASSR eşikleri ile davranım eşikleri karşılaştırılmıştır. Her iki sistemde elde edilen sonuçlara göre; normal işiten grupta ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasında oldukça düşük korelasyon vardır ( $r=0.09-0.62$ ). Düz ve az eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin olduğu ikinci ve üçüncü gruplarda, MASTER ve IHS'de, tüm frekanslarda yüksek korelasyonlar gözlenmiştir ( $r=0.82-0.97$ ). Dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerden oluşan dördüncü grupta ise; her iki sistemde, 1000-2000-4000 Hz'lerde yüksek korelasyonlar ( $r=0,80-0,92$ ) elde edildiği görülürken; 500 Hz'te düşük korelasyonlar bulunmuştur ( $r=0,07$ ). Normal işitenlerde ve drdnc grupta elde edilen bu farklar daha önce yapılan bazı araştırmalarda da grlmştr.

**Anahtar Kelimeler:** Auditory Steady State Response, İşitme Eşiği, Objektif Odyometri, Elektrofizyolojik Testler, Modulasyonlu Tonlar.

## SUMMARY

### **Comparison of ASSR (Auditory Steady State Responses) Findings Between The MASTER (Multiple Auditory Steady-State Responses) and IHS (Intelligent Hearing Systems) Systems**

In this study, two systems to assess auditory steady state responses (ASSR) were compared under similar test conditions using MASTER and IHS. ASSR thresholds at four frequencies were assessed with both methods in both ears of subjects. There were four groups of people in the study: normal hearing subjects, sensorineural hearing impaired subjects with flat, sloping and precipitous hearing loss. Before performing ASSR test, each subject underwent immittanceometry and pure tone audiometry. ASSR measurements were performed by presenting modulated tones between 77-105 Hz in multiple frequencies (500-1000-2000-4000 Hz). Subjects were encouraged to relax and sleep if possible during the test. ASSR tests durations were 15 minutes at least and 50 minutes maximum. Average of the test duration was 30.54 min. in MASTER system and 33.51 min. in IHS system. The means and correlations between the behavioral thresholds and predicted thresholds were calculated at four carrier frequencies using Pearson Correlation Analysis method. Low correlation scores were found between the behavioral thresholds and ASSR thresholds in both MASTER and IHS systems in normal hearing group ( $r=0.09-0.62$ ). The correlation scores between the behavioral thresholds and ASSR thresholds were found to be high in subjects with flat and sloping hearing loss ( $r=0.82-0.97$ ) in both systems.

High correlation scores were found between the behavioral thresholds and ASSR thresholds in subjects with precipitous hearing loss at 1000-2000-4000 Hz, although low correlation scores were obtained at 500 Hz. These score differences between normal hearing subjects and subjects with precipitous hearing loss were also reported in other studies.

**Key Words:** Auditory Steady State Response, Hearing Threshold, Objective Audiometry, Electrophysiologic Test, Modulated Tones.

## GİRİŞ VE AMAÇ

Objektif odyometrik tekniklere olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Yenidoğan işitme taramalarında, yetişkinlerin, çocukların ve davranışsal testlere koopere olamayan bireylerin işitmelerinin değerlendirilmelerinde objektif testlerden yararlanılmaktadır (31). İşitsel değerlendirme, özellikle erken tanı ve müdahale ile, işitme kaybı olan bir çocuğa uygun amplifikasyonun belirlenmesinde önemlidir (25). Bunun yanı sıra, işitme değerlendirmesi sonucunda elde edilen tanısasal bilgi, tıbbi müdahale ve oral rehabilitasyonun planlanmasında kullanılmaktadır (31). Etkili bir işitme cihazı uygulaması yapabilmek, farklı frekanslarda işitme eşiklerinin tahmin edilmesini gerektirir (19).

Bu amaçla en yaygın olarak kullanılan yöntem elektrofizyolojik testlerdir. Elektrofizyolojik testlerin önemli bir amacı; belirli bir frekansta işitme eşiğinin tam olarak saptanabilmesidir. Son yirmi yıldır önerilen tekniklerin çoğunun temeli, işitsel beyinsapı cevaplarının kaydedilmesine dayanmaktadır (22). İBC (İşitsel Beyinsapı Cevabı), uyku ve sedasyondan etkilenmemekte, ayrıca davranım eşiklerine yakın eşik elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak; bu tekniğin bazı sınırlılıkları vardır. İBC’de genellikle klik sinyali gibi kısa akustik uyarılar kullanılmaktadır. Bu tip uyarıların akustik enerjilerinin özelliği nedeni ile frekans seçiciliği azdır. Böyle uyarılar, frekansa özel eşiğin tam olarak belirlenmesini sağlayamamaktadırlar. ASSR (Auditory Steady-State Response) ölçümünde 75-110 Hz arasında ayarlanmış sürekli tonlar kullanılmaktadır ve frekansa özel objektif testler için bir alternatiftir (22).

ASSR, AM (Amplitud Modulasyonlu)/ FM (Frekans Modulasyonlu) tonlar tarafından ortaya çıkarılan ve elektroensefalogramda (EEG) ölçülen bir uzak saha cevabıdır. AM/FM modulasyonlu ton 250-8000 Hz arasında ayarlanabilmektedir. ASSR,

standart İBC testinin çıkış limitleri üzerindeki şiddet düzeylerinde test yapabilme imkanı sağlar. Ayrıca, frekansa özeldir. Steady-state cevap spektral analiz teknikleri kullanılarak, frekans sahasında analiz edilen objektif bir ölçümdür (2).

Bu çalışmada, iki farklı ASSR ölçüm sistemiyle elde edilen eşikler ile davranım eşikleri karşılaştırılmış ve böylece bu iki farklı sistemin işitme eşiği yordamadaki güvenilirliği değerlendirilmiştir. Çalışmada, Bio-logic MASTER (Multiple Auditory Steady-State Response) ve IHS (Intelligent Hearing System) sistemleri kullanılmış ve test parametreleri benzer özelliklerde ayarlanmıştır. Böylece farklı derecelerde işitme kayıplarına ve farklı odyogram konfigürasyonuna sahip kişilerin ASSR testi sonuçlarının güvenilirliği incelenmiştir.

Daha önce yapılan bir çalışmada MASTER ve AUDERA sistemlerinin davranım eşiği taramadaki güvenilirliği değerlendirilmiş ve iki sistemden elde edilen kayıtlar karşılaştırıldığında; istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunmadığı görülmüştür (19).

## GENEL BİLGİLER

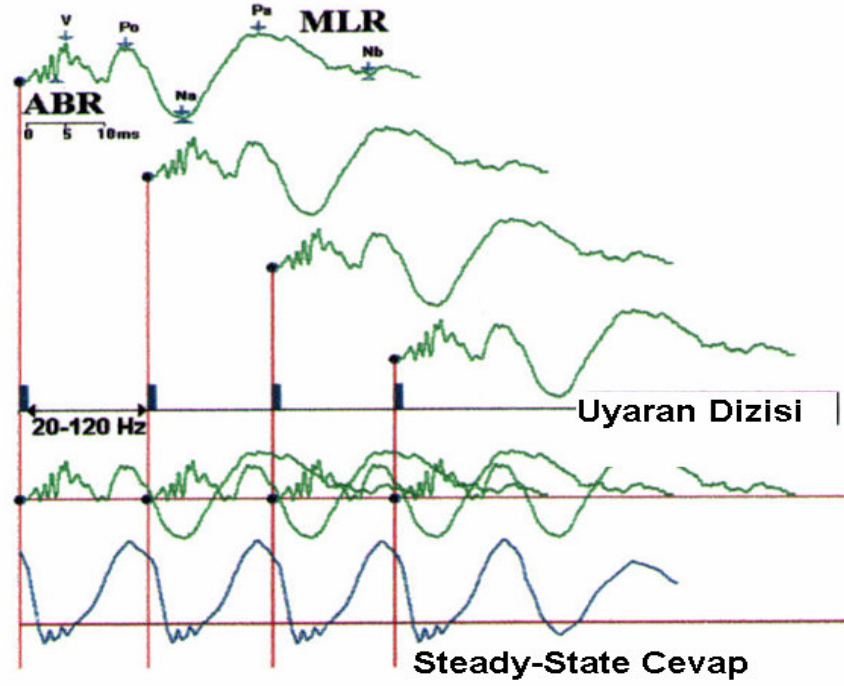
İşitsel uyarılmış potansiyeller işitmenin özelliklerini değerlendirmede kritik önem taşımaktadır. Kişinin davranım cevapları güvenilir olmadığında ya da davranım testlerine koopere olamayan bireylerde, yenidoğan işitme taramalarında, koklear implant adaylığı değerlendirmelerinde, çocukların işitmelerinin belirlenmesinde işitsel uyarılmış potansiyeller kullanılmaktadır. İnfantlarda ve çocuklarda işitme kaybı kişisel gelişimi olumsuz yönde etkiler. Dil ve iletişim becerilerinin gelişimindeki aksaklık; akademik başarının olumsuz yönde etkilenmesine, okuma-yazma becerisinin gelişiminde ve sosyal-kişisel gelişimde gecikmelere sebep olur. Bu nedenle işitme kaybı tanısının biran önce konması ve rehabilitasyonunun erkenden yapılması önemlidir. Böyle durumlarda frekansa özel işitme eşiklerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır.

Bundan yirmi otuz yıl önce klik uyararı kullanılarak yapılan işitsel beyin sapı cevabı ölçümleri, işitme kaybının belirlenmesinde ve tanısında birincil araç olarak sunulmaktaydı. Klik İBC testinin yenidoğan işitme taraması programlarında ve ilk müdahalede işitme kaybının miktarını belirlemede kullanılması hedeflenmekteydi. Hala bazı yenidoğan işitme taramalarında uygulanan İBC ölçümlerinde klik uyararı kullanılmaktadır (9).

Klik İBC kısa akustik uyararı tarafından ortaya çıkarılmaktadır ve bu tip uyararların, akustik enerjilerinin özelliği nedeni ile, frekans seçiciliği azdır (22). Yapılan araştırmalar sonucunda klik İBC eşiklerinin yüksek frekanslardaki davranım eşikleri ile yüksek korelasyon gösterdiği, buna karşın alçak frekanslardaki davranım eşiklerini yordamada her zaman güvenilir olmadığı görülmüştür (15). Bu durum, frekansa özel eşik elde etme açısından bir eksiklik ve önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir (28).

