

## İşitme Cihazlarında Kulak Kalıbı Teknolojisi

Hürol ERİŞÇİ

Erişçi Akademi, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

Kulak kalıpları 1920’den beri işitme cihazı fittinginin bir parçası olarak ele alınmaktadır. Son yıllarda işitme cihazı teknolojisinde büyük gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmelerin en belirgin olanı işitme cihazı frekans alanının (frekans cevap aralığı) genişlemesi ve işlenen ses kalitesinin artmasıdır. Bu özelliklerin işitme cihazı kullanıcılarına iletilebilmesi noktasında kulak kalıbının rolü ve önemi çok artmıştır. Bu alandaki ana hedef işitme cihazının yükselttiği sesi maksimum fayda sağlayarak kullanıcıya ulaştırmak ve böylece daha iyi bir işitme performansı sağlamaktır. Bu derlemenin amacı kulak kalıbı akustiği ile ilgili tarihçe sunarak kulak kalıbının fonksiyonlarına ve yapılacak modifikasyonların önemine ışık tutmaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kulak kalıbı, akustik modifikasyon, libby horn, ventilasyon, boynuz etkisi

### ABSTRACT

#### Earmold Technology for Hearing Aids

Since 1920’s ear molds have been a part of most hearing aid fittings. Over the past fifty years, there has been a great deal of developments in Hearing Aid Technology. These technologic developments brought a wider frequency response range and fidelity to the hearing aid wearers. The role and importance of the ear mold have been significantly increased in order to convey these features to the hearing aid wearers. The main aim is to convey the amplified sound to the hearing aid wearer to provide with the maximum benefit, in other words the better hearing. The purpose of this review is to present the history of ear molds acoustics and to highlight the functions of ear molds with the importance of the modifications.

**Keywords:** Ear mold, acoustic modification, libby horn, ventilation, horn effect

**Cite this article as:** Erişçi, H. (2018). İşitme Cihazlarında Kulak Kalıbı Teknolojisi. TJAHR, 1(1):1-8.

## GİRİŞ

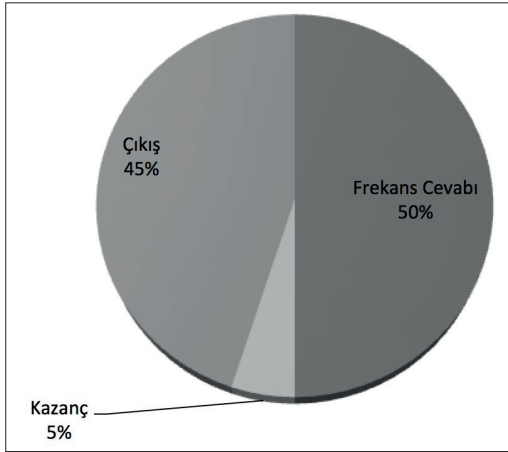
Kulak kalıpları 1920’den beri işitme cihazı fittinginin bir parçası olarak ele alınmaktadır. Bilinen ilk kulak kalıbı 1922 yılında New Yorklu bir diş hekimi olan Mayer B. A. Scheir tarafından yapılmıştır. Scheir bu iş için protez diş yapımında kullanılan malzemeleri kullanmıştır. Kulak kalıbının bilimsel olarak ele alınıp incelenmesi, ilk olarak 1949 yılında Watson ve Toland’ın yazdığı “*Hearing Tests and Hearing Instruments*” isimli kitabında olmuştur. Ancak bu kitapta kulak kalıbının akustiği konusu ele alınmamış, sadece kullanım rahatlığı ve gerekliliği işlenmiştir. Kulak kalıbı akustiği konusunda ilk kapsamlı araştırmayı 1967 yılında Lybarger yapmış ve çalışmalarını “*Earmold Acoustics*” isimli kitabında yayınlamıştır. Kulak kalıbı konusundaki ilk sempozyum 25 Ağustos 1974 tarihinde Philadelphia’da Fogel & Mynders tarafından düzenlenmiştir. İkinci sempozyum, Danavox Vakfı tarafından 1975 yılında düzenlenmiş ve bu sempozyumdan sonra “*Earmolds and Associated Problems*” isimli bir kitap yayınlanmıştır. Son yıllarda işitme cihazı teknolojisinde büyük

gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmelerin en belirgin olanı işitme cihazı frekans alanının (frekans cevap aralığı) genişlemesi ve işlenen ses kalitesinin artmasıdır. Bu özelliklerin işitme cihazı kullanıcılarına iletilebilmesi noktasında kulak kalıbının rolü ve önemi çok artmıştır. Killion geliştirdiği kulak kalıpları ile bu yeni özelliklerin sağladığı imkânları işitme cihazı kullanıcılarına iletilebilme yolunda ilk adımları atmıştır. Killion’ın açtığı bu yolda Bakke, Bennett, Goldberg, Johnson, Libby, Schlaegel, Macrea ve diğerleri büyük çalışmalar yaparak kulak kalıbı teknolojisinin bugüne gelmesini sağlamışlardır. Bütün bu çalışmalarda amaç, işitme cihazı tarafından yükseltilmiş olan seslerin azami fayda sağlayacak şekilde kullanıcıya iletilmesidir. Diğer bir deyişle daha iyi duyurmaktır. Bu derlemede kulak kalıplarının fonksiyonları, çeşitleri ve kullanılan materyaller, kulak kalıbı akustiği ve modifikasyonları ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır ve son olarak bakım ile ilgili öneriler sunulmuştur.

