

Kulak kalıbı kanal uzunluğunun işitme cihazı kazancına etkisi

Oğuz YILMAZ¹, Sude KAYMAKÇI¹, Furkan BÜYÜKKAL¹, Bahtiyar ÇELİKGÜN²

¹Istanbul Medipol Üniversitesi, Odyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Oticon Odyoloji, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kulak kalıbı kanal uzunluğunun, tüm frekanslarda işitsel kazançta olan etkisinin araştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntemler: 18-25 yaş aralığında olan 24 katılımcının kulak izleri dış kulak yolunun 2. boğumuna uzanacak şekilde alınmıştır. Alınan kulak izleri, her bir katılımcı için; 2. boğum, 1. ile 2. boğum arası ve 1. boğum olmak üzere 3 farklı kanal uzunluğunda standart sert kalıp olarak yapılmıştır. Böylece, her bir katılımcıya, 3 farklı kanal uzunluğundaki kulak kalıbı ile gerçek kulak ölçümü yapılarak; kısa, orta ve uzun kanala sahip kulak kalıpları ile işitme cihazları değerlendirilmiştir.

Bulgular: Yaptığımız analizlerin sonuçlarına göre, uzun kanal boyuna sahip kulak kalıbı, 500 Hz'de ($p=0,003$, $p=0,002$, $p=0,006$) ve 750 Hz'de ($p=0,004$, $p=0,014$, $p=0,006$) tüm şiddetlerde, 250 Hz'de yüksek girdili seslerde ($p=0,016$) ve 1000 Hz'de orta girdili seslerde ($p=0,008$) anlamlı derecede kazanç sağlamıştır.

Sonuç: Kulak kalıplarında kanal boyunun uzunluğunun artması özellikle alçak frekanslarda ek kazanç sağlamaktadır. Elde edilen ek kazanç sayesinde kulak kalıplarında yapılacak olan modifikasyonlar ile işitme cihazı ayar programı dışında ek kazanç sağlanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: işitme cihazı, kulak kalıbı, kazanç, işitme, odyoloji

ABSTRACT

The effect of earmold canal length on hearing aid gain

Objective: The aim of this study is to investigate the effect of earmold canal length on gain at all frequencies.

Material and Methods: The earmold impressions of 24 participants age range of 18-25 years were taken to extend to the second bend of the external auditory canal. Then, the earmold impressions taken for each participant; We processed it as a standard hard mold with 3 different canal lengths as 2nd bend, 1st to 2nd bend and 1st bend. Thus, real ear measurement is made for each participant with 3 different canal length earmold; Earmolds with short, medium and long canals and hearing aid gains were measured.

Results: According to the results of our analysis, earmold with long canal length provided significant gains in all intensities at 500 and 750 Hz, high input sounds at 250 Hz and medium input sounds at 1000 Hz.

Conclusion: Increasing the canal length in earmold provides additional gain, especially at low frequencies. Thanks to the additional gain got, it is thought that modifications to be made in the earmold can provide additional gain outside the hearing aid fitting program.

Keywords: hearing aid, earmolds, gain, hearing, audiology

Cite this article as: Yılmaz, O., Kaymakçı, S., Büyükkal, F., Çelikkün, B. (2021). Kulak kalıbı kanal uzunluğunun işitme cihazı kazancına etkisi. Turk J Audiol Hearing Res, 4(2):31-36.

GİRİŞ

Kulak kalıpları, akustik sinyali kulak kanalına yönlendirmek ve işitme cihazının kulakta durmasını sağlamak amacıyla 1920'li yıllardan bu yana kullanılmaktadır (Erişçi, 2018). Kulak kalıplarının yapısı tipik olarak 3 bölüme ayrılmıştır: Boynuz, sert plastikten yapılmaktadır. İşitme cihazının kulak arkasında asılı kalmasını sağlarken aynı zamanda mikrofonu da fiziksel hasarlara karşı korumaktadır. Hortum, kalıp içinde yer alan uzun ve dar silindirik bir plastikten oluşmakta ve sesin aktarımını sağlamaktadır. Kulak kalıbı ise, dış kulak kanalına yerleştirilmekte ve kullanıcıya özel olarak alınan kulak izinden üretilmektedir (Szwoch, G. ve ark., 2006; Erdoğan, A.A. ve ark., 2016).

İşitme kaybının tipine, derecesine, kullanıcının yaşına ve bireysel faktörlerine bağlı olarak değişik şekillerde kulak kalıpları kullanılabilir. Ancak bu kulak kalıpları; kulak kanalının fiziksel özelliklerine, kalıp türüne ve üretim yapılan malzeme tercihinin göre farklı frekans özelliklerine sahiptir (Szwoch, G. ve ark., 2006). Bu durum, özellikle lineer kazanç özelliklerine sahip eski analog sistemli işitme cihazlarında akustik modifikasyon için kullanılmıştır.

