T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İŞİTME KAYIPLI BİREYLERDE, GÜRÜLTÜ VE REVERBERASYONUN UZAYSAL/İŞİTSEL ALGI ÜZERİNE ETKİSİ

HALİDE ÇETİN KARA

DANIŞMAN
PROF. DR. AHMET ATAŞ

ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ, DİL VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI PROGRAMI

İSTANBUL - 2020

TEZ ONAYI

(Bu sayfa yerine, başarılı geçen Tez Sınavı sonrası sınav tutanağı ekinde yer alan Tez Onay sayfası gelecektir.)

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Halide Çetin KARA

İTHAF

Günlük hayatta birçok zorluk çeken, tüm bu zorluklara rağmen yılmayıp, hep öğrenerek sosyal hayata uyum sağlamaya çalışan işitme kayıplı/implantlı çocuklara ithaf ediyorum…

TEŞEKKÜR

Çalışmam, eğitim hayatım ve klinik süreçlerimde sonsuz desteğini hissettiğim, danışmanım, Prof. Dr. Ahmet ATAŞ'a,

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, KBB-Odyoloji Bölümündeki tüm Hocalarıma ve takım arkadaşlarıma,

Desteğini esirgemeyen canım annem ve babama ve sevgili eşim Eyup KARA'ya sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI ..... **ii**
BEYAN ..... **iii**
İTHAF ..... **iv**
TEŞEKKÜR ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**
SEMBOLLER / kısaltmalar listesi ..... **xi**
ÖZET ..... **xii**
ABSTRACT ..... **xiii**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Bilateral/Binaural İşitme ve Önemi 4
2.2. Normal İşitmede Yön Tayini (Lokalizasyon) İpuçları 8
2.2.1. Horizontal (Sağ-Sol) Lokalizasyonu 8
2.2.2. Vertikal Lokalizasyon 11
2.3. Kafa Hareketleri 13
2.3.1. İşitsel Yönlülük 13
2.3.1.1. Lateralizasyon 13
2.4. Minimum işitilebilirlik açısı (Minimum Audiobility Angle-MAA) 15
2.5. Minimum İşitsel Hareket Açısı (Minimum AudIble Movement Angle [CMAA]) 16
2.6. Öncelik Etkisi 16
2.6.1. İşitme Kaybının Lokalizasyona Etkisi 17
2.7. Türkiyede Koklear İmplant Uygulamaları 20
2.7.1. Bilateral Koklear İmplantasyon 24
2.7.2. Bilateral Koklear İmplant Takılan Hastalara Sağlanan Faydalar Nelerdir? 24
2.7.3. İkinci implant ne kadar zaman farkla yapılmalıdır? 26
2.7.4. Koklear İmplantasyon Sonrası Yaşam Kalitesi Artar mı? 27
2.7.5. İmplant Kullanan Bireylerde Binaural ve Spatial (Uzaysal) İşitme 28

2.7.6. Bilateral Koklear İmplant Kullanıcılarında Yön tayini 29
2.7.7. Koklear İmplant Kullanıcılarında Gürültüde Yön Tayini..... 31
2.8. Reverberasyon nedir? 33
2.8.1. Reverberasyon Hesaplama..... 33
2.9. Hacim Akustiğinde Ölçüm Parametreleri..... 34
2.9.1. Reverberasyon (Yankılanma) süresi (RT60) 34
2.9.2. Sinyal gürültü oranı (Signal to Noise Ratio-SNR) 37
2.9.3. Arka plan gürültüsü 38
3. GEREÇ VE YÖNTEM..... 40
3.1. Katılımcılar 40
3.2. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri 41
3.3. Yöntem..... 42
3.4. Immitansmetrik İnceleme..... 42
3.5. Saf Ses Odyometri Değerlendirmeleri..... 42
3.6. Yön Tayini testleri..... 43
3.7. Çalışmada Kullanılan İstatistiki Yöntemler 45
4. BULGULAR..... 46
5. TARTIŞMA..... 56
KAYNAKLAR 67
ETİK KURUL KARARI..... 78
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI..... 80
EK VERİLER VE TABLOLARI..... 81
ÖZGEÇMİŞ 99

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Okul mekanlarında olması gereken reverberasyon süreleri 36

Tablo 2. Deneklerin Demografik ve dil gelişim bilgileri..... 46

Tablo 3. Deneklerin sağ-sol ve bilateral implantlı serbest alan işitme eşikleri. 47

Tablo 4. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Sessiz durumda lokalizasyon sonuçları..... 48

Tablo 5. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR 0dB durumunda lokalizasyon sonuçları..... 49

Tablo 6. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR -10dB durumunda lokalizasyon sonuçları..... 50

Tablo 7. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR +10dB durumunda lokalizasyon sonuçları..... 51

Tablo 8. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,3 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları..... 52

Tablo 9. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,6 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları..... 53

Tablo 10. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,9 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları..... 54

Tablo 11. Kurgulanan farklı durumlar için taşıyıcı uyaranı doğru lokalize edemese de; doğru yönü göstererek elde ettikleri skorlar verilmektedir..... 55

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Görsel ve işitsel veri ile uzaysal konum oluşturma 5

Şekil 2. Kulaklar arası zaman farkının nöronal düzeyde algılanması..... 6

Şekil 3. Kulaklar arası şiddet farkının algılanması 7

Şekil 4. Kafanın gölge etkisi..... 8

Şekil 5. Farklı hoparlör azimutları için interaural zaman farklılıkları 10

Şekil 6. Karmaşa konisi 11

Şekil 7. Dikey hatta, kafanın transfer fonksiyonları 13

Şekil 8 ve 9. Lateralizasyon ipuçları..... 14

Şekil 10. Minimum işitilebilir açı 15

Şekil 11. Öncelik etkisini göstermek için kulaklıklar aracılığıyla gönderilen uyaranların düzenlenmesi 16

Şekil 12. Füzyon etkisi..... 17

Şekil 13. Koklear implant iç parça (İmplant) 21

Şekil 14. Koklear implant dış parça (Konuşma işlemcisi)..... 21

Şekil 15. Koklear implantlılarda, gürültüde yön tayini deney kurulumu 32

Şekil 16. Reverberasyon ölçmek için, oda içine konumlanmış hoparlör ve ses seviye ölçer (SLM) düzeneği 34

Şekil 17. İki farklı kelimenin zaman ve ses yüksekliği arasındaki ilişki 35

Şekil 18. Sinyal gürültü oranı ve mesafe ilişkisi 37

Şekil 19. Sınıf ortamında, sinyal-gürültü ilişkisi 38

Şekil 20. Bazı ülkelerin kullandıkları okul hacimlerine göre arka plan gürültü limitleri..39

Şekil 21. Bilateral CI kullanıcısı (*Cochlear*) 41

Şekil 22. GSI Tympstar V2 Timpanometri ekipmanı..... 42

Şekil 23. Astera 2 Klinik odyometre 43

Şekil 24. Lokalizasyon becerilerinin değerlendirildiği denek ve hoparlör yerleşimi 44

Şekil 25. 45 derecelik açılarla yerleştirilmiş hoparlörler ile lokalizasyon değerlendirilmesi 44

Şekil 26. Deneğin sesi lokalize ettiği yönü işaret etmesi..... 45

Şekil 27. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Sessiz durumda lokalizasyon sonuçlarının karşılaştırılması..... 48

Şekil 28. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR 0dB durumunda lokalizasyon sonuçları..... 49

Şekil 29. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR 0dB durumunda lokalizasyon sonuçları..... 50

Şekil 30. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR +10dB durumunda lokalizasyon sonuçları..... 51

Şekil 31. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,3 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları..... 52

Şekil 32. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,6 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları..... 53

Şekil 33. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,9 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları..... 54

Şekil 34. Kurgulanan farklı durumlar için taşıyıcı uyaranı doğru lokalize edemese de; doğru yönü göstererek, Unilateral ve Bilateral implantları ile elde ettikleri skorlar verilmektedir..... 55

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

Kulaklar arası zaman farkı (Interaural time difference [ITD])

Kulaklar arası şiddet farkı (Interaural level difference [ILD])

Kafanın transfer Fonksiyonu (Head-Related-Transfer Function [HRTF])

Superior Olivary Kompleks (SOC)

Medial Superior Olivar (MSO)

Lateral Superior Olivar (LSO)

Eksisatör-Eksisatör (EE)

Eksisatör-İnhibitör (EI)

Binaural etkileşim bileşenleri (BIC)

Başın transfer fonksiyonu (HRTF)

Minimum işitilebilir açı (MAA)

Eşzamanlı minimum işitilir açı (CMAA)

Koklear implant (CI)

İşitme cihazı (HA)

Normal işiten (NH)

Reverberasyon Ölçümü (RT 60)

Reverberasyon süresi (RT)

Sinyal gürültü oranı (Signal to Noise Ratio-SNR, S/N)

Sağlık uygulama tebliği (SUT)

ÖZET

Kara, Halide. (2020). ***İşitme kayıplı bireylerde, gürültü ve reverberasyonun uzaysal algı üzerine etkisi*.** İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Anahtar Kelimeler: İşitme kaybı, koklear implant, uzaysal algı, gürültü, reverberasyon

Uzaysal oryantasyon; günlük hayat içinde nerede olduğumuzu, ne yöne gittiğimizi, çevresel bilgilerin neler olduğu, bunlara göre vücudumuzu nasıl organize ederek, yaşamsal faaliyetleri ve işitsel organizasyonu içeren yürütücü bir işlevdir. Görme ve işitme duyusu ile doğrudan bağlantılıdır ve bu sistemlerle karmaşık ilişkiler kurarak, öğrenmeye dayalı olarak, tüm yaşam boyunca kullanılan bir beceridir.

Çalışmamızda amacımız, koklear implant kullanıcısı bireylerin, sessiz, gürültülü ortam ve yankı birlikte olduğu durumlarda, yön tayini ve işitsel performanslarını karşılaştırarak, gürültü ve yankının kullanıcıların üzerindeki etkilerini görmeye çalışmaktır. Çalışmamıza çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan, 18 kadın, 16 erkek bilateral CI kullanıcısı dahil edilmiştir. Deneklerin yaş aralığı, 8 yaş 4 ay ile 10 yaş 11 aydır.

Tüm deneklere, immitansmetrik/odyolojik testler, dil gelişim testi (Tifaldi, Alıcı/ifade edici dil testi skoru 7 yaş ve üzeri olanlar), gürültüde yön tayin etme, reverberasyonda yön tayin etme, gürültü ve reverberasyonda yön tayini testleri uygulanmıştır.

Deneklerin, sessiz durumda yön tayininde genelde zorlanmadıkları fakat özellikle gürültünün SNR-10 dB ve reverberasyonun 06, 09 sn olduğu durumlarda ara açıları (135º, 225º, 315º) lokalize etmede anlamlı düzeyde zorlandıkları gözlenmiştir ($p \leq 0{,}005$).

Çalışmamızın sonucunda, özellikle okul gibi gürültülü ve yankılı ortamlarda, işitme kayıplı bireylerin yoğun zorluklar yaşayacağı, bu çevresel koşullarda yardımcı dinleme cihazlarını kullanmalarının akademik gelişimleri açısından olumlu katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

ABSTRACT

Kara, Halide. (2020). ***The effect of noise and reverberation on spatial perception in individuals with hearing loss.*** İstanbul University-Cerrahpasa, Institute of Graduate Studies, Audiology, Language and Speech Disorders. PhD Thesis. İstanbul.

Key Words: Hearing loss, cochlear implant, spatial perception, noise, reverberation

Spatial orientation is an executive function which includes vital activities and auditory organisation according to daily bodily movements, directionality and environmental information. It is directly linked to the vision and hearing and used throughout life, building complex relationships with these systems, based on learning.

Our purpose in our study is to try to see the effects of noise and reverberation on the users by comparing the localization and auditory performances of the cochlear implant user individuals in a silent, noisy environment and reverberation. In our study, 18 female and 16 male bilateral CI users with profound sensorineural hearing loss were included. The age range of subjects was 8 years 4 months and 10 years 11 months.

All subjects were subjected to immitancemetric/audiological tests, language development test (Tifaldi, Receptive/expressive language test score 7 years and above), localization determination in noise, localization determination in reverberation, localization determination tests in noise and reverberation.

It was observed that the subjects did not have difficulty in determining the direction in silent condition, but they had a significant difficulty in localizing the 135º, 225º, 315º angles especially when the noise was SNR-10 dB and the reverberation was 06, 09 sec. ($p \leq 0.005$).

As a result of our study, it is thought that individuals with hearing loss will experience intense difficulties, especially in noisy and reverberant environments such as schools, and using assistive listening devices in these environmental conditions will contribute positively to their academic development.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İşitme sistemi; dil-konuşma, zihinsel becerilerimizi geliştirmesinin yanı sıra günlük hayatta içinde bulunduğumuz ortama adaptasyon ve planlamada da etkin görev almaktadır (McCreery, Walker, Spratford, Lewis, & Brennan, 2019).

Uzaysal oryantasyon; günlük hayat içinde nerede olduğumuzu, ne yöne gittiğimizi, çevresel bilgilerin neler olduğu, bunlara göre vücudumuzu nasıl organize ettiğimizi, birçok farklı faaliyeti ve işitsel organizasyonu içeren yürütücü bir işlevdir. Görme, denge ve işitme duyusu ile doğrudan bağlantılıdır ve bu sistemlerle karmaşık ilişkiler kurarak, öğrenmeye dayalı tüm yaşam boyunca kullanılan bir beceridir (Mueller, Meisenbacher, Lai, & Dillier, 2014a).

İşitme kaybı, bu oryantasyon mekanizması üzerinde, işitme kaybının tipi ve derecesine bağlı çeşitli düzeylerde bozulmalara yol açmaktadır. İşitme kaybının erken teşhis ve tedavisi, işitsel gelişimin yanı sıra uzaysal oryantasyon becerilerinin de gelişmesinde son derece önemlidir (Thompson, 2019).

Ülkemizde yenidoğan işitme taramaları, 2004 yılından bu yana yaygın ve sistematik olarak yürütülmekte ve erken dönem/kritik periyotta oluşacak işitsel becerilerdeki sorunları en aza indirgemeyi amaçlamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı, ilk 6 ayda tüm tanısal işlemler tamamlanarak, (cihazlama,re/habilitasyon) uygun adaylara 1 yaşında koklear implant uygulaması yapılmaktadır.

Koklear implantlar, ileri-çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan bireylere uygulanan işitsel bir protezdir. Tüm dünyada, konjenital ya da edinsel ileri/çok ileri derecede işitme kayıplı bireylere uygulanan en geçerli tedavi uygulamalarından biridir.

Koklear implant teknolojisi, günümüz mikro elektronik ve sayısal kodlama teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak, ilerlemesini hızlı şekilde sürdürmektedir. Buna rağmen, halen kimi durumlarda dezavantajlar bulunmaktadır. Bunların en önemlileri; ortamda bulunan arka plan gürültüsü, mesafe ve ortamdaki yankıdır (Reverberasyon) (Kerber & Seeber, 2012).

Arka plan gürültüsü, bir ortamda, belirli bir zaman ve koşulda oluşan özel uyaranlar (konuşma vb.) çıkarıldıktan sonra, o çevrede kalan “artık gürültü” olarak

tanımlanır (Wang, Kjems, Pedersen, Boldt, & Lunner, 2009). İşitme kayıplı bireylerde (Koklear implant kullanıcılarının da), konuşmayı ayırt etme becerisinin istenilen düzeyde olması için, konuşma sinyali şiddetinin arka plandaki gürültünün belirli bir seviyede üzerine çıkması gerekmektedir. Aksi takdirde konuşmanın anlaşılırlığı anlamlı şekilde düşmektedir. İşitme kayıplı bireyler/koklear implant kullanıcılarında, sinyal/gürültü (SG ya da SN) oranının, sinyal lehine +15 dBSPL olması gerekmektedir. Bu düzey ve üstünde, işitsel becerilerinin anlamlı şekilde iyileştiği bilinmektedir (Badajoz-Davila, Buchholz, & Van-Hoesel, 2018).

Reverberasyon (Yankılanma) ses üretildikten sonra, sesin sürekliğinin devam etmesidir. Bir ses veya sinyal ortaya çıktıktan sonra, içinde bulunduğu ortamın durumuna göre etrafındaki duvara, nesneye çarparak bir kısmı absorbe olurken, nesnenin yansıtma özelliğine göre bir kısmı da geri döner yani yansır. Sesin şiddeti sıfırlanıncaya kadar bu durum devam etmektedir. Bu durum, sesin çarptığı yerin yansıtma özelliğine göre değişiklik gösterir. Sert yüzeylerde reverberasyon (yankılanma) daha fazla iken, yumuşak yüzeylerde daha azdır. Fiziksel olarak reverberasyon (Yankı) süresi ise, ses kaynağı kapandıktan sonra, ses şiddetinin almış olduğu en yüksek değerin bir milyonda birine düşmesi veya ses düzeyinin en yüksek değerine göre, 60 dBSPL azalması için saniye cinsinden geçen süreye o ortamın **reverberasyon** zamanı denir (ANSI-RT 60). Reverberasyonun artması, hem normal işiten hem de işitme kayıplı bireyin konuşma ayırt etme becerilerini olumsuz etkilemektedir. İdeal dinleme ortamlarının belirlenmesinde absorbans (yutuculuk) katsayısı kullanılmaktadır. Absorbans katsayısı, sinyalin tamamının yansıtıldığı yüzeyler için "0" olarak kabul edilirken, tam yutucu bir yüzey için "1" olarak kabul edilmektedir (K. L. Anderson, 2008).

Reverberasyon süresi, dinleme ortamlarının etkisini belirleyen önemli bir parametredir. Konser salonlarında 2 sn civarında olması beklenirken, sınıflarda bu sürenin 0,6 sn'nin altında olması beklenmektedir. İşitme kayıplı bireylerin eğitim ortamlarında bu sürenin 0,6 sn'nin altında olması hedeflenmektedir. (ANSI, 2002) (Crandell Ed & Smaldino Ed, 2001).

Gürültü ve reverberasyonun birlikte arttığı, okul gibi ortamlarda, koklear implant kullanıcılarının, konuşmayı anlama ve yön tayini becerileri bozulmaktadır. Koklear implant kullanıcılarının büyük kısmının, okul dönemi bireyler olduğu düşünülünce, kullanıcıların dil/ akademik gelişiminde, günlük yaşam içinde farklı noktalardan gelen

uyarıcılara organize olma ve yön tayini yeteneğinde anlamlı şekilde kötüleşme beklenmektedir (Kokkinakis, 2018a).

Ülkemizde; Kasım 2016 öncesi sağlık uygulama tebliği (SUT) gereğince, koklear implant ameliyatları çoğunlukla tek kulağa yapılmıştır. Kasım 2016'da yapılan yasal değişiklik sonrası, ameliyat olan 4 yaş ve altı bireyler simültane (aynı seansta) bilateral koklear implant ameliyat şansı yakalamıştır. Bu kısıtlılık dolayısıyla; ilgili tarihten (Kasım 2016) öncesi kullanıcılar, sıralı implant (farklı seanslarda, zaman aralıklı) yapılmak zorunda kalınmıştır. Çalışmamıza dahil olan bireylerde, kasım 2016'dan önce bir kulaklarından ameliyat olmuş, sonrasında ise diğer kulaklarına ardışık implant yerleştirilmiş bireylerden seçilmiştir.

Çalışmamızın amacı; sıralı olarak (farklı zaman aralıklarında) ameliyat olmuş koklear implant kullanıcısı bireylerin, sessiz, gürültülü ortam, ve gürültü/yankı birlikte olduğu durumlarda, yön tayini ve işitsel performanslarını karşılaştırarak, gürültü ve yankının kullanıcıların üzerindeki etkilerini görmeye çalışmaktır. Elde edilecek bulgular dahilinde, gürültü ve gürültü/yankı durumlarının uzaysal oryantasyona etkilenimini ortaya koyarak, özellikle okul çağı koklear implant kullanıcısı bireylerde gürültü ve yankının okul ortamında etkilerini azaltmaya yönelik projeksiyonlar yapabilmektir.

Böylece; okul, ofis, vb ortamlarda koklear implant kullanıcısının, konuşmayı ayırt etme, yön tayini, gürültü ve yankı olduğunda sorunla baş etme stratejilerinin güçlendirilmesiyle, iletişim ve uzaysal oryantasyon becerilerinin geliştirilerek yaşam kalitelerinin artırılması hedeflenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bilateral/Binaural İşitme ve Önemi

İşitme, görmeye göre nispeten uzaysal algı için gerekli olan ipuçları açısından daha fakir gibi görünmesine rağmen, işitsel dünyanın gözlemcinin etrafında 360º, her yönü kapsama avantajına sahip olması, işitme sisteminin önemini arttırmaktadır. Buna karşın, görme, görsel alanla (114º) sınırlıdır. Perrott, Saberi, Brown ve Strybel'in (1990) "diferansiyel algısal geometri" olarak açıkladıkları bu durum; işitme sisteminin önce çevresel uyaranlara tepki vermesini ve görsel sistem tarafından daha ayrıntılı mekânsal analizi sağlamak için başın uyaran kaynağına doğru yönlendirilmesini sağlamaktadır (Şekil 1) (Grothe, Pecka, & McAlpine, 2010).

Bilateral/uzaysal (spatial) işitme, bize ulaşan sesin kaynağını yönünü/yerini tespit etme, tanıma ve birçok ses içinden ayırt etme yeteneğidir. İşitme sistemi, ses kaynağının konumunun üç boyutlu olarak tespit edilmesi, izlenmesi ve tanımlanması yoluyla, görsel sistemi yönlendirmekle görevlidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, uzaysal algı ve ortaya çıkan uzaysal işitmenin sadece ses lokalizasyonu için değil, birden fazla sinyal içeren ortamda konuşmayı anlamak için de büyük önem taşıdığını göstermektedir (Beutelmann, Brand, & Kollmeier, 2010) (Ahveninen, Kopčo, & Jääskeläinen, 2014) (Blomert & Froyen, 2010).

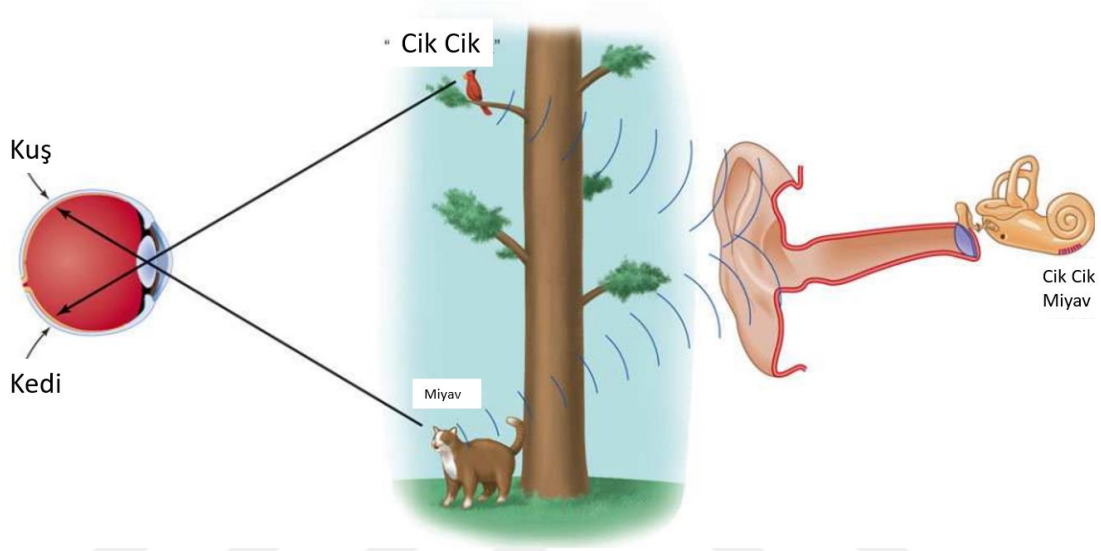
Binaural işitme, arka plan gürültüsünün varlığında ve/veya yankılı ortamda konuşmanın anlaşılırlığında artış sağlar. Bir başka işitsel beceri olan sesleri lokalize edebilme yeteneği de binaural işitmeyi gerektirmektedir. Bu nedenle, bireyler işitme kaybının varlığında **uzaysal lokalizasyon** becerisinde ve birçok farklı dinleme durumunda büyük problemler yaşamaktadırlar.

İşitsel alan, gözlemciyi çevreleyerek ses kaynağının olduğu yerde var olur. Birey, işitsel alanda şu ipuçlarını yakalamaya çalışır:

- Azimut (Açısal) koordinatları - soldan sağa pozisyon,
- Yükseklik koordinatları - yukarı ve aşağı konumlandırma,
- Mesafe koordinatları - gözlemcinin pozisyonu kullanılarak sesin işitsel uzayda nasıl lokalize edildiğine cevap aranır.

İşitsel lokalizasyonda kullanılan ipuçları;

- Kulaklar arası zaman farkı (Interaural time difference [ITD])
- Kulaklar arası şiddet farkı (Interaural level difference [ILD])
- Kafanın transfer fonksiyonudur (Head-Related-Transfer Function [HRTF]) (Culling & Akeroyd, 2012).

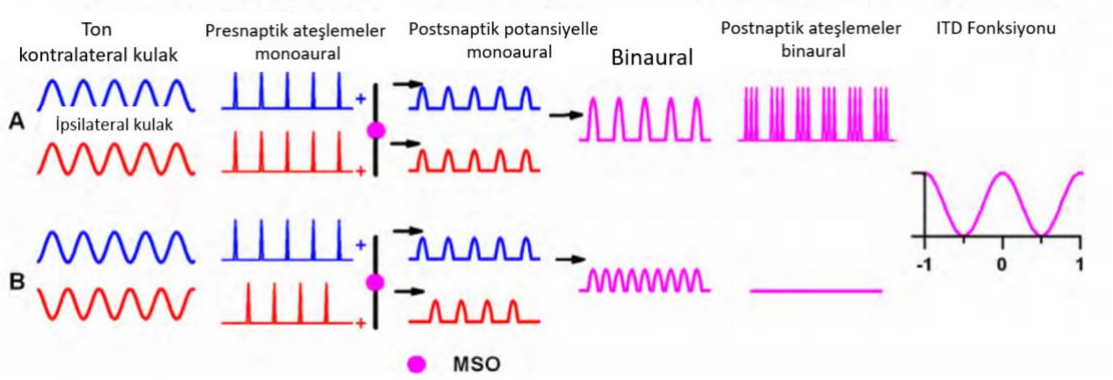


Şekil 1. Görsel ve işitsel veri ile uzaysal konum oluşturma (Culling & Akeroyd, 2012)

Uzaysal (Spatial) işitme, gürültüdeki konuşma algısını etkileyen en önemli işitsel işlemlerden biridir. Binaural işitme ve işitsel lokalizasyona bağlıdır. İki kokleaya ulaşan ses, santral işitme sistemine iletilir ve farklı aşamalarda her iki taraftan gelen sinyaller karşılaştırılır. Bu karşılaştırmanın en önemli aşamalarından biri de, işitsel sistemde binaural işlemenin gerçekleştiği ilk aşama olan, superior olivary komplekste gerçekleşir.

