

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI

**KOKLEAR İMPLANTASYON YAPILAN HASTALARDA İNTRAOPERATİF VE
UZUN DÖNEMDE TELEMETRİ DEĞİŞİKLİKLERİ**

Muhammed DAĞKIRAN

**KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DANIŐMANI

Prof. Dr. Mustafa Mete KIROĞLU

ADANA-2024

KABUL VE ONAY



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süreci boyunca desteklerini, bilgi birikimlerini, tecrübelerini paylaşan, değerli hocalarıma ve ayrıca tez danışmanım olan Sayın Prof. Dr. Mete Kiroğlu' na saygılarımı sunarım. Lisansüstü eğitimi sürecimde büyük emekleri olan Sağlık Bilimleri Enstitümüze ve tez yazma sürecinin her aşamasında destek ve yardımlarından dolayı Uzm. Ody. Ahmet Atıla'ya ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Beni bugünlere getiren anne, babama ve sevgili aileme sevgilerimi sunarım.

Saygılarımla

Doç.Dr. Muhammed Dağkiran

ADANA-2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	v
ÖZET	vi
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Koklear İmplantasyon	2
2.1.1. Koklear İmplant Nedir?	2
2.1.2. Koklear İmplantın Tarihçesi	2
2.1.3. Koklear İmplant Genel Özellikleri	3
2.1.4. Koklear İmplant Endikasyonları	4
2.1.5. Tıbbi Değerlendirme	4
2.1.6. Radyolojik Değerlendirme	5
2.1.7. Odyolojik Değerlendirme	6
2.1.8. Koklear İmplant Cerrahisi	7
2.1.9. Elektrofizyolojik Ölçümler	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
4. BULGULAR	15
5. TARTIŞMA	25
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
7.KAYNAKÇA	32
EKLER	36
EK 1. Etik Kurul Onayı	36
EK 2. Aydınlatılmış Gönüllü Onam Formu	37
ÖZGEÇMİŞ	38

ŞEKİLLER DİZİNİ

Resim 1. Açık ve kısa devre bulunan telemetri bulgusu	10
Resim 2. Toprak ve üç monopolar modların görünümü	13
Resim 3. İntaoperatif ve postoperatif dönemde telemetri değerlerinin değişimi	20

Grafik 1. Bazal elektrotların zamana bağlı telemetri değişimi	17
Grafik 2. Medial elektrotların zamana bağlı telemetri değişimi.....	18
Grafik 3. Apikal elektrotların telemetri değerlerinin incelenmesi.....	18
Grafik 4. Genel elektrotların telemetri değerlerinin incelenmesi	19

Tablo 1. Koklear İmplantasyon yapılan bireylerin İmplant Yönü	15
Tablo 2. Çalışmaya Dahil Edilen Bireylerin Cinsiyet Dağılımı.....	15
Tablo 3. Çalışmaya Dahil Edilen Elektrot Tiplerinin Dağılımı.....	16
Tablo 4. Elektrot konumlarına göre telemetri değişimleri	19
Tablo 5. Anormal Elektrot Arızasının Görülme Sıklığı.....	20
Tablo 6. Bireysel elektrot arızalarını dağılımı	22
Tablo 7. Bireysel elektrot arızaların koklea konumlarına göre dağılımı	22
Tablo 8. Anormal Elektrotların Zamana Göre Değişimi	23

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

ABR	: Auditory Brain Response
AEV	: Average Electrode Voltage
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CA	: Counter Advance
CG	: Common Ground
CI422	: Slim Straight
CN	: Cochlear Nucleus
dB	: Desibel
ECAP	: Electrically Evoked Compound Action Potential
ESRT	: Electrically Evoked Stapedial Reflex Thresholds
Kİ	: Koklear İmplant
MP1	: Monopolar1
MP2	: Monopolar2
MR	: Magnetic Resonance
NRT	: Neural Response Telemetry
SNİK	: Sensörinöral İşitme Kaybı
SUT	: Sağlık Uygulama Tebliği

ÖZET

Koklear İmplantasyon Yapılan Hastalarda İntraoperatif ve Uzun Dönemde Telemetri Değişiklikleri

Koklear implantasyon(Kİ), ileri derecede sensörinöral işitme kaybı yaşayan bireyler için etkili bir tedavi yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Kullanıcı sayısı dünya genelinde artarken, bireysel elektrot arızalarının da sıklığı yükselmektedir. Bu arızaların ses kalitesi ve konfor üzerindeki etkileri, bireylerin yaşam kalitesini doğrudan etkileyebilir. Çalışmanın amacı, Kİ kullanıcılarının zamanla değişen empedans ölçümlerini retrospektif olarak değerlendirmektir. İkincil hedef, intraoperatif anormal elektrot bulgularının yaygınlığını ve zaman içindeki değişimini belirlemektir.

Çalışmaya Cochlear marka implant kullanan 333 birey (358 implant) dahil edilmiştir. Katılımcıların empedans telemetrisi, intraoperatif ve postoperatif 1., 2., 3., 6. ve 12. aylarda değerlendirilmiştir. Postoperatif 1. ayda maksimum empedans değerlerine ulaşıldığı, 6. aydan sonra ise stabil bir seyir izlendiği görülmüştür. Toplamda 358 cihazdan 26'sında (%7,2) en az bir elektrot arızası saptanmıştır. Bu arızaların 22'si (%84,7) açık devre(OC), 4'ü ise (%15,3) kısa devre(SC) şeklindedir. OC arızalarının tamamı 1. ayda düzelirken, SC arızalarında hiçbir düzelme gözlemlenmemiştir.

Koklear implant adaylık kriterlerinin genişlemesiyle birlikte, bireysel elektrot arıza oranlarının da artması beklenmektedir. Düzenli takipler, hasta performansının izlenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Koklear İmplant, Telemetri, Açık Devre, Kısa Devre

ABSTRACT

Intraoperative and Long Term Telemetry Changes in Cochlear Implantation Patients

Cochlear implantation is emerging as an effective treatment for individuals with profound sensorineural hearing loss. As the number of users increases worldwide, the frequency of individual electrode failures is also increasing. The effects of these failures on sound quality and comfort can directly affect the quality of life of individuals. The aim of this study was to retrospectively evaluate the time-varying impedance measurements of CI users. The secondary objective was to determine the prevalence of intraoperative abnormal electrode findings and their change over time.

The study included 333 individuals (358 implants) with Cochlear implants. The impedance telemetry of the participants was evaluated intraoperatively and at 1, 2, 3, 6 and 12 months postoperatively. It was observed that maximum impedance values were reached at the 1st postoperative month and a stable course was observed after the 6th month. At least one electrode failure was detected in 26 (7.2%) of the 358 devices. Of these failures, 22 (84.7%) were open circuit (OC) and 4 (15.3%) were short circuit (SC). All of the OC failures recovered in the first month, while no recovery was observed in SC failures.

With the expansion of cochlear implant candidacy criteria, individual electrode failure rates are expected to increase. Regular follow-ups are critical for monitoring patient performance.

Key Words: Cochlear Implant, Telemetry, Open Circuit, Short Circuit

1.GİRİŞ

Koklear implantlar(Kİ), koklear sinirin uyarılması yoluyla işitmeye yardımcı olmak için kokleaya implante edilen cihazlardır. Koklear implantasyonun görülme sıklığı son birkaç yılda tüm dünyada arttı ve ileri derece ve çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan hastalar için en iyi tıbbi müdahalelerden biri olarak kabul edilmektedir. Kİ'ler için adaylık kriterleri genişlemeye devam ettikçe implantasyona tabi tutulan hastaların sayısı ve karşılaşılan bireysel elektrot devresi arızalarının sayısı da tahmin edilebileceği gibi artacaktır. Elektrot nesilleri arasındaki belirgin gelişmelere rağmen, her yıl implante edilen hasta sayısının çokluğu göz önüne alındığında, kaçınılmaz olarak bireysel elektrot devresi arızalarıyla karşılaşmaya devam edileceği öngörülmektedir(1,2,3).

Gerek yetişkin gerekse de çocuk, Kİ kullanıcı sayısı dünya çapında giderek artmaktadır. Kİ'li kişilerde implantın programlanması ses kalitesini ve bireyin konforunu sağlamak için çok önemlidir. Empedans telemetri ile iç kulağın bütünlüğü ve elektrotların fonksiyonu değerlendirilir. Ölçümlerin bu önemine dayanarak verilerin bireyin yaşam kalitesine etkisinin araştırılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Çalışmanın temel amacı; Kİ kullanıcılarının zamanla değişen empedans ölçümlerinin retrospektif olarak değerlendirilmesidir. İkincil amaç ise intraoperatif olarak gözlemlenen anormal elektrot bulgularının yaygınlığı belirlemek ve zamana göre değişimini saptamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Koklear İmplantasyon

2.1.1. Koklear İmplant Nedir?

Koklear implant (Kİ), mekanik akustik enerjiyi elektriksel uyarılara dönüştüren ve bu sinyalleri doğrudan kokleaya aktararak seslerin algılanmasını mümkün kılan bir elektronik cihazdır. Bilateral, ileri veya çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı (SNİK) olan ve konvansiyonel işitme cihazlarından az ya da hiç fayda göremeyen bireyler koklear implant için endikasyon oluşturur. Kİ, işitme sinirini doğrudan elektriksel yollarla uyararak işlev görür. Akustik uyarılar genellikle temporal bölgeye yerleştirilen bir ses işlemcisi aracılığıyla işlenir ve sonra kokleada bulunan elektrotlara iletilir. Koklear implant, bu şekilde biyolojik mikrofon işlevini gören iç tüylü hücrelerin rolünü üstlenir. İşitme sinirinin çeşitli bölgelerinde doğal işitme sürecinin teorik bir simülasyonu gerçekleştirilir. Koklear implant cerrahisi, her yaş grubunda uygulanabilir. Bu durum, geniş bir hasta popülasyonuna hizmet etme olanağı sunar. Böylece, işitme kaybı yaşayan bireylerin hayat kaliteleri artırılmaya çalışılır(4,5).

2.1.2. Koklear İmplantın Tarihçesi

İşitme kaybını elektrik akımı kullanarak gidermeyi hedefleyen koklear implant, günümüzün en önemli teknolojilerinden biridir. Bu süreç, İtalyan bilim insanı Alessandro Volta'nın (1745–1827) 50 voltluk bir pilin iki ucunu kulaklarına yerleştirerek "çıtırtı ve fokurdama" hissi yaşadığını keşfetmesiyle başlamıştır. Ardından, 1855'te Duchenne de Boulogne, kokleayı alternatif akımla uyardığında Volta'nın hissettiği benzer uğultu ve çınlama duyularını tanımlamıştır. 1957'de ise Andre Djournö ve Charles Eyrie, doğrudan insan işitme sisteminin elektriksel sinyalle uyarımını gerçekleştirmiştir. 1961 yılında Dr. House ve Dr. Doyle, skala timpani yoluyla işitme sinirini uyarmayı başarmıştır. Kısa bir süre sonra, elektrik mühendisi Jack Urban ile Dr. House, hastalar için ilk koklear implant sistemini tasarlamıştır. Bu nedenle Dr. House, koklear implantın öncüsü olarak anılmaktadır. Türkiye'de ise ilk yetişkin koklear implant cerrahisi, Dr. Bekir Altay tarafından 1987 yılında Eskişehir'de gerçekleştirilmiştir(6-9).