## KULAK KALIBI'NIN FONKSİYONLARI

Kulak kalıbı, işitme cihazı tarafından yükseltilecek sesleri kulak kanalı yolu ile kulak zarına ileten bir araçtır. Uygulama şekli ve çeşitlerine göre kulak kalıbının çeşitli fonksiyonları vardır. Bunlar (i) İşitme cihazı ile kulak arasında akustik bağlantının sağlanması; (ii) İşitme cihazının kulak kepeğinde durmasını sağlamak; (iii) Oluşabilecek akustik geribesleme (*feedback*)i önlemek veya en aza indirmek; (vi) İşitme cihazı tarafından yükseltilmiş ses sinyallerinin akustik modifikasyonunu sağlamak olarak sıralanabilir ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

İşitme cihazı uygulayıcılarına göre Kazanç (*Gain*), Çıkış (*Output*) ve Frekans Cevabı (*Frequency Response*)'nin işitme cihazı uygulamasındaki üç temel parametredir. Bu parametreler, elektronik olarak işitme cihazının üzerindeki trimpotlarla veya programlayarak, akustik olarak ise kulak kalıbı, tüp ve boynuzda yapılan değişikliklerle ayarlanabilmektedir ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006). Bu parametreler arasında frekans cevabının kontrolü en önemli faktördür. Birçok işitme cihazında kazanç ve çıkış elektronik olarak etkin bir şekilde kontrol edilebilir. Diğer yandan, frekans cevabı ise etkin bir şekilde akustik olarak kontrol edilebilir. Kulak kalıbı ve bağlantıları, uygulayıcı için frekans cevabını ayarlamaya yarayan önemli birer araçtır ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).



Şekil 1. İşitme cihazı uygulamasında temel parametreler

Şekil 1 de görüldüğü gibi, frekans cevabının kontrolü başarılı bir işitme cihazı uygulamasında en önemli faktördür. Birçok işitme cihazında kazanç ve çıkış elektronik olarak etkin bir şekilde kontrol edilebilir. Diğer yandan, frekans cevabı ise en etkin, akustik olarak kontrol edilebilir. Kulak kalıbı ve bağlantıları, uygulayıcı için frekans cevabını ayarlamaya yarayan önemli birer araçtır.

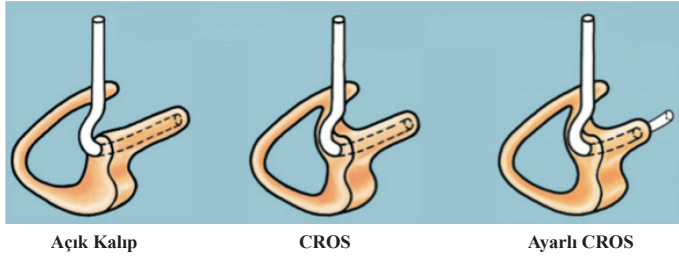
## KULAK KALIBI ÇEŞİTLERİ

Kulak kalıplarının, konka içerisinde ya da kulak kanalında kapladıkları yere göre farklılık gösteren birçok çeşidi vardır. Bu farklılıklar görüntüyü, akustik performansı, rahatlığı ve işitme cihazının güvenliğini etkilemektedir (Dillon, 2012).

Kulak kalıplarının isimlendirilmesinde bir standardizasyonun olmaması kalıpların tanımlanmasında zorluk oluşturmaktadır. Ancak, 1976'da *American National Association of Earmold Laboratories* (NAEL) bazı tipler üzerinde fikir birliğine varmış olsa da, yeni eklenen tipler için yine farklılıklar vardır. Bazı kulak kalıpları tanımlayıcı isimler alırken, 'iskelet' gibi, bazıları bulan kişinin adıyla, 'Janssen' anılmaktadır. Bazıları ise, CROS kalıplarda olduğu gibi, uygulama alanları ile isimlendirilir. Şekil 2'de en sık kullanılan kulak kalıpları ve özellikleri kısaca özetlenmiştir. Ayrıca Şekil 3'de ise pratikte en çok kulak

<p>(A)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CEP TİPİ FULL MOLD" KALIP</b> Cep tipi işitme cihazlarında kullanılır. İşitme cihazının hoparlörü halkalı kısmında bulunan bir yay sayesinde deliğe tutturulur.</li> </ul>
<p>(B)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>KULAK ARKASI FULL MOLD" KALIP</b> Özellikle yüksek güçlü kulak arkası işitme cihazlarında kullanılır. Kulak kanalına sıkıca oturur ve konkanın tamamını kaplar.</li> </ul>
<p>(C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>İSKELET TİP KALIP</b> Kulak arkası işitme cihazlarında kullanılan çok popüler bir kalıp tipidir. Full mold kalıplara kıyasla daha hafif ve kozmetik açıdan daha iyidir. Kulak kanalına sıkıca oturur ancak konkayı açıkta bırakır.</li> </ul>
<p>(D)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>KANAL TİP KALIP</b> Kulak arkası işitme cihazlarında kullanılan bu tip kalıplarda, sadece kulak kanalına oturması hedeflenir. Helix ve konka bölümleri çıkarılmıştır.</li> </ul>
<p>(E)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AÇIK (OPEN) TİP KALIP</b> Açık tip kalıplar kulak kanalını tıkamaz. Bu kalıplarda amaç, kanalı tıkamadan tüpün ve dolayısıyla işitme cihazının kulakta durmasını sağlamaktır.</li> </ul>

Şekil 2. Kulak Arkası işitme cihazlarında kullanılan kalıp tipleri ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).



