

## ODYOMETRİK CİHAZLAR ve KALİBRASYONU

*Baki Karaböce, Enver Sadıkhov, Eyüp Bilgiç*

Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), P.K.21 41470 Gebze-Kocaeli TÜRKİYE  
Tel: 262 646 63 55 E-mail: baki.karaboce@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve özellikle işitme duyusu üzerine yaptığı geçici ve kalıcı tahribatlar çok iyi bilinmekte ve günümüz imkanları dahilinde teşhis, belli ölçüde de tedavi edilebilmektedir. İnsan kulağındaki işitme kayıplarını ölçme ve değerlendirme işlemleri Odyolojinin ilgi alanındadır. Gürültülü ortamlarda çalışan kişiler düzenli olarak odyometrik test ve kontrollerden geçmek zorundadırlar. Bu kontrollerde, odyometre ve benzer cihazlarla çalışma öncesi ve çalışma süresince oluşan işitme kayıpları ölçülmektedir. Bu nedenle odyometrik ölçümlerde kullanılan odyometre, kulaklık, kemik yolu titreştiricisi, yapay kulak ve yapay mastoid gibi cihazların doğru çalışması, IEC ve OIML standartlarının koşullarına uyması, insan sağlığını doğrudan ilgilendirmektedir. Böylece odyometrik cihazların kendilerinin de periyodik kalibrasyon ve testlere tabii tutulması gerekmektedir. Bu bildiride, UME Akustik ve Titreşim Laboratuvarı'nın odyometrik cihazların kalibrasyonları konusundaki çalışmalar sunulmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** odyometre, yapay kulak, yapay mastoid, kemik yolu titreştiricisi, kalibrasyon, izlenebilirlik

### 1.GİRİŞ

Geçici ve kalıcı işitme kayıpları, konuşmada bozukluk, iletişim problemleri, uyku üzerinde etkisi, verimliliği azaltıcı etkisi ve diğer fiziksel ve sinirsel hasarlar, gürültünün insan sağlığı ve performans üzerindeki olumsuz etkilerinden sadece bir kaçıdır [1,2,3]. Odyometre, yapay kulak (akustik bağlaşım), yapay mastoid (mekanik bağlaşım), iç/dış kulaklık, kemik yolu titreştiricisi, işitme cihazı, işitme cihazı analizörü, tympanometer gibi odyometrik cihazlar işitme ile ilgili ölçüm ve testlerde yaygın olarak kullanılırlar. Elde edilen sonuçların güvenilirliği bu cihazların doğru olarak kullanılması ve düzenli kalibrasyonlarına bağlıdır. Ayrıca metrolojik açıdan önemli olan diğer bir nokta da, farklı hastane ya da tanı laboratuvarlarında elde edilen test ve ölçüm sonuçlarının, beyan edilen belirsizlik içerisinde birbiriyle uyumlu olmasıdır. Diğer bir deyişle ölçümün tekrarlanabilirliği çok önemli bir faktördür.