2.1.3. Koklear İmplant Genel Özellikleri

Temel olarak; akustik girdileri alan ve işleyen dış bir parça ile alınan sinyali elektrik sinyaline dönüştüren ve doğrudan koklear siniri uyaran iç parçadan oluşur.

Dış Parça

Dış parçada bulunan mikrofon, sesleri dış ortamdan alır ve bunları elektriksel uyarılara dönüştürerek konuşma işlemcisine iletir. Konuşma işlemcisi, koklear implantın beyin işlevini görür; belirli akustik özellikleri çıkarır, bunları radyofrekans ile kodlar ve elektrik stimülasyonunun parametrelerini kontrol eder. Ayrıca gelen akustik uyarıları farklı frekans bantlarına filtreleyerek bu bilgileri dijital forma dönüştürüp dış antene aktarır. Dış anten, kodlanmış uyarıları deri yoluyla, derinin altında bulunan implante alıcı-uyarıcıya radyofrekansla iletir. Dış anten ve alıcı-uyarıcı arasında mıknatıs ile bağlantı sağlanır(10).

İç parça

İç anten, dış antenden iletilen kodlanmış uyarıları alıcı-uyarıcıya aktarır. Bu parçaya Receiver denir ve bir denetim merkezi gibi çalışarak iletilen elektriksel uyarıların şifrelerini çözer. Her frekans bandındaki kodları kokleanın içindeki ilgili elektrot bölgesine iletir. Ayrıca Receiver ve dış antenin sabitleneceği bir mıknatıs içerir. Elektrot demeti, kokleayı uyaran işitme sinirine küçük elektriksel sinyaller iletir. Böylelikle Kİ, işitme sinirini doğrudan uyarak işitme kaybına neden olan hasarlı bölgeyi bypass eder. Sonrasında işitme siniri, elektriksel sinyalleri beyin ilgili merkezine iletir.

Parçalardan birindeki zayıflık, performansı önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin, radyofrekans iletişimindeki bir bant genişliği sınırlaması, konuşma işlemcisinin belirleyebileceği sinyal cinsini ve hızlarını kısıtlayabilir, bu da genel performansı olumsuz etkileyebilir. Bu parçalar, mükemmel bir performans için sistematik bir şekilde birlikte çalışmalıdır(12).

2.1.4. Koklear İmplant Endikasyonları

Başlangıçta, bilateral çok ileri sensörinöral işitme kaybı yaşayan bireyler koklear implantasyon için aday olarak belirlenirken, son zamanlarda bu seçimlerde değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu değişikliklerin nedeni, iç parça ve dış işlemcilerdeki teknolojik ilerlemelerin yanı sıra konuşma kodlama stratejilerindeki gelişmelerdir(12).

Hasta seçimi, koklear implantın başarısı için kritik bir unsurdur. Bu nedenle, hastanın kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, başarı açısından oldukça önemlidir. Değerlendirmenin amacı, bireyin koklear implantasyon için tıbbi ve odyometrik açıdan uygunluğunu belirlemektir. Hasta seçimini kolaylaştırmak, gerçekçi beklentiler oluşturmak ve en etkili rehabilitasyon protokolünü uygulamak için belirlenen bireylerde çeşitli tıbbi faktörler dikkate alınmalıdır. Bu ilerlemeler doğrultusunda, hastalar için koklear implant seçiminde medikal, psikolojik, odyolojik, dil gelişimi ve radyolojik değerlendirmeler yapılması gerekmektedir.

Amerika'da yetişkinler için US Food and Drug Administration (FDA), koklear implant (Kİ) hasta seçimini işitme kayıpları açısından bilateral orta-ileri sensörinöral işitme kaybından çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybına kadar genişletmiştir. Kİ için hasta seçimi genellikle destekli cümle tanıma performansı ile değerlendirilir. FDA, konuşmayı ayırt etme skorlarını tek kulak için ≤ 50 , bilateral olarak ise ≤ 60 olarak belirlemiştir. Pediatrik Kİ için FDA hasta seçiminde, 2 yaşın altındaki çocuklarda bilateral çok ileri (> 90 dB HL) sensörinöral işitme kaybı, 2 ila 17 yaş arasındaki çocuklarda ise bilateral ileri ya da çok ileri sensörinöral işitme kaybı bulunmalıdır.

Ülkemizde, sosyal güvenlik kurumu koklear implant uygulamaları için ödeme kapsamını sürekli olarak güncellemektedir. En son 28 Nisan 2021'de yapılan güncellemeyle, 2013 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan koklear implant ile ilgili yeni SUT (Sağlık Uygulama Tebliği) kriterleri belirlenmiştir(13).

2.1.5. Tıbbi Değerlendirme

Tıbbi değerlendirme, hastanın genel sağlık durumunu, işitme kaybı anamnezi ve nedeni, kulak ve kokleanın anatomik durumunu kapsar. Tıbbi değerlendirme esnasında, işitme kaybının sebebini belirlemek, doğum, aile ve otolojik hastalık

hikayesini değerlendirmek için ayrıntılı bir anamnez ile fiziki muayene yapılmalıdır. Fakat bir hastanın sadece işitme kaybının nedeni ya da geçmişi, hastanın koklear implantasyondan sonraki performansını doğru bir şekilde düşünmez. Bundan dolayı hasta seçimi koklear implant başarısını doğrudan etkilemektedir. Örneğin labirentit osifikasyonu gibi bazı hastalıklar koklear implantasyona cerrahi zorluklar çıkarmakla birlikte işitme sonucunu da olumsuz yönde etkileyebilir (14,15). Başka bir örnek progresif işitme kaybı hikayesi ve kısa süreli işitme kaybı olan postlingual işitme kaybı olan yetişkinler, implantasyondan önce daha uzun süre işitme kaybı olan bireylere göre daha fazla konuşma algılama puanları elde etme yönündedir (19). Prelingual işitme kaybı olan yetişkinler ise özellikle sözlü / işitsel iletişim kuramıyorsa, genellikle koklear implantasyon için uygun adaylar olarak seçilmezler(20). Çocuklarda da işitme kaybı hikayesi ile implantın başarısı arasında benzer ilişkiler mevcuttur.

2.1.6. Radyolojik Değerlendirme

Cerrahi öncesi anatomik alanları daha ayrıntılı değerlendirmek için, koklear implantasyon öncesi hastalara radyolojik değerlendirmeler yapılmaktadır. Cerrahi öncesi anomalilerin gözlenmesi, doktorun hangi kulağın implantasyon için uygun olduğunu netleştirmesi, farklı cerrahi yöntemlerin planlanabilmesi, uygun elektrot dizileri seçme ve hastanın ya da yakınlarının beklentilerinin daha iyi anlatılabilmesini sağlamaktadır (21) .

Bilgisayarlı tomografi

Yüksek özünürlüklü bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans (MRI) ile cerrahi öncesi görüntüleme, konjenital anomalilerin ve kokleanın diğer lezyonlarının incelenmesine, koklear sinirin ameliyatının planlamasına ve incelenmesini sağlar. BT, kemik anatomisi ve kemik anomalilerinin incelenmesinde en iyi testtir. BT ekstra kafa tabanı ile orta ve iç kulak anomalilerinin aynı anda tanımlanmasına olanak sağlar (19).

Manyetik rezonans

MR görüntüleme teknolojisindeki son gelişmeler, koklear implant adaylarının incelenmesinde önemini artırmıştır . MR, koklear veya semisürkiler kanal displazisini, labirent kemikleşmesini ve koklear sinirin çapını ortaya koyabilmektedir. Bundan dolayı MR'ın en büyük önemi, özellikle menenjitli bireylerde ve koklear sinirin varlığı veya yokluğunda önemli olan labirentin erken kemikleşmesini tanımlamak için daha iyi yumuşak doku görselleştirmesidir. En büyük dezavantajı sedasyon alınması gerekmektedir (20).

2.1.7. Odyolojik Değerlendirme

Odyolojik değerlendirmenin amacı, adayın preoperatif işitme seviyesini, iletişim durumunu ve işitme cihazlarının kullanımını incelemektir. Sonuçlar, mevcut iletişim durumunu Kİ kullanımının beklenen sonuçlarıyla kıyaslayarak adaylığın belirlenmesinde rol oynar. Ayrıca, implantasyondan sonra Kİ'in faydasını ölçmek için ön sonuç kriterleri açısından da önem arz etmektedir. Odyolojik değerlendirmenin temeli, işitme testi, işitme cihazlı değerlendirme, konuşma algılama testleri ve elektrofizyolojik inceleme gibi unsurları kapsar. Postlingual bireylere uygulanan cihazlı ve cihazsız odyometri testi, otoakustik emisyon, timpanometri ve akustik refleks testleri sonrasında, hastanın SUT kurallarında belirtilen uygunluğun sağlanması koşulunda adaylık süreci başlar. Özellikle postlingual işitme kaybı olan bireylerde, cihazlı olarak yapılan konuşma ayırt etme testi, önemli adaylık kriterlerinden biridir. Odyolojik değerlendirme, adayın mevcut işitme cihazı kullanım süresi öyküsünü de içermelidir. Mevcut işitme cihazı teknolojilerini konusunda bilgili bu kişiler için işitme cihazı adaptasyon süresine ihtiyaç olmadığı düşünülmektedir. Yetişkinlerle aynı şekilde, postlingual işitme kaybı olan pediatrik grupta Kİ için odyolojik değerlendirme, bireyin sese hassasiyetini inceler ve işitsel algı ölçümlerini de kapsar. Küçük yaştaki çocukların implantasyon değerlendirmesi için, görsel pekiştirme odyometrisi ve oyun odyometrisi, işitme duyarlılığını belirlemenin ana yöntemleridir. Konuşma veya işitsel algı testi, çocuğun yaşına ve dil becerilerine bağlı olarak değişir. Bu yaş grubundaki bireyler için de en az bir süre işitme cihazı kullanımı şarttır.

Prelingual çocuklar ve gelişim geriliği yaşayan hastaların değerlendirilmesinde elektrofizyolojik testler son derece önemlidir. Bu testler, işitmenin objektif bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. İşitsel beyin sapı yanıtı testi (ABR), elektrofizyolojik testler arasında en önemli testlerden biridir. ABR testi, prelingual işitme kaybı yaşayan ve gelişim geriliği olan hastaların pediatrik koklear implant değerlendirmesinde, sensorinöral işitme kaybının derecesinin nesnel bir ölçüsü olarak işlev görmektedir(21,22).