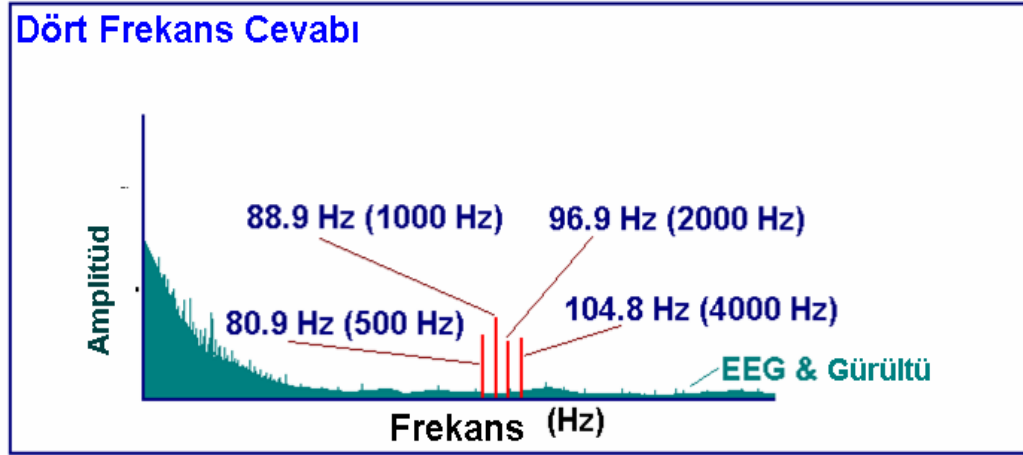
Tonal İBC, tipik olarak frekansa özel işitme eşiği elde etmede tercih edilen yöntemdir ve davranım eşikleriyle yüksek korelasyon göstermektedir (15). Ancak, bazı araştırmacılar farklı kişilerle yaptıkları çalışmalarda, İBC eşiklerinden davranım eşiklerini yordamada büyük hatalar yapılabileceğini rapor etmişlerdir (15). Bu hatalardan en dikkat çeken; dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan işitme kayıplı kişilerdeki davranım eşiği ve tonal İBC eşiği arasındaki farktır. Öyle ki, bazı vakalarda tonal İBC eşiği davranım eşiğinin 39-49 dB altında elde edilmişti. Davranım eşikleri ile daha uyumlu tonal İBC eşikleri elde edebilmek için bazı teknikler kullanılabilir (15). ASSR ölçümleri tonal İBC ölçümlerine bir alternatif olabilir (15). ASSR teknolojisinin gürültüye bağlı işitme kayıplarında odyogram şeklini güvenilir olarak yordayabildiği ve çeşitli işitme kaybı tiplerine sahip olan kişilerden elde edilen davranım odyogramı ile yüksek korelasyon gösterdiği bulunmuştur (26). Ayrıca, ASSR ölçümleri ile elde edilen işitme eşiklerinin, tonal İBC eşiklerini yüksek oranda yordayabildiği görülmüştür. Cone-Wesson 2002’de yaptığı araştırmasında ASSR eşikleri ve tone burst İBC eşikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Normal işiten yetişkinler üzerinde yapılan bu araştırma sonucunda ASSR eşikleri 8-27 dB daha düşük bulunmuştur (4).

Auditory steady state cevaplar, tekrarlayan bir uyarın serisi ile kulağın uyarılmasıyla ortaya çıkan potansiyel farklardır. Bu potansiyel farkların kaynağı, VIII kranial sinir ve işitsel beyinsapı sistemidir. Bu potansiyel farklar, sistemli bir şekilde tekrar eden uyarılma süreci kullanılarak uyarılırlar ve belirli bir zaman periyodunda elde edilen sinyal averajlanarak elde edilirler. Aşağıdaki Şekil 1’de devam eden uyarın serisinin bir işitsel uyarılmış potansiyel cevaplar ardılı meydana getirdiği görülüyor.



**Şekil 1:** Devam eden uyaran serisinin bir işitsel uyarılmış potansiyel cevaplar ardılı meydana getirmesi.

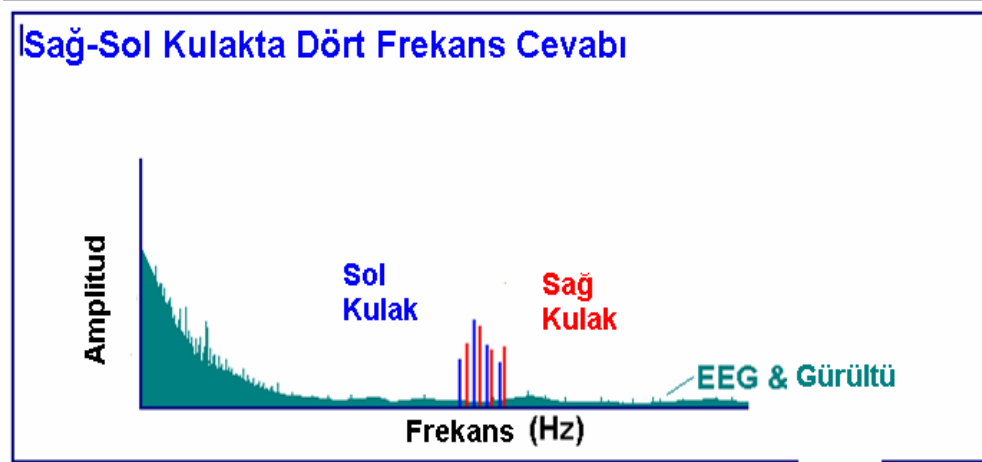
Bu işitsel uyarılmış potansiyel cevapları, tekrarlama oranının yüksek olması nedeniyle, üst üste gelerek katlanmakta ve bir steady state cevaba eklenmektedir. Cevapların amplitudleri, frekans sahaları ve kutup noktaları kullanılarak analiz edildiğinde; sinyal tarama algoritmeleri ve istatistiksel analiz ile işitme eşiği değerlendirilebilmektedir. Her odyometrik frekans ve analiz için özel bir tekrarlama oranı kullanılması her kulak için çoklu frekans ölçümü yapılabilmesine olanak verir.(<http://www.ihsys.com>, 25.12.2006.). Her taşıyıcı frekans, belirlenen modülasyon frekansında bir cevap ortaya çıkaracaktır. Aşağıdaki Şekil 2a'da, taşıyıcı frekansların farklı modülasyon frekanslarında cevap oluşturması görülmektedir.



**Şekil 2a:** Taşıyıcı frekansların farklı modülasyon frekanslarında cevap oluşturması.

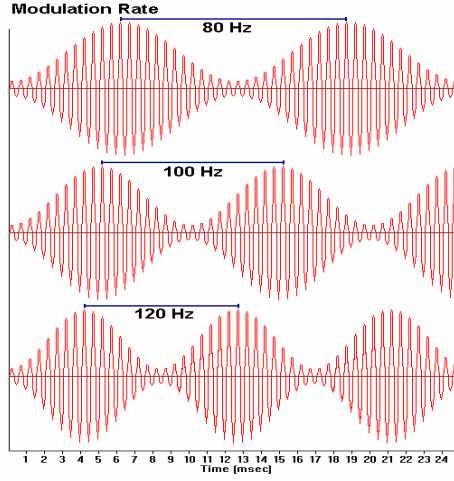
Modülasyon kavramının iki önemli bileşeni vardır. Modülasyon derinliği ve modülasyon oranı. Modülasyon derinliği, uyarının yüzde olarak artması ve azalmasıdır. Modülasyon oranı, uyarının devam ettiği frekanstır. Frekans modülasyonu uyarının frekansında yapılan değişikliği ifade ederken, amplitud modülasyonu uyarının amplitudunda yapılan değişikliği ifade eder. Birden çok uyarının kullanılabilmesi için, 500-1000-2000-4000 Hz taşıyıcı frekanslarında, sol ve sağ kulakta farklı miktarlarda ayarlanmış modülasyon frekanslarında uyarın sunumu yapılır. Sağ ve sol kulak için farklı modülasyon frekanslarının kullanılması kokleanın tonotopik özelliği ile ilgilidir.

Kokleya gelen ve dört ayrı uyarıdan oluşan kompleks uyarın, basiler membrandaki ilgili bölge tarafından algılanır. Basiler membranda uyarını algılayan bölgelerde bulunan saç hücreleri her tonal frekans için harekete geçer. Böylece her taşıyıcı frekansın modülasyon frekansında uyarılmış steady state cevaplar meydana gelir. Bu sinyaller, F-ratio yöntemi kullanılarak arka plan EEG aktivitesi ile karşılaştırılır. Eğer sinyal gürültü oranı yeterince büyükse, sinyal bir cevap olarak kaydedilir. Aşağıdaki Şekil 2b'de sağ ve sol kulaktan elde edilmiş cevaplar görülmektedir.



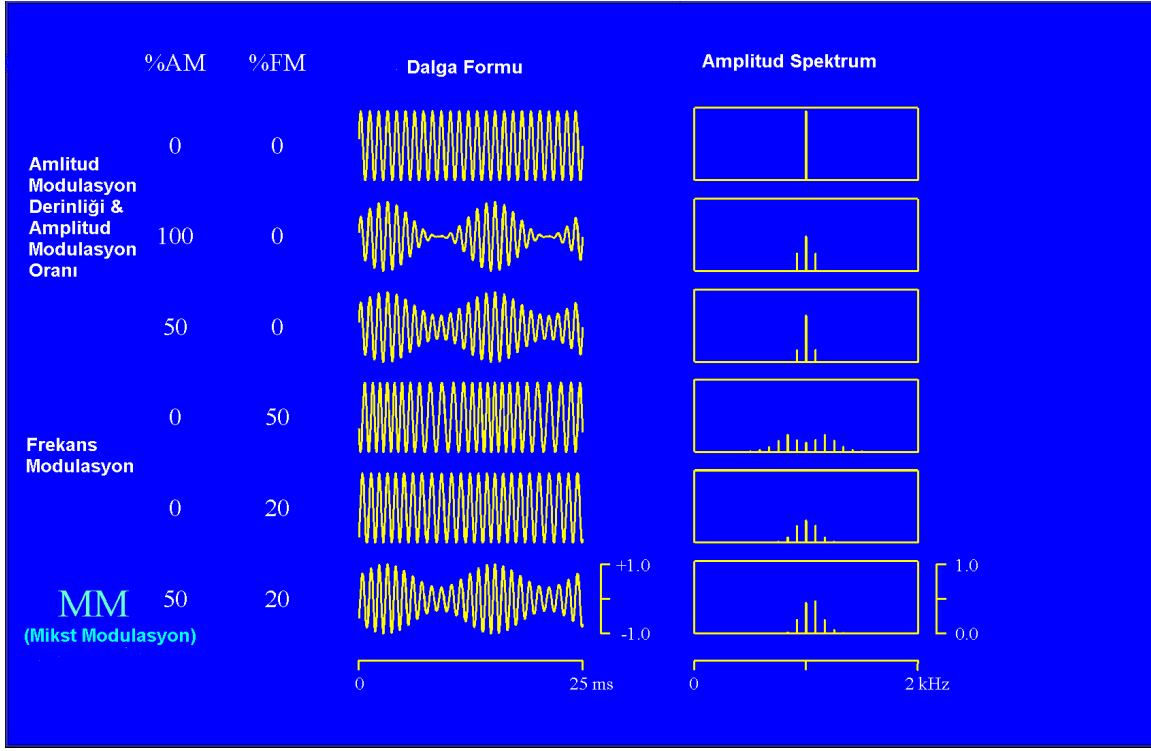
Şekil 2b: Binaural uyurım ile sağ ve sol kulakta elde edilmiş cevaplar.

