

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI



KOKLEAR İMPLANT CERRAHİSİ VE TEMPORAL KEMİK ANATOMİSİ
EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK

UZMANLIK TEZİ

Dr. SERKAN AYTAÇ KILIÇ

TEZ DANIŞMANI

Dr. ERKAN TEZCAN

Çanakkale 2023

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI

KOKLEAR İMPLANT CERRAHİSİ VE TEMPORAL KEMİK ANATOMİSİ
EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK

UZMANLIK TEZİ

Dr. SERKAN AYTAÇ KILIÇ

TEZ DANIŞMANI

Dr. ERKAN TEZCAN

Bu tez, Ç.O.M.Ü. BAP Koordinasyon Birimi tarafından TTU 2022-4163 nolu
proje olarak desteklenmiştir.

Çanakkale 2023

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez hazırlık sürecimde bana destek olan ve hayatın pek çok alanında yol gösterici olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Oğuz GÜÇLÜ'ye, eğitimime saygın duruşuyla katkı sağlayan Doç. Dr. Özge ÇAĞLAR ÇİL'e, hayatın her alanında desteklerini esirgemeyen tez hocam Dr. Erkan TEZCAN'a; uzmanlık eğitimime başladığım yıllarda bana katkı sağlayan hocam Prof. Dr. Fevzi Sefa DEREKÖY'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde vermiş oldukları yoğun destek ve katkılarından dolayı, Doç. Dr. Muzaffer ÖZDEMİR'e, Yahya DOĞAN'a, İbrahim KAPUCU'ya, Doç. Dr. Çetin TORAMAN'a, Prof. Dr. Hülya EYİĞÖR'e, Prof. Dr. Erdem Atalay ÇETİNKAYA'ya, Dr. Duran YILDIRIM'a, Dr. Kadir ÇETİN'e Dr. Mustafa Utku AKBAŞ'a, Dr. Kaan BAT'a, ve Dr. Eylül Ilgın BAŞARAN'a, Dr. Melis ŞENER'e, Murat PINAR'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana inanan, ihtiyacım olduğunda daima yanımda olan bana her konuda sabırla destek olup fedakarlıklarını esirgemeyen babam Ali, annem Tansel, ağabeyim Sertaç ve eşi Tuğçe KILIÇ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Serkan Aytaç Kılıç

ÖZET

KOKLEAR İMPLANT CERRAHİSİ VE TEMPORAL KEMİK ANATOMİSİ EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK

Giriş ve Amaç: Koklear implant cerrahisi fasiyal sinir komşuluğunda yapılan hassas bir mikrocerrahi işlemdir. Kısıtlı vaka sayıları, kadavraya ulaşmakta güçlükler nedeniyle bu alanda alternatif bir eğitim ihtiyacı doğmaktadır. Sanal gerçeklik ve üç boyutlu (3D) yazıcılar kullanılarak yeni bir eğitim metodu geliştirmeyi amaçladık.

Materyal-Metot: Çalışmaya dört farklı kulak burun boğaz hastalıkları kliniğinde eğitim alan, daha önce mastoidektomi ve koklear implant cerrahisi yapmamış 40 asistan hekim dahil edildi. Katılımcılar kıdemleri eşitlenerek sanal gerçeklik (VR) ve Sunu (kontrol) grubu olarak ikiye ayrıldı. VR grubuna düzenlediğimiz temporal kemik modeli ile VR üzerinden eğitim verildi. Kontrol grubuna ise aynı eğitim sunum üzerinden verilmiştir. Katılımcılara ön - son test olarak 3D yazıcıda basılan modellerde koklear implant cerrahisi yaptırıldı. Tek körlü iki hakem bu cerrahi işlemlerin videolarını “Koklear İmplant Cerrahi Değerlendirme Ölçeği (CISAT)” ve “Kurumlar Arası Mastoidektomi Değerlendirme Ölçeği (CIMAT)” kullanarak değerlendirdi.

Bulgular: Ön-CIMAT puanlarında ve Ön-CISAT puanlarında gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p>.05$). VR grubunun son-CIMAT ortalama skoru(s.sapma) 44,28(5) , kontrol grubunun son-CIMAT ortalama skoru(s.sapma) 38,63(6,8), olarak bulundu ($p=0,015$). VR grubunun son-CISAT ortalama skoru(s.sapma) 35,25(7,9) , kontrol grubunun son-CISAT ortalama skoru(s.sapma) 30,15(7,2), olarak bulundu ($p=0,035$). Eğitim sonrası cerrahi işlemi başarıyla tamamlama VR grubunda %70, kontrol grubunda %35 olarak görüldü ($p<.050$). Tüm puanlamalarda iki hakem puanlamaları arasında yüksek düzeyde korelasyon tespit edildi ($p<0,0001$).

Sonuç: Çalışmamızda VR ile eğitim alan grup temporal kemik modeli üzerinde yapmış oldukları cerrahide sunu kontrol grubuna göre daha iyi başarı sergiledi.

Çalışmamız sanal gerçekiğin koklear implant eğitiminde kullanılabilir bir eğitim metodu olduğunu destekler nitelikte olup bu alanda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Koklear İmplant, Mastoidektomi, Posterior Timpanotomi, Cerrahi Eğitim, Sanal Gerçeklik, 3D Yazıcı



ABSTRACT

VIRTUAL REALITY IN COCHLEAR IMPLANT SURGERY AND TEMPORAL BONE ANATOMY EDUCATION

Introduction and Purpose: Cochlear implant surgery is a delicate microsurgical procedure performed around the facial nerve. Due to the limited number of cases and difficulties in reaching cadavers, there is a need for an alternative training in this field. We aimed to develop a new education method using virtual reality and 3D printers.

Material-Method: Forty resident surgeons who were trained in four different otolaryngology clinics, that had no experience in mastoidectomy and cochlear implant surgery were included in the study. After the seniority of the participants was equalized, they were divided into two virtual reality (VR) and presentation (control) groups. Training was given to the VR group with VR that includes the temporal bone model we reorganized. The control group was given the same training through the presentation. Cochlear implant surgery was performed on the 3D printed models as a pre-post evaluation. Two single-blind referees evaluated the videos of these surgical procedures using the Cochlear Implant Assessment Tool (CISAT) and Cross-Institutional Mastoidectomy Assessment Tool (CIMAT) scales. The data were evaluated with the JAMOVI statistical program.

Findings: There was no significant difference between the groups in Pre-CIMAT scores and Pre-CISAT scores ($p>.05$). The post-CIMAT mean score(s.dev) of the VR group was 44.28(5), and the post-CIMAT mean score(s.dev) of the control group was 38.63(6.8), ($p=0.015$). The post-CISAT mean score(s.dev) of the VR group was 35.25(7.9), and the post-CISAT mean score(s.dev) of the control group was 30.15(7.2) ($p=0.035$). Successful completion of the surgical procedure after training was 70% in the VR group and 35% in the control group ($p<.050$). A high level of correlation was found between the scores of the two referees in all scores ($p<0.0001$).

Conclusion: In our study, VR training group performed better than the control group in the surgery they performed on the temporal bone model. Our study supports that VR is a training method that can be used in cochlear implant education yet more studies are needed in this area.

Keywords: Cochlear Implant, Mastoidectomy, Posterior Tympanotomy, Surgical Education, Virtual Reality, 3D Printer



İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK SAYFASI.....	i
ONAY SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET VE ANAHTAR SÖZCÜKLER.....	iv
İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT ve KEY WORDS).....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
1.GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1.Koklear İmplant Tarihçesi	2
2.2.Kulak Embriyolojisi.....	5
2.2.1. İç Kulağın Gelişimi.....	6
2.2.2. Kokleanın Gelişimi.....	6
2.2.3. Korti Organının Gelişimi.....	7
2.2.4 Semisirküler Kanalların Gelişimi	7
2.2.5 Orta Kulağın Gelişimi	7
2.2.6 Kemikçiklerin Gelişimi	7
2.2.7 Dış Kulağın Gelişimi	8
Kulak Zarının Gelişimi	8
2.2.9 Aurikula	8
2.3 Kulak Anatomisi	9
2.3.1 Temporal Kemik	9
2.3.2 Dış Kulak Yolu	9
2.3.3 Timpanik Membran	10
2.3.4 Orta Kulak	10
2.3.5. Epatimpanum	10

2.3.6 Mezotimpanum.....	11
2.3.7 Retrotimpanum.....	11
2.3.8 Hipotimpanum ve Protimpanum.....	11
2.3.9 Mastoid Hava Hücreleri.....	12
2.3.10 Petröz Segment.....	12
2.4 Koklear İmplant Cerrahi Teknik	12
2.4.1 Tur Kullanılması.....	12
2.4.2 Kanal Wall up Mastoidektomi.....	13
2.4.3 Mastoidektomi Limitleri.....	15
2.4.4 Posterior Timpanotomi.....	20
2.4.5 Fasiyal Reses Sınırları.....	20
2.4.6 Koklear İmplant Elektrotu Yerleştirilmesi.....	22
2.5 Sanal Gerçeklik ve Tıp Eğitiminde Kullanımı.....	26
2.6 3D Yazıcılar ve Tıp Eğitiminde Kullanımı.....	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	28
3.1 Çalışma Planı.....	30
3.2 3D Temporal Kemik Modeli Altyapısı.....	31
3.2.1 3D Yazıcıda Basılması Planlanan Temporal Kemik Modelinin Düzenlenmesi.....	31
3.2.2 Korda Timpaninin Düzenlenmesi.....	32
3.2.3 Sigmoid Sinüsün Ayrı Bir Obje Olarak Düzenlenmesi	32
3.2.4 Dış Kulak Yolunun Ayrı Bir Obje Olarak Düzenlenmesi	34
3.2.5 Yuvarlak Pencerenin Modele Eklenmesi.....	35
3.2.6 Skala Timpaninin İçerisinin Boşaltılması.....	36
3.2.7 Timpanik Membranın Kemik Modelden Ayrılması	37
3.2.8 Fasiyal Sinir Kanalının Modelden Çıkarılması.....	38
3.2.9 Temporal Kemik Tutucu Modellenmesi.....	39
3.2.10 Dura ve Temporal Kemik Modelinin Geçişli Hale Getirilmesi.....	41
3.2.11 Hazırlanan Modelin 3D Printerdan Yazdırılması.....	43
3.2.12 Fasiyal Kanalın İçerisinin Doldurulması.....	47
3.2.13 Dura ve Sigmoid Sinüsün Farklı Renkte Basılması.....	48
3.3. 3D Temporal Kemik Modelinin VR İçin Düzenlenmesi.....	49
3.3.1 VR Eğitimde Kullanılmak Üzere Mastoidektomi Limitlerini Gösteren Temporal Kemiğin Modellenmesi.....	50
3.3.2 VR Eğitimde Kullanılmak Üzere Posterior Timpanotomi Limitlerini Gösteren Temporal Kemiğin Modellemesi.....	51
3.4 Kontrol Grubunun Eğitim Programının Hazırlanması.....	53
3.5 VR Grubunun Eğitiminin Hazırlanması.....	53

3.6 Geri Bildirim Anketi Hazırlanması.....	57
3.7 İstatistiksel Analiz	58
4. BULGULAR.....	58
5. TARTIŞMA.....	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
7. KAYNAKLAR.....	74
8.EKLER.....	87
8.1 EK 1.....	87
8.2 EK 2.....	88
8.3 EK 3.....	89



KISALTMALAR

3D: Üç Boyutlu

3DP : Üç Boyutlu Yazıcı

FDM : Eriyik Yığıma Modellemesi

SLA : Stereolitografi

PLA : Polilaktik Asit

ABS : Akrilonitril Bütadien Stiren

PETG : Polietilen Tereftalat Glikol

VR: Sanal Gerçeklik

CIMAT: Kurumlar Arası Mastoidektomi Değerlendirme Ölçeği

CISAT: Koklear İmplant Cerrahi Değerlendirme Ölçeği

DKY: Dış Kulak Yolu

BAP: Bilimsel Araştırma Projeleri

M8: Metrik Sekiz

UV: Ultraviyole

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 La Forest Potter ve ark. (1)'nin 1905 senesinde almış olduğu patent..3	3
Şekil 2.2 House ve ark. (2)'nin koklear implant prototipi.....4	4
Şekil 2.3 Clark ve ark (3) tarafından 1974 de insana yerleştirilen ilk koklear implant.....5	5
Şekil 2.4 Dış kulak, orta kulak ve iç kulak yapılarının koronal kesiti.....9	9
Şekil 2.5 Macewen Üçgeni ve Sınırları.....14	14
Şekil 2.6 Dış kulak yolu posterior ve superioruna paralel turlama başlangıcı....14	14
Şekil 2.7 Tegmene paralel olarak turlama.....15	15
Şekil 2.8 Koerner septumu.....16	16
Şekil 2.9 Mcewen üçgeninin derininde antruma düşülür.....17	17
Şekil 2.10 Kavite genişletilerek lateral semisirküler kanal görülür.....17	17
Şekil 2.11 Epiteimpanuma doğru kemikçiklerin üzerindeki kemik lamelin küret yardımı ile alınması18	18
Şekil 2.12 Antrumun tamamen açılması ile inkusun kısa kolu görülür.....18	18
Şekli 2.13 Sinodural açığı (citelli açığı)19	19
Şekil 2.14 Digastrik sırtın görülmesi ile tamamlanmış mastoidektomi kavitesi..20	20
Şekil 2.15 Fasiyal reses sınırları.....21	21
Şekil 2.16 Posterior timpanotomi sonrası stapes, stapesin tendonu ve yuvarlak pencerenin nişi görülür.....22	22
Şekil 2.17 Yuvarlak pencere nişi turlanması ve ortaya konması.....23	23
Şekil 2.18 Elektrot anteroinferior yönde skalatimpaniye paralel olarak ilerletilmelidir.....24	24
Şekil 2.19 İdeal kokleostomi yeri yuvarlak pencerenin anteroinferiorundadır....25	25
Şekil 2.20 Elektrotun bazal dönüşün anteriorunu hedef alarak itilmesi.....25	25
Şekil 3.1 Çalışma planı30	30
Şekil 3.2 Korda timpani, fasiyal sinir, malleus ve incus ilişkisi. (Sol resimde kısa korda timpani, sağ resimde uzun korda timpani)32	32
Şekil 3.3 Sigmoid Sinüsün Ayrı Bir Obje Olarak Düzenlenmesi.....33	33
Şekil 3.4 Kahverengi DKY modeli, beyaz renkli malleus ve incusun bir kısmı34	34
Şekil 3.5 Skala timpaniye açılan yuvarlak pencere.....35	35

Şekil 3.6 Sol tarafta baz modeldeki skala timpani, sağ tarafta ise içi boşaltılmış skala timpani.....	36
Şekil 3.7 Timpanik membran modeli.....	37
Şekil 3.8 Siyah ok ile stylomastoid foramenin içinin ve fasiyal kanalın içindeki boşluk gösterilmiştir.....	38
Şekil 3.9 Temporal kemik tutucu modeli alt tablası.....	40
Şekil 3.10 M8 civata ile sabitlenmiş dura, temporal kemik tutucu ve civata başlıkları modeli.....	40
Şekil 3.11 3D yazıcı ile basılmış temporal kemik tutucu modeli üst yapısı.....	41
Şekil 3.12 Temporal Kemik modeline eklenen küpler.....	42
Şekil 3.13 Dura ve sigmoid sinüs modeline eklenen küp şeklinde çukurlar.....	43
Şekil 3.14 Creality - Ender V2 Pro 3D yazıcı (Shenzhen Creality 3D Technology Co, Ltd., ÇİN).....	44
Şekil 3.15 Anycubic - Photon Mono 4K 3D yazıcı (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd,ÇİN).....	45
Şekil 3.16 3D baskı yıkama ve UV kürleme cihazı (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd,ÇİN).....	46
Şekil 3.17 Çeşitli renklerde basılmış temporal kemik modelleri.....	47
Şekil 3.18 Fasiyal kanalın içerisinde renkli silikon mastik ile doldurulması.....	48
Şekil 3.19 Malleolus objesinin kesitlerinin açılması.....	49
Şekil 3.20 Mastoidektomi yapılmış temporal kemik modeli.....	51
Şekil 3.21 Posterior timpanotomi yapılmış temporal kemik modeli.....	52
Şekil 3.22 Sanal gerçeklik ortamında ameliyathane, sunum ve 3D temporal kemik modeli.....	54
Şekil 3.23 Katılımcılar kendi ellerini kullanarak VR üzerinde modeli interaktif olarak inceleyebilmektedir.....	55
Şekil 3.24 VR temporal kemik modeli saydamlık ayarı.....	56
Şekil 3.25 Ayır ayrı hareket edebilen VR temporal kemik modeli anatomik yapıları.....	57

TABLolar

Tablo 4.1. Katılımcılar için tanımlayıcı frekanslar.....	59
Tablo 4.2. Gruplara göre cinsiyet dağılımı.....	59
Tablo 4.3 Katılıcı asistan hekimlerin kıdem ortalama ve ortanca değerleri.....	60
Tablo 4.4 Katılımcıların kıdem değişkeni ile gruplara dağılımı çapraz tablosu..	61
Tablo 4.5 Katılımcıların klinik değişkeni ile gruplara dağılımı çapraz tablosu....	63
Tablo 4.6 Hakemlerin ön değerlendirme son değerlendirme puanları ilişkisi.....	64
Tablo 4.7 Gruplara Göre ÖN-CİMAT, ÖN-CİSAT, SON-CİMAT, SON-CİSAT Verilerinin Karşılaştırması.....	65
Tablo 4.8 Hakemlere göre eğitim sonrası geçme kalma durumu	66
Tablo 4.9 Geçme ve kalma durumu ile asistanların yer aldığı grup arasındaki ilişki.....	67

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Koklear implant kranial sinirler için geliştirilen etkili ilk stimülatördür. İşitme cihazından fayda görmeyen kalıcı ağır işitme kaybı olan çocuklar ve erişkinler için çığır açan bir tedavidir (4). Koklear implant cerrahisi, fasiyal sinir hasarı, labirintin fistülü, serebrospinal sıvı kaçağı gibi komplikasyonları olan mikroskop yardımıyla yapılan hassas bir cerrahi işlemdir (5). Sınırlı sayıda vaka olması, kullanılan elektrotların fiyatlarının yüksek olması, temporal kemik anatomisinin karmaşık olması bu cerrahinin zorlukları arasında sayılabilir (4,5).

Covid-19 pandemisi tüm dünyadaki sağlık hizmetlerini etkilemiştir. Pandeminin negatif etkilerinden biri de tüm dünyada tıp eğitiminde aksamalardır. Bu süreçte vakaların miktarı azalmış, tıp kongreleri ve toplantılar yapılamamıştır. Bu dönemde eğitim programlarında değişikliklere gidilmiş ve sanal gerçeklik eğitimleri ön plana çıkmıştır (6).

Temporal kemiğin anatomisi tıp fakültesi anatomi derslerinden asistan hekim derslerine, kadavra diseksiyon kurslarından uluslararası toplantılara kadar, tıp eğitiminin her basamağında öğrenmesi güç ve zorlayıcı bir konu olmuştur. Fasiyal sinir, sigmoid sinüs, karotis, dura mater gibi son derece hassas ve hayati anatomik yapıları içinde barındıran temporal kemik oldukça karmaşık bir yapıdır. Bu ve benzeri anatomik yapıların üç boyutlu (3D) olarak yerlerini, birbirleri ile olan ilişkilerini öğrenmek kulak cerrahisi yapabilmek için elzemdir (7). Günümüz eğitim sistemi anatomi atlaslarına çizilen çeşitli kesitler üzerinde iki boyutlu resimlerle kontrol anatomik yapıları anlamak üzerinedir. Sanal gerçek ise anatomik yapıları öğrenmede üç boyutu kullanan etkili bir yöntemdir. Geleneksel eğitim metotlarına göre daha etkilidir (8).

Çok sayıda vaka yapmanın cerrahi tecrübeyi ve başarıyı artırdığı bilinen bir gerçektir (9). Bu durum koklear implant cerrahisi gibi vaka sayısının kısıtlı olduğu cerrahilerde eğitimi güçleştirmektedir. Bu eksikliği gidermek amacıyla çeşitli kadavra diseksiyon eğitimleri düzenlenmektedir (10). Fakat kadavraya

ulaşım gün geçtikçe daha maliyetli ve zor olmaktadır. Bu bağlamda 3D yazıcı tarafından basılan 3D modeller üzerinde cerrahi eğitimler verilmesi günümüzde denenen yeni eğitim metotları arasında yer almaktadır (11,12).

Çalışmamızda hem sanal gerçekliğin hem de 3D yazıcıların tıp eğitimine getirdiği avantajlardan faydalanarak koklear implant cerrahisi eğitiminde yeni bir metot geliştirmeyi planladık. Geleneksel eğitim metodu ile sanal gerçeklik kullanılarak geliştirilecek olan eğitim metodunun koklear implant cerrahisi eğitimindeki başarısını karşılaştırmayı amaçlıyoruz.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Koklear İmplant Tarihçesi

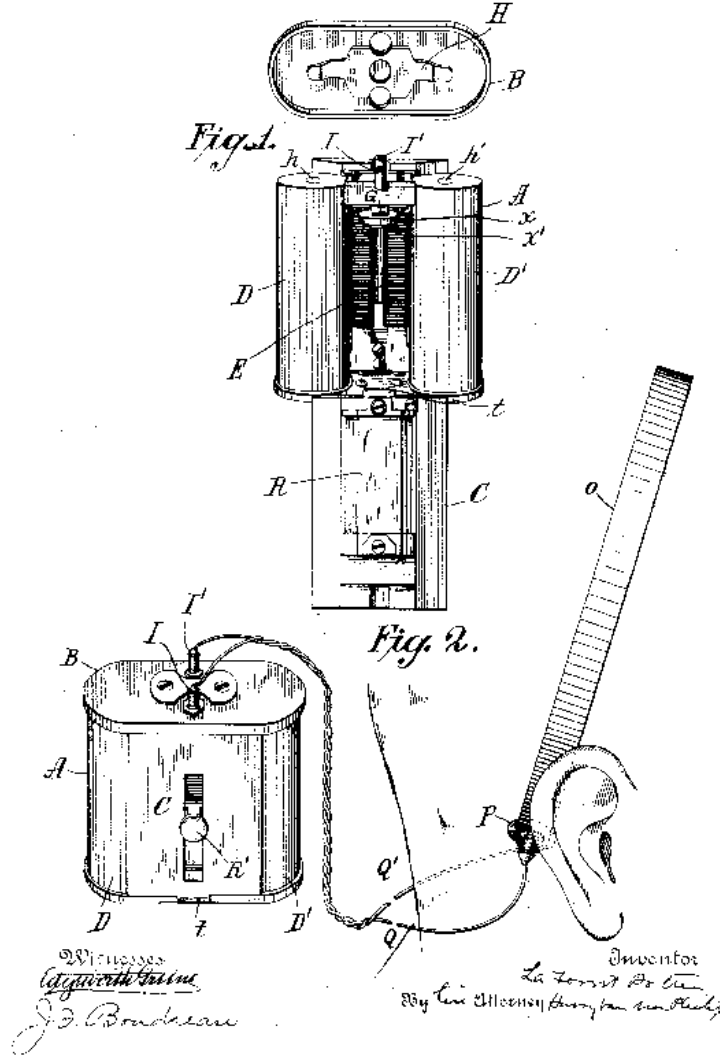
Koklear implant işitme duyusunu sağlamak amacıyla elektriksel stimlasyonunun başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Koklear implant sesi elektrik akımına dönüştüren ve işitmeyi uyaran bir cihazdır (13). İlk dış kulak elektrik stimülasyonu, 1748 yılına dayanır. İngiliz portre ressamı ve elektrik araştırmacısı Benjamin Wilson tarafından işitme engelli bir kadın üzerinde denenmiştir. Hastada bu işlem dört kere tekrarlanmış ve her dafasında daha fazla elektriksel uyarı vererek işitmenin arttığı belirtilmiştir. Fakat aynı deney altı farklı hastada tekrarlanmasına rağmen hiçbirinde işitmede iyileşme gözlenmemiştir (14).

1855 de Fransa'da Guillaume Benjamin-Amand Duchenne de Boulogne, 1905 de Amerika'da La Forest Potter mastoid kemiğe uygulanan bir elektriksel stimlasyon cihazı için patent aldı (şekil 2.1) (1,15).

LA FOREST POTTER,
ELECTRIC OSTEOPHONE.

APPLICATION FILED JUNE 15, 1904.

4 SHEETS—SHEET 1.



Şekil 2.1 La Forest Potter ve ark. (1)'nin 1905 senesinde almış olduğu patent.

Potter ve ark.(1), bu çalışmasında elektiriksel uyarıyı mastoid kemik üzerinden vererek kulağın doğal anatomik yapıları üzerinden iletmeyi ve işitmeyi artırmayı başardığını belirtti.

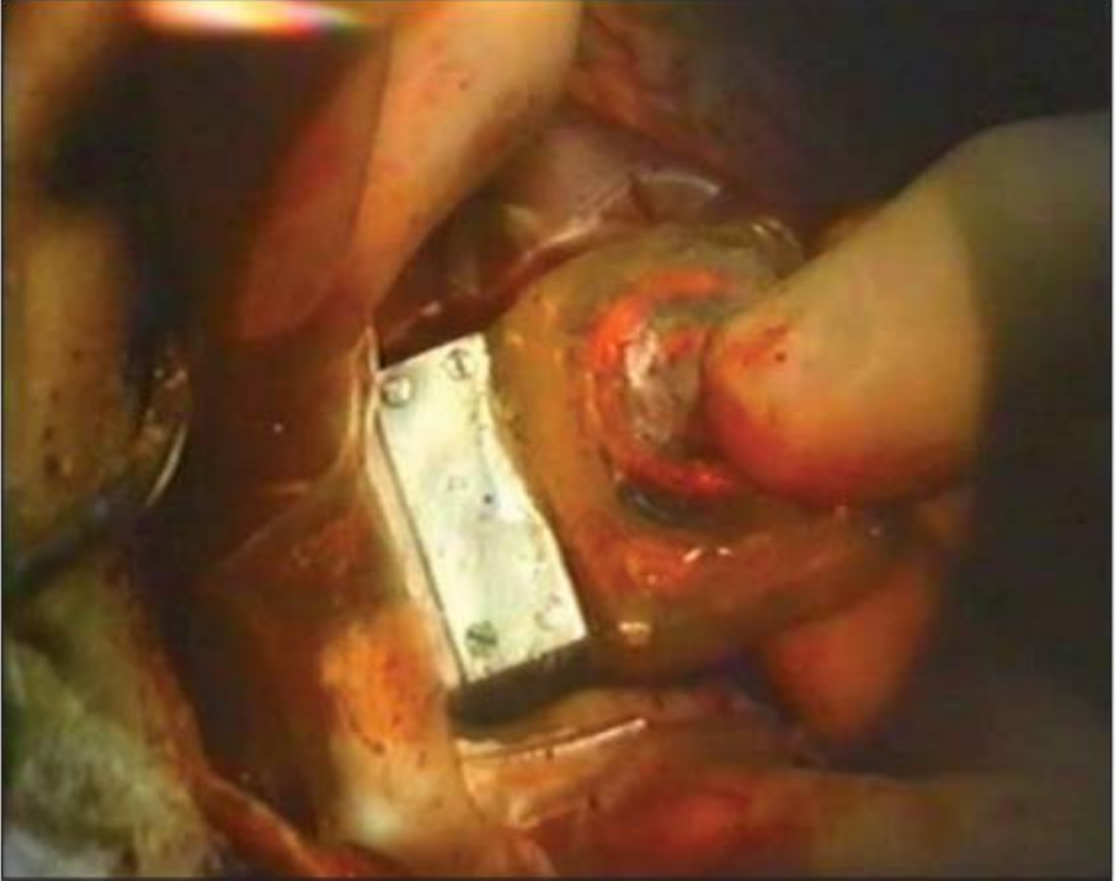
Ernst Glen Wever ve Charles Bray (16), kedilerin akustik sinirlerine yerleştirilen elektrotlar üzerinden uyarılar vererek akustik sinir stimülasyonu ile ilgili hayvan çalışmalarına öncülük etmişlerdir. Konuşma ile benzer dalga boylarında uyarım tespit etmişlerdir.