2.1.8. Koklear İmplant Cerrahisi

Bireyin koklear implant adayı olarak seçilmesinin ardından implantın hangi kulağa yapılacağına karar verilmektedir. Cerrahi öncesinde kulak ve çevresindeki akut ve kronik enfeksiyonların durumu değerlendirilmeli, var ise tedavi edilerek kontrol altına alınmalıdır. Efüzyonlu orta kulak enfeksiyonu gibi orta kulak enfeksiyonu varlığında doktor enfeksiyonlu dokuyla başa çıkmak ve kanamayı durdurmak için fazla vakit harcamak zorunda kalabilir (23). Sonrasında bireyin anestezi tetkikleri ve detaylı bir incelemesi yapılmalıdır. Bireyler bakterial menenjitten korunmak için preoperatif dönemde Streptococcus pneumoniae ve Haemophilus influenzae tip b aşılı olmalıdır(24). Genel anestezi altında sırt üstü olacak şekilde yapılan cerrahi işlem intraoperatif testlerle birlikte 2-4 saat arası sürmektedir. İnsizyondan önce cihaz yatağı için bölge belirlenir. Sonrasında insizyon yapılır. En çok yapılan insizyon J tipi insizyondur (25). İnsizyon planlanırken her implant için var olan modeller kullanılarak implant yatağının alanı yaklaşık olarak belirlenmektedir. İnsizyondan hemen sonra mastoidektomi işlemine geçilir. İlk olarak basit ve dar bir mastoidektomi kavitesi açılır. Kavitenin açılmasının ardından implant yatağı oluşturulur. Yatak oluşturulduktan sonra dış kulak kanalı arka duvarı olabildiğince inceltilmelidir. İşlem sırasında dış kulak yoluna açılma olduğu taktirde, açıklık mutlaka kapatılmalıdır. Kapatılmaması halinde dış kulak epiteli ilerleyen zamanda kavite içine geçip kolesteatom oluşturabilir(26). İmplant için yatak hazır olduktan sonra posterior timpanotomiye geçilir. Koklear implantasyonda kortikal mastoidektomi ve posterior timpanotomi en çok tercih edilen tekniktir. Orta kulağa fossa inkudis altından, fasiyal resesin üstünden girilip yuvarlak pencere ön

kenarı ortaya çıkana kadar posterior timpanotomiye devam edilir. Fasiyal reses üstte inkusun kısa kolu, medialde fasiyal sinir, lateralde korda timpani arasında kalan üçgen şeklindeki boşluktur. Bu bölge elmas tur ile açılarak orta kulak boşluğuna varılır. Posterior timpanotomi esnasında fasiyal sinir yaralanması, otolojik cerrahlar için en riskli komplikasyondur (27,28). Orta kulak boşluğuna gelindikten sonra doktor stapes tendonu ve stapes başını görür. İnferior da yuvarlak pencere nişi görünene kadar turlama işlemi sürdürülür. Nişe erişildiğinde kokleaya pencereden ya da yuvarlak pencerenin önünden promontoryuma yapılacak kokleostomi işlemi ile girilebilir.

Kokleostomi tekniği içerdiği yüksek sestten dolayı var olan rezidüel işitmeyi olumsuz etkileyebilir, bundan dolayı yuvarlak pencere tekniği tavsiye edilir. Vestibüler fonksiyon kaybı ve vertigo oluşumu riskini azaltmak içinde elektrot yerleşimi sırasında yuvarlak pencere yaklaşımı seçilmelidir (29,30).

Elektrotlar dikkatlice tamamen içerde olduğundan emin oluncaya kadar skala timpaniden içeri doğru ilerletilir. Elektrot yerleşimi, kokleostomi tekniğiyle gerçekleşmişse implant çevresindeki açıklık temporal kastan alınan parçayla boşluk kalmayacak şekilde kapatılmalıdır.

2.1.9. Elektrofizyolojik Ölçümler

Koklear implant cerrahisi sırasında ölçülen intraoperatif testler, doktora ve odyoloğa operasyon sırasında ya da sonrasında geri bildirim alabilmek için yaygın olarak yapılmalıdır. Bu görüntüleme teknikleri elektrotun bütünlüğü ve elektriksel durumu hakkında kapsamlı bilgiler verir. Postperatif dönemde ise akustik refleks ve merkezi sinir sistemi tepkilerini ortaya çıkarmak için elektriksel eşiklerinin oluşturulması konuşma işlemcisinin fittinginde önemli bilgiler sağlayabilir. Bu testler radyofrekans (telemetri) yöntemi ile uygulanmalıdır. Aşağıda cerrahi sırasında ve sonrasında implant değerlendirilmesinde kullanılan; impedans telemetrisi, nöral yanıt telemetrisi (NRT), elektrikle uyarılmış stapes refleks testi (ESRT) ve trans-impedans matriks testi (TIM) bahsedilmiştir. Son olarak, intraoperatif ölçümler, hasta yakınlarının endişelerini azaltmak için de önemli bir danışma aracı olabilmektedir.

Telemetri

İmplantasyon ve konuşma işlemcisi programlanması sırasında birçok parametre kullanılır; bunların en yaygın olanı standart impedans telemetrisidir. İmpedans, herhangi bir ortamdaki enerji akışına karşı gösterilen direnci ifade eder. Elektrot impedansı, bir referans elektrot ile zemin arasındaki akım akışına karşı olan direnç olarak tanımlanır(31,32)

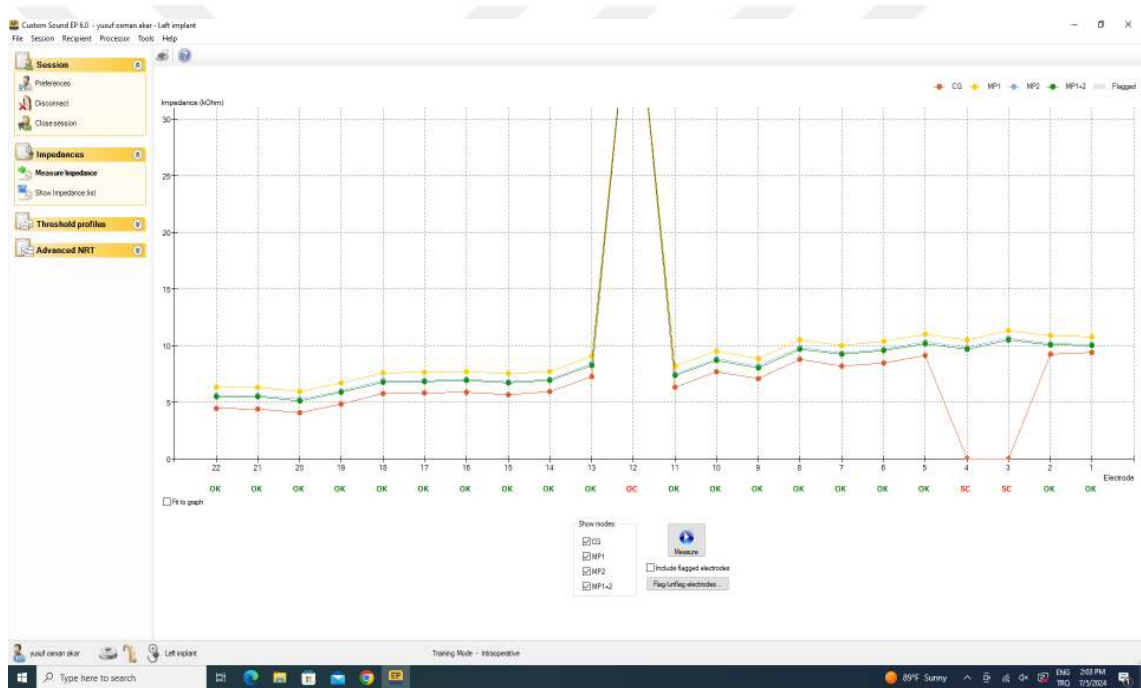
Koklear implantlar, elektrik devresi gibi çalışır. Bu iki konum arasında bulunan boşluktaki intrakoklear içerik, kemik ve yumuşak doku, genel impedansı farklı derecelerde etkiler(33). Bir elektrotun impedansı, elektrotun ve çevresindeki doku ortamının elektriksel durumunu yansıtır. Ölçülen impedansı belirlemek için Ohm yasası kullanılır. Ohm yasası kısaca, Voltaj (V) = Akım (I) x Direnç (R) şeklinde ifade edilir. Uyarıcı ile referans elektrotlar arasındaki voltajın, geçen akıma bölünmesi ile hesaplanır. Buna göre, impedans değerlerinin yüksek olması, sistemin uyarımında daha fazla enerji gerekeceği anlamına gelir(34). Bu impedans ölçümleri, sadece implante edilen elektrotların işlevselliğini doğrulamakla kalmaz; ayrıca cihazın klinik uyarım seviyelerinin ayarlanmasında da rehberlik sağlar. Elektrot impedans testi farklı uyarım modlarında uygulanabilir. Bunlar CG, MP1, MP2 ana ve MP1+2 ek olmak üzere dört şekilde gerçekleştirilir.

Common Ground modunda, kokleaya yerleştirilen elektrotlar arasında empedans testi yapılır. Kokleadaki elektrotlardan biri aktif, diğerleri ise referans elektrot olarak tanımlanır. MP1 (monopolar 1 elektrot) modunda, impedans, kokleaya yerleştirilen aktif elektrotlar ile temporal kasın altına yerleştirilen referans top elektrot arasında test edilir. MP2 modunda ise impedans, kokleaya yerleştirilen aktif elektrotlar ile referans yassı elektrot arasında ölçülür. MP2 modundaki ölçümde, dönüştürücünün içindeki elektrotun doku ile teması gereklidir. Ayrıca, MP1+2 modunda impedans, hem yassı hem de top elektrot ile aktif intrakoklear elektrotlar arasında test edilir(35).

İstenilen elektrot impedans değerleri, 1 kohm'dan fazla ve 15 kohm'dan az olmalıdır. Ancak, bazen elektrotlarda meydana gelen açık devre veya kısa devre elektriksel arızalara neden olabilir. Açık devre, yüksek impedanslarla (20-30 kohm'dan fazla) ve kısa devre ise düşük impedansla (1 kohm'dan az) tanımlanır(36).

Kısa devreler (short circuit: SC), iki veya daha fazla intrakoklear elektrot veya elektrot telinin aynı elektrik yolunu paylaştığı istenmeyen düşük impedans iletim yollarını ifade eder. Bu duruma, elektrot uçları arasındaki fiziksel temas, elektrot kablosu veya kantağındaki elektrik arızası veya elektrot dizisindeki aşırı bozulma neden olabilir. Bu devreler kalıcı anomaliler olarak değerlendirilmelidir ve elektrotların kullanımı sonlandırılmalıdır.

Açık devreler (open circuit: OC), hava kabarcıklarının neden olduğu doku-elektrot arayüzündeki yalıtım, eksik elektrot yerleşimi ve elektrot ekstrüzyonundan kaynaklanabilir. Bu devreler zamanla düzelme eğilimindedir(36).



Resim 1. Açık ve kısa devre bulunan telemetri bulgusu

İmpedans, elektrik akımının elektrotun temas ettiği doku veya sıvılara nasıl iletildiğini gösterir ve normal sınırlardaki impedans ölçümlerinin her şeyin yolunda olduğu anlamına gelmediği unutulmamalıdır. Hatta normal impedans limitlerine sahip bireylerde bile elektrotlar kokleanın içinde düzgün yerleşmemiş olabilir. Bu nedenle, tek bir elektrofizyolojik ölçümle yetinmek yerine, diğer test bataryaları da impedans ile birlikte değerlendirilmelidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Yeri

Çalışmamız retrospektif kesitsel bir çalışma olup Ekim 2023 - Haziran 2024 tarihleri arasında Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalında yürütülmüştür. Değerlendirmeler Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Biriminde yapılmıştır.

Çalışma İzni ve Etik Kurul Onayı

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Yüksek Lisans tezi olarak yapılmıştır. Çukurova Üniversitesi Etik Kurulu tarafından 13.10.2023 tarih ve 137 sayılı toplantı kararı (Ek1) ile araştırmanın uygulanmasında sakınca görülmediği bildirilmiş ve Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Başkanlığının bilgisi, desteği ve akademik kurul kararları ile yapılmıştır.