Superior Olivary Kompleks (SOC), her iki koklear nükleus afferentlerinin birleştiği ilk istasyondur. Çoğu memelide, SOC'de iki ana tip binaural nöron bulunur: *Medial Superior Olivar* (MSO) ve *Lateral Superior Olivar* (LSO) nöronlar. SOC; binaural girdileri alır ve interaural zaman ve şiddet farklılıklarına duyarlı nöronlar ile işler. SOC nöronları, varış/faz süresini ve iki kulak arasındaki sinyallerin şiddetini karşılaştırır ve ses konumunu belirler (Goupell, Cosentino, Stakhovskaya, & Bernstein, 2019). MSO'daki hücreler, her iki tarafın koklear çekirdeğinden eksisatör girişler alır ve bundan dolayı bu hücreler, "Eksisatör-Eksisatör (EE)" olarak adlandırılırlar. Binaural uyarana cevap olarak deşarj hızları, interaural zaman farkına (ITD) bağlıdır ve optimum

ITD'lerde, yani maksimum tepki gösterildiğinde, her iki kulak cevaplarının toplamı olarak elde edilir. Bu birleşik ITD, hücrenin gecikmesi olarak adlandırılır. Belirli bir nöron, farklı frekanslarda aktive edilirse, farklı periyodik deşarj eğrileri oluşur, uyarıcının aynı interaural zaman gecikmesi için maksimum şiddete ulaşması gerekmektedir. Bu gecikme, hücrenin karakteristik gecikmesi olarak adlandırılır ve uyaranın seyahat süresindeki her bir kulaktan gecikme/eşitleme detektörüne olan farkın tahminini sağlar. (Şekil 2) (Grothe et al., 2010)

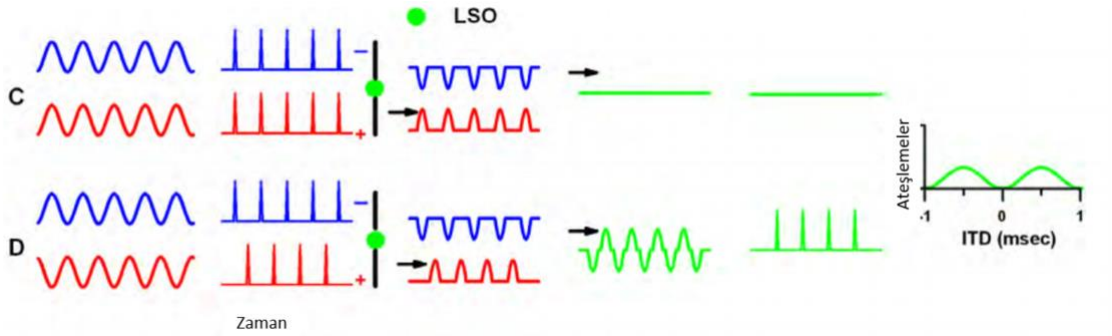


Şekil 2. Kulaklar arası zaman farkının nöronal düzeyde algılanması. (D. O. Kim, Bishop, & Kuwada, 2010)

Lateral Superior Olivar (LSO) içindeki ikinci hücre alt grubu ve *inferior Kollikulustaki* (IC) hücre alt grubu, kontralateral yol ile uyarılırken; ipsilateral yol ile inhibe olur. Bu nedenle, bu hücre grupları, "Eksisatör-İnhibitör (EI)" hücreler olarak sınıflandırılır. IC'de bulunan nöronlar için uyarıcı ve inhibe edici kanallar tipik olarak tersine çevrilir ve bu hücreler IE tipi hücreler olarak sınıflandırılır. İki kulağın zıt etkisi, bu hücreleri interaural şiddet farklılıklarına (ILD'ler) duyarlı hale getirir. (Williges, Jürgens, Hu, & Dietz, 2018)

Artan inhibitör uyaran ile nöron aktivitesi, aktivitesinin tamamen inhibe olduğu belli bir seviyeye kadar düşer. Hücrenin yanıtını tamamen inhibe etmek için gerekli olan ILD nöronlar arasında değişiklik gösterir. Nöronun karakteristik ILD'si, aktiviteyi tamamen inhibe etmek için gereken minimum interaural şiddet farkıdır. LSO ve IC için, EI tipi nöronların ILD duyarlılığının, her EI tipi hücreye eksisatör girdiler ve inhibitör girdiler arasındaki eşikteki farklılıkları yansıttığına dair anlamlı çalışmalar vardır. ILD

duyarlılığına ek olarak, EI tipi hücrelerin de ITD duyarlılığı gösterdiği bildirilmiştir. (Şekil 3) (D. O. Kim et al., 2010)



Şekil 3. Kulaklar arası şiddet farkının algılanması. (D. O. Kim et al., 2010)

İşitsel sistemdeki diğer binaural çekirdekler, SOC'dan gelen bu kodlanmış sinyal üzerinde çalışır, uzaysal işitme keskinleşir ve daha karmaşık hale gelir (hareketli ses kaynağının algılanması gibi). İşitsel korteks de uzaysal işitmede aktif rol oynar. Ayrıca, işitsel sinyaller için kortekste iki paralel işlem yolu vardır: Sinyalin içeriği ve uzaysal işleme. İşitsel kortekste, spesifik alanların zarar görmesi uzaysal işitmeyi bozabilir. (Middlebrooks, 2015)

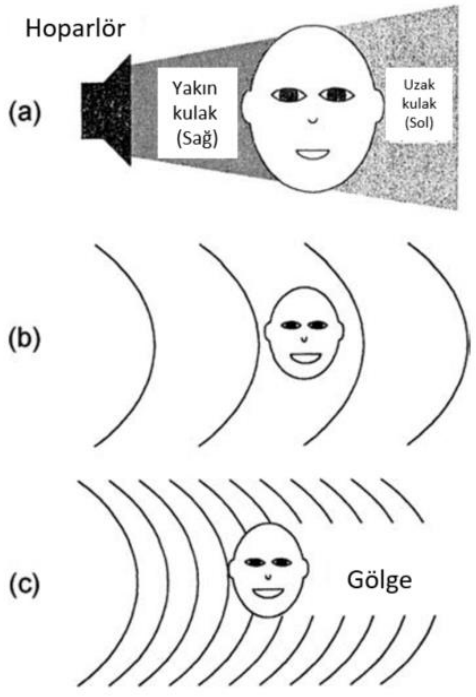
Ortamdaki orijinal ses kaynağının, kulaklara farklı gecikmelerle ulaşan birçok yankı/yansıması vardır, ancak ses kaynağını büyük bir hassasiyetle lokalize edebiliriz. Bu, öncelik "*Haas*" etkisiyle mümkün olur. İşitsel sistem, ses kaynağını lokalize etmek için, yalnızca doğrudan gelen ilk ses dalgalarını kullanır ve diğer yansımalar bastırılır (Yost, 2002). Çalışmalar bu fenomenin, yüksek seviyede bir işlemleme olduğunu göstermiştir (inferior kollikulustan-kortekse). Fakat binaural etkileşim bileşenleri (BIC'ler) üzerinde yapılan son elektrofizyolojik çalışmalar, SOC'deki yanıtların da rol oynayabileceğini göstermiştir. ITD'ler ve ILD'ler yatay lokalizasyona yardımcı olurken, dikey lokalizasyon için pinna ve konka önemli bir rol oynamaktadır (Slee, Higgs, Fairhall, & Spain, 2010). Pinna, çoklu kıvrımlara sahiptir ve ses kaynağının yükselmesine bağlı olarak, farklı yansımalar ve spektrumları vardır. Buna bağlı olarak da ses değişecektir. Bu yansımalar, kaynak dikey pozisyonuna bağlı olan ses spektrumunda, pinna çentiğini oluşturur ve merkezi işitsel sistem (*dorsal koklear çekirdek*) bu çentiği tespit edebilir ve ses kaynağının dikey konumunu kodlayabilir. (Aronoff et al., 2010)

2.2. Normal İşitmede Yön Tayini (Lokalizasyon) İpuçları

Ses yönü tayini, uygun başlıklar altında ele alınabilir; yatay (horizontal) lokalizasyon, dikey (vertikal) lokalizasyon, ön-arka ayrımı, dışlama ve uzaklık algısı gibi. Uzaklık algısı, diğer kavramlar kadar çok çalışılmamıştır. Uzaklık algısı; reverberasyon, genel ses şiddet düzeyi ve spektral biçim ile ilişkilidir. Lokalizasyonun farklı boyutlarına, iki ana ipucu serisi tarafından izin verilir; iki kulak arasındaki farklılıklara dayanan binaural ipuçları ve her iki kulakta mevcut olan monaural ipuçlarıdır. (Van Deun, Van Wieringen, & Wouters, 2010)

2.2.1. Horizontal (Sağ-Sol) Lokalizasyonu

Lateral hatta lokalizasyon, iki kulak arasındaki şiddet ve zaman farklılıkları ile sağlanmaktadır. Şekil 4'de görülebileceği gibi, sesler kaynağa yakın olan kulağa, kaynaktan uzak kulağa ulaşmasından daha kısa sürede ulaşırlar. İki kulaktaki varış zamanlarının farklılığının yorumlanması "*interaural zaman farkı*" olarak adlandırılır. Bu başın büyüklüğüne ve sesin frekansına bağlıdır. Şekil 4'de görüldüğü gibi interaural zaman farkı, başın ön tarafından gelen sesler için sıfırdır ve 90°lik açıyla gelen sesler için 0.7msn kadar artarak maksimuma ulaşır. Çünkü herhangi bir zaman gecikmesi faz gecikmesine yol açar, interaural zaman farklılığı, interaural faz farklılığı olarak sonuçlanır. (Trapeau & Schönwiesner, 2015)



(a) Hoparlör ve iki kulak arasındaki ilişki. (b) Alçak frekanslar, büyük dalga boyları nedeniyle başın etrafından geçer. (c) Yüksek frekansların kafa çapından daha küçük dalga boyları vardır, böylece uzak kulakta akustik bir gölge oluşturur. (Aronoff et al., 2010)

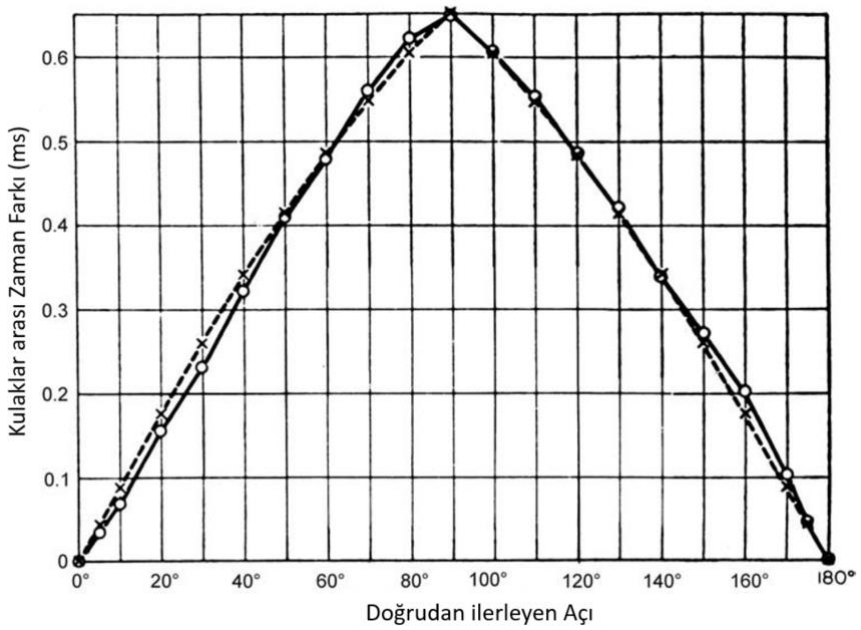
Şekil 4. Kafanın gölge etkisi

Frekans artışı ile bu faz ipucu, ani başlangıç ve bitişleri olmayan sesler için daha tutarsız hale gelir. Çoklu ses kaynakları, aynı interaural faz farklılığına sebep olur. Bu durum 700Hz'den daha yüksek frekanslar için meydana gelmektedir. Aynı şekilde; nöral cevaplar daha çok alçak frekanslı seslerin formuna senkronize olur. İnteraural faz farklılığı bu nedenle sadece alçak frekanslı sesler için güçlü bir ipucudur. Bununla beraber zaman farkı ipuçları, 1500Hz'e kadar, en etkili biçimde sesin alçak frekans komponentleri tarafından taşınır. (Ahveninen et al., 2014)

Baş akustik bir bariyer gibi davranarak, kulaklar arasında şiddet farklılığına sebep olur. "*Başın kırınım etkisi*", başın uzak tarafındaki seslerde attenuasyon meydana getirir ve bu durum genellikle "*başın gölge etkisi*" olarak ifade edilir. Başın gölge etkisi, başın yan kısmında sesin şiddetinde yükselme meydana getirir. Bu iki etki yüksek frekansların kulaklar arası geçişi için büyük bir öneme sahiptir. (Jin, Corderoy, Carlile, & Van Schaik, 2000)

İnteraural şiddet farkının sonuçları bu nedenle yüksek frekanslarda daha fazla belirgindir. Şiddet farkı ipuçları 1500Hz civarı frekanslarda daha değerlidir. Horizontal lokalizasyon keskinliği en kötü 1500Hz'tedir, çünkü ne zaman ne de şiddet farkı ipuçları bu frekans aralığında tamamen etkili değildir. Horizontal lokalizasyonun kesinliği doğrudan başın ön tarafından gelen ve 800Hz civarındaki frekanslar için en belirleyicidir. Bu koşullar altında; kişi kaynağın yönünü 1°'lik farklarla ve 10μs'lik interaural zaman farkıyla belirleyebilir. Bu durum, 1500Hz'de 3°ye kadar çıkmaktadır (Angelo, K., Alexander, J., Christiansen, T.U., Simonsen, C.S.Jespersgaard, 2015).

Karmaşık ve geniş bant sesler için zaman ipuçları, 1500Hz'in altındaki sinyalin bir parçası olarak taşınmaktadır (D. O. Kim et al., 2010). (Şekil 5)

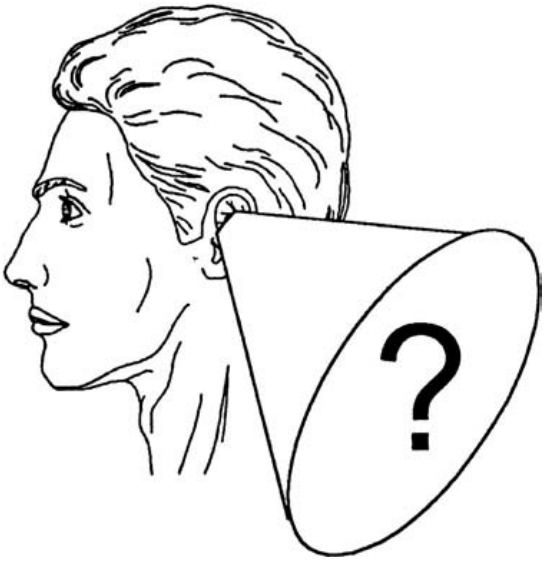


Şekil 5. Farklı hoparlör azimutları için interaural zaman farklılıkları. Çarpılar Woodworth'un (1938) katı küre modeline göre hesaplanan farklardır. (Angelo, K., Alexander, J., Christiansen, T.U., Simonsen, C.S.Jespersgaard, 2015)

Kulaklar başın ön ve arka hattının tam ortasında yerleşmiştir, başın ön tarafındaki yönler için aynı interaural şiddet ve zaman farkı ipuçları ile sonuçlanan, ön-arka hat ayırımı mevcuttur. Bu şekilde, ön-arka ayrımı daha iyi anlaşılır fakat kısmen spektral dengeye bağlıdır. Pinna; ses ön taraftan geldiği zaman, özellikle 6-16kHz aralığında yüksek frekanslı sesleri dış kulak yolunda rezone eder, fakat arka yönden geldiğinde azaltır (Takemoto, Mokhtari, Kato, Nishimura, & Iida, 2012).

Ön-arka karmaşıklığı, normal işiten bireyler için de en yaygın karmaşıklık tiplerindendir ve bu olasılık normal işitmeye sahip olsalar bile yaşlanmayla birlikte hata oranını artırır. (Prebiakuzi sonucu, hafif ya da orta derecede işitme kaybı sonucu da oluşabilir.) Ön-arka karmaşıklığı, sadece seslerin dinleyicinin doğrudan önü ya da arkasından gelmesi olarak düşünülmemelidir. Başın ön tarafının 30° sağında bir yer,120º sağındaki yönden gelen başka bir ses ile karıştırılabilir (Heffner, Koay, & Heffner, 1996).

Vertikal düzlem düşünüldüğünde, tüm yönlerden gelen sesler bir koni oluşturur ve bunlar birbiriyle karışır. Karışan yön konisine, "karmaşa konisi" adı verilir (Şekil 6). Normal işitmeye sahip bireyler; vertikal lokalizasyon ve ön-arka lokalizasyonun bir kombinasyonu yoluyla bir miktar eksik de olsa koni etrafındaki karmaşıklıkları çözebilirler (Dent, McClaine, & Welch, 2007).



Şekil 6. Karmaşa konisi. (Torben Pastore, Natale, Yost, & Dorman, 2018) Kulak kanalına herhangi bir yönden gelen ses, özellikle yüksek frekanslı seslerin işitilebilirliği kısıtlandığında kolaylıkla birbirine karıştırılabilir.

Çoğu zaman bunun tamamen monoaural bir yetenek olduğu düşünülmektedir, ancak psikofiziksel çalışmalar, ses kaynağının dikey açısını belirlemek için her iki kulağın kullanıldığını ve her kulağın göreceli katkısının, kaynağın yatay konumuna göre değiştiğini göstermiştir. Bir dereceye kadar, bu, başın gölge etkisinden kaynaklanan şiddet değişimlerine dayanarak yapılan yorumlara atfedilebilir, ancak bu koşullar altında monoaural spektral ipuçlarının da kullanıldığına şüphe yoktur. Sinyal, ilk birkaç msn içinde meydana gelen ses ile yön tayininde, diğer uyaranları dışlama için yardımcı olan güçlü bir etkiye sahiptir. Öncelik etkisi olarak da bilinen bu fenomen (Haas etkisi) ilk dalga kuralıdır. Özetle, işitsel sistem ilk gelen spektral ipuçlarını kullanarak, sonradan ulaşan benzer ipuçlarını eşleştirip, benzer olan ve zamanda gecikme arz eden sinyalleri dışlayarak, doğru yönü bulmaya çalışır (Steinberg, Fischer, & Peña, 2013).

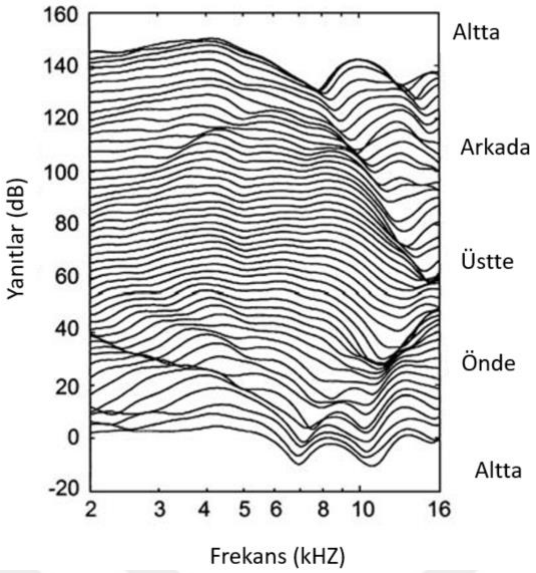
2.2.2. Vertikal Lokalizasyon

Orta hatta (*mid-sagital düzlem*) interaural ipucu olmadığında, ses kulak kanalına girmeden önce, kulak kepçesi, ve kulak kanalındaki rezonans ipuçlarıyla yön tayinine imkan verir. Bu rezonanslar, kaynağın, başa göre yükselmesine bağlı olarak, dış kulak yolundaki gerçek kulak kazancında, yüksek frekanslarda tepe ve çentiklere (*Pinna çentiği*) sebep olur. Vertikal lokalizasyon ipuçları, genelde 4kHz üzeri ile ilgilidir (bir miktar bireyin kulak kepçesi boyutuna bağlı olarak). İnsanlar dikey açıda, 3° kadar küçük

değişiklikleri farkedebilir. Vertikal lokalizasyon sadece bir kulakla da mümkündür fakat iki kulakla işitmede, performans çok az artar ve beynin her bir kulaktan bilgileri alarak iki tahmini birleştirerek bunu mümkün kıldığı düşünülmektedir. İkinci kulak tarafından sağlanan ek yarar; iki kulak kepçesi şeklinin asimetrisinden dolayı, yüksek frekanslı seslerin algılanması üzerine etkisini kolaylaştırdığından olabilmektedir. Vertikal düzlemde olmayan ses kaynakları, pinna etkisi ve interaural zaman ve şiddet farklılıklarının kombinasyonu yapılarak lokalize edilir (Geronazzo, Spagnol, & Avanzini, 2018).

Dışsallaştırma (Externalizasyon); başın etrafındaki bir noktadan gelen sesin algılanmasıyla ilgilidir. Serbest alanda bir uyaranın ses basıncının, her iki kulak kanalındaki ses basıncına dönüştürülmesine ***başın transfer fonksiyonu (****Head-related transfer function-****HRTF)*** denir. HRTF başın, pinnanın akustik bariyer etkisi ve pinnanın yöne bağlı rezonansı tarafından meydana getirilir. HRTF'nin uygun varyasyonu dinleyici başını hareket ettirdiğinde eksternalizasyonun algılanmasına katkı sağlar.

Yükseklikteki değişiklikler, pinna tarafından yöne bağlı filtreleme nedeniyle HRTF'nin yüksek frekanslı yönlerinde değişikliklere neden olur. Bu, Şekil 7'de, ses kaynağı başın etrafında hareket ettikçe yaklaşık 5000 ile 11.000 Hz arasında değişen bir "*pinna çentiği*" olarak görülmektedir. Şeklin altından, yukarı doğru tarama yaparken, ses kaynağı başın altında olduğunda, yaklaşık 6000 Hz'de bir çentik oluşmaktadır. Ses kaynağı öne doğru ilerledikçe, çentik frekansı yükselir ve daha sonra çentiğin esasen bulunmadığı başın üst kısmına (üstte) doğru devam eder. Etrafta devam ederken, kaynak başın arkasına doğru, aşağıya ve sonra tekrar aşağıya doğru hareket ettikçe çentik frekansı düşmektedir (Takemoto et al., 2012).



Şekil 7. Dikey hatta, kafanın transfer fonksiyonları. (Takemoto, Mokhtari, Kato, Nishimura, & Iida, 2010)

2.3. Kafa Hareketleri

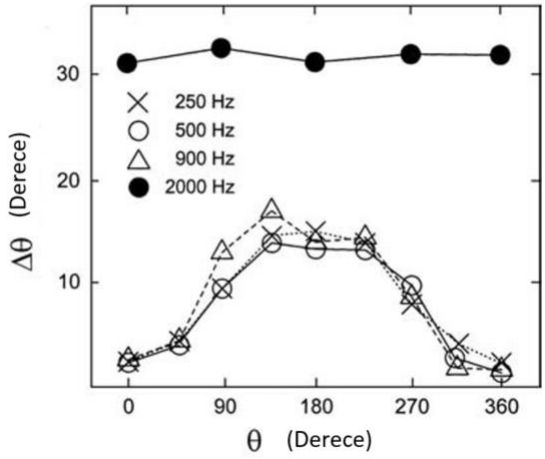
Kafa hareketleri tarafından sağlanan dinamik ipuçlarının, lokalizasyon doğruluğunu iyileştirip iyileştiremeyeceği konusunda bazı tartışmalar bulunmaktadır (Mueller et al., 2014a). Bir çok hatta değişkenlik olmasına rağmen, özellikle ön/arka ve dikey kafa karışıklıklarının azaltılması açısından, kafa hareketleri ile lokalizasyonun geliştirileceği öne sürülmüştür (Brimijoin, Boyd, & Akeroyd, 2013).

2.3.1. İşitsel Yönlülük

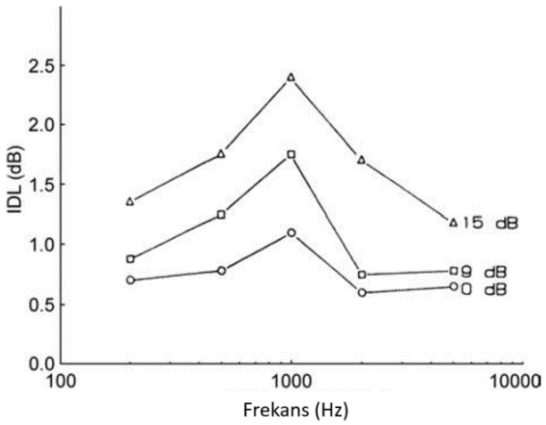
2.3.1.1. Lateralizasyon

Lateralizasyon, sinyallerin yönü hakkında bilgilerimizi netleştirmeye ve genişletmeye yardımcı olmaktadır. Birçok çalışma, ITD ve ILD ipuçlarının lateralizasyon üzerindeki etkilerini incelemiştir (Catic, Santurette, & Dau, 2015). Kesin prosedürler değişmekle birlikte, genel yaklaşım, deneklere, interaural zamana (faz) veya şiddete göre farklılık gösteren iki uyaran sunmak ve bu interaural dengesizliğin lateralizasyonda algılanabilir bir değişiklik ile sonuçlanıp sonuçlanmadığını belirlemektir. Yani, ITD'ler yaklaşık 1500 Hz'e kadar çok önemlidir ve ILD'ler daha yüksek frekanslar için birincil lateralizasyon ipucu olarak kullanılmaktadır (Takemoto et al., 2010).

En keskin intraraural faz ayrımları, orta hatta yapılmaktadır. Kulaklar arası faz ayrımı 0°-180° iken en zayıf (110° en büyük); yani, sinyaller doğrudan bir tarafa lateralize ise, faz farklılığı daha belirgindir. (Zatorre & Penhune, 2001). (Şekil 8, 9)



Şekil 8. Farklı frekanslarda lateralizasyon için açı ipuçları.



Şekil 9. Farklı frekanslarda lateralizasyon için şiddet ipuçları. (Van Deun et al., 2010)

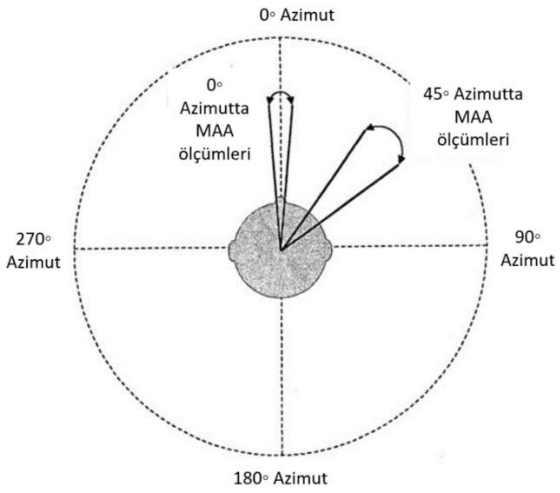
Lateralizasyon çalışmaları, ILD'ler için ayrımın yaklaşık 2 dB aralığında bir frekans fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda da 1000 Hz'de ILD'nin farkında bir artış meydana geldiğini de ortaya koymaktadır. Bu bulgular şekil 9'da gösterilmektedir. Şekil 9'daki üç eğrinin karşılaştırılması; ILD ayrımının orta hatta birincil düzeyde önemli olduğunu, uyaranın bir tarafa lateralize edildiğinde, en az duyarlı olduğunu göstermekte ve orta hat ile sol kulak arasında ayrım yapıldığında bazı ara değerler olduğunu açıkça ortaya

koymaktadır. Sinyaller alçak frekanslar içerdiğinde (1500 Hz altı), kulaklar arası zaman farkları devreye girmektedir. (Van Deun et al., 2010).

Binaural sumasyon (girişim) etkisi, dinleyicinin hem yüksek frekanslarda hem de alçak frekanslarda her iki kulak deneyimini etkilendiğini ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, alçak frekanslarda gürültü olduğunda; yüksek frekans sinyalin tek başına sunulduğu zamana kıyasla, genellikle ITD'lerde daha düşük hassasiyete, yüksek frekanslarda (sinyal) lateralizasyonda bozulmalara neden olmaktadır. Sinyal ve gürültünün, aynı anda verilmesi gibi tek bir algısal birimde gruplandırıldığında, binaural sumasyon meydana gelmektedir. Ancak, sinyal ve artifakt farklı zamanlarda sunulduğunda; ipuçlarının ayrık olmasına izin veren durumlarda, ITD azalır veya ortadan kalkar (Avan, Giraudet, & Büki, 2015).

2.4. Minimum işitilebilirlik açısı (Minimum Audiobility Angle-MAA)

İşitsel lokalizasyonun başka bir yönü, iki ses kaynağı arasındaki açısal konumun en küçük farkının belirlenmesini içermektedir. İki ses kaynağı, kafaya göre konumlandırıldığında, dinleyicinin ayırt edebileceği en küçük açıyı (veya azimut farkını) ifade etmektedir. Şekil 10'da, dinleyicinin uzaydaki iki nokta arasındaki farkı ayırt etmesi gerektiği görülmektedir. Şeklin iki farklı koşulu gösterdiğine dikkat edilmelidir; biri, her iki ses kaynağı da doğrudan dinleyicinin önünde olduğunda (0° azimutta) MAA'nın belirlendiği ve diğerinin iki ses kaynağının bir tarafı kapalı olduğu (45° azimut) durumudur (Senn, Kompis, Vischer, & Haeusler, 2005).



Şekil 10. Minimum işitilebilir açı. MAA iki farklı koşul altında ölçülürken yapılan düzenleme gösterilmektedir. Bir durumda, MAA hoparlörler için doğrudan dinleyicinin önünde (0° azimutta) ölçülür; diğer durumda hoparlörler 45° azimutta bulunur. (Senn et al., 2005)

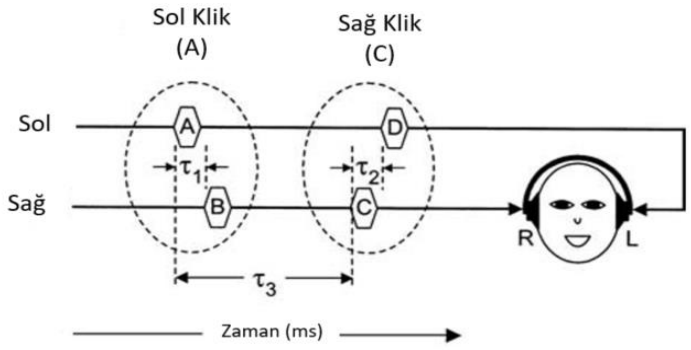
2.5. Minimum İşitsel Hareket Açısı (Minimum AudIble Movement Angle [CMAA])

Hareketi algılamamız için gereken bu en küçük değişiklik "minimum işitilebilir hareket açısı (MAMA)" olarak adlandırılır (Chandler & wesley Grantham, 1992) (Perrott & Saberi, 1990) (Strybel, Manligas, & Perrott, 1992). Minimum duyulabilir hareket açılarının sabit kaynaklar için geçerli olan parametrelere ve hareketli ses kaynağının ne kadar hızlı hareket ettiğine bağlı olduğunu göstermektedir. Chandler ve Grantham (1992), doğrudan kafanın önünden gönderilen, geniş bantlı gürültü kaynaklarını kullanarak (0° azimut), hareketli hoparlörün saniyede 10° (°/s) hıza sahip olduğu zaman, ortalama MAMA'nın 5,2° ve 20°/s'de 5,7° olduğunu bulmuşlardır. (Brimijoin & Akeroyd, 2014) (Churchill, Kan, Goupell, & Litovsky, 2014).

2.6. Öncelik Etkisi

Kulaklarımıza ulaşan sesler, konuşmacıdan gelen sesi ve bu seslerin çevreden, duvarlardan yansımalarını içerir. Yansıyan sesler dolaylı bir yol izlediğinden (duvarlar üzerinden), kulaklarımıza sinyal önce doğrudan gelir, sonra ise yansıyan sinyaller farklı yönlerden ulaşırlar. Fakat sinyal, önce gelen sinyal doğrultusunda ve tek bir sinyal gibi algılanır. (Romei, De Haas, Mok, & Driver, 2011).