İlk gerçek koklear implant, Amerikalı Otolog William (Bill) House ve Beyin Cerrahı John Doyle tarafından House of the House Clinic, Los Angeles, California'da Ocak 1961'de implante edildi. Dr Doyle ve House cerrahi olarak tek bir elektrotu yuvarlak pencerenin anteriorunda bir açıklıktan scala tympani'ye yerleştirdi (Şekil 2.2). Şubat 1961'de aynı hastaya yerleştirilen elektrot çıkarılarak yerine dört kanallı prop yerleştirildi. Bu cerrahi işlem postaurikular yaklaşım ile gerçekleştirilmiştir. Mastoid-fasiyal reses yaklaşımı kullanılmıştır. Mart 1961'de cihaz çıkarılmış ve hasta sorunsuz iyileşmiştir (2).



Şekil 2.2 House ve ark. (2)'nin koklear implant prototipi.

Çok kanallı tek kablolu elektrot teknolojisi koklear implant piyasasına yön vermiş ve günümüzde de kullanılmaktadır. Simons ve White tarafından geliştirilen bu teknoloji Clark ve ark. (3) tarafından 1978'de implante edilerek güzel sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Clark ve ark (3) tarafından 1974'de insana yerleştirilen ilk koklear implant.

2.2 Kulak Embriyolojisi

Kulak denge ve işitme organıdır. İç kulak, orta kulak ve dış kulak olmak üzere üç alt anatomik bölgeye ayrılır. Her alt bölgenin kendine özgü bir embriyolojik gelişimi mevcuttur. Kulağın gelişimi karmaşık embriyolojik

modelleme içeren bir süreçtir. Bu sürece üç germ tabakası da katkı sağlar. Kulağın gelişimi doğumdan sonra devam etse de 26 haftalık bir fetüsün fonksiyonel olarak duyabildiği bilinmektedir (17,18).

2.2.1 İç Kulağın Gelişimi

Yirmi ikinci günde otik plak gelişir. Rombensefalonun iki tarafında ektoderm kalınlaşır. Her iki yanda kalınlaşan ektoderm invajinasyon ile otik vezikülleri oluşturur. Bu veziküllere otokist de denir (17). Bu veziküllerdeki otokistik hücreler ganglion hücrelerine farklılaşarak vesibulokoklear ganglion ve statoakustik ganglionu oluşturur. Her bir vezikül bölünür ve iki alt komponente ayrılır. Bu komponentler membranöz labirenti oluşturacaktır. Ventral komponent sakkül ve koklear duktusu oluştururken dorsal komponent utrikül, semisirküler kanalları ve endolenfatik duktusu oluşturur (19).

2.2.2 Kokleanın Gelişimi

Altıncı haftada sakkül üzerinden tübüler olarak büyüyerek koklear duktus oluşur. Bu koklear duktus spiral şeklinde dönerek mezenşimi deler. Yaklaşık sekizinci Haftada iki buçuk tur dönüşünü tamamlar. Yedinci haftada koklear duktus hücreleri spiral korti organını oluşturur (19). Koklear duktus ve sakkül duktus reuniens aracılığı ile bağlı kalır. Koklear duktusu saran mezenşim kıkırdak bir kabuk oluşturacak şekilde farklılaşır. Onuncu hafta kıkırdak üzerinde büyük vaküoller ortaya çıkar. Bunlar iki perilenfatik boşluğu oluşturur: scala vestibuli ve scala timpani. Bu sayede koklear duktus skala vestibüliden vestibüler membran ile ayrılmış olur. Aynı şekilde skala timpaniden de basilar membran ile ayrılır. Koklear duktusun lateral duvarı kıkırdağa spiral ligament yardımı ile tutunur. Koklear duktusun median açısı bir kıkırdak çıkıntısına bağlıdır ve buraya modiolus adı verilir (20).

2.2.3 Korti Organının Gelişimi

Koklear duktusun epitelyal hücreleri iki kabartı yapar. İçerideki kabartıdan spiral limbus oluşur. Dışarıdaki kabartıdan işitme sisteminin tüylü duyu hücreleri gelişir (21). Tektoriyal membran spiral libusa tutulu halde bulunur ve bu duyu hücrelerinin üzerini kaplar. Duyu hücreleri ve tektoriyal membran bütünü korti organı adını alır (21,22).

2.2.4 Semisirküler Kanalların Gelişimi

Altıncı haftada düzleşmiş olan dışa doğru katlantılar dorsal komponentte yani otik vezikülde utrikül de belirir (17). Duvarlarının santral kısımları sonunda kaybolur ve semisirküler kanallar gelişir. Her semisirküler kanalın iki ucu vardır. Dilate uçlarına krus ampullare, dilate olmayan uçlarına ise krus nonampullare adı verilir. Ampulladaki hücreler krista ampullaris oluşturur. Makula akustika utrikülün ve sakkülün duvarlarında gelişir (20).

2.2.5 Orta Kulağın Gelişimi

Timpanik kavite birinci faringeal cepten (endoderm) gelişir. Faringeal cep genişleyerek birinci faringeal yarığın tabanına kadar uzanır. Cebin distal kısmı dilate olur ve primitif timpanik kaviteyi oluşturur. Proksimal kısmı ise dar kalır ve östaki borusunu oluşturur. Geç fetal dönemde timpanik kavite dorsale doğru genişleyerek timpanik antrumu oluşturur (23). Doğumdan sonra timpanik kavitenin epiteli mastoid prosese doğru uzanır ve hava hücrelerini oluşturur. (Mastoidin Pnömotizasyonu) Mastoid hava hücreleri timpanik antrum ve timpanik kavite ile bağlantılıdır (24).

2.2.6 Kemikçiklerin Gelişimi

Malleus ve inkus birinci faringeal arkın kıkırdaklarından oluşur. Tensor timpani kası trigeminal sinirin mandibular dalı tarafından inerve edilir. Stapes

ikinci faringeal arkın kıkırdaklarından oluşur. Stapedius kası fasiyal sinir tarafından inerve edilir. Kemikçikler fetal hayatın ilk yarısında ortaya çıkar. Kemikçikler sekizinci ayda mezenşim eriyene kadar mezenşime gömülü olarak bulunurlar. Mezenşimin erimesi ile kemikçiklerin etrafında boşluk oluşur. Primitif timpanik kavitenin endodermal epitelleri bu boşluğun duvarını sarar ve kemikçikleri kavitenin duvarına mezenter gibi bağlar (25).

2.2.7 Dış Kulağın Gelişimi

Dış kulak yolu (DKY) meatusu birinci faringeal yarığın dorsal kısmından köken alır. Üçüncü ayda meatusun tabanındaki epitelyal hücreler proliferasyon olarak meatal tıkaçı oluşturur. Yedinci ayda meatal tıkaç incelerek kulak zarını oluşturur. Meatal tıkaçın doğuma kadar devam etmesi durumunda konjenital sağırılık görülür (26).

2.2.8 Kulak Zarının Gelişimi

Kulak zarı üç tabakadan gelişir: dış kulak yoluna dizilmiş ektodermal epitel, timpanik kaviteye bakan yüzde endodermal epitel, bağ dokudan oluşan ara mezoderm tabakası (27).

2.2.9 Aurikula

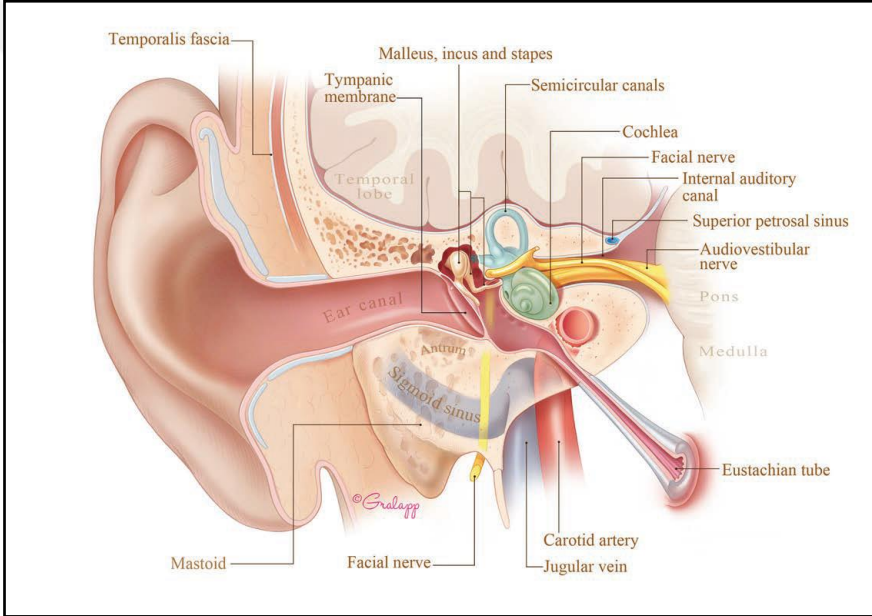
Aurikula birinci ve ikinci faringeal arkların dorsal uçlarının ilk faringeal yarığı saran altı adet mezenşimal çıkıntısından köken alır. Bu çıkıntılar daha sonra birleşerek aurikulaya son şeklini verir (28).

2.3 Kulak Anatomisi

2.3.1 Temporal Kemik

Temporal kemik timpanik, mastoid, petröz ve squamöz dört farklı bölümden oluşmaktadır. Kulak kepçesi temporal kemiğin lateraline tutunarak dış kulak yoluna açılır (29).

2.3.2 Dış Kulak Yolu



Şekil 2.4 Dış kulak, orta kulak ve iç kulak yapılarının koronal kesiti

Dış kulak yolu s seklinde bir tüp olup kıkırdak ve kemik bölümlerden oluşur (Şekil 2.4). Dış kulak yolunun lateral üçte biri kıkırdaktan oluşur ve daha kalın tüylü bir deri ile kaplıdır. Medial üçte ikilik kısım ise kemikten oluşur ve timpanik, mastoid ve petröz segmentler ile devamlılık gösterir (30). Santorini fissürleri DKY kıkırdağının anterior kenarında olan doğal açıklıklardır. Bu fissürler parotis gland ve DKY arasında bir yol oluşturarak enfeksiyon ve kitlelerin yayılımına müsaade eder (31). DKY'nin medial kemik kısmı ise ince

çok katlı skuamöz epitel ile kaplı olmakla beraber dermal elementleri içermez. Timpanosquamöz ve timpanomastoid sütürler DKY'nin osseöz kısmında bulunarak temporal kemiğin farklı segmentlerinin kesişimini oluşturur(30,32).

2.3.3 Timpanik Membran

Timpanik membran dış kulak yolunun medialine anüler ligaman ile tutunarak DKY'yi orta kulaktan ayırır. Timpanik membran üç farklı tabakadan oluşur. Lateralden mediale doğru; skuamöz epiteli, lamina propriayı oluşturan radyal ve sirküferensiyal kollajenlerden oluşan fibröz tabaka, iç mukozal tabaka olarak söylenebilir. İçerideki mukozal tabaka orta kulak epiteli ile devamlılık gösterir (33).

2.3.4 Orta Kulak

Orta kulak kompleks bir anatomik yapıdır. İçerisinde sesin iletiminde görev alan kemikçikler (Malleus, inkus, stapes), sinirler (Fasiyal, korda timpani, Jacobson), ligamentler ve mukozal katlantılar yer alır. Orta kulak farklı kompartmanlara ayrılır (mezotimpanum, epitimpanum, hipotimpanum, protimpanum ve retrotimpanum) (34).

2.3.5 Epitimpanum

Epitimpanum tegmen timpani ile malleusun lateral duvarı arasında yer alır. Lateral duvarı skutum ve pars flaccida, medial duvarı genikulat ganglionu saran kemik yapı ve lateral ve süperior semisirküler kanalların ampulla olan uçlarını içerir. Epitimpanum posteriordan aditus ad antrum vasıtasıyla mastoid hava hücrelerine bağlanır. İncusun gövdesi ve malleusun baş ve boyun kısımları incudal ligaman ve anterior ve posterior malleolar ligamanlar yardımıyla epitimpanumun merkezinde asılı olarak durmaktadır. Birçok embriyolojik katlantılar epitimpanumu alt kompartmanlara ayırır. Bunlar Prussak

boşluğu ve anterior epitimpanik reses olarak adlandırılır. Bu boşluklardaki patolojiler epitimpanum ve mastoid boşlukların havalanmasını bozabilir bu durum pars fleksida da retraksiyonlara ve kolesteatoma neden olabilir (35).

2.3.6 Mezotimpanum

Mezotimpanum anulus ve malleusun lateral prosesi tarafından çepeçevre çevrilir. İçerisinde stapes suprastrüktürü, inkusun uzun kolu, malleolusun kulbu, umbo, fasiyal sinirim timpanik segmenti, oval ve yuvarlak pencereleri bulundurur. Yuvarlak ve oval penceler orta kulak ile iç kulağın bağlantısını sağlayan yapılardır. Oval pencereyi stapesin tabanı kapatırken yuvarlak pencereyi ince bir membran kapatır. Mezotimpanumun lateral sınırını timpanik membranda pars tensa oluştururken medial sınırını kokleanın promontoriumu oluşturur (36).

2.3.7 Retrotimpanum

Anulusun posteriorundan fasiyal sinirin mastoid segmentine kadar uzanır. İçerisinde pek çok boşluk barındırır. Bu boşluklar, subpiramidal boşluk, sinüs timpani, sinüs subtimpanikum olarak sıralanabilir. Retrotimpanum hipotimpanumdan funiculus ile ayrılır. Funiculus içerisinde Jacobson sinirini barındıran ve subkoklear kanaliculusun üzerine uzanan bir kemik kanaldır. Subkoklear kanaliculus inferior petröz apekte bulunan çeşitli hava hücrelerini ile bağlantıyı sağlayan doğal bir yolaktır (37).

2.3.8 Hipotimpanum ve Protimpanum

Hipotimpanumun medial sınırını jügüler bulb ve petröz karotid arteri çevreleyen kemik yapı oluşturur. Superior sınırını anulusun inferioru oluşturur. Protiniculum, hipotimpanumu protimpanumdan ayıran kemik kristadır (38). Protimpanumun posterior sınırını anterior anulus oluşturur. Protimpanum

içerisinde tensor timpani kasının semikanalı, horizontal petröz karotid arter, östaki tüpünün osseos açıklığı yer alır (39).

2.3.9 Mastoid Hava Hücreleri

Mastoid hava hücreleri sistemi antrum adında büyük bir hava hücresi içerir. Bu hücre epitimpanum ile hava hücreleri arasında aditus ad antrum yoluyla bağlantıyı sağlar. Antrum çok sayıda hava hücresi ile bağlantıyı sağlar. Posterior ve süperior osseoz DKY kanalı duvarı mastoid segmenti dış kulak yolundan ayırır. Değişken kalınlıklarda olan tegmen mastoideum tegmen timpani ile devamlılık gösterir ve mastoidin çatısını oluşturur. Mastoid tip ve sigmoid sinüs sırasıyla inferior ve posterior sınırlarını oluşturur. Medial sınırında ise semisirküler kanallar ve fasiyal sinirin vertikal segmenti bulunur (40,41).

2.3.10 Petröz Segment

Petröz segment temporal kemiğin en medial kısmını oluşturur. Petröz segment internal akustik kanal, petröz karotid arter, jugular bulb, koklea, vestibül, semisirküler kanallar, vestibüler akuadukt, endolenfatik sak, intrakanaliküler, labirintin ve genikulat fasiyal sinir segmentlerini içerir. VIII, IX, X ve XI'inci kraniyal sinirler internal akustik kanal ve jügüler foramen yardımı ile temporal kemikten geçer. Petröz apeks internal akustik kanal yardımı ile anterior ve posterior segmente ayrılır (42).

2.4 Koklear İmplant Cerrahi Teknik

2.4.1 Tur Kullanılması

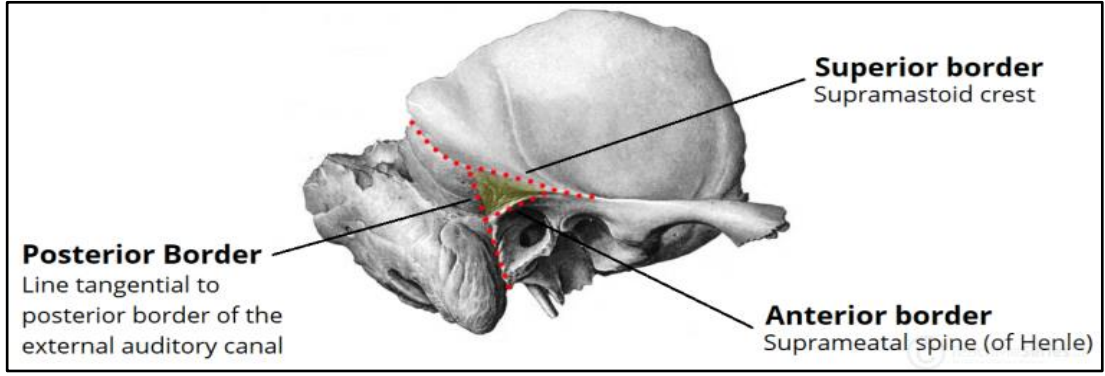
Tur tutuşu kalem gibi olmalıdır. Turlama işleminde uç kısmı yerine kenar kısmı tercih edilmelidir. Cerrahi sahanın el verdiği mümkün olan en büyük tur

ucu kullanılarak işleme başlanmalıdır. Büyük tur ucu kullanmak, anatomik yapıları korumaya yardımcı olur. Fasiyal sinir, Sigmoid sinüs, Dura mater gibi anatomik yapılara paralel şekilde çalışılır. Aralıklı baskılar uygulayarak çalışmak gereklidir. Tur ucu sürekli olarak izotonik serum ile yıkanmalıdır. Bu irigasyon hem tur ucundaki ısı artışını engeller hem de kemik talaşının keskin kenarlarının yanında birikmesini önler. Genel yaklaşım olarak tek bir delik açmaktan kaçınılmalıdır. Aynı şekilde bir kuyu içerisinde körleme çalışmak da uygun değildir. Oluşturulan kavite yayvan kenarlı olmalıdır. Keskin ve elmas olmak üzere iki farklı çeşit tur ucu mevcuttur. Daha hızlı çalışmak amacıyla temporal kemikte keskin uç tercih edilir. Anatomik yapılara yaklaştıkça daha güvenli olması nedeniyle elmas uca geçilir. Elmas tur emniyetli ve yavaş ilerleme sağlar, yumuşak dokuları hasardan korumak için tercih edilir (43).

2.4.2 Kanal Wall Up Mastoidektomi

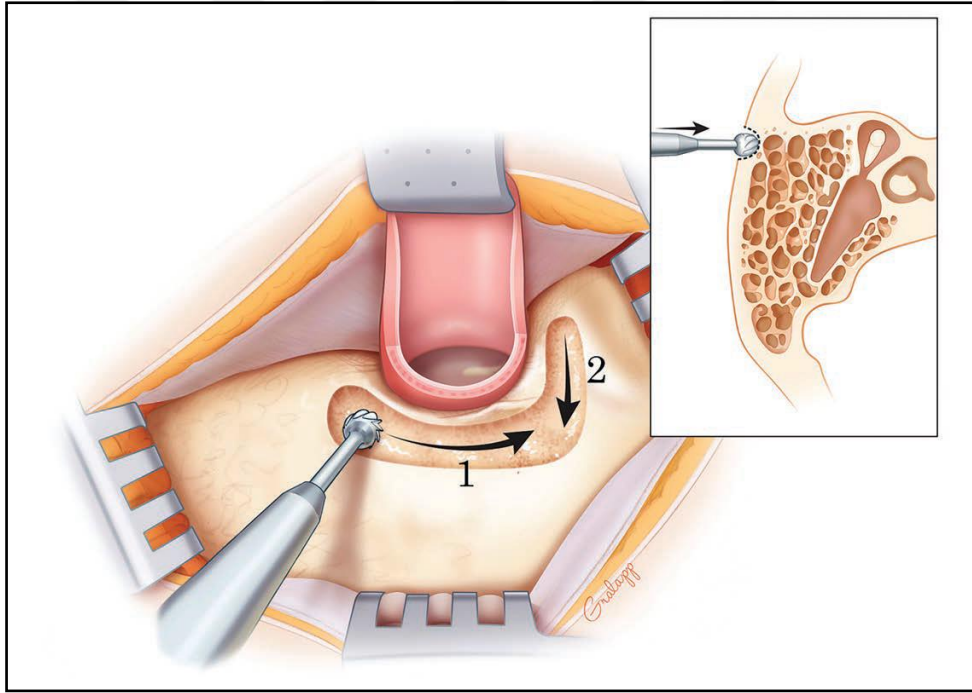
Kanal Wall Up mastoidektominin amacı mastoid kemiği ekzantre etmektir. Dış ve orta kulağa dokunmadan işlem yapmayı sağlar. Akut mastoidit tedavisinde ve farklı ileri cerrahilerin öncesinde yapılır. Otomatik Ekartörler ile Mastoidektomi için gerekli görüşü sağlayacak kadar cerrahi saha açılır. Cerrahi sahada linea temporalis, henle spini, kribriform alan ve mastoid tip belirlenir. Diseksiyona mikroskop olmadan, direkt görüş altında başlanır. Büyük bir keskin tur ucu ile Macewen üçgeni'nde çalışmaya başlanır (44).

Macewen üçgeni sınırları şu şekildedir. Süperior sınırını supramastoid krista oluşturur. Anterior sınırını kemik dış kulak yolunun posterosüperior sınırı oluşturur. Posterior sınırını ise DKY kemik posteior duvarının orta hattından çizilen tanjant oluşturur (Şekil 2.5) (45).



Şekil 2.5 Macewen Üçgeni ve Sınırları

Keskin tur kullanılarak mastoid korteks; DKY posterior ve superioruna paralel şekilde açılmaya başlanır (Şekil 2.6).



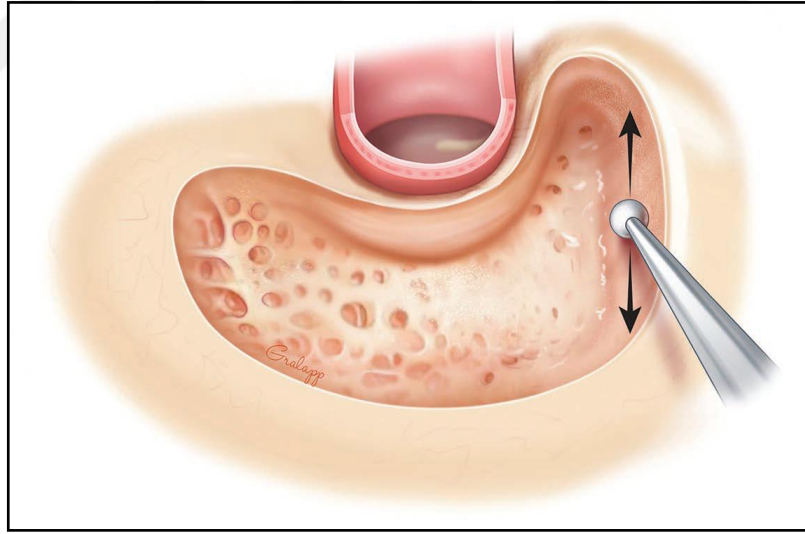
Şekil 2.6 DKY posterior ve superioruna paralel turlama başlangıcı

Anatomik yapılara paralel olarak kavite genişletilir. Bu esnada temporal kemiğin periferik hava hücreleri de açığa çıkmış olur. Hava hücreleri dış kulak yoluna paralel olarak açılarak DKY arka duvarı inceltilir (43).

2.4.3 Mastoidektomi limitleri

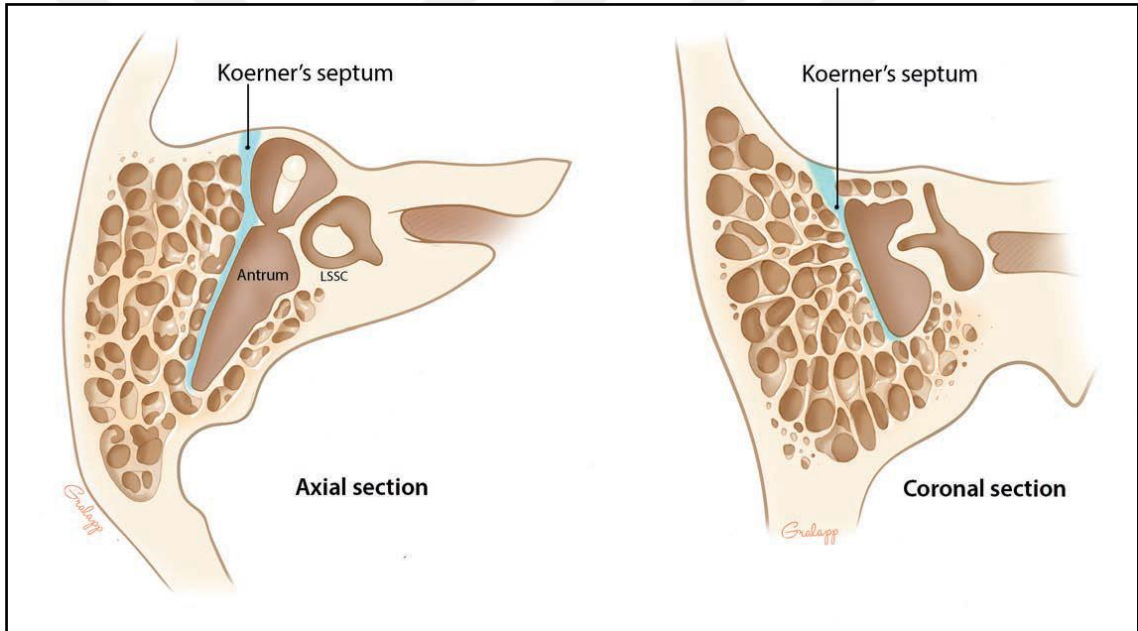
Tegmen mastoideum süperior sınırı oluşturur. Bu seviyenin ötesinde dura ve orta fossa bulunmaktadır. Tegmenin inceltilmesi cerrahi ekspozisyon için önemli olsa da ince bir lamel bırakılmalıdır. Dış kulak yolunun posterior duvarı da korunarak inceltilmelidir. Anterosüperior sınır zigoma prosesinin köküdür. Sigmoid sinüs posterior sınırı oluşturur. Antrum bulmak için derinleşirken, tegmene paralel olarak epitimpanuma doğru turlamaya devam edilir. İkinci dirsekte muhtemel fasiyal siniri hasarını önlemek için bu prensip önemlidir (44,46).

Tegmene yaklaştıkça daha pürüzsüz bir kemik yapısı hissedilir. Aynı zamanda tur cihazının çıkardığı ses tizleşir (43).



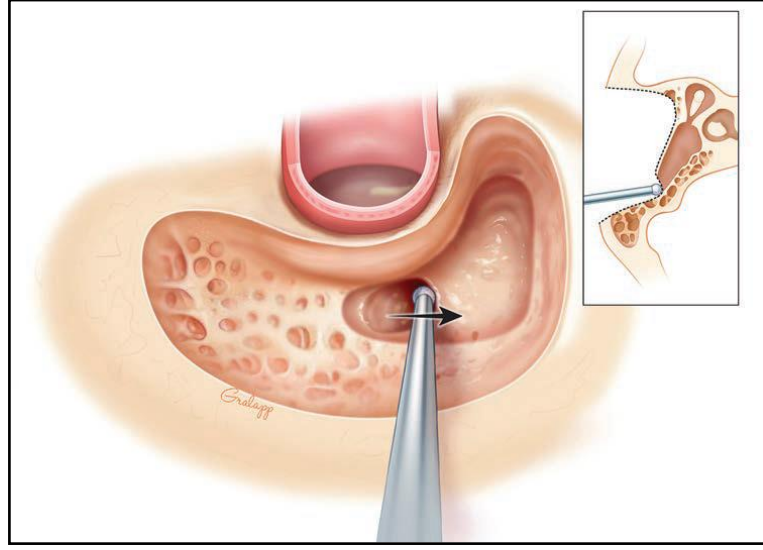
Şekil 2.7 Tegmene paralel olarak turlama

Antruma yaklaşmanın en güvenli yolu tegmen boyunca süperiora ve epitimpanuma doğru ilerlemektir. Antrum bölgesinde bazen düz bir kemik taban karşımıza çıkar. Burası antrumun tabanı değil Körner septumu adı verilen düz bir kemik tabakasıdır. Körner septumunu petröz kemik ve skuamöz kemik birleşerek oluşturur.(Şekil 2.8) Bu nedenle petrosquamöz lamina olarak da adlandırılır. Bu yapının yüzeyinde mastoid hücreler bulunurken derininde ise antrum ve onun yanında yer alan petröz hücreler bulunur. Bazen körner septumu sertlik olarak labirentin kemiği ile karıştırılabilir. Bu nedenle antrumun geçildiği şüphesine düşer (47). Antruma ulaşmak için körner septumunun geçilmesi gerekir.



