



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**



**YUVARLAK PENCEREYE KOMŞU ANATOMİK YAPILARIN
BİRBİRİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN ENDOSKOPIK VE
RADYOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Ahmet Furkan KÜRÜM

**KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ozan Bağış ÖZGÜR SOY**

ANKARA

2025

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**YUVARLAK PENCEREYE KOMŞU ANATOMİK YAPILARIN
BİRBİRİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN ENDOSKOPİK VE
RADYOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Ahmet Furkan KÜRÜM

**KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ozan Bağış ÖZGÜR SOY**

**ANKARA
2025**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi
Tıp Fakültesi Dekanlığı'na,

Tıpta Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum “**Yuvarlak Pencereye Komşu Anatomik Yapıların Birbiri ile Olan İlişkisinin Endoskopik ve Radyolojik Olarak Değerlendirilmesi**” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımda yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Bu tez çalışmasıyla ilgili tüm süreçler Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından, **25.04.2024** tarihinde, **İ05-373-24** numaralı kararla onaylanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Ahmet Furkan KÜRÜM

Tarih:

İmza:

ÖZGÜNLÜK RAPORU



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	Ahmet Furkan kürüm
Ödev başlığı:	Furkan tez
Gönderi Başlığı:	YUVARLAK PENCEREYE KOMŞU ANATOMİK YAPILARIN BİRBİRİ İ...
Dosya adı:	Ahmet_Furkan_Ku_ru_m_Tez_S_ablonu_obo_edit.docx
Dosya boyutu:	12.79M
Sayfa sayısı:	82
Kelime sayısı:	16,253
Karakter sayısı:	112,657
Gönderim Tarihi:	14-Mar-2025 08:12ÖS (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	2611542283

YUVARLAK PENCEREYE KOMŞU ANATOMİK YAPILARIN BİRBİRİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN ENDOSKOPIK VE RADYOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% **16**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **15**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **10**

YAYINLAR

% **6**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

KABUL ve ONAY SAYFASI

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
TEZ SINAVI TUTANAĞI**

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN	
Adı, Soyadı: Ahmet Furkan KÜRÜM	Sınav tarihi: 27 / 03 / 2025
Anabilim/Bilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları	
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ozan Bağış ÖZGÜRSOY	

II. TEZ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Tezin Başlığı: Yuvarlak Pencereye Komşu Anatomik Yapıların Birbiri ile Olan İlişkisinin Endoskopik ve Radyolojik Olarak Değerlendirilmesi	
Tezin Niteliği: <input checked="" type="checkbox"/> Ana Dal Uzmanlık Tezi <input type="checkbox"/> Yan Dal Uzmanlık Tezi	
Kaçıncı tez sınavı olduğu: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3	

III. KARAR	
Yapılan tez sınavı sonucunda yukarıda belirtilen tezin "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak <input checked="" type="checkbox"/> Kabulüne <input type="checkbox"/> Reddine <input type="checkbox"/> Düzeltmeler yapıldıktan sonra tekrar değerlendirilmesine <input checked="" type="checkbox"/> Oy birliği <input type="checkbox"/> Oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

IV. AÇIKLAMALAR	
<i>Lütfen, tezin reddi veya düzeltme istenmesi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız.</i>	

Prof. Dr. M. Kürşat GÖKCAN
Jüri Başkanı
A.Ü.T.F. KBB Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ozan Bağış ÖZGÜRSOY
Jüri Üyesi
A.Ü.T.F. KBB Anabilim Dalı

Doç. Dr. Z. Çiler BÜYÜKATALAY YALDIZ
Jüri Üyesi
A.Ü.T.F. KBB Anabilim Dalı

ÖNSÖZ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi Kliniği'nde uzmanlık eğitimi sürecinde yetişmemi sağlayan ve tez çalışmam boyunca her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Prof.Dr.Ozan Bağış Özgürsoy'a ve Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Kürşat Gökcan başta olmak üzere, uzmanlık eğitimim boyunca eğitimime katkı sağlayan kliniğimizin çok değerli hocaları sayın Prof.Dr.Babür Küçük, Prof.Dr.Gürsel Dursun, Prof.Dr. İrfan Yorulmaz, Prof. Dr. Yücel Anadolu , Prof.Dr. Cem Meço, Prof.Dr. Süha Beton, Doç.Dr. Çiler Büyükkatalay, Doç.Dr. Hazan Başak, Doç.Dr. Emre Ocak ve Doç. Dr.Selçuk Mülazımoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitim sürecimde, tez çalışmamın her aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen, akademik ve sosyal hayatta bilgi ve tecrübeleri ile bize yol gösteren, mentorluğu ile bizleri yönlendiren, kendisi ile çalışmaktan onur duyduğum Sayın Doç. Dr. Emre Ocak'a özel olarak teşekkürlerimi sunmak isterim.

Uzmanlık eğitim sürecimi beraber geçirdiğim tüm asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hastanemiz Radyoloji Anabilim Dalı öğretim üyeleri sayın Prof. Dr. Suat Fitoz, Doç. Dr. Melahat Kul ve Dr. Öğr. Üyesi Seda Kaynak Şahap'a destekleri ve katkıları için ve oldukça yoğun çalışma tempoları içerisinde çalışmaya zaman ayırdıkları için teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olduğunu bildiğim ve desteklerini benden hiç esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimle sonsuz sevgi ve saygımı sunarım.