### 2. ODYOMETRİDE KULLANILAN CİHAZLAR ve KALİBRASYONU

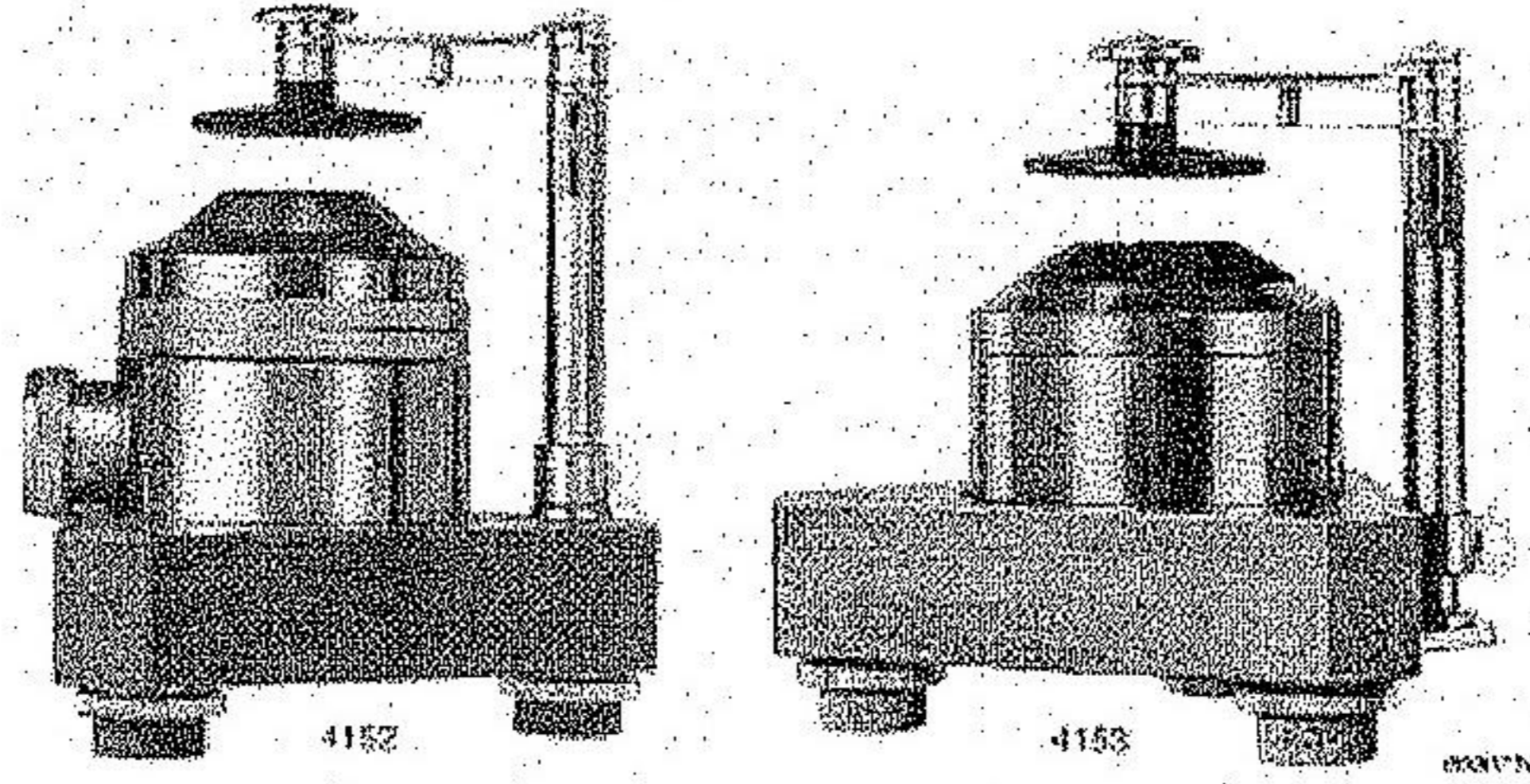
#### 2.1. Odyometre

İşitme kayıplarının belirlenmesinde kullanılan odyometre, deneğin kulağına takılan bir kulaklık vasıtası ile belirli frekanslarda, kademeli olarak değiştirilebilen ses basınç düzeyi uygulayan ve deneğin o frekansta duyabildiği en düşük ses düzeyini belirleyen bir cihazdır. Subjektif olarak teste tabii tutulan kişi sesi duyduğu anda elinde bulunan butonuna basarak operatörü uyarır. Test bu şekilde tüm frekanslarda, genellikle 125 Hz - 16 kHz arasındaki 1/1 oktav bant merkez frekanslarında ve her iki kulak için tekrarlanır. Odyometre kalibrasyonu