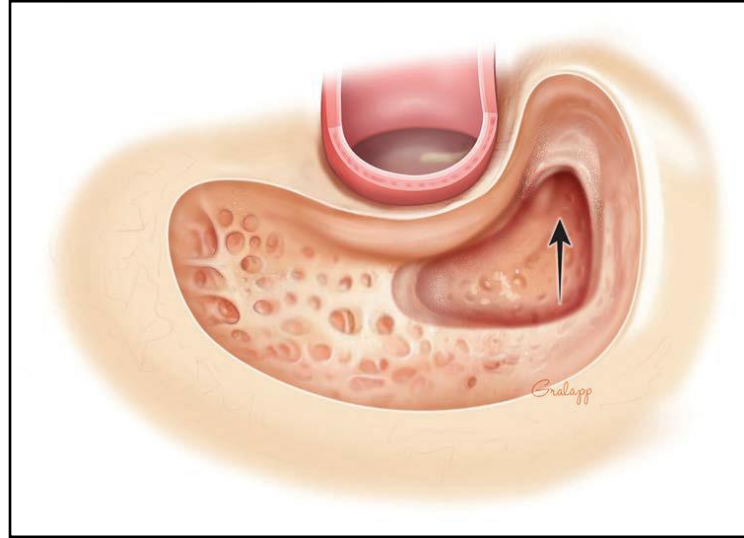
Şekil 2.8 Körner septumu

Mastoid hücreler içerisinde en büyüğü antrumdur. Antrum Macewen üçgeninin içerisinde yaklaşık 15 mm derininde ve DKY kemik kanalının posterosüperiorunda yer alır. Tur yardımıyla antruma düşülür (Şekil 2.9).



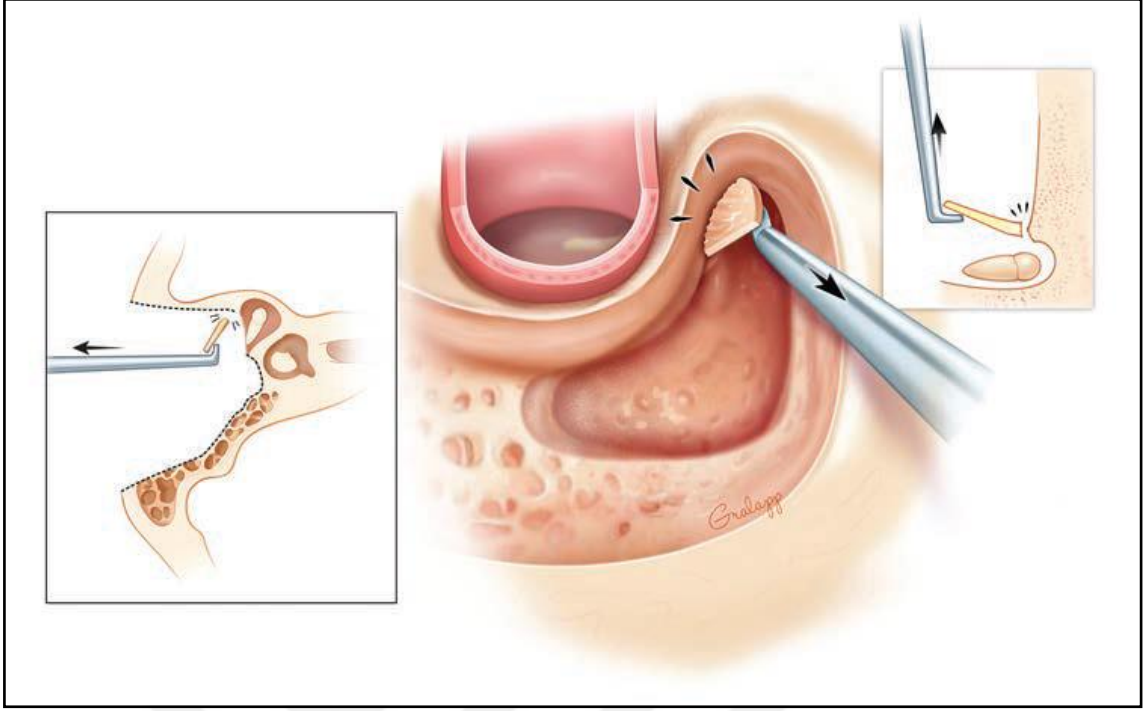
Şekil 2.9 Macewen üçgeninin derininde antruma düşülür

Ardından kavite genişletilerek lateral semisirküler kanal ortaya konur. Lateral kanalın ortaya konması içinde bulunan kavitenin antrum olduğundan emin olunmasını sağlar (Şekil 2.10) (48,49).



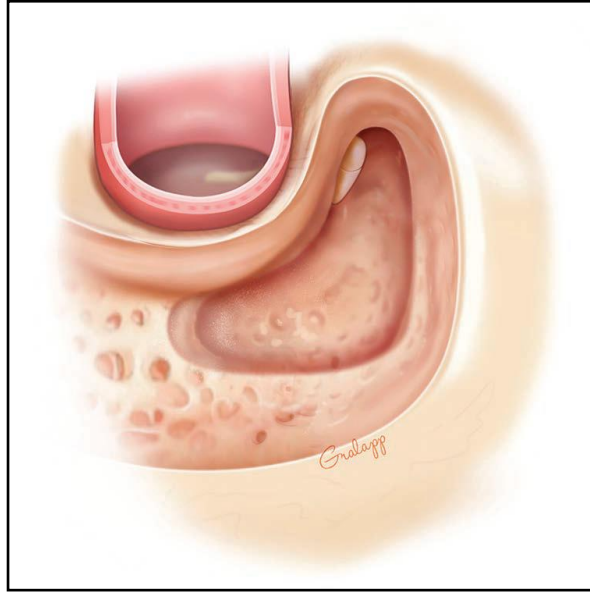
Şekil 2.10 Kavite genişletilerek lateral semisirküler kanal görülür

Kemikçiklerin üzerindeki kemik inceltilerek epitimpanuma doğru ilerlenir. Epitimpanumda kalan ince kemik lamel küret ile alınır. Bu işlem ile kemikçikler tura bağlı istenmeyen hasarlardan korunmuş olur (Şekil 2.11) (46).



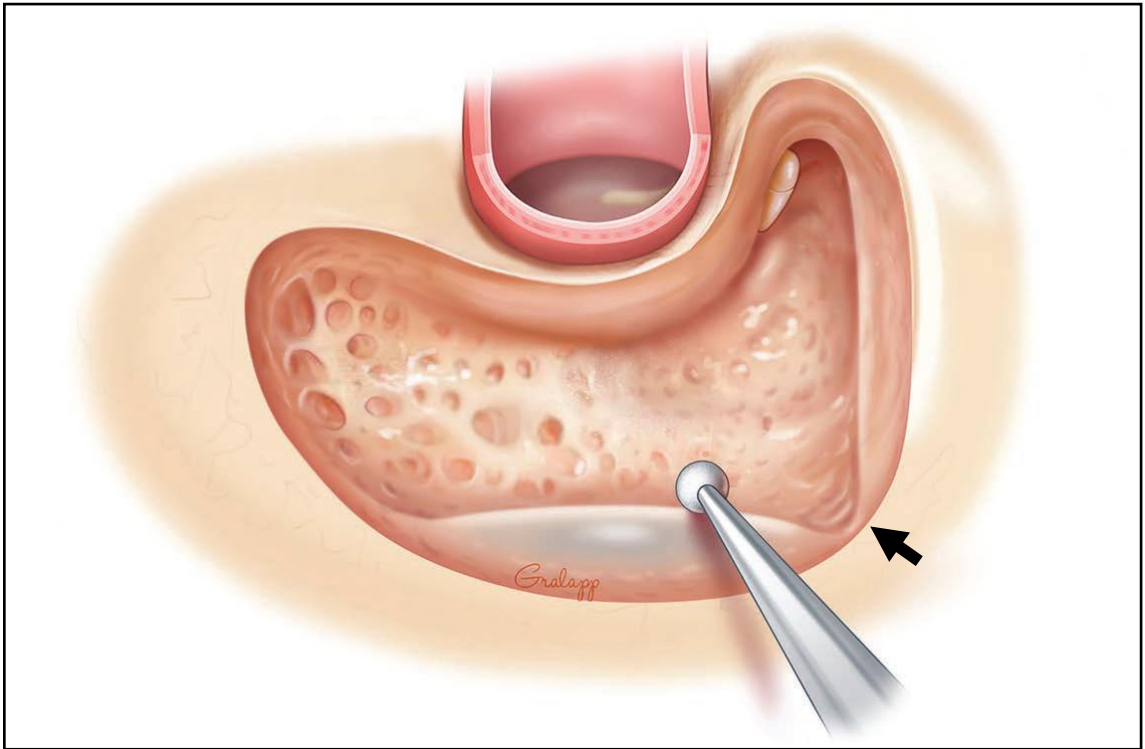
Şekil 2.11 Epitimpanuma doğru kemikçiklerin üzerindeki kemik lamelin küret yardımı ile alınması

Antrumun tamamen açılması ile inkusun kısa kolu ve gövdesi ve malleusun başı ortaya konulur (Şekil 2.12) (46).



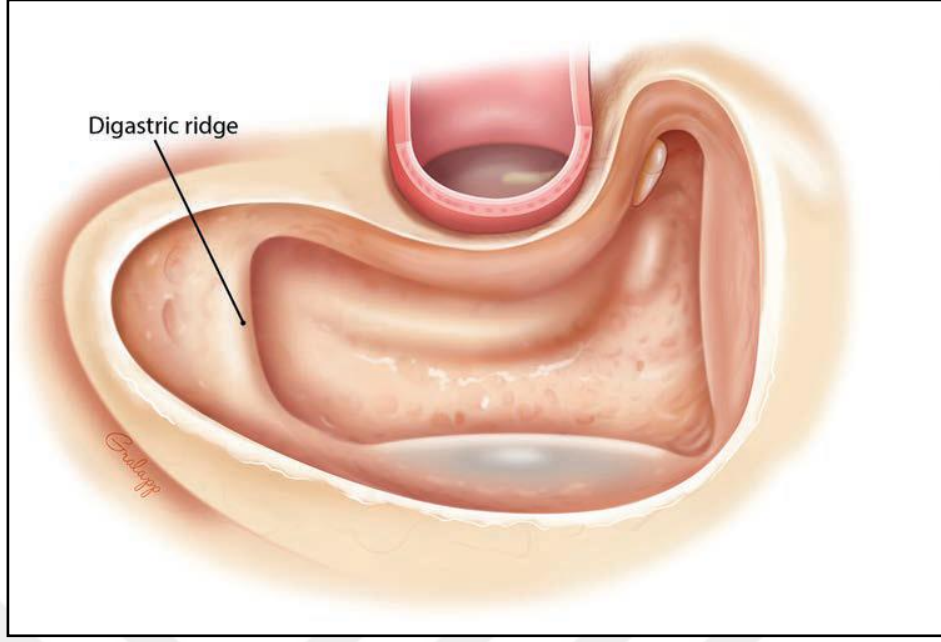
Şekil 2.12 Antrumun tamamen açılması ile inkusun kısa kolu görülür

Diseksiyona posteriora doğru devam edilir. Bu esnada sigmoid sinüs ile karşılaşılır. Sigmoid sinüs kendine has mavi reflesi ile dikkat çeker. Mediyal, lateral, derin, yüzeye, öndel gibi birçok farklı yerleşim gösterebilir. Sigmoid sinüsün ortaya konması tipik böbrek şeklinde açılan mastoid kaviteyi ortaya koymakta önemlidir. Sigmoid sinüs ortaya konulduktan sonra sigmoid sinüs ve tegemen arasında keskin bir açı ortaya konur. Bu açı sinodural açı (Citelli açısı) olarak adlandırılır. Sinodural açı üzerindeki hava hücreleri inceltilerek ortaya konur (50).



Şekli 2.13 Siyah ok sinodural açığı (citelli açısı) göstermektedir

Mastoid tipteki hücreler gereği kadar açılır. Digastrik sırt ortaya konulur. Bu işlem esnasında fasiyal sinirin digastrik sırtın hemen önünde olduğu unutulmamalıdır. Aynı şekilde stylomastoid foramenden çıkış noktası da Digastrik sırtın ortaya konulması ile mastoidektomi tamamlanır (Şekil 2.14) (51).



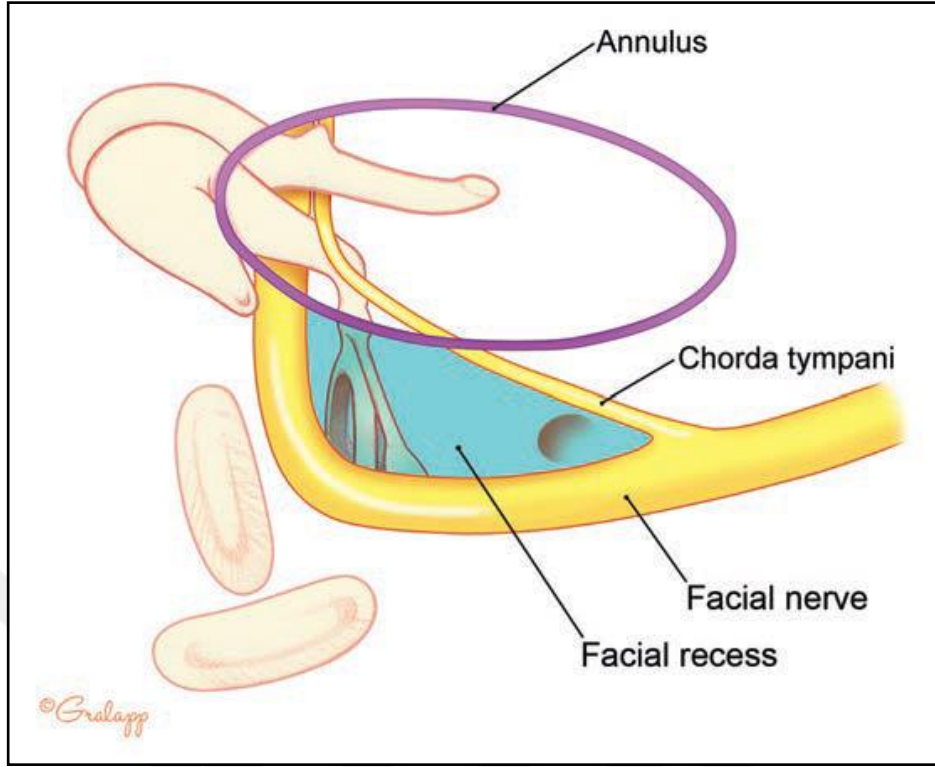
Şekil 2.14 Digastrik sırtın görülmesi ile tamamlanmış mastoidektomi kavitesi

2.4.4 Posterior timpanotomi

Posterior timpanotomi işlemi ile fasiyal reses yaklaşımı mümkün olur. Bu işlemin amaçlarından biri kolesteatom temizliği esnasında fasiyal resesi açısıyla orta kulağı görmektir. Daha sıklıkla bu işlemin yapılma amacı koklear implant cerrahisinde önemli yeri olan yuvarlak pencereye ulaşmaktır (52).

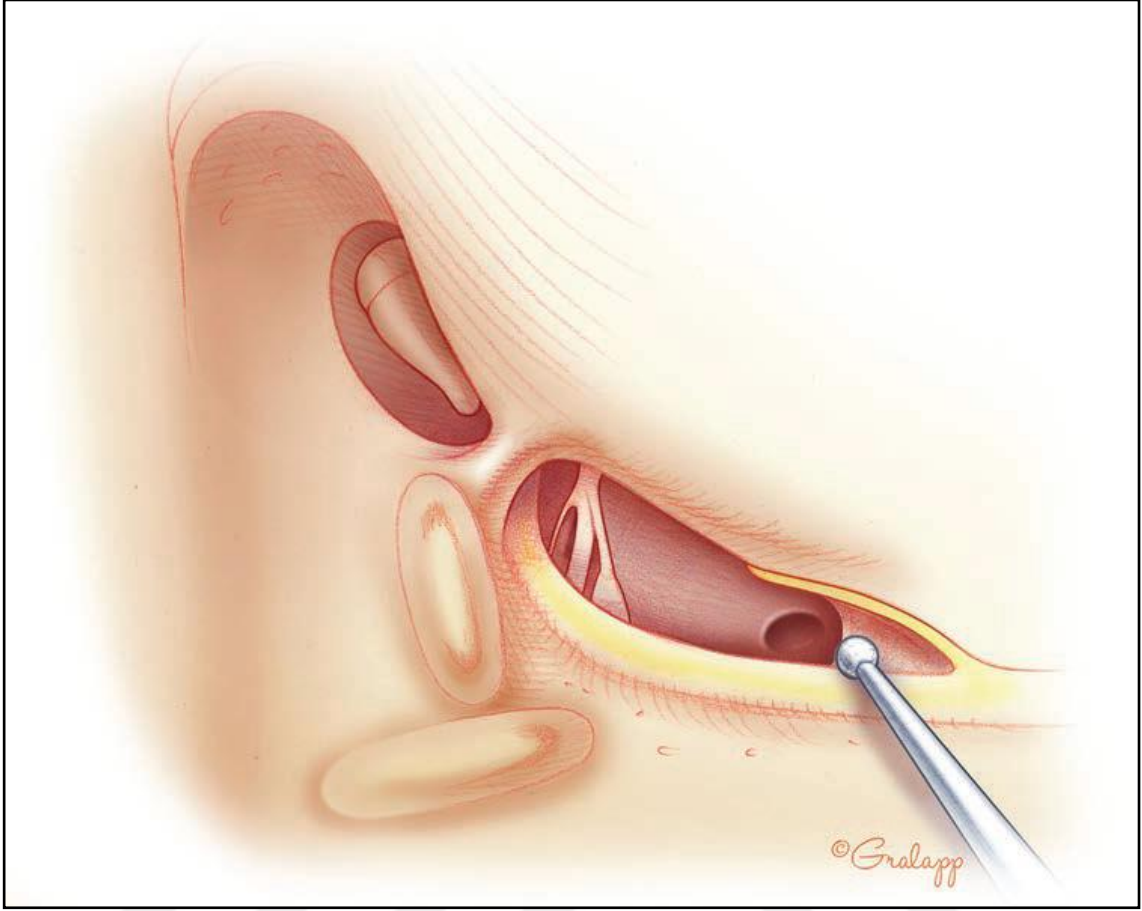
2.4.5 Fasiyal reses sınırları:

Medial sınırını fasiyal sinirinin ikinci dirseği ve vertikal segmenti oluşturur. Süperiorunda inkus buttress ve fossa inkudis bulunur. Lateralinde korda timpani bulunur. İnférieurunda ise fasiyal sinirin korda timpani bileşkesi bulunur (Şekil 2.15) (53,54).



Şekil 2.15 Fasiyal reses sınırları

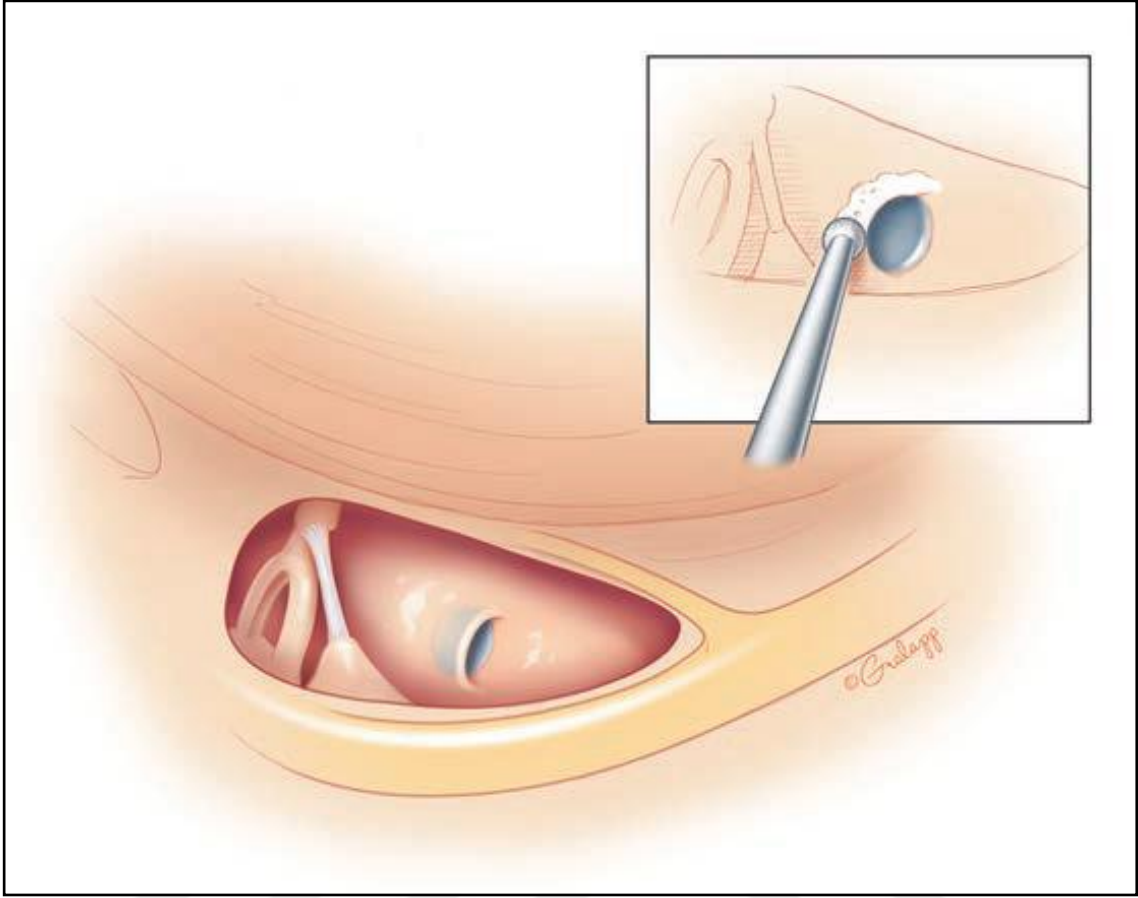
Posterior timpanotomiye DKY arka duvarı inceltilerek başlanır. Bu inceltme işlemi fasiyal sinire paralel şekilde turlayarak gerçekleştirilir. Fazla lateralde kalınması durumunda anulus ve korda timpaninin zedelenebileceği ve dış kulak yolunun açılabilceği akılda bulundurulmalıdır (55). Fasiyal sinir üzerindeki kemik hafifçe turlanarak inceltilir. Bu alanda kullanılmak üzere tur ucu elmas olmalıdır. Fasiyal sinirin konumu belirlendikten sonra fasiyal reses kontrollü bir şekilde turlanmaya başlanır. Fasiyal resesin açılması ile anatomik nirengi noktaları tekrar belirlenir. Orta kulak yapıları açılan pencereden görüntülenir. Stapes ve piramidal eminens, stapesin tendonu ve başı görülür. Inferiora doğru turlamaya devam edilerek yuvarlak pencere nişi görülür (Şekil 2.16) (56,57).



Şekil 2.16 Posterior timpanotomi sonrası stapes, stapesin tendonu ve yuvarlak pencerenin nişi görülür

2.4.6 Koklear İmplant Elektrotu Yerleştirilmesi

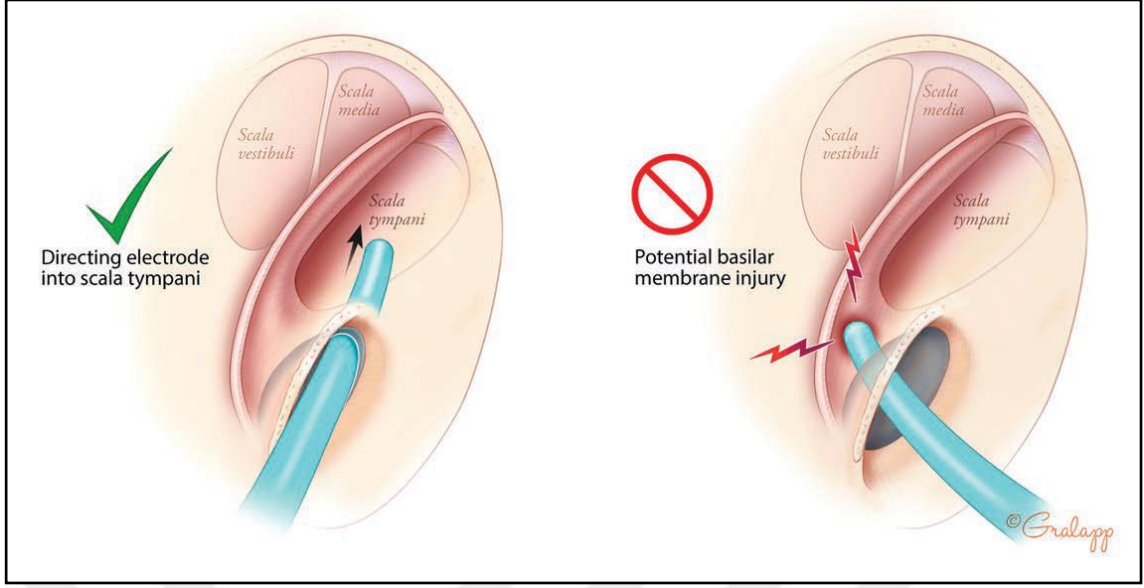
Posterior timpanotomi penceresinden yuvarlak pencere nişi tanımlanır. Yuvarlak pencere nişinin yeterince görünmesi ve orta kulakta yeterli ekspozisyon sağlanması için dış kulak yolunun posterior duvarının yeterince inceltilmiş olması gerekir. Yuvarlak pencere nişi belirlendikten sonra üzerindeki ince mukoza bir cerrahi alet yardımıyla alınır. Elmas tur yardımıyla nişin 1-2 milimetre anteriorundan kokleostomi açılır (Şekil 2.17) (57–59).



Şekil 2.17 Yuvarlak pencere nişi turlanması ve ortaya konması

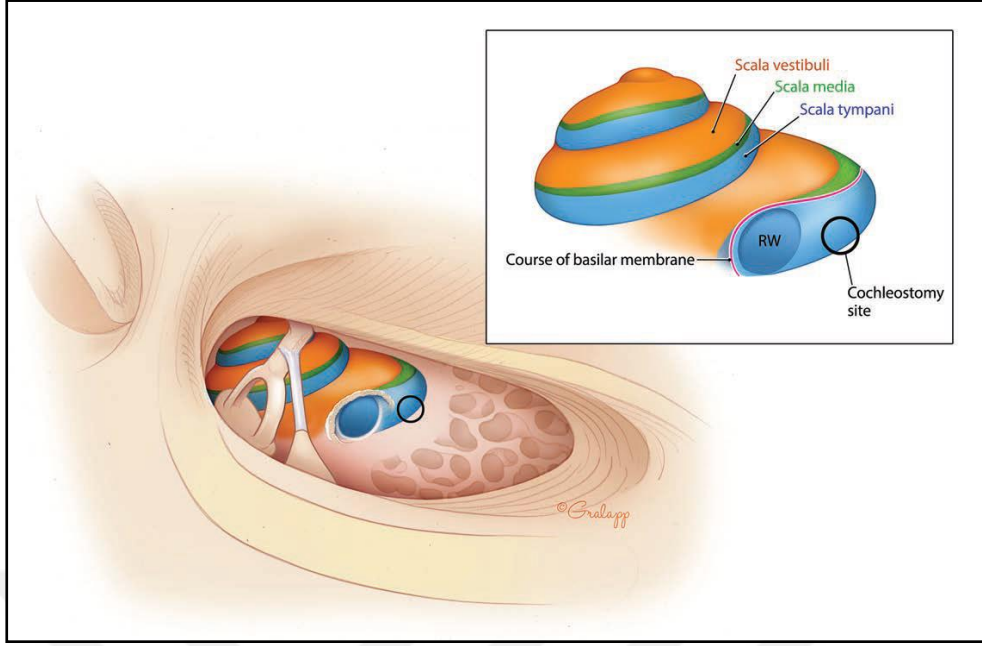
Yuvarlak pencere endostiumu anterior kenarı keskin bir pik yardımıyla açılır. Anteriyorda yuvarlak pencere membranı ve altta bulunan basiller membran arasında daha fazla açıklık bulunur (60). Ayrıca anteriyordan yapılan açıklık elektrotun yerleştirilmesi için optimum açığı sağlar. Cerrah bu işlemden sonra yuvarlak pencerenin içinin direk aspirasyonundan kaçınarak skala timpaninin içerisindeki perilenfi korumak amaçlanmalıdır (61).