Dr. Ahmet Furkan KÜRÜM

Ankara, 2025

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Özgünlük Raporu	iii
Kabul ve Onay Sayfası	iv
Önsöz	v
İçindekiler	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	ix
Şekiller Dizini	x
Tablolar Dizini	xii
1. ÖZET	1
2. ABSTRACT	3
3. GİRİŞ VE AMAÇ	5
4. GENEL BİLGİLER	8
4.1. Kulak Embriyolojisi	8
4.1.1. Dış Kulak Embriyolojik Gelişimi	8
4.1.2. Orta Kulak Embriyolojik Gelişimi	9
4.1.3. İç Kulak Embriyolojik Gelişimi	10
4.1.4. Yuvarlak Pencere ve İlişkili Yapıların Embriyolojisi	12
4.2. Kulak Anatomisi	13
4.2.1. Temporal Kemik Anatomisi	14
4.2.2. Dış Kulak Anatomisi	15
4.2.2.1. Kulak Kepçesi (Aurikula)	15
4.2.2.2. Dış Kulak Yolu (DKY)	16
4.2.3. Orta Kulak Anatomisi	17
4.2.3.1. Yuvarlak Pencere Anatomisi	20
4.2.3.2. Timpanik Membran (TM)	22
4.2.3.3. Orta Kulak Kemikçikleri	23
4.2.3.4. Orta Kulak Kasları	25
4.2.3.5. Orta Kulakta Bulunan Diğer Anatomik Yapılar	25
4.2.4. İç Kulak Anatomisi	26
4.2.4.1. Kemik Labirent	27
4.2.4.2. Vestibulum	27
4.2.4.3. Kemik Semisirküler Kanallar	28
4.2.4.4. Koklea	28

4.2.4.5. Corti Organı (Organum Spirale)	30
4.2.4.6. Corti Organının İnervasyonu	31
4.3. İşitme Fizyolojisi	32
4.3.1. Sesin Kokleada İletimi	34
4.3.2. Santral İşitme Yolları	34
4.3.2.1. Koklear Nukleuslar	36
4.3.2.2. Süperior Olivary Kompleks ve Olivokoklear Yolak	36
4.3.2.3. Lateral Lemniskus	38
4.3.2.4. İnférieur Kollikulus	38
4.3.2.5. Medial Genikulat Cisim (MGC)	39
4.3.2.6. İşitme Korteksi	39
4.4. Endoskopik Kulak Cerrahisi	39
4.4.1. Endoskopik Kulak Cerrahisinde Radyolojik Değerlendirme	41
4.5. Koklear İmplantasyon	41
4.5.1. Koklear İmplantasyon Endikasyonları	42
4.5.2. Koklear İmplantasyon Cerrahi Yaklaşımlar	42
4.5.3. Robotik Koklear İmplantasyon	44
5. GEREÇ ve YÖNTEM	46
5.1. Hasta Seçimi	46
5.2. Çalışmada Kullanılan Testler ve Ameliyat ve Ölçüm Tekniği	47
5.2.1. Saf Ses Odyometrik Değerlendirme	47
5.2.2. Yüksek Çözünürlüklü Temporal Bilgisayarlı Tomografi ve 3 Boyutlu Rekonstrüksiyon Değerlendirme	48
5.2.3. Ameliyat Tekniği	50
5.2.3.1. Endoskopik Cerrahi Teknik	50
5.3. Evren ve Örneklem- Güç	52
5.4. İstatistiksel Analiz	52
6. BULGULAR	53
6.1. Demografik ve Genel Bulgular	53
6.2. Endoskopik Ölçümler ve Fustis Alt Tiplendirme Sonuçları	54
6.3. Radyolojik Ölçümler ve Radyolojik Fustis Alt Tiplendirme Sonuçları	54
6.4. Endoskopik ve Radyolojik Ölçümler ve İlişkilendirilmesi	55
6.5. Endoskopik ve 3D Rekonstrüksiyon Fustis Alt Tipleri	57
6.6. Radyolojik ve Endoskopik Ölçümlerle, Radyolojik Fustis Alt Tiplerininin Değerlendirilmesi	57

6.7. Radyoloik ve Endoskopik Farklı Fustis Alt Tiplerinin Karşılaştırılması	58
7. TARTIŞMA	60
8. SONUÇ ve ÖNERİLER	66
8. KAYNAKLAR	68