için kurulan düzenek, yapay kulak, ses düzeyi ölçer (SLM), frekans sayıcı, hassas voltmetre ve osiloskoptan oluşmaktadır. Kalibre edilecek olan odyometrenin bağlanmasıyla kalibrasyon için düzenek hazırlanmış olmaktadır. Odyometrenin ürettiği belirli bir frekans ve düzeydeki ses kulaklık vasıtasıyla yapay kulağa ulaşmakta ve yapay kulağın içindeki mikrofon ve bağlı olduğu SLM tarafından algılanarak ölçülür. Odyometrenin ürettiği sesin frekansı, SLM'nin AC çıkışından frekans sayıcı ile ölçülür. Hassas voltmetre ve osiloskoptan oluşan analizör sistemiyle ölçülen değerlerin ve sesin diğer özelliklerinin kontrolü sağlanır. Odyometrenin sahip olduğu tüm frekanslarda ölçümler tamamlanarak kalibrasyon işlemi bitirilir. Bulunan sonuçlar, RETSPL değerleri ile karşılaştırılır [4] ve ölçüm belirsizliği hesaplanır.

### 2.2. Yapay kulak (akustik bağlaşım)

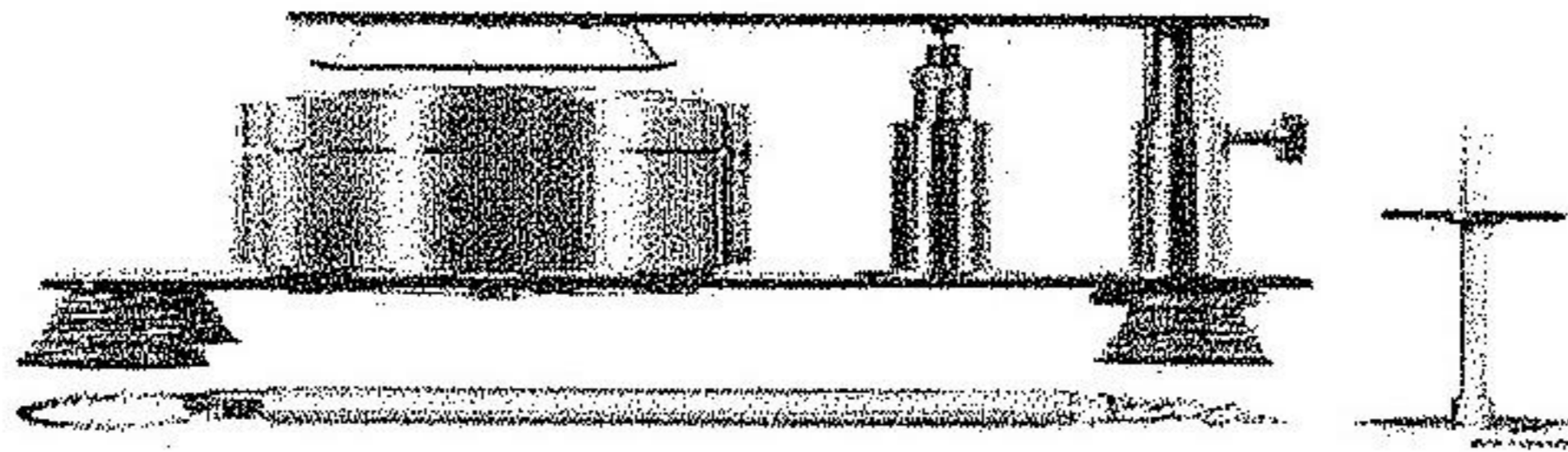
Odyometre kalibrasyonunda kullanılan yapay kulak, adından anlaşılacağı üzere insan kulağının çalışma prensibinde çalışmak üzere dizayn edilmiştir [5,6,7,8]. ISO 8253-1 1989 standardındaki tanımına göre, kulaklık kalibrasyonunda kullanılan ve kulaklığa, ortalama bir insan kulağının akustik empedansına eşit olan bir kulak olarak davranan bir cihazdır. Kulaklıktan uygulanan ses basıncını ölçmek için kalibre edilmiş bir mikrofonla donatılmıştır. Ayrıca çeşitli iç ve dış kulaklıkların, iyi tanımlanmış akustik şartlar altında farklı tasarımlarının karşılaştırılması ve ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin sağlanması açısından elektro-akustik ölçümlerinde kullanılırlar [9,10].