Şekil 3. CROS uygulamada kullanılan örnekler ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

arkası veya gözlük tipi işitme cihazlarında kullanılan **CROS** uygulaması görülmektedir (Dillon, 2012; "Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

### KULAK KALIBI MATERYALLERİ

Kulak kalıbı imalatında çeşitli materyaller kullanılır. Bu materyaller sert akrilik, yumuşak akrilik, *polyvinil klorid*, silikon ve *polyetilen* gibi materyallerdir. Sert akrilik, en çok kullanılan materyaldir. Genelde renksiz, saydam görümlü olup, kozmetik amaçlarla içine bazı kimyasal maddeler eklenerek ten rengi veya daha değişik renkler verilebilir. Sert akrilik ise, şekil verilmesi kolay ve alerjik olmayan bir materyaldir. Yumuşak akrilik, esnek bir yapıya sahiptir ve bu özelliğinden dolayı genelde çocuklarda tercih edilir. Yumuşak akrilik vücut ısısı ile genişler ve böylece kulak kanalını daha iyi sarar. Silikon ise, esnek ve çok yumuşak bir materyaldir. Bu özelliğinden dolayı çok küçük çocuklarda kullanılır. Alerjik değildir ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

Karışık malzemeden yapılan kulak kalıpları (combination earmoulds), iki farklı materyali bir arada barındırmaktadır. Bu tip kalıplarda, kalıbın bir bölümü (örneğin gövdesi), sert akrilikten diğer bölümü ise (örneğin kanal kısmı), yumuşak akrilikten imal edilir. Kalıbın hangi bölümünün hangi tip materyalden imal edileceğine karar vermek için, hastanın yaşı, alerji durumu, kulak kanalının yapısı ve hastanın tercihi göz önünde bulundurulmalıdır. Kalıplarda iki farklı materyalin kullanılmasının sesin iletiminde belirgin bir etkisi yoktur ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

Kulak kalıbının hangi materyalden yapılacağına karar vermeden önce aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gerekir:

#### Kulak kepeçesi sert mi, yumuşak mı?

Kalıbın kulağa kolay ya da zor yerleştirilmesinde önemli bir noktadır. Eğer kepeçesi sert ise *polivinil klorid* veya silikon yapılmış yumuşak kalıp tavsiye edilir.

#### Uygulanacak işitme cihazının gücü nedir?

Özellikle yüksek güçlü işitme cihazlarında geribesleme olasılığı yüksek olduğundan iyi bir akustik izolasyon gerekmektedir. Bu tip işitme cihazlarında sert materyalden yapılmış *Full-mold* kalıp kullanılması tavsiye edilir. Hastaya biraz daha rahat bir

kullanım sağlamak amacıyla kalıbın gövdesi sert materyalden, kanal bölgesi ise silikondan yapılabilir.

#### Alerji ortaya çıkaran bir durum var mı?

Bu sorunun cevabını size hasta verebilir. Bu nedenle hastaya alerjik bir durumunun olup olmadığını sorun. Eğer alerjik bir durum varsa, mutlaka alerji yapmayan anti-allergic materyalden yapılmış bir kalıp yaptırılmalıdır (örneğin. Biopor)

#### Kalıp ne renk olmalıdır?

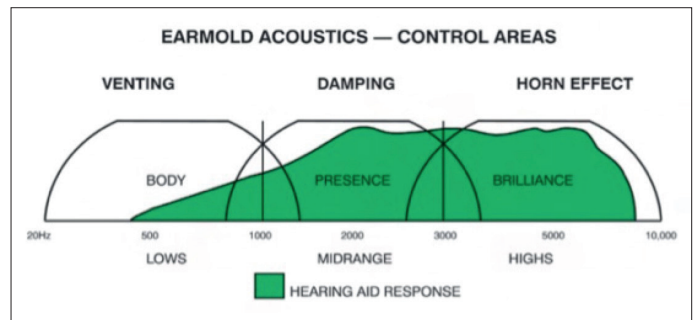
Bu nokta estetik açıdan önemlidir. Kalıplar genellikle, şeffaf pembe, opak, ten rengi olabilir. Günümüzde çok daha farklı renklerde kalıp yapabilmek mümkündür.

### KULAK KALIBI AKUSTİĞİ VE MODİFİKASYONLAR

Konuşma akustığı alanında yapılan araştırmalar işitme cihazı teknolojisine gelişmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Araştırmalar, yüksek frekanslı seslerin ve ünsüzlerin konuşmayı anlamada gerek işitme engelliler ve gerekse normal işiten kimseler için çok önemli olduğunu göstermiştir. Konuşmanın anlaşılmasında en kritik frekanslar 2500-3500 Hz arasındadır. Konuşmada, enerjinin en fazla olduğu frekans aralığı 20-1000 Hz arasında olmakla birlikte, konuşmayı anlama (*speech intelligibility*) 1000-8000 Hz arasındadır. Bu nedenle işitme cihazları, kullanıcıya azami anlamayı sağlayabilmek için yüksek frekansları etkin bir şekilde duyurabilmelidir. On yıl öncesine kadar işitme cihazı sesleri yükselterek sunarken meydana gelen kayıp miktarı (*Insertion loss*) konusunda yapılan incelemeler, kulak kalıplarının yüksek frekanslı sesleri iletmeye yeterli olmadıklarını göstermekteydi. Ancak günümüzün kulak kalıbı teknolojisi akustik modifikasyonlarla bu problemi çözmüştür. Kulak kalıbında *Ventilasyon*, *Damping* ve *Horn* etkisini içine alan 3 tip akustik modifikasyon mümkündür. *Ventilasyon* ile 1000 Hz ve altındaki frekanslar modifiye edilirken, *Damping* ile 1000-3000 Hz arasındaki frekanslar, *Horn* etkisi ile ise 3000 Hz üstündeki frekanslar modifiye edilir. Kulak kalıbında bu modifikasyonların sadece birisi kullanılabileceği gibi üçü birlikte de kullanılabilir (Bkz. Şekil 4).

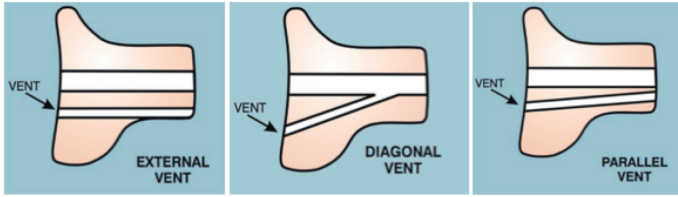
#### Ventilasyon Etkisi

Kulak kalıbında, kanal boyunca boydan boya bir delik açılmasına ventilasyon adı verilmektedir. Dış basınç ile kulak kanalındaki



Şekil 4. Modifikasyonların etkilediği frekans bölgesi





Şekil 5. Harici vent, Çapraz Vent ve Paralel vent ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

basıncı eşitleyerek "doluluk" hissini önlemek; oklüzyon etkisini azaltmak veya tamamen yok etmek; kulak kanalını havalandırmak, ısınma ve nemlenmeyi önlemek; işitme cihazının yüksek frekans cevabını etkilemeden, 250 Hz- 1kHz aralığında alçak frekanslı seslerin modifiye edilmesi ventilasyonun amacı olarak sıralanabilir. Kulak kalıplarında kullanılan Paralel Ventilasyon (Parallel Vent), Çapraz Ventilasyon (Diagonal Vent) ve Harici Ventilasyon (External Vent) olmak üzere üç çeşit ventilasyon tipi vardır (Bkz. Şekil 5) (Dillon, 2012; "Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).