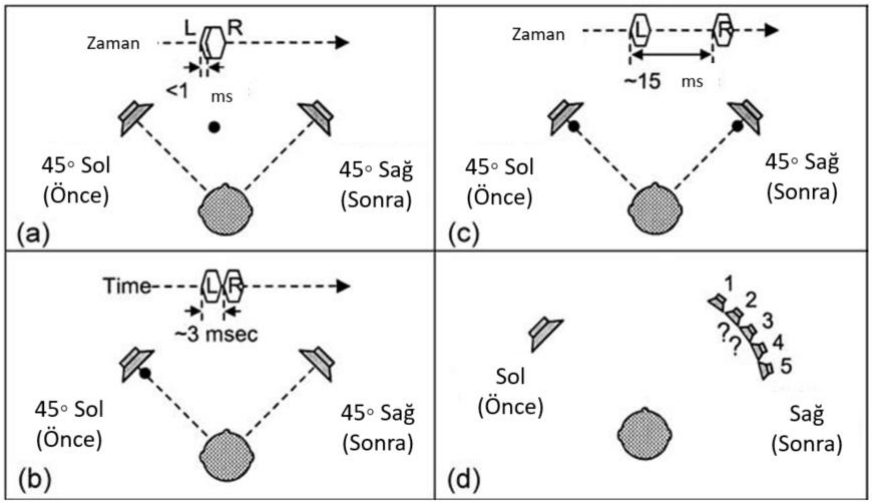
Bu durumlar, "*öncelik etkisi*, *Haas etkisi* veya *ilk dalga önceliği ilkesi*" olarak bilinen bir fenomendir. Genel olarak; bir yönden gelen sesi çok çabuk şekilde başka bir yönden ikinci bir ses (yankı) izlediğinde, algılanan sese ilk gelen sinyal baskın olmaktadır (Şekil 11) (Blauert, 2013).



Şekil 11. Öncelik etkisini göstermek için kulaklıklar aracılığıyla gönderilen uyaranların düzenlenmesi (Yost, 2002)

Füzyon (Birleşim, kaynaşma), önden ve arkadan gelen sinyallerin tek bir birleşik işitsel örüntü olarak algılanmasıdır. Klik uyaranlar için yaklaşık 5 ile 10 ms'ye kadar gecikmelerde ortaya çıkar ve konuşma uyaranı için yaklaşık 40 ile 50 ms'dir. Daha uzun gecikmeler, iki ayrı işitsel örüntünün duyulmasına neden olmaktadır. Algılamanın iki işitsel örüntüye ayrıldığı gecikmeye, *yankı eşiği* denir (Zeitler et al., 2015).

Füzyon sesin algılanan konumu, iki sinyal arasındaki gecikmenin süresinden etkilenir. Sumasyon etkisi (iki sinyalin artış etkisi) lokalizasyonu 1 msn'den kısa gecikmeler sonrasında gerçekleşir, bu durumda, birleştirilmiş sesin algılanan yeri, Şekil 13.15a'da gösterildiği gibi hem öncül, hem de sonra gelen uyaranlardan etkilenir. Lokalizasyon baskınlığı, birleşmiş sesin yeri, öncü sinyal ile belirlendiğinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 12b). Bu, birinci ve ikinci uyaranlar arasındaki gecikme yaklaşık 1 ile 5 ms arasında olduğunda oluşur. Gecikme uzadıkça lokalizasyon becerisi bozulur, işitsel örüntü *yankı eşiğinde* ikiye bölünür, bu eşiğin ötesinde her biri kendi tarafından gelen iki ses olarak duyulur (Romei et al., 2011) (Şekil 12c).



Şekil 12. Füzyon etkisi. (Romei et al., 2011)

Öncelik etkisi, konuşma da dahil olmak üzere, doğrudan ses algımızı olumsuz etkileyecek yansımaları bastırmaktadır. (Zeitler et al., 2015).

2.6.1. İşitme Kaybının Lokalizasyona Etkisi

Bazı araştırmacılar; işitme kaybının sebep olduğu iki büyük problemden birinin zayıflamış lokalizasyon yeteneği olduğunu düşünmektedir. İşitme kayıplı hastalar, çoğunlukla lokalizasyon sorunundan kendiliğinden şikayet etmezler. Özellikle ileri

derecede işitme kayıplı bireyler, lokalizasyona özgü bir soru sorulduğunda; zorlukların farkında olmaktadır. (Kolarik, Moore, Zahorik, Cirstea, & Pardhan, 2016)

Gürültüde dinlemede, işitme kaybının sebep olduğu en büyük sorun lokalizasyon yeteneğindeki bozulmadır. Grup içindeki konuşmaları takip etmek sorun olmakta, özellikle konuşmacıların karşılıklı konuşma sıraları hızla değiştiğinde, konuşan kişinin yerini saptamakta zorluk yaşanması ile sonuçlanmaktadır. Lokalizasyon algımız; aynı zamanda farklı yönlerden gelen sesleri ayırıp, belirlememize yardım etmektedir. Farklı ses kaynaklarının lokalize edilmesi, çoklu seslerin, algılanabilen özgün seslerin toplanması ya da istenirse göz ardı edilmesidir. İşitme kayıplı bireyler; farklı yönlerden gelen seslerin karşılaştırılması ve konuşmayı takip etmek için, normal işiten bireylere göre belirgin derecede daha fazla SNR'ye ihtiyaç duyarlar. İşitme kaybının lokalizasyon üzerine etkisi; sessiz bir ortama kıyasla, arka plan gürültüsü olan bir ortamda daha fazla ortaya çıkmaktadır (Johnson, Xu, & Cox, 2017).

İşitme cihazlarının, genel olarak gürültülü ortamda konuşmayı daha fazla amplifiye ettiği bilinmektedir. Bozulmuş lokalizasyon ile bozulmuş konuşma anlaşılabilirliği arasındaki ilişki henüz tam olarak anlaşılmamış olmakla birlikte yapılan çalışmalar; hafif ve orta derecedeki işitme kaybında ayrılmış maskeleme becerisinin, konuşma anlaşılabilirliğinde sesi lokalize edebilme yeteneğine göre daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Zayıf lokalizasyon yeteneği, çevreden izole olunmuş hissine kapılmaya sebep olur ve anksiyeteye zemin hazırlayabilir. Çevredeki sesleri lokalize etmedeki güçlük rahatsız edici olabilir veya bazı durumlarda işitme engelli bireyleri daha fazla efor sarf etmek zorunda kalmak gibi durumlara düşürebilmektedir (Brimijoin & Akeroyd, 2014).

İşitme kayıplı kişilerde, özellikle uyaranın önden veya arkadan geldiğini farketmede zorluk (ön-arka karmaşıklığı) yaşanmaktadır. Bu belirgin bozulmanın nedeninin, yüksek frekans ipuçlarının ön arka ayrımına katkısından olduğu açıktır. Günlük hayatta işitme engelli bireyler, ön arka ayrımını sadece başı çevirerek elde edebilirler (baş sağa döndürüldüğünde örneğin; doğrudan önden gelen bir ses kaynağının daha yüksek ve daha erken sol kulağa gelmesine sebep olur.).

Alçak frekanslardaki (1500Hz altındaki) sensörinöral işitme kaybı arttığında, horizontal lokalizasyon yeteneği de kademeli olarak kötüleşir. Sesler her iki kulaktan da duyulabilir ancak, 50 dBHL'i aşan alçak frekanslı işitme kayıplarında küçük bozulmalar görülür. Alçak frekanslarda, birçok sinyalin yoğun komponentleri vardır. Alçak

frekanslarda İşitme kaybı görece daha azdır ve nöral cevaplar, uyaran boyunca faz kilitlenmesini sürdürür. Sonuç olarak bireyde, interaural zaman farkı ipuçları büyük ihtimalle mevcut olacaktır (Strouse, Ashmead, Ohde, & Grantham, 1998).

Sadece yüksek frekans enerjisine sahip sesler için; (örneğin kuş sesi gibi) işitmenin bozulması, interaural zaman farkı ipuçlarını kullanabilme yeteneğini çok zayıflatır, fakat interaural şiddet farklarının kullanımı üzerine daha az etkisi vardır. Hafif ya da orta derecede işitme kayıplı bireyler tarafından ifade edilen lokalizasyon problemleri, bir kulaktan bazı seslerin duyulmamasından ya da ön arka karmaşıklıklarından kaynaklanır. Lokalizasyon için işitilebilirlik düzeyi; gelen sesler işitme eşiğinden 10dB fazla ise yeterli olmaktadır (Kolarik et al., 2016).

Sensörinöral işitme kaybının aksine, iletim tipi işitme kaybı lokalizasyon yeteneğinde belirgin bir azalmaya neden olur. İletim tipi kayıp arttığında kokleayı aktive eden seslerin büyük oranı, havayolu ve orta kulak iletiminden çok kemik yolu ile taşınır. Hava yoluyla iletilebilen seslere göre kemik yolu ile iletimde interaural attenuasyon daha düşüktür ve kokleadaki interaural zaman ve faz farklılıkları, kulak zarında eşleşen farklılıklardan daha az olmaktadır. Kemik yolu ile kokleaya ulaşan sesler havayolu ile ulaşan seslerden daha zayıf olsa da, her iki yoldan gelen seslerin kombinasyonu, kokleada kombine edilen sinyallerin interaural faz farklılıklarını bozabilir (Killan, Scally, Killan, Totten, & Raine, 2019).

Tek bir kulaklık takılarak sadece bir kulağa gelen ses azaltıldığında, beklenildiği gibi horizontal düzlemdeki lokalizasyon başlangıçta fazlaca bozulur, çünkü horizontal lokalizasyon, öncelikle iki kulağa gelen sinyaller arasındaki farklılıklara bağlıdır. Birkaç gün ve hafta boyunca kişi bir kulaktaki sesin diğerine göre daha hafif gelmesine alışır ve tekrar, sesleri tam olarak lokalize etmek için, interaural faz farklılıklarını kullanabilir hale gelir. (Kolarik et al., 2016).

Diğer bir binaural fenomen, sesin asimetrik olarak duyulması ile görülür. Bu sesler; bir kulaktaki işitme eşiği diğer kulakta 50dB'den daha fazla olduğunda bile farkedilebilir. İyi bir lokalizasyon yeteneği; her iki kulaktan sesin duyulabildiği asimetrik işitme kayıplarında bile mümkündür (Kolarik et al., 2016).

Vertikal lokalizasyon, sensörinöral işitme kaybıyla belirgin derecede bozulur. Yüksek frekanslarda, seslerin gürlüğü düşüktür ve yüksek frekans işitme kaybı olan bireylerin frekans ayırtetmesi genellikle daha fazla etkilenmektedir. Sensörinöral işitme kaybında genel olarak yüksek frekanslar daha fazla etkilenmektedir. Yüksek frekanslı

komponentler işitilebilir olsa bile; sensörinöral işitme kayıplı bireyler seste oluşan önemli tepe noktalarını, düşüşleri tanımlamak için yeterli frekans seçiciliğine sahip olmayabilirler. Vertikal düzlemdeki lokalizasyon yeteneği; diğer kulağın işitmesi normal olduğunda bile, bir kulağın tıkanması (kollobe edilmesi) ile azalmaktadır. (Geronazzo et al., 2018).

İşitmenin bozulması; özellikle tüm şiddet ipuçlarına ulaşılamadığından, uzaklık algısını etkiler ve dinleyicinin doğrudan seslerin yankılanma oranına güvenmesine neden olur. İşitme cihazları geniş dinamik alana sahip olsa bile; uzaklık algısını olumlu etkilememektedir (Lammers, Van Der Heijden, Pourier, & Grolman, 2014).

2.7. Türkiyede Koklear İmplant Uygulamaları

Koklear implant (CI), doğuştan veya sonradan oluşan, ileri ve çok ileri dereceli işitme kayıplarında, işitme cihazlarından yararlanılamayan durumlarda başvurulan elektronik bir cihazdır. Koklear implant, doğrudan koklea görevi görmektedir. Koklear implant, mekanik ses enerjisini, elektrik sinyallerine dönüştüren ve bunu doğrudan kokleaya aktararak, seslerin algılanmasını sağlayan elektronik bir cihazdır. Bu uyarımlar işitme sinirini uyarır ve beyin tarafından ses olarak algılanır (Waltzman & Roland Jr., 2014).

Koklear implant sisteminin dış kısmı, kulak arkasına takılan bir ses işlemci ve kafa derisi altındaki alıcıyla bir mıknatıs vasıtası ile irtibatı sağlayan iletici bobinden oluşur (Şekil 14). Ses işlemcisi üzerindeki mikrofonlar çevresel sesleri toplayarak, iletici bobin tarafından kafa derisi altındaki implanta gönderir (Şekil 13). Alıcı anten gelen sinyalleri mikroişlemciye iletir, gelen sesleri elektriksel kodlara dönüştürerek iç kulaktaki elektrotlara iletir. İşitme sinirine yakın olarak yerleştirilen elektrotlar vasıtası ile oluşan akım, sinirde aksiyon potansiyeli oluşturarak işitsel bilgi halinde beyne gönderir. Bu durumda koklea içinde normalde ses kodlamasını yapan; ancak zarar görmüş veya ölü haldeki tüy hücreleri pas geçilerek, ses bilgisi beyine, implant aracılığı ile ulaştırılır. Tüm koklear implant modellerinde ses işlemci, iletici bobin, alıcı ve elektrotlar temel yapıyı oluşturur. Ancak sesi işlemleme, bilgiyi implant alıcısına iletme, elektrotları uyarma metotları ve elektrot dizaynları her marka ve modelde değişiklik gösterebilir. (Lotfi, Hasanalifard, Moossavi, Bakhshi, & Ajaloueyan, 2019)



Şekil 13. Koklear implantın iç parçası (İmplant). (www.medel.com, www.cochlear.com)



Şekil 14. Koklear implantın dış parçası (Konuşma işlemcisi). (www.medel.com, www.cochlear.com)

Ülkemizde koklear implant uygulamaları ilk olarak 1996 yılında başlamıştır. O günden bu yana binlerce çocuk ve yetişkine başarı ile uygulanmıştır. 2016 yılına kadar, özel koşullar (Eşlik eden bilateral körlük, menenjit, korpus kollosum agenezisi gibi…) haricindeki tüm bireylere çoğunlukla (Sağlık sigorta sisteminin, 1 adet koklear implant bedelini ödemesi nedeniyle) tek taraflı uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Kasım 2016 tarihli Sağlık Uygulama Tebliği (*SUT*) sonrası, 1-4 yaş arası tüm çocuklara ve yine özel durumu raporlanan (Eşlik eden bilateral körlük, menenjit, korpus kollosum agenezisi gibi…) 4 yaş üstü kullancılara, bilateral implant ameliyatı için ödeme kararı alınmış ve bilateral koklear implant uygulaması yaygınlaşmıştır.

Türkiye'de, **2020 yılı itibariyle** koklear implant uygulama kriterleri şöyledir (Sağlık uygulama tebliği, EK: RG-26/11/2016- 29900):

- İşitsel implantların bedelleri sadece üçüncü basamak resmi sağlık kurumlarında uygulanması halinde Kurumca karşılanır.
- Koklear implant, bilateral ileri-çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan ve işitme cihazından yarar görmeyen veya Sağlık Bakanlığı İşitsel İmplantlar Bilimsel Danışma Komisyonu tarafından koklear implant yerleştirilmesi uygun görülen kişilerde uygulanması halinde Kurumca bedeli karşılanır.
- En az 3 (üç) aylık süre ile binaural işitme cihazı kullanımından fayda görmediği sağlık kurulu raporunda belirtilmelidir.
- Aşağıdaki kriterlerden en az birisine haiz olduğu sağlık kurulu raporu ile belgelenen kişilerde Kurumca bedeli karşılanır:

  a) Alıcı ve/veya ifade edici dil yaşı ile kronolojik yaş arasında 4 (dört) yıldan daha az fark olması veya alıcı ve/veya ifade edici dili 4 (dört) yaş ve üstü olması (4-18 yaş, kronolojik yaşa bakılmaksızın),

  b) Post-lingual işitme kaybı olması.
- Sağlık kurulu raporu, aynı resmi sağlık kurumunda çalışan 3 (üç) kulak burun boğaz hastalıkları uzman hekimi tarafından düzenlenir. Rapor ekinde aynı resmi sağlık kurumunda görevli 1 (bir) odyolog tarafından yapılan odyolojik değerlendirme sonuç belgesi ve 1 (bir) psikolog veya 1 (bir) dil konuşma terapisti tarafından yapılan değerlendirme sonuç belgesi bulunmalıdır.
- Elektrot yerleşimini sağlayacak kadar iç kulak gelişiminin olduğu ve koklear sinirin varlığı yüksek çözünürlükte bilgisayarlı tomografi ve/veya manyetik rezonans görüntüleme raporu ile gösterilmelidir.
- Menenjit sonrası oluşan işitme kayıplarında, koklear implantasyon kriterlerine uygun olması şartıyla, 3 (üç) aylık süre ile binaural işitme cihazı kullanımından fayda görmeme kuralı aranmaksızın, sağlık kurulu raporu ile belgelendirilmesi halinde Kurumca bedeli karşılanır.
- İşitsel nöropati tanısı alan olgularda; en az 6 (altı) ay süreyle işitme rehabilitasyonu ve eğitiminden fayda görmediğinin odyolojik

değerlendirme ve sağlık kurulu raporu ile belgelendirilmesi halinde Kurumca bedeli karşılanır.

- Eş zamanlı veya ardışık bilateral koklear implant uygulaması kriterleri sağlık kurulu raporunda belirtilmesi kaydıyla aşağıdaki gibidir.

  a) Koklear implantasyon kriterlerini karşılayan 12-48 ay arası çocuklar,

  b) Yaş sınırı aranmaksızın post-lingual dönemde gelişen menenjit sonrası odyolojik kriterlere haiz ileri derecede sensörinöral işitme kayıpları,

  c) 48 ayın üzerindeki hastalarda (48 aylık olanlar hariç) ileri derecede sensörinöral işitme kaybına eşlik eden bilateral körlük.

- Koklear implant uygulaması sonrası gelişen enfeksiyon, kolesteatom, tümör nedeniyle koklear implantın iç parçasının işlevselliğini yitirmesi durumunda, süre aranmaksızın bu durumun sağlık kurulu raporu ile belgelendirilmesi halinde sadece cerrahi olarak yerleştirilen iç parçanın bedeli Kurumca karşılanır.

- Koklear implantın, 12 (oniki) ayın altındaki hastalara uygulanması halinde Kurumca bedeli karşılanmaz.

- Koklear implant, cihaz ve aksesuarlar işlem bedeline dahil olarak Kurumca karşılanır.

- Odyolojik değerlendirme; odyometrik inceleme, timpanometri, stapes refleks eşiği testi, klinik otoakustik emisyon testi, ABR testleri ile yapılır. Koklear implantın uygulanmasında aşağıdaki odyolojik kriterler dikkate alınır.

  a) 2 (iki) yaş üstü çocuklarda ve erişkinlerde bilateral 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'lerdeki işitme eşikleri ortalamasının 80 dB'den daha kötü olması veya bir kulakta 70 dB ve daha kötü, karşı kulakta 90 dB ve daha kötü, konuşmayı ayırt etme testi yapılabilen hastalarda konuşmayı ayırt etme skorunun %30'un altında olması gereklidir.

  b) 2 (iki) yaş ve altı çocuklarda, bilateral 90 dB HL'den daha fazla sensörinöral işitme kaybının olması gereklidir.

2.7.1. Bilateral Koklear İmplantasyon

Tüm dünyada, koklear implant ameliyatları:

1- Unilateral CI (Tek taraflı CI),
2- Bimodal CI (Bir kulakta işitme cihazı-diğer kulakta CI, aynı kulakta elektorakustik uyarım…),
3- Bilateral CI olmak üzere üç şekilde uygulanmaktadır.

Bilateral (İki taraflı) koklear implant, günümüzde artık yeni altın standartır. Gerçek yaşam koşullarında her iki kulakta dinlemeyi yeniden sağlamak için, her iki kulağa koklear implantın cerrahi olarak yerleştirilmesi, iki taraflı CI'li hastanın normal işiten insan gibi her iki kulakla da dinleyebileceği normal, doğal bir duruma benzeyen ortam yaratacaktır (Mueller, Meisenbacher, Lai, & Dillier, 2014b).

Ses kaynağının yerini belirleme yeteneği, işitsel sistem tarafından gerçekleştirilen önemli bir işlevdir. Horizontal düzlem, işitsel sistemin sesin yatay hatta, başka bir deyişle sol ve sağ boyutta lokalizasyonunu belirlemesi için binaural işleme yeteneğini ifade eder (Zheng, Koehnke, & Besing, 2017).

İşitsel sistemin binaural işleme yeteneği, ses kaynağının horizontal konumunu lokalize etmek için ITD ve ILD'yi kullanır. ITD ve ILD eşitse (sıfır), o zaman ses kaynağı dikey konumdadır. ITD ve ILD arasındaki farka bağlı olarak, binaural işleme sistemi ses kaynağının yerini hesaplayabilmektedir.

ITD, yalnızca binaural sinyaller alçak frekanslarda olduğunda kullanılır. 800 Hz'nin altındaki frekanslar, binaural sistemin ITD kullanarak sesleri yatay düzlemde konumlandırmasını sağlar.

ILD, yalnızca yüksek frekanslar için yatay düzlemde bilgi verir. 800 Hz ve 1200 Hz arasında ITD ve ILD, ses kaynağı konumu için binaural işleme sistemine açısal (azimutal) bilgi sağlamaktadır (Potts, Ramanna, Perry, & Long, 2019).

2.7.2. Bilateral Koklear İmplant Takılan Hastalara Sağlanan Faydalar Nelerdir?

Bilateral implant kullanımının sağladığı faydalar çeşitli şekillerde kendini göstermektedir. İlk kullanım durumunda tek taraflı koklear implant(CI) kullanıcısı hastalar bulunmaktadır. İkinci kullanım durumu, hastanın CI'sının bir tarafta ve işitme cihazının (İC) karşı kulakta (Bimodal) olduğu, üçüncü durum ise hastanın iki taraflı (Bilateral) CI'si olduğu zamandır.

Tek taraflı CI hastaların, başın gölge etkisinin olmaması durumu ile başa çıkması gerekmektedir. Bu nedenle, implant edilmeyen tarafa yönlendirilmiş bir ses kaynağına varlığında, lokalizasyon ve işitsel ayırt etmede zorluk çekerler (Sparreboom, Leeuw, Snik, & Mylanus, 2012).

Bimodal kullanıcılara; CI'lı taraftan elektrik sinyali iletilirken, işitme cihazlı kulaktan akustik sinyal gönderilir, bir tarafında CI ve karşı tarafta İC bulunan hastalar binaural işlemlerden kısmen yararlanmaktadırlar. Bir taraftaki elektrik, diğer kulaktaki akustik uyarandan elde edilen işitsel verilerin, binaural sumasyonu oluşturması uyaranların farklı doğaları nedeniyle dezavantajlıdır. CI+İC (Bimodal) kullanıcıları, unilateral CI ile karşılaştırıldığında bazı avantajları olsa da, sınırlılıkları mevcuttur. CI ve İC'nin farklı şekilde programlandıkları ve bağımsız olarak, işitsel sistemde çarpık ITD'lere ve çarpık ILD'lere, sonuçta işitsel bilgilerin yanlış temsil edilmesine yol açabilecekleri düşünülmektedir. Kural olarak, CI, dinleme verilerinin baskın kaynağı olarak işlev görür, çünkü İC çok az işitsel bilgi sağlamaktadır. İC'nin, CI tarafından sağlanan bilgileri tamamladığı görülmektedir. CI+İC kullanıcılarını, bir tarafta CI ve diğer tarafta İC'ye sahip olmanın, onlara dengeli bir işitme konforu hissi verdiğini bildirilmiştir. Bu durumda İC, CI tarafından gönderilen bilgileri tamamlamaya yaramaktadır (Neuman, Haravon, Sislian, & Waltzman, 2007).

Hastanın her iki kulağında CI (bilateral CI) olduğu üçüncü durumda; bu hastaların özellikle gürültülü ortamlarda daha iyi konuşma algısı olduğu ve sesleri daha iyi lokalize edebildikleri bildirilmiştir. Sunulan avantaj, her iki kulağın da benzer şekilde elektriksel olarak uyarılması ve işitsel bilgilerin artan binaural-simetrik ipuçları ile daha iyi sumasyona olanak sağlamasıdır (Mueller et al., 2014a).

Bilateral CI'li hastalarda, her iki kulak da benzer şekilde senkronik olarak uyarılır ve aynı şekilde programlanır. Böylece, intraaural elektrik stimülasyonunun etkin zamanlaması, elektrik sinyallerinin iki taraflı koordinasyonu ile sonuçlanmaktadır.

Bilateral CI'li hasta, karmaşık durumlarda daha iyi sinyal-gürültü oranına sahip kulaktan yararlanabilmektedir. Bu, gürültüde daha iyi konuşma algısı ile sonuçlanmaktadır.

Son araştırmalar, iki taraflı CI kullanıcıları önden konuşma ve gürültüyü dinlediğinde, iki kulağın tek kulağa göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir (Kokkinakis, 2018b).

İki taraflı CI kullanıcıları, ses kaynağını lokalize etmede CI+İC olan bir hastadan daha iyidir ve normal işiten kişilere yakın lokalizasyon yetenekleri olabilir. Bunun bilateral CI'larda görülen en büyük avantajlardan biri olduğu belirtilmiştir. (Zeitler et al., 2015).

Bilateral CI kullanıcılarında; konuşma işlemcileri her iki kulakta, eşit ses yüksekliği üretecek şekilde programlanmıştır. Böylece, bilateral CI kullanıcıları geniş bir frekans aralığında (100-8000 Hz), şiddet ve zaman farklılıklarını ayırt etme şansına sahiptir. Her iki CI, kullanıcıya aktarılan işitsel bilgilerin tutarlı bir şekilde, kesin zamanlamasını sağlamak için mümkün olduğunca dikkatli şekilde eşleştirilmeli/ayarlanmalıdır.

Maksimum fayda sağlamak için, ikinci CI'nin ne zaman implante edilmesi gerektiğine ilişkin sorular literatürde hala tartışılmaktadır. İkinci CI'nın implantasyonundaki gecikmeler, uzun süreli anestezi riskleri, mali vb. problemler gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Litovsky, Parkinson, & Arcaroli, 2009) (Uecker, Szczepek, & Olze, 2019).

2.7.3. İkinci implant ne kadar zaman farkla yapılmalıdır?

Bu durum ile ilgili, önemli görüş farklılıkları bulunmaktadır. Galvin ve ark. çalışmalarında, ikinci CI ilk implant yerleştirildikten, 16 yıl sonra implante edilmesine rağmen eABR'ler arasında latans süresinde minimal fark bulmuşlardır (Low et al., 2019).

Gordon ve ark., eABR çalışmalarını bilatarel CI yapılan üç grup çocuk üzerinde yapmışlardır. Bunlar:

A. Simultane implant,

B. İmplantlar arasında 1 yıldan az zaman aralığı,

C. İmplantlar arasında 2 yıldan fazla zaman aralığı.

Her iki implantı aynı anda yapılan A Grubu çocuklarda, nöral iletimde gecikme süresi ve iki taraf arasında latans farkı yoktur.

B grubu içinde latansta gecikme bulunmuştur. Nöral iletim latans süresindeki bu gecikmenin, ikinci implant cerrahisinden sonraki ilk birkaç ay içinde yavaş yavaş azaldığı gözlenmiştir.

Grup C, nöral iletimde önemli bir gecikme ve her iki taraf arasında fark göstermiş, ilk implantın latansında daha az uzama gözlenmiştir.

Bununla birlikte, Sparreboom ve ark., ikinci CI implantasyonunda gecikmenin eABR'de anlamlı bir fark yaratmadığını bulmuşlardır (Low et al., 2019) (Y. Kim et al., 2019).

Sparreboon ve arkadaşları, ikinci CI implantasyonundan 6, 12 ve 24 ay sonra CI'lı çocukları incelemişlerdir. İki implant arasındaki ortalama zaman aralığı 41 aydır. Bulguları, eABR'de V. dalgada hiçbir zaman anlamlı bir interaural farkın olmadığını ortaya koymuştur. Başlangıçta ikinci kulağın V. dalga latansı, ilkine kıyasla uzamıştır. Bununla birlikte, yavaş yavaş, 12 aylık bir dönemden sonra, intraraural latans farkların artık anlamlı olmadığı görülmüştür. İkinci CI implantasyonunda yaş veya gecikmenin işitsel beyinsapı cevapları gelişimini bozmadığı sonucuna varmışlardır. İşitsel beyin sapı cevapları maturasyonu, ikinci kulak CI implantasyonunda bir gecikme olmasına rağmen yine de gerçekleşmiştir. Ramos-Miguel ve arkadaşlarının çalışması, ikinci implant ne kadar erken yerleştirilirse o kadar iyi olduğunu göstermektedir (Lammers, Van Der Heijden, et al., 2014) (Sparreboom et al., 2012).

Elektriksel beyinsapı cevaplarının (eABR), interaural latans farklarının bir süre sonrası kapanması, kortikal düzeyde farkın azalacağını garanti etmemektedir. Sharma ve ark. yaptığı çalışmada, kritik periyodu kaçırmış 3,5 yaş ve üzeri kullanıcıların, kortikal maturasyonlarının geciktiği/yaşıtlarını yakalayamadığını göstermektedir. Dil-konuşma becerilerinin ve kortikal maturasyonun, bilateral simültane CI yapılan bireylerde daha hızlı olduğunu göstermişlerdir (Sharma, Nash, & Dorman, 2009).