Çalışmaya dâhil edilen bütün olgulara etik kurul izni alınırken uygulaması belirlenen "Aydınlatılmış Onam Formu" (Ek 2) imzalatılmıştır.

Bireyler

Çalışmaya ileri ya da çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan, yaşları 1-75 arasında olan 333 hasta, 358 kulak dahil edilmiştir. Katılımcılar Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi KBB Anabilim Dalı Odyoloji ünitesinde tanılanmış ve aynı hastanede koklear implant ameliyatı geçiren hastalar arasından seçilmiştir. Çalışmaya dahil edilen 358 cihazdan 15'inde Nucleus CA (Contour Advance), 337'sinde Nucleus CI422 (Slim Straight) ve 6'sında Nucleus CI512 elektrotları mevcuttu. Hem ameliyat esnasında hem de sonrasında 22 elektrot değerlendirildi.

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- Hastada ileri ya da çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı bulunması,
- Hastanın koklear anomaliye sahip olmaması,
- Hastanın ölçüm yapılacak kulakta revizyon ameliyatı geçirmemiş olması,
- Ameliyatın 1 gün sonrasında yapılan Stenvers Grafisinde, koklea içerisindeki elektrotlarda atipik bulgularının gözlenmemesi,
- Ameliyattan sonraki süreçte enfeksiyon, darbe gibi herhangi bir nedenle implantının çıkarılmamış olması.

Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- Hastada koklear anomali bulunması,
- Ölçüm yapılacak olan kulaktan revizyon ameliyatı olması

Ekipman ve Uygulama

Çalışmada, hem intraoperatif hem de postoperatif olarak standart test bataryasında kullanılan aletler ile yapılmış olup herhangi bir ek donanım gerektirmemiştir. Bu donanım ekipmanları; Custom Sound (versiyon 6.0) programı bulunan 1 dizüstü bilgisayar, koklear ses işlemcisine dizüstü bilgisayarı bağlamakta kullanılan 1 pod, standart ölçüm ve ayarlamalarda da kullanılan 1 koklear ses işlemcisidir (Nucleus 6/CP 910).

Veri Toplama Yöntemi

İntaoperatif ve postoperatif empedans ölçümü: Empedanslar, ameliyat sırasında elektrotların yerleştirilmesinden sonra ve elektriksel olarak uyarılmış bileşik aksiyon potansiyelinin ölçülmesinden önce tüm elektrotlarda ölçüldü. Empedanslar, üreticilerin varsayılan modları kullanılarak ölçülmüştür: 22 elektrodun tümü için koklear cihazlar için ortak toprak (CG) ve üç monopolar modun tümü (MP1, MP2 veya MP1 + 2)(Resim 2). Kohm cinsinden empedans değerleri kaydedildi ve kısa veya açık devre olan elektrotlar kaydedildi. Tüm bireylere, iç işlemci üreticinin önerdiği

yerleştirme tekniği kullanılarak implante edildi. Nöral yanıt telemetrisi ve empedans telemetrisi, tüm Kİ'ler için intraoperatif olarak rutin olarak gerçekleştirildi. Ek olarak, hasta takip ve programlama için görüldüğünde sonraki her ziyarette elektrot empedansları izlendi. İlk stimülasyon geleneksel olarak ameliyattan 4 hafta sonra gerçekleştirildi. İlk aktivasyonun ötesindeki değerlendirme genellikle 1, 2, 6 ve 12 aylık takip randevularını içerir. Sonraki elektrot empedans testleri genellikle hastanın bireysel performansına dayanır, ancak hastaların büyük çoğunluğu en az yılda bir kez görülür.

Resim 2. Toprak ve üç monopolar modların görünümü

Kİ adayı olan ve implantasyon cerrahisi yapılan bireylerin intraoperatif ve postoperatif dönemlerde (1. 2. 6. ve 12. Aylar) telemetri verileri analiz edildi. Çalışmanın değişkenliklerini minimize etmek için tek tip elektrot markası tercih edildi. Çalışmaya Cochlear Marka Nuclues Model koklear implant elektrot modeli dahil edildi. Ardından elektrot demeti apikal olarak(16-22) elektrotların, medial olarak (8-15) elektrotların, bazal olarak ise(1-7) elektrotların empedans değerlerinin ortalaması alınarak gruplandırıldı.

Anormal empedans testiyle tespit edilen bireysel elektrot devresi arızaları SC=kısa devre ve OC=açık devre kaydedildi. Anormal elektrot arızası gözlemlenen bireylerde postoperatif süreçte arıza değişimi kaydedildi. Ayrıca değerlendirilen hasta popülasyon içinde bireysel elektrot arızası yaygınlığı saptanmaya çalışıldı.

4. BULGULAR

Retrospektif olan çalışmamıza toplamda 358 koklear implant cihazı ve 333 birey dahil edildi. Elde edilen bulgular başlıklar altında incelendi.

Demografik bilgiler

Çalışmaya katılan bireyler

Çalışmaya dahil edilen toplam 333 bireyden 25'i bilateral 308'i unilateral koklear implantasyon yapılmıştı. 333 bireyden 25'i (%7,5) bilateral, 173'ü (%51,9) sağ kulak ve 135'i (%40,5) sol kulak koklear implantasyon yapılmıştır(Tablo 1).

Tablo 1. Koklear İmplantasyon yapılan bireylerin İmplant Yönü

İmplant yönü	Değer (n:333) (%100)
Sağ	173(%51,9)
Sol	135(%40,5)
Bilateral	25 (%7,5)

Çalışmaya dahil edilen bireylerin 179'u (%53,7) kadın, 154'ü (46,2) erkek bireylerden oluşmaktadır(Tablo 2).

Tablo 2. Çalışmaya Dahil Edilen Bireylerin Cinsiyet Dağılımı

Cinsiyet	Değer (n:333) (%100)
Kadın	179(%53,7)
Erkek	154(%46,2)

Koklear İmplantasyon yapılan bireylerin ortalama yaşı ortalama 191 ay(minimum 11 ay- maksimum 911 ay), implantasyon yaşı ortalama 77 ay(minimum 13ay- maksimum 206 ay) olarak saptandı(tablo 3).

Tablo 3. Bireylerin Yaş Dağılımı

	Değer (ay) (min-max)
Bireylerin ortalama Yaşı	191 ay (11-911)
Bireylerin Kİ yaşı	77 ay (13-206)

Çalışmaya dahil edilen cihazlar

Çalışmaya dahil edilen toplam 358 cihazın hepsi Cochlear marka (Cochlear Ltd., Macquarie, New South Wales, Australia) model koklear implantlardan oluşmaktadır. Toplam elektrotların 337'i(%94) Nucleus CI422 (Slim Straight), 15'i(%5) Nucleus CI24RE (Contour Advance), 6'sı(%1) Nucleus CI512 tip elektrot çalışmaya dahil edildi(tablo 4).

Tablo 3. Çalışmaya Dahil Edilen Elektrot Tiplerinin Dağılımı

Elektrot Tipi	Değer (n:358) (%100)
Nucleus CI422	337(%94)
Nucleus CI24RE	15(%5)
Nucleus CI512	6(%1)

Telemetri değerlerinin intraoperatif ve postoperatif dönemde değişimi

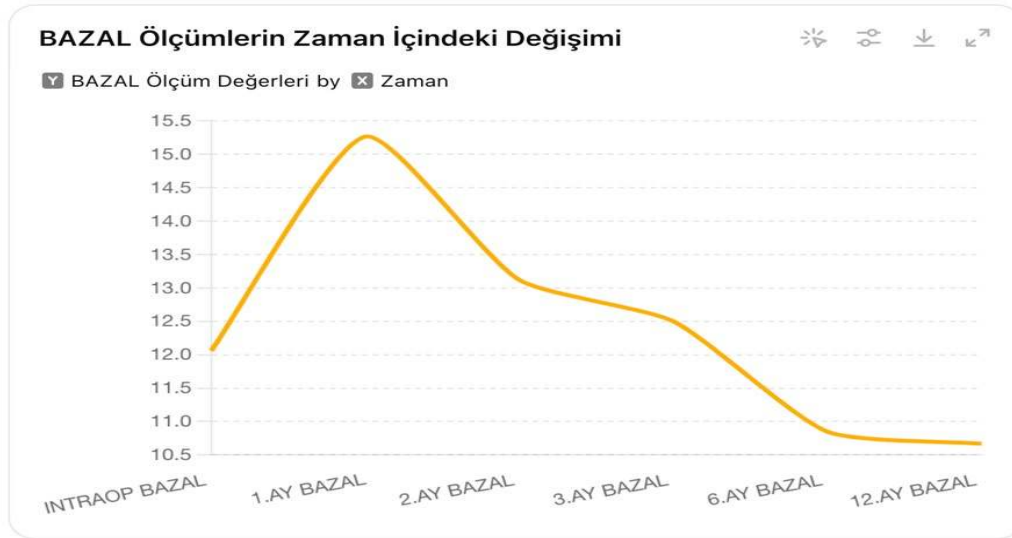
Shapiro-Wilk Testi sonuçlarına göre, tüm zaman dilimlerinde p-değerleri 0.05'ten büyük olduğu için ölçümlerin normal dağılıma uygun olduğu sonucuna varıldı. Tekrarlı Ölçümler ANOVA testi uygulandı.

Tekrarlı Ölçümler ANOVA testi sonuçlarına göre:

- **F-değeri:** 25.27
- **p-değeri** <0,05

p-değeri 0.05'ten çok küçük olduğundan, zaman dilimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılır. BAZAL ölçümleri zamanla önemli ölçüde değişiklik göstermektedir(Grafik 1).

Grafik 1. Bazal elektrotların zamana bağlı telemetri değişimi

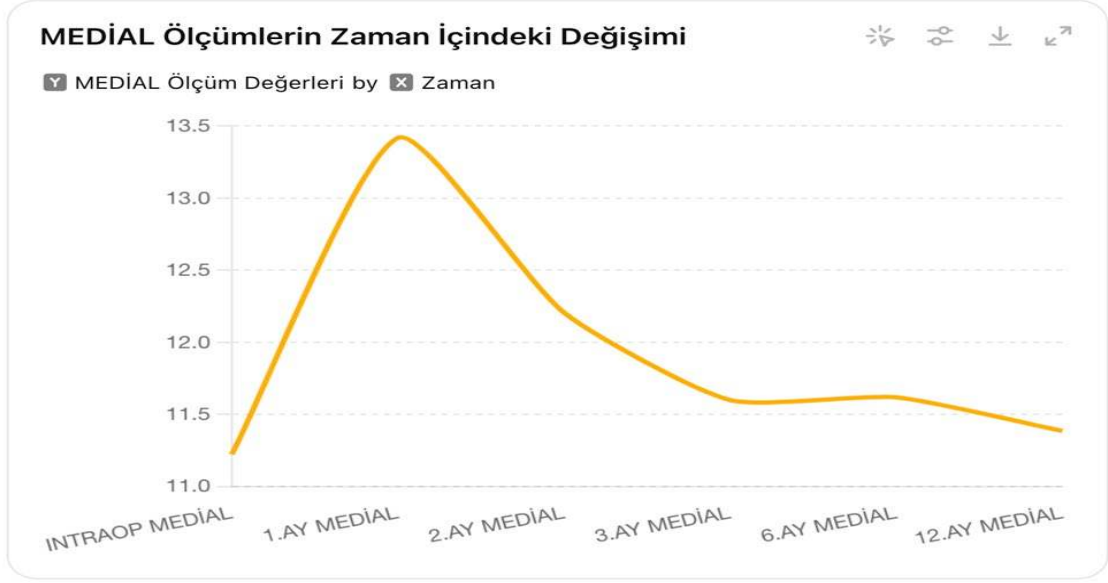


ANOVA Testi

- **F-değeri:** 5.13
- **p-değeri:** 0.000152

p-değeri 0.05'ten küçük olduğundan, MEDİAL ölçümler arasında zaman dilimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır(Grafik 2).