Analog sistem ile çalışan ve günümüz teknolojisi ile kıyaslandığında oldukça yetersiz ayar imkânı sunan işitme cihazlarında, işitme kaybı konfigürasyonuna göre işitsel

kazancın ayarlanması oldukça zor bir durum olarak öne çıkmaktadır. Kulak arkası modellerde, kulak kalıbı üzerinde yapılacak fiziksel değişimler ile alçak, orta ve yüksek frekans kazançlarında elde edilen akustik değişimler, işitme cihazı uygulamasında, kulak kalıbının önemini arttırmıştır. Bilinen ilk kulak kalıbı, Mayer B. A. Scheir tarafından 1922 yılında yapılmış olup kulak kalıbı akustiği konusunda ilk kapsamlı araştırma Lybarger tarafından 1967'de yapılmıştır (Lybarger, S. F., 1967). Yazar, özellikle ventilasyon etkisini araştırmış ve vent boyutu ile alçak frekanslarda meydana gelen işitsel kazanç değişimlerini açıklamıştır. Ventilasyon ile birlikte, kalıpta kullanılan hortumun uzunluğu, çeşidi ve kalınlığı, akustik damper kullanımı ve kulak kalıbının uzunluğu gibi çeşitli modifikasyon gereçlerinin işitsel kazanç etkisi de araştırılmış ve uzun yıllar işitme cihazı ayarı yapılırken göz önünde tutulmuştur (Killion, M.C., 2003).

Günümüzde işitme kayıplı bireylerin rehabilitasyonunda, gelişmiş dijital işleme ve yapay zekâ teknolojileri ile donatılan tamamen dijital ve nonlineer işitme cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlar çoğunlukla kablosuz olarak bilgisayarlara bağlanmakta ve gelişmiş ayar yazılımları kullanılarak tüm frekanslarda ince ayar imkânı sunmaktadır. Bununla beraber, NAL (National Acoustic Laboratories) ve DSL (Desired Sensation Level) gibi bilinen ayar algoritmalarının yanı sıra, işitme cihazı üreticilerinin geliştirdiği çeşitli algoritmalar da frekansa spesifik işitsel kazanç önerileri sunmaktadır. Günümüzde elde edilen tüm bu imkânlar, işitme cihazı uygulamasında akustik modifikasyonun öneminin günden güne göz ardı edilmesine neden olabilmektedir. Ancak, kulak kalıplarında akustik modifikasyonlar; akustik feedback'in (ötmese) azaltılması, seslerin doğala yakın bir şekilde iletilmesi ve işitme cihazında işlenen sesin kullanıcıya maksimum fayda sağlaması için günümüzde de oldukça önemlidir (Taylor, B. ve ark., 2009). Bu nedenle işitme cihazı yazılımının kazanç önerilerinin yanı sıra, cihaz uygulamasının ayrılmaz parçası olarak kulak kalıbının da akustik değişimlerinin ölçülmesi, uygulama başarısının artırılması ve hasta memnuniyetinin sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir.

Kulak kalıplarının işitme cihazı kazancı üzerindeki etkisi, gerçek kulak ölçümü yardımı ile ortaya konabilmektedir. Gerçek kulak ölçümleri, kulak zarının önüne yerleştirilmiş bir prop tüp ve kulak kepeçesinin önüne yerleştirilmiş bir mikrofon aracılığıyla yapılmaktadır. Ancak, kulak yapısı, kulak kalıbı tipi, kanal uzunluğu, tüp çapı, vent özellikleri gibi faktörlerin de gerçek kulak ölçümleri üzerinde değişiklikler oluşturduğu bilinmektedir (Valente, M. ve ark., 2002).

Bununla birlikte, kanal boyu uzunluğunun, kulak zarı ile kulak kalıbı arasındaki hacmi etkilediği ve bu etkinin birtakım akustik değişikliklere neden olduğu da belirtilmiştir. Buna göre, kanal boyu uzadığında ses basınç seviyesi yükselerek alçak frekanslı seslerin daha fazla hissedilmesine; kanal boyu kısaldığında ise kulak zarı ile kalıp arasındaki basınç azalarak alçak frekanslı

seslerin basıncının azalmasına neden olduğu ortaya konulmuştur (Şerbetçioğlu, B. ve ark., 2002).