2.7.4. Koklear İmplantasyon Sonrası Yaşam Kalitesi Artar mı?

Koklear implantasyondan sonra hastanın yaşam kalitesinde önemli bir iyileşme olduğu görülmektedir. İlk çalışmalar, tek taraflı CI ile karşılaştırıldığında, bilateral CI'larda daha fazla iyileşme olmadığını bildirmiştir. Ancak daha fazla veri ortaya çıktıkça, bilateral CI norm haline gelmektedir. Bilateral CI ile daha iyi ses lokalizasyonu ve gürültü varlığında daha iyi işitsel becerilerin raporlandığı çalışmalar artık daha sık görülmektedir (Zeitler et al., 2015), (Henkin et al., 2014), (Lammers, Venekamp, Grolman, & Van Der Heijden, 2014).

Eşzamanlı ve ardışık ikinci CI implantasyonu için argümanlar farklılık gösterebilmektedir. Eşzamanlı CI implantasyonu lehine olanlar; aynı anda yapılan implantasyonla, ikinci ameliyat için önlenebilecek anestezi risklerinin, iyileşme ve okuldan ayrı kalma sürelerinin azalmasını, daha kısa hastanede kalış süresi,

komplikasyon veya morbiditenin düşeceğini, daha iyi konuşma-dil sonuçları olasılığını, işitme kayıplı çocukların optimum rehabilitasyonu için kritik periyodu yakalama açısından iyi bir fırsat olacağını savunmaktadırlar. Ayrıca, CI'lar aynı anda cerrahi olarak yerleştirilirse, her iki CI mükemmel şekilde eşleştirilebilir, birbirini tamamlayacak şekilde koordine edilebilir ve böylece performansı artırabilir (Low et al., 2019).

Reeder ve arkadaşları, konuşma tanıma, lokalizasyon ve sürdürülebilir iletişim boyutlarında, bilateral CI'nın çok önemli faydaları olduğunu bildirmiştir (Reeder, Firszt, Holden, & Strube, 2014). Mesajları; ***"ikinci koklear implantı ertelemeyin"****dir*. Aynı durum birçok çalışmada desteklenmektedir (Reeder et al., 2014) (Schorr, Roth, & Fox, 2009), (Mueller et al., 2014a), (Uecker et al., 2019).

Bilateral koklear implantın, tek taraflı CI'lara veya bimodal uyarım ile karşılaştırıldığında, önemli faydalar sağladığına dair çok sayıda kanıt vardır. Bilateral CI'lar, özellikle bilateral işitme kayıplı çocuklarda çok önemli faydalar sağlamaktadır. Bilateral işitme kayıplı yetişkinler de, bilateral CI implante edilmesinden önemli yararlar sağlarlar. Başlıca faydaları; sesi daha iyi tespit edebilme yeteneği ve gürültü varlığında konuşmanın daha fazla ayırt edilebilemesidir (Reeder et al., 2014) (Sparreboom et al., 2012), (Gifford et al., 2013).

Bilateral koklear implantın eşzamanlı yapılması, tek sefer anestezi alımı, hastanede kalış süresini kısaltma, işitme sisteminin performansını artırma, her iki koklear implantın daha iyi eşleşmesi ve eşgüdümünün sağlanması için sıklıkla önerilmektedir (Henkin et al., 2014), (Lammers, Venekamp, et al., 2014), (Francart, Brokx, & Wouters, 2008).

Her iki kulağa aynı anda implantasyon mümkün değilse, kişinin bir yerine iki cihaz takıldığında aldığı önemli faydalar nedeniyle, diğer kulak yine de mümkün olan en erken zamanda implante edilmelidir (Johnston, Durieux-Smith, Angus, O'Connor, & Fitzpatrick, 2009) (Low et al., 2019).

2.7.5. İmplant Kullanan Bireylerde Binaural ve Spatial (Uzaysal) İşitme

Normal işiten (Nİ) çocuklar, günlük dinleme ortamlarında çok sayıda görevi yerine getirmek için iki kulağa gelen bilgileri kullanırlar. Odyoloji alanında, tek veya iki kulağa işitsel girdi sağlanmasına ilişkin soru, uzun yıllardır gündemdedir. Geçtiğimiz 30-40 yılda, sorular işitme cihazları ile çift taraflı amplifikasyon etrafında dönüyordu ve araştırmacılar genellikle sağ ve sol işitsel yolların uyarılmasını en üst düzeye çıkarmak

için her iki kulakta da amplifikasyonun gerektiğini düşünüyorlardı (Kerber & Seeber, 2012).

Son on-onbeş yılda, ileri/çok ileri derecede işitme kaybı olan ve iki taraflı implante edilen çocuk sayısında belirgin bir artış olmuştur. 2000'li yılların başlangıcında, bu klinik yaklaşım kısmen yeniydi ve faydalarıyla ilgili kanıtlardan yoksun olduğu düşünülüyordu. Bununla birlikte, klinik eğilim bilateral implant lehine ilerlemiştir. Birinci neden; işitme her iki kulakta da kullanılabilirse ve iki kulağa gelen uyaranlar zamansal olarak koordine edilirse, işitsel sistem binaural işitmeyi kullanır. Yani, beyin ses kaynaklarının yeri hakkında önemli bilgiler alır ve dinleyicilerin ilgi duyduğu/işitsel dikkat gösterdiği sesleri lokalize etmesine olanak sağlar. Bu ideal durumda beyin, konuşmayı arka plan gürültüsünden ayırmak için iki kulaktan gelen uyaranları-karşılaştırır. İkincisi, daha az ideal koşullar altında, iki kulağa gelen uyarılar farklı düzeylerde (bimodal kullanım, sıralı implante edilmiş bireyler, iki kulak arasında asimetrik işitme eşikleri olanlar) gelirken, işitsel sistem yine bilateral uyaran almaktadır. Bir dinleyicinin hedef konuşma sinyaline erişmesini ve sesleri oldukça kaba bir şekilde lokalize etmesini sağlayan önemli işitsel ipuçları vardır. Bu bilgilere erişim, günlük dinleme durumlarında, işitmeyi, ayırt etmenin iyileştirilmesine yol açabilir. Üçüncüsü, her iki kulağın uyarılmasının, daha iyi kulağın implante edilmesine göre önemli faydaları vardır, bu da dil edinimi için çok önemlidir. Ayrıca CI'dan birinin çalışmaması durumunda çocuğun "sessiz kalmayacağına" dair güvence de önemli bir avantajdır (Johnston et al., 2009).

2.7.6. Bilateral Koklear İmplant Kullanıcılarında Yön tayini

Bilateral koklear implant kullanıcılarında lokalizasyon algısı özellikle önemlidir, çünkü her iki kulaktaki konuşma işlemcileri ayrı ayrı koordine edilir, bu da ITD'lerin seviyesinin doğru ölçümü ilgili sorunlar yaratır. Ek olarak, CI konuşma işlemcisi, tüm elektrotları, ITD'lerin kodlandığı frekanslardan daha yüksek olan, sabit oranlı stimülasyonda (saniyede uyarım oranı-PPS) uyarmaktadır. Binaural etkileşmenin daha effektif olması ve sonuçlarının incelenmesi için uyaranları basitleştirmeli ve hastaların elektriksel uyarandan daha fazla bilgi elde edebilme olasılığını en üst düzeye çıkarmalıdır (Lotfi et al., 2019).

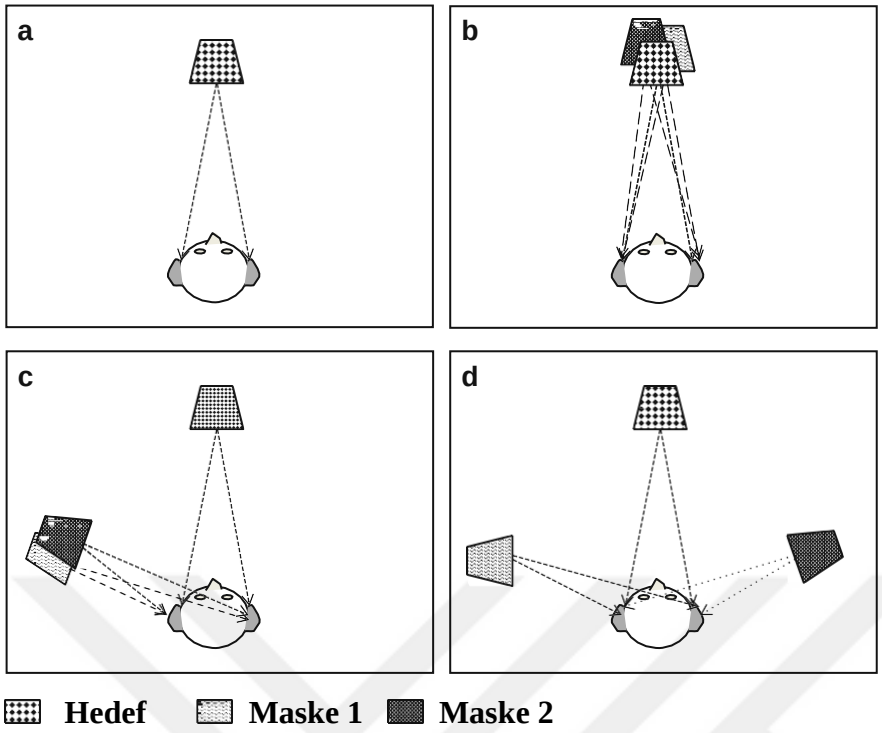
CI'da, uyarımın farklı olarak eşleştirilmesi, binaural girdilerin dağınık veya kaynaşmamış olarak algılanmasına yol açar ve bu uyaranlar bilateral girdilerle karşılaştırıldığında zayıf lateralizasyonuna neden olabilir (Francart et al., 2008) Bu durum

iki taraflı implante edilen küçük çocuklarda göz önünde bulundurulması gereken hususları anlamamız açısından kritik öneme sahiptir, çünkü klinik düzeyde iki kulağa gönderilen bilgiler, (elektrotların frekans ataması), stimülasyon noktasında doğru olarak eşleştirilemeyebilir (Kerber & Seeber, 2012).

Kulaklar arasında elektrot sayısına göre bir miktar eşleşme olabilse de, iki elektrot dizisi aynı derinliğe yerleştirilmezse, koklea boyunca frekans dağılımında bir uyuşmazlık olması muhtemeldir. Çocukların potansiyel olarak yanlış eşleşen girdilere ne ölçüde uyum sağladığı bilinmemektedir. Ayrıca, nöral plastisitenin olduğu zaman da nöral yolların çocuklarda, bu sorunu telafi etme konusunda yetişkinlerden ne kadar iyi oldukları hakkında çok az şey bilinmektedir (Lotfi et al., 2019). Bu konuda yapılan ilk araştırmalar, bilateral CI'li çocukların sağ veya soldan gelen sesleri algılamak için ILD ipuçlarını kullanabildiğini göstermektedir; ancak ITD ipuçlarını kullanma yetenekleri zayıftır. Normal işiten çocuklarda, akustik uyaranlar kullanarak benzer bir görev verildiğinde, aynı görevi yerine getirmek için ITD'leri veya ILD'leri güvenilir bir şekilde kullanabilirler (Kerber & Seeber, 2012). Bunun gelişimsel bir durum olduğu düşünülmemektedir, çünkü sağ-sol ayrımı görevindeki ITD duyarlılığı 4 yaşına kadar normal işiten çocuklarda oldukça iyi gelişmiştir (Kerber & Seeber, 2013): Zamansal farkı yakalama eşiklerinin ortalama olarak 40 μs olduğu bildirilmektedir. 4 yaşındakiler, 5-9 yaşındakiler için 20–35 μs ve yetişkinler için 12,5 μs'dir. Endişe edilen durum, bilateral CI kullanıcılarının konuşma işlemcileri aracılığıyla, günlük dinlemeleri sırasında, binaural girdileri aslına uygun olarak alamamalarıdır (David, Lavandier, & Grimault, 2015). Bu nedenle, bu ipuçları kontrollü bir deneysel görevde (Lokalizasyon testleri gibi) sunulduğunda, işitsel sistemleri bilgiyi yararlı bir şekilde işleyemeyebilir. Buna karşılık, ILD ipuçları CI işlemcileri tarafından alınır ve tüm bilateral CI kullanıcıları bu ipuçlarına duyarlılık gösterirler (Aronoff et al., 2010). Ayrıca, 3 yaşından sonra (postlingual) çok ileri derecede işitme kayıplı olan çocukların, ITD ipuçlarına kısıtlı erişimi vardır ve doğuştan işitme kayıplı olan çocuklardan daha iyi performans gösterirler (Steinberg et al., 2013). İlk olarak, işitsel sistemlerinin işitme kaybı başlamasından önce bu bilgileri kısmen kodlayabilmesidir. Bu konu, çoğu doğuştan işitme kaybı olan, iki taraflı CI kullanıcılarının, gelecekteki tedavisi açısından büyük önem taşımaktadır ve ITD ipuçlarını yakalayan ve gönderebilen CI işlemcilerinin geliştirilmesiyle kazanılabilecek avantajlara dikkat çekmektedir (Kerber & Seeber, 2012), (David et al., 2015) (Killan et al., 2019).

2.7.7. Koklear İmplant Kullanıcılarında Gürültüde Yön Tayini

Bir çocuğun karmaşık işitsel ortamlarda konuşmayı gürültüden ayırma yeteneği, öncelikle normal işiten çocuklarda incelenmiştir ve son zamanlarda bu yeteneğin işitme kaybı olan ve CI'leri kullanan çocuklarda nasıl ortaya çıktığı da anlaşılmaktadır. İki popülasyon arasında, her iki çocuk grubunun işitebileceği spatial/uzaysal ipuçlarını en üst düzeye çıkaran koşullarda benzerlikler vardır. Gürültüde konuşma anlaşılırlığı konusundaki kontrollü deneylerin amacı, çocukların bildikleri konuşma seslerinin içeriğini tanımlama becerilerini ölçmektir; kelimeleri test etmek yerine, bu testlerde sadece çocukların aşina olduğu ve çocuklar tarafından bilinen uyaranlar kullanır. İkinci hedef, gündelik dinleme durumlarını taklit eden senaryoların oluşturulmasıdır; örneğin, ilgilenilen ses ön tarafta çocuğa yöneldiğinde (hedef konuşma) ve diğer sesler (maskeleyiciler) ile eşzamanlı konumlarda ortaya çıkar. Maske veya hedef konuşmadan mekansal olarak ayrılır (Şekil 15) (Killan et al., 2019).



Şekil 15. Koklear implantlılarda, gürültüde yön tayini deney kurulumu. (a) Hedef konuşma, önden sessiz ortamda sunulur. (b) Hedef konuşma ve iki maskeleyici (gürültü)de önden sunulur. (c) İki maskeleyici ve ikisi de sol kulağa doğru yer değiştirir. Toplamda altı sinyal vardır, her bir kulağa her bir kaynaktan üç sinyal gönderilir. Bununla birlikte, hedef tarafından sağlanan yön ipuçları maske oluşturan sinyallerden farklıdır. (d) Bu simetrik konfigürasyonda, hedef konuşma önde ve iki maskeleyici sağdan ve soldan sunulur, "daha iyi kulağın" olmadığı bir durum yaratılır ve dinleyici konuşmayı mekânsal olarak ayırmak için binaural ipuçlarını kullanmak zorundadır (Killan et al., 2019).

Şekil 15'te, konuşmayı arka plan gürültüsünden veya maskelerden ayırmak için uzaysal/spatial ipuçlarını kullanma yeteneği hakkında bilgi veren dört senaryo görülmektedir. Panel A, hedef konuşmanın önden sessiz olarak sunulduğu ve uyaranın her kulağa ulaştığı en basit durumu göstermektedir. Panel B, ön konuma iki maskeleyici eklenmiş maskeleme koşulu örneğini göstermektedir. Her kaynak, her iki kulağa ulaşan sesler ve çocuğun hedef konuşmadan anlam çıkarması için ayrılması gereken karmaşık bir sinyal dizisi oluşturur. Konuşma anlaşılırlığı için tipik yararlı mekansal ipuçları, özellikle Şekil 15c'de gösterilen durum oluştuğunda ortaya çıkmaktadır. Burada iki maskeleyici bulunmakta ve ikisi de sol kulağa doğru yer değiştirmektedir. Bununla birlikte, hedef tarafından sağlanan yön ipuçları maskelerinkinden farklıdır. Ek olarak;

hedef konuşmanın, uygun bir sinyal-gürültü oranı (SNR) ile sağ kulağa ulaşması, "başın gölge" etksinin, uygun dinleme koşulu yarattığı anlamına gelmelidir (Killan et al., 2019) (Holmes, Rowan, & Cullington, 2013).

Birçok çocuk için, Şekil 15c'de gösterilen durum, maskelemenin konumsal değişimi (Spatial release from masking-SRM) olarak bilinen bir etki ile sonuçlanır. Böylece performans, maskelerin hedefle birlikte konumlandırılma koşullarına kıyasla daha iyidir (Holmes et al., 2013) (Litovsky et al., 2006). Performans tipik olarak, konuşmayı alma eşiklerinin (SRT'ler) sessiz durum ve konumsal olarak ayrılmış koşullar altında elde edilmesiyle ölçülmektedir. Böylece SRM, aynı düzleme yerleştirilmiş ve ayrılmış koşullar arasındaki SRT'ler arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. SRT ile daha yüksek değerler daha düşük performansa, yani çocuğun hedef kelimeleri doğru bir şekilde tanımlayabilmesi için daha büyük bir SNR'nin gerekli olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, çocuk hedef kelimelerin anlamını maske içinden çıkarmak için konum ipuçlarından yararlanabilmektedir (Litovsky et al., 2012).

2.8. Reverberasyon nedir?

Reverberasyon (Yankılanma); ses kaynağı kapandıktan sonra, ses şiddetinin almış olduğu en yüksek değerin, bir milyonda birine düşmesi veya ses düzeyinin en yüksek değerinden, 60dBSPL azalması için, saniye cinsinden geçen süreye o hacmin **reverberasyon** süresi denir. (ANSI-RT 60) (Zannin & Zwirtes, 2009)

Kapalı ve yankılanmaya uygun bir ortamda, sesin oluştuktan sonra birçok kez ortamdaki yüzeylere çarparak, bir süre daha devam etmesidir. Müzik ve konuşma amaçlı binaların yapımında önemli bir değişken olarak ele alınır. Yankılanma miktarı dinleme odaları, stüdyolar, okullar, sinema amaçlı mekanlar vb. farklı kullanımlar için farklı düzeylerde ayarlanır (Zannin & Zwirtes, 2009) (ANSI, 2002).

2.8.1. Reverberasyon Hesaplama

Bir alanın yankılanma süresini ölçmek, gürültü kontrol problemini tanımlamak için iyi bir yoldur. Geniş açık alanlarda, konuşmayı anlamada zorluk çekiliyorsa, yankılanma (Reverberasyon) sorunu olabilir.

Mevcut bir odada, bir hoparlör ve ses seviyesi ölçer kullanarak yankılanma süresi ölçebilir (Şekil 16). Wallace Clement Sabine tarafından oluşturulan "*Sabin Formülü*" kullanarak yankılanma süresi de hesaplanılabilir. Bu denklem, boşluğun hacmine ve boşluk içindeki toplam emilim miktarına dayanmaktadır. Bir alandaki toplam emilim

miktarına "*Sabin katsayısı*" denir. Sabin katsayısını hesaplamak için boşluk içindeki her malzeme için emilim ve yüzey alanının göz önünde tutulması gerektiğine dikkat etmek önemlidir.



Şekil 16. Reverberasyon ölçmek için, oda içine konumlanmış hoparlör ve ses seviye ölçer (SLM) düzeneği (www.hitechaudiosystems.com).

Sabin değerlerini elde etmek için odanın hacmi (uzunluk x genişlik x yükseklik) ve yüzey malzemeleri kullanılmaktadır. (ANSI, 2002) (Zannin & Zwirtes, 2009)

2.9. Hacim Akustiğinde Ölçüm Parametreleri

2.9.1. Reverberasyon (Yankılanma) süresi (RT60)

Bir alanda yankılanan ses, ses enerjisi odanın yüzeyleriyle çoklu etkileşimler tarafından emildiği için zamanla azalır. Daha yansıtıcı bir odada, sesin azalması daha uzun sürer ve odanın "yankılı" olduğu söylenir. Çok emici bir odada ses çabucak azalacak ve oda akustik olarak "yankısız" olarak tanımlanacaktır. Ancak yankılanmanın tamamen azalma süresi, sesin ne kadar yüksek sesle başlayacağına ve ayrıca gözlemcinin işitmesinin keskinliğine bağlı değişen parametrelerdir. Tekrarlanabilir bir parametre sağlamak için, standart yankılanma süresi, sesin orijinal seviyesinin 60dBSPL altında bir şiddete düşme süresi olarak tanımlanmıştır. Yankılanma süresi yaklaşık bir hesaplamaya izin verecek şekilde modellenebilir (Lucus, Goshorn, & Kemker, 2010).

Reverberasyon süresinin genel formülü şöyledir:

$RT = 0.161 \frac{V}{A}$

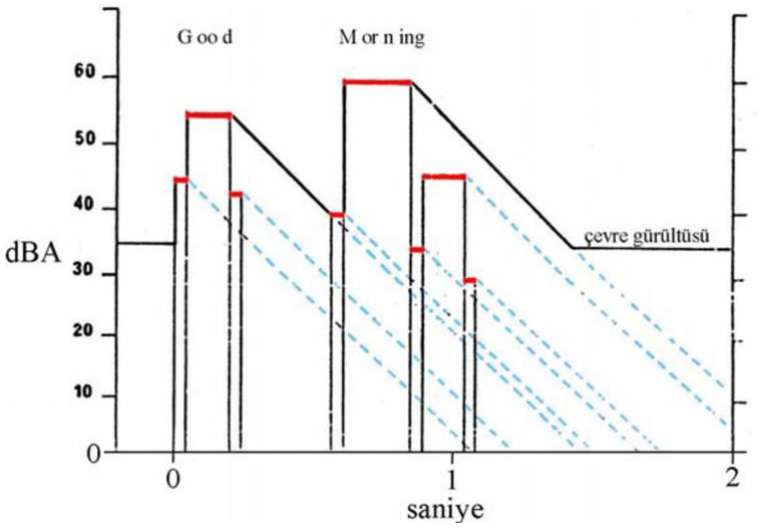
RT: Reverberasyon süresi (sn)

V: Odanın hacmi (m3)

A: Toplam oda yutuculuğu (Hacimdeki nesnelerin ve yüzeylerin toplam yutuculuğu)

Reverberasyon süresinin uzun olması, konsonantları maskeleyerek, vokallerin, spektral enerjisinin uzamasına neden olur. Vokaller daha yüksek enerjiye sahiptir ve konsonantlara göre daha uzun sürelidirler. Bu durum özellikle, anlaşılabilirlikte temel etken durumunda olan yüksek frekanslardan oluşan konsonantların algılanmasını engelleyeceğinden, konuşmanın anlaşılabilirliği ve iletim kalitesi azalacaktır (Libbey & Rogers, 2004).

Şekil 17'ye göre; iki farklı kelimenin zaman ve ses yüksekliği arasındaki ilişki basitleştirilerek grafik şeklinde gösterilmiştir. Zaman ve her sesin gücü, anlaşılır bir şekilde yatay kalın çizgilerle ifade edilmiştir. Reverberasyon süresinin uzun olduğu açıkça ortada olup, ilk gelen kelimenin reverberasyonu ikinci ses veya sesleri büyük ölçüde maskelemiştir. Öncelikle zayıf olan seste çok güçlü vokal olduğu duruma dikkat edilmelidir. Konuşma anlaşılabilirliğinin daha iyi olması için reverberasyon süresini oluşturulan iki ses arasında tamamlanıp kısa zamanda bitmesi istenir (Ricketts & Hornsby, 2003).



Şekil 17. İki farklı kelimenin zaman ve ses yüksekliği arasındaki ilişki (Helfer & Wilber, 1990).

Okul vb alanlarda, yankılanmanın belirli bir sınırda tutulması gerekmektedir. Zannin (2009)'a göre bu sınırlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1'de Zannin'e (2009) göre; bir okulun çeşitli mekanlarında olması gereken reverberasyon süresi değerleri verilmiştir.

Mekanlar	**T değerleri**
Çocuk yuvası oyun odaları	< 0.6
Çocuk yuvası sessiz odalar	< 0.6
İlkokul sınıfları, sınıf zeminleri, genel öğretim alanları küçük grup odaları	< 0.6
Ortaokul sınıfları, genel öğretim alanları, seminer odaları, dil laboratuvarları	<0.8
Açık planlı öğretim alanları	<0.8
Açık planlı kaynak alanları	<1.0
Müzik sınıfları,	< 1.0
Grup odaları	$0.6 - 1.2$
Performans/resital odaları	$1.0 - 1.5$
Kayıt stüdyoları	$0.6 - 1.2$
Kontrol odası	<0.5
50 kişiden az konferans odaları	< 0.8
50 kişiden fazla konferans odaları	< 1.0
İşitme engelli çocuklar için tasarlanan konuşma terapi odaları	< 0.4
Çalışma odaları	< 0.8
Kütüphaneler	< 1.0
Fen laboratuvarları	< 0.8
Sanat odaları	< 0.8
Toplantı odaları, çok amaçlı salonlar	$0.8 - 1.2$
Görsel/işitsel, video konferans odaları	< 0.8
Öğrenciler tarafından kullanılan avlu, hava dolaşımı hacimleri	< 1.5
Kapalı spor hacmi	< 1.5
Dans stüdyoları	< 1.2
Yüzme havuzu	< 2.0
Revir, sağlık odaları	< 0.8
Yemek odaları	<1.0
Koridorlar, merdiven boşlukları	< 0.8
Tuvaletler	< 1.5

Tablo 1. Okul mekanlarında olması gereken reverberasyon süreleri (Zannin & Zwirtes, 2009).

2.9.2. Sinyal gürültü oranı (Signal to Noise Ratio-SNR)

Sinyal-gürültü oranı (SNR veya S/N) genel olarak mühendislikte kullanılan, istenen bir sinyalin seviyesini arka plandaki gürültü seviyesiyle karşılaştıran bir ölçüdür. Odyolojide SNR; sinyal gücünün, gürültü gücüne oranı olarak tanımlanır ve genellikle desibel (dB) cinsinden ifade edilir. Sinyal ve gürültü şiddeti arasındaki fark olarak tanımlanır ve şu formülle hesaplanmaktadır:

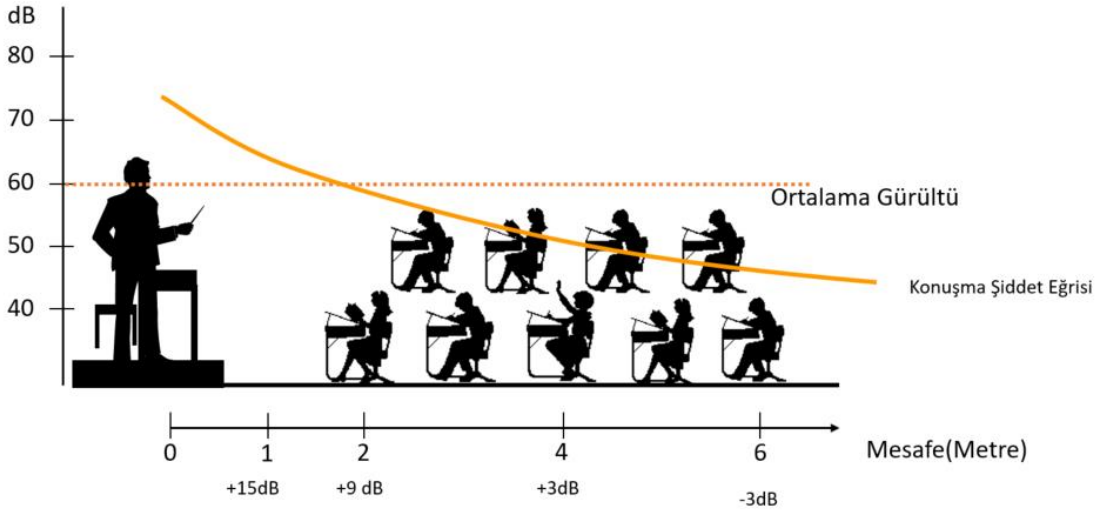
S/N = L_{sinyal}- $L_{gürültü}$

Bradley (2004)'e göre, eğitsel ortamlarında SNR ≥ +15dB olması önerilmiştir. Öğrencilerin, konuşma anlaşılırlığının yüksek olması için yüksek SNR değerleri gereklidir. Birçok araştırma, çocuk dinleyicilerin, yetişkin dinleyiciler ile aynı konuşma algılamasına erişmeleri için daha iyi sinyal-gürültü oranlarına ihtiyaç duyduklarını göstermiştir. (K. Anderson, Goldstein, Colodzin, & Iglehart, 2005). (Şekil 18)



Şekil 18. Sinyal gürültü oranı ve mesafe ilişkisi. (Van Deun et al., 2009)

Sinyal gürültü oranını +10 dB'den düşük sınıflarda yapılan araştırmalar, konuşmanın anlaşılabilirliğinin normal işiten çocuklarda bile anlamlı düzeyde azaldığını göstermektedir. (Şekil 19) İşitme kayıplı çocuklarda SNR'nin en az +15 dB olması gerekmektedir (K. Anderson et al., 2005).



Şekil 19. Sınıf ortamında, sinyal-gürültü ilişkisi (K. L. Anderson, 2008).

2.9.3. Arka plan gürültüsü

Arka plan gürültüsü veya ortam gürültüsü, izlenen ses (birincil ses) dışında herhangi bir sestir. Arka plan gürültüsü, bir gürültü kirliliği veya artefakt türüdür. Arka plan gürültüsü, ortamdaki gürültü seviyelerinin ayarlanmasında önemli bir kavramdır.