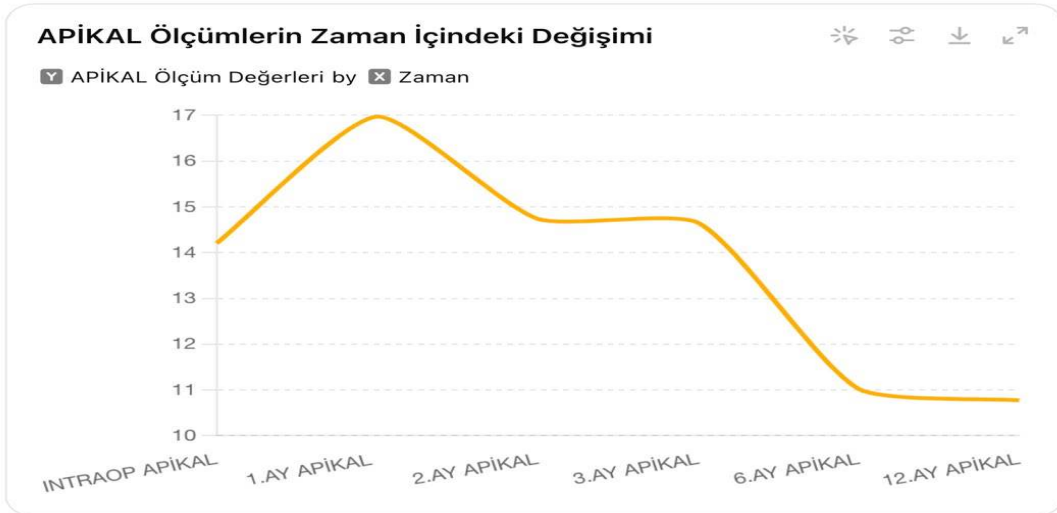
Grafik 2. Medial elektrotların zamana bağlı telemetri değışimi



ANOVA Testi

- **F-değeri:** 0.93
 - **p-değeri:** 0.459
- p-değeri 0.05'ten büyük olduğundan, APİKAL ölçümler arasında zaman dilimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur(Grafik 3).

Grafik 3. Apikal elektrotların telemetri değeri incelenmesi

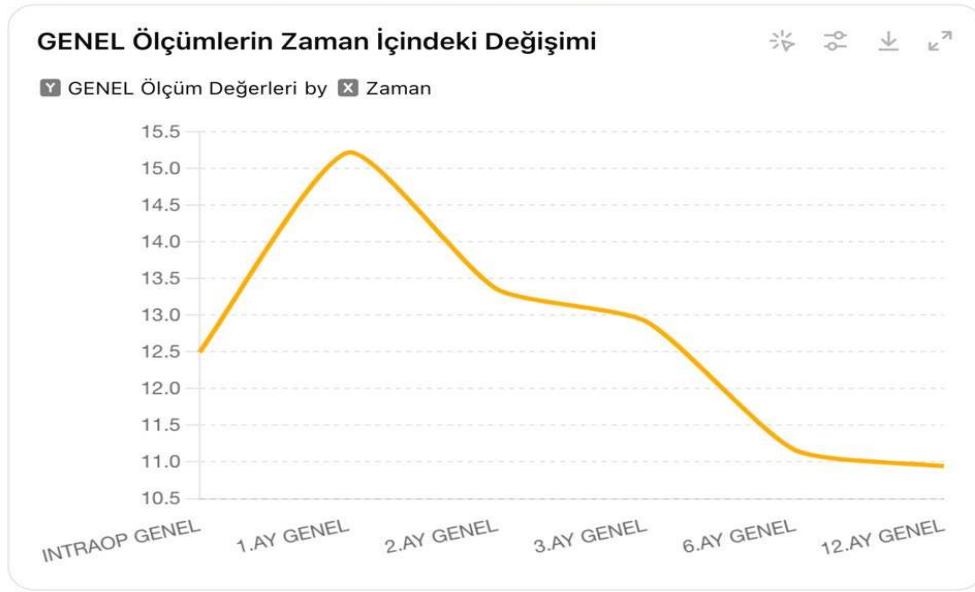


ANOVA Testi

- **F-değeri:** 3.25
- **p-değeri:** 0.007

p-değeri 0.05'ten küçük olduğundan, GENEL ölçümler arasında zaman dilimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Grafik 4. Genel elektrotların telemetri değerlerinin incelenmesi

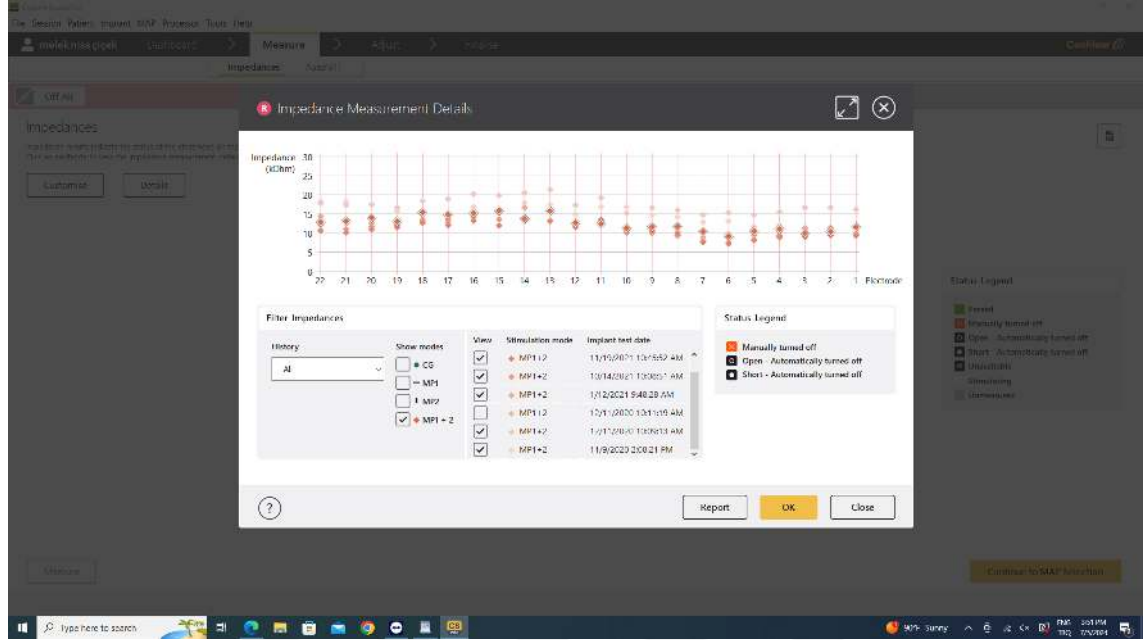


Çalışmaya dahil edilen tüm elektrotların kokleadaki konumlarına göre intraoperatif, 1. 2. 6. ve 12. ay telemetri değerleri ve anlamlılık düzeyleri tablo 4'te verilmiştir. Bulgulara göre telemetri değerleri intraoperatif süreçten itibaren ilk aktivasyonda(1.ay) maksimum değere ulaşmış, bu dönemden itibaren düşmeye başlamış ve 6. aydan itibaren stabil kalmıştır.

Tablo 4. Elektrot konumlarına göre telemetri değişimleri

	İntraoperatif	1.ay	2.ay	6.ay	12.ay	P
Bazal	12,1	15,3	13,1	10,8	10,6	<0,05
Medial	11,2	13,4	12,2	11,6	11,4	<0,05
Apikal	14,2	17	15,6	11,2	11	<0,05
Total	12,5	15,4	13,3	13,1	11,1	<0,05

İnterooperatif ve postoperatif 1. 2. 6. Ve 12. ay zaman dilimlerinde telemetri değışimlerini anlatan görsel resim 3’te gösterilmiştir.



Resim 3. İnterooperatif ve postoperatif dönemde telemetri değeriğimni

Görülen bireysel elektrot arızalarının cinsi, kokleada konumu ve elektrot numarasını içeren bilgiler tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Anormal Elektrot Arızasının Görölme Sıklığı

Hasta No	Elektrot Tipi	Arıza Tipi	Arızalı Elektrot Numarası	Arızalı elektrot Konumu
1	CI422	OC	7	Bazal
2	CI422	OC	14	Medial
3	CI422	OC	1,2,3	Bazal
4	CI422	OC	16,17	Apikal
5	CI422	OC	10,16,18,20,21,22	Medial,apikal
6	CI422	OC	20	Apikal
7	CI24RE	OC	4	Bazal

8	CI422	OC	11	Medial
9	CI422	OC	4	Bazal
10	CI422	OC	1	Bazal
11	CI422	OC	8	Medial
12	CI422	OC	1,2,3	Bazal
13	CI422	OC	9	Medial
14	CI422	SC	4,5	Bazal
15	CI422	OC	1	Bazal
16	CI422	OC	6	Bazal
17	CI422	OC	7,4	Bazal
18	CI422	SC	6,7	Bazal
19	CI422	OC	9	Medial
20	CI422	OC	4	Bazal
21	CI422	OC	2	Bazal
22	CI422	SC	11,12	Medial
23	CI422	OC	3,5	Bazal
24	CI422	OC	8,13	Medial
25	CI422	OC	12,14,16,20	Medial,apikal
26	CI422	SC	10,11,12,13,14	Medial

İntraoperatif süreçten itibaren incelenen toplam 358 cihazdan 26'sında(%7,2) en az bir elektrot arızası görüldü. Bireysel elektrot saptanan 26 cihazın 22'sinde (%84,7) açık devre (OC), 4'ünde (%15,3) kısa devre (SC) şeklinde saptandı(Tablo 6).

Tablo 6. Bireysel elektrot arızalarını dağılımı

Arıza Tipi	Değer(n:26)(%100)
OC	22 (%84,7)
SC	4 (%15,3)

Anormal elektrot arızası görülen cihazlardan 25'i Nucleus CI422, 1'i Nucleus CI24RE elektrot tipine sahipti. Tüm arızalar introperatif aşamada kaydedildi.

Anormal elektrotların kokleadaki konumlarına göre gruplandığımızda; 14'ü(%53) bazal, 8'i(%31) medial, 2'si(%8) apikal ve 2'si (%8) medial-apikal konumda olduğu gözlemlendi(Tablo 7).

Tablo 7. Bireysel elektrot arızaların koklea konumlarına göre dağılımı

Arızalı Elektrot Konumu	Değer(n:26)(%100)
Bazal	14(%53)
Medial	8(%31)
Apikal	2(%8)
Medial-apikal	2(%8)

Anormal elektrotların zamana göre değişimi incelendiğinde;

- 22 OC arızasından 4'ünde(%18,1) düzelme gözlemlendi. Düzelen 4 implantın 3'ünde tamamem düzelme gözlemlenirken 1'inde kısmi düzelme gözlemlendi. İntaoperatif elde edilen OC'lerin hepsi 1.ayda düzelirken kalan arızalar 12.ay süresince düzelme gözlemlenmedi.
- 4 SC arızasından hiçbirinde izleme süresi boyunca düzelme gözlemlenmedi(Tablo 8).