Bu çalışmada, günümüz teknolojilerinin gölgesinde kalarak göz ardı edilen ve kulak kalıbı yapımı esnasında akustik modifikasyon parametresi olarak ele alınmayan kanal uzunluğunun etkilediği frekansların ve neden olduğu kazanç değişimlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma bulgularının, göz ardı edilen kanal uzunluğu parametresine dikkat çekmesi ve yararlı bir modifikasyon parametresi olarak kulak kalıbı yapımında ve işitme cihazı ayarı esnasında kullanılması ümit edilmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, 18-25 yaş arasındaki normal işitmeye sahip 24 kadın katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Cinsiyetin rezonans üzerine etkisi olabileceği değerlendirilmiş olup buna bağlı olarak sadece kalıbın etkisinin net olarak gösterilmesi amacıyla sadece kadınlar katılımcı olarak alınmıştır. Tüm katılımcılar, 250-8000 Hz frekans aralığında 25 dB HL ve daha iyi işitme eşiklerine sahiptir. Çalışma öncesinde tüm katılımcılara yapılacak uygulama hakkında bilgi verilerek çalışmanın amacı anlatılmıştır ve katılımcılara bilgilendirilmiş olur formu imzalatılmıştır. Kulak izi alınmadan önce katılımcıların otoskopik muayeneleri yapılmıştır. Araştırmaya normal dış kulak kanalı ve timpanik zara sahip, herhangi otojik bir problemi olmayan bireyler dahil edilirken; kulak kiri, cerrahi öyküsü ve kulak akıntısı olan bireyler çalışma dışı bırakılmıştır.

Çalışma, katılımcıların kulak izlerinin alınarak kulak kalıplarının hazırlanması ve gerçek kulak ölçümlerinin yapılması olmak üzere 2 aşamalı olarak İstanbul Medipol Üniversitesi Odyoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, kulak izlerini almadan önce, tüm katılımcılardan; kulak izi alırken ağızlarını normal kapalı pozisyonda tutmaları, konuşmamları ve çenelerini hareket ettirmemeleri istenmiştir. Kulak kalıbı materyali enjeksiyon tabancası yardımıyla kulak içine iletilirken daha derine ilerlemesini önlemek amacıyla köpük blok kullanılmış ve ışıklı çubuk yardımıyla dış kulak kanalının 2.boğumuna yerleştirilmiştir. Hijyenik koşullar korunarak her katılımcının tek kulağından, dış kulak yolunun 2. boğumuna kadar kulak izi alınmıştır. Standart bir uygulama sağlamak amacı ile kulak izleri sağ kulaktan alınmış; ancak buşon, dış kulak yolu yapısı vb. gibi faktörler göz önüne alınarak bazı katılımcıların sol kulağından iz alınarak çalışmaya dahil edilmiştir. Toplamda 21 katılımcının sağ kulağından, 3 katılımcının ise sol kulağından iz alınmıştır. Alınan kulak izi negatifinden, her bir katılımcı için, 3 farklı kanal uzunluğuna sahip olacak şekilde, 3 farklı sert kalıp hazırlanmıştır. Kanal uzunlukları; 2. boğum (uzun kanal boylu kalıp), 1. ile 2. boğum arası (orta uzunlukta kanal boylu kalıp) ve 1.boğum (kısa kanal boylu kalıp) olarak belirlenmiştir. 2. aşamada ise, kulak kalıpları hazırlanan katılımcılara, kendilerine özel üretilen ve farklı uzunluklara sahip 3 adet kulak kalıbı ile gerçek kulak ölçümü yapılmıştır. Ölçüm, Interacoustics Affinity 2.0 REM 440 (Middelfart Denmark) cihazı kullanılarak sessiz

bir odada, her bir kulak kalıbı ile 3 farklı girdi seviyesinde (50, 70 ve 90 dB SPL) yapılmıştır. Böylece her bir katılımcıdan 9 farklı ölçüm sonucu elde edilmiştir. Test standardının sağlanması amacıyla tüm katılımcılarda, tüm frekanslarda 40 dB HL olacak şekilde düz bir odyogram eğrisi ve aynı kulak arkası işitme cihazı kullanılmıştır. Yaş ve cinsiyet gibi gerekli bilgiler fitting yazılımına girilerek işitme cihazı ayarlaması yapılmıştır. Yine standart bir ölçüm sağlamak için, tüm katılımcılarda NAL-NL1 ayar algoritması tercih edilmiştir. Tüm ayar parametrelerinin aynı tutulmasıyla katılımcıların işitme eşiklerinden ziyade, kulak kanallarının akustik özelliklerinin ölçülmesi sağlanmıştır.