Arka plan sesleri arasında kokteyl parti gürültüsü (Anlamsız konuşma gürültüsü), su sesleri, trafik gürültüsü, alarmlar, buzdolapları, klima, güç kaynakları ve motorlar gibi cihazlardan kaynaklanan elektrik gürültüsü bulunur. Arka plan gürültüsünün önlenmesi veya azaltılması, aktif gürültü kontrolü alanında önemlidir. Özellikle eğitsel ortamlarda akademik becerilerin artırılması için de son derece önemlidir (Lambert, 2002).

Ülke	Bel (1)	Fra	Ger(4)	Ita (2)	Por	UK (3)	Swe	Tur
Gürültü tanımı	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Aeq}	L_{Aeq} 1h	Leq	L_{Aeq}
Tanımlandığı yıl	1977/87	1995	1983	1975	2000	1997	1995/ 2001	1986
Tanımın türü	Standart	Karamame	Standart	Standart	Draft Standard	Guideline	Standart	Yönetmelik
Etkinlik türü								
Sınıflar	30/35/ 40/ 45	38	35-40	36	35	40	26/40	45
Kütüphane		33	30-35			40	35	
Müzik odaları	30/30/ 35/40					30		
Salon ve koridorlar				40		50		
Yemek ve spor salonları	35/40/ 45/50	43	45-50	40	40-45		40	60

(1) Gürültü seviyeleri limitleri dış alana bağlıdır, 4 kategori de sınıflandırılır, bunlar:

1. $L_{Aeq} < 55\,dB$ *,* $2.55\,dB < L_{Aeq} < 65\,dB$ *,* $3.\ 65\,dB \cdot < L_{Aeq} < 75\,dB$ *,* $4. L_{Aeq} > 75\,dB$.

(2) İtalya'da bazı yönetmelikler hazırlanmaktadır.

(3) Maksimum arkaplan gürültü seviyeleri duyma engelli bütün sınıflar için 10 dB 'den az olmalıdır.

(4) Açık alanlardan ve havalandırmadan ve klimadan kaynaklı gürültü.

Şekil 20. Bazı ülkelerin kullandıkları okul hacimlerine göre arka plan gürültü limitleri (Söderlund, Sikström, Loftesnes, & Sonuga-Barke, 2010).

Arka plan gürültü seviyeleri, kanunlarda belirlenmiş sınırlardan daha yüksek ise, kabul edilebilir en yüksek gürültü seviyeleri olarak, Leq (arkaplan) dBA +3 veya Leq (arkaplan) dBC +5 alınmaktadır (Şekil 20) (Sarampalis, Kalluri, Edwards, & Hafter, 2009).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız; İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul komisyonu 04.09.2018 tarihli, 83045809-604.01.02 sayı numaralı onayı ile İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Tıp Fakültesi KBB/Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları ünitesinde, Ekim 2018-Eylül 2019 tarihleri arasında yürütülmüştür.

Tüm katılımcılara ve/veya velilerine, gönüllülük esasına dayalı olarak bilgilendirilmiş ve onam formu imzalatılmıştır.

3.1. Katılımcılar

Ülkemizde, Kasım 2016 öncesi sağlık uygulama tebliği (SUT) gereğince koklear implant ameliyatları çoğunlukla tek kulağa yapılmıştır. Kasım 2016 itibariyle kanuni uygulamada yapılan değişiklik sonrası, ameliyat olan 4 yaş ve altı bireyler simültane (aynı seansta) bilateral koklear implant ameliyatı olmaktadır. Bu zorunluluk dolayısıyla; ilgili tarihten (Kasım 2016) öncesi kullanıcılar, sıralı implant (ardışık, farklı seanslarda, zaman aralıklı) yapılmak zorunda kalınmıştır. Çalışmamıza dahil olan bireyler kasım 2016 öncesi ameliyat olmuş ardışık koklear implant kullanıcısı bireylerden seçilmiştir.

Bilateral çok ileri derecede işitme kayıplı, ardışık koklear implant (CI) ameliyatı olmuş, 18 kadın, 16 erkek bilateral CI kullanıcısı çalışmaya dahil edilmiştir. Deneklerin yaş aralığı, 8 yaş 4 ay ile 10 yaş 11 aydır. Katılımcıların, ilk CI olma yaşı, 12 ay ile 3 yaş 8 aydır. İkinci CI olma yaşları; 6 yaş 1ay ile 8 yaş 10 aydır. (Tablo 2)

Çalışmamıza dahil edilen CI kullanıclarının, 23'si ***Medel***, 11'ü ***Cochlear*** marka (Şekil 21) koklear implant kullanıcısıdır. (Tablo 2)



Şekil 21. Bilateral CI kullanıcısı (*Cochlear*).

Çalışmaya dahil edilen deneklerde; ***Medel*** kullanıcıları için ***FSP4p***, ***Cochlear*** marka için deneklerin konuşma işlemleme stratejileri ***ACE*** olarak seçilmiştir. (Mevcut konuşma işlemcileri ile en hızlı ve lokalizasyon ipuçlarını en iyi taşıyabilecek varsayılan algoritmalardır.)

3.2. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışmamıza, bilateral CI kullanıcısı, dil gelişim yaşı 7 yaş ve üzeri, yaşına uyumlu ve lokalizasyon testlerini yapabilecek motor/bilişsel becerilere sahip, koklear implantlı serbest alan işitme eşikleri 30 dBHL ve daha iyi olan denekler dahil edilmiştir. (Tablo 3)

Deneklerin tümü, normal kulak burun boğaz muayene bulgularına ve immitansmetrik sonuçlara sahip bireylerdir. İşitme kaybı dışında, nörolojik, psikiyatrik patolojileri olan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Çalışmaya dahil edilme kriterlerine sahip olmayan tüm katılımcılar, çalışma dışı bırakılmıştır.

3.3. Yöntem

Çalışmamıza dahil edilen tüm bireylere immitansmetrik/odyolojik testler, dil gelişim testi (Tifaldi, Alıcı/ifade edici dil testi skoru 7 yaş ve üzeri olanlar), sessiz ortamda, gürültüde yön tayin etme ve reverberasyonda yön tayini testleri uygulanmıştır.

3.4. Immitansmetrik İnceleme

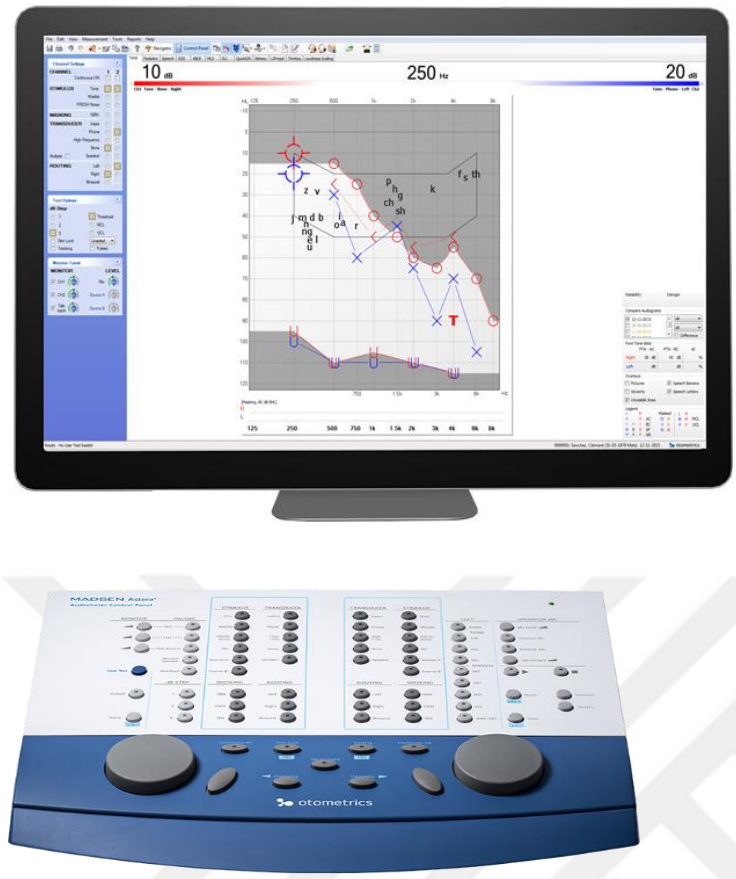
İmmitansmetrik incelemede, standart prob tonda (226 Hz 85 dBSPL), *GSI TympStar V 2 (Grason-Stadler Inc. Tiger/USA)* ekipmanı kullanılmıştır (Şekil 22). Normal timpanometrik değer kriteri, statik komplians değerinin ≥ 0,3ml ve timpanik tepe basıncı değerinin -100 daPA ile + 50 daPA arasında kabul edilmiştir.



Şekil 22. GSI Tympstar V2 Timpanometri ekipmanı. *(http://www.grason-stadler.com)*

3.5. Saf Ses Odyometri Değerlendirmeleri

Çalışmaya dahil edilen bireylere, CI ile işitme eşiklerinin belirlenmesi amacıyla, kulak burun boğaz muayenesinin ardından, serbest alan işitme eşikleri *Otometrics Astera 2 (Otometrics, Natus Medical Incorporated/USA)* klinik klinik odyometre (Şekil 23) ve *JBL* hoparlörler kullanılarak, 125-8000 Hz frekans aralığında, *ascending* yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

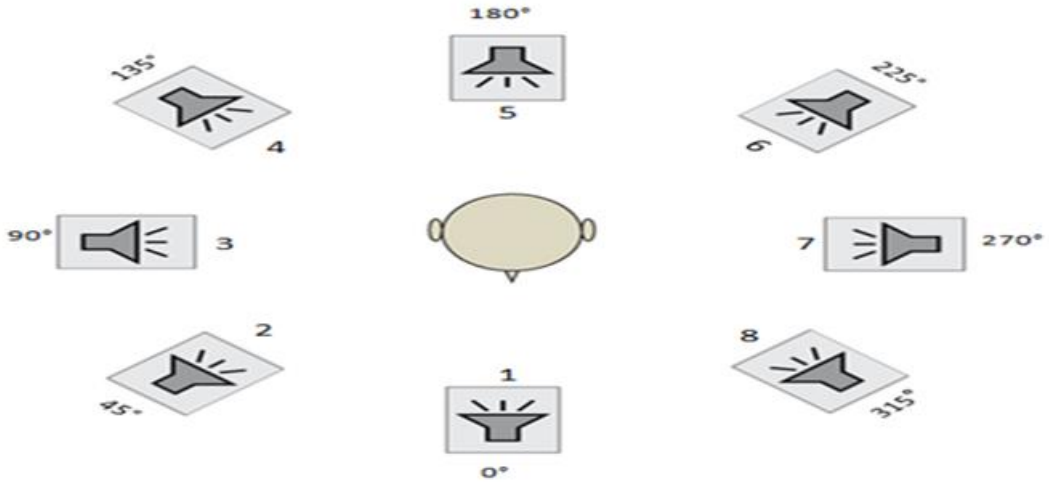


Şekil 23. Astera 2 Klinik odyometre. *(www.otometrics.com)*

3.6. Yön Tayini testleri

Yön tayini testleri; *Otometrics Astera* odyometre (Şekil 23) ile 45°'lik açılarla 360° yerleştirilmiş, *JBL* hoparlörler ile (Şekil 24) sessiz ortamda, sinyal gürültü oranı SN:+10dB, SN: 0dB, SN: -10 dB olacak şekilde, 4 farklı kombinasyonda gerçekleştirilmiştir. Yankılı ortam koşulları; "*Sesim nereden geliyor?*" cümlesine 0,3 sn, 0,6 sn ve 0,9 sn reverberasyon eklenerek, lokalizasyon değerlendirmeleri yapılmıştır.

Yankılı seslerin oluşturulmasında; *Adobe Audition CC 2019©* programı kullanılmıştır. "Sesim nereden geliyor?" taşıyıcı cümlesine; 0,3 sn, 0,6 sn ve 0,9 sn yankılanma süresi eklenerek, yankılı ortam simülasyonu yaratılmıştır.



Şekil 24. Lokalizasyon becerilerinin değerlendirildiği denek ve hoparlör yerleşimi.

Deneklere, sessizleştirilmiş odada, standart koşullarda kaydedilmiş, kadın konuşmacı tarafından seslendirilmiş, "***Sesim nereden geliyor?***" soru cümlesi ile sesin yönünü lokalize etmesi istenilmiştir (Şekil 25, 26).



Şekil 25. 45 derecelik açılarla yerleştirilmiş hoparlörler ile lokalizasyon değerlendirilmesi.

Denek tahmin ettiği yönü eli ile işaret ederek, ilgili hoparlörü göstermiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Deneğin sesi lokalize ettiği yönü işaret etmesi.

3.7. Çalışmada Kullanılan İstatistiki Yöntemler

Değişkenlerin değerlendirilmesinde, tanımlayıcı istatistikleri kişi sayısı, yüzde değeri ve ortalama, standart sapma, medyan ile yapılmıştır. Nominal değerler için Chi-Square Testi, sürekli değişken kıyaslamalarında değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığı Shapiro-Wilk Testi, normal dağılımlı değişkenler Independent Samples T Testi ile değerlendirilmiştir. İki sürekli değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü belirlemek amacıyla verilerin normal dağılması halinde Pearson Korelasyon Testi, normal dağılmaması halinde Spearman Korelasyon Testi kullanılmıştır.

İstatistiki analizler için *Statistical Package for the Social Science* programı SPSS-21 *(IBM SPSS Statistics)* kullanılarak, güven aralığı %95 düzeyinde tutularak analiz sonuçları $p<0,05$ düzeyi ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmamızda, tek taraflı ve bilateral implant kullanımının uzaysal işitme ve yön tayini, gürültü, reverberasyonun (Yankının) etkisini araştırmak amacıyla, çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan, 18 kadın, 16 erkek bilateral CI kullanıcısı çalışmaya dahil edilmiştir. Deneklerin yaş aralığı, 8 yaş 4 ay ile 10 yaş 11 aydır. Katılımcıların, ilk CI olma yaşı, 12 ay ile 3 yaş 8 aydır . İkinci CI olma yaşları; 6 yaş 1ay ile 8 yaş 10 aydır. İmplant kullanım süreleri; ilk ameliyat olan kulaklar için 62-119 ay, ikinci kulaklar için 12-42 aydır.

Denekleri, kullandığı koklear implant markasına göre kıyaslama, denek sayılarının yeterli ve denk olmadığı için yapılamamıştır.

Çalışma grubuna ilişkin yaş, cinsiyet, CI kullanım süreleri ve dil gelişim bilgileri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Deneklerin Demografik ve dil gelişim bilgileri.

		Çalışma Grubu (n=34)	
		n	**%**
Cinsiyet	Kadın	18	52,9
	Erkek	16	47,1
Yaş		115,7 ±10,7 ay	
CI Kullanım süreleri	Sağ	75,8±32,4 ay	
	Sol	40,1±29,9 ay	
Dil Yaşı		89,7±6,3 ay	
CI Markası	Medel	23	
CI Markası	Cochlear	11	

Deneklerin, sağ/sol ve bilateal koklear implantları ile işitme eşikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

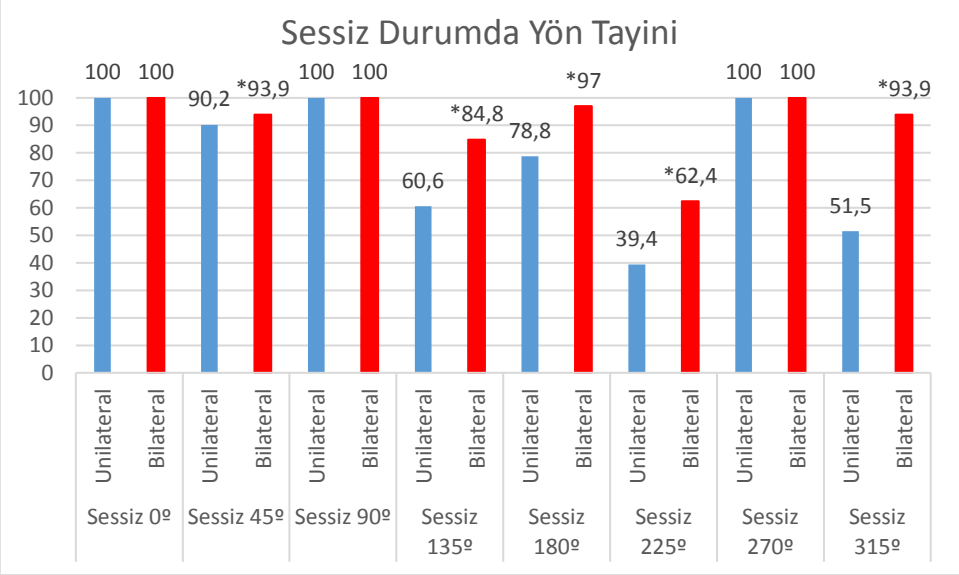
Tablo 3. Deneklerin sağ-sol ve bilateral implantlı serbest alan işitme eşikleri.

CI ile FF	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Sağ	25	20	20	15
Sol	30	20	20	20
Bilateral	25	20	15	15

Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) lokalizasyon, gürültüde ve reverberasyon eşliğinde lokalizasyon sonuçları ve istatistiki anlamlılık değerleri Tablo 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve Unilateral-Bilateral implant karşılaştırmaları Şekil 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33'te verilmiştir:

Tablo 4. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Sessiz durumda lokalizasyon sonuçları.

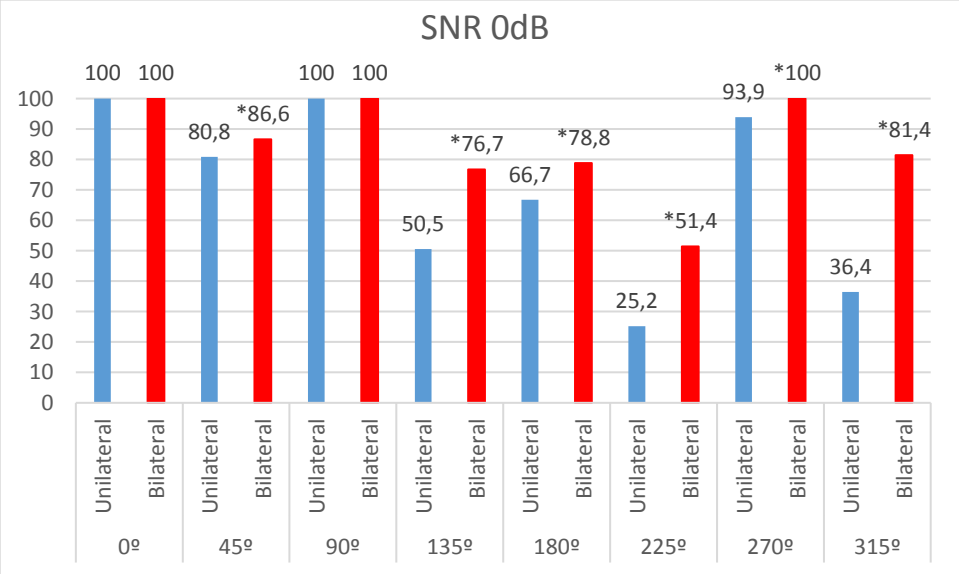
Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
Sessiz 0º	100	100	0,943
Sessiz 45º	90,2	93,9	,0005*
Sessiz 90º	100	100	0,677
Sessiz 135º	60,6	84,8	,0005*
Sessiz 180º	78,8	97	,0005*
Sessiz 225º	39,4	62,4	,0001*
Sessiz 270º	100	100	0,229
Sessiz 315º	51,5	93,9	,0001*



Şekil 27. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Sessiz durumda lokalizasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

Tablo 5. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR 0dB durumunda lokalizasyon sonuçları.

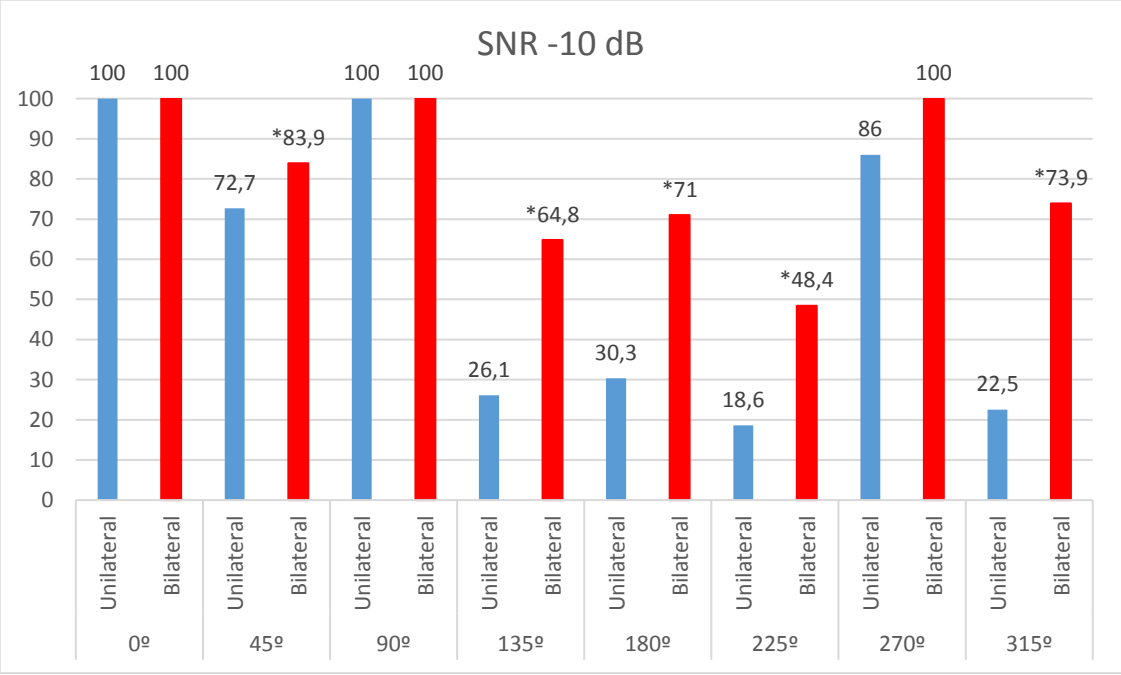
Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
SNR 0dB 0º	**100**	**100**	**0,877**
SNR 0dB 45º	**80,8**	**86,6**	**,0001***
SNR 0dB 90º	**100**	**100**	**0,484**
SNR 0dB 135º	**50,5**	**76,7**	**,0001***
SNR 0dB 180º	**66,7**	**78,8**	**,0001***
SNR 0dB 225º	**25,2**	**51,4**	**,0001***
SNR 0dB 270º	**93,9**	**100**	**,0001***
SNR 0dB 315º	**36,4**	**81,4**	**,0001***



Şekil 28. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR 0dB durumunda lokalizasyon sonuçları.

Tablo 6. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR -10dB durumunda lokalizasyon sonuçları.

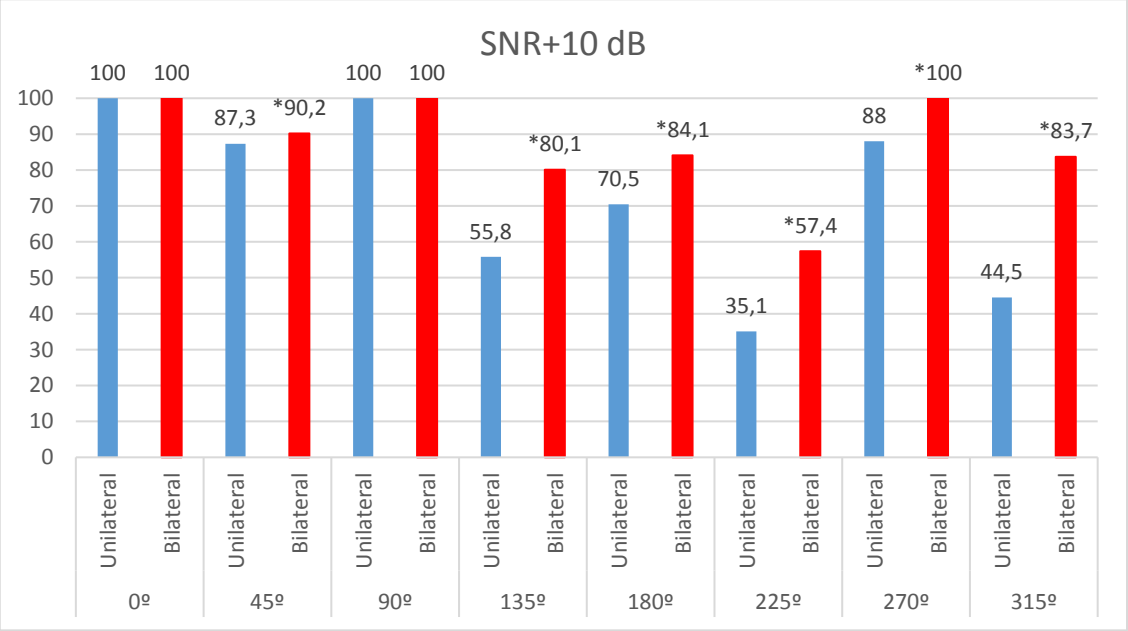
Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
SNR -10dB 0º	100	100	0,793
SNR -10dB 45º	72,7	83,9	,0005*
SNR -10dB 90º	100	100	0,463
SNR -10dB 135º	26,1	64,8	,0001*
SNR -10dB 180º	30,3	71	,0005*
SNR -10dB 225º	18,6	48,4	,0001*
SNR -10dB 270º	86	100	0,322
SNR -10dB 315º	22,5	73,9	,0001*



Şekil 29. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR -10dB durumunda lokalizasyon sonuçları.

Tablo 7. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR +10dB durumunda lokalizasyon sonuçları.

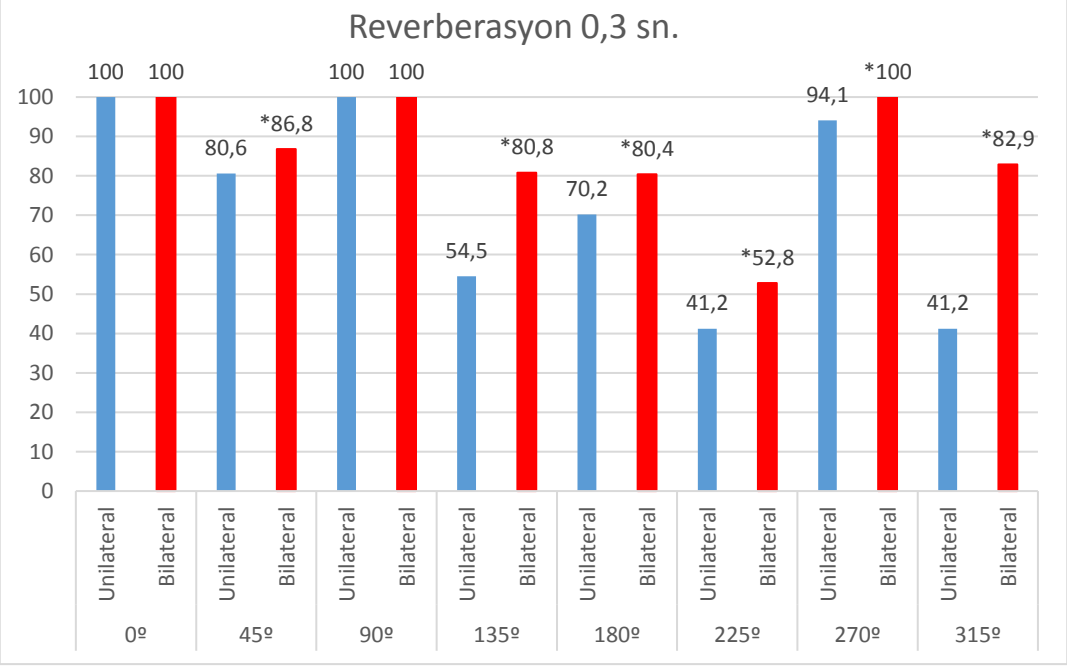
Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
SNR +10dB 0º	**100**	**100**	**0,911**
SNR +10dB 45º	**87,3**	**90,2**	**,0001***
SNR +10dB 90º	**100**	**100**	**0,411**
SNR +10dB 135º	**55,8**	**80,1**	**,0001***
SNR +10dB 180º	**70,5**	**84,1**	**,0001***
SNR +10dB 225º	**35,1**	**57,4**	**,0001***
SNR +10dB 270º	**88**	**100**	**,002***
SNR +10dB 315º	**44,5**	**83,7**	**,0001***



Şekil 30. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) SNR +10dB durumunda lokalizasyon sonuçları.

Tablo 8. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,3 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları.