Paralel Ventilasyon, pratikte en çok tavsiye edilen ve kullanılan ventilasyon çeşididir. Paralel ventilasyon, yüksek frekansları etkilemeksizin, alçak frekanslı sesleri modifiye etmek için kullanılan etkin bir ventilasyon şeklidir. Ventilasyonun çapı 0.8 mm den daha az ise frekans cevabı üzerinde etkisi yoktur, sadece statik basıncı dengeleyerek doluluk hissini önler. Ventilasyonun çapı büyüdükçe alçak frekanslar bastırılır. Ventilasyonun çapının ve boyunun, frekans cevabı üzerinde etkisi Şekil 6'da görülmektedir.

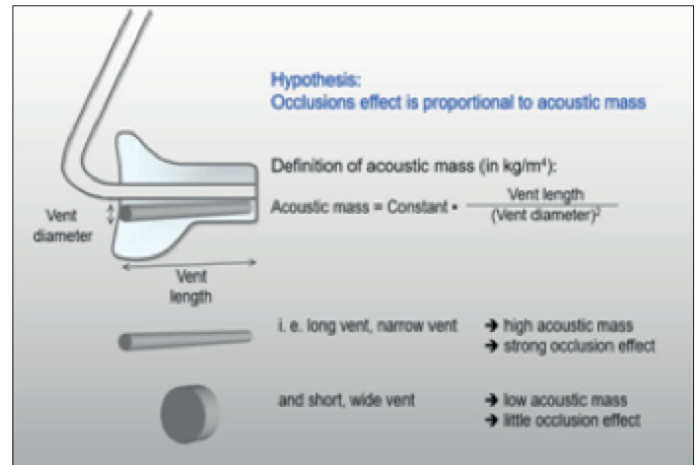
Ventilasyonun etkisini anlamak için, öncelikle Akustik Kütle (*Acoustic Mass*) kavramını anlamak gerekir. Venti içinde hava sütunu olan bir boru gibi düşünebiliriz. Her cisim gibi havanın da bir kütlesi ve dolayısı ile bir ataleti (*inertia*) vardır. Bu atalet, bir direnç oluşturur. Venti Sesi iletimi için, içindeki havanın hareket etmesi gerekir. Bunun için, ataletin yani direncin yenilmesi gerekir. Yüksek frekanslı seslere nazaran, alçak frekanslı seslerin bu ataleti yenmesi daha kolaydır. Akustik

kütle, ventilasyonun çapına ve boyuna bağlı olarak değişir ve birimi  $\text{kg/m}^4$  dır. Akustik kütle formülü aşağıdaki gibidir:

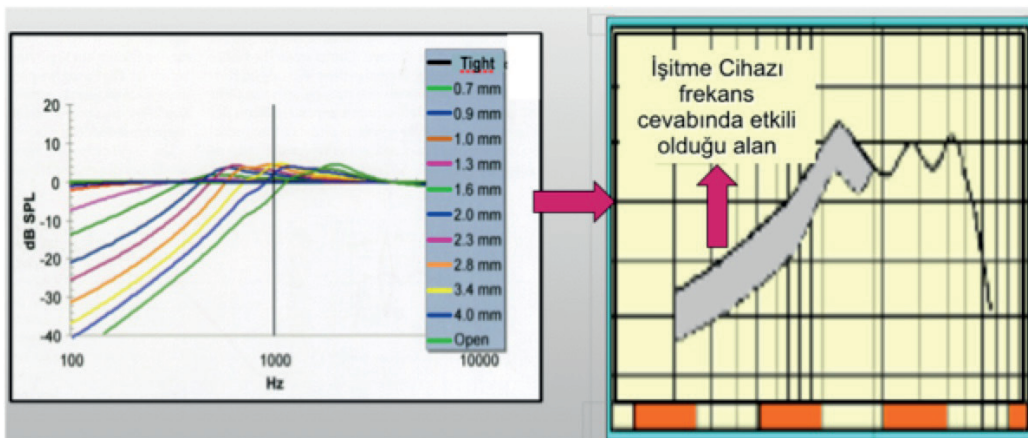
$$\text{Akustik Kütle} = 1.18 \times \frac{\text{Vent boyu}}{(\text{Vent çapı})^2} \text{ dir.}$$

Akustik kütle birimi elektrikten bir benzetme yapılarak "Henry" ile ifade edilir. Formüldeki 1.18 sayısı havanın  $\text{kg/m}^3$  cinsinden yoğunluğunu ifade eder. Venti çapı azalır (daralır) ve boyu uzarsa akustik kütle artar. Bunun tersi olarak; venti çapı artar (genişler) ve boyu kısalsın akustik kütle azalır. Bunun sonucu olarak; uzun ventilasyonlar sesi, kısa ventilasyonlardan daha az iletir. Dar ventilasyonlar ise, geniş ventilasyonlara göre, sesi daha az iletir (Bkz. Şekil 7).