Elektrot yuvarlak pencerenin anteriorundaki insizyondan skala timpaniye ilerletilir. Elektrotu anteroinferiora doğru ilerletmek elektrotun bazal dönüşü takip etmesini sağlar. Basiller membranın hasarlanma ihtimalini azaltır. Öte yandan elektrotu süperiora doğru ilerletmek basiller membranda hasara neden olabilir (Şekil 2.18) (62,63).



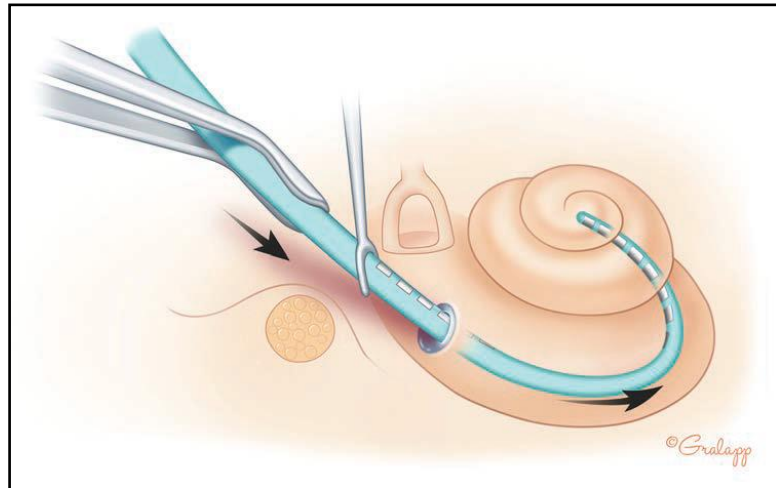
Şekil 2.18 Elektrot anteroinferior yönde skalatimpaniye paralel olarak ilerletilmelidir

Bazı vakalarda cerrahın yuvarlak pencereyi görmesi optimum posterior timpanotomiye rağmen fasiyal sinir tarafından engellenebilir. Bu gibi durumlarda yuvarlak pencerenin anteroinferiorunda promontorium görülebilir. Tam bu alandan kokleostomi açılması gerekebilir (64). Bu alanı tanımlamak için yuvarlak pencere nişinin küçük bir parçasını görmek bile yeterlidir (60). Optimum kokleostomi yeri yuvarlak pencerenin antero inferiorudur. Bu konum turlama işleminin skala timpanide olmasını sağlayarak işlemi basiller membran ve spiral ligamandan uzak gerçekleşmesini sağlar. İnferiordan açılması elektrotun düz bir hat üzerinde kokleanın ilk dönüşüne uygun olarak ilerlemesine olanak sağlar. Bu sayede elektrot minimum kıvrım ile yerine yerleşebilir (Şekil 2.19) (65).



Şekil 2.19 İdeal kokleostomi yeri yuvarlak pencerenin anteroinferiorundadır

Bazal dönüşün anteriorunu hedef alacak şekilde elektrot nazikçe itilir. Pek çok cerrah elektrotu yavaş yerleştirmeyi öneriyor (Bir dakikadan daha uzun). Elektrotu yavaş yerleştirmenin perilenf basıncındaki ani değişiklikleri azaltarak kokleada gerçekleşebilecek travma riskini azalttığı düşünülmektedir



(63).

Şekil 2.20 elektrotun bazal dönüşün anteriorunu hedef alarak itilmesi

2.5 Sanal Gerçeklik ve Tıp Eğitiminde Kullanımı

Sanal gerçeklik kafaya takılabilen bir görüntüleme cihazı (Head Mounted Display/HDM) yardımıyla kullanıcının sanal bir dünyaya dalmasını sağlamaktadır. Günümüzde sanal gerçeklik gücünü kullanıcıların farklı bir dünyanın içinde olduğu hissinden aldığı bilinmektedir. İşte bu farklı ortamın içinde bulunma hissine sanal gerçeklik denmektedir (66).

Etkileşimli sanal gerçeklik ortamlarında kullanıcı, içinde bulunduğu gerçeklikle tamamen bütünleşir ve gerçeklikte çeşitli değişikliklere neden olur. Aşırı gerçekçi bir bilgisayar oyunu hayal etmek sanal gerçeklik hissini anlatmak için kötü bir örnek değildir. Örneğin "Oxford Medical Simulation" kurumu, tüm dünyada pek çok platform aracılığıyla, tıp alanında çeşitli senaryolar içeren eğitimler vermektedir (67).

Tıp eğitimi günden güne değişim göstermekte, simülasyon eğitimleri tıp alanında her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Tıp eğitiminde artan standardizasyon ihtiyacı ve eğitim masrafları nedeniyle VR yeni bir eğitim metodu olarak ön plana çıkmaktadır. VR kost-efektif, tekrarlanabilir standardize edilmiş bir eğitim deneyimi sunmaktadır. Öğrenim hedeflerine ulaşmakta ve pratik yapmakta önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (67).

VR eğitimleri tıp alanında gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır(68). Günümüzde teknolojideki ilerlemeler sayesinde sadece mobil araçlar ve internet aracılığıyla değil pek çok teknolojik gelişme ile tıp alanında eğitime ulaşmak kolaylaşmıştır (67,69).

VR pek çok alanda etkili bulunmakla beraber, VR'nin geleneksel eğitim metotlarından üstün olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Örneğin Arora ve ark. (68) kulak burun boğaz alanında eğitim amaçlı sanal gerçekliğin kullanımı ile ilgili 409 adet araştırma özetini incelemiştir. Bu makalelerden 36'sının yazılarının tamamı incelenmiştir. Yapılan bu çalışma temporal kemik diseksiyonu ve Fonksiyonel Endoskopi Sinüs Cerrahisi alanlarında çok sayıda

faydalı sanal gerçeklik eğitimleri olduğunu göstermiştir (68). Sanal gerçekliğin tıp eğitiminde öğrencilerin kısa sürede etkili sonuçlar elde etmesinde etkinliği gösterilmiştir (70).

2.5 3D Yazıcılar ve Tıp Eğitiminde Kullanımı

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi endüstrisinde çok da yeni sayılmaz. Bu alanda ilk patent ve protatiplendirme 1970'lere dayanır. Daha sonraki süreçte farklı yazıcı tipleri geliştirilmiştir. Eriyik yığıma modellemesi (Fused Deposition Modeling) (FDM) eriyebilen bir malzemenin sıcak bir başlık yardımıyla katman katman, üst üste eklenmesi yöntemiyle üretim yapmayı sağlayan bir 3D yazıcı teknolojisidir. Polilaktik asit (PLA), akrilonitril bütadien stiren (ABS), polietilen tereftalat glikol (PETG) ve bunun gibi pek çok malzeme bu amaçla kullanılabilir (71). Stereolitografi (SLA) tekniği reçineyi ışık ile sertleştiren ve bunu özel bir ekran kullanarak yapan bir 3D yazıcı teknolojisidir. Bu teknolojide fotopolimerizasyon tekniği kullanılır. Sıvı reçine katı bir hal alarak sertleşir ve katman katman üretilecek parçayı oluşturur (72). 2010 yılında 3DP teknolojisinde bir çığır açılmış olup uygun bütçeli ev tipi masa üstü 3DP yapımının kolaylaşması sonucunda pek çok patent alınmış ve bu alandaki teknolojik gelişmelerin önü açılmıştır (73).

Günümüzde 3D yazıcılar tıp alanında pek çok yerde kullanılmaktadır. Prosedür simülasyonları, sağlık profesyonellerinin eğitimi, öğrencilerin eğitimi, hastaların eğitimi, cerrahi aletlerin geliştirmesi ve test edilmesi, biyoyazım, protez üretimi, implant üretimi, tedavi edici uygulamalar, cerrahiye yol gösterme ve operasyon öncesi planlanma bunlardan bazılarına örnek olarak verilebilir. Pediatrik kalp damar cerrahisi, kardiyovasküler girişimsel işlemler, ortopedik cerrahiler, kulak burun boğaz hastalıkları ve baş boyun cerrahisi, beyin cerrahisi, kadın hastalıkları ve doğum, üroloji, acil tıp, anestezi ve radyoterapi

gibi pek çok farklı alanda 3DP'nin kullanılmasıyla ilgili pek çok araştırma mevcuttur (74).

Chien ve ark. (75)'in 2021 yılında yaptıkları çalışmalarında 3DP ile basılmış temporal kemik modelini kadavra ile karşılaştırmışlardır. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları alanında eğitim gören 73 asistan hekime temporal kemik modeli üzerinde çeşitli cerrahi işlemler yaptırmışlardır. Yapılan işlemlerden sonra anket ile geri bildirim alınmıştır. Çalışmanın sonucunda 3DP ile basılmış temporal kemik modelinin cerrahi eğitim amacıyla kullanımının yararlı olduğu ve kadvraya alternatif olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (75).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

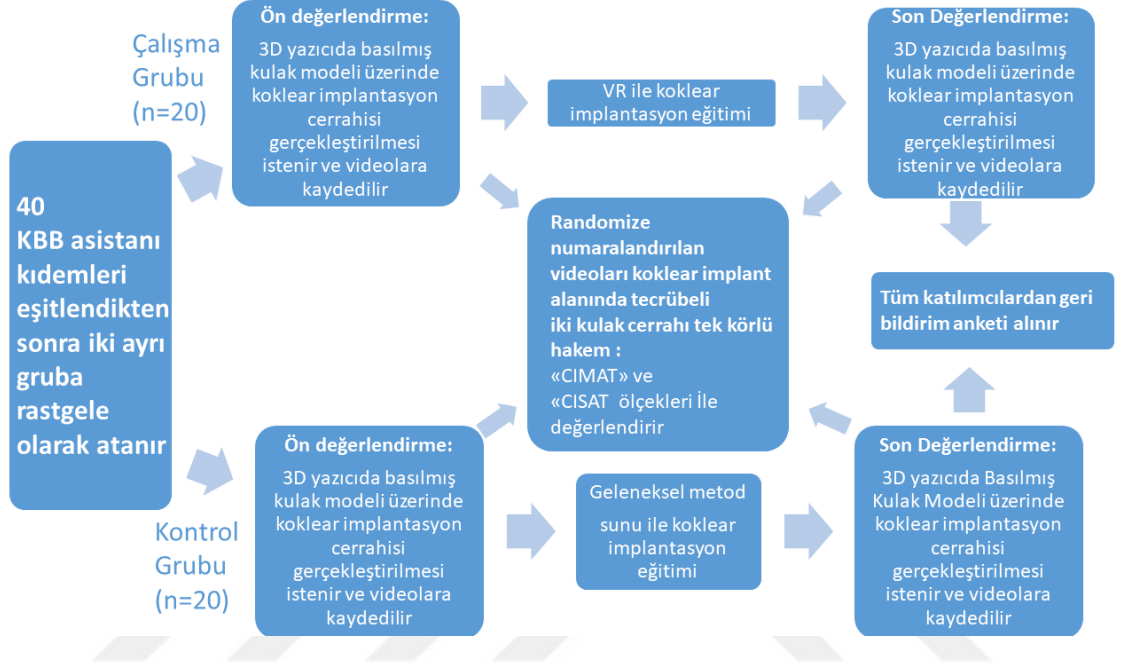
3.1 Çalışma Planı

Çalışmada deneysel araştırmalardan rastgele atama yapılmış deney kontrol gruplu ön test, son test deneysel araştırma türü kullanılmıştır (76). Çalışmaya tıpta uzmanlık eğitimi veren dört farklı kulak burun ve boğaz hastalıkları kliniğinde eğitim alan, daha önce mastoidektomi ve koklear implant cerrahisi yapmamış gönüllü 43 asistan hekim katılmıştır. Bu hekimlerden 3'ü daha öncesinde kadavra diseksiyon kursuna katılarak kadavra üzerinde temporal kemik diseksiyon eğitimi aldığı için çalışmadan çıkarılmıştır. Geriye kalan 40 hekim çalışmaya kabul edilmiştir.

Asistan doktorların cerrahi sonuçları üzerinde kıdem etkili olduğu pek çok çalışmada gösterilmiştir (77–79). Bu nedenle kontrol değişkeni olarak en değerli etkenin asistan hekimlerin sahip olduğu kıdem olduğu düşünülmüştür. Rastgele atama öncesi katılımcılara kıdem eşitlemesi yapılmıştır. Kıdem bakımından denk olacak biçimde iki ayrı gruba rastgele atama yapılmıştır. Bu iki ayrı gruptan hangisinin deney hangisinin kontrol grubu olacağı da yine rastgele belirlenmiştir. Her iki gruptan ön değerlendirme olarak 3DP ile basılmış temporal

kemik üzerinde mastoidektomi ve posterior timpanotomi işlemleri yapmaları istenmiş ve bu işlemler her bir katılımcıya numara verilerek videolara kaydedilmiştir. Bu videoların koklear implant cerrahisi alanında tecrübeli iki farklı otolojik cerrah tarafından izlenmesi ve değerlendirilmesi istenmiştir. Kontrol teknikleri bakımından deneysel araştırmanın gücünü artırabilmek için asistan videolarını izleyen değerlendiricilerin hangi asistanın hangi tür eğitim aldığı konusunda bilgi sahibi olması engellenmiştir. Özetle değerlendiriciler açısından körleme tekniği kullanılmıştır. Thomas Kerwin ve ark (80), geliştirdiği “Kurumlar Arası Mastoidektomi Değerlendirme Ölçeği” (CIMAT) (Bkz EK1) ve Mads Solvsten Sorensen ve ark (81), geliştirdiği “Koklear İmplant Cerrahi Değerlendirme Ölçeği” (CISAT) (Bkz. EK2), değerlendirme ölçekleri kullanılarak ön değerlendirme sonuçlarına ulaşılmıştır. CIMAT ve CISAT ölçekleri mastoidektomi ve koklear implant cerrahi başarısını değerlendirmede geçerlik ve güvenilirliği çalışmalar ile test edilmiştir (80,81). Ön değerlendirme tamamlandıktan sonra kontrol grubuna geleneksel tıp eğitimini temsil eden bir sunum ile yaklaşık yarım saat eğitim verilmiştir. Kontrol grubuna verilen bu eğitim bir temporal kemik diseksiyon kursunun eğitim föyünün sunum haline getirilmesi ve bu sunumun ameliyat videoları ile desteklenmesi ile hazırlanmıştır (43). Çalışma grubuna ise kontrol grubuna sunulan aynı eğitim yaklaşık yarım saat süreyle sanal gerçeklik ortamında verilmiştir. İki grup arasındaki temel farklılık; kontrol grubu iki boyutlu bir ekranda eğitim alırken, çalışma grubu sanal gerçeklik ortamında hazırlanmış bir ameliyathane içerisinde var olma duygusu yaşayarak 3D temporal kemik modellerine dokunarak modeller ile etkileşim halinde eğitim almıştır. Böylece kontrol grubundan farklı olarak çalışma grubuna koklear implant cerrahisinin kritik basamaklarında önemli anatomik yapıların VR’de 3D olarak inceleme imkanı verilmiştir. Her iki grubun eğitimleri tamamlandıktan sonra katılımcılar son değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu amaçla katılımcılardan her iki gruba ön değerlendirme için kullanılan temporal kemik modelinin bir koypası üzerinde, koklear implant cerrahisi yapmaları istenmiştir. Son değerlendirme için yapılan cerrahi işlemler numaralandırılarak videolara kaydedilmiştir. Kaydedilen bu videolar ön değerlendirmeyi yapan iki hakem tarafından aynı değerlendirme ölçekleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Ön değerlendirme ve son değerlendirme sonuçlarının verileri kaydedilmiş ve istatistiksel olarak iki grup arasında anlamlı fark olup olmadığına bakılmıştır. Hakemler arasında tutarlılığı belirlemek amacıyla İki hakem değerlendirme sonuçları arasında ilişki düzeyi incelenmiştir. Ayrıca tüm katılımcılardan son



değerlendirme sonrasında bir geri bildirim anketi doldurmaları istenmiştir (Şekil 3.1), (Bkz. EK3).

Şekil 3.1 Çalışma planı

Bu tez çalışması 2022-YÖNP-0050 numaralı araştırma Etik Kurul üyeleri tarafından değerlendirilmiştir. Raportörün hazırladığı değerlendirmenin okunması sonrasında yapılan oylamada "ETİK KURUL ONAYINI ALIR." Kararı verilmiştir. Etik kurul onayının ardından çalışmamızın ön hazırlık aşamasına başlanmıştır.

3.2 3D Temporal Kemik Modeli Altyapısı

Çalışmada kullanılmak üzere literatür taraması yapılarak çeşitli 3D temporal kemik modelleri incelenmiştir. Modelin koklear implant cerrahisi eğitiminde kullanılabilmesi amacıyla, mastoid kemik, yuvarlak pencere, fasiyal sinir, korda timpani, inkus, horizontal semisirküler kanal sigmoid sinüs tegmen ve dura gibi önemli anatomik yapıları büyük bir hassasiyet ile ve doğru anatomik lokasyonda içermesi gerektiğine karar verilmiştir. Daniel ve ark (82), 2019 yılında nature dergisinde yayınlanan çalışmasında “The OpenEar Library” isimli sekiz adet 3D temporal kemik modeli tasarlanmıştır. Sekiz adet kadavra temporal kemiğinin ince kesitleri alınmıştır. Kadavralardan alınan temporal kemikler epoksiye yatırılmıştır. Ardından tüm spesmenlere yüksek çözünürlüklü temporal bilgisayarlı tomografi çekilmiştir. Bu iki görüntünün kesitleri eşleştirilerek her bir anatomik kestin segmentasyonu yapılarak sekiz adet 3D temporal kemik modeli elde edilmiştir. Tüm bu modeller ile ilgili veriler “The OpenEar Library” adı altında ücretsiz olarak bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere internete yüklenerek çevrimiçi bir veri bankası oluşturulmuştur (82). Çalışmada bu kemik modellerinden “Eta” isimli model geliştirilecek olan temporal kemik modelinin altyapısı olarak seçilmiştir.

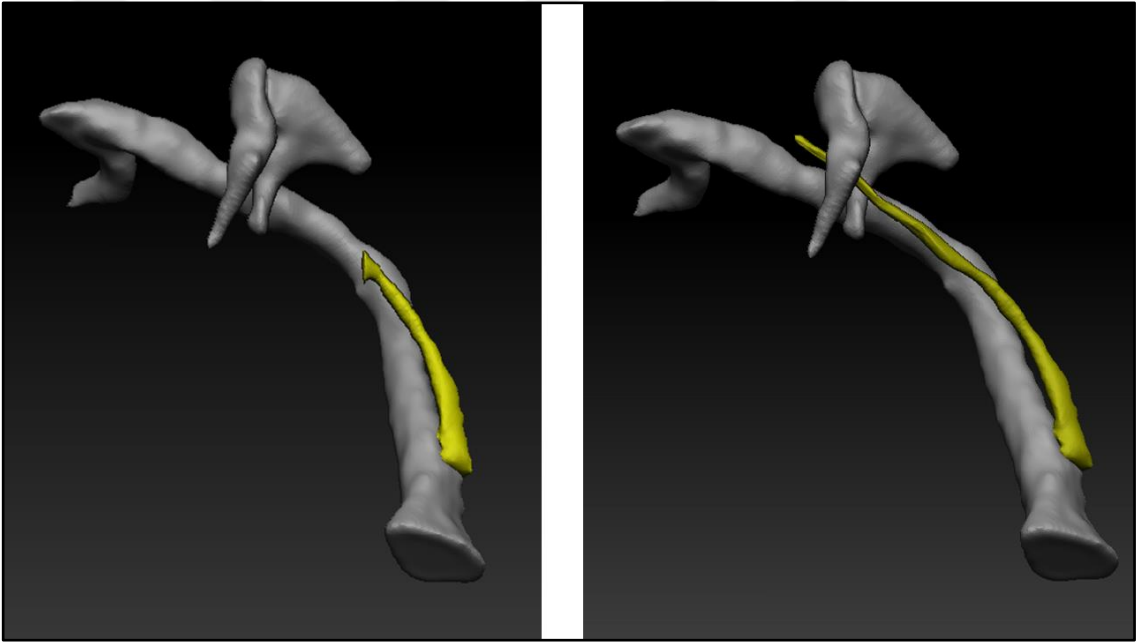
3.2.1 3D Yazıcıda Basılması Planlanan Temporal Kemik Modelinin Düzenlenmesi

“Eta” modelinin içerdiği objeler aşağıda belirtilmiştir: kemik, karotis, korda timpani, koklear vestibüler sinir, dura, fasiyal sinir, incus, malleus, stapes, scala tympani, scala vestibuli, sigmoid sinüs, timpanik membran. Seçilen modelin içerisindeki tüm objeler Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programlarına yüklendi. Tüm bu objelerin birbirleri ile ilişkileri ve 3D konumları koklear implant alanında tecrübeli bir kulak cerrahı tarafından incelendi.

Tecrübeli kulak cerrahından alınan geri bildirimler ışığında model yeniden düzenlenmiştir.

3.2.2 Korda Timpaninin Düzenlenmesi

Öncelikle Korda Timpaninin kemik kanalın dışında orta kulakta malleus ve incusun arasından geçtiği kısmın modelde olmadığı görülmüştür. Korda timpani uzatılarak malleus ve incusun arasından geçirilerek tekrar düzenlenmiş ve yeni obje olarak modele eklenmiştir (Şekil 3.2).

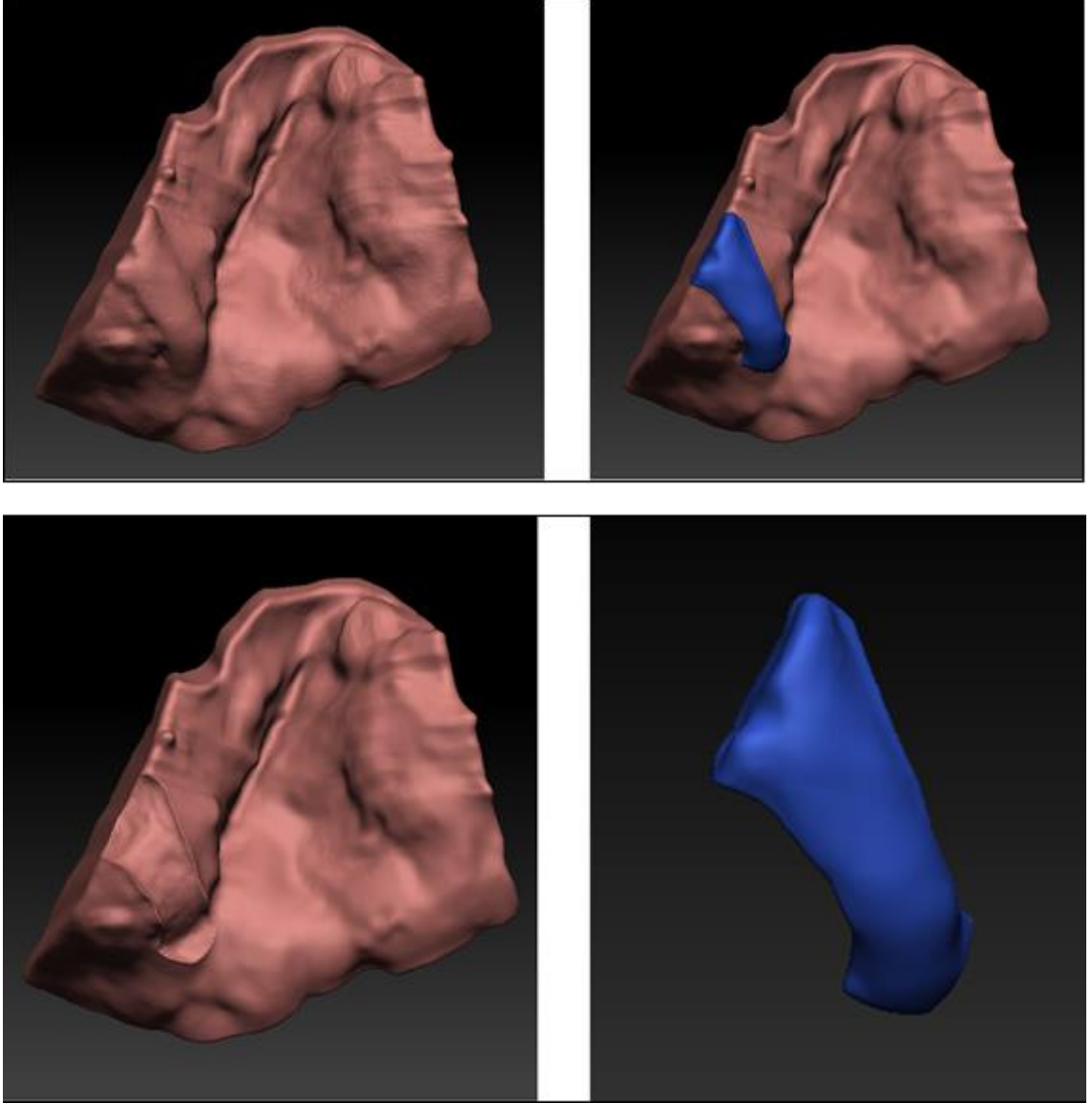


Şekil 3.2 Korda timpani, fasiyal sinir, malleus ve incus ilişkisi. (Sol resimde kısa korda timpani, sağ resimde uzun korda timpani)

3.2.3 Sigmoid Sinüsün Ayrı Bir Obje Olarak Düzenlenmesi

Dura objesinin içerisinde sigmoid sinüsün yapışık olduğu görülmüştür. Sanal gerçeklik eğitimlerinde ve 3D yazılması planlanan modelde eğitimde kolaylık sağlanması amacıyla Sigmoid Sinüsü oluşturan poligonlar seçilerek

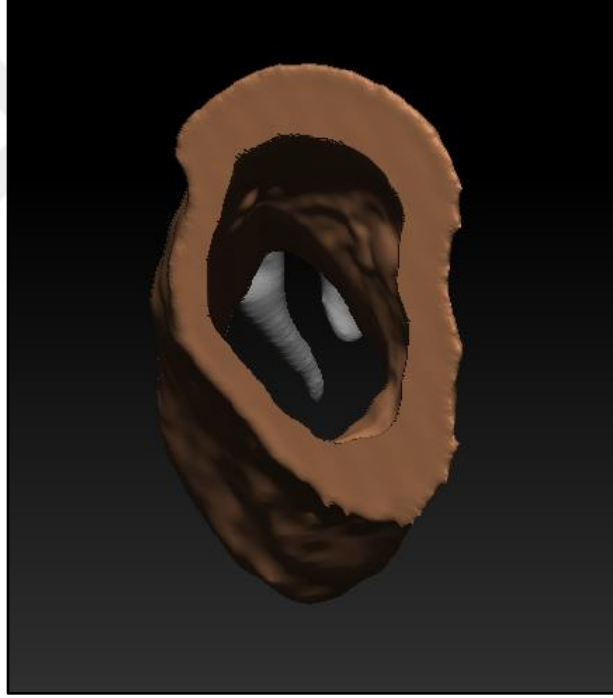
Dura objesinden çıkarılarak ayrı bir objeye dönüştürüldü. Sigmoid sinüs objesi de modele eklendi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Sigmoid Sinüsün Ayrı Bir Objeye Olarak Düzenlenmesi