SİMGELER VE KISALTMALAR

3D	: 3 Boyutlu
a.	: Arter
Ark.	: Arkadaşları
BT	: Bilgisayarlı tomografi
Cm³	: Santimetreküp
dB	: Desibel
DKY	: Dış kulak yolu
DTH	: Dış tüylü hücre
EKC	: Endoskopik kulak cerrahisi
Hz	: Hertz
İTH	: İç tüylü hücre
İAK	: İnternal akustik kanal
Kİ	: Koklear İmplant
KS	: Kraniyal sinir
LOK	: Lateral Olivokoklear
LOKY	: Lateral Olivokoklear Yolak
MGC	: Medial Genikulat Cisim
Mm	: Milimetre
MOK	: Medial olivokoklear
MOKY	: Medial olivokoklear yolak
MR	: Magnetik rezonans
N.	: Nervus
Ort	: Ortalama
PE	: Piramidal eminens
RKİC	: Robotik koklear implant cerrahisi
RW	: Yuvarlak Pencere
SNİK	: Sensörinöral işitme kaybı
SOK	: Superior olivary kompleks
SS	: Standart sapma
SSK	: Semisirküler kanal
TM	: Timpanik Membran
YÇTBT	: Yüksek Çözünürlüklü Temporal Bilgisayarlı Tomografi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Aurikulanın embriyolojik gelişimi.....	9
Şekil 4.2. Dış ve orta kulak embriyolojik gelişimi.....	10
Şekil 4.3. İç kulak embriyolojik gelişimini gösteren şema	11
Şekil 4.4. Otik kese gelişim şemaları	12
Şekil 4.5. Yuvarlak pencerenin embriyolojik gelişimi.....	13
Şekil 4.6. Sağ dış, orta ve iç kulağın genel görünümü	14
Şekil 4.7. Sağ aurikulanın lateralden görünümü	17
Şekil 4.8. Subikulum anatomisi şematik gösterim	19
Şekil 4.9. Retrotimpanik bölge endoskopik anatomisi.....	20
Şekil 4.10. Yuvarlak pencere endoskopik anatomisi	21
Şekil 4.11. Anatomik fustis sınıflaması.....	21
Şekil 4.12. Sağ timpanik membranın lateralden görünümü	22
Şekil 4.13. Orta kulak kemikçikleri anatomisi	24
Şekil 4.14. Timpanik kavitenin önemli anatomik ilişkileri.....	26
Şekil 4.15. Sağ kemik labirentin posteriordan görünümü	27
Şekil 4.16. Sağ membranöz labirentin medialden görünümü	29
Şekil 4.17. Skalaların ve corti organının kesitsel şematik görünümü	31
Şekil 4.18. Corti organının şematik çizimi.....	32
Şekil 4.19. Koklea ses fizyolojisi şematik gösterimi	33
Şekil 4.20. Santral işitme yolları	35
Şekil 4.21. Sağ kokleada medial ve lateral olivokoklear yolların şematik gösterimi	37
Şekil 4.22. Mikroskopik ve endoskopik görüş şematik gösterimi	40
Şekil 4.23. Anatomik yapıların endoskopik cerrahi görüntüsü	40
Şekil 4.24. Yuvarlak pencere bölge anatomisinin yakın incelemesi.....	43
Şekil 5.1. Odyometrik ölçüm için kullanılan cihazlar.....	48
Şekil 5.2. Radyolojik değerlendirmede kullanılan cihazlar	49
Şekil 5.3. Radyolojik kesitler ve 3D modelleme ve radyolojik anatomik ölçümler	49
Şekil 5.4. Endoskopik değerlendirme ve endoskop entegre sistemler	50
Şekil 5.5. Endoskopik anatomik ölçümler endoskopik ve şematik gösterimi.....	51

Şekil 5.6. Endoskopik anatomik ölçümlerin uygulanması	51
Şekil 6.1. Endoskopik ve radyolojik pozitif korelasyonu ve hasta dağılımını gösteren grafik	56



TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. St. Thomas (O' Connor) sınıflaması.....	43
Tablo 6.1. Hastaların genel özellikleri	53
Tablo 6.2. Hastaların endoskopik ölçümlerine göre dağılımı (n=46)	54
Tablo 6.3. Hastaların radyolojik ölçümlerine göre dağılımı	55
Tablo 6.5. Hastaların endoskopik ve radyolojik bulgularının aralarındaki ilişki.....	56
Tablo 6.6. Hastaların endoskopik ve radyolojik RW niş kalınlığı (t) ile RW tegmen-fustis mesafe(h) bulguları arasındaki farkın ilişki düzeyi	56
Tablo 6.7. Endoskopik fustis alt tipi ile 3D fustis alt tipinin karşılaştırılması.....	57
Tablo 6.8. Radyolojik fustis alt tipine göre endoskopik ve radyolojik RW niş kalınlık/RW niş tegmen-fustis mesafesinin karşılaştırılması.....	57
Tablo 6.9. Radyolojik fustis alt tipine göre endoskopik ve radyolojik (RW tegmen-fustis mesafe) - (RW niche kalınlığı) (h-t) karşılaştırması	58
Tablo 6.10. Radyolojik fustis alt tipine göre endoskopik ve radyolojik fustis alt tiplerinin karşılaştırılması	59

1. ÖZET

Amaç: Bu çalışmada ulaşılabildiği ve değerlendirilmesi zor bir anatomiye sahip yuvarlak pencere ve ilişkili anatomik yapıların endoskopik gerçek ölçümleri ile aynı yapıların yüksek çözünürlüklü temporal bilgisayarlı tomografi(BT) ile ölçümlerinin uyumlu ve korele olup olmadığını göstermek ve preoperatif dönemde elde edilen verilerle oluşturulacak 3D (3 Boyutlu) rekonstrüksiyon ile özellikle koklear implant cerrahisi esnasında intraoperatif karşılaşılabilecek zorlukları öngörüp bu zorluklara karşı hazırlıklı olunmasına yönelik bir algoritma ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmaya endoskopik kulak cerrahisi planlanan 24 kadın, 22 erkek toplam 46 hasta dahil edilmiştir. Hastalara ameliyat öncesi rutin YÇTBT (yüksek çözünürlüklü temporal bilgisayarlı tomografi) çekildi ve her hastanın BT ölçümleri multiplanar ve volüme rendered 3D imajlar üzerinden gerçekleştirildi. Tüm hastalarda radyolojik ve intraoperatif endoskopik olarak yuvarlak pencere anatomisi değerlendirildi. Önemli anatomik belirteçler tanımlandı. Değerlendirilen tüm hastaların RW (round window-yuvarlak pencere) niş kalınlığı(t) ile RW niş tegmen-fustis mesafesi(h) ölçümleri yapıldı ve bunların birbirlerine olan oranı(t/h) hesaplandı. Radyolojik imajlar üzerinden 3D modelleme yapıldı. Bu ölçümler endoskopik ve radyolojik olarak karşılaştırılarak aralarındaki ilişki ve korelasyon incelendi.