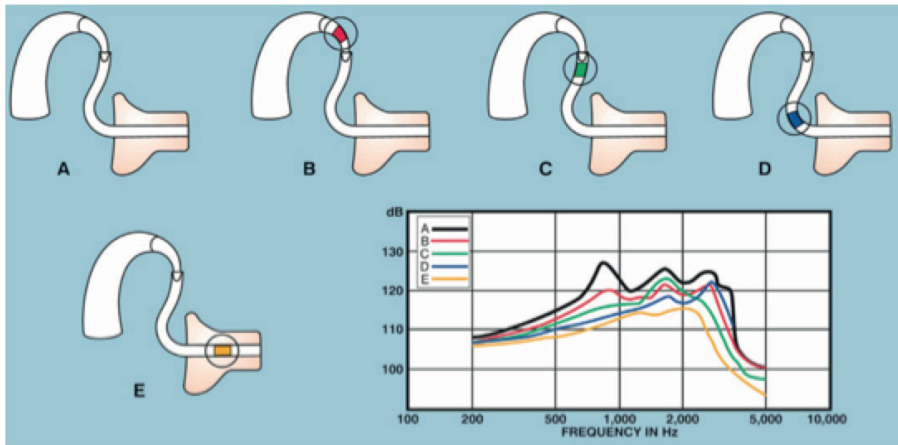
Kulak kalıbında paralel ventilasyon açmak için yeterli yer olmadığı durumlarda çapraz ventilasyon kullanılır. Çapraz ventilasyon, yüksek frekanslı sesleri bir miktar etkileyeceği ve geribesleme oluşturma ihtimali fazla olduğu için tavsiye edilmez. Nadiren de olsa bazen kulak kanalı paralel veya çapraz ventilasyon açılmayacak kadar dar olabilir. Bu durumda kulak kalıbının alt yüzünde kanal boyunca "V" şeklinde bir kanal açılır. Bu tip ventilasyonlar "harici ventilasyon" olarak adlandırılır.



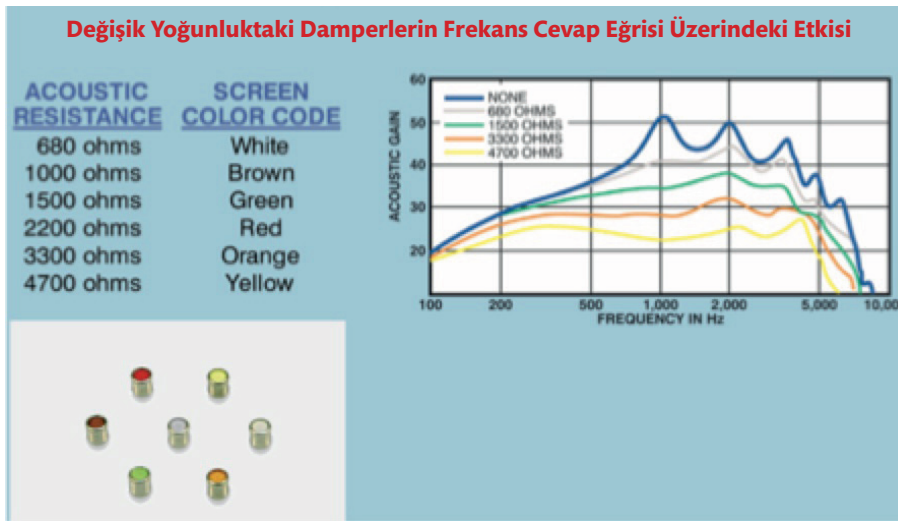
Şekil 7. Ventilasyon boyunun ve çapının kütle üzerine etkisi



Şekil 6. İşitme cihazı uygulamasında vent boyutunun frekans kazancına etkisi (Dillon, 2012)



Şekil 8. Damper yerleşiminin frekans üzerine etkisi (“Microsonic Inc. Custom earmold manual,” 2006)



Şekil 9. Damperlerin frekans cevap eğrisi üzerindeki etkisi

### Damping Etkisi

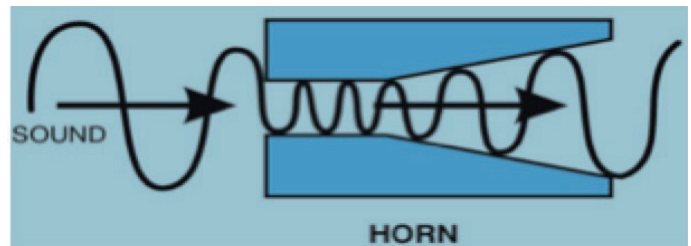
Damping, 1kHz ila 3kHz arası frekans cevabını daha yumuşak hale getirmek amacıyla, ses iletim yolunun herhangi bir yerine akustik direnç konulmasıdır. Bu akustik dirençlere “damper” adı verilmektedir. Damperlar, kulak arkası işitme cihazlarında boynuz, tüp veya kulak kalıbının içine yerleştirilir. Dampingin en etkili olduğu durum, damper’ın kulak kalıbının içine yerleştirildiği durumdur. Ancak nem ve kulak kiri gibi durumlarda kolayca tıkanabileceği için tavsiye edilmemektedir (“Microsonic Inc. Custom earmold manual,” 2006). Şekil 8’de damperin yerleştirildiği konuma göre frekans cevap eğrisinin değişimi görülmektedir.

Uygulamaya bakıldığında damperler en sık boynuzun veya tüpün içersine yerleştirilir. Birçok işitme cihazı üreticisi yüksek güçlü işitme cihazlarıyla birlikte, içinde damper olan boynuz vermektedirler. Damperlar işitme cihazı kullanıcılarına geribesleme olmaksızın daha geniş bir aralıkta ses kontrol imkânı ile daha fazla kullanılabilir kazanç sağlamaktadır (Sandlin, 2000). En yaygın kullanılan damper çeşitleri, koyun yünü veya topak haline getirilmiş çelik talaştır. Koyunyünü, çok eski bir yöntem olup, uygulaması ve yoğunluk kontrolü zor olduğundan

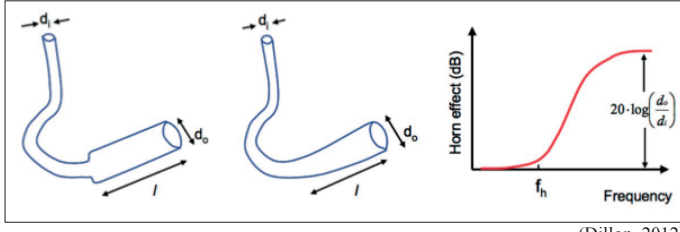
dolayı günümüzde pek tercih edilmemektedir (“Microsonic Inc. Custom earmold manual,” 2006). Çeşitli yoğunlukta imal edilen bu damperların, akustik dirençleri 680 ohm ile 4700 ohm arasında değişir. Şekil 9’da farklı akustik dirence sahip damperların frekans cevabı üzerine etkisi gösterilmiştir.