Şekil 1. 4152 tip 1'' çapında ve 4153 tip 1/2'' çapında yapay kulaklar

### 2.3. Yapay mastoid (mekanik bağlaşım)

IEC 373 (1990) standardına göre üretilmiş içinde piezoseramik disklerden oluşmuş bir kuvvet dönüştürücüsü içeren insan kafasını mekanik olarak simüle eden bir cihazdır [11,12]. Kemik yolu titreştiricileri ve kemik yolu işitme cihazı kalibrasyonunda kullanılırlar. Yapay mastoid, gürültü izolasyonlu yaylarla desteklenmiş bir taban plakaya monte edilmiş insan kafasını simüle eden ataletsel bir kütleden oluşur. Taban plaka ayrıca kütle kolunu ve diğer destekleri taşımaktadır. Ataletsel kütle, üzeri nikel kaplanmış bronzdan 3.5 kg ağırlığında imal edilmiştir. Kaliteli lastikten imal edilmiş, kalibre edilecek transdüserin 2-8 N kuvvetle bastırılarak konduğu üst bölüm, kuvveti piezoseramik disklere aktarır. Kuvvet dönüştürücüsü olarak çalışan piezoseramik disklerin elektriksel çıkışı, yapay mastoidin gövdesine monte edilmiş soketten alınır.



Şekil 2. 4930 tip yapay mastoid

#### **2.4. Kemik yolu titreştiricisi**

Reaksiyon prensibine dayalı çalışır ve dış çerçevesinin titreşmesi için tasarlanmıştır. Manyetik bir sürücü sistem, kapalı çerçeve içerisindeki kütlenin serbestçe hareket etmesini sağlar. Kütlenin titreşimleri, destekleyici yaylar vasıtasıyla dış çerçeveye aktarılır. Çerçevenin titreşimleri ise önce deriye daha sonra da kafa kemiğine iletilir [13].