Bulgular: Hastaların cinsiyeti ve ameliyat tarafı ile endoskopik ve radyolojik olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı($p>0,05$). Endoskopik olarak RW niş kalınlığı (t) ortalaması $0,76\pm 0,23$ mm; RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $1,84\pm 0,34$ mm; RW niş kalınlık(t)/RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $0,41\pm 0,09$ olarak saptanmıştır. Radyolojik olarak RW niş kalınlığı(t) ortalaması $0,91\pm 0,17$ mm; RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $1,98\pm 0,33$ mm; RW niş kalınlık(t)/RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $0,46\pm 0,09$ 'dur. Radyolojik ve endoskopik olarak ölçülen RW niş kalınlığı(t), RW niş tegmeni-fustis arası mesafe(h), (t/h) güçlü bir şekilde anlamlı olarak korele olduğu izlendi($p<0,001$). Ayrıca (h-t) mesafesinin de radyolojik ve endoskopik olarak anlamlı şekilde korele olduğu izlendi($p<0,001$). 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipi Tip A olanların %65,2'sinin (n=15) endoskopik fustis alt tipi Tip A, 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipi tip B olanların %77,3'ünün (n=17) endoskopik fustis alt tipinin Tip B olduğu belirlenmiştir. 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipi ile endoskopik fustis alt tipinin

karşılaştırmasında gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Radyolojik olarak tanımlanan fustis alt tipleri sınıflaması ile endoskopik ve 3D rekonstrüksiyon ile elde edilen fustis alt tipleri arasında anlamlı fark saptanmadı. (t/h) oranı ile radyolojik fustis alt tip sınıflaması arasında anlamlı ilişki saptanmadı($p>0,05$).

Sonuç: Yuvarlak pencere anatomisinin değerlendirilmesinde radyolojik ve endoskopik korelasyon izlenmiştir. Bu da elde edilen 3D rekonstrüksiyonun ve radyolojik bulguların, ameliyat planlamasında, işitme rekonstrüksiyonunu belirlemede, cerrahi esnasında anatomiye hakimiyet sağlamada oldukça yararlı olacağını göstermektedir. Yuvarlak pencere anatomisi kompleks bir yapıya sahip olup, gelişen işitme teknolojileri ile anlaşılması ve yorumlanması daha da önem kazanmaktadır. Çok sınırlı ve küçük bir alan olması nedeniyle, çok daha hassas ölçümler ve değerlendirilmeler yapılmalıdır. Ayrıca daha büyük hasta gruplarını içeren çalışmalar yapılmalıdır. Yapılan çalışmaların yapay zekâ teknolojileri ile de birleştirilerek, 3D modellemeler üzerinden özellikle koklear implant cerrahisine katkı sağlayacağı kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Fustis, yuvarlak pencere anatomisi, Temporal BT, 3D modelleme, endoskopik kulak cerrahisi

2. ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to show whether the endoscopic measurements of the round window and related anatomical structures, which have an anatomy that is difficult to reach and evaluate, are compatible and correlated with the measurements of the same structures with high-resolution temporal computed tomography (HRCT) and to develop an algorithm to predict and prepare for intraoperative difficulties, especially during cochlear implant surgery, with 3D reconstruction to be created with the data obtained in the preoperative period.

Results: No significant correlation was found between the gender of the patients and the side of surgery, endoscopically and radiologically ($p>0.05$). Endoscopically, the mean RW niche thickness (t) was 0.76 ± 0.23 mm; the mean RW tegmen-fustis distance (h) was 1.84 ± 0.34 mm; the mean RW niche thickness (t)/RW tegmen-fustis distance (h) was 0.41 ± 0.09 . Radiologically, the mean RW niche thickness (t) was 0.91 ± 0.17 mm; the mean RW tegmen-fustis distance (h) was 1.98 ± 0.33 mm; the mean RW niche thickness (t)/RW tegmen-fustis distance (h) was 0.46 ± 0.09 . Radiologically and endoscopically measured RW niche thickness (t), RW niche tegmen-fustis distance (h), (t/h) were observed to be strongly and significantly correlated with each other ($p<0.001$). In addition, it was observed that (h-t) distance was also significantly correlated radiologically and endoscopically ($p<0.001$). It was determined that 65.2% (n=15) of the fustis subtype Type A evaluated according to 3D reconstruction had endoscopic fustis subtype Type A, and 77.3% (n=17) of the fustis subtype Type B evaluated according to 3D reconstruction had endoscopic fustis subtype Type B. In the comparison of the fustis subtype evaluated according to 3D reconstruction and endoscopic fustis subtype, a significant difference was found between the groups ($p<0.05$). No significant difference was found between the radiologically defined fustis subtypes classification and the fustis subtypes obtained by endoscopic and 3D reconstruction. No significant relationship was found between the (t/h) ratio and the radiological fustis subtype classification ($p>0.05$).