### Boynuz (Horn) Etkisi

Bir ses kanalının, örneğin bir tüpün, çıkış ucu genişletildiğinde yüksek frekanslı seslerin yoğunluğu artmaktadır. Burada “artmak” ifadesi ile belirtilen, yüksek frekans cevabının daha belirgin hale gelmesidir. Akustikte bu olay “Boynuz Etkisi” (*Horn Effect*) olarak adlandırılır. (Bkz.Şekil 10).



Şekil 10. Ses dalgası üzerinde boynuz etkisi (“Microsonic Inc. Custom earmold manual,” 2006).



(Dillon, 2012)

Şekil 11. İki kademeli ve sürekli boynuzun frekans cevabı üzerine etkisi

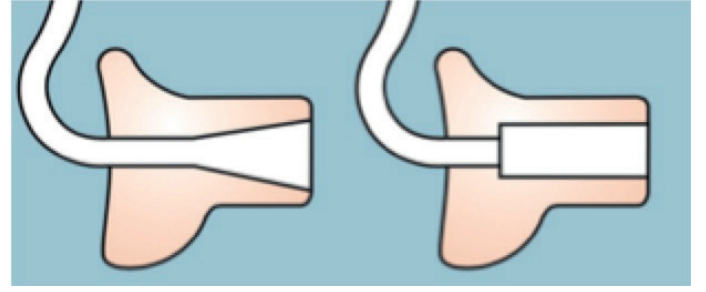
İşitme cihazı uygulamasında, hastaya yüksek frekanslı sesleri daha iyi duyurmak için kalıp üzerinde boynuz uygulaması yapılabilir. Bu uygulama kulak arkası işitme cihazlarında 3 kHz ve üstü frekanslarda gelen seslerin artırılmasında etkilidir. Yüksek frekanslı sesler konuşmanın anlaşılmasında önemli olduğu için 2 kHz- 5 kHz frekans aralığında birkaç db lik bir yükseliş, konuşmanın anlaşılmasını belirgin bir şekilde artırır (Dillon, 2012; Sandlin, 2000) Boynuz uygulamasında yüksek frekanslı seslerin ne kadar artırılacağı/yükseltileceği aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Dillon, 2012).

$$20 \cdot \log_{10} \left( \frac{d_o}{d_i} \right) \text{ dB}$$

Bu formülde “do” çıkış çapı, “di” giriş çapıdır. Boynuzun çıkış çapı büyüdükçe yüksek frekanslı sesler daha çok artar. Ancak; bu artış, Boynuzun kesim-frekansının (cut-off) üstündeki frekanslarda olur. Kesim frekansının altındaki frekanslarda artış meydana gelmez.

Boynuz uygulaması birkaç şekilde yapılabilir. Bunlardan birisi kulak kalıbının kanal bölgesini uç tarafa doğru genişletmektir. Bu işlemde kanal uç tarafa doğru bir çan şeklini aldığı için bu uygulamaya “Çan kanal” (*belled canal*) uygulaması denir. (Bkz. Şekil 12). Çan kanal uygulamasının etkin olabilmesi için boyunun en az 17mm olması gerekir (Killion, 1980). Boynuz uygulaması, Şekil 13’te görüldüğü gibi de yapılabilir.

Çan kanal uygulaması yapılan bir kalıpta kesim frekansı aşağıdaki formülle hesaplanır:



Şekil 12. Kulak kalıbı içerisine uygulanabilecek boynuz modelleri

$$f_h = \frac{c \cdot \log_e \left( \frac{d_o}{d_i} \right)}{2\pi l} \text{ Hz}$$

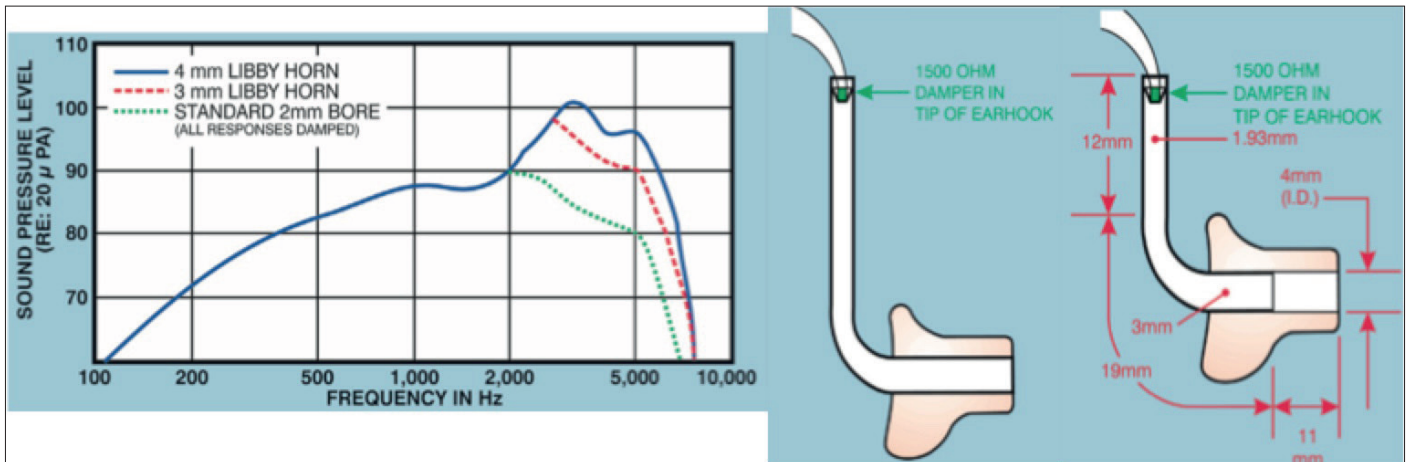
Bu formülde: c = Sesin hızı; log<sub>e</sub> = tabii logaritma-naturel log (bazı durumlarda ln ile de gösterilir) L=boynuzun boyu