3.2.4 Dış Kulak Yolunun Ayrı Bir Objeye Düzenlenmesi

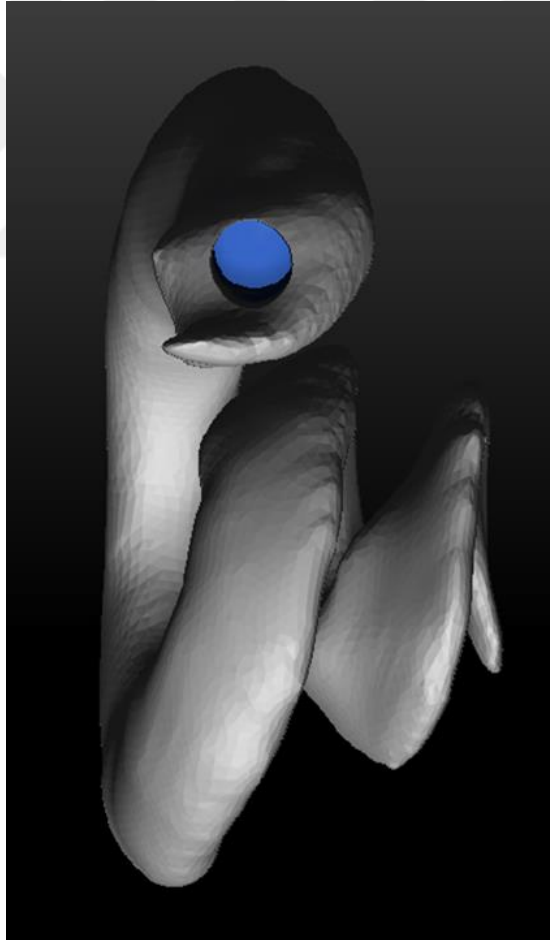
Dış kulak yolu mastoidektomi işleminde önemli bir yol gösterici olarak görev almaktadır (83). Bu nedenle modelin içerisinde kemik kısmından dış kulak yolunu oluşturan poligonlar seçilerek yeni bir objeye haline getirildi. Dış kulak yolu da modele ayrı bir obje olarak eklendi (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Kahverengi DKY modeli, beyaz renkli malleus ve incusun bir kısmı

3.2.5 Yuvarlak Pencerenin Modele Eklenmesi

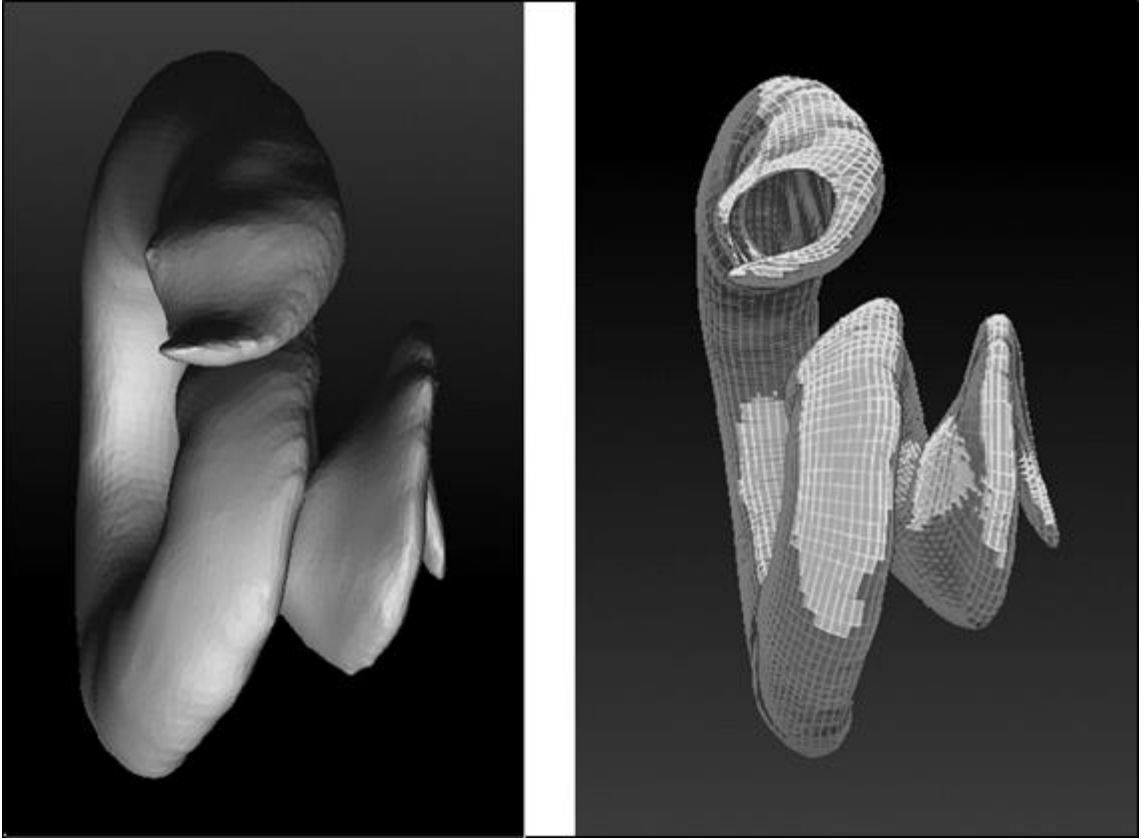
Baz olarak seçilen modelde skala timpani mevcuttu fakat oval pencere mevcut değildi. Koklear implant cerrahisinde yuvarlak pencerenin nişinin anteriorunun turlanması ve ortaya konulması gerekmektedir. Cerrahi esnasından ortaya konulan bu yuvarlak pencerenin üzerindeki zar kaldırılır. Daha sonra yuvarlak pencereden elektrot doğru yönde ve hızda ilerletilerek skala timpaniye yerleştirilir (62,63). Bu nedenle yuvarlak pencere yapılacak testte model için olmazsa olmaz bir anatomik yapıdır. Alanında tecrübeli kulak cerrahına danışarak skala timpani üzerinde anatomik olarak olması gereken lokasyona yuvarlak pence açılmıştır ve bu şekilde modele eklenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Skala timpaniye açılan yuvarlak pencere

3.2.6 Skala Timpaninin İçerisinin Boşaltılması

Koklear implant cerrahisi işleminin önemli kısımlarından birisi de elektrotun yuvarlak pencereden geçirilerek scala timpaniye yerleştirilmesidir (63). Bu amaçla scala timpani objesi incelenmiştir ve içerisinin dolu olduğu görülmüştür. Skala timpani objesinin içerisi kokleanın iki buçuk tur dönüşüne uygun olarak geriye ince bir duvar kalacak şekilde boşaltılmıştır. Oluşturulan bu boşluğun daha önce modellenen yuvarlak pencere ile devamlılığı sağlanmıştır. Bu sayede koklear implant elektrodunun girebileceği bir yol yapılmıştır (şekil 3.6).



şekil 3.6 Sol tarafta baz modeldeki scala timpani, sağ tarafta ise içi boşaltılmış scala timpani

3.2.7 Timpanik Membranın Kemik Modelden Çıkarılması Ve Elastik Filament Kullanılarak Ayrıca Basılması:

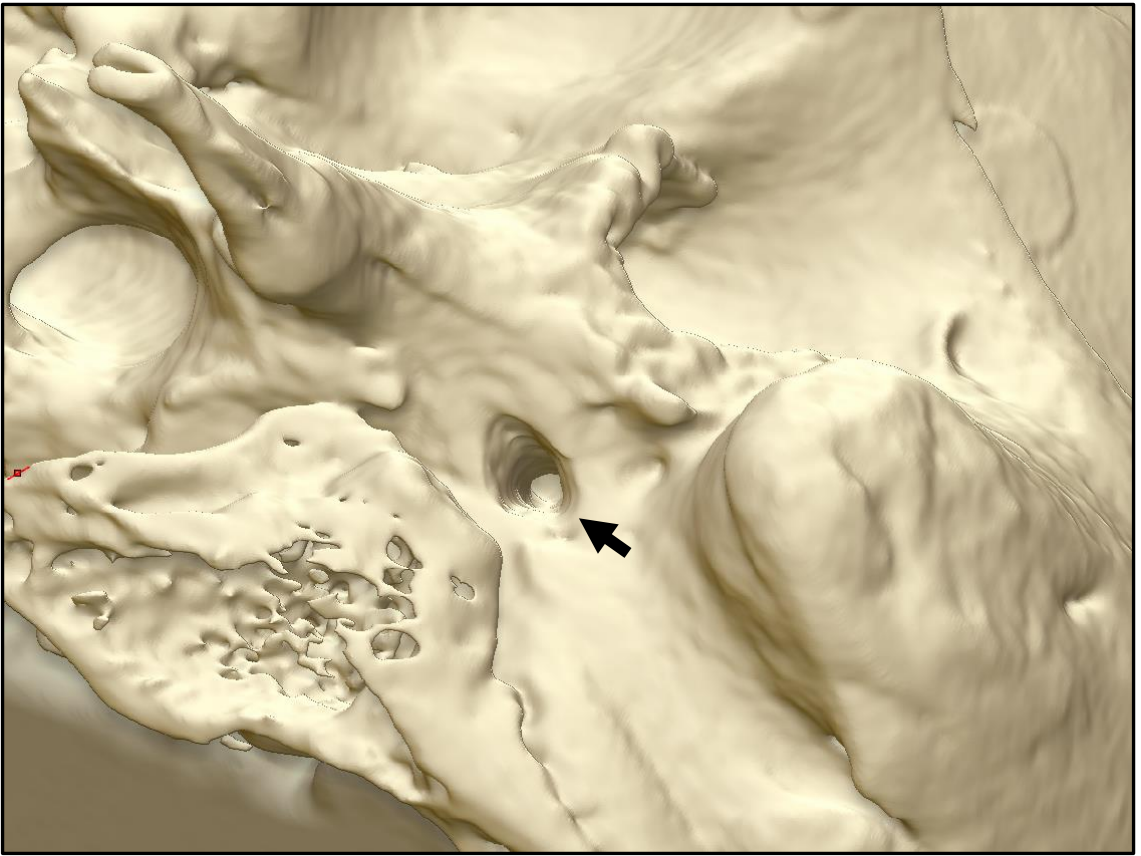
Mastoid ve orta kulakta yapılacak cerrahi işlemlerde DKY ve timpanik membran eleve edilerek orta kulak görülmektedir. Bu işlem ile cerrah hem orta kulağa ulaşmış olur hem de yapılacak diğer cerrahi işlemlerde oryantasyonda orta kulak yapılarından faydalanır (84). Bu nedenle modelimizde olan timpanik membran objesi modelden çıkarılarak ayrı bir model olarak kaydedilmiştir. Tek başına timpanik membrandan oluşan bu model Prusa Mini 3D yazıcı'da (Prusa Research, Çek Cumhuriyeti) esnek filament ile ayrıca basılmıştır. Bu sayede temporal kemiğin sert modeli üzerine esnek bir timpanik membran konulmuştur. Ön değerlendirme ve son değerlendirmenin ilk aşamasında katılımcılardan bir pik yardımı ile timpanik membranı kaldırmaları istenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Timpanik membran modeli

3.2.8 Fasiyal Sinir Kanalının Modelden Çıkarılması

Fasiyal sinirin kanalı kemik model üzerinden çıkarılmıştır. 3D yazıcı ile basılacak modelde fasiyal sinirin olduğu hacmin boş kalması planlanmıştır. Fasiyal siniri temsil etmesi amacıyla bu boşluğun içerisi renkli mastik ile doldurulmuştur. Bu sayede yapılacak olan cerrahi işlemde fasiyal sinirin daha kolay görülmesi sağlanmıştır ve fasiyal sinir hasarının değerlendirilmesinin hakemler açısından da daha kolay olması amaçlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Siyah ok ile stylomastoid foramenin içinin ve fasiyal kanalın içindeki boşluk gösterilmiştir

3.2.9 Temporal Kemik Tutucu Modellenmesi

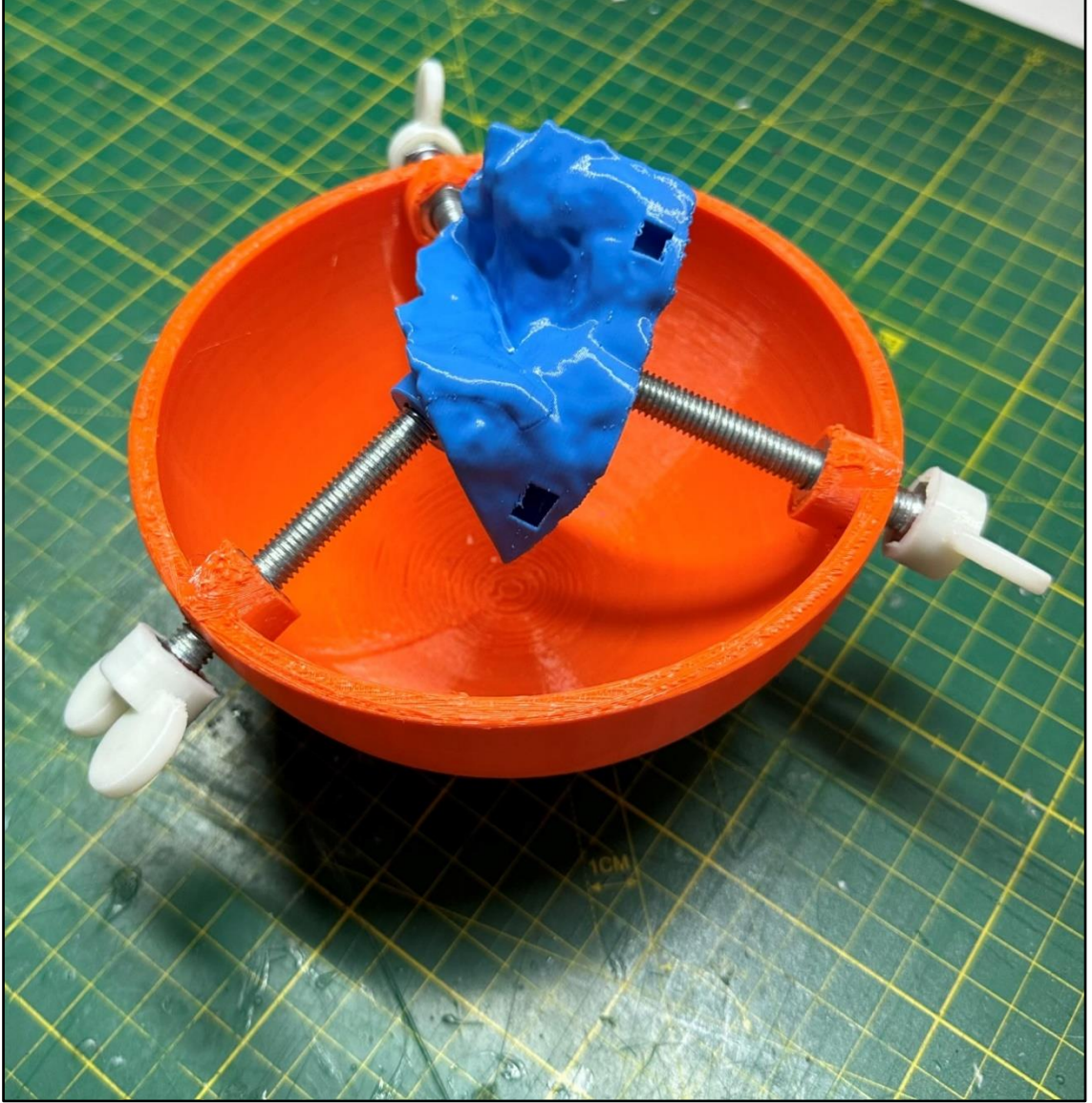
Koklear implant cerrahisi gerçekleştirilirken cerrahlar iki ellerini de kullanırlar, aktif ellerinde tur mevcutken diğer ellerinde sıklıkla aspiratör bulunur (43). Aynı uygulamayı temporal kemik modelinde de gerçekleştirebilmek için modelimizi sabit tutacak ve tur cihazının titreşimleri ile hareket etmeyecek bir model tutucuya ihtiyaç olduğu düşünülmüştür. Bu amaçla yapılan araştırmada anatomi laboratuvarlarında kullanılan hazır temporal kemik tutucularının olduğu görülmüştür. Bahsi geçen tutucuların tümü yurt dışında üretilmekte olduğu ve bunlar için yüksek meblağlar istendiği görülmüştür. Bu nedenle araştırmamızda kullanacağımız temporal kemik tutucu Fusion (Autodesk, Inc., ABD) programı kullanarak tasarlanmıştır. Tasarımı yaparken birbiri içerisine geçen iki küre temel alınmıştır. Bu iki küre temelli yapının birbiri içerisinde rahatlıkla hareket etmesi sağlanmıştır. Bu hareket ile operasyon esnasında mikroskop altında hastanın başına verilen farklı pozisyonlar taklit edilmiştir. Bu iki yapının tasarımı sonucu alt tablanın tasarımı şekillenmiştir (Şekil 3.9). Ardından üç adet metrik sekiz (M8) civata ile alt tablanın dura modeline tutunması planlanmıştır. Bu plan dahilinde dura modeli de civata yuvaları eklenerek tekrar tasarlanmıştır ve iki model birleştirilmiştir (Şekil 3.10). M8 civataların alet kullanmaksızın el ile sıkılabilmesi için civata başlığı tasarlanmış ve 3D yazıcıdan ayrıca basılmıştır. Yapmış olduğumuz tasarım 3D yazıcı ile basılmıştır. Alt tablaların birbiri ile temas eden yüzeylerine çift taraflı bant yapıştırılmıştır. Bu sayede iki alt tabla birbirinden ayrılması istenilen açıya getirilince tekrar yapıştırılması, bu sayede modelin istenilen açıda ve konumda sabitlenmesi sağlanmıştır. Bu son düzenlemeden sonra temporal kemik tutucu kullanıma hazır hale gelmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.9 Temporal kemik tutucu modeli alt tablası



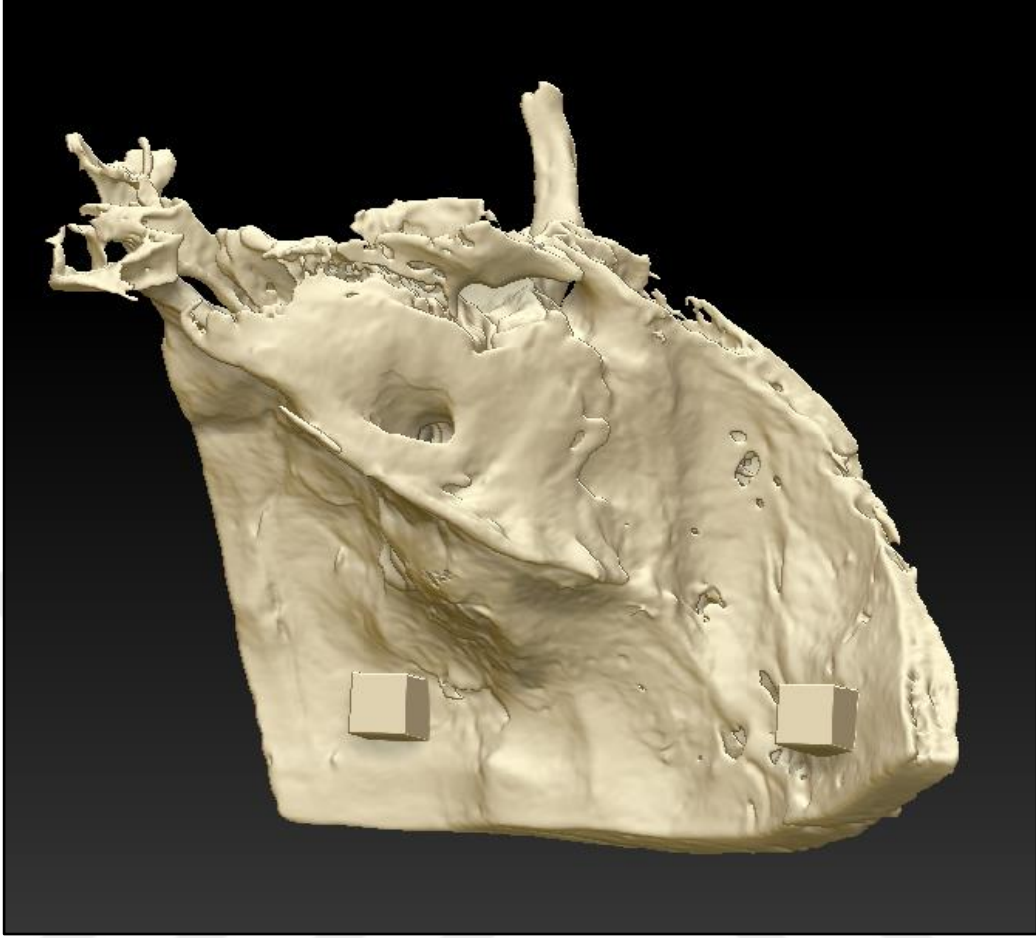
Şekil 3.10 M8 civata ile sabitlenmiş dura, temporal kemik tutucu ve civata başlıkları modeli



Şekil 3.11 3D yazıcı ile basılmış temporal kemik tutucu modeli üst yapısı

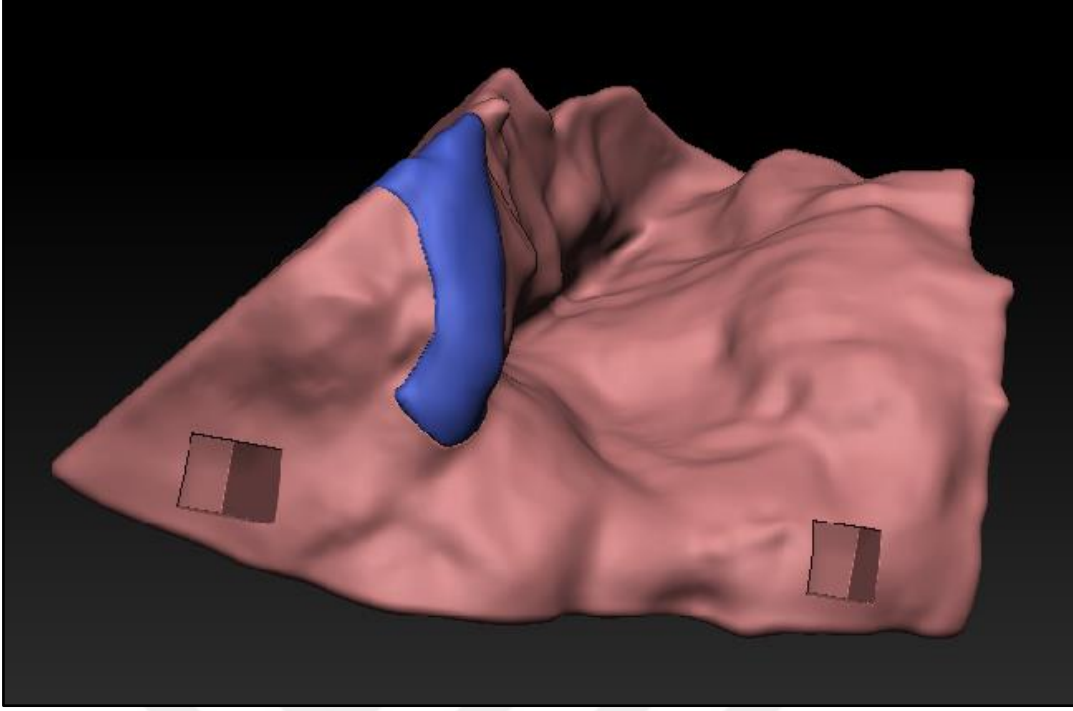
3.2.10 Dura ve Temporal Kemik Modelinin Geçişli Hale Getirilmesi

Temporal kemik içerisindeki yapılar birinci model olarak belirlenmiştir. Dura mater ve sigmoid sinüs bu modelden ayrılmış ve ikinci bir model olarak kaydedilmiştir. Birinci ve ikinci modellerin birbirine rahatlıkla takılarak sabitlenmesi ve gereği halinde birbirinden çıkartılması için paralel iki küp tasarlanmıştır. Bu küp birinci modele çıkıntı olarak eklenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Temporal Kemik modeline eklenen küpler

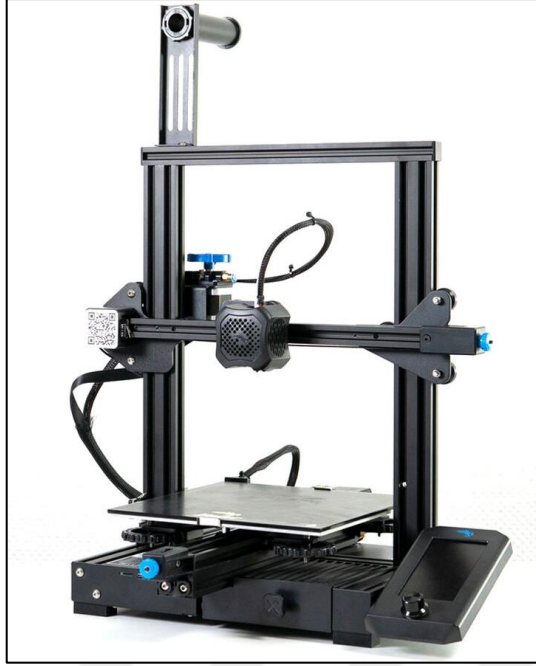
Aynı küp ikinci modelden her yönden bir mm genişletilmiş bir çukur oluşturacak şekilde çıkarılmıştır (Şekil 3.13). Bu sayede koklear implant cerrahisinin yapılacağı Birinci modelin her bir kullanıcı için çıkarılıp yenisinin takılmasına olanak sağlayan bir düzenek oluşturulmuştur. İkinci modelin kullanıcıların yapacağı işlem sırasında sadece sigmoid sinüs ve duraya zarar vermeleri halinde değiştirilmesi planlanmıştır. Bu sayede çalışma için hazırlanan modelin yazdırılması için gereken ham madde giderleri azaltılmış olup baskı hızı artırılmıştır. Model iki olarak belirtilen dura ve sigmoid sinüs modeline üç farklı açıdan temporal kemik tutucunun civatalarının oturacağı içi boş üç adet silindir modellerenerek eklenmiştir. Bu sayede modelin sabitleme sorunu çözülmüştür.



Şekil 3.13 Dura ve sigmoid sinüs modeline eklenen küp şeklinde çukurlar

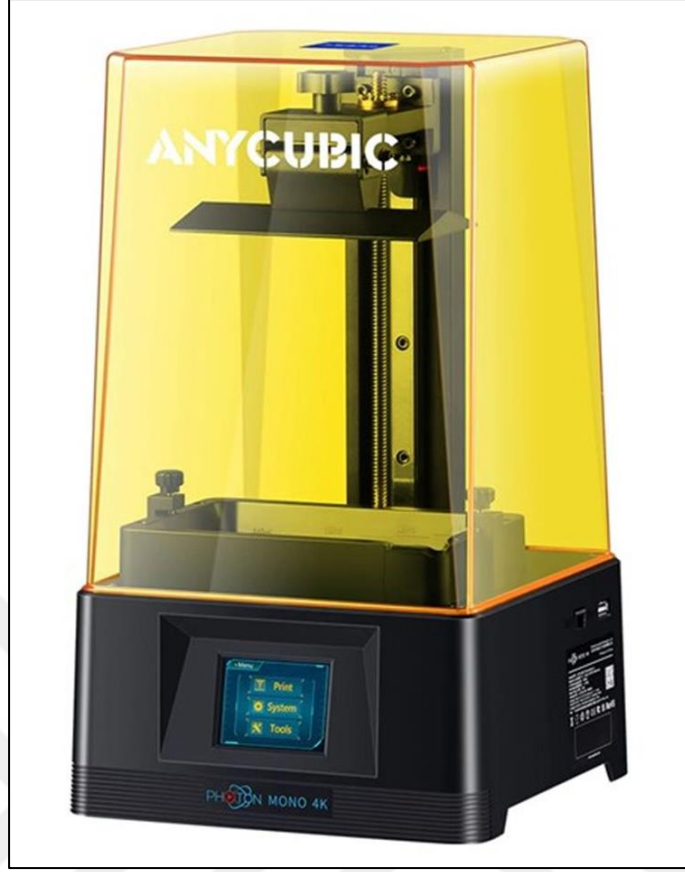
3.2.11 Hazırlanan Modelin 3D Printerden Yazdırılması

Son hazırlıklar yapıldıktan sonra modelin son hali Ender V2 Pro FDM tipi yazıcı (Shenzhen Creality 3D Technology Co, Ltd., ÇİN) ile basıldı (Şekil 3.14). Altı farklı marka filaman kullanılarak prototipler hazırlandı. Tur kullanılarak bu prototiplere mastoidektomi ve posterior timpanotomi işlemleri yapıldı. Yuvarlak pencerenin nişi görüldü. Fakat bu işlem esnasında filamentin iplikleri eriyerek Tur cihazının etrafına dolandı. Turun ürettiği ısı nedeniyle anatomik yapıların komşulukları da yer değiştirdi. Bu nedenle bu tarz yazıcının çalışmaya uygun olmayacağı düşünüldü.