Conclusion: Radiological and endoscopic correlation was observed in the evaluation of the round window anatomy. This shows that the obtained 3D reconstruction and radiological findings will be very useful in surgical planning, determining hearing reconstruction, and mastering the anatomy during surgery. The round window anatomy has a complex structure, and its understanding and interpretation are becoming more important with developing hearing

technologies. Since it is a very limited and small area, much more precise measurements and evaluations should be made. In addition, studies should be conducted that include larger patient groups. We believe that the studies conducted will contribute to cochlear implant surgery, especially through 3D modeling, by combining them with artificial intelligence technologies.

Keywords: fustis, RW anatomy, HRCT, 3D reconstruction, endoscopic ear surgery



3. GİRİŞ VE AMAÇ

İşitme, doğadaki maddelerin titreşimi ve hareketi sonucu oluşan basınç değişikliğinin yarattığı ses dalgalarının, dış kulak aracılığıyla iç kulağa iletilmesi ve burada sinir hücrelerinin uyarılarak, akustik stimülasyonun beyne iletilmesi sonucu, algılanması olarak tanımlanır.

Ses dalgalarının dış ortamdan dış kulak yardımıyla alınıp, beyinde işlenip algılanması esnasında, titreşimler hava ortamdan amplifiye edilerek sıvı ortama aktarılır ve hareket enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülerek işitme gerçekleştirilir. İşitmeyi temel olarak mekaniksel ve elektriksel olarak iki kısımda inceleyebiliriz. Mekanik kısım; dış kulakta (kulak kepçesi ve dış kulak yolu) ve orta kulakta (timpanik membran ve kemikçik zincir) bulunan yapıların oluşturduğu *iletim yolunu*, elektriksel kısım; iç kulakta (koklea, korti organı ve koklear sinir) bulunan yapıların oluşturduğu *sensörinöral sistemi* meydana getirmektedir. Bu yolakta meydana gelen kısmi veya tamamen meydana gelen kayıplar “işitme kaybı” olarak adlandırılmaktadır(1). Genel olarak işitme kayıpları iletim yolundaki patolojilerden kaynaklı ise *iletim tipi işitme kaybı*, sensörinöral sistemi kapsayan patolojilerden kaynaklı ise *sensörinöral tip işitme kaybı* olarak adlandırılır.

Koklear implantasyon(Kİ) herhangi bir dış, ve orta kulak patolojisi olmayan ileri ve çok ileri sensörinöral işitme kayıplı hastaların rehabilitasyonunda başarılı sonuçlar veren bir yöntemdir(2). Kokleanın ilk elektriksel stimülasyonu 200 yıl önce yapılmış olmasına rağmen, sensörinöral işitme kaybının restorasyonu amacıyla koklear implant uygulanması son 30 yılda mümkün olmuştur(3). İntrakoklear stimülasyon ilk kez 1961 yılında Los Angeles’ta W.House tarafından uygulanmıştır. Daha sonra 1973 yılında W.House ilk kez erişkin bir hastada, 1980 yılında ilk kez bir çocuk hastada koklear implant uygulamasını gerçekleştirmiştir. Ülkemizde ise ilk koklear implant tatbiki 1987 yılında Dr. Bekir Altay tarafından Eskişehir’de gerçekleştirilmiştir(3).

Koklear implantasyon cerrahisinde kullanılan konvansiyonel teknik, 1961 yılında House tarafından tanımlanan “Mastoidektomi- Posterior timpanotomi” yaklaşımıdır(3). Posterior timpanotomi yapıp, fasiyal resese ulaşıldıktan sonra, implant elektrodu yuvarlak pencere membranını geçerek kokleaya ilerletilir. Elektrodun ilerletilmesi esnasında, yuvarlak pencere membranı her zaman görünür olmayabilir ve elektrod yanlış anatomik yapılara ilerletilebilir. Yuvarlak pencere ve ilişkili olduğu anatomik bölgenin oldukça komplike ve karmaşık olması

nedeniyle bu tür komplikasyonlar yaşanabilmektedir. Yuvarlak pencere membranını görünür kılmak için cerrahi esnasında yuvarlak pencere nişi turlanarak, membran görünür hale getirilmeli ve elektrodun doğru yere insert edilebilmesi için anatomik göstergeler doğru belirlenmelidir. Başarılı bir koklear implantasyon için en önemli faktörlerden birisi preoperatif temporal BT ile anatomik yapıların değerlendirilmesi ve cerrahi esnasında doğru yaklaşım ile anatomik landmarkların ortaya konularak, elektrodun doğru yere yerleştirilmesini mümkün kılan anatomi bilgisi ve cerrahi tecrübedir(4). Anatomiye hakimiyet arttıkça olası bu tür komplikasyonlar da belirgin şekilde azalmaktadır.

Otolojik ve nörotolojik cerrahide endoskop otolaringologlar tarafından 1990'lı yıllardan bu yana kullanılmaktadır ve deneyimler giderek artmaktadır(5). Endoskopik kulak cerrahisi son yıllarda popüler olan bir tekniktir. Kulak ameliyatı gibi hassas cerrahilerde ameliyat mikroskobu belirli bir alanın görüntüsünü büyütür ve o alanda hassas çalışmamızı sağlar. Fakat mikroskop ile görebildiğimiz alan dar bir alandır ve kulak gibi çok fazla kıvrımı ve boşlukları olan alanlarda cerrahi alanın görüntülenmesi güçleşmektedir. Endoskopik kulak cerrahisinde kullandığımız endoskoplar ışığın direkt olarak yansımaları ve duyarlı ve gelişmiş kameralar ile geniş ve açılı görüş alanı sağlamalarından ötürü anatomiye daha fazla hâkim olunmasını sağlamaktadır(6). Mezotimpanum, fasiyal reses, sinüs timpani, hipotimpanum, attik ve tuba üstaki gibi kör noktaları mikroskoplarla görüntülemek her zaman mümkün olamamaktadır(7). Mikroskopik cerrahiye göre görüş alanı daha geniş ve anatomik yapıların görüntülenmesi daha iyidir. Çoğu zaman mikroskop ile görüntülenmesi zor olan sinüs timpani, fasiyal reses, anterior epitympanyum, tubal bölge gibi yapılar gerek sıfır derece gerekse açılı endoskoplar yardımı ile görüntülenerek cerrahi esnasında önemli anatomik yapıların korunmasına olanak sağlar(6).