Bu formülden anlaşılacağı gibi boynuz’un boyu kısaltıldıkça kesim frekansı yükselir (Bkz.Şekil 11)

Boynuz uygulamasında bir diğer alternatif ise “*Libby Horn*” kullanılmasıdır. *Libby Horn*, boynuz şeklinde olup, plastikten yapılmaktadır. Libby Horn 1979 yılında Robert Libby tarafından geliştirilmiştir. Genel olarak 3mm ve 4mm olmak üzere 2 çeşidi vardır (Bkz. Şekil 13). 3 mm Libby Horn, küçük kulak kanalı olan kişilerde ve çocuklarda kullanılır. 2 kHz ve üstü frekanslarda yaklaşık 9-10 db kadar artış yapmaktadır. 4 mm Libby Horn ise frekans cevabını 8 kHz’e kadar etkiler. 3 mm ve 4 mm Libby Hornların dış çapları 4.5 mm ve 5.5 mm’dir.Bu sebeple ucu 6 mm den daha küçük olan kulak kalıplarında kullanılması uygun değildir. Şekil 15’de Libby Horn’un frekans cevap eğrisi üzerindeki etkisi ve tipik uygulamaları görülmektedir (Dillon, 2012; “Microsonic Inc. Custom earmold manual,” 2006).

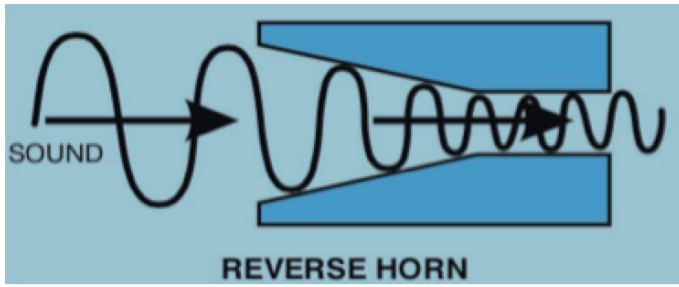
#### Ters Boynuz (*Reverse Horn*) Etkisi:

Bir ses kanalının, örneğin bir tüpün çıkış ucu daraldığında yüksek frekanslı seslerin etkisi azalmaktadır. Bu olay “Ters Boynuz Etkisi” olarak adlandırılır (Bkz. Şekil 14). Yüksek

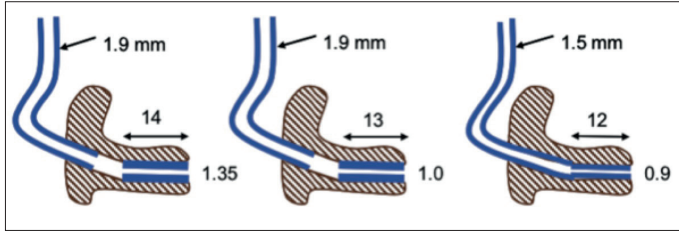


Şekil 13. Libby Horn’un frekans cevap eğrisi üzerindeki etkisi (“Microsonic Inc. Custom earmold manual,” 2006).





Şekil 14. Ses Dalgası üzerinde ters boynuz etkisi ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006).



Şekil 15. Ters boynuzun kalıp üzerindeki yerleşimi

frekanslara doğru iyileşen (*reverse slope*) işitme kayıplarında yüksek frekansların azaltılması gerekebilir. Bu durumda ters boynuz uygulaması yapılır (Bkz. Şekil 14). Şekil 15'de kulak kalıbı üzerinde Ters Boynuz örneği gösterilmektedir.

#### Kulak Kalıbında Tüpün Etkisi:

Tüp, kulak kalıbını işitme cihazına bağlayan parçadır. Genelde polivivil klorürden imal edilmiş olup, yumuşak ve şeffaf görünümündedir. Uzun süre kullanıldığında dış etkilerden ve nemden dolayı, yumuşak ve şeffaf yapısı kaybolarak kırılabilir ve sert bir hale gelir ve sarı bir renk alır. Bu durumda tüp değiştirilmelidir. ABD'de kulak kalıplarında kullanılan tüpler NAEL tarafından standardize edilmiştir. Şekil 16'da NAEL tarafından standardize edilen tüpler ve özellikleri görülmektedir. Tüpün dış çapı ile iç çapı arasındaki mesafeye "duvar kalınlığı" denilir. Pratikte genelde duvar kalınlığı terimi yerine "et kalınlığı" kelimesi de kullanılır. Yüksek güçlü işitme cihazlarında geribeslemeyi önlemek için kalın duvarlı tüp

kullanılması gerekmektedir. Tüpün boyunun da frekans cevabı üzerinde etkisi bulunmaktadır.

#### KULAK KALIBI BAKIMI

Kulak kalıbının bakımı en az işitme cihazının bakımı kadar önemlidir. Bu nedenle aşağıdaki noktaların bilinmesi ve kullanıcıya anlatılması gerekmektedir.