Şekil 3.14 Ender V2 Pro 3D yazıcı (Shenzhen Creality 3D Technology Co, Ltd., ÇİN)

Farklı 3D yazıcı çeşitleri ile ilgili yapılan literatür taraması sonucunda ham madde olarak reçine kullanan ultraviyole (UV) teknolojisini kullanan yazıcıların denenmesi planlanmıştır. Photon Mono 4K SLA tipi yazıcı (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd, ÇİN) ile reçine kullanılarak prototip model tekrar basılmıştır (Şekil 3.15). Bu modelin tur testlerinde başarılı sonuçların alınması sonrasında modelin seri üretimine geçildi. Yazıcının ekranının yüzey alanı aynı anda iki adet model basılmasına el verdiği için modeller ikişerli olarak basılmıştır. Aynı anda basılan iki modelin basılma süresinin altı saat olduğu görülmüştür. Basılan modellerin öncelikle destekleri kırılmıştır.



Şekil 3.15 Photon Mono 4K 3D yazıcı (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd,ÇİN)

Yazdırılan modeller etil alkollü solüsyon içeren özel yıkama ünitesi içerisinde 10 dakika yıkanmıştır. Daha sonra beş dakika dış yüzeyleri beş dakika iç yüzeyleri olmak üzere iki kere UV ışını ile 3D baskı yıkama ve UV kürlenme cihazı (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd,ÇİN) ile kürlenerek sağlamlaştırılmıştır (Şekil 16).



Şekil 3.16 3D baskı yıkama ve UV kütleme cihazı (Shenzhen Anycubic Technology Co., Ltd,ÇİN)

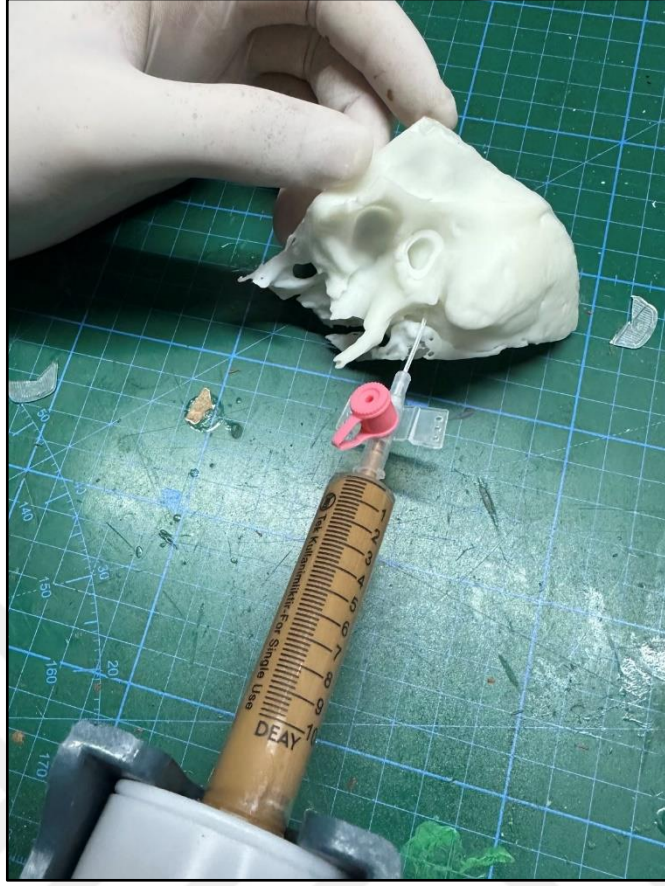
Tüm bu işlemler sonucunda farklı renklerde reçineler kullanılarak temporal kemik modelinin seri üretimine geçilmiştir (Şekil 17).



Şekil 3.17 Çeşitli renklerde basılmış temporal kemik modelleri

3.2.12 Fasiyal Kanalın İçerisinin Doldurulması

Modellerin fasiyal kanallar içerisine yeşil intraket sokulmuştur. Bu intraketler içerilerindeki iğneler çıkarılarak 10 cc' lik enjektörlere takılmıştır. Bu enjektörlerin arkası çıkarılarak içerisine renkli mastik doldurulmuştur. Fasiyal kanalın içerisine mastik enjekte edilerek intraket yavaşça dışarıya çekilmiş bu sayade tüm fasiyal kanalın içerisi renkli mastik ile doldurulmuştur. Cerrahi işlemde kullanılmadan önce mastiklerin kuruması için 24 saat beklenmiştir.



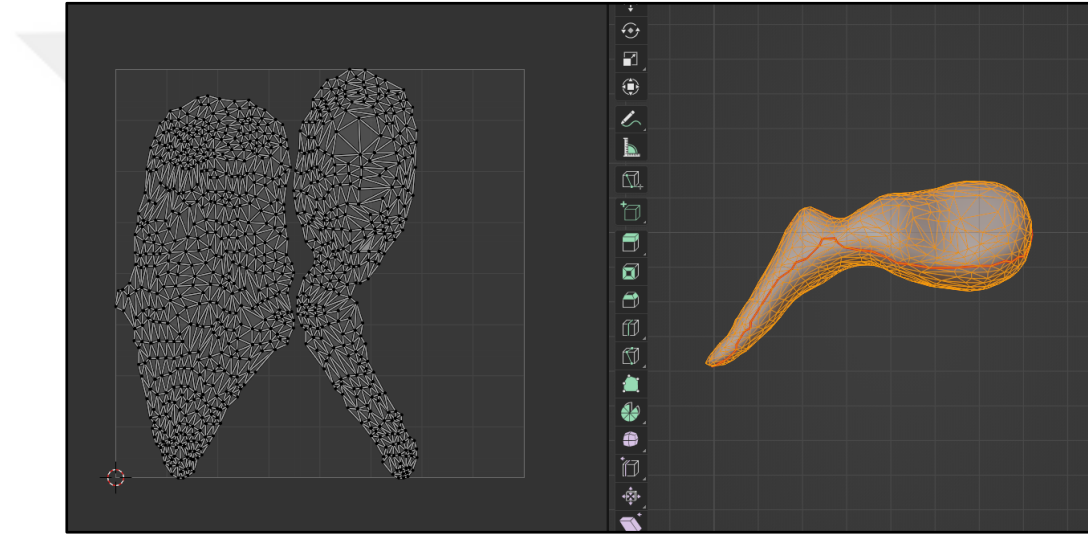
Şekil 3.18 Fasiyal kanalın içerisinde renkli silikon mastik ile doldurulması

3.2.13 Dura ve Sigmoid Sinüsün Farklı Renkte Basılması

Mastoidektomi işleminde önemli anatomik yapılardan olan Duramater ve Sigmoid Sinüsü içeren model iki mavi renk reçine kullanılarak basılmıştır. Bu sayede Sigmoid Sinüs ve Dura farklı renkte refle vererek cerrahi limitleri belirlemede katılımcılara kolaylık sağlayıcı olacağı düşünülmüştür.

3.3 3D Temporal Kemik Modelinin VR İçin Düzenlenmesi

Temporal kemik modeli VR eğitimde kullanılmak üzere düzenlenmiştir. Modelde bulunan bütün alt objelerin kesitleri Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programı ile açılmıştır (Şekil 19). Daha sonra Adobe 3D Substance Painter (Adobe Inc., ABD) programı ile modellerin materyal ve dokuları oluşturulmuştur. Ardından oluşturulan bu objelerin tümü Unity (Unity Software Inc., Danimarka) programına aktarılmıştır.

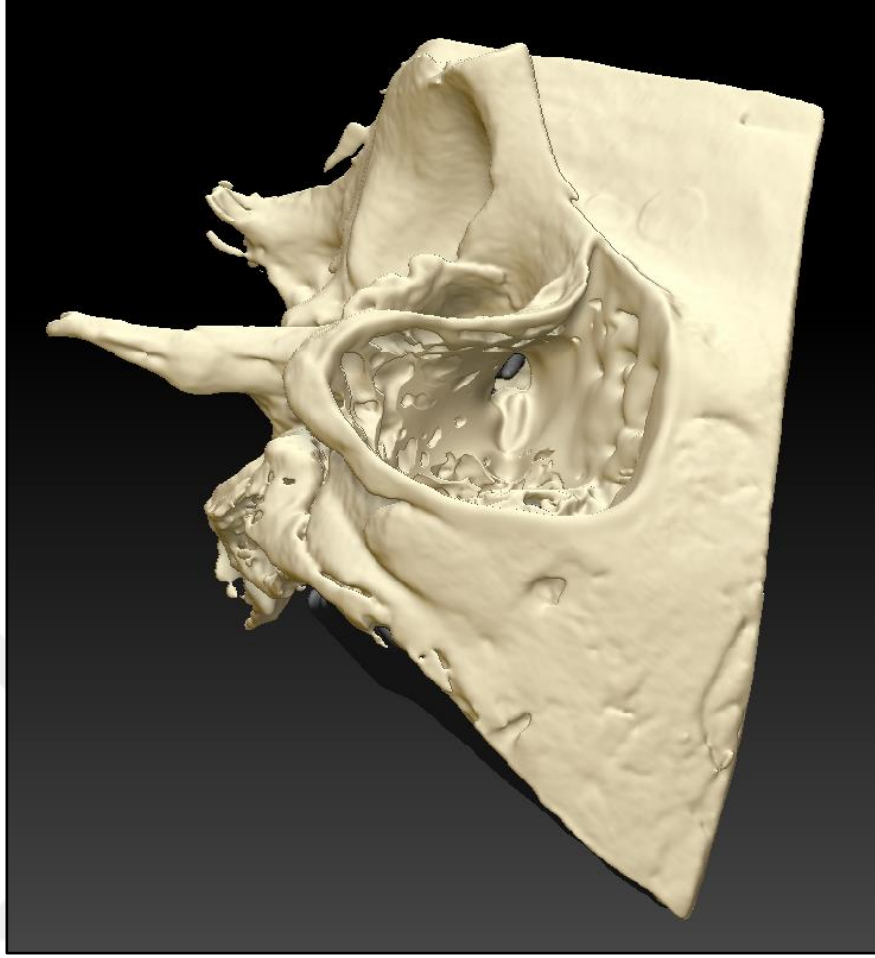


Şekil 3.19 Malleolus objesinin kesitlerinin açılması

3.3.1 VR Eğitimde Kullanılmak Üzere Mastoidektomi Limitlerini Gösteren Temporal Kemiğin Modellenmesi

Mastoidektomi işleminde limitleri belirleyen önemli anatomik yapılar mevcuttur. Cerrahi teknik olarak bu yapılara paralel çalışmak ve bu yapılara dikkat etmek gerekmektedir (43). Çalışma grubunun mastoidektomi limitlerini daha iyi anlaması amacıyla mastoidektomi işlemi sonrasında oluşan kavitenin ayrı bir modeli yapılmıştır. Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programı

kullanılarak mastoidektomi kavitesi şeklinde 3D bir hamur modellenmiştir. Ardından modelin kemik kısmından bu hamur Boolean fonksiyonu kullanılarak çıkartılmıştır. Bu sayede mastoidektomi işlemi yapılmış bir kemik model elde edilmiştir (Şekil 3.20). Mastoidektomi işlemi gerçekleştirilmiş olan modelin tasarımında antrumun net olarak ortaya konmasına inkus kısa kolunun görülmesine, lateral semisirküler kanalın ortaya konmasına dura mater, sigmoid sinüs ve DKY sınırlarına dikkat edilmiştir. Oluşturulan yeni modelin antrum bölgesinde epitimpanik alanda fazlaca geniş bir hava hücresi görülmüştür. Cerrahi oryantasyonu bozmaması amacıyla bu hava hücresi kemik doku ile doldurulacak şekilde tekrar modellenmiştir. Bu modelin de kesit haritaları Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programı ile oluşturulmuştur. Adobe 3D Substance Painter (Adobe Inc., ABD) programı ile modellerin materyal ve dokuları oluşturulmuştur. Modelin son hali Unity (Unity Software Inc., Danimarka) programına aktarılmıştır.



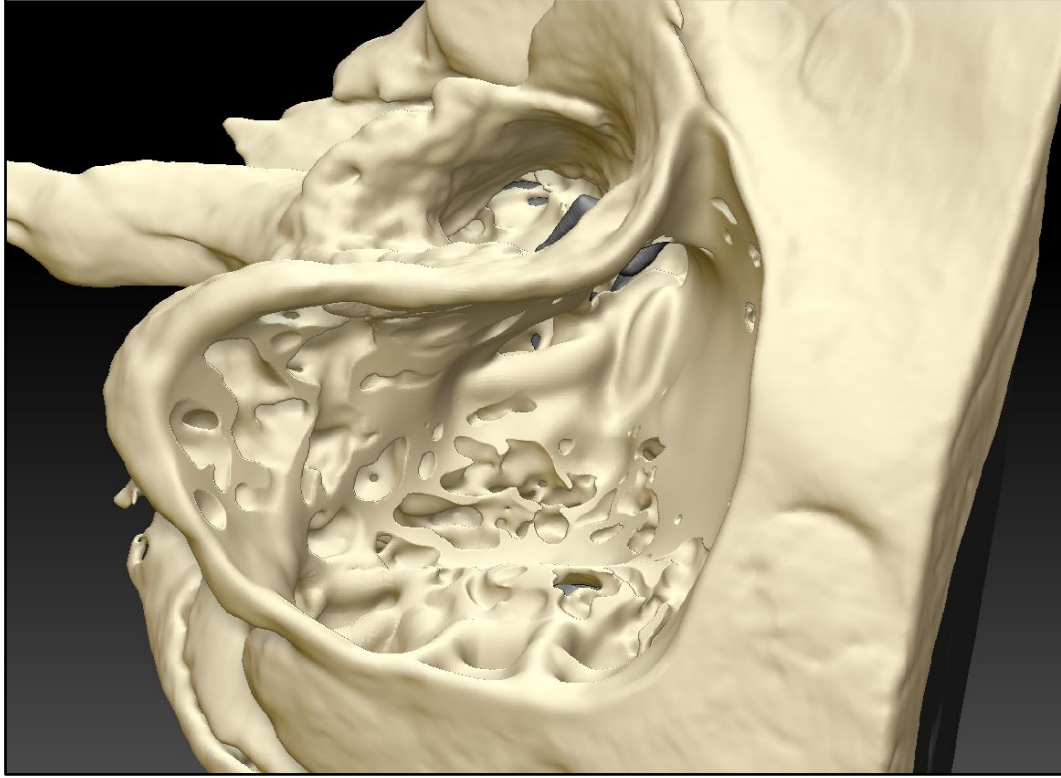
Şekil 3.20 Mastoidektomi yapılmış temporal kemik modeli

3.3.2. VR Eğitimde Kullanılmak Üzere Posterior Timpanotomi Limitlerini Gösteren Temporal Kemik Modellemesi

Posterior timpanotomi işlemi yapılabilmesi için fasiyal reses ve bu bölgedeki anatomik landmarklara hakim olunması gerekmektedir. Posterior timpanotomi esnasında fasiyal sinir hasarı korkulan komplikasyonlardan olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle bu bölgenin anatomik landmarklarına hakim olmanın önemli olduğu bilinmektedir (64).

Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programı kullanılarak mastoidektomi kavitesi şeklinde bir hamur modeli önceki modelde kullanılmak üzere halihazırda yapılmış olup aynı hamur posteiror timpanotomi kavitesine

doğru genişletilmiştir. Bu hamur Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programının “Boolean” fonksiyonu kullanılarak temporal kemik modelinden çıkarılmıştır. Bu sayede hem antrum ve mastoidektomi kavitesini içeren hem de posterior timpanotomi penceresini içeren ikinci bir model elde edilmiştir. Posterior timpanotomi penceresinin komşuluklarına özellikle dikkat edilmiştir. Fasiyal sinir, korda timpani, incus butress, stapesin tendonu, piramidal eminens ve benzeri anatomik yapılara dikkat edilerek oluşturulan kavitenin doğruluğu kontrol edilmiştir. Posterior timpanotomi penceresine doğru açıyla bakınca yuvarlak pencere nişı görülmüştür (Şekil 3.21). Bu şekilde posterior timpanotomi yapılmış ayrı bir model elde edilmiştir. Bu modelin de kesit haritaları Blender 3.5 (Blender Foundation, Hollanda) programı ile oluşturulmuştur. Adobe 3D Substance Painter (Adobe Inc., ABD) programı ile modellerin materyal ve dokuları oluşturulmuştur. Modelin son hali VR eğitiminde kullanılmak üzere Unity (Unity Software Inc., Danimarka) programına aktarılmıştır.



Şekil 3.21 Posterior timpanotomi yapılmış temporal kemik modeli

3.4 Kontrol Grubunun Eğitim Programının Hazırlanması

Kontrol grubuna gösterilmek üzere bir temporal kemik diseksiyon kursunun eğitim föyü Microsoft PowerPoint (Microsoft Corporation, ABD) programı kullanılarak sunum haline getirilmiştir (43). Hazırlanan sunum görsel illüstrasyonlar eklenerek desteklenmiştir. Sunuma Macewen üçgeni ile mastoidektomi başlangıcı, mastoidektomi limitleri, Antrostomi, posterior timpanotomi ve koklear implant elektrotu yerleştirme olmak üzere her biri bir dakikadan kısa süren beş adet ameliyat videosu ile zenginleştirilmiştir. Hazırlanan bu eğitimin tıp kongrelerinde sıklıkla karşılaşılan, geleneksel tıp eğitimine uygun olması amaçlanmıştır.

3.5 VR Eğitiminin Hazırlanması

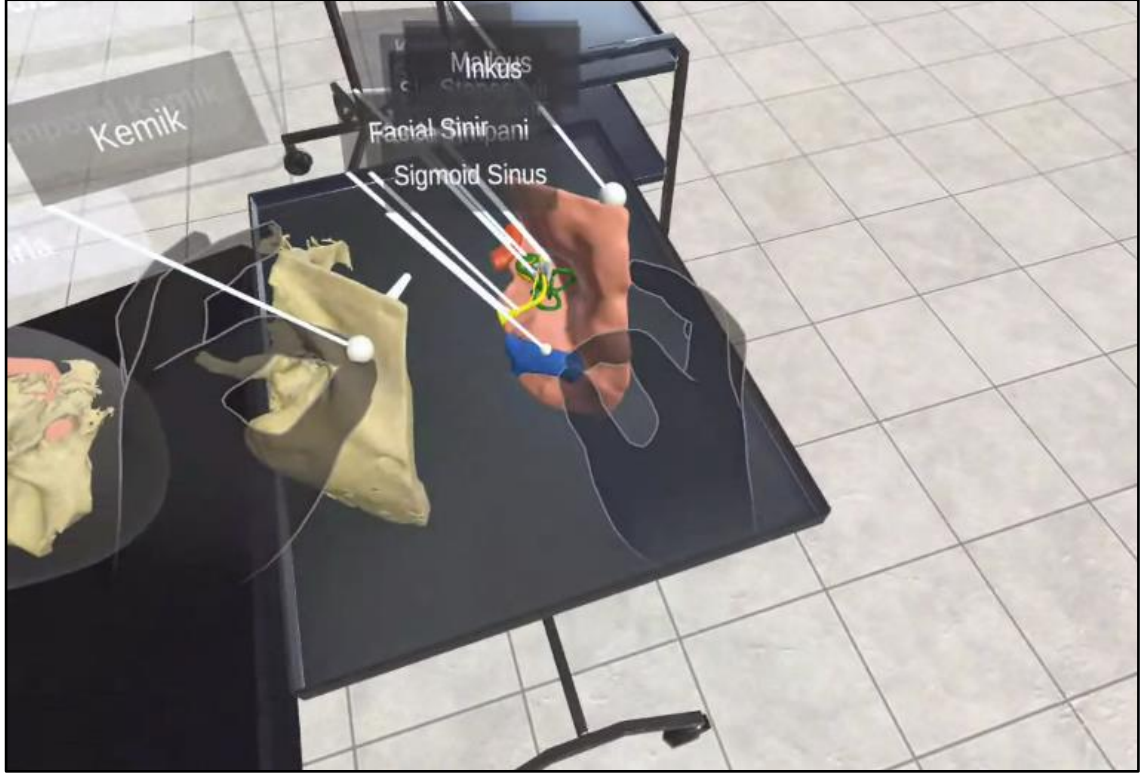
VR eğitiminin hazırlanmasında Unity (Unity Software Inc., Danimarka) programı kullanılmıştır. Unity (Unity Software Inc., Danimarka) programında sanal gerçeklikte bir ameliyathane ortamı yapılmıştır. Ameliyathanede hasta yatağının arkasına bir projeksiyon ile kontrol grubu için hazırlanan sunum resimler ve videolar yansıtılmıştır. Ayrıca daha önceden hazırlanmış üç farklı temporal kemik modeli VR eğitime eklenmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Sanal gerçeklik ortamında ameliyathane, sunum ve 3D temporal kemik modeli

Bunlar tüm alt objeleri içerecek şekilde temporal kemik modeli, Mastoidektomi yapılmış temporal kemik modeli, Posterior timpanotomi yapılmış temporal kemik modeli. Tüm bu modeller sunumun uygun yerlerinde katılımcıların önüne getirilmiştir. Bu modellerin her bir alt objesini açma kapama özelliği yapılmıştır. Ayrıca katılımcılar bu alt objeleri kendi ellerini kullanarak diledikleri gibi hareket ettirebilmeleri ve döndürebilmeleri için gerekli

düzenlemeler yapılmıştır. Herhangi bir haptik cihaz kullanmaksızın katılımcıların ellerini kullanarak, sanal gerçeklikteki modeller ile etkileşime geçebilmeleri sağlanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Katılımcılar kendi ellerini kullanarak VR üzerinde modeli interaktif olarak inceleyebilmektedir

Bu sayede temporal kemik içerisindeki anatomik yapıların birbirleri ile üç boyutlu ilişkilerini VR ortamda inceleme imkanı tanınmıştır. Ayrıca Mastoidektomi yapılmış kemik modelinin temporal kemik alt objesine şeffaf görünme özelliği eklenmiş olup bu sayede mastoidektomi kavitesinin ve onun limitlerini belirleyen anatomik yapıların aynı anda görünmesine olanak sağlanmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 VR temporal kemik modeli saydamlık ayarı

Posterior timpanotomi yapılmış modele de temporal kemiğin şeffaf görünme özelliği eklenmiştir. Posterior timpanotomi penceresinin fasiyal sinir, korda timpani gibi yapılar ile ilişkisini daha görünür hale getirilmesi amaçlanmıştır. Tüm anatomik yapılar işaretlenerek ayrı objeler olarak adlandırılmıştır. Bu şekilde ayrı ayrı hareket etmesi ve incelenmesine olanak sağlanmıştır. (Şekil 3.25)



Şekil 3.25 Ayrı ayrı hareket edebilen VR temporal kemik modeli anatomik yapıları

3.6 Geri Bildirim Anketi Hazırlanması

Son değerlendirme sonrasında katılımcıların cevaplamaı planlanan geri bildirim anketi (Bkz. EK 3) araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır. Hazırlanan bu geri bildirim anketi koklear implant cerrahisinde tecrübeli iki cerrah tarafından revize edilmiştir. Son olarak Türk Dili ve Edebiyatı alanında tecrübeli bir danışman tarafından tekrar değerlendirilmiş ve revize edilmiştir. Son halini alan geri bildirim anketi araştırmada kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

3.7 İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi Jamovi v2.3 istatistiksel analiz programında (Jamovi Project, Hollanda) yapılmıştır.

$p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmaya tıpta uzmanlık eğitimi veren dört farklı Kulak Burun ve Boğaz Hastalıkları kliniğinde eğitim alan, daha önce mastoidektomi ve koklear implant cerrahisi yapmamış, çalışmaya katılmaya gönüllü 43 asistan hekim katılmıştır. Bu hekimlerden üçü daha öncesinde kadavra diseksiyon kursuna katılarak kadavrada temporal kemik diseksiyon eğitimi aldığı için çalışmadan çıkarılmıştır. Geriye kalan 40 hekim ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı frekanslarına bakıldığında 20 hekim VR (çalışma) grubunda 20 hekim sunu (kontrol) grubunda yer almaktadır. Katılımcıları 26'sı (%65) erkek ve 14'ü (%35) kadındır. Toplamda dört farklı klinikten asistan hekim çalışmaya katılmıştır. Çalışmaya 13 (%32,5) asistan hekim 1. klinikten, 8 (%20) asistan hekim 2. klinikten, 10 (%25) asistan hekim 3. klinikten, 9 (%22,5) asistan hekim ise 4. klinikten katılmıştır. Katılımcı asistanların kıdemleri incelendiğinde; 21 (%52,5) katılımcı ile 1.sene asistanları en büyük grubu oluşturur. Bunu takiben 8 (%20) 2. Sene 5 (%12,5) 3.sene, 5 (%12,5) 4. sene ve sadece 1 (%2,5) 5. sene asistanı çalışmaya katılmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Katılımcılar için tanımlayıcı frekanslar

Değişken		n(%)
Grup	VR	20 (%50)
	Kontrol	20 (%50)
Cinsiyet	Erkek	26 (%65)
	Kadın	14 (%35)
Fakülte	1.Klinik	13 (%32,5)
	2.Klinik	8 (%20)
	3.Klinik	10 (%25)
	4.Klinik	9 (%22,5)
Kıdem (Sene)	1.Sene	21 (%52,5)
	2.Sene	8 (%20)
	3.Sene	5 (%12,5)
	4.Sene	5 (%12,5)
	5.Sene	1 (%2,5)
Toplam		40 (%100)

Gruplara göre cinsiyet dağılımı incelendiğinde 20 kişilik VR grubunu 14 (%70) erkek, 6 (%30) kadın katılımcı oluşturmaktadır. 20 kişilik kontrol grubunda ise 12 (%60) erkek, 8 (%40) kadın katılımcı mevcuttur. Ki kare analizi sonucunda cinsiyet değişkenine göre katılımcı asistanların gruplara dağılımında anlamlı farklılık görülmemiştir. Bu durumda dengeli (homojen) bir dağılım olduğu söylenebilir (Ki-Kare=0,440), (p>.05), (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Gruplara göre cinsiyet dağılımı

			Grup		Total
			VR Grubu	Kontrol Grubu	
Cinsiyet	Erkek	n	14	12	26
		Cinsiyet (%)	%53,8	%46,2	%100,0
		Grup (%)	%70,0	%60,0	%65,0
	Kadın	n	6	8	14
		Cinsiyet (%)	%42,9	%57,1	%100,0
		Grup (%)	%30,0	%40,0	%35,0

(Ki-Kare=0,440), (p>.05)

Çalışmaya katılan 40 asistanın kıdemleri (Ay) ortalaması 17,9, Ortalama=17,9, Standart Sapma=13,9, Minimum=6, Maksimum=49 olarak bulunmuştur. Gruplara göre asistanların kıdemleri karşılaştırmak amacıyla öncelikle asistanların kıdemi (ay) normal dağılıyor mu diye kontrol edildi. Kolmogorov-Smirnov Normal Dağılım testine göre kıdem (ay) normal dağılım gözlenemedi. Bu nedenle karşılaştırmalarda non-parametrik analiz tercih edildi. Mann Whitney U testi sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Bu nedenle VR ve kontrol grubuna alınmış asistanların kıdem (ay) bakımından aralarında anlamlı farklılık olmadığı söylenebilir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Katılımcı asistan hekimlerin kıdem ortalama ve ortanca değerleri

Değişken	Grup	Ortalama (S.Sapma)	Ortanca (Min.-Maks.)	Mann Whitney U Test	p
Grup	VR Grubu	18,5(14,2)	14,5(6-49)	0.027	0.869
	Kontrol Grubu	17,3(13,8)	10(6-48)		

40 katılımcı kıdemleri eşitlendikten sonra rastgele 20 katılımcı VR ile eğitim alan çalışma grubuna 20 katılımcı ile sunu ile eğitim alarak geleneksel tıp eğitimini temsil eden kontrol grubuna atanmıştır. Ki kare analizi sonucunda kıdem (ay) değişkenine göre katılımcı asistanların gruplara dağılımında anlamlı farklılık görülmemiştir. Bu durumda dengeli (homojen) bir dağılım olduğu söylenebilir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Katılımcıların kıdem değişkeni ile gruplara dağılımı çapraz tablosu

			Grup		Total
			VR Grubu	Kontrol Grubu	
Kıdem (Ay)	6 Ay	N	7	6	13
		Kıdem (%)	53,8%	46,2%	100,0%
		Grup (%)	35,0%	30,0%	32,5%
	7	N	0	1	1
		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%
	8	N	2	3	5
		Kıdem (%)	40,0%	60,0%	100,0%
		Grup (%)	10,0%	15,0%	12,5%
	12	N	0	2	2
		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	10,0%	5,0%
	13	N	1	0	1
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	0,0%	2,5%
	16	N	1	0	1
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	0,0%	2,5%
	18	N	1	2	3
		Kıdem (%)	33,3%	66,7%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	10,0%	7,5%
	20	N	1	0	1
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	0,0%	2,5%
	24	N	2	0	2
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	10,0%	0,0%	5,0%
	28	N	1	0	1
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	0,0%	2,5%
	30	N	0	1	1
		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%
31	N	0	1	1	
	Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%	
	Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%	
33	N	0	1	1	

		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%
	36	N	1	0	1
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	0,0%	2,5%
	37	N	0 _a	1 _a	1
		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%
	40	N	0 _a	1	1
		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%
	42	N	2 _a	0 _a	2
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	10,0%	0,0%	5,0%
	48	N	0	1	1
		Kıdem (%)	0,0%	100,0%	100,0%
		Grup (%)	0,0%	5,0%	2,5%
	49	N	1	0	1
		Kıdem (%)	100,0%	0,0%	100,0%
		Grup (%)	5,0%	0,0%	2,5%

(Ki-Kare=19,610), (p>.05).