Koklear implant cerrahisi esnasında implant elektrodu transmembranöz olarak yuvarlak pencereden iç kulağa iletilmektedir. Bu açıdan yuvarlak pencere ve ilişkili anatomik yapıların birbiri ile olan ilişkisi, cerrahinin uygulanabilirliği ve komplikasyon riski açısından önem teşkil etmektedir. İmplant cerrahisi esnasında posterior timpanotomi sonrası yuvarlak pencerenin görünebilir olması her zaman mümkün olmamaktadır. Elektrod insersiyosu için, yuvarlak pencere görünebilirliği artırılmalıdır. Bunu sağlamak amacıyla yuvarlak pencere nişi turlanarak, pencere görünür hale getirilebilir. Yuvarlak pencere nişi, yuvarlak pencere üzerinde adeta bir tente gibi uzanmakta ve yapısı kişiden kişiye değişmektedir. Bazı hastalarda daha kalın olmakta, daha fazla turlama gerektirmektedir. Turlamanın fazla yapılması da olası komplikasyon riskini artırmaktadır. Mikroskopik cerrahi esnasında anatomik belirteçler her zaman doğru tayin edilememektedir. Ayrıca karmaşık bir anatomiye sahip olması nedeniyle,

elektrodun çoğunlukla hipotimpanyum olmak üzere farklı ve yanlış yerlere insersiyosu literatürde sıklıkla belirtilmektedir(4, 8). Endoskopik kulak cerrahisinin sunmuş olduğu anatomiye daha iyi görüntüleme imkânı sayesinde, yuvarlak pencere ve ilişkili yapıların anatomisi daha doğru değerlendirilecek ve birbiri ile olan ilişkileri daha sağlıklı tanımlanacaktır. Ameliyat öncesi çekilecek olan temporal BT ile aynı bölge anatomisi, endoskopik elde edilen verilerle kombine edilip, koklear implant cerrahisi öncesi, cerrahi hazırlık aşamasında ve cerrahi esnasında, cerraha daha fazla hakimiyet sağlayıp, komplikasyon riskini azaltmada oldukça faydalı olacaktır.

Bu çalışmada ulaşılması ve değerlendirilmesi zor bir anatomiye sahip yuvarlak pencere ve ilişkili anatomik yapıların endoskopik gerçek ölçümleri ile aynı yapıların yüksek çözünürlüklü temporal BT ile ölçümlerinin uyumlu ve korele olup olmadığını göstermek ve preoperatif dönemde elde edilen verilerle oluşturulacak 3D rekonstrüksiyon ile özellikle koklear implant cerrahisi esnasında intraoperatif karşılaşılabilecek zorlukları öngörüp bu zorluklara karşı hazırlıklı olunmasına yönelik bir algoritma ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu sayede cerrahi öncesi dönemde, rutin yapılacak temporal BT değerlendirilmesi ile elektrot insersiyosu esnasında karşılaşılabilecek sorunlara karşı hazırlıklı olunacak ve ortak bir yaklaşım elde edilmeye çalışılacaktır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Kulak Embriyolojisi

Kulak birden fazla embriyolojik kökenden ortaya çıkan kompozit bir yapıdır. Embriyolojik gelişim esnasında görülen 3 farklı germ yaprağından (ektoderm, mezoderm, endoderm) dış kulak, orta kulak ve iç kulak yapıları gelişir(9). Genel olarak bakıldığında dış ve orta kulak yapıları brankial ve faringeal ark, yarık ve ceplerden gelişirken, iç kulak yapısı farklı olarak ektodermin oluşturduğu ‘otik plakod’dan köken almaktadır(9).

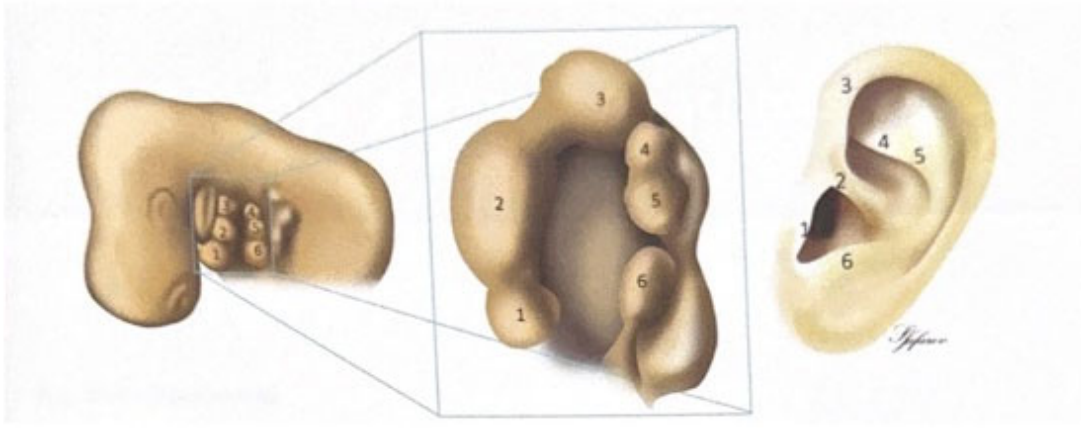
4.1.1. Dış Kulak Embriyolojik Gelişimi

Dış kulak olarak adlandırılan bölüm, aurikula(pinna), dış kulak yolu (DKY) ve timpanik zarın dış bölümünden oluşur(10).