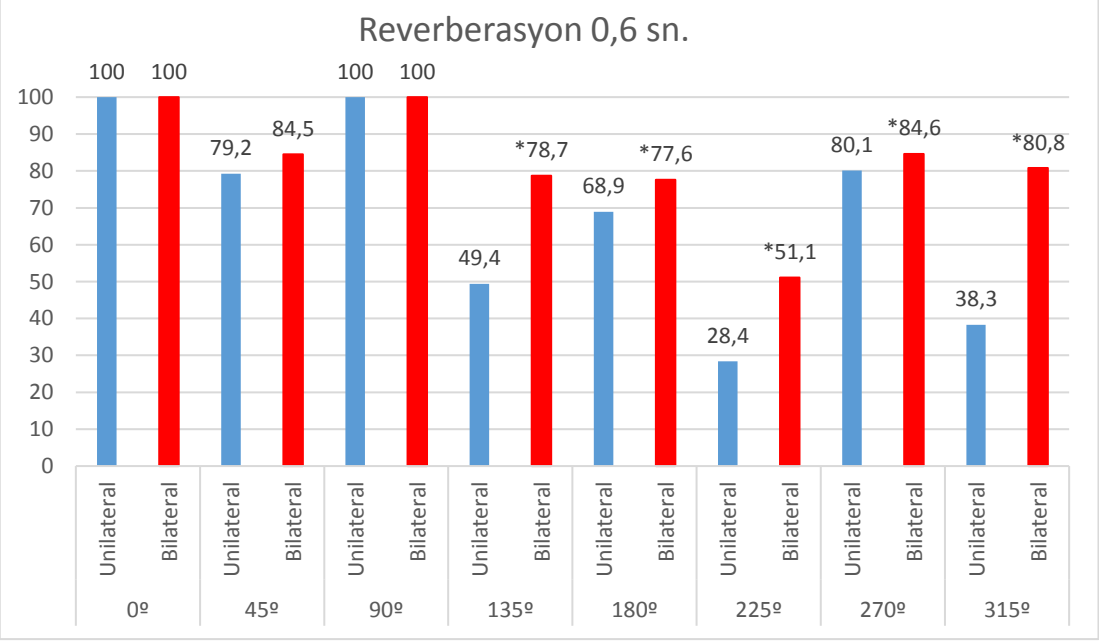
Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
Reverberasyon 0,3 0º	100	100	0,864
Reverberasyon 0,3 45º	80,6	86,8	,004*
Reverberasyon 0,3 90º	100	100	0,48
Reverberasyon 0,3 135º	54,5	80,8	,0001*
Reverberasyon 0,3 180º	70,2	80,4	,0001*
Reverberasyon 0,3 225º	41,2	52,8	,0001*
Reverberasyon 0,3 270º	94,1	100	,002*
Reverberasyon 0,3 315º	41,2	82,9	,0001*



Şekil 31. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,3 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları.

Tablo 9. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,6 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları.

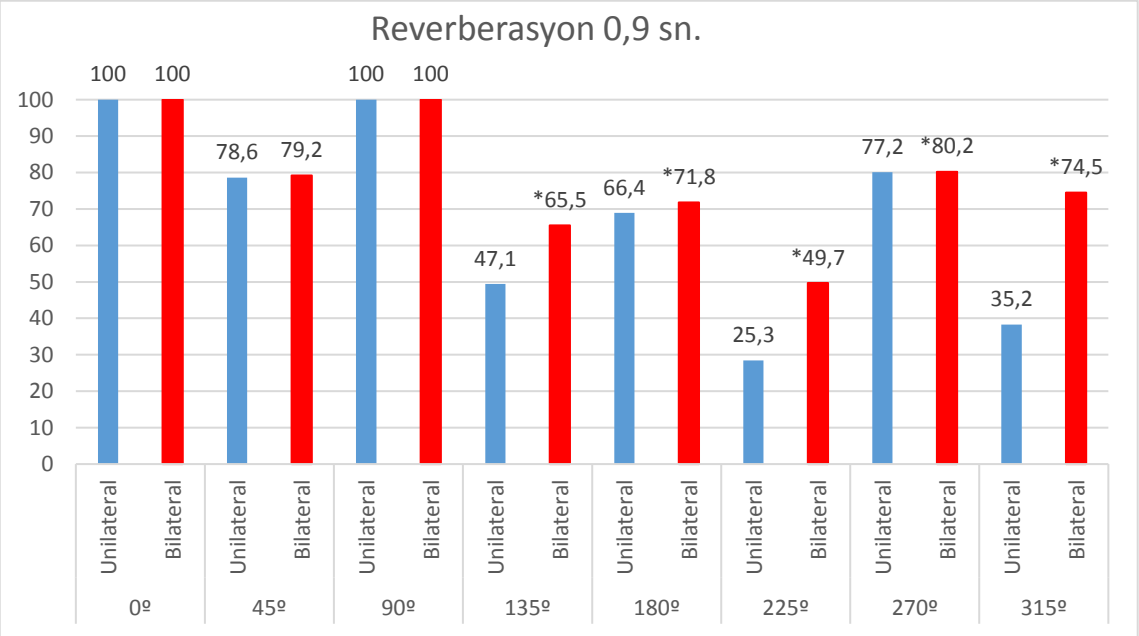
Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
Reverberasyon 0,6 0º	**100**	**100**	**0,712**
Reverberasyon 0,6 45º	**79,2**	**84,5**	**0,011**
Reverberasyon 0,6 90º	**100**	**100**	**0,501**
Reverberasyon 0,6 135º	**49,4**	**78,7**	**,0005***
Reverberasyon 0,6 180º	**68,9**	**77,6**	**,0001***
Reverberasyon 0,6 225º	**28,4**	**51,1**	**,0005***
Reverberasyon 0,6 270º	**80,1**	**84,6**	**,002***
Reverberasyon 0,6 315º	**38,3**	**80,8**	**,0001***



Şekil 32. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,6 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları.

Tablo 10. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,9 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları.

Durum	**İlk CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Bilateral CI ile Lokalize etme Oranı %**	**Anlamlılık (p)**
Reverberasyon 0,9 0º	100	100	0,709
Reverberasyon 0,9 45º	78,6	79,2	,008
Reverberasyon 0,9 90º	100	100	0,467
Reverberasyon 0,9 135º	47,1	65,5	,002*
Reverberasyon 0,9 180º	66,4	71,8	,004*
Reverberasyon 0,9 225º	25,3	49,7	,0005*
Reverberasyon 0,9 270º	77,2	80,2	,009*
Reverberasyon 0,9 315º	35,2	74,5	,0001*

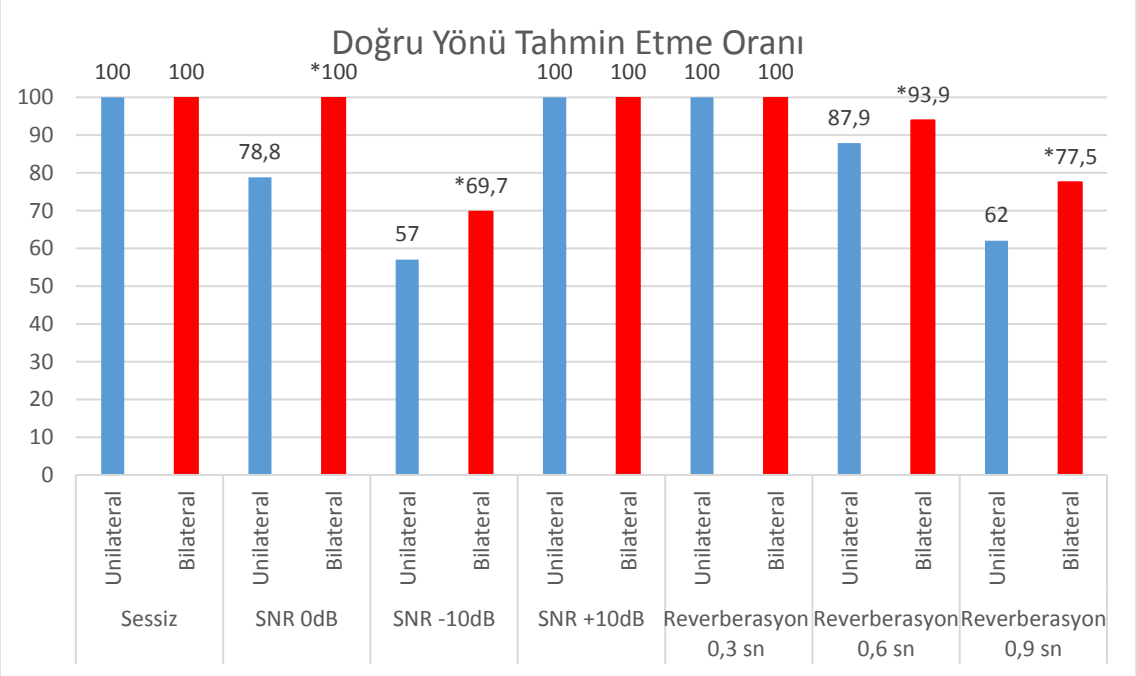


Şekil 33. Deneklerin, ilk implantları (Tek CI) ile bilateral (İki CI) Reverberasyon 0,9 sn olması durumunda lokalizasyon sonuçları.

Deneklerin, kurgulanan farklı durumlar için taşıyıcı uyaranı doğru lokalize edemese de; doğru yönü göstererek elde ettikleri skorlar Tablo 11 ve Şekil 34'te verilmiştir.

Tablo 11. Kurgulanan farklı durumlar için taşıyıcı uyaranı doğru lokalize edemese de; doğru yönü göstererek elde ettikleri skorlar verilmektedir.

Durum	**İlgili ses ortamında, İlk CI ile Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)**	**İlgili ses ortamında, Bilateral CI ile Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)**	**Anlamlılık (p≤0,05)**
Sessiz	100	100	,917
SNR 0dB	**78,8**	**100**	**,004***
SNR -10dB	57	69,7	,005*
SNR +10dB	**100**	**100**	**,882**
Reverberasyon 0,3 sn	100	100	,953
Reverberasyon 0,6 sn	**87,9**	**93,9**	**,005***
Reverberasyon 0,9 sn	62	77,5	,001*



Şekil 34. Kurgulanan farklı durumlar için taşıyıcı uyaranı doğru lokalize edemese de; doğru yönü göstererek, Unilateral ve Bilateral implantları ile elde ettikleri skorlar verilmektedir.

5. TARTIŞMA

İşitme sistemi; dil-konuşma, zihinsel becerelerimizi geliştirmesinin yanı sıra günlük hayatımızda içinde bulunduğumuz ortama adaptasyon ve planlamada da etkin görev almaktadır (McCreery et al., 2019).

Uzaysal oryantasyon; bizim günlük yaşam içinde nerede olduğumuzu, ne yöne gittiğimizi, çevresel bilgilerin neler olduğu, bunlara göre vücudumuzu nasıl pozisyonlamamız gerektiği (organize ederek), yaşamsal faaliyetleri ve işitsel organizasyonu içeren yürütücü bir işlevdir. Görme ve işitme duyusu ile doğrudan bağlantılıdır ve bu sistemlerle karmaşık ilişkiler kurarak, öğrenmeye dayalı, tüm yaşam boyunca kullanılan bir beceridir (Mueller et al., 2014a).

İşitme kaybı, bu oryantasyon mekanizması üzerinde, işitme kaybının tipi ve derecesi ile ilgili olarak çeşitli düzeylerde bozulmalara yol açmaktadır. İşitme kaybının erken teşhis ve tedavisi, işitsel gelişimin yanı sıra uzaysal oryantasyon becerilerinin de gelişmesinde son derece önem arz etmektedir (Thompson, 2019).

Ülkemizde yenidoğan işitme taramaları, 2004 yılından bu yana yoğun olarak yapılmakta ve erken dönem/kritik periyotta oluşacak işitsel becerilerdeki sorunları en aza indirgemeyi amaçlamaktadır. Bu nedenlerden dolayı, ilk 6 ayda tüm tanısal işlemlerin tamamlanarak, cihazlama/rehabilitasyon, uygun adaylara 1 yaşında koklear implant uygulaması yapılmaktadır.

Koklear implantlar, ileri-çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan bireylere uygulanan işitsel bir protezdir. Tüm dünyada, konjenital ya da edinsel işitme kayıplı bireylere uygulanan en geçerli tedavi uygulamalarının başında gelmektedir.

Koklear implantlar, günümüz mikro elektronik ve sayısal kodlama teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, tekonolojik atılımını hızlı şekilde sürdürmektedir. Buna rağmen, halen kimi durumlarda dezavantajlar bulunmaktadır. Bunların en önemlileri; ortamda bulunan arka plan gürültüsü, mesafe ve ortamdaki yankıdır (Reverberasyon) (Kerber & Seeber, 2012).

Arka plan gürültüsü, bir ortamda, belirli bir zaman ve koşulda incelenen özel gürültüler çıkarıldıktan sonra, o çevrede kalan artık gürültü" olarak tanımlanır (Wang et al., 2009). İşitme kayıplı bireylerin (Koklear implant kullanıcılarının da), arka plan

içerisinde konuşma sinyalinin belirli bir şiddetin üzerinde olması gerekmektedir ki konuşmayı ayırt etme becerisi istenilen düzeyde kalabilsin. Aksi takdirde konuşma anlama becerileri anlamlı şekilde düşmektedir. İşitme kayıplı bireyler/koklear implant kullanıcılarında, sinyal gürültü oranının, sinyal lehine +15 dBSPL olması gerekmektedir. Bu düzey ve üstünde, işitsel becerilerinin dramatik şekilde iyileştiği bilinmektedir (Badajoz-Davila et al., 2018).

Reverberasyon (Yankı), ses kaynağı kapandıktan sonra, ses şiddetinin almış olduğu en yüksek değerin bir milyonda birine düşmesi veya ses düzeyinin en yüksek değerinden, 60 dBSPL azalması için saniye cinsinden geçen süreye, o alanın **reverberasyon** süresi denir (ANSI-RT 60). Reverberasyonun artması, hem normal işiten hem de işitme kayıplı bireyin konuşma ayırt etme becerilerini olumsuz etkilemektedir. Özellikle işitme kayıplı bireylerde 0,6 sn ve altında olması, istenilen durumdur. Bunun üzerindeki reverberasyon süreleri, konuşmayı ayırt etme ve müzik algısını olumsuz yönde etkilemektedir (K. L. Anderson, 2008).

Gürültü ve reverberasyonun birlikte arttığı, okul gibi ortamlarda koklear implant kullanıcılarının, konuşmayı anlama ve yön tayini becerileri bozulmaktadır. Koklear implant kullanıcılarının büyük kısmının okul dönemindeki bireyler olduğu düşünülünce, kullanıcıların dil/ akademik gelişimi, günlük yaşam içinde farklı noktalardan gelen uyarıcılara organize olma, yön tayini yeteneğinin anlamlı şekilde kötüleşeceği kaçınılmazdır (Kokkinakis, 2018a).

Çalışmamızda yer alan koklear implant kullanıcısı hastalar, ülkemizin özgül koşulları nedeni ile implant uygulamaları arasında uzun süre bulunan ardışık koklear implant kullanıcılarıdır. Koklear implant uygulamaları, ilk CI 12 ay ile ikinci CI 72 ay arasında olup, ortalaması 42 aydır. Bu sürelerin, gelişmiş ülkelerde yapılan ardışık koklear imlant uygulamaları ile karşılaştırıldığında en uzun süreler arasında olduğu görülmektedir (Graham et al., 2009) (Sparreboom et al., 2012) (Illg et al., 2013). Bu nedenle yaptığımız çalışma sonuçları, ardışık koklear implant uygulamaları arasında uzun süre olması durumunda işitme sisteminin nasıl geliştiği ve bu duruma nasıl reaksiyon verdiğini göstermesi açısından önem taşımaktadır.

Peters ve ark. yaptığı çalışmalarında, ardışık CI olan 30 bireyin dil konuşma gelişimleri ve işitsel algı becerilerine bakılmıştır. Iki implant ameliyatı arasında 3 yıl ve altı ve 3 yıl ve üstü olan bireylerin karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan

değerlendirmelerde, iki implant ameliyatı arasında 3 yıl ve altı süre olan bireylerin işitsel algı becerilerinde, daha uzun süre olan bireylerin becerilerine göre anlamlı düzeyde iyi olduğunu bulmuşlardır. Çalışmamızda, tüm deneklerin iki ameliyat arası 3 yıl ve üstü olduğundan böyle bir karşılaştırma yapılamamış olmasına rağmen, iki CI arası sürenin azalması, bizim çalışmamızda da yön tayini becerilerinde artma sağladığı gözlenmiştir. Doğru açıyı bilemeseler de; doğru yönü tahmin becerilerilerinde daha iyi oldukları gözlenmiştir. (Tablo 11) (Peters, Litovsky, Parkinson, & Lake, 2007)

Peters ve arkadaşlarının çalışması ve birçok çalışmanın da desteklediği gibi, bizim çalışmamızda da iki implant arası ameliyat süresinin, engel bir durum olmadığında aynı anda (simültane) yapılması ya da olası en kısa sürede yapılması görüşünü desteklemiştir.(Henkin et al., 2014) (Lammers, Venekamp, et al., 2014)

Loisselle (2016)'nin yaptığı çalışmada, bilateral CI kullanıcılarının geniş bant ve dar bant gürültü ile konuşma ayırt etme ve yön tayin becerileri test edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; bilateral CI kullanıcıları için geniş ya da dar bant gürültünün konuşma ve yön tayini becerilerini anlamlı oranda değiştirmediğini görmüşlerdir. Çalışmamızda da; dar bant gürültü dışında reverberasyon eklenen durumlarda, SNR oranının -10 dB, reverberasyon süresinin ise 0,6 sn ve üzeri olması durumları dışında bilateral implant kullacılarının yön tayininde anlamlı zorluk yaşamadıkları gözlenmiştir. (Tablo 6 ve Tablo 9) (Loiselle, Dorman, Yost, Cook, & Gifford, 2016)

Choi (2017)'nin, bilateral ve bimodal cihaz kullanıcısı 32 deneğin katıldığı çalışmalarında; 0° ve 90 derecelik (15° açılarla yerleştirilmiş hoparlörler ile) sağ ve sol yöne doğru, gelen seslerin lokalizasyonu değerlendirilmiştir. Bimodal ve bilateral CI kullanıcılarının lokalizasyon becerilerinde anlamlı fark bulamamışlardır. Bizim çalışmamızda; sadece bilateral CI kullanıcıları test edilmiş, hoparlör yerleşimi 45 derece açılarla 360 derece yerleştirilmiştir. Choi ve arkadaşlarının çalışmasında, 0° ve 90 derecelik açılarda, lokalizasyonda anlamlı farklılıklar olmamasına rağmen, ara açılarda farklılıklar gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda da; tek ve bilateral CI kullanımında, özellikle 0 ve 90 derece açılarda sağ ve sol yönde farklılık bulunmamasına rağmen, bilateral CI durumunda özellikle ara açılarda (45°, 135°, 180° ve 315°) anlamlı iyileşme olduğu gözlenmiştir ($p < 0{,}001$) (Tablo 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10) (Choi et al., 2017).

Zheng (2017)'nin yaptığı çalışmada, normal işiten (10 birey) ve bilateral CI (6 denek) kullanıcısı bireyin, sessiz, SNR -8dB ve reverberasyon sürelerinin 0,2, 06, 0,9 sn

olduğu durumlardaki yön tayin becerilerni karşılaştırmışlardır. Sonuçlarına göre; bilateral CI kullanıcıları her durumda normal işiten bireylere göre daha kötü sonuçlar elde etmişlerdir. Özellikle; SNR oranının +4dB ve üstü olduğu durumlarda, reverberasyon süresinin 0,2 sn ve daha kısa olduğunda, başarımlarının arttığı gözlenmiştir. Sonuçlarında, özellikle kısa reverberasyon süresi, yüksek SNR oranlarının, CI kullanıcıları için hayati önemli olduğu, konuşma işlemleme stratejilerinin bu yönde geliştirilmesini önermişlerdir (Zheng et al., 2017). Bizim çalışmamızda da; sinyal gürültü oranlarının -10dB olduğu durumlarda (Tablo 6) yön tayin becerilerinin anlamlı düzeyde gerilediği bulunmuştur. Aynı şekilde reverberasyon süresinin 0,6 ve 0,9 sn olduğu durumlarda (Tablo 9 ve Tablo 10), lokalizasyon becerilerinde anlamlı değişimler gözlenmiştir. Bilateral kullanımlarda, tek taraflı CI kullanımına oranla anlamlı iyileşme olduğu gözlenmiştir ($p < 0,001$). (Tablo 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10)

Killan ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, 4 yaş ve üzeri 127 bilateral CI kullanıcısı değerlendirilmiştir. 65 hasta simültane CI, 62 hasta ardışık CI ameliyatı olmuştur. Çocuklar 5 hoparlörden; -60, -30, 0, +30, +60° azimutta yön tayini becerileri test edilmiştir. Ardışık ve simültane CI kullanıcılarının yön tayini becerileri değerlendirildiğinde, iki CI ameliyatı arası 1,7 yıl ve fazla olan deneklerin anlamlı düzeyde kötü skorlar elde ettiği bulunmuştur ($p<0,001$). İki CI arası 1,6 yıl ve altı olan bireylerin yön tayininide çok daha iyi skorlar elde ettiği gözlenmiştir. Elde ettikleri bulgular ışığında; bilateral implantasyonda, olabildiğince kısa aralık olması gerektiği, bunun lokalizasyon ve işitsel becerilerde anlamlı fark oluşturduğu ortaya konmuştur. (Killan et al., 2019) Çalışmamıza dahil edilen deneklerin iki implant arası süreleri 20 ay ve üstüdür. Ülkemizdeki koklear implant uygulama prosedürleri nedeniyle (Kasım 2016 SUT) ilgili dönem aralığında, aynı seansta (simültane) CI olmuş ve lokalizasyon becerileri gelişmiş denekler olmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır. Denekler arası lokalizasyon becerilerinde, istatistiki olarak anlamlı fark gözlenmemesine rağmen, iki CI arası süresi daha az olan bireylerin, ara açılarda (45°, 135°, 225°, 315° gibi) doğru lokalizasyon ve doğru yön tahmininde daha başarılı oldukları gözlenmiştir. (Tablo 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve Tablo 10) Bu kanıtlar da, aynı seansta implantın rutin uygulama haline getirilmesi için önemli bir kanıt niteliği taşımaktadır.

Killan'ın (2019) yaptığı çalışmada ayrıca, markalar arası karşılaştırmalar da yapılmıştır. Elde ettiklere bulgulara göre; Medel kullanıcılarının, Cochlear'dan 5,8°,

Advanced Bionics'ten 9,2° daha iyi lokalizasyon becerisi olduğunu ortaya koymuştur. (Killan et al., 2019) Ülkemiz sağlık uygulama tebliği ve satınalma süreçleri nedeniyle, çalışmamıza dahil edilen mevcut deneklerin büyük çoğunluğu *Medel* kullanıcısıdır. Markalar arası karşılaştırmaların yapılabilmesi için, daha büyük serilerde ve denkleştirilmiş gruplarda çalışılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

Asp ve arkadaşlarının (2012) yaptıkları çalışmalarında, 64 bilateral CI kullanıcısı, 30 normal işiten bireyi, konuşma algısı ve lokalizasyon becerilerinin değerlendirmek amacıyla test etmişlerdir. (Asp et al., 2012) Deneklerin mono ve bianaural dinleme ve lokalizasyon becerelerini değerlendirmişlerdir. Ebeveyn raporlarına göre; bilateral dinleme durumlarında hem konuşmayı anlama hem de lokalizasyon becerilerinde anlamlı artma olduğunu göstermiştir. Bilateral CI kullanıcılarının, tek tek implantları ile lokalizasyon becerilerine bakıldığında, tek CI kullanımı ile bilateral CI kullanımı verileri birbine yakın çıkmıştır. Bilateral CI kullanıcısı çocuklar, akut değerlendirmede, normal işiten çocuklar kadar iyi lokalizasyon becerileri sergilemişlerdir. Bilateral CI ile tek CI kullanımına göre; gürültüde konuşma anlamanın görece daha iyi olduğunu ortaya koymuşlardır. Bizim çalışmamızda; Asp ve arkadaşlarının çalışmasının aksine bilateral CI kullanım durumlarında hem gürültü varlığında lokalizasyon becerilerinde hem de reverberasyon varlığında anlamlı düzeyde ($p<0,001$) daha iyi becerilerinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5, 6, 7, 8, 9 ve Tablo 10). Asp ve arkadaşlarının sonuçları, daha çok ebeveyn raporlarına dayandırıldığından, deneysel durumlardaki performansı göstermekten uzaktır. Bu nedenle; tek ve bilateral CI kullanımı arasındaki farkın az olmasının sağlam bir dayanağı bulunmamaktadır. Çalışmamızın deney deseni ve sonuçları kontrollü koşullarda elde edildiği için, ebeveyn raporları yerine formal şartlarda CI kullanıcılarının performansının değerlendirilmesinin, daha nitelikli bir kıyaslama olacağını düşünmekteyiz.

Zheng'in çalışmasında, 6 bilateral CI kullanıcı ve 10 normal deneğin lokalizasyon becerileri, reverberasyon varlığı ve yokluğunda değerlendirilmiştir. Çalışmalarında ana amaçları; normallere göre bilateral CI kullanıcıları reverberasyon olması durumunda sesi nasıl lokalize edeceğidir. Üç kelimelik bir uyaran, 70 dBSPL şiddetinde +/-90 derecelik hatta, 7 hoparlör üzerinden sunulmuştur. Elde ettikleri sonuçlara göre; reverberasyon arttıkça, hem normal hem de CI'lı bireylerin lokalizasyon becerileri anlamlı düzeyde kötüleşmiştir. Normal deneklerde, yankısız ortamda RMS açı değişimi 17°,

reverberasyon 0,6-0,9 sn olduğunda 22°, CI kullanıcılarında 32° ve reverberasyon 0,6-0,9 sn olduğunda 60° arasında bulunmuştur. (Zheng, Koehnke, Besing, & Spitzer, 2011)

Çalışmamızda, reverberasyon süresinin 0,6 ve 0,9 sn olduğu durumlarda lokalizasyonun 0° ve 90° pozisyonlarında bozulmazken, diğer tüm ara açılarda bozulduğu ortaya konmuştur (Tablo 9 ve Tablo 10). Reverberasyon süresinin 0,3 sn ve altı olduğu durumlarda ise ara açılarda anlamlı bir farkın olmadığı gözlenmiştir (Tablo 4 ve Tablo 8). Zheng ve arkadaşlarının çalışmasına ek olarak; çalışmamızda, unilateral ve bilateral implant kullanımının yön tayinine ve yankılanmanın bunlar üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Yankılanmanın olmadığı durumda; yankılanma süresinin 03, 0,6 ve 0,9 sn olduğu durumlara göre yön tayin becerisinin özellikle ara açılarda, anlamlı derecede iyi olduğu bulunmuştur ($p<0,005$) (Tablo 4 ve Tablo 8, 9, 10). Hem Zheng (2011) hem de bizim çalışmamızda, yankılanmanın halen koklear implantlar ve kullanıcıları için zorlu durumlar olduğu, günlük hayatlarının olumsuz etkileyeceği sonucu çıkarılmasının son derece yerinde bir çıkarım olacağı düşünülmüştür.

Dorman (2016)'nın çalışmasında, 69 normal işiten, 17 işitme cihazı kullanıcısı, 8 bimodal CI kullanıcısı, 64 bilateral CI kullanıcısının, 15 derece açıyla yerleştirilmiş 13 hoparlörün üzerinden 65 dB şiddetinde dar bant gürültü gönderilerek lokalizasyon becerileri tespit edilmiştir. Normal işiten bireylerin lokalizasyon becerileri 6°, işitme cihazı kullanan bireylerin %95'i normallik sınırlarına yakın, 64 CI kullanıcısının sadece biri normallik sınırlarına yakın, bimodal ve bilateral CI kullanıcıları 20-30° arası lokalizasyon hatasının olduğu bulunmuştur. Çalışmalarının sonucu olarak, bilateral CI kullanıcısı olsa da, normal işiten bireylerin lokalizasyon becerilerine ulaşmanın çok zor olduğunu iletmişlerdir. (Dorman, Loiselle, Cook, Yost, & Gifford, 2016) Normal işiten bireylerin lokalizasyon becerilerinin 6° civarı bulunması göz önünde bulundurulursa; CI kullanımının bu düzeyde iyi lokalizasyon ipucu yakalamasının henüz mümkün olmadığı açıktır. Bizim çalışmamızda da; özellikle zorlu durumlarda (Gürültü [SNR 0 ve SNR -10] ve reverberasyon süresinin [06 ve 0,9 sn] artması) ara açıları (45°, 135°, 225°, 315° gibi) lokalize etmede kullanıcıların zorlandıkları görülmüştür (Tablo 5 ve 6), (Tablo 9 ve Tablo 10). İmplant üreticilerinin, gürültü algoritmaları ve mikrofona farklı açılardan giren ortak ipuçlarını (Yankılı uyaran) değerlendirme yöntemlerini geliştirmeleri gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Hoesel (2003) ve ark. yaptığı çalışmada, özellikle implantın çalışma hızları ile ilgili karşılaştırmalarda, 50 pps'ten 800 pps'e çeşitli basamaklarda yükselerek, kulaklar arası zaman farkı hassasiyetleri test edilmiştir. İmplantın uyarım hızının artması ile ITD hassasiyetin de anlamlı derecede arttığı gözlenmiştir. (van Hoesel & Tyler, 2003) Williges (2018) ve ark.'nın çalışmalarında, iki farklı konuşma işlemleme stratejisinin (CIS ve FSP) lokalizasyon ses ipuçlarını yakalama (ILD ve ITD) ve gürültüde ayırt etme becerileri üzerine etkileri araştırılmıştır. Özellikle, FSP stratejisinin zaman ipuçlarını yakalama ve gürültüde lokalizasyon becerilerinin CIS stratejisine göre anlamlı düzeyde iyi olduğunu bulmuşlardır. (Williges et al., 2018) Çalışmamızda, denek sayılarının düşük olması nedeniyle, markalar ve çalışma hızları arasında karşılaştırma yapılamamıştır. Fakat birçok çalışma göstermektedir ki; özellikle zamana bağlı ipuçlarının bilateral ve daha ayrıntılı sunulması, yön tayini ve gürültüde yön tayini yeteneğini anlamlı düzeyde artırmaktadır (Grayden et al., 2004), (Dunn, Tyler, Oakley, Gantz, & Noble, 2008) (Potts et al., 2019). Bu da özellikle koklear implant üreticilerinin, zamansal ipuçlarını ve hızlı işlemlemeye dayalı algoritmaları geliştirmesi veya yeniden yorumlamasının kullanıcıların hem yön tayini hem de gürültüde oluşan sorunları aşmasında büyük katkı sağlayacağı açıktır. Çalışmamızın sonuçlarından biri olan reverberasyonda yön tayini durumunun, okul çağı çocukların eğitim ortamları için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Üreticilerin, dereverberasyon algoritmalarını daha etkin kullanmasının, geliştirmesinin okul çağı çocukların performansını olumlu etkileyeceği düşünülmektedir.