Gerçek kulak ölçümünde, prop tüp, timpanik membrana 5 mm mesafede yerleştirilerek ölçüm hata payının minimize edilmesi amaçlanmıştır. Katılımcı, REM cihazından 0,5 metre uzakta olacak şekilde 0 derece azimut ile konumlandırılmıştır. Öncelikle, REUG (Real Ear Unadided Gain) ölçümü yapılarak dış kulak kanalının rezonansı bulunmuş, ardından işitme cihazı açılarak REIG (Real Ear Insertion Gain) ölçümü 50 dB SPL, 70 dB SPL ve 90 dB SPL girdi seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Gerçek kulak ölçümleri, her bir katılımcı için üretilen uzun, orta ve kısa kanal boyuna sahip 3 farklı kulak kalıbı ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın istatistiksel analizinde SPSS 22 programı kullanılmıştır. Verilerin normal dağılıp dağılmadığının belirlenmesi amacı ile Shapiro-Wilk testi yapılmış ve normal dağılım görülmemesi üzerine parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Araştırmada; ikili karşılaştırmalar için Wilcoxon Testi, üçlü karşılaştırmalar için Friedman Testi kullanılmıştır. Ayrıca Tip I hatadan sakınmak amacıyla Bonferroni düzeltmesi kullanılmış ve eğer anlamlı fark ($p < 0,016$) var ise farkların hangi parametreler arasında olduğunu bulmak için ayrıca Wilcoxon Testi de kullanılmıştır.

Bu çalışma Helsinki Onay Beyannamesi esaslarına göre yapılmış ve İstanbul Medipol Üniversitesi Araştırma Etik Kurulu'nun onayı alınmıştır (11.10.2019 tarih; Referans No: 10840098-604.01.01-E.53817.).

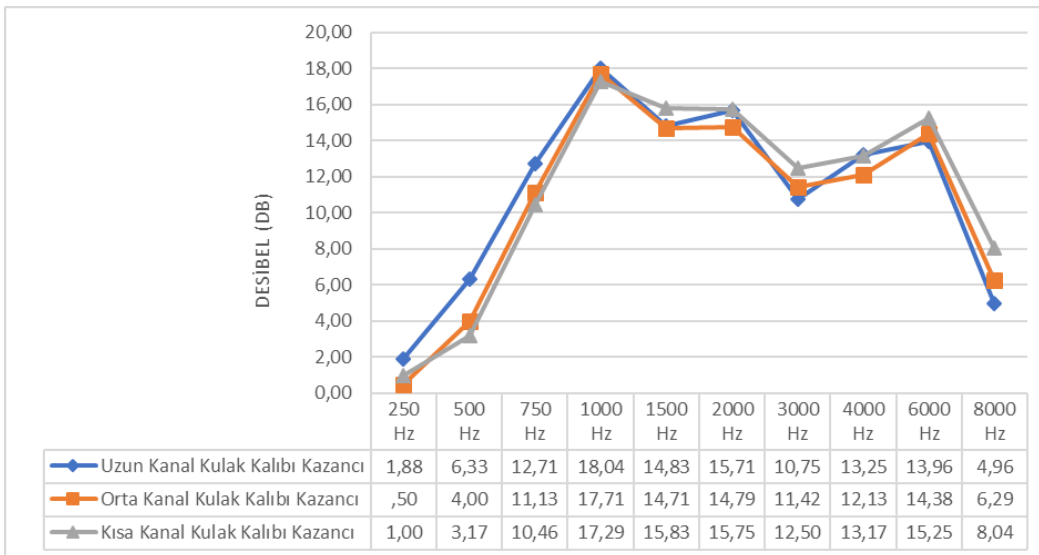
BULGULAR

Yapılan değerlendirmeye göre, 90 dB SPL girdi seviyesinde yapılan ölçümde, 250 Hz'de uzun kalıp, orta kalıptan ortalama 2,62 dB ve kısa kalıptan ortalama 1,12 dB daha fazla kazanç sağlamıştır. Bu fark, uzun kalıp ile orta kalıp arasında $p = 0.003$ ve uzun kalıp ile kısa kalıp arasında $p = 0.016$ olacak şekilde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 3). 250 Hz için yapılan diğer karşılaştırmalarda elde edilen farklar, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. 500 Hz frekans bandında ise tüm girdi seviyelerinde yapılan ölçümlerde, uzun kalıp, 50 dB SPL için $p = 0.003$ değerinde, 70 dB SPL için $p = 0.002$ değerinde ve 90 dB SPL için $p = 0.006$ değerinde anlamlı olarak daha fazla kazanç sağlamıştır (Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3). 750 Hz'de elde edilen değerlere bakıldığında 500 Hz'de elde edilen değerlere benzer sonuçlar alındığı göze çarpmaktadır. Uzun kalıp ile elde edilen işitsel kazançlar, orta ve kısa kalıp ile elde edilen kazançlar ile kıyaslandığında, 50 dB SPL için $p = 0.004$, 70 dB SPL için $p = 0.014$, 90 dB SPL için ise $p = 0.006$ değerinde anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur (Şekil 1, Şekil 3). 1000 Hz frekans bandına bakıldığında ise, yalnızca 70 dB SPL girdi seviyesinde, uzun kalıbın kısa kalıptan anlamlı derecede daha fazla kazanç sağladığı görülmektedir ($p = 0.008$) (Şekil 2).