Dış kulak yolu, birinci yutak(faringeal) yarığının sırtından gelişir. Bu huni şeklindeki tüpün altındaki ektodermal hücreler çoğalır ve kalın epitel plağı (meatal plug) oluşturur. Fötal evre sonunda bu plağın ortasındaki hücreler dejenere olur ve dış kulak yolunun iç parçasını oluşturan boşluğu yaparlar(10). 8. haftada cep derinleşmeye başlar, 12. haftada epitelize olur(11). Doğum sonrası yaklaşık 3 yaşında DKY kemikleşir. Erişkin boyutuna 9. yaşta ulaşır(10).

Aurikula; birinci ve ikinci brankial arkuslardan köken alan, ‘his tepecikleri’ adı verilen 6 adet auriküler tepecikten gelişir(9). Bu tomurcuklar yaklaşık olarak 12. haftada aurikulayı oluşturmaya başlar(12). Tragus ve heliks 1. arkustan, antitragus, antiheliks ve lobül ise 2. arkustan gelişir. Yüz gelişimi boyunca aurikula başlangıçtaki inferior konumundan daha lateral ve kraniyale doğru yer değiştirir(9). (Şekil 4.1)

Timpanik membran; 1. faringeal poş ile 1. brankiyal yarık arasındaki faringeal membrandan köken alır. Son halini DKY rekanalizasyonu esnasında alır(9). Timpan zarın dış yüzü yüzey ektoderminden, iç yüzü ise tubotimpanik resesin endoderminden gelişir. 1. ve 2. faringeal poş mezodermi de timpanik membran gelişiminde rol alır(10).



Şekil 4.1. Aurikulanın embriyolojik gelişimi

Aurikulanın birinci ve ikinci brankiyal ark kaynaklı His tepciklerinden gelişimi

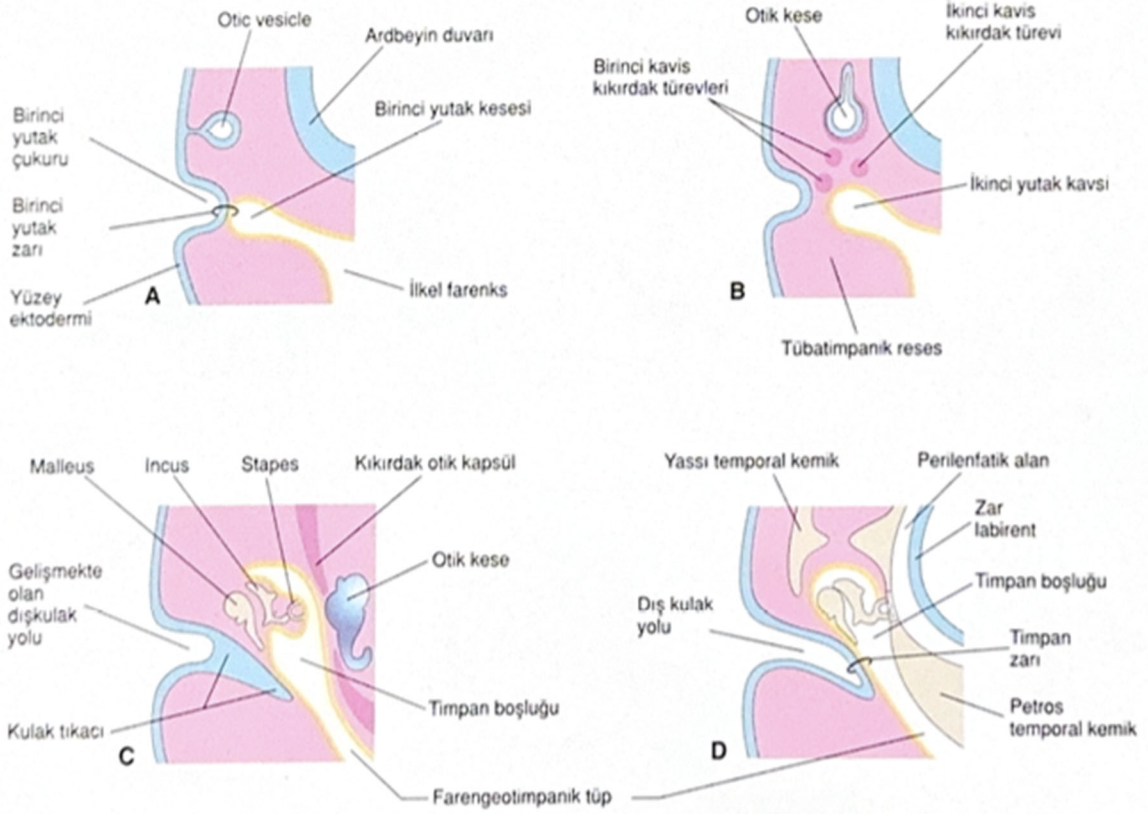
(Bajin, M., *Aurikula ve Temporal Kemiğin Embriyonik Gelişimi. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi, TM Önerci, Editor, 2021: p. 1-5.*)