Williges (2018), gürültü varlığında, farklı durumlarda interaural ses ipuçlarının değerlendirilmesini test etmiştir. Kulaklar arası zaman ve şiddet değerlendirme ipuçları, gürültü varlığında değerlendirilmiştir. Özellikle zamana dayalı ipuçlarında, CI kullanıcıları sessiz durumda tek kaynaktan gelen seslerde daha iyi iken, çoklu kaynaktan uyaran geldiğinde (Gürültünün içinde sinyal), zaman ipuçlarını yakalayarak yatay lokalizasyon gerçekleştirememiştir. Şiddet farkına dayalı testlerde, zamana dayalı ipuçlarından daha iyi lateralizasyon yapmışlardır. Bu durumu konuşma uyaranı ile de gerçekleştirmişler ve konuşma uyaranında dikkate dayalı iyileşmeler görülmüştür. (Williges et al., 2018) Bizim çalışmamızda, deneklere farklı durumlarda konuşma ipucunu (Sesim nereden geliyor?) değerlendirme üzerine lokalizasyon becerisi değerlendirilmiştir. Çalışmamızda, Williges ve arkadaşlarının sonuçlarından daha yüz güldürücü sonuçlar elde edilmesine rağmen (kullanılan uyaran nedeniyle olduğu

düşünülmektedir), gürültü varlığının performansı anlamlı derecede etkilediği tespit edilmiştir (Tablo 5 ve Tablo 6).

Potts (2019) ve arkadaşlarının çalışmasında, gürültü varlığında lokalizasyon ve konuşma algısı değerlendirilmiştir. İmplantlarının fittinglerinde, AGC ve Autosensitivity parametreleri değiştirilerek, günlük yaşamlarında SSQ anketiyle lokalizasyon ve konuşma algısı becerilerini değerlendirmeleri istenmiş, deneysel ortamda +/-70° arasında 8 hoparlör ile değerlendirilmiştir. AGC değerlerinin artırılmasının hem lokalizasyon becerisini hem de gürültüde ayırt etme becerilerini artırdığını bulmuşlardır. (Potts et al., 2019)

Çalışmamızda, bireylerin lokalizasyon becerileri, kullandığı son fitting mapleri üzerinden değerlendirilmiştir. Özellikle mikrofon yönlülüğünün farklı durumları, gürültü algoritmasının şiddeti, mikrofon hassasiyeti, AGC ve kompresyon şiddeti gibi algoritmaların çeşitli varyasyonlarda değiştirilerek, en ideal gürültü ve yankı azaltma kombinasyonu ayarlanabileceği düşünülmektedir. Fakat, özellikle farklı durumları simüle ederken yapılan testlerin uzun sürmesi, işitsel dikkatin üst düzeyde tutulması zorunluluğu, işlemleri zorlaştırmaktadır. Çalışma grubumuzda, yaşça görece "küçük" olan bireylerin, uzun test sürelerinden etkilenmemesi, işitsel dikkatlerinin idealde tutulması amacıyla, kullandıkları fitting parametrelerinde hiçbir değişiklik yapılmadan teste tabi tutulmuşlardır. Uzun test sürelerinin, işitsel dikkati azaltması göz önünde bulundurularak, farklı oturumlarda, farklı parametreleri değiştirerek, hangi durum için ideal paramatere ayarlarının ortaya konmasının ayrı bir çalışmada yapılmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. CI kullanıcısı yetişkin deneklerin, bilateral kullanımı çok sınırlı olduğundan, fitting paramatrelerinin değiştirilerek, ideal varsayılan fitting değerlerine ulaşmanın daha sonra yapılacak çalışmalarda son derece yararlı sonuçlar ortaya koyacağı düşünülmektedir.

Pastore'nin (2018) yaptığı çalışmada, 7 bilateral CI kullanıcısı ve 7 normal işiten bireyin, kafa hareketlerinin, dinamik işitsel mekansal ipuçlarını değerlendirmeleri test edilmiştir. CI kullanıcılarının sabit duruşta, farklı açılardan gelen konuşmacıların sesini tayin etme becerileri yaklaşık %41,9, normal işiten bireylerin ise %22,3 olarak bulunmuştur. Kafalarını, yaklaşık 30° yavaş şekilde hareket ettirmeleri istenmiş ve CI kullanıcılarının 29°, normal işitenlerin 6°'ye varan keskinlik artırdıkları gözlenmiştir. Dinamik mekansal ipuçlarında, kafa hareketlerinin yön tayininde anlamlı derecede önem

arz ettiği ortaya konmuştur. (Torben Pastore et al., 2018) Çalışmamızda hazırlanan deney düzeneğinde, deneğin sabit durması söz konusudur. Birçok çalışmada da denekler sabit olarak sürece katılmıştır (Killan et al., 2019) (Lopez-Poveda et al., 2019) (Choi et al., 2017). Lokalizasyon çalışmalarında, kafa hareketlerinin de farklı bir deney düzeneği olarak, iki aşamalı yapılması, işitme cihazı ve koklear implant kullanıcılarının günlük hayattaki hareketlilik içerisinde yön tayini becerilerinin değerlendirilmesinde önemli bir ipucu sağlayacağını düşündürmektedir.

Çalışmamızda, deneklerimiz hareketsiz şekilde oturarak, yön tayini yapmıştır. Günlük hayatta, kullanıcılarımız hareket halindedir ve hareketin lokalizasyon ipuçlarını değiştirdiği bilinmektedir (Torben Pastore et al., 2018). Deney desenine uyarlanacak, dinamik ipucu değerlendirme parametreleri ile günlük hayattaki hareketli objelerin takibi gibi önemli yaşamsal durumlar için simülasyonların sonraki çalışmalarda planlanmasının yararlı olacağı düşünüldü.

Çalışmamızda, özellikle ardışık CI ameliyat olmuş bireylerin, aynı seansta (simültane) CI ameliyatı olanlar ile karşılaştırılamaması önemli bir eksikliktir. Ülkemizdeki sağlık uygulama tebliğinin, bilateral implanta yakın zamanda (Kasım 2016) izin verilmiş olmasından dolayı, aynı seansta bilateral CI ameliyatı olmuş bireylerin yaşlarının henüz bu düzeyde testleri yapabilecek zihinsel, dil becerisi ve işitsel dikkat düzeyinde olmamasından karşılaştırma yapılamamıştır. Sonraki çalışmalarda, özellikle ardışık ve simültane CI olmuş bireylerin karşılaştırılması, lokalizasyon becerilerinde iki implant arasındaki kritik zaman periyotunun belirlenmesinde önemli bir referans olacağı düşünülmektedir.

Bilateral CI kullanıcılarının yönsel ipuçlarında, belirli bir taşıyıcı cümle kullanımı yerine, çalışamamızın bir sonraki aşamasında, özellikle farklı yönlerden randomize gelen gürültü ve konuşma uyaranlarının kullanılması, günümüz implantlarının kablosuz haberleşme, asimetrik yönlülük gibi dinamik ipucu değerlendiren parametrelerinin uyarlanması ve geliştirilmesinde yol gösterici olacağı düşünülmüştür.

Çalışmamızın önemli bir sonucu da; reverberasyonun yön tayininde önemli sorunları ortaya çıkardığıdır. Tablo 8-9 ve 10'da görüldüğü gibi, reverberasyon etkisi eklendiğinde yön ayrımının ciddi şekilde bozulduğu, Tablo 11'de sonuçları gösterilen daha kolay olan, sesin hangi yönden geldiğinin bile bir çok pozisyonda bozulduğunun tespit edilmesi, reverberasyon etkisinin çok daha ciddi olarak ele alınması gerektirdiğini

göstermektedir. Özellikle, okul vb yüksek yankılı ortamların, akustik düzenlemesinin hem normal çocuklar hem de işitme kayıplı bireyler için mutlaka ölçülerek gözden geçirilmesi ve ihtiyaç duyuluyorsa mimari düzenlemelerin yapılması zorunluluğunu ortaya koymaktadır.

Bir diğer önemli sonuç da; gürültünün arttığı durumların CI kullanıcıları üzerindeki olumsuz etkisidir. Çalışmamızda, kontrollü deney ortamında SNR 0 ve SNR -10dB koşullarında, yön tayini becerilerinin anlamlı şekilde bozulduğu ve ara açısal alanların belirlenmesinin kaybolduğu görülmüştür (Tablo 5 ve Tablo 6). Okul gibi yüksek gürültülü ortamlarda, CI kullanıcılarının gelen sesin yönünü tayin etmeleri hayli zordur. Okullarda sinyal gürültü oranının bazen -15 dB'den daha kötü olduğu bilinmektedir. (Iglehart, 2016) Bu nedenle; en azından sınıf ortamında, ses yutucu malzemelerin olması işitme kayıplı tüm kaynaştırma öğrencilerinin, öğretmeni takip edebilmesi ve akademik becerilerini artırılmasında önemli olacağı açıktır. Ayrıca, okul dönemindeki unilateral/bilateral implant kullanıcısı çocukların akademik becerilerini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Yerli (2015)'in yaptığı çalışmada, Ankara'da 2 ayrı okulda reverberasyon süreleri ve arkaplan gürültüleri ölçülmüştür. Okulların akustik ortamlarını şöyle bulmuştur:

Doğa Kolejinde; reverberasyon süresi: 077, 1,26 sn, arkaplan gürültüsü 48,6-56,7 dBSPL,

İMKB Alparslan İlköğretim Okulunda; reverberasyon süresi: 1,22-2,85 sn, arkaplan gürültüsü 60,1-65,8 dBSPL olarak ölçülmüştür. (Yerli, 2015) Yerli'nin araştırması, ülkemizdeki okulların akustik durumunu ortaya koymak adına uygun bir kesitsel çalışmadır. İki farklı çevrede ve mali portföyde yer alan okulun da akustik olarak çok iyi olmadığı gözlenmektedir. Her iki okulun, hem normal işiten çocuklar hem de işitme kayıplı bireylerin akademik becerilerini zorlayacak düzeyde reverberasyon (en düşük 0,7 sn ve en yüksek 2,85 sn) ve arkaplan gürültüsünün (en düşük 48,6 dBSPL ve en yüksek 65,8 dBSPL) olduğu görülmektedir. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz sonuçlar da göstermektedir ki işitme kayıplı bireylerin arkaplan gürültüsü (Tablo 5 ve 6) ve reverberasyonda (Tablo 9 ve 10), yön tayininde anlamlı şekilde zorlandıkları gözlenmektedir. Bu da göstermektedir ki; akustik ve mimari olarak işitme engelli çocuklara göre ayarlanmamış okulların, bireylerin yön tayini, öğretmeni takip ve akademik olarak soyut bilgi ve becerileri edinmede hayli zorlanacağını göstermektedir.

Ülkemizde, farklı bölgelerdeki okullarda yapılacak akustik ölçümler ile özellikle ilköğretim okullarının, hem normal işiten hem de işitme kayıplı çocuklar için elverişli hale getirilmesi önemli bir durumdur. Özellikle dezavantajlı grupların akademik hayata katılımını artırmak ve engelin eğitim ile üstesinden gelinmesi, önemli bir devlet sorunudur. Bunun aşılması ve fırsat eşitliğinin oluşması, işitme engelli bireylerin de sosyal hayata ve iş hayatına katılmasını sağlayacaktır. Bunların doğal sonuçlarından biri olarak da oluşacak ikincil maliyetlerin (özel eğitim masrafları, engellilik maaşı vb.), devletin üzerinden alınması olacaktır.

Gürültü ve reverberasyonun engellenemediği ortamlarda, FM sistem ya da kablosuz mikrofon teknolojilerinin kullanılması, işitme cihazı ve CI kullanıcılarının özellikle zorlu dinleme koşullarında, dinleme eforlarını düşürerek yaşam kalitelerini artıracağı açıktır. Yerli'nin (2015) araştırması da göstermektedir ki; ilköğretim okullarının akustik ortamı işitme engelli bireyin en çok zorlandığı gürültü ve reverberasyonu birlikte barındırmaktadır. Bu anlamda, işitme kayıplı bireylerin, akustik engelleri yardımcı bir cihaz (FM sistem, yardımcı mikrofon sistemleri) ile en aza indirgeyeceği düşünülmektedir. Ülkemiz sağlık uygulama tebliğine göre; bu tarz donanımlar aksesuar olarak değerlendirilmekte ve ödeme kapsamına alınmamaktadır. Çalışamamızın sonuçları göz önünde bulundurulup, bu tarz ekipmanların ödeme kapsamına alınarak, en azından okul dönemi kullanıcılarda, dil gelişimi ve akademik becerilerinin artırılmasında ve yaşam kalitelerinin yükseltilmesi için sağlık uygulama tebliğinde değişikliğe gidilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ahveninen, J., Kopčo, N., & Jääskeläinen, I. P. (2014). Psychophysics and neuronal bases of sound localization in humans. *Hearing Research*. https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.07.008

Anderson, K., Goldstein, H., Colodzin, L., & Iglehart, F. (2005). Benefit of S/N enhancing devices to speech perception of children listening in a typical classroom with hearing aids or a cochlear implant. *Journal of Educational Audiology*.

Anderson, K. L. (2008). Classroom acoustics: A first step toward education for all. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.4783202

Angelo, K., Alexander, J., Christiansen, T.U., Simonsen, C.S.Jespersgaard, C. F. C. (2015). Oticon Frequency Lowering Access to high-frequency speech sounds with Speech Rescue technology. *White Paper- 2015*.

ANSI. (2002). *ACOUSTICAL PERFORMANCE CRITERIA, DESIGN REQUIREMENTS, AND GUIDELINES FOR SCHOOLS*. *America*.

Aronoff, J. M., Yoon, Y., Freed, D. J., Vermiglio, A. J., Pal, I., & Soli, S. D. (2010). The use of interaural time and level difference cues by bilateral cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.3298451

Asp, F., Mäki-Torkko, E., Karltorp, E., Harder, H., Hergils, L., Eskilsson, G., & Stenfelt, S. (2012). Bilateral versus unilateral cochlear implants in children: Speech recognition, sound localization, and parental reports. *International Journal of Audiology*. https://doi.org/10.3109/14992027.2012.705898

Avan, P., Giraudet, F., & Büki, B. (2015). Importance of binaural hearing. In *Audiology and Neurotology*. https://doi.org/10.1159/000380741

Badajoz-Davila, J., Buchholz, J., & Van-Hoesel, R. (2018). Effect of noise and reverberation on speech intelligibility in cochlear implant recipients considering realistic sound environments. *Journal of Hearing Science*.

Beutelmann, R., Brand, T., & Kollmeier, B. (2010). Revision, extension, and evaluation of a binaural speech intelligibility model. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.3295575

Blauert, J. (2013). *The technology of binaural listening*. *The Technology of Binaural Listening*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37762-4

Blomert, L., & Froyen, D. (2010). Multi-sensory learning and learning to read. *International Journal of Psychophysiology*. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.06.025

Brimijoin, W. O., & Akeroyd, M. A. (2014). The moving minimum audible angle is smaller during self motion than during source motion. *Frontiers in Neuroscience*. https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00273

Brimijoin, W. O., Boyd, A. W., & Akeroyd, M. A. (2013). The contribution of head movement to the externalization and internalization of sounds. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083068

Catic, J., Santurette, S., & Dau, T. (2015). The role of reverberation-related binaural cues in the externalization of speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.4928132

Chandler, D. W., & wesley Grantham, D. (1992). Minimum Audible Movement Angle In The Horizontal Plane As A Function Of Stimulus Frequency And Bandwidth, Source Azimuth, And Velocitya). *Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.402443

Choi, J. E., Moon, I. J., Kim, E. Y., Park, H. S., Kim, B. K., Chung, W. H., … Hong, S. H. (2017). Sound Localization and Speech Perception in Noise of Pediatric Cochlear Implant Recipients: Bimodal Fitting Versus Bilateral Cochlear Implants. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000401

Churchill, T. H., Kan, A., Goupell, M. J., & Litovsky, R. Y. (2014). Spatial hearing benefits demonstrated with presentation of acoustic temporal fine structure cues in bilateral cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.4892764

Crandell Ed, C. C., & Smaldino Ed, J. J. (2001). Classroom Acoustics: Understanding Barriers to Learning. *Volta Review*.

Culling, J. F., & Akeroyd, M. A. (2012). Spatial hearing. In *Oxford Handbook of Auditory Science Hearing*. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199233557.013.0006

David, M., Lavandier, M., & Grimault, N. (2015). Sequential streaming, binaural cues and lateralization. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.4936902

Dent, M. L., McClaine, E. M., & Welch, T. E. (2007). The Franssen effect illusion in budgerigars (Melopsittacus undulatus) and zebra finches (Taeniopygia guttata) . *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.2799493

Dorman, M. F., Loiselle, L. H., Cook, S. J., Yost, W. A., & Gifford, R. H. (2016). Sound Source Localization by Normal-Hearing Listeners, Hearing-Impaired Listeners and Cochlear Implant Listeners. *Audiology and Neurotology*. https://doi.org/10.1159/000444740

Dunn, C. C., Tyler, R. S., Oakley, S., Gantz, B. J., & Noble, W. (2008). Comparison of speech recognition and localization performance in bilateral and unilateral cochlear implant users matched on duration of deafness and age at implantation. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318167b870

Francart, T., Brokx, J., & Wouters, J. (2008). Sensitivity to interaural level difference and loudness growth with bilateral bimodal stimulation. *Audiology and Neurotology*. https://doi.org/10.1159/000124279

Geronazzo, M., Spagnol, S., & Avanzini, F. (2018). Do we need individual head-related transfer functions for vertical localization? the case study of a spectral notch distance metric. *IEEE/ACM Transactions on Audio Speech and Language Processing*. https://doi.org/10.1109/TASLP.2018.2821846

Gifford, R. H., Dorman, M. F., Skarzynski, H., Lorens, A., Polak, M., Driscoll, C. L. W., … Buchman, C. A. (2013). Cochlear implantation with hearing preservation yields significant benefit for speech recognition in complex listening environments. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31827e8163

Goupell, M. J., Cosentino, S., Stakhovskaya, O. A., & Bernstein, J. G. W. (2019). Interaural Pitch-Discrimination Range Effects for Bilateral and Single-Sided-Deafness Cochlear-Implant Users. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. https://doi.org/10.1007/s10162-018-00707-x

Graham, J., Vickers, D., Eyles, J., Brinton, J., Malky, G. Al, Aleksy, W., … Bray, M. (2009). Bilateral sequential cochlear implantation in the congenitally deaf child:

Evidence to support the concept of a “critical age” after which the second ear is less likely to provide an adequate level of speech perception on its own. *Cochlear Implants International*. https://doi.org/10.1002/cii.419

Grayden, D. B., Burkitt, A. N., Kenny, O. P., Clarey, J. C., Paolini, A. G., & Clark, G. M. (2004). A cochlear implant speech processing strategy based on an auditory model. In *Proceedings of the 2004 Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference, ISSNIP ’04*. https://doi.org/10.1109/issnip.2004.1417510

Grothe, B., Pecka, M., & McAlpine, D. (2010). Mechanisms of sound localization in mammals. *Physiological Reviews*. https://doi.org/10.1152/physrev.00026.2009

Heffner, R. S., Koay, G., & Heffner, H. E. (1996). Sound localization in chinchillas III: Effect of pinna removal. *Hearing Research*. https://doi.org/10.1016/S0378-5955(96)00074-3

Helfer, K. S., & Wilber, L. A. (1990). Hearing loss, aging, and speech perception in reverberation and noise. *Journal of Speech and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/jshr.3301.149

Henkin, Y., Swead, R. T., Roth, D. A. E., Kishon-Rabin, L., Shapira, Y., Migirov, L., … Kaplan-Neeman, R. (2014). Evidence for a right cochlear implant advantage in simultaneous bilateral cochlear implantation. *Laryngoscope*. https://doi.org/10.1002/lary.24635

Holmes, H., Rowan, D., & Cullington, H. (2013). Speech perception in different masker types: how can differences between children and adults be interpreted? *International Journal of Audiology*. https://doi.org/10.3109/14992027.2013.765042).

Iglehart, F. (2016). Speech perception in classroom acoustics by children with cochlear implants and with typical hearing. *American Journal of Audiology*. https://doi.org/10.1044/2016_AJA-15-0064

Illg, A., Giourgas, A., Kral, A., Büchner, A., Lesinski-Schiedat, A., & Lenarz, T. (2013). Speech comprehension in children and adolescents after sequential bilateral cochlear implantation with long interimplant interval. *Otology and Neurotology*. https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31828bb75e

Jin, C. T., Corderoy, A., Carlile, S., & Van Schaik, A. (2000). Spectral cues in human sound localization. In *Advances in Neural Information Processing Systems*.

Johnson, J. A., Xu, J., & Cox, R. M. (2017). Impact of hearing aid technology on outcomes in daily life III: Localization. *Ear and Hearing*, *38*(6), 746–759. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000473

Johnston, J. C., Durieux-Smith, A., Angus, D., O'Connor, A., & Fitzpatrick, E. (2009). Bilateral paediatric cochlear implants: A critical review. *International Journal of Audiology*. https://doi.org/10.1080/14992020802665967

Kerber, S., & Seeber, B. U. (2012). Sound localization in noise by normal-hearing listeners and cochlear implant users. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318257607b

Kerber, S., & Seeber, B. U. (2013). Localization in reverberation with cochlear implants: Predicting performance from basic psychophysical measures. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. https://doi.org/10.1007/s10162-013-0378-z

Killan, C., Scally, A., Killan, E., Totten, C., & Raine, C. (2019). Factors affecting sound-source localization in children with simultaneous or sequential bilateral cochlear implants. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000666

Kim, D. O., Bishop, B., & Kuwada, S. (2010). Acoustic Cues for sound source distance and azimuth in rabbits, a racquetball and a rigid spherical model. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. https://doi.org/10.1007/s10162-010-0221-8

Kim, Y., Lee, J. Y., Lim, W. S., Kwak, M. Y., Seo, J. W., Park, J. W., … Park, H. J. (2019). Speech perception growth patterns in prelingual deaf children with bilateral sequential cochlear implantation. *Otology and Neurotology*. https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002303

Kokkinakis, K. (2018a). Binaural speech understanding with bilateral cochlear implants in reverberation. *American Journal of Audiology*, *27*(1), 85–94. https://doi.org/10.1044/2017_AJA-17-0065

Kokkinakis, K. (2018b). Binaural speech understanding with bilateral cochlear implants

in reverberation. *American Journal of Audiology*. https://doi.org/10.1044/2017_AJA-17-0065

Kolarik, A. J., Moore, B. C. J., Zahorik, P., Cirstea, S., & Pardhan, S. (2016). Auditory distance perception in humans: a review of cues, development, neuronal bases, and effects of sensory loss. *Attention, Perception, and Psychophysics*. https://doi.org/10.3758/s13414-015-1015-1

Lambert, C. (2002). Background noise. *Harrington Gay Men's Fiction Quarterly*. https://doi.org/10.1300/J152v04n02_03

Lammers, M. J. W., Van Der Heijden, G. J. M. G., Pourier, V. E. C., & Grolman, W. (2014). Bilateral cochlear implantation in children: A systematic review and best-evidence synthesis. *Laryngoscope*. https://doi.org/10.1002/lary.24582

Lammers, M. J. W., Venekamp, R. P., Grolman, W., & Van Der Heijden, G. J. M. G. (2014). Bilateral cochlear implantation in children and the impact of the inter-implant interval. *Laryngoscope*. https://doi.org/10.1002/lary.24395

Libbey, B., & Rogers, P. H. (2004). The effect of overlap-masking on binaural reverberant word intelligibility. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.1781621

Litovsky, R. Y., Goupell, M. J., Godar, S., Grieco-Calub, T., Jones, G. L., Garadat, S. N., … Misurelli, S. (2012). Studies on bilateral cochlear implants at the University of Wisconsin's binaural hearing and speech laboratory. *Journal of the American Academy of Audiology*. https://doi.org/10.3766/jaaa.23.6.9

Litovsky, R. Y., Johnstone, P. M., Godar, S., Agrawal, S., Parkinson, A., Peters, R., & Lake, J. (2006). Bilateral cochlear implants in children: Localization acuity measured with minimum audible angle. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/01.aud.0000194515.28023.4b

Litovsky, R. Y., Parkinson, A., & Arcaroli, J. (2009). Spatial hearing and speech intelligibility in bilateral cochlear implant users. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181a165be

Loiselle, L. H., Dorman, M. F., Yost, W. A., Cook, S. J., & Gifford, R. H. (2016). Using ILD or ITD cues for sound source localization and speech understanding in a

complex listening environment by listeners with bilateral and with hearing-preservation cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-H-14-0355

Lopez-Poveda, E. A., Eustaquio-Martín, A., Fumero, M. J., Stohl, J. S., Schatzer, R., Nopp, P., … Wilson, B. S. (2019). Lateralization of virtual sound sources with a binaural cochlear-implant sound coding strategy inspired by the medial olivocochlear reflex. *Hearing Research*. https://doi.org/10.1016/j.heares.2019.05.004

Lotfi, Y., Hasanalifard, M., Moossavi, A., Bakhshi, E., & Ajaloueyan, M. (2019). Binaural hearing advantages for children with bimodal fitting. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.02.043

Low, D., Shipp, D., Gordon, K., Kuroiwa-Rivero, M., Cushing, S., Papsin, B., … Chen, J. (2019). Long-term Implant Usage and Quality-of-Life in Sequential Bilateral Pediatric Cochlear Implantation. *Otology and Neurotology*. https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002439

Lucus, M. N., Goshorn, E. L., & Kemker, B. E. (2010). Ambient noise levels and reverberation times in Mississippi school rooms. In *Proceedings of Meetings on Acoustics*. https://doi.org/10.1121/1.3556447

McCreery, R. W., Walker, E. A., Spratford, M., Lewis, D., & Brennan, M. (2019). Auditory, Cognitive, and Linguistic Factors Predict Speech Recognition in Adverse Listening Conditions for Children With Hearing Loss. *Frontiers in Neuroscience*. https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01093

Middlebrooks, J. C. (2015). Sound localization. In *Handbook of Clinical Neurology*. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00006-8

Mueller, M. F., Meisenbacher, K., Lai, W.-K., & Dillier, N. (2014a). Sound localization with bilateral cochlear implants in noise: How much do head movements contribute to localization? *Cochlear Implants International*, *15*(1), 36–42. https://doi.org/10.1179/1754762813Y.0000000040

Mueller, M. F., Meisenbacher, K., Lai, W. K., & Dillier, N. (2014b). Sound localization with bilateral cochlear implants in noise: How much do head movements contribute to localization? *Cochlear Implants International*.

https://doi.org/10.1179/1754762813Y.0000000040

Neuman, A. C., Haravon, A., Sislian, N., & Waltzman, S. B. (2007). Sound-direction identification with bilateral cochlear implants. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/01.aud.0000249910.80803.b9

Perrott, D. R., & Saberi, K. (1990). Minimum audible angle thresholds for sources varying in both elevation and azimuth. *Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.399421

Peters, B. R., Litovsky, R., Parkinson, A., & Lake, J. (2007). Importance of age and postimplantation experience on speech perception measures in children with sequential bilateral cochlear implants. *Otology and Neurotology*. https://doi.org/10.1097/01.mao.0000281807.89938.60

Potts, W. B., Ramanna, L., Perry, T., & Long, C. J. (2019). Improving Localization and Speech Reception in Noise for Bilateral Cochlear Implant Recipients. *Trends in Hearing*. https://doi.org/10.1177/2331216519831492

Reeder, R. M., Firszt, J. B., Holden, L. K., & Strube, M. J. (2014). A longitudinal study in adults with sequential bilateral cochlear implants: Time course for individual ear and bilateral performance. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-H-13-0087

Ricketts, T. A., & Hornsby, B. W. Y. (2003). Distance and Reverberation Effects on Directional Benefit. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000100202.00312.02

Romei, V., De Haas, B., Mok, R. M., & Driver, J. (2011). Auditory stimulus timing influences perceived duration of co-occurring visual stimuli. *Frontiers in Psychology*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00215

Sarampalis, A., Kalluri, S., Edwards, B., & Hafter, E. (2009). Objective measures of listening effort: Effects of background noise and noise reduction. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0111)

Schorr, E. A., Roth, F. P., & Fox, N. A. (2009). Quality of life for children with cochlear implants: Perceived benefits and problems and the perception of single words and

emotional sounds. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/07-0213)

Senn, P., Kompis, M., Vischer, M., & Haeusler, R. (2005). Minimum audible angle, just noticeable interaural differences and speech intelligibility with bilateral cochlear implants using clinical speech processors. *Audiology and Neurotology*. https://doi.org/10.1159/000087351

Sharma, A., Nash, A. A., & Dorman, M. (2009). Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.03.003

Slee, S. J., Higgs, M. H., Fairhall, A. L., & Spain, W. J. (2010). Tonotopic tuning in a sound localization circuit. *Journal of Neurophysiology*. https://doi.org/10.1152/jn.00678.2009

Söderlund, G. B. W., Sikström, S., Loftesnes, J. M., & Sonuga-Barke, E. J. (2010). The effects of background white noise on memory performance in inattentive school children. *Behavioral and Brain Functions*. https://doi.org/10.1186/1744-9081-6-55

Sparreboom, M., Leeuw, A. R., Snik, A. F. M., & Mylanus, E. A. M. (2012). Sequential bilateral cochlear implantation in children: Parents' Perspective and device use. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2011.12.004

Steinberg, L. J., Fischer, B. J., & Peña, J. L. (2013). Binaural gain modulation of spectrotemporal tuning in the interaural level difference-coding pathway. *Journal of Neuroscience*. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4941-12.2013

Strouse, A., Ashmead, D. H., Ohde, R. N., & Grantham, D. W. (1998). Temporal processing in the aging auditory system. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.423748

Strybel, T. Z., Manligas, C. L., & Perrott, D. R. (1992). Minimum audible movement angle as a function of the azimuth and elevation of the source. *Human Factors*. https://doi.org/10.1177/001872089203400302

Takemoto, H., Mokhtari, P., Kato, H., Nishimura, R., & Iida, K. (2010). A simple pinna model for generating head-related transfer functions in the median plane. In *20th*

International Congress on Acoustics 2010, ICA 2010 - Incorporating Proceedings of the 2010 Annual Conference of the Australian Acoustical Society.