TARTIŞMA

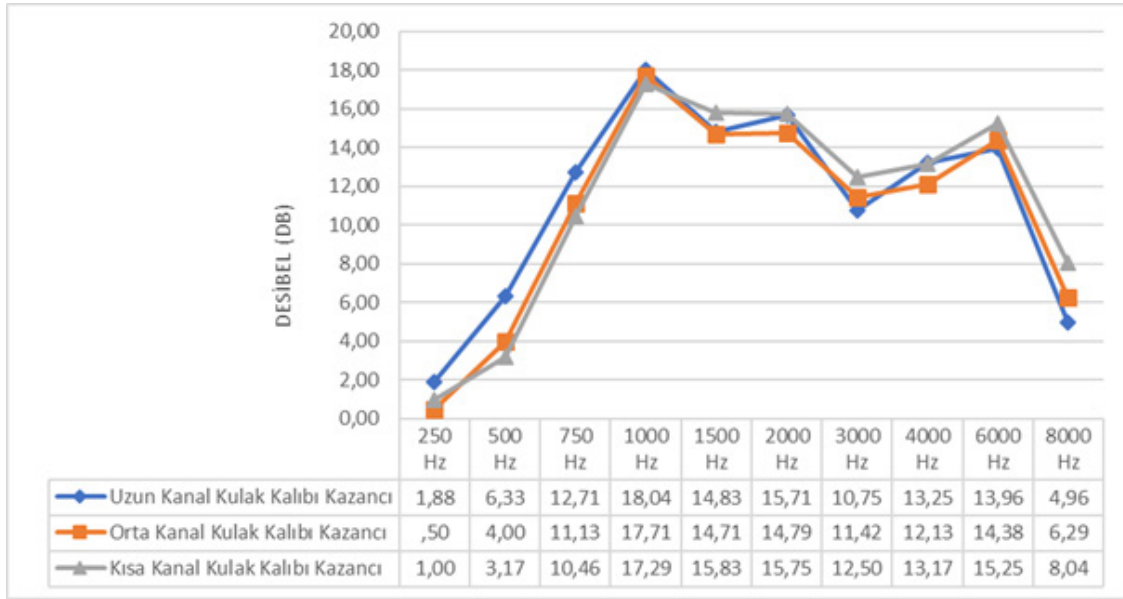
Gelişen teknoloji ile ince ayar desteğinin yaygın olarak kullanılması akustik modifikasyona olan ihtiyacı azaltmıştır. Ancak bu durum, kulak kalıplarının kulak kanalının doğal

50 dB REIG Sonuçları



Şekil 1. 50 dB Gerçek Kulak İşitme Cihazlı Kazanç Sonuçları

70 dB REIG Sonuçları



Şekil 2. 70 dB Gerçek Kulak İşitme Cihazlı Kazanç Sonuçları

90 dB REIG Sonuçları



Şekil 3. 90 dB Gerçek Kulak İşitme Cihazlı Kazanç Sonuçları

rezonansını bozduğu ve fiziksel özelliklerine göre çeşitli frekanslarda kazanç değişimlerine neden olduğu gerçeğini değiştirmemektedir. Günümüzde akustik modifikasyonda genellikle ventilasyon üzerinde durulmakta ve literatürde ventilasyon etkilerini değerlendiren pek çok çalışma bulunmaktadır. Lybarger tarafından 1967'de yazılan ve bu konuda yapılmış ilk kapsamlı çalışma olarak tanımlanan makalede de çeşitli ventilasyon boyutlarının alçak frekansa etkisi araştırılmış ve ventilasyonun önemi üzerinde durulmuştur (Lybarger, S. F., 1967). İlerleyen zamanlarda yapılan çalışmalarda ventilasyon ile beraber, kulak kalıbı yapımında

kullanılan tüp çeşitlerinin de akustik değişimlere neden olduğu belirtilmiştir Everett tarafından yapılan çalışmada libby horn kalıp tüplerinin yüksek frekans kazancını, ters libby horn kullanımının ise alçak frekans kazancını artırdığı bildirilmiştir (Everett, D, Y, W., 1988). Kulak kalıbının kanal boyunun da kanalda ses basıncı değişimine neden olduğu bilinmektedir. Buna rağmen kulak kalıp uzunluğunun etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu durum, kanal uzunluğu etkisinin, kalıp yapım aşamasında sıklıkla göz ardı edilmesine neden olabilmektedir.