ASSR potansiyelleri ilk kez 1980'li yılların başlarında Galambos ve arkadaşları tarafından rapor edilmiştir. Galambos 10-55 Hz arasında tekrarlama oranı kullanarak 250 Hz tone burstlerle cevaplar kaydetmiştir (8). En yüksek amplitüdlü cevabı 40 Hz tekrarlama oranında bulmuştur. Bu durum 40 Hz potansiyelinin temel olarak orta cevap latanslarının bir sonucu olduğunu düşündürmüştür. Buna karşın, steady-state tonotopik organizasyonun manyetik alan kaynakları, katlanan orta latans cevaplarının olmadığını fakat, 40 Hz modülasyon frekansı kullanılmasıyla N1 potansiyelinin ortaya çıktığını göstermiştir (8). Başlangıçta 40 Hz ASSR'ye odaklanılmasına rağmen bunu klinik uygulamalarda kullanmak oldukça zordur. Bu durumun sebeplerinden biri; cevabın doğal uyku ve sedasyondan olumsuz yönde etkilenmesidir. 40 Hz cevapları üzerinde çalışılmasının ardından, Cohen ve arkadaşları 1991'de, 80-100 Hz arasında modülasyon frekansı kullanarak cevap kaydetmişlerdir (3). 40 Hz cevaplarının aksine, daha yüksek modülasyon frekansları kullanılarak uyuyan kişilerde de ASSR kaydedilebilmiştir. Buna karşın 80-100 Hz modülasyon frekansında elde edilen cevap, 40 Hz cevabına göre daha küçüktür ve daha düşük sinyal gürültü oranında elde edilebilmektedir. Dolayısıyla, 80 Hz ve üzeri modülasyon frekanslarında anlamlı bir cevap elde edebilmek için daha uzun bir kayıt süresine ihtiyaç duyulmaktadır (3). Aşağıdaki Şekil 3'te farklı modülasyon oranları olan uyaran örnekleri görülmektedir.



**Şekil 3:** Farklı modülasyon oranları olan uyarın örnekleri.

Bazı çalışmalar, cevabı büyötmeye yönelik metotları araştırmışlardır. Amplitud Modülasyon (AM) ve Frekans Modülasyonun (FM) bir kombinasyonu olan Mixed Modülasyon (MM) kullanılarak yapılan incelemelerde, mikst modülasyon ile her iki modülasyon tipinin ayrı ayrı uyarabildiği kadar büyük bir uyarılma sağlanabildiği görölmüştür. Aşağıdaki Şekil 4’de altı farklı uyarın ve güç spektraları gösterilmektedir (14).



**Şekil 4:** ASSR ölçümlerinde kullanılan altı farklı uyarın tipi ve güç spektrumları.

İlk uyarın, 1000 Hz taşıyıcı frekansında ve module edilmemiş bir uyarındır. Güç spektrumunda tek bir tepe üretir. Bu uyarının frekans seçiciliği çok iyi olmasına rağmen bir cevap üretmez. Uyarın süreklilik gösteren özelliktedir.

İkinci uyarın, 1000 Hz taşıyıcı frekansında %100 amlitud modulasyonlu bir uyarındır. Modulasyon frekansı 80 Hz'dir. Gönderilen her uyarını bir enerji paketi gibi düşünürsek; her enerji paketi bir cevap oluşturacaktır. Uyarın sık olarak tekrarladığından, beyinin bu uyarınlara karşı ürettiği cevaplar birbirinin üstüne binecektir. Çünkü, önceki uyarın cevabı taşınmadan önce diğer uyarın bir cevap oluşturacaktır.

Üçüncü uyarında, taşıyıcı frekans sadece %50 oranında module edilmiştir. Bu tip uyarınlar işitsel sistemin amlitud modulasyonuna duyarlılığını test etmede kullanılabilir. Çoğu kişide, bir cevap oluşturabilecek amlitud modulasyonu en az %15'tir. Şekle dikkat

edilirse; bu uyarının taşıyıcı frekansta daha çok enerji bıraktığı ancak, yanbantların %100 AM uyaranından daha küçük olduğu görülecektir.

Dördüncü uyarın %50 frekans modulasıyonlu uyarandır. Bu uyarın genellikle, çoklu uyarın testleri için kullanılmaz, ancak; frekans geçişini çok net göstermektedir. Beşinci uyarın %20 frekans modulasıyonlu bir uyarandır. Başka bir deyişle; 1000 Hz'lik bir uyarın için 900 Hz ve 1100 Hz arasında değişir (%10 aşığı ve %10 yukarı). Güç spektrumunda ek yanbantlar gözlenmektedir.

Altıncı uyarın hem amplitud hem frekans modulasıyonludur. Bu tip uyarınlara mikst modulasıyon da denebilir. AM ve FM tonların tek tek olduğundan daha büyük cevaplar oluşturabilir. FM fazı öyle ayarlanmıştır ki; FM sarmalındaki en yüksek frekans, AM sarmalının maksimumuyla simultane olarak ortaya çıkar.

ASSR tekniğinin hangi koşullarda güvenilir sonuçlar verdiği tartışılan bir konudur. Aoyagi'nin 1993'te (1), Lins ve arkadaşlarının 1996'da (18) Dimitrijevic ve arkadaşlarının 2002'de (5), Herdman ve Stapells'in 2003'te (12) yaptıkları çalışmalarda ASSR'nin güvenilirliği hastanın uyanık veya uyuyor olma durumuyla ilişkilendirilmiştir. Genel olarak araştırmacılar ASSR sonuçları ile saf ses eşiklerini direkt olarak karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmalar sonucunda ASSR eşikleri ile saf ses eşikler arasında yüksek korelasyonlar rapor etmişlerdir (28). Lins ve arkadaşları uzanmış veya uyur pozisyonda bulunan normal işitmeye sahip kişiler üzerinde yaptığı araştırma sonucunda , 75-110 Hz ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasında 11-14 dB fark olduğunu bulmuşlardır (18). Aoyagi, yatar pozisyonda bulunan normal işitmeye sahip kişilerle yaptığı çalışmasında 40 Hz ASSR eşiklerinin tüm taşıyıcı frekanslarda 30 dBnHL düzeyinde bozulduğunu rapor etmiştir (1). İşitme kayıplı yetişkinlerde ise ASSR eşikleri, tüm taşıyıcı frekanslarda, davranım eşiklerinin 0-25 dB üzerinde elde edilmiştir. Herdman ve Stapells, yatar pozisyondaki kişilerde, 75-105 Hz ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasında 3-14 dB fark bulmuştur (12). Dimitrijevic ve arkadaşları , normal işiten ve işitme kayıplı, uyuyan kişiler üzerinde 80-95 Hz ASSR eşiklerini değerlendirmişlerdir (5). Davranım eşikleri ve fizyolojik eşikler

arasında, normal işitenlerde 4-17 dB, işitme kayıplılarda 5-13 dB fark bulmuşlardır. Araştırmalar sonucunda ASSR'nin normal işiten yetişkinlerde güvenilir olmayabildiği tartışması yapılmıştır (5).

Bazı araştırmacılar ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasındaki böyle büyük farkları 500 Hz uyarısında bulmuşlardır. Bazıları ise 500 Hz eşiklerinin 40 Hz modülasyon frekansı kullanıldığında oldukça güvenilir olabildiğini belirtmişlerdir ( 28, 34 ).

ASSR testlerinin klinik uygulamalar yönünden birçok cazip özellikleri bulunmaktadır. Öncelikle, test uyarımı (modülasyon modu ne olursa olsun) makul surette frekansa özeldir. Ayrıca, ASSR ölçümleri ileri ve çok ileri derecede işitme kaybı olan kişilerin değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Çünkü, sabit tonal uyarın kullanılması, daha yüksek şiddette çıkış elde edilmesini sağlamaktadır. ASSR ölçümleri kullanılarak çoklu frekans ölçümü yapılabilen ve her iki kulak aynı anda test edilebilmektedir. Test edilecek kişinin oldukça sessiz olması hatta mümkünse uyuması gerekse de hastanın pozisyonu, 70 Hz üzerinde modülasyon frekanslarıyla yapılan ASSR ölçümlerinde kritik görülmemektedir (17). Ek olarak, ASSR uygulamaları her yaş grubundaki çocuklarda güvenilir sonuçlar vermektedir (11).

ASSR ölçümleri çok ileri derecede işitme kayıplarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. Çünkü, ASSR tekniği kullanılarak 100 dBnHL üzerindeki şiddet düzeylerinde işitme değerlendirmesi yapmak mümkündür (31). İBC testinin üst sınırları olan bu düzeylerde işitme değerlendirmesi yapabilmek bir avantajdır. Bu avantaj sayesinde ASSR tekniği, odyometrik test bataryasının yetersiz kaldığı durumlarda ve koklear implant adaylığını değerlendirmede kullanılabilir. Yenidoğan işitme taramalarının yürütülmesi ve implantasyon yaşının küçülmesi, koklear implant adaylığı için objektif odyometri gerektiren kişilerin sayısını arttırmıştır. Koklear implant adaylığı için pediatrik değerlendirme alanında ASSR'den yararlanmak ümit vericidir. Çünkü; ileri ve çok ileri derecede bilateral sensorinöral işitme kaybını tanımlamak implantasyon için birincil ve en

temel ihtiyacıdır (33). Swanepoel ve Hugo'nun bir çalışmasında yaşları 10-60 ay arasında olan koklear implant adaylarına serbest alan, klik İBC ve ASSR testleri yapılmıştır. ASSR tekniği, değerlendirilen kulakların %93'ünde kalıntı işitmeyi tespit eden tek yöntem olarak bulunmuştur (33). Koklear implantlı kişilerle yapılan başka bir çalışmada, ASSR'den, implant sonrasında, implant fonksiyonunun değerlendirilmesi için de yararlanılabileceği görülmüştür (20).

Gorga ve arkadaşları, ASSR'nin üst sınırları ile ilgili yaptıkları araştırmada, davranım odyometrisine cevabı olmayan bireylerle çalışmışlardır. Çalışma sonucunda yüksek şiddet düzeylerinde yapılan ASSR kayıtlarında artifakt veya distorsiyon olabileceği sonucuna varmışlardır (10).

ASSR ölçümlerinin İBC ölçümlerine göre daha avantajlı olmasının nedenlerinden biri de, test süresinin daha kısa olmasıdır. İBC uygulamasında her iki kulak ayrı ayrı değerlendirilir. Tonal İBC testinde her frekansta ayrı ayrı eşik aranır. Böylece eşik bulunana kadar test süresi uzamaya devam eder (19). Bu durum özellikle infantlarda ve küçük çocuklarda önemli bir avantajdır.

ASSR ölçümlerinin en önemli özelliklerinden biri, cevap spektrumunun uyarın spektrumu tarafından kesin olarak yordanabilmesidir. Böylece, işitsel uyarılmış potansiyel testlerinin çoğunda bulunan, dalgaların subjektif yorumlanması sınırlılığı ortadan kalkmaktadır (17). Başka bir deyişle, bir steady-state cevabın varlığının saptanması istatistiksel bir bulgudur ve dalga formları ya da cevap özelliklerinin subjektif görsel değerlendirmesine dayanmamaktadır (2).