Çalışmaya dört farklı klinikten asistan hekimler katılmıştır. Her bir klinikte çalışmakta olan asistan hekimlerin görmüş olduğu koklear implant cerrahisi sayısının farklı olabileceği ve bu alanda asistan hekimlerin eğitim öncesi gözlemsel tecrübelerinin farklı olabileceği araştırmacılar tarafından ön görülmüştür. Bu nedenle her bir klinikteki katılımcı asistanlar kendi içerisinde kıdemleri eşitlendikten sonra çalışma ve kontrol gruplarına homojen olarak dağıtılmıştır. Ki kare analizi sonucunda klinik değişkenine göre katılımcı asistanların her bir klinikte gruplara dağılımında anlamlı farklılık görülmemiştir. Bu durumda dengeli (homojen) bir dağılım olduğu söylenebilir (Ki-Kare=0,188, p>.05) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Katılımcıların klinik değişkeni ile gruplara dağılımı çapraz tablosu

		Grup		Total	
		VR Grubu	Kontrol Grubu		
Klinik	1. Klinik	n	7	6	13
		Klinik (%)	53,8%	46,2%	100,0%
		Grup (%)	35,0%	30,0%	32,5%
	2. Klinik	n	4	4	8
		Klinik (%)	50,0%	50,0%	100,0%
		Grup (%)	20,0%	20,0%	20,0%
	3. Klinik	n	5	5	10
		Klinik (%)	50,0%	50,0%	100,0%
		Grup (%)	25,0%	25,0%	25,0%
	4. Klinik	n	4	5	9
		Klinik (%)	44,4%	55,6%	100,0%
		Grup (%)	20,0%	25,0%	22,5%

(Ki-Kare=0,188), (p>.05).

Tüm katılımcılara aldıkları eğitimlerin öncesinde ve sonrasına 3D yazıcıdan çıkartılmış temporal kemik modeli üzerinde koklear implant cerrahisi işlemi gerçekleştirmeleri istenmiştir. Koklear implant cerrahisi alanında tecrübeli iki hakem, eğitim öncesi ve sonrası yapılan cerrahi işlemlerin videolarını CIMAT ve CISAT anketleri kullanarak değerlendirilmiştir. Tüm katılımcıların eğitim öncesi videoları ön-CIMAT ön-CISAT anketleri kullanılarak, eğitim sonrası videoları ise son-CIMAT ve son-CISAT anketleri kullanarak tek körlü hakemler tarafından değerlendirilmiştir. Bu şekilde her katılımcıya her bir hakemden dört farklı anket puanı verilmiştir. Her iki hakemin vermiş olduğu bu puanlar arasındaki ilişkilerin anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Hakemlerin değerlendirme araçlarına verdikleri puanlar sonucunda asistanların aldıkları puanların dağılımı incelenmiştir. Kolmogorov-Smirnov Normal Dağılım testi sonucunda normal dağılım elde edilemedi. Bu nedenle ilişki analizleri Spearman Brown korelasyon katsayısı ile gerçekleştirilmiştir. Tüm puanlamalarda iki hakem puanlamaları arasında yüksek düzeyde korelasyon tespit edilmiştir. Bu nedenle puanlayıcılar arası tutarlılık yüksektir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Hakemlerin ön değerlendirme son değerlendirme puanları ilişkisi

Puanlar	r*	p
Ön-CIMAT Toplam (Hakem 1) * OCIMAT Toplam (Hakem 2)	0,932	<0,0001
Ön-CISAT Toplam (Hakem 1) * OCISAT Toplam (Hakem 2)	0,919	<0,0001
Son-CIMAT Toplam (Hakem 1) * SCIMAT Toplam (Hakem 2)	0,979	<0,0001
Son-CISAT Toplam (Hakem 1) * SCISAT Toplam (Hakem 2)	0,993	<0,0001

*Spearman Brown korelasyon katsayısı, ($p < 0,0001$).

Yüksek korelasyon gösteren hakem bir ve hakem ikinin ön değerlendirme ve son değerlendirme puanlarının aritmetik ortalamaları alınarak analizler ortalama puanlar üzerinden gerçekleştirildi. VR ve kontrol gruplarının ön-CIMAT, ön-CISAT, son-CIMAT, son-CISAT verileri arasında anlamlı farklılık olup olmadığı incelendi. Grupların verileri karşılaştırılırken nonparametrik Mann Whitney U Test ile analiz gerçekleştirildi. Çünkü ön-CIMAT, ön-CISAT, son-CIMAT, son-CISAT verileri üzerinden yapılan Kolmogorov-Smirnov Normal Dağılım testi sonucunda verilerin normal dağılım göstermediği belirlendi.

Ön-CIMAT VR grubu Ortalama (S.Sapma) puanı 10,85(3,9) , Ortanca (Min.-Maks.) puanı 10(5-19) olarak bulunmuştur. Ön-CIMAT kontrol grubu Ortalama (S.Sapma) puanı 10(3,8), Ortanca (Min.-Maks.) puanı 9(5-18) olarak bulunmuştur. Yapılan Mann Whitney U Test sonucunda VR grubu ve kontrol grubu ön-CIMAT puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > .05$) (Tablo 4.7).

Ön-CISAT VR grubu Ortalama (S.Sapma) puanı 11,75(1,6) , Ortanca (Min.-Maks.) puanı 11(11-16,5) olarak bulunmuştur. Ön-CISAT kontrol grubu Ortalama (S.Sapma) puanı 11,88(1,8), Ortanca (Min.-Maks.) puanı 11(11-16,5) olarak bulunmuştur. Yapılan Mann Whitney U Test sonucunda VR grubu ve kontrol grubu ön-CISAT puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > .05$), (Tablo 4.7).

Son-CIMAT VR grubu ortalaması (S.Sapma) 44,28(5), ortanca (Min.-Maks.) 42,75(35,5-54) olarak bulunmuştur. Son-CIMAT kontrol grubu ortalaması (S.Sapma) 38,63(6,8), ortanca (Min.-Maks.) 40,25(25,5-49) olarak

bulunmuştur. Yapılan Mann Whitney U Test sonucunda VR grubu ve kontrol grubu son-CIMAT puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p=0.015$). Bu fark VR grubu lehinedir (Tablo 4.7).

Son-CISAT VR grubu ortalaması (S.Sapma) 35,25(7,9), ortanca (Min.-Maks.) 37(19-48) olarak bulunmuştur. Son-CISAT kontrol grubu ortalaması (S.Sapma) 30,15(7,2), ortanca (Min.-Maks.) 29,5(18-39,5) olarak bulunmuştur. Yapılan Mann Whitney U Test sonucunda VR grubu ve kontrol grubu son-CISAT puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p=0,035$). Bu fark VR grubu lehinedir (Tablo 4.7).

Ön-CIMAT puanlarında ve Ön-CISAT puanlarında gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>.05$). Fakat Son-CIMAT ve Son-CISAT verilerinde VR grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı farklılık belirlenmiştir ($p<.05$). Bu anlamlı farklılık hem Son-CIMAT puanlarında hem de Son-CISAT puanlarında VR grubu lehinedir. VR grubu ortanca değerleri kontrol grubundan yüksektir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Gruplara Göre ön-CIMAT, ön-CISAT, son-CIMAT, son-CISAT Verilerinin Karşılaştırması

Değişken	Grup	Ortalama (S.Sapma)	Ortanca (Min.-Maks.)	Mann Whitney U Test	p
Ön-CIMAT	VR Grubu	10,85(3,9)	10(5-19)	175,5	0,495
	Kontrol Grubu	10(3,8)	9(5-18)		
Ön-CISAT	VR Grubu	11,75(1,6)	11(11-16,5)	197,5	0,947
	Kontrol Grubu	11,88(1,8)	11(11-16,5)		
Son-CIMAT	VR Grubu	44,28(5)	42,75(35,5-54)	111,5	0,015
	Kontrol Grubu	38,63(6,8)	40,25(25,5-49)		
Son-CISAT	VR Grubu	35,25(7,9)	37(19-48)	122,5	0,035
	Kontrol Grubu	30,15(7,2)	29,5(18-39,5)		

JAMOVI programında Mann Whitney U Test sonucunda elde edilen anlamlı farklılıkların etki büyüklükleri (effect size) belirlenmiştir. Son-CIMAT verilerindeki anlamlı farklılığın etki büyüklüğü 0,443, son-CISAT verilerindeki anlamlı farklılığın etki büyüklüğü 0,388 olarak belirlenmiştir. Cohen ve ark (85)'a göre elde edilen etki büyüklükleri orta etki büyüklüğüdür.

Her iki hakem de son-CISAT anketinin bir parçası olan koklear implant cerrahisini başarıyla gerçekleştirmişti veya gerçekleştirememişti kararını vererek cerrahi başarıyı geçmek kalma şeklinde kategorik olarak da değerlendirmiştir. Hem hakem bir hem de hakem ikiye göre, 21(%52.5) katılımcı almış olduğu eğitim sonrası 3D temporal kemik modeli üzerinde koklear implant cerrahisini başarıyla gerçekleştirerek son-CISAT ölçeğinden geçmiştir. Ondokuz (%47.5) katılımcı 3D temporal kemik modeli üzerinde koklear implant cerrahisini başarıyla gerçekleştirememiş ve hakemlerden kaldı sonucu almıştır (Tablo 4.8)

Tablo 4.8 Hakemlere göre eğitim sonrası geçme kalma durumu

		Hakem	
		Hakem 1	Hakem 2
		n(%)	n(%)
Geçme Kalma Durumu	Geçti	21(%52,5)	21(%52,5)
	Kaldı	19(%47,5)	19(%47,5)
Toplam		40(%100)	40(%100)

(Ki-Kare=0,000) (p>.05)

Geçme kalma durumu kategorik, hakem olarak da iki farklı hakem olduğu için iki kategorik verinin analizi ki-kare analizi ile yapılmaktadır. Hakem incelemeleri sonucunda hakem bir ve ikinin değerlendirmesine göre asistanların geçme ve kalma durumlarında anlamlı farklılık bulunmamaktadır (Ki-Kare=0,000), (p>.05).

Geçme kalma durumuna göre VR ya da kontrol grubunda yer almanın anlamlı farklılık yaratıp yaratmadığı incelenmiştir. İki değişkene ait veriler de kategorik olduğundan bu inceleme ki-kare analizi ile analiz yapılmıştır. Geçme ve kalma durumu ile asistanların yer aldığı grup arasında anlamlı ilişki

bulunmaktadır ($p < .05$). Uygulamalar sonunda geçen öğrencilerin 14'ü (%66,7) VR grubunda iken 7'si (%33,3) kontrol grubundadır. Uygulamalar sonunda kalan asistanların 6'sı (%31,6) VR grubunda iken 13'ü (%68,4) kontrol grubundadır. Diğer yandan VR grubunda yer alan toplam 20 asistanın 14'ü (%70) son değerlendirmeden başarıyla geçmiş, 6'sı (%30) kalmıştır. Kontrol grubunda yer alan toplam 20 asistanın 7'si (%35) uygulamalar sonunda geçmiş, 13'ü (%65) kalmıştır. (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 Geçme ve kalma durumu ile asistanların yer aldığı grup arasındaki ilişki

			Grup		Total
			VR Grubu	Kontrol Grubu	
Geçme Kalma Durumu	Geçer	n	14	7	21
		Geçme Kalma Durumu (%)	66,7%	33,3%	100,0%
		Grup (%)	70,0%	35,0%	52,5%
	Kalır	n	6	13	19
		Geçme Kalma Durumu (%)	31,6%	68,4%	100,0%
		Grup (%)	30,0%	65,0%	47,5%
Total	n	20	20	40	
	Grup (%)	100,0%	100,0%	100,0%	
	Toplam (%)	50,0%	50,0%	100,0%	

(Ki-Kare=4,912), ($p < .050$).

Son değerlendirme sonrasında katılımcılara yapılan geri bildirim anketinde, katılımcıların %90'ı "Eğitimin başında planlanan eğitimin amaç ve öğrenim hedeflerinin açıkça belirtilmiştir." maddesine tamamen katılırken %10'u sadece katılmıştır. Kontrol grubunun %85'i VR grubunun %100'ü "Aldığım eğitimin temporal kemik anatomisini öğrenmeme ve cerrahi becerime faydalı olduğunu düşünüyorum" maddesine tamamen katıldığını belirtmiştir. Katılımcıların tamamı "İnsanda mastoidektomi ve koklear implant cerrahisi yapmadan önce 3D model üzerinde pratik yapmanın faydalı olduğunu

düşünüyorum” maddesine tamamen katıldığını belirtmiştir. VR grubundaki katılımcıların %95’i “Sanal gerçeklik ile temporal kemik anatomisi eğitimi almanın önemli anatomik yapıların birbirleri ile 3 boyutlu ilişkisini öğrenmemde faydalı olduğunu düşünüyorum.” Maddesine tamamen katıldığını %5’i sadece katıldığını belirtmiştir. VR grubundaki katılımcıların tamamı “Sanal gerçeklik ile temporal kemik anatomisi eğitimi almanın maket üzerinde yapmış olduğum uygulamaya faydalı olduğunu düşünüyorum.” maddesine tamamen katıldığını belirtmiştir.

5. TARTIŞMA

Koklear implant cerrahisi hassas bir mikrocerrahi işlemdir. Bu cerrahinin komplikasyonları arasında fasiyal sinir hasarı, labirintin fistülü, serebrospinal sıvı kaçağı sayılabilir (5). Bu hassas cerrahiye başarı ile gerçekleştirebilmek için iyi bir temporal kemik anatomisi bilgisi gereklidir (36). Geleneksel tıp eğitiminde anatomik yapıların birbirleri ile olan ilişkileri kesitler üzerinden iki boyutlu olarak öğretilmektedir. Fakat sanal gerçeklik kullanılarak anatomik yapıların ve aralarındaki ilişkilerin Üç boyutlu olarak öğrenilmesi mümkündür. Sanal gerçekliğin eğitimde geleneksel metotlara göre daha etkili oluşu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (8).

Çeşitli çalışmalarda çok sayıda vaka yapmanın, cerrahi tecrübe ve başarıyı artırdığı gösterilmiştir (9). Vaka sayısı kısıtlı olan zorlu cerrahilerde tecrübeyi artırmak ve cerrahi eğitimi güçlendirmek amacıyla çeşitli kadavra diseksiyon eğitimleri düzenlenmektedir (10). Fakat günümüzde kadvraya ulaşmakta çeşitli zorluklar mevcuttur. Bu nedenle eğitimde kadvralar yerine 3D yazıcı tarafından basılan 3D modeller kullanılması pek çok çalışmada kadavra diseksiyonlarına benzer sonuçlar göstermiştir (11,12).

Çalışmamızda hem sanal gerçekliğin hem de 3D yazıcıların tıp eğitimine getirdiği avantajlardan faydalanarak koklear implant cerrahisi eğitiminde yeni bir

metot geliştirdik. Geleneksel eğitim metodu ile sanal gerçeklik kullanılarak geliştirdiğimiz eğitim metodunun koklear implant cerrahisi eğitimindeki başarisını karşılaştırdık.

Çalışmamızda VR grubunun son-CIMAT ve son-CISAT lekleri puanlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bulunmuştur ($p=0,015$, $p=0,035$). Aynı şekilde son-CISAT leği geçme kalma durumları ele alındığında VR grubunun %70'nin geçtiği, kontrol grubunun ise %35'nin geçtiği görülmüştür. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<.050$).

Copson ve ark. (86)'nın 12 KBB asistan hekimi üzerinde yaptığı araştırmada sanal gerçeklik ile koklear implant cerrahisi simülasyonu yapmıştır. Bu çalışmada ön değerlendirme olarak bir koklear implant modeli kullanılmış son değerlendirme olarak ise aynı modelin ayna görüntüsü ve bir farklı kulak modeli kullanılmıştır. İki değerlendirme arasında katılımcılara sanal gerçeklik üzerinden koklear implant cerrahisi iki ayrı seansta olmak üzere altı kere simüle edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda sanal gerçekliğin koklear implant gibi kompleks cerrahi eğitimlerde kullanılabilecek bir yöntem olduğu öne sürülmüştür. Bizim çalışmamızın sonuçları da bu çalışma ile uyumludur. Bizim alışmamızda da sanal gerçekliğin koklear implant cerrahisi eğitiminde kullanılabileceği gösterilmiştir. Öte yandan bizim çalışmamız Copson ve ark. (86)'ın çalışmasından farklı olarak kontrol grubu içermektedir. Bizim alışmamızda kontrol grubuna geleneksel tıp eğitimini temsil etmesi amacıyla sunu üzerinden cerrahi eğitim verilmiştir. Bizim çalışmamız sanal gerçeklik eğitimi ile geleneksel tıp eğitiminin birbirlerine üstünlüğünü araştırması ile bu çalışmadan farklılık göstermektedir. Bizim alışmamızda sanal gerçeklik eğitimi alan grup kontrol grubuna göre daha iyi başarı sergilemiştir. Bu nedenle bizim çalışmamız da sanal gerçekliğin koklear implant eğitiminde kullanılabilecek bir eğitim metodu olduğunu destekler niteliktedir.

Frendo ve ark. (87)'nin 2020 senesinde Danimarka'da gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, merkeziyetsiz sanal gerçeklik eğitimininin kadavra diseksiyon

performansına etkisini araştırmış. Yirmi KBB asistanı çalışma grubu, 18 KBB asistanı kontrol grubunda yer almıştır. Sekiz farklı merkezdeki asistan hekimlere e-mail yolu ile ulaşarak çalışma grubuna similasyon laboratuvarı olanların kendi kliniklerinde olmayanların ise kendi bilgisayarlarında ekipman desteği vererek VR ile mastoidektomi çalışmasının istemişlerdir. Üç ay sonra gerçekleştirilen kadavra kursunda merkeziyetsiz sanal gerçeklik ile çalışan hekimler ile kontrol grubunun başarılarını Wellington ölçeği kullanarak ve üç körlü hakem kullanarak değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada merkeziyetsiz sanal gerçeklik eğitimi grubu 8.8 median puan alırken, kontrol grubunun skoru ise 5.0 olarak gelmiştir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Bu alışma çok merkezli bir çalışma olması nedeniyle bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Bizim alışmamızda da dört farklı klinikten toplam 40 adet KBB hekimi çalışmaya katılmıştır. Frendo ve ark. (87)'nin çalışmada "Wellington" ölçeğini kullanırken, bizim alışmamızda "CIMAT", ve "CISAT" değerlendirme ölçekleri kullanılmıştır. Bu sayede hem mastoidektomi hem de koklear implant cerrahisi işlemlerinin her basamağında sanal gerçekliğin geleneksel eğitme olan üstünlüğü cerrahinin her basamağını içerecek şekilde daha detaylı olarak gösterilmiştir. Her iki çalışmada da kulak cerrahisi alanında uzman körlü hakemler tercih edilmesi paralellik göstermektedir. Frendo ve ark. (87)'nin yapmış olduğu çalışmada katılımcılar sanal gerçeklik üzerinde koklear implant cerrahisi yaptırılmıştır. Bizim alışmamızda ise sanal gerçeklik grubu sanal gerçeklik üzerinde herhangi bir cerrahi işlem gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenle bizim çalışmamızda hem çalışma grubu hem de kontrol grubunun gerek fiziksel gerek sanal ortamda cerrahi tecrübeleri eşit kabul edilebilir olduğunu bu durumun herhangi bir gruba avantaj sağlamadığını düşünmekteyiz. Bizim alışmamızda iki grup arası temel değişkenin sanal gerçekliğin temporal kemik anatomisini 3D olarak öğrenme imkanı tanınması olduğu düşünölmektedir.

Anderson ve ark. (88)'nin yaptığı çalışmada yayılmış sanal gerçeklik eğitim programının kadavra diseksiyonuna etkisi araştırılmış. 2016 ve 2017 senelerinde Danimarka'da düzenlenmiş kidemleri iki ile beş yıl aralığında değişen 29 KBB asistanı araştırmaya katılmıştır. Dokuz asistan hekim çalışma

grubuna katılırken 20 asistan hekim ise kontrol grubunu oluşturmaktadır. Çalışma grubuna kadavra kursundan önce üç ay boyunca toplam altı bloktan oluşan VR eğitim verilmiştir. Kadavra kursundaki başarıları “Modifiye Wellington Ölçeği” ile değerlendirilmiştir. Çalışma grubunun kontrol grubuna göre %25 daha başarılı olduğu görülmüştür. Çalışma grubu ortalama skoru 12.8, kontrol grubu ise 10.3 olarak bulunmuştur ($p < 0.001$). Bizim çalışmamızda ise çalışma grubunun son-CIMAT ortalama skoru 44.28, kontrol grubunun son-CIMAT ortalama skoru 38.63, olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da çalışma grubu kontrol grubuna göre daha başarılı bulunmuştur ($p = 0,015$). Anderson ve ark. (88)’nin yaptığı çalışmada tekrarlayan sanal gerçeklik eğitimleri verilmiştir fakat bizim çalışmamızda tek seansta eğitim verilmiştir. Bu özelliği ile çalışmamızdan farklılık göstermektedir. VR veya başka bir eğitim metodu ile tekrarlayan eğitimler verilmesinin başarıyı artıracakları öngörülebilir bir sonuç olduğu düşünülebilir. Yapılmış olan çalışma da bu sonucu desteklememektedir. Fakat bizim çalışmamız VR eğitiminin geleneksel tıp eğitimi ile kıyaslanması nedeniyle yeni eğitim metodları ile tıp eğitimini daha iyi noktalara taşımak amaçlanması nedeniyle kıymetli olduğu görüşündeyiz.

Frithioff ve ark. (89)’nin 2021 senesinde yaptığı çalışmada 3D temporal kemik modeli ile çalışmanın kadavra diseksiyonuna olan etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Kadavra kursuna katılan 18 KBB asistanı çalışma grubuna katılarak 3’er saat temporal kemik modeli üzerinde çalışmıştır. Daha sonra ise kadavra diseksiyonunu gerçekleştirmiştir. Elde edilmiş veriler geçmiş senelerde yapılmış kadavra diseksiyon kurslarında aynı süre VR ile eğitim almış 68 KBB asistanının kadavra diseksiyonu sonuçları ile “Wellington Skorlaması” kullanılarak karşılaştırılmıştır. 3D temporal kemik modeli ile eğitim alan çalışma grubu VR ile eğitim alan kontrol grubuna göre %29 daha iyi sonuçlar almıştır (ortalama fark 3.1, $P < 0.001$). 3D temporal kemik modeli üzerinde ve kadavra arasındaki benzerlik Chien ve arkadaşları (75)’nin 2021 yılında yaptıkları çalışmada gösterilmiştir. VR teknolojisi günümüzde ne kadar gelişmiş olsa da, kadavra diseksiyonunun son değerlendirme olduğu bir çalışmada temporal kemik modeli ile diseksiyon yapan grubun daha başarılı olmasının beklenen bir

sonuç olduğunu düşünmekteyiz. Frithioff ve ark. (89)'nın yapmış olduğu çalışma temporal kemik modeli ve kadavranın birbiri ile olan benzerliğini göstermekte de kıymetli olduğu görüşündeyiz.

Andersen ve ark.(90)'nın 30 tıp fakültesi öğrencisi üzerinde yaptıkları çalışmada katılımcılara VR ile mastoidektomi eğitimi verilmiştir. Çalışma grubuna diğerlerinden farklı olarak ideal işlemleri içeren altı dakikalık bir videoya erişim imkanı verilmiş ve bu videoya göre her eğitim modülünde kendilerini değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışma grubu kontrol grubuna üstünlük göstermekle beraber iki grup arası skor farkı 0.87 olarak bulunmuştur (p = 0.001). Gerek geleneksel tıp eğitiminde gerekse VR eğitimlerinde ameliyat videoları izlemenin cerrahi başarı üstüne olumlu etkisi olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (90,91). Bizim çalışmamızda da mastoidektomi ve posterior timpanotomi işlemlerinin gerçekleştirildiği aynı ameliyat videoları her iki grubun eğitim programına eklenmiştir.

Erolin ve ark. (92)'nin 2019 yılında farklı branşlardan daha önce en az bir kere anatomi dersi almış 18 öğrenci ile yapmış olduğu çalışmada VR'ın anatomi eğitiminde yerini araştırmıştır. Self bildirim anketleri kullanılarak katılımcıların VR ile anatomi eğitimi ile ilgili geri bildirimleri alınmıştır. Katılımcıların büyük çoğunluğu bu modelleri görmekten keyif aldığını ve eğitimine faydalı olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda katılımcıların çoğu seslendirme ve yönlendirmelerin de faydalı olduğunu belirtmişlerdir (92). Fasiyal sinir, korda timpani, sigmoid sinüs, karotis, dura ve benzeri pek çok hassas anatomik yapıyı barındıran temporal kemik anatomisi oldukça karmaşık yapılardan oluşmaktadır (29). Temporal kemik anatomisini daha kolay öğretmek amacıyla çalışmamızda da anatomik kompartmanları ayrı ayrı ele alan detaylı bir VR eğitim modeli kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda VR grubunun %100'ü "Aldığım eğitimin temporal kemik anatomisini öğrenmeme ve cerrahi becerime faydalı olduğunu düşünüyorum" maddesine tamamen katıldığını belirtmiştir. Bu nedenle bizim çalışmamız da temporal kemik anatomisi eğitiminde sanal gerçekliğin kullanılabilceğini desteklemektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Koklear implant cerrahisi yüz güldürücü sonuçları olan, hassas bir mikrocerrahi işlemdir (5). Bu cerrahi işlemi başarıyla gerçekleştirebilmek için temporal kemik anatomisine hakim olmak ve yeterli cerrahi tecrübeye sahip olmak gerekmektedir (34,36,55). Koklear implant cerrahisinin vaka sayılarının az olması, implant maliyetlerinin yüksek olması, covid-19 pandemi sürecinde tıp eğitiminde aksamalar gibi nedenler cerrahi eğitimde alternatif metodlara yönelme ihtiyacı doğurmaktadır (6). Bu amaçla günümüz tıp eğitiminde kadavra diseksiyon kursları düzenlenmektedir (9). Kadavraya ulaşmakta güçlükler yaşanmakta ve maliyetleri gün geçtikçe artmaktadır (89). Bu nedenle 3D yazıcı teknolojisi ile basılmış 3D modeller üzerinden cerrahi eğitimler verilmeye başlanmıştır (12,75). Bu amaçla bu çalışmada bizler de bir temporal kemik modeli düzenledik. Çalışmamızda geliştirdiğimiz eğitim modelimizde bu modeli 3D yazıcıdan basarak kadavra yerine kullandık.

Temporal kemik içerisinde: fasiyal sinir, sigmoid sinüs, dura, karotis, gibi hayati öneme sahip yapılarla geçmektedir (29). Bu yapıların birbirleri ile olan ilişkilerini 3 boyutlu olarak anlamak cerrahi eğitim açısından önemlidir (10). Çalışmamızda bu amaçla düzenlemiş olduğumuz temporal kemik modelini sanal gerçekliğe aktardık. Hem sanal gerçekliğin hem de 3D yazıcıların tıp eğitimine getirdiği avantajlardan faydalanarak koklear implant cerrahisi eğitiminde yeni bir metot geliştirdik. Yeni eğitim metodu ile eğitim alan katılımcıların tamamı çalışma sonrası vermiş olduğu geri bildirimde temporal kemik anatomisinin 3 boyutlu öğrenmede sanal gerçekliğin faydalı olduğunu belirtmiştir.