Şerbetçioğlu, B. ve ark., kulak kalıbının kanal boyu uzunluğunun, işitme cihazının akustikliğini etkileyebileceği, kanal boyunun uzaması sonucunda kulak zarı ile kulak kalıbı arasındaki hacmin azalmasına ve basıncın artmasına bağlı olarak alçak frekanslı seslerin daha fazla duyulabileceğini belirtmiştir (Şerbetçioğlu, B. ve ark., 2002). Araştırma sonucumuz da bunu destekler niteliktedir. Araştırmamız sonucu, kanal boyunda meydana gelen uzamanın, özellikle 500, 750 ve 1000 Hz frekanslarında yapılan gerçek kulak ölçümünde yaklaşık olarak 2,5 dB SPL kazanç artışı sağladığı gözlemlenmiştir.

Szwoch ve Kostek (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, kalıpların kanal uzunluğunda yapılan artışların, düşük frekanslara doğru bütün frekanslarda hafif bir artışa yol açtığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, 2 mm ve 10 mm kanal uzunlukları arasındaki fark düşük olmasına rağmen uzunluğun 10 mm'den 20 mm'ye artırılmasının 2-4 kHz aralığında önemli bir kazanç artışı yarattığı belirtilmektedir. Elde ettikleri veriler çalışmamızın bulguları ile uyumludur. Ancak, Szwoch ve Kostek (2006) çalışma bulgularında, kulak kalıbı kanal uzunluğundaki değişimlerin 750 Hz altındaki ve 4 kHz üzerindeki frekans alanlarında etkili olmadığını belirtirken, bizim çalışmamızda 250 ve 500 Hz'de anlamlı derecede bir kazanç artışı tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu farkın ölçüm yöntemi farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Yine çalışmamızda, hafif girdi (50 dB SPL) düzeyinde elde edilen kazanç dağılımına bakıldığında, uzun kalıp kullanıldığında alçak frekans seslerinde yaşanan artış ile beraber 3 kHz bölgesinde de azalma göze çarpmaktadır. Bu durumun, kulak kalıplarının kanal uzunluklarının kulak kanalı rezonansına olan etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla beraber, kısa kalıp kullanıldığında, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, uzun kalıba kıyasla 6 kHz'de daha fazla kazanç sağladığı da göze çarpmaktadır. Bu bilgi de literatür bilgisi ile uyumludur ve özellikle konuşma ipuçlarının yakalanması hususunda göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Literatürde, her ne kadar uzun kanal boyuna sahip kalıpların alçak frekans kazancını etkilediği belirtile de (Şerbetçioğlu, B. ve ark., 2002), bizim çalışmamızda, orta girdi (70 dB SPL) seviyesinde elde edilen frekans kazanç eğrisi; bu etkinin, 2 kHz'e kadar sürebildiğini göstermektedir. Çalışmamızda orta girdi seviyesinde, uzun kalıp ile elde edilen ölçümler, kısa ve orta kalıp ile elde edilen ölçümlere göre 250-2000 Hz frekans aralığında daha yüksek kazanç elde edilmiştir. Bu sonuçlar, klasik kulak arkası işitme cihazı kullanıcılarında uzun kalıp kullanımının orta ve kısa kalıba kıyasla daha fazla doğal akustik kazanç sağlayacağını düşündürmektedir. Burada çalışmamızdaki dikkat çekici bir diğer husus ise, orta ve kısa kanal uzunluğuna sahip kalıp seçiminin frekans kazançları üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmamasıdır.

Çalışmamızda yüksek ses girdi seviyesinde (90 dB SPL) elde ettiğimiz sonuçlar orta girdi seviyesi (70 dB PL) ile benzer

bir sonuç sunmaktadır. Yüksek ses girdi düzeyinde de uzun kalıp kullanımı, orta ve kısa kalıplara kıyasla 2 kHz'ye kadar daha yüksek doğal kazanç sağlamaktadır. Ancak kısa kalıp ile elde edilen sonuçların orta uzunlukta kalıp ile elde edilenlere kıyasla neredeyse tüm frekanslarda daha fazla kazanç sunması, kanal boyu ile kazancın lineer bir ilişkiye sahip olmadığını düşündürmektedir. Bununla beraber, özellikle kendi sesinden rahatsız olan hastalarda kulak kalıbının orta kanal uzunluğuna (1. ve 2. boğum arasına uzanacak şekilde yapılması) sahip olacak şekilde yapılmasının, tüm frekanslarda hastanın doğal yoldan rahatlamasına katkı sunacağı düşünülmüştür.