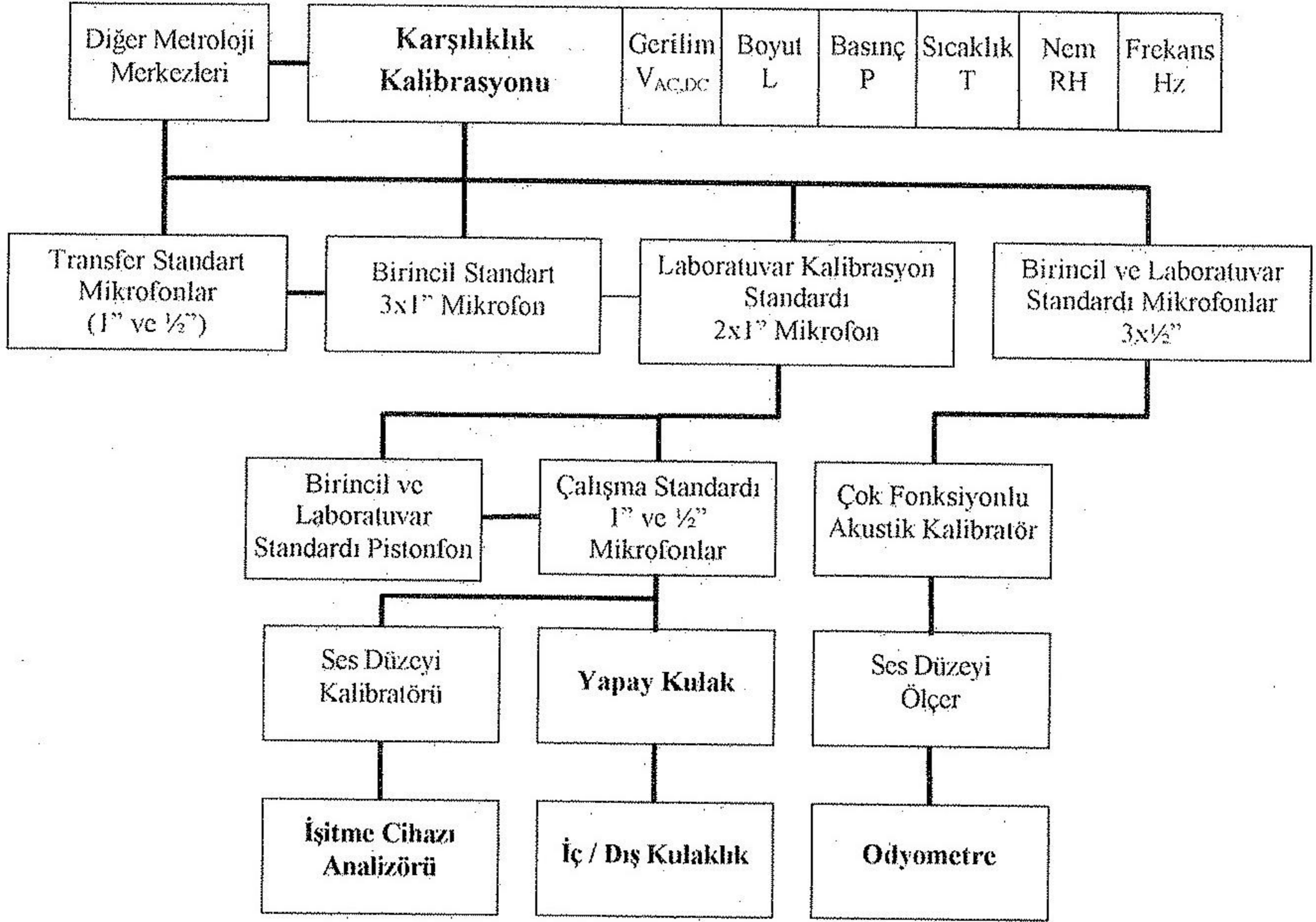
Yapay mastoidin kafasına değeri bilinen bir kuvvetle bastırılan kemik yolu titreştiricisi odyometreden gelen sinüs sinyali ile titreştirilir. Yapay mastoide bağlı kuvvet dönüştürücüsünün çıkışının alınmasıyla kemik yolu titreştiricisi kalibre edilir.