Dimitrijevic'in ASSR ölçümleri ile kelime ayırtma skorlarını karşılaştıran araştırmasında; normal işiten genç yetişkinlerle çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda ASSR ölçümlerinin kelime ayırtma skorları ile ilişkili olduğu görülmüştür (7).

Kemik yolu testi, eşik yordamada kullanılan davranım testlerinden biridir. ASSR'de kemik yolu uyarımı EEG'de artifakta neden olmaktadır. Bu problem; enerjinin, ASSR modulasyon oranıyla aynı frekansta ortaya çıkmasından ve bir cevap olarak değerlendirilmesinden kaynaklanmaktadır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada dört ayrı grup katılımcı değerlendirilmiştir. İlk grupta 10 normal işiten yetişkin katılımcı bulunmaktadır. Bu 10 katılımcının 20 kulağı değerlendirilmiştir. Grubun yaş aralığı 23-45 ve yaş ortalaması 31.9' dur. Katılımcıların 250-8000 Hz arası saf ses davranım eşikleri 20 dB HL'in altında ve saf ses eşik ortalamaları 11.1' dir. İkinci grup; düz odyogram konfigürasyonu olan, farklı derecelerde işitme kaybına sahip 10 katılımcıdan oluşmaktadır. 10 katılımcının 19 kulağı değerlendirmeye alınmıştır. Düz odyogram konfigürasyonu, her frekanstaki eşikler arasında 20 dB'den az fark olacak şekilde tanımlanmıştır (32). İkinci grubun yaş aralığı 18-62 ve yaş ortalaması 42.4'tür. Üçüncü grup; az eğimli odyogram konfigürasyonu olan, farklı derecelerde işitme kaybına sahip 10 katılımcıdan oluşmaktadır. Az eğimli odyogram konfigürasyonu, yüksek frekanslardaki eşikler, alçak frekanslardaki eşiklerden en az 20 dB daha yüksek olacak şekilde tanımlanmıştır (32). Bu gruptaki 10 katılımcının 19 kulağı değerlendirilmeye alınmıştır. Grubun yaş aralığı 18-62 ve yaş ortalaması 37.2' dir. Dördüncü grup; dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan, farklı derecelerde işitme kaybına sahip 10 katılımcıdan oluşmaktadır, 10 katılımcının 20 kulağı değerlendirilmiştir. Dik eğimli odyogram konfigürasyonu, yüksek frekanslarda ani düşüş ve iki oktav arasında en az 20 dB 'lik iniş olacak şekilde tanımlanmıştır (32). Bu grubun yaş aralığı 20-62 ve yaş ortalamaları 55.1' dir. Tüm katılımcıların sensorinöral tip işitme kaybı vardır, timpanogramları normaldir ve hiçbirinin geçmişinde herhangi bir nörolojik bozukluk hikayesi yoktur. Her katılımcı simetrik işitmeye sahiptir.

Katılımcıların işitme kaybı derecelerine göre dağılımı aşağıdaki Tablo 1'de gösterilmiştir:

	NORMAL (0-25 dBHL)	ÇOK HAFİF (26-40dBHL)	HAFİF (41-55dBHL)	ORTA (56-70dBHL)	İLERİ (71-90dBHL)	ÇOK İLERİ (91 üstü)
Grup1	10	-	-	-	-	-
Grup 2	-	4	1	3	1	1
Grup 3	-	3	2	2	1	2
Grup 4	3	6	-	1	-	-

**Tablo 1:** Katılımcıların işitme kaybı derecelerine göre dağılımı.

Katılımcılar Marmara Üniversitesi Odyoloji Bilim Dalı kliniği hastaları arasından seçilmiştir. Öncelikle davranım odyometrisi ile hava ve kemik yolu eşikleri belirlenmiştir. Daha sonra Akustik immitansmetri testi yapılmıştır. ASSR testi yapılan tüm katılımcıların belirlenen işitme koşullarına uygun olmasına ve her hangi bir orta kulak problemi bulunmamasına dikkat edilmiştir.

Davranım odyometrisi Interacoustic AC40 odyometre , TDH 39 supra-aural kulaklık , B71 kemik vibratör kullanılarak, IAC (International Acoustic Center)'nin belirlemiş olduğu sessiz odalarda yapılmıştır. Akustik immitansmetri, Interacoustic AT235h immitansmetri cihazı kullanılarak yapılmıştır. Davranım odyometrisinde 250-8000 Hz arasında saf ses eşikler belirlenmesine rağmen ASSR ölçümleri ile karşılaştırılırken 500-4000 Hz arasındaki eşikler dikkate alınmıştır. Davranım odyometrisi ve immitansmetri testleri aynı günde ,iki ayrı ASSR ölçümü bir hafta içinde aynı veya farklı günlerde yapılmıştır.

ASSR kayıtları için Biologic-MASTER (Multiple Auditory Steady State Response) ve IHS (Intelligent Hearing System) sistemleri kullanılmıştır. Ölçümler çoklu frekans yöntemiyle, TDH49 supra-aural kulaklık kullanılarak ve binaural sunum yapılarak

kaydedilmiştir. Kayıtlar sessiz odalarda ve kişi yatar pozisyonda iken yapılmıştır. Elektrot yerleşim bölgeleri; alın (toprak), yüksek alın (pozitif), sağ ve sol (mastoidler) negatif olarak belirlenmiştir. Kayıt öncesi kişinin elektrot yerleşim bölgeleri temizleme jeli ile temizlenerek gold cup elektrotlar iletken pasta ile yerleştirilmiştir.

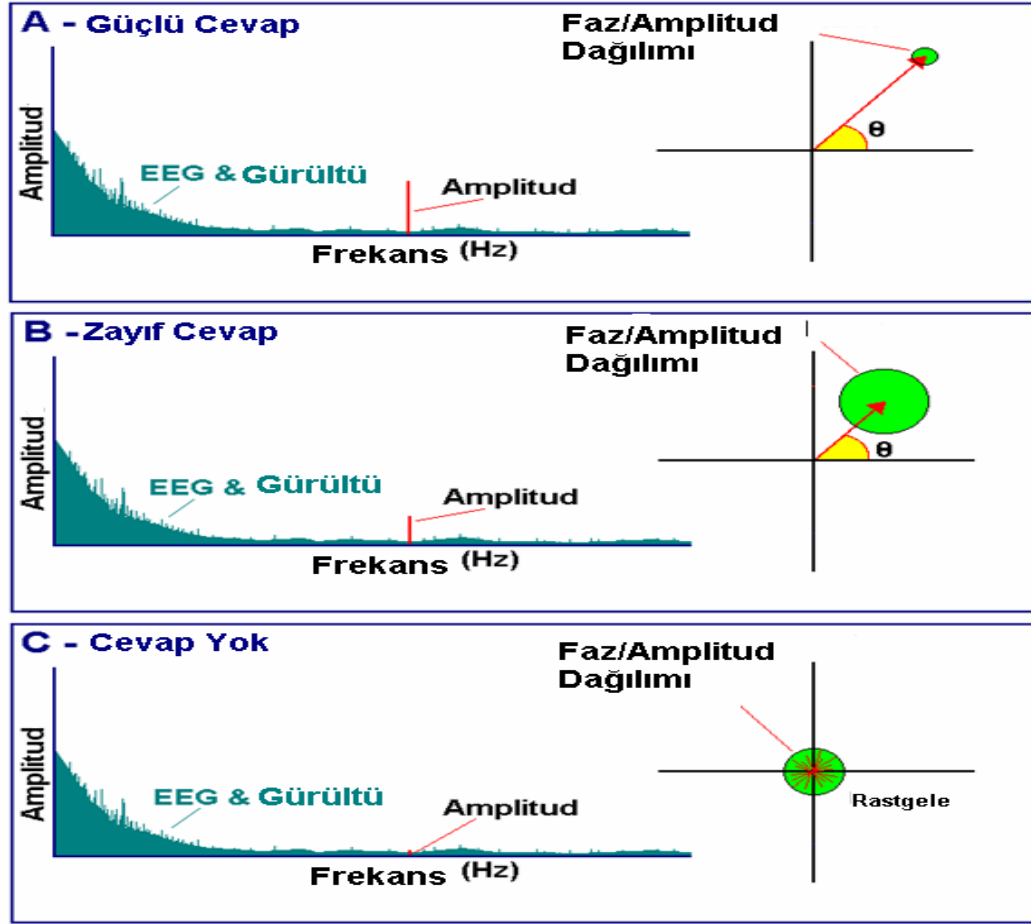
MASTER ve IHS sistemlerinde kullanılan parametreler aşağıdaki Tablo 2' de gösterilmiştir:

<b>SİSTEM ADI</b>	<b>MASTER</b>	<b>IHS</b>
<i>UYARAN SUNUMU:</i>	BİNAURAL/ÇOKLU FREKANS	BİNAURAL/ÇOKLU FREKANS
<i>AM/FM:</i>	EXPONENTIAL MODULASYON	%100 AM %20 FM
<i>MODULASYON FREKANSLARI:</i>	SOL:77-85-93-101Hz SAĞ:79-87-95-103Hz	SOL:77-85-93-101Hz SAĞ:79-87-95-103Hz
<i>ÇEVİREÇ TİPİ:</i>	SUPRA-AURAL TDH49	SUPRA-AURAL TDH49
<i>KALİBRASYON:</i>	dB SPL	dB SPL
<i>MAKSİMUM DÜZEY:</i>	4000 Hz:115 dB HL 2000 Hz:116 dB HL 1000 Hz:119 dB HL 500 Hz :114 dB HL	4000 Hz:125 dB HL 2000 Hz:125 dB HL 1000 Hz:125 dB HL 500 Hz :125 dB HL Multifrekans:117 dB HL
<i>CEVAP ANALİZİ:</i>	F-TEST	F-TEST
<i>ELEKTROT YERLEŞİMİ:</i>	M1,M2,Fp,Fpz	M1,M2,Fp,Fpz