Tablo 8. Anormal Elektrotların Zamana Göre Değişimi

Hasta no	Arıza Tipi	Arızalı Elektrot Numarası	Arızalı elektrot Konumu	Arızalı Elektrot Değişimi
1	OC	7	Bazal	Düzeldi
2	OC	14	Medial	Yok
3	OC	1,2,3	Bazal	Yok
4	OC	16,17	Apikal	Yok
5	OC	10,16,18,20,21,22	Medial,apikal	Düzeldi(10)
6	OC	20	Apikal	Yok
7	OC	4	Bazal	Yok
8	OC	11	Medial	Yok
9	OC	4	Bazal	Yok
10	OC	1	Bazal	Düzeldi
11	OC	8	Medial	Yok
12	OC	1,2,3	Bazal	Yok
13	OC	9	Medial	Yok
14	SC	4,5	Bazal	Yok
15	OC	1	Bazal	Düzeldi
16	OC	6	Bazal	Yok
17	OC	7,4	Bazal	Yok
18	SC	6,7	Bazal	Yok
19	OC	9	Medial	Yok
20	OC	4	Bazal	Yok
21	OC	2	Bazal	Yok

22	SC	11,12	Medial	Yok
23	OC	3,5	Bazal	Yok
24	OC	8,13	Medial	Yok
25	OC	12,14,16,20	Medial,apikal	Yok
26	SC	10,11,12,13,14	Medial	Yok



5. TARTIŞMA

Koklear implantasyon, ileri veya çok ileri derecede işitme kaybı yaşayan yetişkin ve çocuk hastalarda işitsel girdinin geri kazanımını sağlayan etkili bir tedavi yöntemidir. Bu cerrahi, işitme kaybı olan bireyleri sosyal yaşama kazandırırken, aynı zamanda implante edilebilir ilk kranial sinir implantıdır(37).

Cerrahinin yaygınlaşmasıyla birlikte, her geçen gün daha fazla hastaya koklear implant uygulanmakta ve cerrahi ile ilişkili komplikasyonlardan tamamen kaçınılamadığı anlaşılmaktadır. Cerrahi komplikasyonların önlenmesi için ameliyat sırasında yapılan elektrofizyolojik testler büyük önem taşımaktadır.

Koklear implant ameliyatı sırasında ve sonrasında birçok elektrofizyolojik değerlendirme yapılmasına rağmen, en yaygın test yöntemi standart impedans telemetrisidir. Bu yöntemle ölçülen elektrot impedansları, işitme sinirini uyarmak için kullanılan elektriksel stimülasyon parametrelerinin optimize edilmesinde önemli bir rol oynar. Clark ve arkadaşları, elektrot empedanslarındaki artışın maksimum komplians sınırını aşarak elektriksel stimülasyona yol açabileceğini ve bunun da konuşma algısını ve ses kalitesini olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir(38). Tykocinski ve ekibi, impedans telemetrisinin yalnızca implant dizisi hakkında değil, aynı zamanda koklear implantasyon sonrası intrakoklear ortamdaki değişiklikler hakkında da detaylı bilgiler sunduğunu göstermiştir. Ancak, standart impedans telemetrisi, koklear implant elektrotlarının durumu ve intrakoklear ortam hakkında önemli veriler sağlasa da tüm gerekli bilgileri sunamamaktadır(39). Yapılan çalışmalar ışığında çalışmamızda elektrot empedanslarının uzun dönemde değişimini retrospektif olarak değerlendirdik. Ayrıca kliniğimizde yapılan koklear implantasyon cerrahilerinde intraoperatif süreçten başlayarak meydana gelen anormal elektrot insidasını saptadık. Ve meydana gelen anormal elektrotların uzun dönemde değişimlerini kaydettik. Kaydedilen bu veriler ve elde edilen sonuçlara göre sırasıyla literatür ışığında tartışılacaktır.

Literatür araştırılması yapıldığında empedanların zaman içinde değişimini inceleyen bir çok çalışma ile karşılaşıldı. Nuclues marka elektrot ile yapılan bir çalışmada ameliyat sırasındaki testten ilk stimülasyona kadar elektrot empedansında önemli bir artış vardı ve ilk stimülasyondan sonraki kontrole kadar empedansta önemli bir azalma olduğu ve empedans değerleri, ilk uyarıdan sonra yaklaşık 2-4 ay boyunca

stabil kaldığını bildirmiştir(40). Hughes ve ark. yaptığı başka bir çalışmada ise elektrot empedanslarının il 3 ayında değişim olduğunu ve 6-8 aya kadar stabilize olduğunu saptamışlardır(41). Henkin ve ark. yaptığı bir çalışmada 1.ay kontrolünden sonraki 1 aya kadar empedansların stabil olduğunu bildirmiştir(42).

Çalışmaların tamamında elektrot empedansı değerleri hem çocuklarda hem de yetişkinlerde ameliyat sonrası ölçümlerde ameliyat sırasındaki ölçümlere göre anlamlı bir artış gösterdiğini bildirmiştir. Empedans değerleri, ilk stimülasyon ziyaretinde intraoperatif olarak elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek değerler gösterdi. Tipik olarak, elektrot dizisi bu iki ziyaret arasında uyarılmaz ve ameliyatla ilk uyarım arasındaki süre yaklaşık bir aydır. Vücuttaki ilk birkaç hafta boyunca dizi üzerinde protein adsorpsiyonu ve doku büyümesi meydana gelir, böylece empedans artar. İlk aktivasyon sırasında elektrot empedansı değerleri genellikle maksimumdandır Bu muhtemelen birçok çalışmanın da desteklediği gibi, intraoperatif ve ilk stimülasyon kontrolleri arasındaki elektrot empedansındaki artışı açıklamaktadır(43,44,45).

Çalışmamızda implante edilen her bireyin empedansları intraoperatif, postoperatif 1. 2. 6. ve 12. ay olarak takip edildi. İntraoperatif elektrot empedanslarının postoperatif 1. Ay sonucuna göre oranla anlamlı olarak daha düşük olduğunu ve sonuçlarımızın literatür ile uyumlu olduğunu bulduk. Genelde empedansların 1. ay kontrolünde maksimum empedans değerine ulaşp bu süreçten itibaren düşmeye eğilimli olduğu ve sonraki 6 ay içerisinde stabil hale geldiği saptanmıştır. Ayrıca tüm elektrotların uyarıldığı 1.ay ziyareti ile implantasyon sonrası 12 aylık ziyaret arasında empedans değerlerinin azaldığını da bulduk. Bu ilk uyarı, elektrotun yüzeyinde bir hidrit tabakasının meydana gelmesinin bir sonucu olabilir. Pürüzsüz, sürtünmesiz bir yüzey oluşur, bu da yüzey alanının artmasına ve dolayısıyla elektrot empedansının düşmesine neden olabilir.

Çalışmamızda tüm elektrotların empedans değerleri haricinde kokleadaki uyarım alanına göre gruplandırma yapıldı. Bazal-medial- apikal olarak gruplandırılan elektrot demetinin içerisinde bulunan elektrotların ortalama empedans değerlerinin intraoperatif ve postoperatif dönemde anlamlılık düzeyleri araştırıldı. Amacımız elektrotların kokleadaki konumlarının empedans üzerine etkisini araştırmaktan farklı

olarak elektrot konumlarının süreç içinde değişimlerini irdelemektir. İntraoperatif ve postoperatif 1. 2. 6. ve 12.ayda bazal, medial, apikal ve genel telemetri değerleri aynı oranda değişim göstermekteydi. Henkin ve ark. yaptığı çalışmada apikal- medail- bazal olarak gruplandırılan elektrotların arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir(42).

Koklear implantasyon, cihazın işitme siniri liflerine güvenilir bir şekilde elektrik sinyalleri gönderme kabiliyetine bağlı olarak büyük ölçüde başarılı kabul edilmektedir. Cihaz ve bireysel elektrot işlevi, hastanın klinik yönetiminin bir parçası olarak genellikle intraoperatif ve postoperatif aralıklarla değerlendirilir. Cihaz ve elektrot işlevini değerlendirmek için kullanılan yaygın bir objektif ölçüm empedanstır. Empedans ölçümleri elektrot-doku ara yüzünden, sıvı/doku ortamındaki dirençten ve elektrot teması ile uç tellerinin direncinden etkilenir. İntraoperatif veya postoperatif dönemlerde kısa (SC) veya açık devre (OC) gibi empedans anormallikleriyle karşılaşmak yaygındır. Bu anormallikler hastanın cihazla performansını olumsuz etkileyebilir ve uygun klinik yönetim için mümkün olan en kısa sürede tanımlanmalıdır. Optimum faydayı elde etmek amacıyla, haritalama için mevcut olan fonksiyonel elektrotların sayısı önemlidir ve onlarca yıldır implante edilen alıcılar göz önüne alındığında, bu elektrotların uzun ömürlülüğü, cihazın işlevselliğinde önemli bir faktör olmaya devam etmektedir. Buna rağmen koklear implantlarda uzun süre boyunca meydana gelen elektrot arızalarına ilişkin çok az belge vardır.

Elektrot arızaları, ameliyat sırasında mevcut olduğunda intraoperatif olarak tanımlanır ve implant kökenli sorunlardan veya ameliyat sırasındaki manipölasyonlardan kaynaklanabilir. Koklear implant elektrotları için daha sonraki zaman noktalarındaki arızalar da kaydedilir, ancak bunlar görünüşte ameliyat sırasında mevcut olanlardan daha azdır(10). Elektrot arızalarının %66'sının ameliyat sırasında meydana geldiğini, ek olarak %8'inin ilk aktivasyonda mevcut olduğunu ve geri kalanının sonraki 12 aylık ölçümler içinde meydana geldiğini gösterdi(46).

Hughes ve ark. Nucleus 24RCS ve 24M cihazlarıyla tüm hastaların %13,2'sinin (çocukların %9,9'u ve yetişkinlerin %15,5'i), telemetri verileri ile belirlenen dizilerinde en az 1 bireysel "elektrot arızası" bulunduğunu saptadı(41). Başka bir çalışmada Mens ve ark. Nucleus 22 cihazı kullanan yetişkinler arasında %10,3'lük (4/39) benzer bir

yaygınlık saptamışlardır(39). Goehring ve ark. yaptığı daha detaylı bir çalışmada ameliyat sırasında cihazların %12,4'ünde (24/194) en az 1 açık (OC) veya kısa devre (SC) olduğunu gösterirken, ameliyat sonrası bu oran %8,2'ye (16/194) düşmüştür. OC'ler intraoperatif (%92'ye karşı %8) ve postoperatif (%94'e karşı %6) aralıklarda SC'lerden daha yaygındı. Toplam 3.430 elektrottan 78'inin ameliyat sırasında anormal empedansı vardı. Bunlardan 64'ü (%82) postoperatif dönemde (62 OC, 2 SC) düzeldi, oysa %18'i (14/78) postoperatif dönemde anormal kaldı (12 OC, 2 SC).