#### **2.5. İşitme cihazı analizörü**

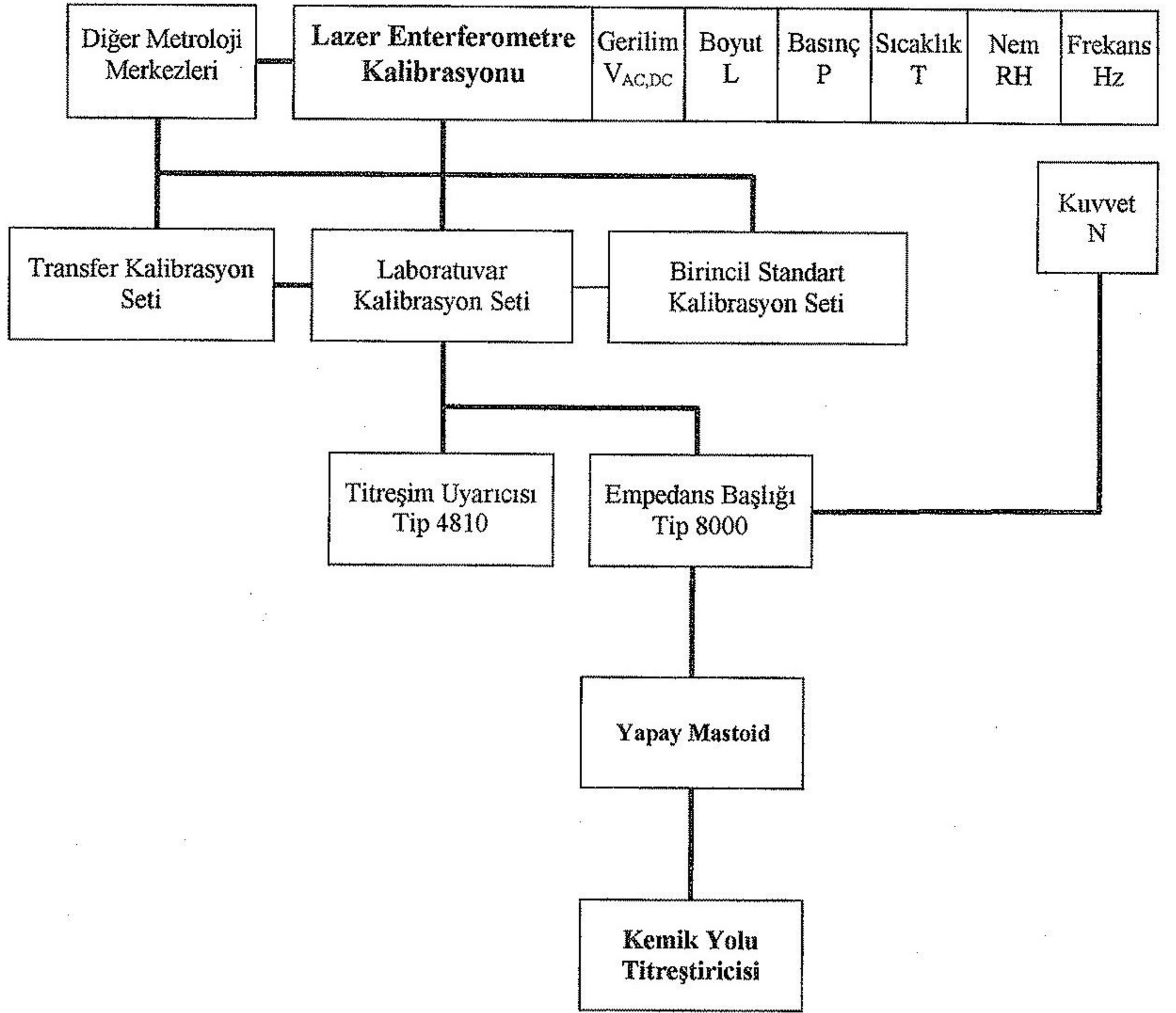
İşitme kaybına uğramış kişinin kulağına ulaşan ses sinyalini, kişinin işitme kaybı spektrumuna uygun olarak yükselten işitme cihazlarının kontrolü ve verifikasyonu, işitme cihazı analizörü ile yapılır. İşitme cihazlarının doğru çalışıp çalışmadığının verifikasyonu yapan bir cihazdır. İşitme cihazı analizörünün test kutusunun bağlaşım (coupler) / referans mikrofonu ve Prop mikrofonu çeşitli adaptörler vasıtasıyla ayrı ayrı 4226 Çok Fonksiyonlu Akustik Kalibratörün bağlaşımı içine takılarak, işitme analizörünün gösterdiği 1 kHz sabit frekansta, üretici firmaya göre değişen 94 dB civarındaki (100 dB, 104 dB, 114 dB gibi) düzeyler ayarlanır.

### **3. ODYOMETRİK CİHAZLARIN KALİBRASYONUNUN BİRİNCİL STANDARDA İZLENEBİLİRLİĞİ**

Yapılan kalibrasyon ve ölçümlerin metrolojik bir temele dayandırılması için, bu kalibrasyon ve ölçümleri ülke içinde oluşturulmuş izlenebilirlik zincirlerine entegrasyonu sağlanmalıdır. UME Akustik ve Titreşim Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen her kalibrasyon ve ölçüm, Akustik Alanında İzlenebilirlik Zinciri veya Titreşim Alanında İzlenebilirlik Zincirine bağlanır [14]. Şekil 3 ve 4'te görüleceği üzere, odyometri alanındaki kalibrasyon ve ölçümlerden yapay kulak kalibrasyonu, odyometre kalibrasyonu, iç/dış kulaklık kalibrasyonu, işitme cihazı analizörü verifikasyonu, Akustik Alanında İzlenebilirlik Zincirine ve yapay mastoid kalibrasyonu, kemik yolu titreştiricisi kalibrasyonu ise Titreşim Alanında İzlenebilirlik Zincirine bağlıdır.