**Tablo 2:**MASTER ve IHS sistemlerinde kullanılan parametreler.

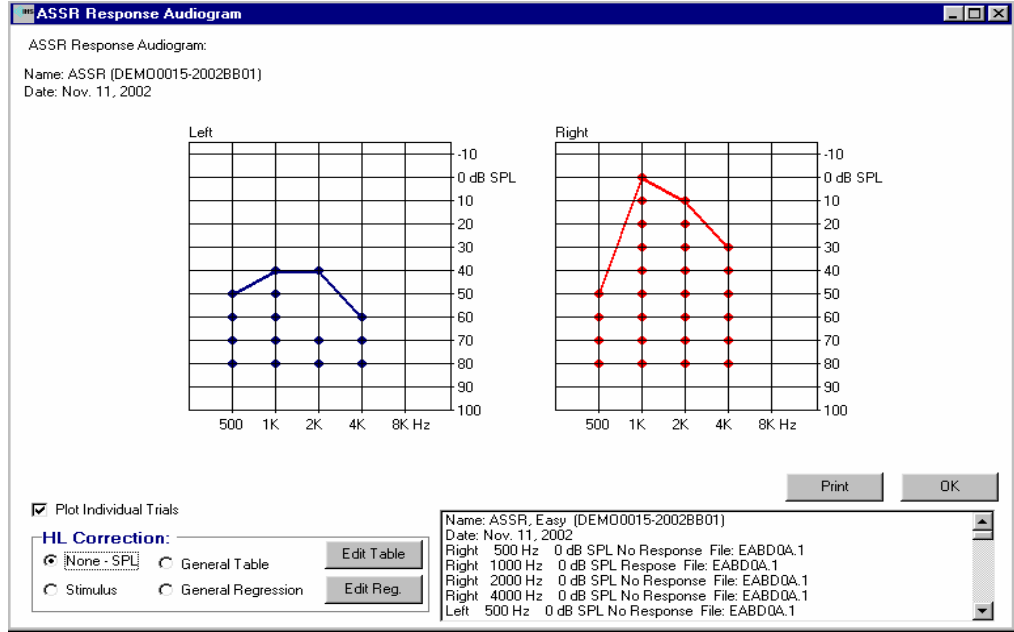
Tüm ASSR kayıtları için 500-1000-2000-4000 Hz taşıyıcı frekanslarda uyaran sunumu yapılmıştır. Her kulağa dörder olmak üzere toplam sekiz uyaran sunulmuştur. Modülasyon oranları her iki sistem için sol kulakta 77,85,93,101 Hz ve sağ kulakta 79,87,95,103 Hz'dir. Elektrotlar arası impedansın 5kOhm veya altında olmasına dikkat edilmiştir. IHS kayıtlarında %100 AM %20 FM modülasyon , MASTER'da exponential modülasyon kullanılmıştır. EEG sinyali 30-300 Hz band pass filtre ile kaydedilmiştir. Artifakt sınırı 40 mV'tur. Başlangıçtaki uyaran şiddet düzeyi, katılımcının test edilecek frekanslardaki davranım eşiklerinin yaklaşık 40 dB üzerinde olacak şekilde ayarlanmıştır. Eğimli odyogram konfigürasyonu olan üçüncü ve dördüncü gruplarda ; alçak ve yüksek frekanslar arasındaki fark göz önüne alınarak , eğimi oluşturan frekanslara ayrı olarak bakılmıştır. Böylece katılımcının yüksek şiddetlerdeki uyaran düzeylerinden rahatsız olması engellenmeye çalışılmıştır.

ASSR cevapları, belirlenen şiddet düzeyinden 10 dB 'lik adımlarla inilerek hiçbir frekans bandında eşik elde edilmeyene kadar kaydedilmeye devam edilmiştir. Her bir uyaran şiddetindeki cevap kayıtları IHS için maksimum 400 sweep, MASTER için maksimum 512 sweep'tir. Cevabın varlığı ve ya yokluğu iki sistemde de F-test yöntemi ile belirlenmektedir. Modülasyon frekansındaki sinyal ile EEG gürültüsü karşılaştırılmakta ve cevabın varlığı ya da yokluğu değerlendirilmektedir. Sinyal gürültü oranı IHS'de 6.13 dB'dir. Eğer sinyal gürültü oranı 6.13 dB'den büyükse, sinyal bir cevap olarak kaydedilmekte, değilse bir gürültü olarak kaydedilmektedir. Aşağıdaki Şekil 5'te IHS'de cevap taraması gösterilmektedir.



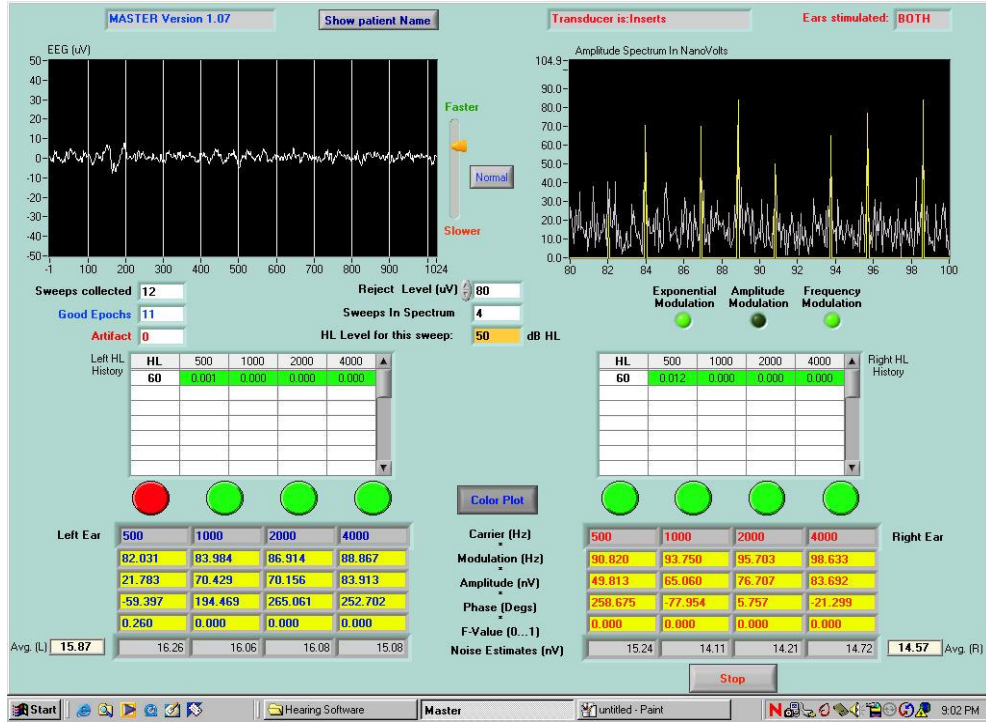
Şekil 5: IHS’de cevap taraması.

Ölçüm sonrasında IHS sonuçları bir odyogram üzerinde otomatik olarak gösterilmektedir. Odyogramdaki ASSR eşiklerini düzeltme faktörü uygulanmadan ve ya uygulandıktan sonra görmek mümkündür. Şekil 6’da IHS sisteminde elde edilen sonuçların görüldüğü odyogram mevcuttur.

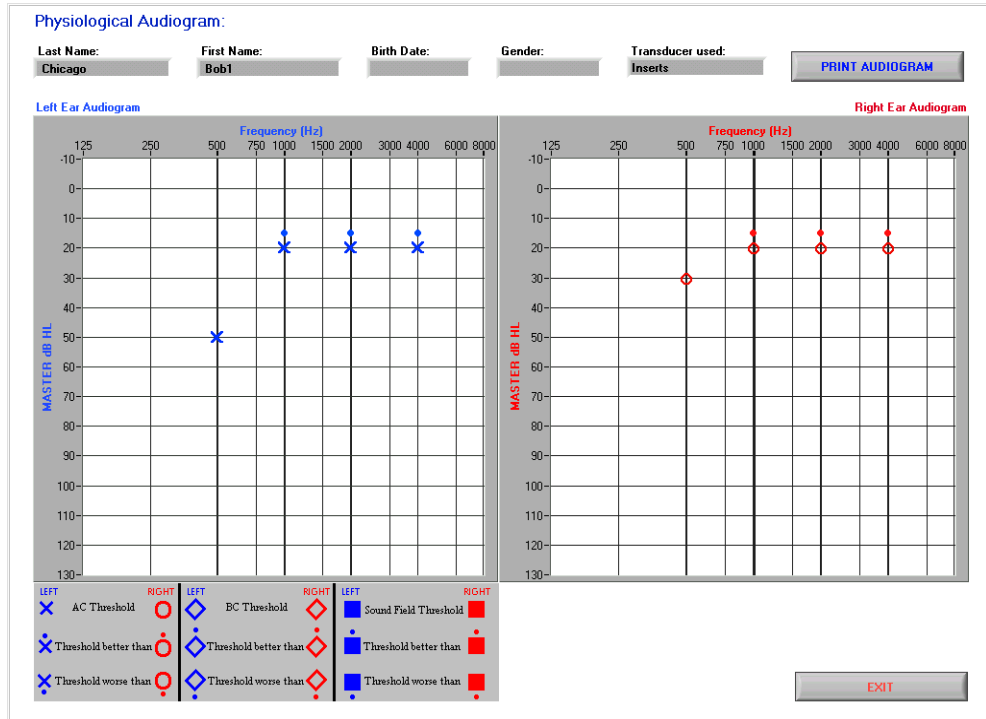


Şekil 6 : IHS odyogram görüntüsü.

MASTER 'da ekranda her frekansı temsil eden daire şeklinde semboller bulunmaktadır. Kayıt sırasında hesaplanan F değeri 0.10'dan büyük ve ya eşitse sembol kırmızı olur. Kırmızı renk cevap yok anlamına gelmektedir. F değeri 0.1'den küçük ve 0.05'ten büyük ve ya eşitse semboller sarı olur. MASTER sisteminde hangi halde eşik elde edildiği ve odyogram görüntüsü Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 7: MASTER ölçüm ekranı görüntüsü.



Şekil 8: MASTER odyogram görüntüsü.

Bu çalışmada; test bittiğinde sarı olan cevaplar, 10 dB üstündeki şiddet düzeyinde cevap olup olmadığına bakılarak değerlendirilmiştir. 10 dB üstündeki şiddet düzeyinde F değeri 0.05'ten küçükse, sarı olan noktalarda cevap var olarak kaydedilmiştir. Eğer kayıt sırasında F değeri 0.05'ten küçükse sembol yeşil olur. Sembolün yeşil olması cevap var anlamına gelir. Odyogram seçilen eşiklere göre otomatik olarak hazırlanır. Aşağıda MASTER ve IHS sistemlerinde kullanılan düzeltme faktörleri gösterilmektedir:

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
MASTER	10	10	10	10
IHS	25	10	15	20

**Tablo 3:**MASTER ve IHS sistemlerinde kullanılan düzeltme faktörleri (dB).

MAR-SBY-2005-0194 protokol numaralı bu proje 11.11.2005 tarihinde Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Etik kurulu tarafından incelenerek onaylanmıştır.