Her üç kanal uzunluğunda da yapılan ölçümlerde elde edilen bulgular birbirinden farklılık göstermektedir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunmasa bile elde edilen bu küçük farklılıkların, özellikle sensörinöral işitme kaybına sahip hastalarda işitme cihazı ayarı esnasında memnuniyetsizliğe neden olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, günümüzde hala altın standart olarak kullanılan gerçek kulak ölçümünün, kalıp kanal boyuna göre değişen bu nüansları yakalama ve ayar memnuniyeti sağlama hususunda mutlaka kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Genel anlamda literatür incelendiğinde gerek teknolojik ilerlemeler gerekse gerçek kulak ölçümünün pratikleşmesi nedeni ile son 10 yılda akustik modifikasyona ilgi hızla azalmıştır ve bu alanda yapılan çalışmalar ise genellikle ventilasyon ve hortum tipi üzerine olduğundan (Studebaker, GA. Zachman, T.,1970, Ewertsen, HW. ve ark., 2009), tartışma kısmına taşınmamıştır. Bununla birlikte son yıllarda popüler olan ve klasik kulak arkası modellere göre daha küçük ve estetik bir görünüme sahip olan RIC (Receiver in the Canal) işitme cihazı türleri ve bu modellerde kullanılan kubbeler ile bu modellere özel olarak üretilen mikro kalıplar üzerine yapılmış çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Ancak bu çalışmalarda da kanal uzunluğu etkisinden ziyade, genel olarak mikro kalıp ve dome çeşitlerinin etkileri çalışılmaktadır. Teie'nin 2009'da yaptığı çalışma, buna örnek olarak gösterilebilir (Teie, P., 2009). Yazar, hazır silikon kubbeler ile kalıpların akustik özelliklerini karşılaştırmış ve alçak frekans kaybı olan bireylerin kalıp ile daha iyi sonuç alabileceğini ifade etmiştir. Buna bağlı olarak, özellikle alçak frekans kazancına ihtiyaç duyulan durumlarda kulak kalıbı kullanılmasının önerilebileceği düşünülebilir.

Çalışmamızda ventilasyon ve kanal çapı (kalıp hortum tipi) gibi diğer akustik modifikasyon unsurlarının yer almıyor olması, kalıp kanal boyunun bu tip unsurlarla kombine kullanıldığında meydana getireceği akustik değişimleri ölçümleme ihtimalini de ortadan kaldırmıştır. Çalışmamızda diğer akustik modifikasyon türlerine de yer verilmesi, daha kapsamlı bir modifikasyon datası sunabilirdi ancak damper çeşitlerinin günümüzde kullanılmaması, vent ile ilgili yapılmış bolca çalışmanın literatürde fikir birliği içerisinde bulunması ve libby horn ile kalıp seçeneğinin ülkemizde pek az üretici tarafından sunulması

neticesinde, çalışmamız, sıklıkla göz ardı edilen, salt kanal boyu etkisine dikkat çekmek üzerine odaklanmıştır.

Çalışmamızda yer almayan bir diğer unsur ise, kanal uzunluklarının kişilere verdiği akustik ve fiziksel rahatsızlığın ölçülmemesidir. Araştırmamızda yer alan katılımcıların, işitme kayıplı bireylerden oluşmaması, akustik rahatsızlığın değerlendirilmesi olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Bununla birlikte kullanıcıların, kalıpları yalnızca ölçüm süresince kullanması, fiziksel rahatsızlığın değerlendirilmesinde kısıtlılık yaratmaktadır. Benzer konuda yapılacak araştırmaların, işitme kayıplı katılımcılar ile yapılması, akustik ve konfor açısından değerlendirme yapılabilmesi için çeşitli anketlerin kullanılmasının daha nitelikli çalışmaların ortaya çıkmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Yine kulak içerisine yerleştirilen kişiye özel hazırlanan işitme cihazları da kulak arkası modellere göre nispeten daha estetik bir görünüme sahip olması nedeni ile kullanıcılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Kişiye özel modeller de kulak kalıpları gibi, kulaktan alınan ize göre yapılmakta ve akustik modifikasyondan ziyade işitme cihazı komponentlerinin kabuk içerisine yerleştirilmesi esasına göre üretilmektedir. Bu nedenle bu modellerde de sıklıkla kanal derinliğinin akustik yansımaları ihmal edilmektedir. Üretim maliyeti nedeni ile çalışmamıza dahil edemediğimiz kişiye özel kulak içi modeller için de benzer çalışmaların yapılmasının da faydalı olacağı düşünülmektedir.