Bireysel anormal elektrot arızalarının insidansını araştıran Shennawy ve ark. çalışmalarında intraoperatif ve postoperatif ölçümlerde en az bir anormal elektrot empedansı değerine sahip cihazların toplam görülme sıklığı %9 (4/44) olarak saptamışlardır(45). Benzer çalışmalar, ameliyat sonrası en az bir açık devre (OC) veya kısa devreye (SC) sahip cihazların görülme sıklığının yaklaşık %9 ile %19,7 arasında değiştiğini göstermiştir(46,47). Ayrıca tüm cihaz üreticilerinde hem ameliyat sırasında (sırasıyla %75'e karşı %25) hem de ameliyat sonrası aralıklarda OC'lerin SC'lerden daha yaygın olduğunu bildirmiştir. Carlson ve ark. ayrıca SC'ler (%37) ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir OC (%63,2) insidansı bildirmiştir(46). Goehring, kendi hasta kohortlarında OC'lerin daha yaygın olduğunu (%55), bunu OC'lerin (%43) takip ettiğini ve hem intraoperatif (%95'e karşı %5) hem de OK'lerin SC'lerden daha yaygın olduğunu belirtmiştir(47).

Yakın tarihli yapılan ve pediatrik grupta anormal elektrot arızalarını araştıran başka bir çalışmada 956 koklear implant cihazını değerlendirilmiştir. Harris ve ark. yaptığı bu çalışmada toplam cihaz üzerinden en az bir OC ve SC olan elektrot oranı %9 olarak saptanmıştır.

Bireysel elektrot arızalarının uzun dönem değişimini araştıran Newbold ve ark. alıcıların Nucleus cihazlarında düşük oranda elektrot arızası saptamıştır. Araştırılan tüm elektrotların %0,5'inde, cihazların %5,6'sında bir veya daha fazla elektrot arızası bildirmiştir. Bu arızaların çoğunluğu ilk aktivasyon sırasında kaydedildi; ölçülen cihazların %94'ünden fazlası, 12 yıla kadar implantasyondan sonra tamamen işlevsel kalmıştır(48).

Çalışmamızda İntraoperatif süreçten itibaren incelenen toplam 358 cihazdan 26'sında(%7,2) en az bir elektrot arızası görüldü. Bireysel elektrot saptanan 26 cihazın 22'sinde (%84,7) açık devre (OC), 4'ünde (%15,3) kısa devre (SC) şeklinde saptandı. Çalışmamızda saptadığımız bireysel elektrot arıza oranı yapılan diğer çalışmaların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

SC'ler; dizideki iki elektrotun devreleri elektriksel olarak bağlandığında meydana gelir. Örneğin elektrot kablolarının üzerindeki yalıtkan kaplamalar çatlırsa çevredeki sıvı iki elektrotu birleştirebilir. Ayrıca koklear veya ortak kavite malformasyonları da neden olabilir. Bu durumlarda elektrot empedansı değerleri çok düşüktür; Nucleus cihazları için tipik olarak 0,56 k Ω 'un altındadır. Çalışmalar intraoperatif olarak kaydedilen SC'lerin postoperatif dönemde değişmediğini göstermiştir(41). Çalışmamızda gözlemlenen SC elektrotların postoperatif 12. Aya kadar değişmediği saptanmıştır.

OC'ler, elektrotun empedansı cihazın normal çalışma aralığının üzerine çıktığında, yani Nucleus cihazları için 30 k Ω 'un üzerine çıktığında meydana gelir. Bunun nedeni, dizilerin cerrahi olarak yerleştirilmesi sırasında elektrot yüzeyinde oluşabilecek hava kabarcıklarından ve koklea dışındaki elektrotlardan (kısmi yerleştirme) kaynaklanabilir. Elektrot pedinden cihaz geçişine kadar herhangi bir noktada kurşun teldeki kopmalar da bir OC yaratacaktır(41). Çalışmamızda gözlemlenen OC elektrotların sadece 4'ünde postoperatif 1. Ayda düzelme olduğu izlendi. Düzelen bu elektrotların cerrahi sırasında OC durumuna neden olacak geçici sebeplerin ortadan kalkması sonucu olduğunu düşünmekteyiz.

Özel bir durum, empedans değerlerinin yüksek-düşük dizisinin spesifik bir modeli olan SC'dir. Özel dikkat ve hastanın sıkı takibini gerektirir. Bu anormallikler klinisyenlerin dikkatini çekmelidir çünkü bunlar koklear implant işlev bozukluğunun bir işareti olabilir. Ayrıca bunlar koklea içindeki elektrot disfonksiyonu veya inflamatuvar süreçlerin erken belirtileri, ilerleyici fibrozis/ossifikasyon veya dizinin pozisyonundaki dalgalanmalar olabilir. Erken tanımlanan bu anormallikler, işitme performansı üzerindeki etkiyi en aza indirmek için çok önemlidir. Bazı durumlarda, koklear implant işlevini etkileyen önemli sorunların belirlenmesi, cihazın çıkarılmasına da yol açabilir.

Tüm bu nedenlerden dolayı empedans telemetrisinin koklear implantasyon sırasında ve her programlama oturumunda değerlendirilmesi önerilir(38,46,49).

Uzun dönem elektrot empedansındaki ve elektrot arızalarındaki değişiklikleri anlamak mühendislere ve klinisyenlere fayda sağlayabilir. Daha önce yayınlanmış raporlar, bir elektrot içindeki çoklu devre arızalarının, cihaz performansında eksplantasyon gerektiren gelecekteki bozulmaya işaret edebileceğini bulmuştur. Algi testinde performans düşüşünü belgelediğini buldu ve bir dizi içindeki birden fazla kısa veya açık devrenin, gelecekte implant fonksiyonundaki kritik düşüşü öngörebileceğini ileri sürdüler. Yazarlar, kendi deneyimlerine dayanarak, üç veya daha fazla elektrotun başarısız olması durumunda yeniden implantasyonu düşünmektedir(50,51,52).

Çalışmamızın amacı koklear implantasyon yapılan bireylerde intraoperatif süreçten başlayarak 12.ay boyunca empedans değişimini belirlemek, kliniğimizde yapılan implantasyon cerrahilerinde görülen anormal elektrot insidansını saptamak ve görülen anormal elektrot arızalarının zaman içinde değişimini kaydetmektir. Bu amaçlar doğrultusunda çalışmamız retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle kapsamlı değerlendirmeyi sağlayacak verilere ulaşmak en büyük sorundu. Çalışmamızın amaçlarına doğrultusunda; bireylerin yaşı, cerrahi yaşı, cinsiyeti, implant yönü, işitme kaybının etiyolojisi, koklear implant markası ve modeli, iç elektrot tipi gibi veriler tartışılmamıştır. Bireyler arasındaki kullanılan elektrot farklılıklarını ortadan kaldırmak için tek marka tercih edildi. Çalışmamızın eksik yönleri olarak yukarıda belirtilen durumlar sıralanabilir. Anormal elektrot arızalarının insidasını araştıran ve zaman içinde değişimini izleyen çok az çalışma vardır. Çalışmamız hem çalışma örnekleminin büyüklüğü ve literatüre bu alanda yapacağı katkısı ile çalışmamızı değerli kılmaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Koklear implantasyon yapılan hastalarda intraoperatif ve uzun dönemde telemetri değişikliklerini araştıran çalışmamızda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıralanmıştır.

1. Telemetri ortalamaları ilk aktivasyon(1.ay) değerleri intraoperatif ve postoperatif 2.ay, 6.ay ve 12.ay ortalamalarına göre anlamlı derecede daha yüksekti ve bu süreçler içerisinde maksimum değere sahipti. 1.ay ziyaretinde maksimum değere ulaşan telemetri değerleri zamanla azalmakla birlikte 6.aydan itibaren stabil kalmıştır.
2. Çalışmamızda en az bir anormal elektrot insidansını %7,2 (26/358) olarak saptanmıştır.
3. Görülen anormal elektrotların dağılımı; %15,3 (4/26) SC, %84,7(22/26) OC olarak saptandı.
4. İntraoperatif süreçten bilinen 4 SC elektrot arızası postoperatif 12.ayda değişim gözlemlenmedi.
5. İntraopratif süreçten bilinen 22 OC elektrot arızasından %18,1(4/22) postoperatif 1.ayda düzelme gözlemlendi. Kalan 18 OC arızadan hiçbirinde 12.ay dahil değişim gözlemlenmedi.
6. Koklear implantlar için adaylık kriterleri genişlemeye devam ettikçe, implantasyona giren hastaların sayısı ve karşılaşılan bireysel elektrot devresi arızalarının sayısı da tahmin edilebileceği gibi artacaktır. Elektrot nesilleri arasındaki belirgin gelişmelere rağmen, her yıl implante edilen hasta sayısının çokluğu göz önüne alındığında, kaçınılmaz olarak bireysel elektrot devresi arızalarıyla karşılaşmaya devam edeceğiz. Düzenli olarak planlanmış takip ziyaretlerinde hasta performansının sürekli izlenmesi, maksimum işitsel performans için uygun uyarımın sağlanması açısından önemlidir. Pediatrik ve yetişkin implant alıcıları üzerinde yapılacak daha ileri araştırmalar bu sonuçları güçlendirebilir. Yaklaşan cihaz arızasını öngörebilecek faktörleri daha iyi tanımlamak için ek çalışmalara da ihtiyaç vardır.

7.KAYNAKÇA

1. **Carlson ML, Archibald DJ, Dabade TS, Gifford RH, Neff BA, Beatty CW, Barrs DM, Driscoll CLW.** Prevalence and timing of individual cochlear implant electrode failures. *Otology & Neurotology*, **2010**; 31(6):893-898.
2. **Tambyraja RR, Gutman MA, Megerian CA.** Cochlear implant complications: utility of federal database in systematic analysis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, **2005**; 131:245-250.
3. **Lassig AA, Zwolan TA, Telian SA.** Cochlear implant failures and revision. *Otol Neurotol*, **2005**; 26:624-623.
4. **Lenarz T.** Cochlear Implant – State of the Art [Cochlear Implant - State of the Art]. *Laryngo-rhino-otologie*, **2017**; 96(S 01).
5. **Luxford WM.** Surgery for cochlear implantation. In: Brackmann DE, Shelton C, Arriaga MA, eds. *Otologic Surgery*, Philadelphia: WB Saunders Company, **1994**:426–436.
6. **Niparko J.** Cochlear implants, auditory brainstem implants, and surgically implantable hearing aids. In: Cummings CW, ed. *Otolaryngology Head and Neck Surgery*, St Louis, Missouri, **1998**:2934-2971.
7. **Penfield W, Perot P.** The brain's record of auditory and visual experience. *Brain*, **1963**; 86:595.
8. **House W.** Cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, **1976**; 85(suppl 27):1.
9. **Simmons FB.** Auditory nerve: electrical stimulation in man. *Science*, **1965**; 148:104.
10. **Michelson R.** Electrical stimulation of the human cochlea: a preliminary report. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, **1971**; 93:317.
11. **Zeng FG.** Trends in cochlear implants. *Trends in Amplification*, **2004**; 8(1):1–34.
12. **Wilson BS, Dorman MF.** Cochlear implants: current designs and future possibilities. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, **2008**; 45(5):695–730.
13. **Gifford RH.** Who is a cochlear implant candidate? *Hearing Journal*, **2011**; 64(6):16–22.
14. **Varadarajan VV, Sydlowski SA, Li MM, Anne S, Adunka OF.** Evolving criteria for adult and pediatric cochlear implantation. *Ear, Nose & Throat*, **2021**; 37.
15. **Sosyal güvenlik kurumu sağlık uygulama tebliği.** Mevzuat Bilgi Sistemi. Erişim: Link, **14.04.2024**.
16. **Rauch SD, Herrmann BS, Davis LA, Nadol JB, Jr.** Nucleus 22 cochlear implantation results in postmeningitic deafness. *The Laryngoscope*, **1997**; 107(12 Pt 1):1606–1609.