## BULGULAR

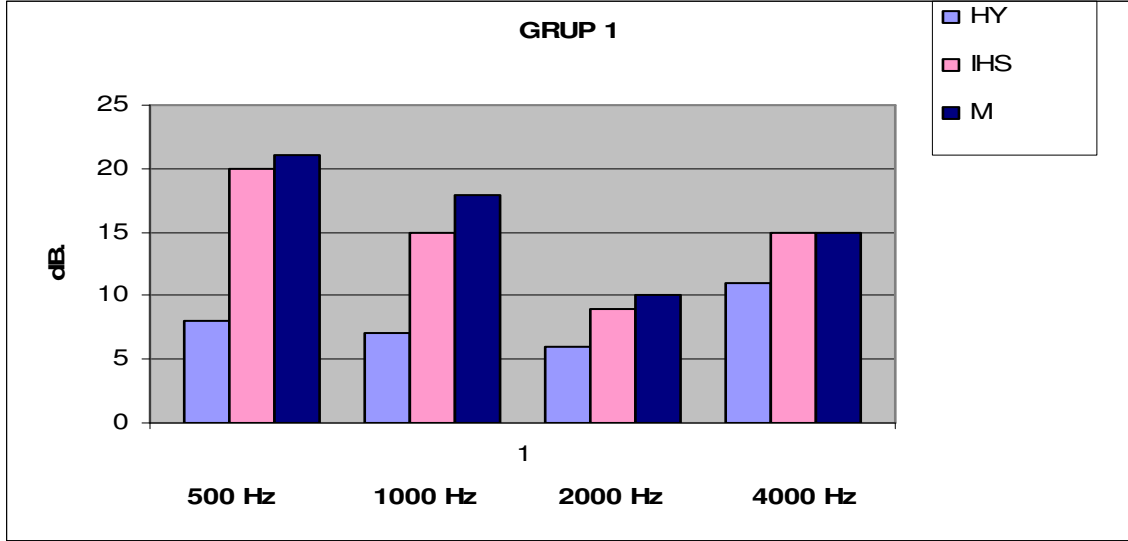
Çalışmada kaydedilen havayolu davranım eşikleri ve her iki sistemden elde edilen ASSR eşikleri Pearson korelasyon analizi yöntemiyle incelenmiştir. Aşağıdaki Tablo 4a' da normal işiten katılımcıların yer aldığı Grup 1'in analiz sonucunda bulunan r değerleri görülmektedir.

GRUP 1	DAVRANIM VE IHS EŞİKLERİ (r değerleri)	DAVRANIM VE MASTER EŞİKLERİ (r değerleri)
500 Hz	0,262	0,106
1000 Hz	0,222	0,051
2000 Hz	0,423	0,355
4000 Hz	0,806	0,594

**Tablo 4a:**Normal işiten katılımcıların oluşturduğu Grup 1'in havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleriyle kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucunda elde edilen r katsayıları.

Sonuçlara bakıldığında normal işiten katılımcılarda kaydedilen ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasında oldukça zayıf bir korelasyon olduğu görülmektedir. Frekanslar tek tek incelendiğinde en düşük korelasyonun 500 Hz'te ve en yüksek korelasyonun 4000 Hz'te elde edildiği görülmektedir. IHS ve MASTER sistemlerinden elde edilen eşik değerleri arasında istatistiksel anlamda bir fark olmadığı bulunmuştur.

Grup 1'den elde edilen hava yolu eşikleri, IHS ve MASTER sistemleri ile elde edilen ASSR eşiklerinin aritmetik ortalamaları aşağıdaki Şekil 9a'da gösterilmektedir.



**Şekil 9a:** Normal işiten Grup 1'in 500,1000,2000,4000 Hz'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.

Hava yolu eşiklerinin, her iki sistemle elde edilen ASSR eşiklerinden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra IHS ve MASTER sistemleri ile kaydedilen ASSR eşik ortalamaları birbirine yakındır.

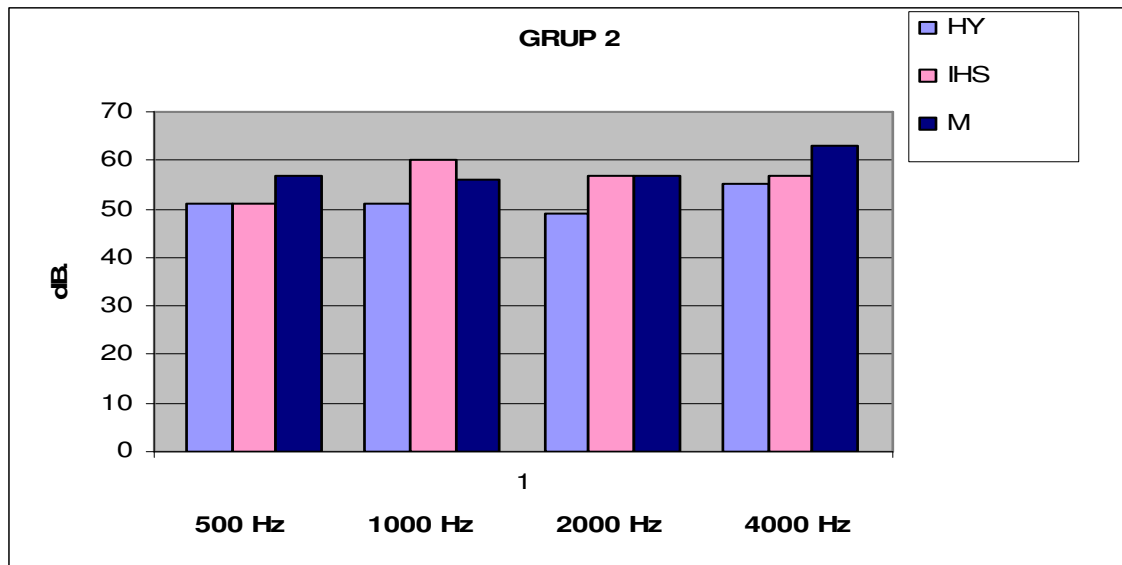
Aşağıdaki Tablo 4b'da düz odyogram konfigürasyonu olan katılımcıların oluşturduğu Grup 2'den elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla bulunan korelasyon katsayıları görülmektedir.

GRUP 2	DAVRANIM VE IHS EŞİKLERİ (r değerleri)	DAVRANIM VE MASTEREŞİKLERİ (r değerleri)
500 Hz	0,929	0,904
1000 Hz	0,927	0,906
2000 Hz	0,903	0,914
4000 Hz	0,861	0,806

**Tablo 4b:**Düz odyogram konfigurasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu Grup 2'nin havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleriyle kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucunda elde edilen r katsayıları.

Her iki sistemden elde edilen ASSR eşikleri ile havayolu davranım eşikleri arasında, tüm frekanslarda oldukça yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Frekanslar arasında 4000 Hz' te daha düşük korelasyon katsayısı olmasına rağmen bu fark istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır.

Grup 2'den elde edilen hava yolu eşikleri, IHS ve MASTER sistemleri ile elde edilen ASSR eşiklerinin aritmetik ortalamaları aşağıdaki Şekil 9b'de gösterilmektedir.



**Şekil 9b:** Düz odyogram konfigurasyonu olan Grup 2'in 500,1000,2000,4000 Hz'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.

Yukarıdaki grafikte hem hava yolu eşikleri hem de her iki sistemle kaydedilen ASSR eşik ortalamalarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

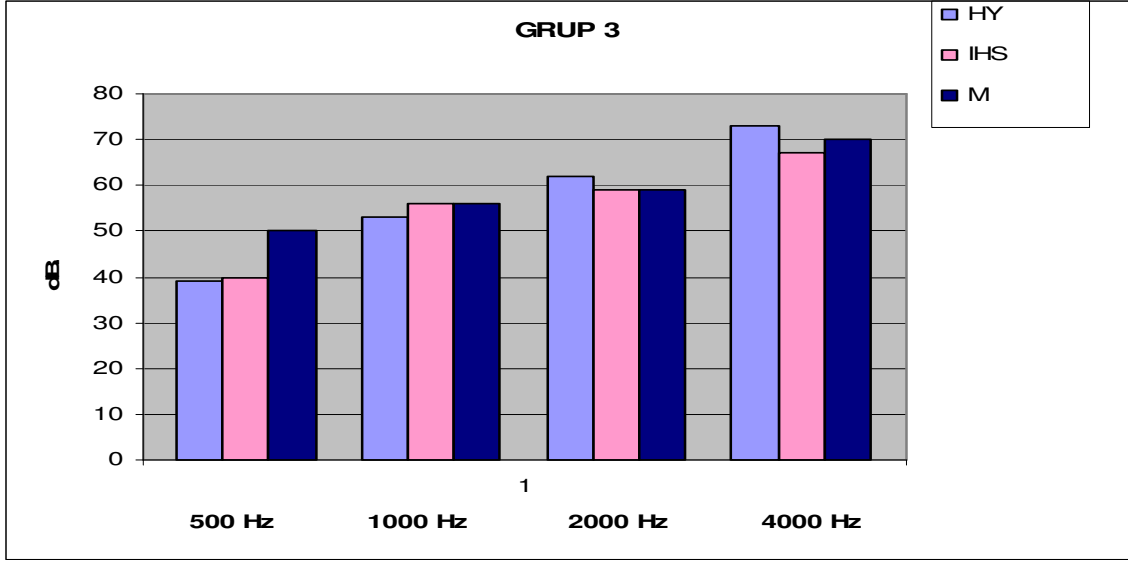
Aşağıda bulunan Tablo 4c'da az eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerde, havayolu davranım eşiği ve her iki sistemle elde edilen ASSR eşiklerinin karşılaştırılması ile bulunan korelasyon katsayıları görülmektedir.

GRUP 3	DAVRANIM VE IHS EŞİKLERİ (r değerleri)	DAVRANIM VE MASTEREŞİKLERİ (r değerleri)
500 Hz	0,931	0,926
1000 Hz	0,977	0,920
2000 Hz	0,898	0,898
4000 Hz	0,848	0,891

**Tablo 4c:** Az eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu Grup 3'ün havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleri ile kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucu elde edilen r katsayıları.

Sonuçlara bakıldığında her iki sistemle elde edilen ASSR eşikleri ve havayolu davranım eşikleri arasında yüksek korelasyon olduğu görülmektedir.

Grup 3'den elde edilen hava yolu eşikleri, IHS ve MASTER sistemleri ile elde edilen ASSR eşiklerinin aritmetik ortalamaları aşağıdaki Şekil 9c'de gösterilmektedir.



**Şekil 9c:** Az eğimli odyogram konfigürasyonu olan Grup 3'ün 500,1000,2000,4000 Hz'lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.

Grafiğe bakıldığında hava yolu eşik ortalamalarının ve her iki sistemle elde edilen ASSR eşik ortalamalarının birbirlerine yakın oldukları görülmektedir.

Tablo 4d'de dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerde havayolu davranım eşikleri ve her iki sistemden elde edilen ASSR eşiklerinin karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyon katsayıları görülmektedir.