SONUÇ

Çalışmamızda 3 farklı ses girdi seviyesinde (50 dB, 70 dB ve 90 dB) yapılan gerçek kulak ölçümünde 10 farklı frekansta (250 Hz, 500 Hz, 750 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz) ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, her katılımcı için 3 farklı kanal uzunluğunda yapılmış kulak kalıbı ile yinelenmiştir. Sonuç olarak; kanal boyunda meydana gelen uzamanın özellikle alçak frekanslarda kazanç artışı sağladığı gözlenmiştir.

Araştırma bulgularımız, kulak kalıbı kanal boyunun 250-1000 Hz aralığında etkili olduğunu göstermekle birlikte, özellikle 500 ve 750 Hz frekanslarında tüm girdi seviyelerinde anlamlı olarak kazanç artışı sağladığını da göstermektedir. Bu nedenle, özellikle alçak frekans kazancına ihtiyaç duyulması durumunda uzun kanal boyuna sahip bir kulak kalıbı ile işitme cihazı

uygulanması yapılmasının fitting programı dışında ek doğal kazanç sağlayabileceği akılda tutulmalıdır.

Kulak arkası işitme cihazı uygulaması yapılırken, her ne kadar teknolojik ilerleme sağlansa da sesin fiziksel özellikleri, kullanılan kulak kalıbından etkilenmektedir. Hem doğal kazancın sağlanması hem de kullanıcı memnuniyetinin sağlanması amacı ile genellikle göz ardı edilen kanal uzunluğunun da üreticiler tarafından seçenek olarak sunulması ve uygulama yapan uzmanlarca bilimsel veriler ışığında bilinçli olarak tercih edilmesi şiddetle tavsiye edilmektedir.

Ethics Committee Approval: The study was carried out in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. Approval was obtained for this study with decision number 725.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept- OY, SK, FB, BÇ; Design- OY, SK, FB, BÇ; Supervision- OY; Resources- OY, SK, BÇ; Data Collection and/or Processing- SK, FB; Analysis and/or Interpretation- OY, SK, FB, BÇ; Literature Search- OY, SK; Writing Manuscript- SK, BÇ.

Conflict of Interest: No conflict of interest.

Financial Disclosure: None.

Etik Kurul Onayı: Çalışma Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için 725 karar numarası ile onay alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- OY; Tasarım- OY, SK, FB, BÇ; Denetleme- OY; Kaynaklar- OY, SK, BÇ; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- SK, FB; Analiz ve/veya Yorum- OY, SK, FB, BÇ; Literatür Taraması- OY, SK; Yazıyı Yazan- SK, BÇ.

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Finansal destek kullanılmamıştır.

KAYNAKLAR

- Erdoğan, A. A., & Arslan, Ş. N. (2016). The Effects of Silicone and Acrylic Ear Mold Materials on Outer Ear Canal Resonance Characteristics. *Journal of International Advanced Otolaryngology*, 12(2).
- Erişçi, H. (2018). İşitme Cihazlarında Kulak Kalıbı Teknolojisi. *TJAHR*, 1(1):1-8.
- Ewertson, H. W., Ipsen, J. B. & Nielsen, S. S. (1957) On Acoustical Characteristics of the Earmould, *Acta Oto-Laryngologica*, 47:4, 312-317.
- Everett, D. Y. W. (1988). Effects of Libby horn earmolds on hearing aid users' listener performance (Doctoral dissertation, Kent State University).
- Killion, M. C. (2003, January). Earmold acoustics. In *Seminars in hearing* (Vol. 24, No. 4, pp. 299-312). THIEME MEDICAL PUBLISHERS INC.
- Lybarger, S. F. Earmold acoustics. *Audicibel* 16. Winter.1967, p.9-20.
- Studebaker, G. A. (1970). Investigation of the Acoustics of Earmold Vents. *The Journal of the Acoustical Society of America* 47, 1107.
- Szwoch, G., & Kostek, B. (2006). Waveguide model of the hearing aid earmold system. *Diagnostic pathology*, 1(1), 1-7.
- Şerbetçioğlu, B. Kırkım, G. (2002). İşitme cihazları. Çelik O. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. Turgut Yayıncılık, (s1127-1167).
- Taylor, B., & Teter, D. (2009). Ear molds: Practical considerations to improve performance in hearing aids. *Hearing Review*, 16(10), 10-4.
- Teie, P. (2009). Ear-coupler acoustics in receiver-in-the-aid fittings. *Hearing Review*.
- Valente, M. (Ed.). (2002). *Hearing aids: standards, options, and limitations* (Vol. 2). New York, USA: Thieme.