Şekil 3. Odyometrik Cihazların UME Akustik ve Titreşim Laboratuvarı'nda kurulu Akustik Alanında İzlenebilirlik Zincirine Entegrasyonu



Şekil 4. Odyometrik Cihazların UME Akustik ve Titreşim Laboratuvarı'nda kurulu Titreşim Alanında İzlenebilirlik Zincirine Entegrasyonu

### ODYOMETRİK KALİBRASYON VE ÖLÇÜMLERİN BELİRSİZLİĞİ

Odyometre kalibrasyonu ;	0.3 dB
Yapay kulak kalibrasyonu ;	0.3 dB
İşitme cihazı analizörü verifikasyonu ;	1.0 dB

### SONUÇ

Laboratuvarımızda yapılan bir araştırmaya göre Türkiye'de işitme kaybı ölçümlerinde kullanılan cihazların kalibrasyonlarının yapılmasına özen gösterilmediği sonucuna varıldığından bu bildiriye odyometrik cihazların düzenli aralıklarla kalibrasyonunun önemi vurgulanmıştır. Gürültü kaynaklı çeşitli sağlık problemlerinde doğru tanı koymanın yolu düzenli aralıklarla kalibre edilen cihazlarla mümkündür Bu amaçla UME Akustik ve Titreşim Laboratuvarı, odyometrik kalibrasyonlar ve ölçümler için gerekli altyapısını kurmuş ve halen hizmete devam etmektedir

## KAYNAKLAR

- [1] O.Cura, "Gürültü ve Sağlık" 1.Ulusal Gürültü Kongresi Bildiri Kitapçığı, Bursa, 1994
- [2] W.Melnick, "Industrial Hearing Conservation" Handbook of Clinical Audiology" Williams & Wilkins, Baltimore, USA, 1994
- [3] M.J.Crocker, "Rating Measures, Descriptors, Criteria and Procedures for Determining Human Response to Noise" Encyclopedia of Acoustics, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1997
- [4] ISO 389, "Acoustics-Standard reference zero for the calibration of pure tone audiometers", Geneva, Switzerland
- [5] IEC 318-1 "Electroacoustics - Simulators of Human Head and Ear - Part 1: Ear Simulator for the Calibration of Supra-aural Earphones (Revision of IEC 318:1970)"
- [6] IEC 318-3 "Electroacoustics - Simulators of Human Head and Ear Characteristics - Part 3: Acoustic Coupler for the Calibration of Supra-aural Earphones Used in Audiometry (Revision of IEC 303:1970)"
- [7] "Artificial Ear Type 4152", Instruction Manual, Brüel & Kjaer, Denmark, 1980
- [8] "Artificial Ear Type 4153", Instruction Manual, Brüel & Kjaer, Denmark, 1980
- [9] B.Karaböce, E.Sadikhov, E.Bilgiç, F.Parlaktürk, "Yapay Kulak Kalibrasyonu" 4.Ulusal Akustik Kongresi Bildiri Kitapçığı, Kaş, 1998, s.259
- [10] L.L.Beranek, "Acoustic Measurements", John Wiley & Sons, Inc. New-York, 1959
- [11] IEC 373(1990), "Mechanical Coupler For Measurements on Bone Vibrators", Geneva, Switzerland
- [12] "Artificial Mastoid Type 4930", Instruction Manual, Brüel & Kjaer, 1987, Denmark
- [13] J.Katz, "Handbook of Clinical Audiology, 4rd Ed.", Williams&Wilkins, USA, 1994,s.132-138
- [14] B.Karaböce, E.Sadikhov, E.Bilgiç "Akustik Metrolojisi, Standartlar ve İzlenebilirlik" 2.Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi Bildiri Kitapçığı, Antalya, 1996, s.16