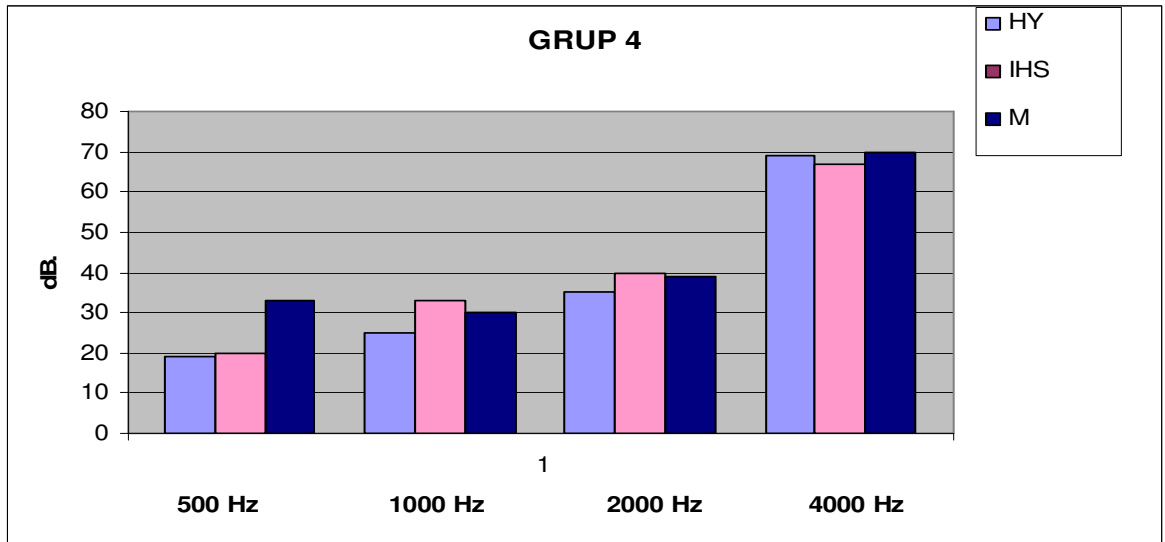
GRUP 4	DAVRANIMVE IHS EŞİKLERİ (r değerleri)	DAVRANIMVE MASTER EŞİKLERİ (r değerleri)
500 Hz	-0,079	0,207
1000 Hz	0,893	0,809
2000 Hz	0,913	0,923
4000 Hz	0,805	0,869

**Tablo 4 d:**Dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu Grup 4'ün havayolu davranım eşikleri ile IHS ve MASTER sistemleri ile

kaydedilen ASSR eşiklerinin Pearson analiziyle karşılaştırılması sonucu elde edilen r katsayıları.

Karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında en düşük korelasyonun IHS ve MASTER sistemlerinin her ikisinden elde edilen sonuçlar içinde; 500 Hz’te olduğu görülmektedir. En yüksek korelasyon ise 2000 Hz’tedir. 1000 ve 4000 Hz’lerde 2000 Hz’te olduğundan daha düşük bir korelasyon katsayısı elde edilmesine rağmen bu fark istatistiksel olarak bir önem taşımamaktadır.

Grup 4’den elde edilen hava yolu eşikleri, IHS ve MASTER sistemleri ile elde edilen ASSR eşiklerinin aritmetik ortalamaları aşağıdaki Şekil 9d’de gösterilmektedir.



**Şekil 9d:** Dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan Grup 4’ün 500,1000,2000,4000 Hz’lerde elde edilen hava yolu (HY), IHS (IHS) ve MASTER (M) eşikleri ortalamaları.

Grafiğe bakıldığında 500 Hz'te havayolu eşik ortalamaları ile ASSR eşik ortalamaları arasında fark olduğu görülmektedir. Bu fark; MASTER sistemi ile kaydedilen ASSR eşik ortalamaları ve havayolu eşik ortalamaları arasında daha fazladır. Ancak; IHS ve MASTER sistemlerinden elde edilen eşikler karşılaştırıldığında anlamlı bir korelasyon ( $r=0,455$ ) elde edilmektedir. Bu nedenle; söz konusu fark istatistiksel anlam taşımaz.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, çeşitli işitme kaybı gruplarında, Intelligent Hearing System (IHS) ve Multiple Auditory Steady-State Response (MASTER) kullanarak kaydedilen işitsel steady state cevapların davranım eşikleri ile karşılaştırılması ve hangi sistemin davranım eşiklerini yordamada daha güvenilir olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Farklı odyogram konfigürasyonlarına ve çeşitli derecelerde işitme kayıplarına sahip kişilerde 500-4000 Hz arası frekanslarda davranım eşikleri belirlenmiştir. Benzer parametreler kullanılarak ayarlanmış olan iki ayrı ASSR kayıt sistemi ile 500-4000 Hz arasında steady state cevaplar kaydedilmiştir. Elde edilen bu steady state cevaplar ile davranım eşikleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için Pearson analiz yöntemi kullanılmış ve korelasyon katsayıları belirlenmiştir.

Bu çalışmada normal işiten Grup 1’de 500 Hz frekansında elde edilen davranım eşikleri ve IHS ile kaydedilen ASSR eşikleri karşılaştırılmıştır. Davranım eşikleri ve IHS eşikleri arasında ( $r=0,26$ ) düşük korelasyon elde edilmiştir. Aynı şekilde MASTER ile elde edilen 500 Hz ASSR eşiklerinin de davranım eşikleri ile düşük korelasyon ( $r=0,10$ ) gösterdiği görülmüştür. Normal işiten grupta 1000-2000-4000 Hz’lerdeki davranım eşikleri ve ASSR eşikleri arasında da yüksek bir korelasyon yoktur. En yüksek korelasyon hem IHS hem MASTER ile kaydedilen eşikler arasında 4000 Hz’te ( $r=0,80$  ve  $r=0,59$ ) gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan araştırmalarla uyumludur. Daha önce yapılan araştırmalarda bu araştırmada olduğu gibi, ASSR ölçümlerinin normal işiten kişilerde güvenilir bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Ortalama davranım eşikleri ve ASSR eşikleri arasında fark vardır. Rance G. ve arkadaşlarının 1995 yılında yaptıkları bir araştırmada 60 yetişkin ve çocuk katılımcı incelenmiştir (25). Normal işitmeden çok ileri dereceye kadar işitme kaybı olan kişilerin katıldığı çalışmada davranım eşikleri ile ASSR eşikleri arasında güçlü bir korelasyon bulunmakla birlikte; normal işitenlerde eşikler

arasındaki farklar göze çarpmaktadır. Normal işitenlerde ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasında 17 dB (4000 Hz) ve 35 dB (250 Hz) arasında fark bulunduğu bildirilmiştir (25). Bu çalışmada davranım eşikleri ve ASSR eşikleri arasındaki en büyük farklar IHS'de 35 dB (500 Hz) , MASTER'da 40 dB (500 Hz)'dir. 4000 Hz'te ise IHS'de 25 dB ve MASTER'da 20 dB'lik farklar gözlenmiştir.

Bu araştırmada, işitme kayıplı gruplarda kaydedilen ASSR eşikleri, özellikle 500 Hz'te, davranım eşiklerine normal grubun ASSR eşiklerinden daha yakındır. Aynı şekilde Picton T.W. ve arkadaşlarının yaptıkları bir araştırmada, işitme kayıplı katılımcılarda elde edilen ASSR eşiklerinin, davranım eşiklerine normallerinkinden daha yakın olduğu bulunmuştur (23). Ayrıca; 500 Hz'te ASSR eşikleri ve davranım eşiklerinin karşılaştırılması sonucunda elde edilen korelasyon; 1000-2000-4000 Hz'lerde elde edilen korelasyon değerlerinden daha düşük bulunmuştur (23). 500 Hz'teki ASSR ve davranım eşikleri arasındaki düşük korelasyon bu çalışmada da gözlenmektedir ( $r=0.26$  (IHS),  $0.10$  (MASTER)). Perez Abalo ve arkadaşları 2001 yılında normal işiten kişiler üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada çoklu frekans ölçümü kullanmışlar ve normal işitenlerde davranım eşikleri ile ASSR eşikleri arasında 10-30 dB arasında farklar bulmuşlardır (22). Davranım eşikleri, ASSR eşiklerinden daha düşük şiddet düzeylerinde kaydedilmiştir. Normal işitenlerde elde edilen bu farkların nedenini; çevre gürültüsünün düşük şiddet düzeylerinde olmasına ve düşük şiddet düzeylerindeki cevapların gürültü olarak kaydedilmesine bağlamışlardır (22). Aynı çalışmada 500 Hz 'teki ASSR eşiklerini davranım eşiklerinden, diğer frekanslara göre, daha yüksek bulmuşlardır. Bu farkın nedenini, alçak frekanslardaki çevre gürültüsünün maskeleye etkisi ile açıklamışlardır (22). Picton ve arkadaşlarının 2005 yılında yaptıkları bir araştırmada normal işiten kişiler üzerinde çalışılmış ve davranım eşikleri ile ASSR eşiklerinin karşılaştırılmasıyla benzer sonuçlara varılmıştır (23). Picton ve arkadaşları, normal işitenlerdeki ASSR ve davranım eşikleri arasındaki büyük farkları; arka plan EEG gürültü düzeyine bağlamışlardır. Bu gürültünün, test edilen kişinin rahatlatılması ya da uyutulmasıyla ve test süresinin uzatılmasıyla azaltılabileceği belirtmişlerdir (23). Ancak; bu çalışmada katılımcılar yatar pozisyonda ve ya uyurken test edildiklerinden EEG gürültü düzeyi makul düzeyde

olmuştur. Buna rağmen, ASSR eşikleri davranım eşiklerinden daha yüksek düzeylerde bulunmuştur.

Düz odyogram konfigürasyonu olan ve çeşitli derecelerde işitme kayıplı kişilerden oluşan ikinci grupta; MASTER ile kaydedilen ASSR eşikleri ile davranım eşikleri karşılaştırıldığında 500-1000-2000 Hz'lerde yüksek korelasyonlar elde edildiği görülmektedir. 4000 Hz'te elde edilen korelasyon ( $r=0,80$ ) diğerlerinden daha düşük olmasına rağmen oldukça yüksektir. IHS ile elde edilen ASSR eşikleri ile davranım eşikleri karşılaştırıldığında da benzer sonuçlara varılmaktadır. 500-1000-2000 Hz'lerde yüksek korelasyon olduğu ve en düşük korelasyonun 4000 Hz'te ( $r=0,86$ ) elde edildiği görülmektedir. Scherf F. ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptıkları bir araştırmada 40 yetişkin katılımcının saf ses eşikleri ve ASSR eşikleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, 500 ve 4000 Hz'lerde daha düşük korelasyon elde edildiğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlar Dimitrijeviç ve Lins'in çalışmalarıyla da uyumlu bulunmuştur (28).

Az eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerde MASTER ve IHS ile elde edilen ASSR eşikleri ve davranım eşikleri arasında tüm frekanslarda yüksek korelasyonlar elde edildiği görülmektedir. Alçak ve yüksek frekanslar arasında 20 dB'den fazla fark olmaması nedeniyle, ölçüm sonuçlarının düz odyogram konfigürasyonu olan grup ile benzer şekilde elde edilmiştir.

Dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı kişilerin oluşturduğu son grupta da üçüncü grupta olduğu gibi 1000-2000-4000 Hz'lerde yüksek korelasyonlar gözlenmiştir. Ancak; üçüncü gruptan farklı olarak bu grupta; 500 Hz'te, MASTER ve IHS ile kaydedilen eşiklerle davranım eşikleri arasında oldukça düşük korelasyonlar ( $r=0,20$ ,  $r=-0,07$ ) elde edilmiştir. 500 Hz'te elde edilen farklar daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir. Ballay ve arkadaşları 2005 yılında yaptıkları bir araştırmada dik eğimli odyogram konfigürasyonu olan sensorinöral işitme kayıplı çocuklarla çalışmışlardır (2). 500-4000 Hz arasında yapılan eşik karşılaştırmalarında 500 Hz'te davranım eşığının 15-20 dB üzerinde ASSR eşikleri tespit edildiğini bildirmişlerdir

(2). Picton ve arkadaşlarının 2005 yılında yaptıkları araştırmada da benzer farklılıktan söz edilmektedir. ASSR eşikleri ile davranım eşikleri arasında 500 Hz'te gözlenen farklılık 1000-2000-4000 Hz'lerde gözlenmemiştir (23). Swanepoel ve arkadaşlarının yaptıkları araştırmada, sensorinöral işitme kayıplı kişilerle çalışılmıştır. ASSR eşikleri ve davranım eşikleri arasında elde edilen korelasyon değerlerine bakıldığında en iyi korelasyonun 1000 Hz'te ve en düşük korelasyonun 500 Hz'te bulunduğu görülmüştür (33).