Takemoto, H., Mokhtari, P., Kato, H., Nishimura, R., & Iida, K. (2012). Mechanism for generating peaks and notches of head-related transfer functions in the median plane. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.4765083

Thompson, E. C. (2019). *Hearing in noise in early childhood: The dynamic and integrated system*. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*.

Torben Pastore, M., Natale, S. J., Yost, W. A., & Dorman, M. F. (2018). Head movements allow listeners bilaterally implanted with cochlear implants to resolve front-back confusions. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000581

Trapeau, R., & Schönwiesner, M. (2015). Adaptation to shifted interaural time differences changes encoding of sound location in human auditory cortex. *NeuroImage*. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.006

Uecker, F. C., Szczepek, A., & Olze, H. (2019). Pediatric Bilateral Cochlear Implantation: Simultaneous Versus Sequential Surgery. *Otology & Neurotology : Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*. https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002177

Van Deun, L., Van Wieringen, A., Van Den Bogaert, T., Scherf, F., Offeciers, F. E., Van De Heyning, P. H., … Wouters, J. (2009). Sound localization, sound lateralization, and binaural masking level differences in young children with normal hearing. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318194256b

Van Deun, L., Van Wieringen, A., & Wouters, J. (2010). Spatial speech perception benefits in young children with normal hearing and cochlear implants. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181e40dfe

van Hoesel, R. J. M., & Tyler, R. S. (2003). Speech perception, localization, and lateralization with bilateral cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *113*(3), 1617–1630. https://doi.org/10.1121/1.1539520

Waltzman, S. B., & Roland Jr., T. J. (2014). *Cochlear Implants* (Third). Thieme.

Wang, D., Kjems, U., Pedersen, M. S., Boldt, J. B., & Lunner, T. (2009). Speech intelligibility in background noise with ideal binary time-frequency masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.3083233

Williges, B., Jürgens, T., Hu, H., & Dietz, M. (2018). Coherent Coding of Enhanced Interaural Cues Improves Sound Localization in Noise With Bilateral Cochlear Implants. *Trends in Hearing*. https://doi.org/10.1177/2331216518781746

YERLİ, C. (2015). *Evaluation of education areas designed with different design approaches in meaning of volume acoustics Doğa College Cukurambar and IMKB Alparslan Secondary School*. Atılım Unv.

Yost, W. A. (2002). Auditory Perception. In *Encyclopedia of the Human Brain*. https://doi.org/10.1016/b0-12-227210-2/00047-9

Zannin, P. H. T., & Zwirtes, D. P. Z. (2009). Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. *Applied Acoustics*. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.06.007

Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2001). Spatial localization after excision of human auditory cortex. *Journal of Neuroscience*. https://doi.org/10.1523/jneurosci.21-16-06321.2001

Zeitler, D. M., Dorman, M. F., Natale, S. J., Loiselle, L., Yost, W. A., & Gifford, R. H. (2015). Sound source localization and speech understanding in complex listening environments by single-sided deaf listeners after cochlear implantation. *Otology and Neurotology*. https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000841

Zheng, Y., Koehnke, J., & Besing, J. (2017). Combined effects of noise and reverberation on sound localization for listeners with normal hearing and bilateral cochlear implants. *American Journal of Audiology*. https://doi.org/10.1044/2017_AJA-16-0101

Zheng, Y., Koehnke, J., Besing, J., & Spitzer, J. (2011). Effects of noise and reverberation on virtual sound localization for listeners with bilateral cochlear implants. *Ear and Hearing*. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318216eba6

ETİK KURUL KARARI

İÜC Tarih ve Sayı: 06/09/2018-52164

T.C.
CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı :83045809-604.01.02-
Konu :Doktora Öğrencisi
Uzm.Ody.Halide Çetin
KARA'nın etik kurul kararı A-02

KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi :19.07.2018 tarih, 93777809-604.01.01-29716 sayılı yazı

Anabilim Dalınız öğretim üyesi **Prof.Dr.Ahmet ATAŞ'ın** danışmanlığında **Doktora Öğrencisi Uzm.Ody.Halide Çetin KARA'nın** yürütücülünde **"İşitme Kaybı Bireylerde, Gürültü ve Reverberasyonun Spatial/İşitsel Algı Üzerine Etkisi"** başlıklı Doktora Tezi hakkında ilgi yazınız ve ekleri **04 Eylül 2018** tarihinde toplanan Fakültemiz Klinik Araştırmalar Etik Kurulunca müzakere edilmiş olup; etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

e-İmzalı
Prof. Dr. Özgür KASAPÇOPUR
Başkan

e-İmzalı
Prof. Dr. Gökhan İPEK
Bölüm Başkanı

NOT: Yönetmelik gereği Sonuç Raporunun Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna iletilmesi gerekmektedir.

EK :
1 dosya elden teslim edilecektir.

Doğrulamak İçin:http://dogrulama.istanbulc.edu.tr/enVision.sorgula/belgedogrulama.aspx?V=BENU036V8

Ayrıntılı bilgi için irtibat : Güler SOYDANER Dahili : 22300

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 34303 Cerrahpaşa/ İSTANBUL
Tel : 0 (212) 414 30 00 Faks : 0 (212) 632 00 33
e-posta : ctfpersonel@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : www.istanbulc.edu.tr

K - Q TSE-ISO-EN 9000

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No: A-02**	**Tarih: 04 EYLÜL 2018**
	Prof.Dr.Ahmet ATAŞ'ın danışmanlığında Uzm.Ody. Halide Çetin KARA'nın sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen klinik araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, gerçekleştirilmesinde etik sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üyelerinin oy birliği ile karar verilmiştir.	

ÇALIŞMA ESASI	İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
ETİK KURUL BAŞKANI UNVANI/ADI/SOYADI: Prof. Dr. Özgür KASAPÇOPUR	

ETİK KURUL ÜYELERİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Özgür KASAPÇOPUR (Başkan)	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Mehmet Faik ÖZÇELİK (Başkan Yard.)	Genel Cerrahi	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Muhlis Cem AR (Raportör)	İç Hastalıkları Hematoloji	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Zeki ÖNGEN	Kardiyoloji	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Mahmut Reha BAYAR	Ruh Sağlığı ve Hastalıkları	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Öner SÜZER	Tıbbi Farmakoloji	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Nurten Uzun ADATEPE	Nöroloji	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Hakkı Oktay SEYMEN	Fizyoloji	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Oktay DEMİRKIRAN	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr.Gülten DİNÇ	Tıp Tarihi ve Etik	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Suphi VEHİD	Halk Sağlığı	İstanbul Bilim Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç.Dr.Zeynep Hande TURNA	İç Hastalıkları Medikal Onkoloji	İ.Ü.C.- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	Kongrede
Doç. Dr. Mutlu NİYAZOĞLU	İç Hastalıkları End./Metb./Diabet	Haydarpaşa Eğitim Araştırma Hast.	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	İZİNLİ
Avukat Ayfer DİKMEN	Ticaret ve Sağlık Hukuku	Serbest Hukuk Bürosu	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Zümrüt GAMLI	Emekli Öğretmen	Sivil Üye	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

*:Toplantıda Bulunma

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

İŞİTME KAYIPLI BİREYLERDE, GÜRÜLTÜ VE REVERBERASYONUN UZAYSAL/İŞİTSEL ALGI ÜZERİNE ETKİSİ

ORIJINALLIK RAPORU

%11	%8	%1	%8
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	dosyahastane.saglik.gov.tr İnternet Kaynağı	%3
2	Submitted to Atilim University Öğrenci Ödevi	%2
3	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	%1
4	madoc.bib.uni-mannheim.de İnternet Kaynağı	%1
5	cdn.istanbul.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
6	dergipark.ulakbim.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
7	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	tr.wikipedia.org İnternet Kaynağı	<%1

EK VERİLER VE TABLOLARI

Deneklerin, ilk implantları (Tek kulak) ile lokalizasyon, gürültüde ve reverberasyon eşiliğinde lokalizasyon sonuçları Tablo 12, 13, 14, 15, 16, 17 ve 18'de verilmiştir.

Tablo 12. İlk CI ile sessiz ortamda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Sessiz Ortam 0º	100	100
Sessiz Ortam 45º	90,2	
Sessiz Ortam 90º	100	
Sessiz Ortam 135º	60,6	
Sessiz Ortam 180º	78,8	
Sessiz Ortam 225º	39,4	
Sessiz Ortam 270º	100	
Sessiz Ortam 315º	51,5	

Tablo 13. İlk CI ile SNR 0dB olduğunda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
SNR 0dB 0º	100	78,8
SNR 0dB 45º	80,8	
SNR 0dB 90º	100	
SNR 0dB 135º	50,5	
SNR 0dB 180º	66,7	
SNR 0dB 225º	25,2	
SNR 0dB 270º	93,9	
SNR 0dB 315º	36,4	

Tablo 14. İlk CI ile SNR -10dB olduğunda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
SNR -10dB 0º	100	57
SNR -10dB 45º	72,7	
SNR -10dB 90º	100	
SNR -10dB 135º	26,1	
SNR -10dB 180º	30,3	
SNR -10dB 225º	18,6	
SNR -10dB 270º	86	
SNR -10dB 315º	22,5	

Tablo 15. İlk CI ile SNR +10dB olduğunda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
SNR +10dB 0º	100	100
SNR +10dB 45º	87,3	
SNR +10dB 90º	100	
SNR +10dB 135º	55,8	
SNR +10dB 180º	70,5	
SNR +10dB 225º	35,1	
SNR +10dB 270º	88	
SNR +10dB 315º	44,5	

Tablo 16. İlk CI ile Reverberasyon 0,3 sn olduğunda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Reverberasyon 0,3 0º	100	100
Reverberasyon 0,3 45º	80,6	
Reverberasyon 0,3 90º	100	
Reverberasyon 0,3 135º	54,5	
Reverberasyon 0,3 180º	70,2	
Reverberasyon 0,3 225º	41,2	
Reverberasyon 0,3 270º	94,1	
Reverberasyon 0,3 315º	41,2	

Tablo 17. İlk CI ile Reverberasyon 0,6 sn olduğunda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Reverberasyon 0,6 0º	100	87,9
Reverberasyon 0,6 45º	79,2	
Reverberasyon 0,6 90º	100	
Reverberasyon 0,6 135º	49,4	
Reverberasyon 0,6 180º	68,9	
Reverberasyon 0,6 225º	28,4	
Reverberasyon 0,6 270º	80,1	
Reverberasyon 0,6 315º	38,3	

Tablo 18. İlk CI ile Reverberasyon 0,9 sn olduğunda lokalizasyon oranları.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Reverberasyon 0,9 0º	100	62
Reverberasyon 0,9 45º	78,6	
Reverberasyon 0,9 90º	100	
Reverberasyon 0,9 135º	47,1	
Reverberasyon 0,9 180º	66,4	
Reverberasyon 0,9 225º	25,3	
Reverberasyon 0,9 270º	77,2	
Reverberasyon 0,9 315º	35,2	

Deneklerin, bilateral implantları (iki kulak) ile lokalizasyon, gürültüde ve reverberasyon eşiliğinde lokalizasyon sonuçları Tablo 19, 20, 21, 22, 23, 24 ve 25'de verilmiştir.

Tablo 19. Bilateral CI ile sessiz ortamda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Sessiz Ortam 0º	100	100
Sessiz Ortam 45º	93,9	
Sessiz Ortam 90º	100	
Sessiz Ortam 135º	84,8	
Sessiz Ortam 180º	97	
Sessiz Ortam 225º	62,4	
Sessiz Ortam 270º	100	
Sessiz Ortam 315º	93,9	

Tablo 20. Bilateral CI ile SNR 0dB olduğunda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
SNR 0dB 0º	100	100
SNR 0dB 45º	86,6	
SNR 0dB 90º	100	
SNR 0dB 135º	76,7	
SNR 0dB 180º	78,8	
SNR 0dB 225º	51,4	
SNR 0dB 270º	100	
SNR 0dB 315º	81,4	

Tablo 21. Bilateral CI ile SNR -10dB olduğunda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
SNR -10dB 0º	100	69,7
SNR -10dB 45º	83,9	
SNR -10dB 90º	100	
SNR -10dB 135º	64,8	
SNR -10dB 180º	71	
SNR -10dB 225º	48,4	
SNR -10dB 270º	100	
SNR -10dB 315º	73,9	

Tablo 22. Bilateral CI ile SNR +10dB olduğunda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
SNR +10dB 0º	100	100
SNR +10dB 45º	90,2	
SNR +10dB 90º	100	
SNR +10dB 135º	80,1	
SNR +10dB 180º	84,1	
SNR +10dB 225º	57,4	
SNR +10dB 270º	100	
SNR +10dB 315º	83,7	

Tablo 23. Bilateral CI ile Reverberasyon 0,3 sn olduğunda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Reverberasyon 0,3 0º	100	100
Reverberasyon 0,3 45º	86,8	
Reverberasyon 0,3 90º	100	
Reverberasyon 0,3 135º	80,8	
Reverberasyon 0,3 180º	80,4	
Reverberasyon 0,3 225º	52,8	
Reverberasyon 0,3 270º	100	
Reverberasyon 0,3 315º	82,9	

Tablo 24. Bilateral CI ile Reverberasyon 0,6 sn olduğunda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Reverberasyon 0,6 0º	100	93,9
Reverberasyon 0,6 45º	84,5	
Reverberasyon 0,6 90º	100	
Reverberasyon 0,6 135º	78,7	
Reverberasyon 0,6 180º	77,6	
Reverberasyon 0,6 225º	51,1	
Reverberasyon 0,6 270º	84,6	
Reverberasyon 0,6 315º	80,8	

Tablo 25. Bilateral CI ile Reverberasyon 0,9 sn olduğunda lokalizasyon oranları.

Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	İlgili ses ortamında Doğru yönü tahmin edebilme oranı (%)
Reverberasyon 0,9 0º	100	77,5
Reverberasyon 0,9 45º	79,2	
Reverberasyon 0,9 90º	100	
Reverberasyon 0,9 135º	65,5	
Reverberasyon 0,9 180º	71,8	
Reverberasyon 0,9 225º	49,7	
Reverberasyon 0,9 270º	80,2	
Reverberasyon 0,9 315º	74,5	

Deneklerin, ilk yapılan implantları ile bilateral implantları (iki kulak) ile lokalizasyon, gürültüde ve reverberasyon eşiliğinde lokalizasyon sonuçlarının karşılaştırıldığı veriler, Tablo 26, 27, 28, 29, 30,31 ve 32'de verilmiştir.

Tablo 26. İlk CI ve Bilateral CI ile sessiz ortamda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
Sessiz 0º	100	Sessiz 0º	100
Sessiz 45º	90,2	Sessiz 45º	93,9
Sessiz 90º	100	Sessiz 90º	100
Sessiz 135º	60,6	Sessiz 135º	84,8
Sessiz 180º	78,8	Sessiz 180º	97
Sessiz 225º	39,4	Sessiz 225º	62,4
Sessiz 270º	100	Sessiz 270º	100
Sessiz 315º	51,5	Sessiz 315º	93,9

Tablo 27. İlk CI ve Bilateral CI ile SNR 0 olduğu durumda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
SNR 0dB 0º	100	SNR 0dB 0º	100
SNR 0dB 45º	80,8	SNR 0dB 45º	86,6
SNR 0dB 90º	100	SNR 0dB 90º	100
SNR 0dB 135º	50,5	SNR 0dB 135º	76,7
SNR 0dB 180º	66,7	SNR 0dB 180º	78,8
SNR 0dB 225º	25,2	SNR 0dB 225º	51,4
SNR 0dB 270º	93,9	SNR 0dB 270º	100
SNR 0dB 315º	36,4	SNR 0dB 315º	81,4

Tablo 28. İlk CI ve Bilateral CI ile SNR -10 olduğu durumda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
SNR -10dB 0º	100	SNR -10dB 0º	100
SNR -10dB 45º	72,7	SNR -10dB 45º	83,9
SNR -10dB 90º	100	SNR -10dB 90º	100
SNR -10dB 135º	26,1	SNR -10dB 135º	64,8
SNR -10dB 180º	30,3	SNR -10dB 180º	71
SNR -10dB 225º	18,6	SNR -10dB 225º	48,4
SNR -10dB 270º	86	SNR -10dB 270º	100
SNR -10dB 315º	22,5	SNR -10dB 315º	73,9

Tablo 29. İlk CI ve Bilateral CI ile SNR +10 olduğu durumda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
SNR +10dB 0º	100	SNR +10dB 0º	100
SNR +10dB 45º	87,3	SNR +10dB 45º	90,3
SNR +10dB 90º	100	SNR +10dB 90º	100
SNR +10dB 135º	55,8	SNR +10dB 135º	80,1
SNR +10dB 180º	70,5	SNR +10dB 180º	84,1
SNR +10dB 225º	35,1	SNR +10dB 225º	57,4
SNR +10dB 270º	88	SNR +10dB 270º	100
SNR +10dB 315º	44,5	SNR +10dB 315º	83,7

Tablo 30. İlk CI ve Bilateral CI ile reverberasyonun 0,3sn olduğu durumda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
Reverberasyon 0,3 0º	100	Reverberasyon 0,3 0º	100
Reverberasyon 0,3 45º	80,6	Reverberasyon 0,3 45º	86,8
Reverberasyon 0,3 90º	100	Reverberasyon 0,3 90º	100
Reverberasyon 0,3 135º	54,5	Reverberasyon 0,3 135º	80,8
Reverberasyon 0,3 180º	70,2	Reverberasyon 0,3 180º	80,4
Reverberasyon 0,3 225º	30,3	Reverberasyon 0,3 225º	52,8
Reverberasyon 0,3 270º	94,1	Reverberasyon 0,3 270º	100
Reverberasyon 0,3 315º	41,2	Reverberasyon 0,3 315º	82,9

Tablo 31. İlk CI ve Bilateral CI ile reverberasyonun 0,6sn olduğu durumda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
Reverberasyon 0,6 0º	100	Reverberasyon 0,6 0º	100
Reverberasyon 0,6 45º	79,2	Reverberasyon 0,6 45º	84,5
Reverberasyon 0,6 90º	100	Reverberasyon 0,6 90º	100
Reverberasyon 0,6 135º	49,4	Reverberasyon 0,6 135º	78,7
Reverberasyon 0,6 180º	68,9	Reverberasyon 0,6 180º	77,6
Reverberasyon 0,6 225º	28,4	Reverberasyon 0,6 225º	51,1
Reverberasyon 0,6 270º	80,1	Reverberasyon 0,6 270º	84,6
Reverberasyon 0,6 315º	38,3	Reverberasyon 0,6 315º	80,8

Tablo 32. İlk CI ve Bilateral CI ile reverberasyonun 0,9sn olduğu durumda lokalizasyon oranlarının karşılaştırılması.

İlk CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)	Bilateral CI ile	Doğru Lokalize Etme Oranı (%)
Reverberasyon 0,9 0º	100	Reverberasyon 0,9 0º	100
Reverberasyon 0,9 45º	78,6	Reverberasyon 0,9 45º	79,2
Reverberasyon 0,9 90º	100	Reverberasyon 0,9 90º	100
Reverberasyon 0,9 135º	47,1	Reverberasyon 0,9 135º	65,5
Reverberasyon 0,9 180º	66,4	Reverberasyon 0,9 180º	71,8
Reverberasyon 0,9 225º	25,3	Reverberasyon 0,9 225º	49,7
Reverberasyon 0,9 270º	77,2	Reverberasyon 0,9 270º	80,2
Reverberasyon 0,9 315º	35,2	Reverberasyon 0,9 315º	74,5

Deneklerin, ilk yapılan implantları ile bilateral implantları (iki kulak) ile lokalizasyon, gürültüde ve reverberasyon eşiliğinde lokalizasyon sonuçlarının, aynı koşul altında değişimlerindeki, Chi Square testi anlamlılık değerlerinin yer aldığı veriler, Tablo 33, 34, 35, 36, 37, 38 ve 39'da verilmiştir. (Anlamlı değişim gösteren veriler [$p<0,005$ ve altı], tablolarda * ve kırmızı ile belirtilmiştir.)

Deneklerin, ***sessiz durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 45°, 135°, 180°, 225° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 33)

Tablo 33. İlk CI ve Bilateral CI ile sessiz ortamda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	USessiz0 - BSessiz0	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	USessiz45 - BSessiz45	-11,3500	,0837	,0342	-11,4378	-11,2622	,0005*
Pair 3	USessiz90 - BSessiz90	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	USessiz135 - BSessiz135	-12,2000	,2000	,0816	-12,4099	-11,9901	,0005*
Pair 5	USessiz180 - BSessiz180	-12,1500	,1378	,0563	-12,2947	-12,0053	,0005*
Pair 6	USessiz225 - BSessiz225	-16,7833	,1169	,0477	-16,9060	-16,6606	,0001*
Pair 7	USessiz270 - BSessiz270	-,1000	,1789	,0730	-,2877	,0877	,229
Pair 8	USessiz315 - BSessiz315	-47,9667	,1033	,0422	-48,0751	-47,8583	,0001*

Deneklerin, ***SNR: 0dB olduğu durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 45°, 135°, 180°, 225°, 270° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 34)

Tablo 34. İlk CI ve Bilateral CI ile SNR 0dB olduğu durumda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	USNR00 - BSNR00	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	USNR045 - BSNR045	-14,7000	,4147	,1693	-15,1352	-14,2648	,0001*
Pair 3	USNR090 - BSNR090	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	USNR0135 - BSNR0135	-12,0333	,3882	,1585	-12,4407	-11,6260	,0001*
Pair 5	USNR0180 - BSNR0180	-12,3500	,3017	,1232	-12,6666	-12,0334	,0001*
Pair 6	USNR0225 - BSNR0225	-69,4833	1,9631	,8014	-71,5435	-67,4232	,0001*
Pair 7	USNR0270 - BSNR0270	-7,2667	,5538	,2261	-7,8478	-6,6855	,0001*
Pair 8	USNR0315 - BSNR0315	-48,0000	1,4464	,5905	-49,5179	-46,4821	,0001*

Deneklerin, ***SNR: -10dB olduğu durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 45°, 135°, 180°, 225° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 35)

Tablo 35. İlk CI ve Bilateral CI ile SNR -10dB olduğu durumda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	USNReksi100 - BSNReksi100	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	USNReksi1045 - BSNReksi1045	-14,7000	,4147	,1693	-15,1352	-14,2648	,0005*
Pair 3	USNReksi1090 - BSNReksi1090	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	USNReksi10135 - BSNReksi10135	-45,3833	,4119	,1682	-45,8156	-44,9511	,0001*
Pair 5	USNReksi10180 - BSNReksi10180	-48,4833	,3189	,1302	-48,8179	-48,1487	,0005*
Pair 6	USNReksi10225 - BSNReksi10225	-56,7000	1,2361	,5046	-57,9972	-55,4028	,0001*
Pair 7	USNReksi10270 - BSNReksi10270	-,1000	,1789	,0730	-,2877	,0877	,229
Pair 8	USNReksi10315 - BSNReksi10315	-48,4833	,2787	,1138	-48,7758	-48,1909	,0001*

Deneklerin, ***SNR: +10dB olduğu durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 45°, 135°, 180°, 225°, 270° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 36)

Tablo 36. İlk CI ve Bilateral CI ile SNR +10dB olduğu durumda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	USNRartı100 - BSNRartı100	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	USNRart1045 - BSNRartı1045	-2,9833	,7910	,3229	-3,8134	-2,1532	,0001*
Pair 3	USNRartı1090 - BSNRartı1090	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	USNRartı10135 - BSNRartı10135	-23,6333	2,7142	1,1081	-26,4817	-20,7850	,0001*
Pair 5	USNRartı10180 - BSNRartı10180	-17,8667	1,1776	,4807	-19,1024	-16,6309	,0001*
Pair 6	USNRartı10225 - BSNRartı10225	-23,3333	2,8048	1,1450	-26,2767	-20,3899	,0001*
Pair 7	USNRartı10270 - BSNRartı10270	-3,4333	1,4404	,5880	-4,9449	-1,9218	,002*
Pair 8	USNRartı10315 - BSNRartı10315	-41,5667	1,2675	,5175	-42,8969	-40,2365	,0001*

Deneklerin, ***Reverberasyon süresi: 0,3sn olduğu durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 45°, 135°, 180°, 225°, 270° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 37)

Tablo 37. İlk CI ve Bilateral CI ile reverberasyon süresinin 0,3sn olduğu durumda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	UReverb030 - BReverb030	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	UReverb0345 - BReverb0345	-1,7333	,8548	,3490	-2,6304	-,8363	,004*
Pair 3	UReverb0390 - BReverb0390	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	UReverb03135 - BReverb03135	-30,5000	2,4290	,9916	-33,0491	-27,9509	,0001*
Pair 5	UReverb03180 - BReverb03180	-22,3833	2,6985	1,1016	-25,2152	-19,5515	,0001*
Pair 6	UReverb03225 - BReverb03225	-10,5167	1,2319	,5029	-11,8095	-9,2238	,0001*
Pair 7	UReverb03270 - BReverb03270	-3,4333	1,4404	,5880	-4,9449	-1,9218	,002*
Pair 8	UReverb03315 - BReverb03315	-47,2833	1,1805	,4820	-48,5222	-46,0444	,0001*

Deneklerin, ***Reverberasyon süresi: 0,6sn olduğu durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 135°, 180°, 225°, 270° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 38)

Tablo 38. İlk CI ve Bilateral CI ile reverberasyon süresinin 0,6sn olduğu durumda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	UReverb060 - BReverb060	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	UReverb0645 - BReverb0645	-1,3667	,8454	,3451	-2,2538	-,4795	,011
Pair 3	UReverb0690 - BReverb0690	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	UReverb06135 - BReverb06135	-32,7167	,9827	,4012	-33,7479	-31,6854	,0005*
Pair 5	UReverb06180 - BReverb06180	-19,8167	1,0439	,4262	-20,9121	-18,7212	,0001*
Pair 6	UReverb06225 - BReverb06225	-8,6167	1,0944	,4468	-9,7651	-7,4682	,0005*
Pair 7	UReverb06270 - BReverb06270	-3,4333	1,4404	,5880	-4,9449	-1,9218	,002*
Pair 8	UReverb06315 - BReverb06315	-59,9833	,7139	,2915	-60,7325	-59,2341	,0001*

Deneklerin, ***Reverberasyon süresi: 0,9sn olduğu durumda***; ilk CI ile bilateral CI kullanımı sonrası lokalizasyon becerilerinde, 45°, 135°, 180°, 225°, 270° ve 315°'de anlamlı şekilde (p<0,005 ve altı) iyileştiği gözlenmiştir. (Tablo 39)

Tablo 39. İlk CI ve Bilateral CI ile reverberasyon süresinin 0,9sn olduğu durumda lokalizasyon becerilerindeki değişimlerin anlamlı olan değerleri.

		Paired Differences					Sig.
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		
					Lower	Upper	
Pair 1	UReverb090 - BReverb090	-,0167	,5456	,2227	-,5892	,5559	,943
Pair 2	UReverb0945 - BReverb0945	-3,6167	,7859	,3208	-4,4414	-2,7919	,003*
Pair 3	UReverb0990 - BReverb0990	,1333	,4320	,1764	-,3201	,5867	,484
Pair 4	UReverb09135 - BReverb09135	-12,6000	1,4546	,5939	-14,1266	-11,0734	,002*
Pair 5	UReverb09180 - BReverb09180	-30,0333	,1506	,0615	-30,1913	-29,8753	,004*
Pair 6	UReverb09225 - BReverb09225	-10,4333	,4033	,1647	-10,8566	-10,0101	,0005*
Pair 7	UReverb09270 - BReverb09270	-3,4333	1,4404	,5880	-4,9449	-1,9218	,002*
Pair 8	UReverb09315 - BReverb09315	-31,7667	1,1605	,4738	-32,9845	-30,5488	,0001*

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Halide	**Soyadı**	Çetin KARA
Doğ.Yeri		**Doğ.Tar.**	1978
Uyruğu	TC	**TC Kim No**	---
Email	halide.kara@istanbul.edu.tr	**Tel**	----

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	**Mez. Yılı**
Doktora	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	2020
Yük.Lis.	Hacettepe Üniversitesi & İstanbul Üniversitesi	2005&2016
Lisans	Uludağ Üniversitesi	2001
Lise		

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	**Kurum**	**Süre (Yıl - Yıl)**
1.	Odyoloji Uzmanı	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	2011- Halen
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	**Okuduğunu Anlama***	**Konuşma***	**Yazma***	**KPDS/ÜDS Puanı**	**(Diğer) Puanı**
İngilizce	iyi	iyi	iyi		

***Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	**Eşit Ağırlık**	**Sözel**
LES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	**Kullanma becerisi**
Office	iyi

Özel İlgi Alanları (Hobileri):