Çalışmamızda sanal gerçeklik ile eğitim alan grup temporal kemik modeli üzerinde yapmış oldukları cerrahide kontrol grubuna göre daha iyi başarı sergilemiştir. Bu nedenle bizim çalışmamız sanal gerçekliğin koklear implant eğitiminde kullanılabilecek bir eğitim metodu olduğunu destekler niteliktedir. Sanal gerçekliğin tıp eğitiminde kullanılması ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Potter La Forest. Electric osteophone. US patent; Jun 13, 1905 p. 792162.
2. HOUSE LR. Cochlear implant: the beginning. *Laryngoscope*. 1987;97(8):996–7.
3. Clark GM, Tong YC, Black R, Forster IC, Patrick JF, Dewhurst DJ. A multiple electrode cochlear implant. *J Laryngol Otol* [Internet]. 1977 [cited 2022 Nov 27];91(11):935–45.
4. Naples JG, Ruckenstein MJ. Cochlear Implant. *Otolaryngol Clin North Am* [Internet]. 2020 Feb 1 [cited 2022 Nov 25];53(1):87–102.
5. Aldhafeeri AM, Alsanosi AA. Management of surgical difficulties during cochlear implant with inner ear anomalies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2022 Nov 25];92:45–9.
6. Oropeza-Aguilar M, de Jesús Cendejas-Gómez J, Quiroz-Compeán A, Buerba GA, Domínguez-Rosado I, Mendez-Probst CE. Impact of COVID-19 on surgical residency training programs in Mexico City: The third victim of the pandemic. A resident's perspective. *Cir Cir* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2022 Nov 25];90(2):165–71.
7. Anschuetz L, Siggemann T, Dür C, Dreifuss C, Caversaccio M, Huwendiek S. Teaching Middle Ear Anatomy and Basic Ear Surgery Skills: A Qualitative Study Comparing Endoscopic and Microscopic Techniques. *Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2022 Nov 25];165(1):174–81.
8. Zhao J, Xu X, Jiang H, Ding Y. The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Med Educ* [Internet]. 2020 Apr 25 [cited 2022 Nov 25];20(1

9. Malangoni MA, Biester TW, Jones AT, Klingensmith ME, Lewis FR. Operative experience of surgery residents: trends and challenges. *J Surg Educ* [Internet]. 2013 [cited 2022 Nov 25];70(6):783–8.
10. Friendø M, Frithioff A, Konge L, Cayé-Thomasen P, Sørensen MS, Andersen SAW. Cochlear Implant Surgery: Virtual Reality Simulation Training and Transfer of Skills to Cadaver Dissection-A Randomized, Controlled Trial. *J Int Adv Otol* [Internet]. 2022 May 3 [cited 2022 Nov 25];18(3):219–24.
11. Roosli C, Sim JH, Möckel H, Mokosch M, Probst R. An artificial temporal bone as a training tool for cochlear implantation. *Otol Neurotol* [Internet]. 2013 Aug [cited 2022 Nov 25];34(6):1048–51.
12. Frithioff A, Friendø M, Pedersen DB, Sørensen MS, Wuyts Andersen SA. 3D-Printed Models for Temporal Bone Surgical Training: A Systematic Review. *Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2021 Nov 1 [cited 2022 Nov 25];165(5):617–25.
13. Zeng FG, Rebscher S, Harrison W, Sun X, Feng H. Cochlear Implants: System Design, Integration, and Evaluation. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2008;1:115–42.
14. Benjamin Wilson. A treatise on electricity. The second edition. By Benjamin Wilson, F.R.S | [Internet]. The second edition. C. Davis, R. Dodsley, editors. London; 1752 [cited 2022 Nov 27]. 202–208 p.
15. Duchenne, Guillaume-Benjamin. De l'électrisation localisée et de son application à la physiologie, à la pathologie et à la thérapeutique. In Baillière; 1855 [cited 2022 Nov 27].
16. Wever EG, Bray CW. The nature of acoustic response. *J Exp Psychol* [Internet]. 1930 Oct [cited 2022 Nov 27];13(5):373–87.
17. Helwany M, Arbor TC, Tadi P. Embryology, Ear. *StatPearls* [Internet]. 2022 Aug 14 [cited 2022 Nov 27];

18. Fuchs JC, Tucker AS. Development and Integration of the Ear. *Curr Top Dev Biol* [Internet]. 2015 [cited 2022 Nov 27];115:213–32.
19. Driver EC, Kelley MW. Development of the cochlea. *Development* [Internet]. 2020 Jun 22 [cited 2022 Nov 27];147(12).
20. Chang W, Brigande J v., Fekete DM, Wu DK. The development of semicircular canals in the inner ear: role of FGFs in sensory cristae. *Development* [Internet]. 2004 Sep [cited 2022 Nov 27];131(17):4201–11.
21. Corwin JT, Cotanche DA. Development of location-specific hair cell stereocilia in denervated embryonic ears. *Journal of Comparative Neurology*. 1989;288(4):529–37.
22. LavigneRebillard M, Pujol R. Auditory hair cells in human fetuses: Synaptogenesis and ciliogenesis. *J Electron Microsc Tech*. 1990;15(2):115–22.
23. Zhu Y, Zhang Y, Gong S sheng. [Congenital middle ear malformation]. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi* [Internet]. 2008 Oct [cited 2022 Nov 27];43(10):795–7.
24. Takahashi M, Yamamoto Y, Koizumi H, Motegi M, Komori M, Yamamoto K, The relationships among mastoid air cell development, tympanic sinus depth, and residual disease after surgery in children with congenital cholesteatoma. *Acta Otolaryngol* [Internet]. 2020 Apr 2 [cited 2022 Nov 27];140(4):286–8.
25. Whyte J, Cisneros A, Yus C, Fraile J, Obón J, Vera A. Tympanic ossicles and pharyngeal arches. *Anat Histol Embryol* [Internet]. 2009 Feb [cited 2022 Nov 27];38(1):31–3.
26. Karmody CS, Annino DJ. Embryology and Anomalies of the External Ear. *Facial Plastic Surgery*. 1995;11:251–6.
27. Begler O, Vayisoğlu Y, Örs AB, Özdemir DL, Müdüroğlu F, Taghipour P, Comparison of fetal and adult tympanic membrane sizes: a cadaveric

- study. *Surg Radiol Anat* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2022 Nov 27];43(2):161–7.
28. Honkura Y, Hayashi S, Kim JH, Murakami G, Abe H, Rodríguez-Vázquez JF, Development and growth of auricular cartilage and muscles: A study using human fetuses. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2022 Nov 27];133.
 29. Benson JC, Lane JI. Temporal Bone Anatomy. *Neuroimaging Clin N Am* [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2022 Nov 27];32(4):763–75.
 30. Ayache S, Beltran M, Guevara N. Endoscopic classification of the external auditory canal for transcanal endoscopic ear surgery. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2022 Nov 27];136(4):247–50.
 31. Barrow HN, Levenson MJ. Necrotizing “malignant” external otitis caused by *Staphylococcus epidermidis*. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 1992 [cited 2022 Nov 27];118(1):94–6.
 32. Kwong Y, Yu D, Shah J. Fracture mimics on temporal bone CT: a guide for the radiologist. *AJR Am J Roentgenol* [Internet]. 2012 Aug [cited 2022 Nov 27];199(2):428–34.
 33. Stenfors LE, Bloom GD, Hellström S. The tympanic membrane. *Acta Otolaryngol Suppl* [Internet]. 1984 [cited 2022 Nov 27];414(S418):28–30.
 34. Tarabichi M, Marchioni D, Presutti L, Nogueira JF, Pothier D. Endoscopic transcanal ear anatomy and dissection. *Otolaryngol Clin North Am* [Internet]. 2013 Apr [cited 2022 Nov 27];46(2):131–54.
 35. Tarabichi M, Marchioni D, Kapadia M. The Epitympanum Revisited: Endoscopic Anatomy. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2016 Dec 1 [cited 2022 Nov 27];68(4):490–5.
 36. Marchioni D, Rubini A, Soloperto D. Endoscopic Ear Surgery: Redefining Middle Ear Anatomy and Physiology. *Otolaryngol Clin North Am* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2022 Nov 27];54(1):25–43.

37. Burd C, Pai I, Connor S. Imaging anatomy of the retrotympaanum: variants and their surgical implications. *Br J Radiol* [Internet]. 2020 [cited 2022 Nov 27];93(1105).
38. Roland JT, Hoffman RA, Miller PJ, Cohen NL. Retrofacial approach to the hypotympanum. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 1995 [cited 2022 Nov 27];121(2):233–6.
39. Jufas N, Marchioni D, Tarabichi M, Patel N. Endoscopic Anatomy of the Protympanum. *Otolaryngol Clin North Am* [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2022 Nov 27];49(5):1107–19.
40. Cinamon U. The growth rate and size of the mastoid air cell system and mastoid bone: a review and reference. *Eur Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2009 Jun [cited 2022 Nov 28];266(6):781–6.
41. Aladeyelu OS, Olaniyi KS, Olojede SO, Mbatha WBE, Sibiya AL, Rennie CO. Temporal bone pneumatization: A scoping review on the growth and size of mastoid air cell system with age. *PLoS One* [Internet]. 2022 Jun 1 [cited 2022 Nov 28];17(6).
42. Isaacson B, Kutz JW, Roland PS. Lesions of the petrous apex: diagnosis and management. *Otolaryngol Clin North Am* [Internet]. 2007 Jun [cited 2022 Nov 28];40(3):479–519.
43. KORKUT N. 3. TEMPORAL KEMİK DİSEKSİYON KURSU. 2013 Jan 25;
44. Bennett M, Warren F, Haynes D. Indications and technique in mastoidectomy. *Otolaryngol Clin North Am* [Internet]. 2006 Dec [cited 2022 Dec 6];39(6):1095–113.
45. Pickard BH. A re-examination of Macewen's triangle as a surface marking for the mastoid antrum. *J Laryngol Otol* [Internet]. 1962 [cited 2022 Nov 28];76(9):679–82.
46. Zielinski R. Cortical mastoidectomy with posterior atticotomy as surgical treatment in cases of acute mastoiditis in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2022 Dec 6];116:209.

47. Chanda A, Nanda A, Kawase T, Langmoen IA, Sekhar LN, Ramachandran P, Partial labyrinthectomy petrous apicectomy approach to the petroclival region: an anatomic and technical study. *Neurosurgery* [Internet]. 2002 Jul 1 [cited 2022 Dec 6];51(1):147–60.
48. Abdelaziz AA. The Role of Preoperative Computed Tomography of Temporal Bone in Atticotomy as a New Tool for Determining the Approach. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2019 Nov 1 [cited 2022 Dec 6];71(Suppl 2):1272–5.
49. East DM. Atticotomy with reconstruction for limited cholesteatoma. *Clin Otolaryngol Allied Sci* [Internet]. 1998 [cited 2022 Dec 6];23(3):248–52.
50. Castle MS, Myers OB, Pickett BP. The parietal notch (Brammer's pointer): Accuracy of a surface landmark for temporal bone surgery. *Laryngoscope Investig Otolaryngol* [Internet]. 2022 Aug 1 [cited 2022 Dec 6];7(4):1136–42.
51. Spangler DJ, McElveen JT, McLear PW. Sigmoid Sinus Diverticulum-A Unique Case of Pulsatile Tinnitus. *Ear Nose Throat J* [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 6];
52. Lee S, Lee J bin, Chung JH, Choi JW. Posterior Tympanotomy Versus Subtotal Petrosectomy: A Comparison of Complications in Cochlear Implantation. *Otol Neurotol* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2022 Dec 6];42(2):260–5.
53. Wojciechowski T, Bartoszewicz R. Facial recess and posterior tympanotomy on CT scans: where we are and what is next? *Eur Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2022 Dec 6];279(11):5477–8.
54. Han S, Wang L, Gao F, Liang W, Lee TH, Peng KA. Pre-operative assessment of facial recess width in paediatric cochlear implant recipients: a radiological study. *J Laryngol Otol* [Internet]. 2021 May 28 [cited 2022 Dec 6];136(5):396–9.

55. Freni F, Gazia F, Slavutsky V, Scherdel EP, Nicenboim L, Posada R, Cochlear Implant Surgery: Endomeatal Approach versus Posterior Tympanotomy. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Jun 2 [cited 2022 Dec 6];17(12):1–9.
56. della Volpe A, Cantore I, Nolè G, Valente P, Varricchio AM, Santandrea M, Combined posterior tympanotomy/endomeatal access in cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2013 Sep [cited 2022 Dec 6];270(10):2641–8.
57. Leong AC, Jiang D, Agger A, Fitzgerald-O'Connor A. Evaluation of round window accessibility to cochlear implant insertion. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2013 Mar;270(4):1237–42.
58. Stuermer K, Winter T, Nachtsheim L, Klussmann JP, Luers JC. Round window accessibility during cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2022 Dec 6];278(2):363–70.
59. Chen J, Wu Y, Shi J, Jia H, Wang Z, Zhang Z, Predictors of round window membrane visibility in pediatric cochlear implant surgery using temporal bone HRCT: A retrospective study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2019 Jun 1;121:150–3.
60. Shim T, Zalzal H, Kumar N, Tercyak S, Whitehead MT, Reilly B, Round window anatomy predicts ease of cochlear implantation in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2021 Oct 1;149.
61. Holzmeister C, Andrianakis A, Kiss P, Moser U, Graupp M. Scala vestibuli cochlear implant supported by 3D modeling of the inner ear. *Wien Klin Wochenschr* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2022 Dec 6];134(5–6):243–8.
62. Rau TS, Zuniga MG, Salcher R, Lenarz T. A simple tool to automate the insertion process in cochlear implant surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2022 Dec 6];15(11):1931–9.
63. Kesler K, Dillon NP, Fichera L, Labadie RF. Human Kinematics of Cochlear Implant Surgery: An Investigation of Insertion Micro-Motions and

- Speed Limitations. *Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2017 Sep 1 [cited 2022 Dec 6];157(3):493–8.
64. Stuermer K, Winter T, Nachtsheim L, Klussmann JP, Luers JC. Round window accessibility during cochlear implantation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2021 Feb 1;278(2):363–70.
 65. Briggs RJS, Tykocinski M, Stidham K, Roberson JB. Cochleostomy site: implications for electrode placement and hearing preservation. *Acta Otolaryngol* [Internet]. 2005 [cited 2022 Dec 6];125(8):870–6.
 66. Nichols S, Patel H. Health and safety implications of virtual reality: a review of empirical evidence. *Appl Ergon* [Internet]. 2002 [cited 2022 Dec 6];33(3):251–71.
 67. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthc J* [Internet]. 2019 Oct [cited 2022 Dec 6];6(3):181. Available from: /pmc/articles/PMC6798020/
 68. Arora A, Lau LYM, Awad Z, Darzi A, Singh A, Tolley N. Virtual reality simulation training in Otolaryngology. *Int J Surg* [Internet]. 2014 [cited 2022 Dec 6];12(2):87–94.
 69. Zheng JM, Chan KW, Gibson I. Virtual reality. *IEEE Potentials*. 1998 Apr;17(2):20–3.
 70. Chao YP, Kang CJ, Chuang HH, Hsieh MJ, Chang YC, Kuo TBJ. Comparison of the effect of 360° versus two-dimensional virtual reality video on history taking and physical examination skills learning among undergraduate medical students: a randomized controlled trial. *Virtual Real* [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 6];1:1.
 71. Lipson H, Moon FC, Hai J, Paventi C. 3-D Printing the History of Mechanisms. *Journal of Mechanical Design* [Internet]. 2005 Sep 1 [cited 2022 Dec 6];127(5):1029–33.
 72. Szykiedans K, Credo W. Mechanical Properties of FDM and SLA Low-cost 3-D Prints. *Procedia Eng*. 2016 Jan 1;136:257–62.

73. Antreas K, Piromalis D. Employing a Low-Cost Desktop 3D Printer: Challenges, and How to Overcome Them by Tuning Key Process Parameters. *International Journal of Mechanics and Applications*. 2021 Apr 6;10(1):11–9.
74. Meyer-Szary J, Luis M, Mikulski S, Patel A, Schulz F, Tretiakow D, The Role of 3D Printing in Planning Complex Medical Procedures and Training of Medical Professionals-Cross-Sectional Multispecialty Review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2022 Dec 6];19(6).
75. Chien WW, da Cruz MJ, Francis HW. Validation of a 3D-printed human temporal bone model for otology surgical skill training. *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2022 Dec 6];7(2):88–93.
76. Burton JL, Goolamal SK, Shuster S. Deneysel Desenler: Ā–ntest-Sontest Kontrol Grubu Desen ve Veri Analizi. *Elementary Education Online* [Internet]. 2020 Jan 4 [cited 2022 Dec 4];12(2):1–1.
77. Dickinson KJ, Gronseth SL. Application of Universal Design for Learning (UDL) Principles to Surgical Education During the COVID-19 Pandemic. *J Surg Educ*. 2020 Sep 1;77(5):1008–12.
78. Sheckter CC, Kane JT, Minneti M, Garner W, Sullivan M, Talving P, Incorporation of Fresh Tissue Surgical Simulation into Plastic Surgery Education: Maximizing Extraclinical Surgical Experience. *J Surg Educ*. 2013 Jul 1;70(4):466–74.
79. Papandria D, Rhee D, Ortega G, Zhang Y, Gorgy A, Makary MA, Assessing Trainee Impact on Operative Time for Common General Surgical Procedures in ACS-NSQIP. *J Surg Educ*. 2012 Mar 1;69(2):149–55.
80. Kerwin T, Wiet G, Hittle B, Stredney D, De Boeck P, Moberly A, Standard Setting of Competency in Mastoidectomy for the Cross-Institutional

- Mastoidectomy Assessment Tool. *Ann Otol Rhinol Laryngol* [Internet]. 2020 Apr 15 [cited 2023 Jan 10];129(4):340–6.
81. Friendø M, Frithioff A, Konge L, Foghsgaard S, Mikkelsen PT, Sørensen MS, Assessing competence in cochlear implant surgery using the newly developed Cochlear Implant Surgery Assessment Tool. *Eur Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2023 Jan 10];279(1):127–36.
 82. Sieber D, Erfurt P, John S, Dos Santos GR, Schurzig D, Sørensen MS, The OpenEar library of 3D models of the human temporal bone based on computed tomography and micro-slicing. *Scientific Data* 2019 6:1 [Internet]. 2019 Jan 8 [cited 2022 Nov 28];6(1):1–9.
 83. Mastoidectomy - StatPearls - NCBI Bookshelf [Internet]. [cited 2023 Jan 10].
 84. al sanosi A. Trans-aditus approach: an alternative technique for cochlear implantation. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2012 Jun [cited 2023 Jan 10];64(2):142–4.
 85. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. THE USA: Lawrence Erlbaum Associates Publishers; 1988.
 86. Copson B, Wijewickrema S, Zhou Y, Pirochchai P, Briggs R, Bailey J, Supporting skill acquisition in cochlear implant surgery through virtual reality simulation. *Cochlear Implants Int* [Internet]. 2017 Mar 4 [cited 2022 Dec 19];18(2):89–96.
 87. Friendø M, Konge L, Cayé-Thomasen P, Sørensen MS, Andersen SAW. Decentralized Virtual Reality Training of Mastoidectomy Improves Cadaver Dissection Performance: A Prospective, Controlled Cohort Study. *Otol Neurotol* [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2022 Dec 24];41(4):476–81.
 88. Andersen SAW, Foghsgaard S, Cayé-Thomasen P, Sørensen MS. The Effect of a Distributed Virtual Reality Simulation Training Program on

- Dissection Mastoidectomy Performance. *Otol Neurotol* [Internet]. 2018 [cited 2022 Dec 24];39(10):1277–84.
89. Frithioff A, Freundø M, Weiss K, Foghsgaard S, Pedersen DB, Sørensen MS, Effect of 3D-Printed Models on Cadaveric Dissection in Temporal Bone Training. *OTO Open* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2022 Dec 24];5(4).
 90. Andersen SAW, Guldager M, Mikkelsen PT, Sørensen MS. The effect of structured self-assessment in virtual reality simulation training of mastoidectomy. *Eur Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2022 Dec 24];276(12):3345–52.
 91. Silberthau KR, Chao TN, Newman JG. Innovating Surgical Education Using Video in the Otolaryngology Operating Room. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2022 Dec 24];146(4):321–2.
 92. Erolin C, Reid L, McDougall S. Using virtual reality to complement and enhance anatomy education. *J Vis Commun Med* [Internet]. 2019 Jul 3 [cited 2022 Dec 24];42(3):93–101.

8. EKLER

Ek – 1 CIMAT Ölçeği

Demonstrates no skill	Demonstrates slight skill	Demonstrates moderate skill	Demonstrates high skill	Demonstrates expert skill
1. Creates appropriate depth of cavity				
Antrum not entered or horizontal canal not visualized		Antrum opened without damage to horizontal canal or tegmen		Antrum widely opened with adequate thinning of tegmen and posterior superior canal wall
2. Avoids violation of the sigmoid sinus				
Penetrates sigmoid, unaware of its location		Exposes sigmoid enough to identify sufficiently to avoid violation but may leave overlying air cells		Sigmoid well defined for procedure, may expose sigmoid for retraction and better exposure
3. Avoids holes in tegmen				
Tegmen and dura violated		Dura exposed without violation		Tegmen thinned appropriately for surgical approach, possibly removing tegmen to retract dura for better exposure
4. Avoids violation of dura				
Dura violated (opened)		May overthin tegmen and expose dura without violation		Tegmen completely dissected to sinusoidal angle, dura may be exposed intentionally
5. Maintains a complete saucerization				
Penetrates sigmoid, residual air cells, facial ridge not identified, antrum not opened appropriately, tegmen and sigmoid not defined at their locations		Adequate air cell removal to avoid damage to critical structures, antrum opened sufficient for visualization of horizontal canal, fovea incudis, etc.		All necessary air cells removed and critical structures well defined
6. Avoids violation of the horizontal (lateral) semi-circular canal				
Horizontal canal violated		Horizontal canal accidentally bluishined		Horizontal canal easily identified, may blue-line as needed for exposure
7. Avoids drill contact with ossicles				
Contacts ossicles with cutting burr		Contacts ossicles with diamond burr		Drills close to ossicles with appropriate burr
8. External auditory canal remains up				
Significant posterior canal wall lowering deep to lateral extent.		Minor lowering of posterior canal wall		Maintains posterior canal wall completely intact
9. Posterior external auditory canal wall is thinned appropriately				
Posterior canal wall thick, poor definition of facial ridge if any		Partial definition of facial ridge		Sufficient thinning to fully expose facial nerve and chorda tympani for recess approach
10. Avoids holes in external auditory canal				
Multiple or large holes in posterior canal wall		Minor, clinically insignificant holes in posterior canal wall		No holes in posterior canal wall
11. Correct identification of chorda tympani nerve				
Does not identify or expose chorda		Opens facial recess but does not identify chorda completely		Exposes and widely opens facial recess without violations of chorda or facial nerves
12. Avoids violation of the facial nerve				
Facial nerve violated		Facial nerve partially exposed		Facial nerve exposed completely throughout its course in the mastoid
13. Maintains visibility of burr while removing bone				
Burr view dangerously obstructed for example beneath bony ledge when thinning tegmen		Burr visibility safely unobstructed throughout procedure		Burr visibility obstructed but at times when it is safe to do so, during deossification of mastoid
14. Selects appropriate burr				
Uses too small or too large a burr for task at hand, uses diamond burr for deossification or when not necessary, or uses cutting burr in close proximity to critical structure		May use too small or too large a burr for occasion or using diamond burr excessively		Uses cutting and diamond burrs appropriately, such as using cutting burr to enhance speed of dissection but in a safe manner
15. Drills in best direction				
Drills perpendicular to critical structures or without regard to trajectory of critical structure		Maintains drill direction parallel to critical structures		Alternates drill direction rapidly for efficient removal of bone without jeopardizing critical structures
16. Avoids excessive force near critical structures				
Does not alter force when approaching critical structures		Alternates between minimal force and moderate force throughout case		Uses high force when appropriate, such as deossification of mastoid

Ek-2 CISAT Ölçeği

Cochlear Implant Surgery Assessment Tool (CISAT)							
Trainee:			Procedure number:		Date:		
	Performed by supervisor [§]	Performed with guidance [§]	Performed by trainee with no or minimal guidance				
			1	2	3	4	5
1. Posterior tympanotomy posterior wall of auditory canal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Substantial damage to vital structure (e.g. facial nerve), many remaining cells, holes in posterior wall	2	3 Few remaining cells, few holes in posterior wall, minor exposure of facial nerve	4	5 Facial nerve just visible through layer of bone, no holes in posterior wall, no remaining cells
2. Posterior tympanotomy: Initiating posterior tympanotomy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Drilling at incorrect position, damaging facial nerve or tympanic cord	2	3 Drilling near correct position and/or very minor nerve exposure	4	5 Drilling close to incus buttress, ~ 2 mm fine diamond drill, no exposure of vital structures
3. Posterior tympanotomy: drilling technique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Uncoordinated drill movement, inappropriate drill type/size	2	3 Minor irrelevant movement and/or incorrect drill type/size	4	5 Perfectly coordinated movement using correct drill type/size
4. Posterior tympanotomy: bone orientation for drilling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 No view of incus or lateral semicircular canal	2	3 Partial overview and/or moderately incorrect viewing angle	4	5 Incus buttress and lateral semicircular canal visible
5. Posterior tympanotomy: widening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Insufficient widening or damage to adjacent structures	2	3 Acceptable widening with minor nerve exposure	4	5 Perfect widening laterally and anteriorly to facial nerve
6. Posterior tympanotomy: round window	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 No round window membrane exposure	2	3 Insufficient (< 1 mm) or excessive round window membrane exposure	4	5 Appropriate removal of round window bony overhang, ≥ 1 mm round window membrane exposure
7. CI-insertion: bone orientation at insertion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 No view of round window membrane	2	3 Partial view of round window membrane	4	5 Maximum view of round window membrane

	Performed by supervisor [§]	Performed with guidance [§]	Performed by trainee with no or minimal guidance				
			1	2	3	4	5
8. CI-insertion: approach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Electrode collisions, irregular movement, incorrect forceps grasp or path	2	3 Few collisions, mostly fluid movement, partly correct grasp and path	4	5 Deliberate movement with no collisions, perfect forceps grasp and path
9. CI-insertion: insertion vector	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Incorrect direction/vector of insertion	2	3 Partly correct insertion vector	4	5 Anterior, slightly lateral direction (avoiding hook region)
10. CI-insertion: insertion speed and movement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Insertion duration < 5 s and/or abrupt, partially fast insertion	2	3 5-15 s insertion duration and/or moderately smooth movement	4	5 Continuous, smooth insertion, ≥ 15 s duration
11. CI-insertion: insertion result	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 No insertion into cochlea	2	3 Partial insertion (<3/4), electrode in scala tympani	4	5 Complete scala tympani insertion
Overall assessment			Fail <input type="checkbox"/>		Borderline <input type="checkbox"/>		Pass <input type="checkbox"/>

§: Performed by supervisor = 1 point; §: Performed with guidance = 2 points; s = seconds
CISAT Cochlear Implant Surgery Assessment Tool

Ek-3 Geri Bildirim Anketi

Tarih:

Katılımcı No:

KOKLEAR İMPLANT CERRAHİSİ EĞİTİMİNDE SANAL GERÇEKLİK ÇALIŞMASI KATILIMCI GERİ BİLDİRİM ANKETİ

	Tamamen katılıyorum	Katılıyorum	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1) Eğitimin başında planlanan eğitimin amaç ve öğrenim hedefleri açıkça belirtildi.				
2) Bu eğitimi temporal kemik anatomisini öğrenmek için faydalı buluyorum.				
3) Koklear implant cerrahisi yapmadan önce model ile cerrahi pratik yapmanın faydalı olduğunu düşünüyorum.				

4) Sanal gerçeklik ile temporal kemik anatomisi eğitimi almanın önemli anatomik yapıların birbirleri ile 3 boyutlu ilişkisini öğrenmemde faydalı olduğunu düşünüyorum				
5) Sanal gerçeklik ile 3D temporal kemik anatomisi eğitimi almanın maket üzerinde yapmış olduğunuz uygulamada size faydalı olduğunu düşünüyor musunuz?				

6) Bu eğitimi tekrar alacak olsanız, Siz neleri daha farklı yapardınız?

.....