500 Hz'te elde edilen ASSR eşiğinin davranım eşiklerinden daha yüksek şiddet düzeylerinde elde edilmesi; Swanepoel'in çalışmasında bazı nedenlere bağlanmaktadır. Bunlardan birincisi; alçak frekanslarda yüksek frekanslara göre daha büyük bir uyarıcı enerji (intrinsic jitter) olmasının nöral asenkroniye sebep olmasıdır (33). Lins ve arkadaşları, 500 Hz'te davranım eşiği ve ASSR eşiklerini karşılaştırmaları sonucu buldukları büyük farkları da aynı nedene bağlamaktadırlar (18). Ancak; Herdman ve Stapells'e göre bir başka neden söz konusu olabilir. Bu neden, kullanılan uyarın protokolünün 500 Hz'teki amplitud modulasyonlu tonlar için uygun olmamasıdır (12).

Bu çalışmada, MASTER ve IHS sistemleriyle elde edilen ASSR eşikleri ve davranım eşiklerinin birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. MASTER ve IHS sistemleri arasında davranım eşiği yordamadaki güvenilirlikleri yönünden istatistiki bir fark bulunmamıştır. Buna dayanarak; ASSR ölçümlerinin davranım eşiklerini yordamada yardımcı bir araç olarak kullanılabilieceğini söylemek mümkündür. Ancak; normal işitenlerde davranım eşikleri ile ASSR eşikleri arasındaki farklar ve 500 Hz'teki ASSR eşikleri farkı , klinik uygulamalarda göz önüne alınmalıdır. Klinik uygulamalarda dikkat edilmesi gereken bir başka konu; rekrutmenti olan hastaların uzun süreli uyarılmadan rahatsız olduklarıdır. Bu durumda daha güvenilir sonuç almak için test süresini uzatmak hastayı tedirgin etmekte ve EEG'nin bozulmasına neden olmaktadır.

Bu araştırmada örneklem gruplarının az sayıda olduğu unutulmamalı, bu alanda yapılan çalışmalar genişletilerek daha güvenilir sonuçlar elde etmeye yönelik araştırmalar çoğaltılmalıdır.

## KAYNAKLAR:

1. Aoyagi M., Kiren T., Suzuki T., Fuse T., Koike Y.: Frequency specificity of amplitude-modulation following response detected by phase spectral analysis. *Audiology*, 32:293-301, 1993.
2. Ballay C., Tonini R., Waninger T., Yoon C., Manolidis S.: Steady state response audiometry in a group of patients with steeply sloping sensorineural hearing loss. *The Laryngoscope*, 115:1243-1246, 2005.
3. Cohen L.T., Rickards F.W., Clark G.M.: A comparison at steady-state potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. *J Acoust Soc Am*, 90:2467-2479, 1991.
4. Cone-Wesson B., Dowell R.C., Tomlin D., Rance G., Ming W.J.: The auditory steady-state response: Comparison with the auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol*, 13:173-187, 2002.
5. Dimitrijevic A., John M.S., Van Roon P.: Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*, 13:205-224, 2002.
6. Dimitrijevic A., Sasha John M., Van Roon P., Picton T.W.: Human auditory steady state responses to tones independently modulated in both frequency and amplitude. *Ear Hear*, 22:100-111, 2001.
7. Dimitrijevic A., Sasha John M., Van Roon P., Picton T.W.: Auditory steady-state responses and word recognition scores in normal hearing and hearing impaired adults. *Ear Hear*, 25:68-84, 2004.
8. Galambos R., Makeig S., Talmachoff P.J.: A 40 Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proc Natl Acad Sci USA*, 78:2643-2647, 1981.
9. Gorga M.P., Johnson T.A., Kaminski J.R., Beauchaine K.L., Garner C.A., Neely S.T.: Using a combination of click and tone burst evoked auditory brain stem response measurements to estimate pure tone thresholds. *Ear Hear*, 27:60-74, 2006.

10. Gorga M.P., Neely S.T., Hoover B.M., Dierking D.M., Beauchaine K.L., Manning C.: Determining the upper limits of stimulation for auditory steady state response measurements. *Ear Hear*, 25:302-307, 2004.
11. Han D., Lingyan M., Liu H., Chen J., Huang L.: Threshold estimation in children using auditory steady state responses to multiple simultaneous stimuli. *J. Otolaryng*, 68:f11-f1313,2006.
12. Herdman A.T., Stapells D.R.: Auditory steady state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol*, 42:237-248, 2003.
13. Herdman A.T., Stapells D.R.: Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady state response technique in normal hearing subjects. *Scand Audiol*, 30:41-49, 2001.
14. John M.S., Dimitrijevic A., Picton T.W.: Efficient stimuli for evoking auditory steady-state responses. *Ear Hear*, 24:406-423, 2003.
15. Johnson T.A., Brown C.J.: Threshold prediction using the auditory steady state response and the tone burst auditory brainstem response: A within-subject comparison. *Ear Hear*, 26:559-576, 2005.
16. Kaf W.A., Durrant J.D., Sabo D.L., Boston J.R., Taubman L.B., Kovacyk K.: Validity and accuracy of electric response audiometry using the auditory steady-state response: Evaluation in an empirical design. *Int J Audiol*, 45:211-223, 2006.
17. Kaf W.A., Sabo D.L., Durrant J.D., Rubinstein E.: Reliability of electric response audiometry using 80 Hz auditory steady state responses. *Int J Audiol*, 45:477-486, 2006.
18. Lins O.G., Picton T.W., Boucher B.L.: Frequency specific audiometry using steady-state response. *Ear Hear*, 17:81-96, 1996.
19. Luts H., Wouters J.: Comparison of MASTER and AUDERA for measurement of auditory steady state responses. *Int J Audiol*, 44: 244-253, 2005.
20. Menard M., Gallego S., Truy E., Vachon C.B., Durrant J.D., Collet L.: Auditory steady state response evaluation of auditory thresholds in cochlear implant patients. *Int J Audiol*, 43:S39-S43, 2004.

21. Mo L., Liu H., Chen J., Huang L.H., Han D.M.: Threshold estimation in young children using auditory steady state responses to multiple simultaneous tonepips. [http://www.cneuro.edu.cn/ierasg2005/participantes/abstracts/lingyan\\_mo.htm](http://www.cneuro.edu.cn/ierasg2005/participantes/abstracts/lingyan_mo.htm).
22. Perez-Abalo M.C., Savio G., Torres A., Martin V., Rodriguez E., Galan L.: Steady state response to multiple amplitude-modulated tones: An optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing impaired children and normal hearing subjects. *Ear Hear*, 22:200-211, 2001.
23. Picton T.W., Dimitrijevic A., Perez-Abalo M.C., Van Roon P.: Estimating audiometric thresholds using auditory steady state responses. *J Am Audiology*, 16:140-156, 2005.
24. Rance G., Dowell R.C., Rickards F.W., Beer D.E., Clark G.M.: Steady-State evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click evoked auditory brain stem response. *Ear Hear*, 19:48-61, 1998.
25. Rance G., Rickards F.W., Cohen L.T., De Vidi S., Clark G.M.: The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady state evoked potentials. *Ear Hear*, 16:499-507, 1995.
26. Reijden C.S., Mens L.H.M., Snik A.F.M.: Frequency-specific objective audiometry: Tone-evoked brainstem responses to 40 Hz and 90 Hz amplitude modulated stimuli. *Int J Audiol*, 45:40-45, 2006.
27. Ross B., Draganova R., Picton T.W., Pantev C.: Frequency specificity of 40-Hz auditory steady state responses. *Hear Res*, 186:57-68, 2003.
28. Scherf F., Brokx J., Wuyts F. L., Van de Heyning P.H.: The ASSR: Clinical application in normal hearing and hearing impaired infants and adults, comparison with the click-evoked ABR and pure-tone audiometry. *Int J Audiol*, 45:281-286, 2006.
29. Schmulian D., Swanepoel D.W., Hugo R.: Predicting pure-tone thresholds with dichotic multiple frequency auditory steady state responses. *J Am Acad Audiol*, 16:5-17, 2005.

- 30.** Small S.A., Stapells D.R.: Multiple auditory steady state responses to bone-conduction stimuli in adults with normal hearing. *J Am Audiology*, 16:172-183, 2005.
- 31.** Small S.A., Stapells D.R.: Artifactual responses when recording auditory steady state responses. *Ear Hear*, 25:611-623, 2004.
- 32.** Stach B.A.: *Clinical Audiology*. Ed: Danhauer J.L., A Singular Audiology Text. 105-109, Singular Publishing Group, California, 1998.
- 33.** Swanepoel D.W., Hugo R., Roode R.: Auditory steady state responses for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol*, 130:531-535, 2004.
- 34.** Tomlin D., Rance G., Graydon K., Tsialios I.: A comparison of 40 Hz auditory steady state response (ASSR) and cortical auditory evoked potential (CAEP) thresholds in awake adult subjects. *Int J Audiol*, 45:580-588, 2006.

## ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Gül Sayar Okumuşoğlu
- Doğum Tarihi** : 07.05.1980
- Doğum Yeri** : Ankara
- Öğrenim Durumu** :
- 2003 - 2006 : Yüksek Lisans Programı  
Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,  
Odyoloji Bilim Dalı
- 1997 – 2001 :Hacettepe Üniversitesi, Psikoloji Bölümü
- 1991 – 1997 :Ankara Atatürk Lisesi
- 1987 – 1991 :Saray İlkokulu
- Yabancı Dil** :İngilizce

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ**  
**ARAŞTIRMA ETİK KURULU**

Sayı : B.30.2.MAR.0.01.00.02/AEK- 449  
Konu:

11.11.2005

Sayın : Prof. Dr. Ferda AKDAŞ

MAR-SBY-2005- 0194 protokol nolu "ASSR ölçümlerinde MASTER ve IHS sistemlerinin karşılaştırılması" isimli projeniz Fakültemiz Araştırma Etik Kurulu tarafından incelenerek onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hane DİRESKENELİ  
Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Araştırma Etik Kurul Başkanı



Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;

Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Odyoloji bilim Dalı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Yüksek Lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 15 / 03 / 2007

İMZA

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Ferda AKDAŞ  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Prof.Dr. Mehmet Ali ŞEHİTOĞLU  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Prof.Dr.Önder US  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Doç.Dr.Nevma MADANOĞLU  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Yard.Doç.Dr.Sezer KÜLEKÇİ  
Üniversitesi : Marmara

ONAY

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 22 / 03 / 2007 tarih ve 06 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Sevim ROLLAS  
Müdür