17. **Geier L, Fisher L, Barker M, Opie J.** The effect of long term deafness on speech recognition in postlingually deafened adult Clarion® cochlear implant users. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, **1999**; 108(4_suppl).
18. **Waltzman SB, Cohen NL.** Implantation of patients with prelingual long-term deafness. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, **1999**; 108(4_suppl):84–87.
19. **Parry DA, Booth T, Roland PS.** Advantages of magnetic resonance imaging over computed tomography in preoperative evaluation of pediatric cochlear implant candidates. *Otolaryngology & Neurotology*, **2005**; 26(5):976–982.
20. **Vogl TJ, Tawfik A, Emam A, Naguib NN, Nour-Eldin A, Burck I, Stöver T.** Pre-, intra- and post-operative imaging of cochlear implants. *RoFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin*, **2015**; 187(11):980–989.
21. **Witte RJ, Lane JJ, Driscoll CL, Lundy LB, Bernstein MA, Kotsenas AL, Kocharian A.** Pediatric and adult cochlear implantation. *Radiographics*, **2003**; 23(5):1185–1200.
22. **Arnoldner C, Lin VY.** Expanded selection criteria in adult cochlear implantation. *Cochlear Implants International*, **2013**; 14 Suppl 4.
23. **Heman-Ackah SE, Roland JT, Jr, Haynes DS, Waltzman SB.** Pediatric cochlear implantation: candidacy evaluation, medical and surgical considerations, and expanding criteria. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **2012**; 45(1):41–67.
24. **Alzoubi F, Odat H, Nuseir A, Al Omari A, Al-Zuraqi B.** Effect of otitis media with effusion on cochlear implant surgery: technical difficulties, post-operative complications and outcome. *The Journal of Laryngology and Otolaryngology*, **2015**; 129(8):762–766.
25. **Kahue CN, Sweeney AD, Carlson ML, Haynes DS.** Vaccination recommendations and risk of meningitis following cochlear implantation. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, **2014**; 22(5):359–366.
26. **Mangus B, Rivas A, Tsai BS, Haynes DS, Roland JT, Jr.** Surgical techniques in cochlear implants. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **2012**; 45(1):69–80.
27. **Bort A, Portmann D, Guindi S.** Cholesteatoma presenting as a late complication of cochlear implant surgery: case report and literature review. *Revue de laryngologie - otologie - rhinologie*, **2015**; 136(2):67–71.
28. **Suri N, Sandilya S, Sayani R, Anand A.** Impact of the surgical approach: a comparative study between transcanal and posterior tympanotomy approach for cochlear implantation. *Annals of Otolaryngology and Neurotology*, **2020**; 3(01):10-15.
29. **Lee DH, Kim JK, Seo JH, Lee BJ.** Anatomic limitations of posterior tympanotomy: what is the major radiologic determinant for the view field through posterior tympanotomy? *The Journal of Craniofacial Surgery*, **2012**; 23(3):817–820.

30. **Pau HW, Just T, Bornitz M, Lasurashvili N, Zahnert T.** Noise exposure of the inner ear during drilling a cochleostomy for cochlear implantation. *The Laryngoscope*, **2007**; 117(3).
31. **Todt I, Basta D, Ernst A.** Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, **2008**; 138(1):8–12.
32. **Hu H-C, Chen JK-C, Tsai C-M, Chen H-Y, Tung T-H, Li LP-H.** Evolution of impedance field telemetry after one day of activation in cochlear implant recipients, *Plos One*, (2017).
33. **Goehring JL, Hughes ML, Baudhuin JL, Lusk RP.** How well do cochlear implant intraoperative impedance measures predict postoperative electrode function? *Otology & Neurotology*, **2013**; 34(2):239–244.
34. **Saoji AA, Adkins WJ, Olund AP, Graham M, Patel NS, Neff BA, Carlson ML, Driscoll C.** Increase in cochlear implant electrode impedances with the use of electrical stimulation. *International Journal of Audiology*, **2020**; 59(11):881–888.
35. **Newbold C, Richardson R, Millard R, Huang C, Milojević D, Shepherd R, Cowan R.** Changes in biphasic electrode impedance with protein adsorption and cell growth. *Journal of Neural Engineering*, **2010**; 7(5).
36. **Alhabib SF, Abdelsamad Y, Yousef M, Alzahrani F, Hagr A.** Effect of early activation of cochlear implant on electrode impedance in pediatric population. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **2021**; 140.
37. **Caiado R, Humberto J, Pires J, Eloi J, Quadros J, Silva L, Tome P.** Switching off electrodes in cochlear implants - causes and consequences. *International Journal of Open Access Otolaryngology*, **2017**; 1(2):1–4.
38. **Hughes ML, Brown CJ, Abbas PJ.** Sensitivity and specificity of averaged electrode voltage measures in cochlear implant recipients. *Ear and Hearing*, **2004**; 25(5):431–446.
39. **National Institute of Health, National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIH, NIDCD).** Cochlear Implant technical report. Available at: [NIH Link](#).
40. **Clark GM, et al.** Cochlear implantation: osteoneogenesis, electrode-tissue impedance, and residual hearing. *The Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, **1995**; Supplement 166:40-42.
41. **Tykocinski M, Cohen LT, Cowan R.** Measurement and analysis of access resistance and polarization impedance in cochlear implant recipients. *Otol Neurotol*, **2005**; 26:948–956.

42. **Xi X, et al.** A longitudinal study of electrode impedance in Nucleus 24M cochlear implant users. *Lin Chuang er bi yan hou ke za zhi = Journal of Clinical Otorhinolaryngology*, **2003**; 17.10:593-595.
43. **Hughes ML, Vander Werff KR, Brown CJ, Abbas PJ, Kelsay DM, Teagle HF, Lowder MW.** A longitudinal study of electrode impedance, the electrically evoked compound action potential, and behavioral measures in Nucleus 24 cochlear implant users. *Ear Hear*, **2001**; 22(6):471-486.
44. **Henkin Y, et al.** Changes over time in electrical stimulation levels and electrode impedance values in children using the Nucleus 24M cochlear implant. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **2003**; 67(8):873-880.
45. **Zadrozniak M, Szymański M, Siwiec H, Broda T.** Impedance changes in cochlear implant users. *Otolaryngol Pol*, **2011**; 65(3):214-217.
46. **Petrov SM, Shchukina AA.** Monitoring of implant electrode impedance. *Vestn Otorinolaringol*, **2011**; (2):30-32.
47. **El Shennawy AM, Mashaly M, Shabana MI, Sheta SM.** Telemetry changes over time in cochlear implant patients. *Hearing, Balance and Communication*, **2015**; 13(1):24-31.
48. **Goehring JL, Hughes ML, Baudhuin JL, Lusk RP.** How well do cochlear implant intraoperative impedance measures predict postoperative electrode function? *Otology & Neurotology*, **2013**; 34(2):239-244.
49. **Newbold C, Risi F, Hollow R, Yusof Y, Dowell R.** Long-term electrode impedance changes and failure prevalence in cochlear implants. *International Journal of Audiology*, **2015**; 54(7):453–460.
50. **Zwolan T, Heller J, McGreevy C.** Atypical electrode impedance patterns and clinical outcomes. Presentation given at the 12th International Conference on Cochlear Implants and Other Implantable Auditory Technologies, **2012**.
51. **Zeitler DM, et al.** The effects of cochlear implant electrode deactivation on speech perception and in predicting device failure. *Otology & Neurotology*, **2009**; 30(1):7-13.
52. **Friesen LM, et al.** Speech recognition in noise as a function of the number of spectral channels: Comparison of acoustic hearing and cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **2001**; 110(2):1150-1163.

EKLER

EK 1. Etik Kurul Onayı

T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Toplantı Sayısı	Tarih
137	13 Ekim 2023

KARAR NO 52. Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı öğretim üyeleri, Prof. Dr. Mete Kiroğlu ve Doç. Dr. Muhammet Dağkiran tarafından yürütülmesi öngörülen, “Koklear İmplantasyon Yapılan Hastalarda İntraoperatif ve Uzun Dönemde Telemetri Değişiklikleri” başlıklı retrospektif proje araştırma etiği yönünden değerlendirildi. Toplantıya katılan üyelerin oybirliğiyle uygun olduğuna karar verildi.

BAŞKAN	Prof Dr Selim Kadioğlu Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı
ÜYELER	Prof Dr Davut Alptekin Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı
	Prof Dr Dinçer Yıldızdaş Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı
	Prof Dr Gülşah Seydaoglu Biyostatistik Anabilim Dalı
	Prof Dr Gürhan Sakman Genel Cerrahi Anabilim Dalı
	Doç Dr Zehra Hatipoğlu Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı
	Doç Dr Yasemin Saygıdeğer Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı
	Av Simay Sönmezates Hukukçu Üye
	Dr Neşe Kayrın Kurum Dışı Üye

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlık Dinası, Dalcı 01330 Adana
Telefon: 0322 338 60 60 dahili 3465, Faks: 0322 338 67 22

EK 2. Aydınlatılmış Gönüllü Onam Formu

KOKLEAR İMPLANTASYON YAPILAN HASTALARDA İNTRAOPERATİF VE UZUN DÖNEMDE TELEMETRİ DEĞİŞİKLİKLERİ

Bu proje koklear implant yapılan hastaların üzerinde yapılacak bir çalışma olup hastaların fiziksel durumu ve hastalığın seyrine göre elde edilen bulgular değerlendirilecektir. Hastaların her türlü mahremiyeti gizli tutulacak ve hastanın isteği doğrultusunda hareket edilecektir.

Sonuçlar öncelikle bilimsel amaçla kullanılacak, kişisel bilgileriniz gizli tutulacak, sorun saptanması halinde durum size bildirilecek ve alınması gereken önlemler konusunda ayrıntılı bilgilendirme yapılacaktır. Parasal bir bedel ödemenizi gerektirmeyen ve size de bir ödeme yapılması söz konusu olmayan bu çalışmaya katılmama ve katıldıktan sonra çekilme hakkınız bulunmaktadır. Ek bilgi talebiniz olursa sözlü olarak karşılanacaktır.

Araştırmamıza katılmayı kabul ediyorsanız, lütfen aşağıdaki bölüme adınızı-soyadınızı yazıp tarih ve imza atınız. Teşekkür ederiz.

Katılımcı ile görüşen hekim: **Doç. Dr. Muhammed Dağkiran**

SÖZ KONUSU ARAŞTIRMAYA, YUKARIDA BELİRTİLEN KOŞULLAR ÇERÇEVESİNDE HİÇBİR BASKI VE ZORLAMA OLMAKSIZIN KENDİ RIZAMLA KATILMAYI KABUL EDİYORUM.

Katılımcı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel:

İmza

ÖZGEÇMİŞ