1. Kulak kalıbının bakımında en önemli nokta kalıbın kulak kiri ile tıkanmasının önlenmesidir. Kir ifrazı kişiden kişiye değişir. Bazı kişiler bu kiri her gün, bazıları ise birkaç ayda bir temizler. Bu nedenle, kalıbı kullanan kişi bu konuda uyarılmalıdır. Kulak kalıbı ılık sabunlu suda yıkanmalı ve iyice kurutulmalıdır. Özellikle tüpün içinde su kalmamasına dikkat edilmelidir. Bu amaçla bir puar kullanılarak tüpün içine hava üflenmelidir. Eğer kalıp, kulak kiri ile bloke edilmiş ise, önce kir temizlenmelidir. Bu amaçla bir pipo temizleme fırçası kullanılabilir. Kalıp temizlenirken kesinlikle alkol kullanılmamalıdır.
2. Tüpü nem birikmişse bir puar ile üfleterek kurutulmalıdır.
3. İkinci önemli nokta ise tüpün değiştirilmesidir. Tüp, sertleştiğinde ve sarımsı bir renk aldığı zaman değiştirilmelidir.
4. Kulak kalıbı eğer sert akrilikten yapılmışsa her 2 yılda bir değiştirilmesi tavsiye edilir. Eğer yumuşak akrilikten yapılmışsa her yıl değiştirilmelidir. Diğer yandan, çocuklar çok hızlı büyüdükleri için kalıplarının daha erken değiştirilmeleri gerekebilir.
5. Bazen kulak kalıbı kullanmaya bağlı olarak, iritasyon (tahriş) meydana gelebilir. Tahriş genelde kalıbın yapıldığı malzemeye karşı alerjik reaksiyon ve yerine iyi oturmaması ile ilgilidir. Alerjik reaksiyon, deneyimlere göre, çok nadirdir. Eğer alerjik bir reaksiyondan şüpheleniliyorsa, aynı materyalin küçük bir parçası kulak kepçesinin iç kısmına 24 saat boyunca bir bantla yapıştırılır. Deride kızarıklık veya erüpsiyonlar oluşursa materyalden şüphelenilir.

Size / Type	Inside Diameter		Outside Diameter	
	Inside Diameter	Outside Diameter	Inside Diameter	Outside Diameter
9	.094"	2.4mm	.160"	4.1mm
* 12	.085"	2.2mm	.125"	3.2mm
13 Standard	.076"	1.9mm	.116"	2.9mm
* 13 Medium	.076"	1.9mm	.122"	3.2mm
* 13 Thick Wall	.076"	1.9mm	.130"	3.3mm
* 13 Double Wall	.076"	1.9mm	.142"	3.6mm
14	.066"	1.7mm	.116"	2.9mm
15	.059"	1.5mm	.116"	2.9mm
16 Standard	.053"	1.3mm	.116"	2.9mm
16 Thin	.053"	1.3mm	.085"	2.2mm

\* Commonly used sizes. Other sizes are not stocked.

Şekil 16. Standart NAEL tüp boyutları ("Microsonic Inc. Custom earmold manual," 2006)

Dillon, H. (2012). Hearing aid earmolds, earshells and coupling systems In Hearing Aids Microsonic Inc. Custom earmold manual. (2006).

ve bir başkası kullanılır. Genelde tahriş, yerine çok sıkı oturan bir kalıp yüzünden olmaktadır. Kritik bir dokunma noktasında kulağın konturlarındaki en ufak bir gerilme veya deformasyon, şiddetli ağrı, kızarıklık, şişme ve/veya genel irritasyona neden olabilir. Bu durumda kalıbın üzerinde rahatsızlığa neden olan bölge (kulağı tahriş eden bölge) bir zımpara veya eğe/törpü yardımıyla düzeltilmelidir.

## SONUÇ

İşitme cihazı tarafından yükseltilmiş olan seslerin azami fayda sağlayacak şekilde kullanıcıya iletilmesinde çok önemli bir görevi olan kulak kalıpları hem fonksiyonları, hem etkinliği hem de akustik modifikasyonlar açısından titizlikle ele alınmalıdır. İşitme cihazı uygulamasında nihai hedef bireylerin ihtiyaçları doğrultusunda etkin duymayı sağlamaktır. Fonksiyonları, çeşitleri ve kullanılan materyaller, kulak kalıbı akustiği ve modifikasyonları göz önüne alınarak kalıp seçimi ve uygulaması özenle gerçekleştirilmeli, bunun yanı sıra kulak kalıbı bakımının da önemi unutulmamalıdır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış Bağımsız.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Financial Disclosure:** The author declared that this study has received no financial support.

## KAYNAKLAR

- Dillon, H. (2012). *Hearing aids* (2nd ed.). Sydney: Boomerang Press.
- Dillon, H., & Harvey, D. (2001). Hearing aid earmolds, earshells and coupling systems. *Hearing aids*, 117-157.
- Erişçi, H. (1993). *Kulak Kalıbı Teorisi ve Uygulamaları*. İstanbul.
- Microsonic Inc. *Custom earmold manual*. (2006) (8th ed.). Cambridge, PA.
- Pirzanski, C. (2006). Earmolds and Hearing Aid Shells: A Tutorial Part 2: Impression Taking Techniques that results in fewer remarks. *The Hearing Review*, (05)
- Pirzanski, C. (2006). Earmolds and Hearing Aid Shells; A tutorial Part 3: A series of articles on one of the most critical-and problematic- parts of the hearing instrument fitting process. *The Hearing Review*, (06).
- Pirzanski, C. (2006). Earmolds and Hearing Aids Shells:A tutorial Part4: BTE Styles, Materials, and acoustic modifications. *The Hearing Review*, (08).
- Sandlin, R. (1985). *Hearing instrument science & fitting practices*. Livonia, MI: National Institute for Hearing Instruments Studies.
- Sandlin, R. E. (Ed.). (2000). *Textbook of hearing aid amplification*. Cengage Learning.
- Sandlin, R. (2000). *The textbook of hearing aid amplification* (2nd ed.). San Diego, Calif.: Singular Publishing Group.
- Taylor, B. (2009). Earmolds: Practical considerations to improve performance in Hearing Aids. *The Hearing Review*, (09).