4.1.2. Orta Kulak Embriyolojik Gelişimi

Birinci brankiyal yarığın uzayıp genişlemesiyle oluşan tubotimpanik resesten, timpanik kavite ve östaki tüpü meydana gelir. Proksimal kısmı östaki tüpünü, distal kısmı ise timpanik kaviteyi meydana getirir(10). Kulak kemikçikleri mezenşim kondensasyonu ile brankiyal arkuslardan gelişir. Malleus ve inkus birinci brankiyal arkustan, stapes ise ikinci brankiyal arkustan gelişir. Stapes tabanı ise diğer kemikçik yapılarından farklı olarak, otik kapsülden meydana gelir(9, 13). Gelişimin 9. ayı boyunca kemikçikleri saran mezenkim, dejenere olur ve timpanik kaviteyi oluşturan endoderm kemikçikleri de örter ve kemikçikleri timpanik duvara sabitleyen yapılarla ligamentleri de meydana getirir. (Şekil 4.2)

Tensor timpani kası 1. brankiyal ark mezoderminden, stapedius kası ise 2. brankiyal ark mezoderminden köken almakta ve bununla paralel inervasyonları da sırasıyla trigeminal sinir (5. KS), fasiyal sinir (7.KS)'den olmaktadır(9, 11).

Timpanik kavite mastoid parçaya doğru büyüyüp, genişleyerek mastoid antrumu meydana getirir. Yenidoğanda; mastoid antrum neredeyse erişkin boyutundadır ve mastoid hücreler bulunmaz(10). Mastoid hava hücreleri, 2 yaşa kadar mastoid apeks gelişene kadar gelişmez(9).



Şekil 4.2. Dış ve orta kulak embriyolojik gelişimi

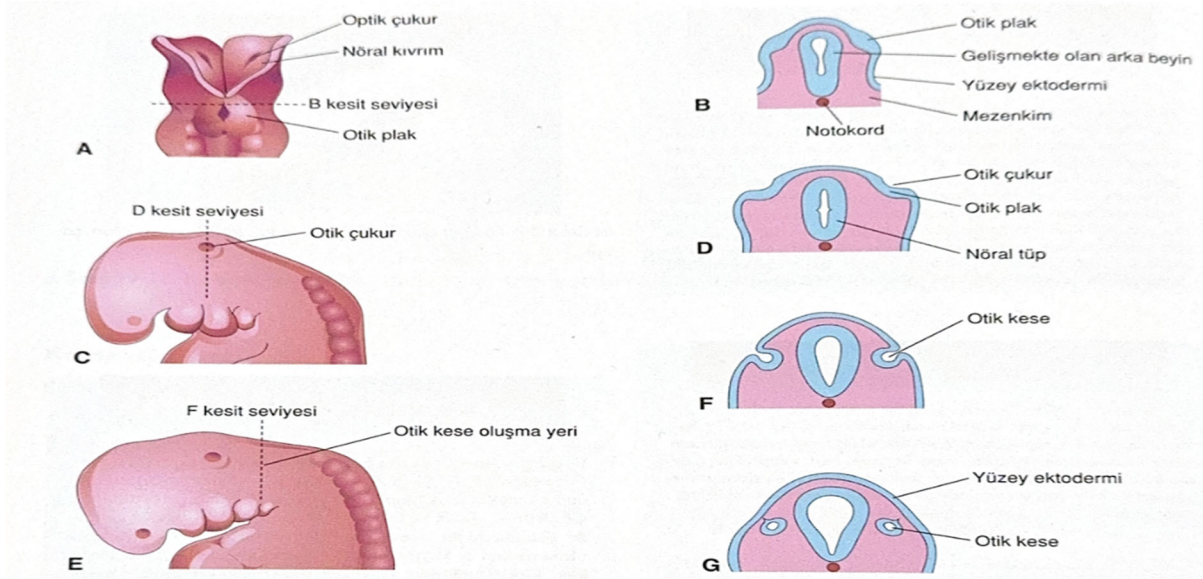
Bu bölgelerle iç kulağın primordiumu olan otik kese ilişkileri gözlenmektedir: *A*, 4 haftalık, otik kesenin yutak apparatus ile ilişkisi gözleniyor, *B*, 5 haftalık, tübotimpanik reses ve yutak kavisi kıkırdakları görülmekte, *C*, Daha sonraki evre, Tübotimpanik reses (ileride buradan timpan kavitesi ve mastoid antrum oluşur.) kemikçikleri sarmaya başlar, *D*, Kulak gelişiminin son evresi, orta kulağın perilenf aralığı ve dış kulak yolu ile bağlantısı gözleniyor. Timpan zarı 3 germ tabakasından gelişir; ektoderm, mezoderm ve tübotimpanik resesin endodermi.

(Moore, K. and P. TVN, *İnsan embriyolojisi, Klinik Yönleri ile. Yıldırım M, Okar İ, Dalçık H (Editörler). 6ncı Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2002: p. 503-510.*)

4.1.3. İç Kulak Embriyolojik Gelişimi

İç kulak diğer bölümlerden en erken gelişmeye başlayan ve yapılarının tamamı ektoderm tabakasından köken almaktadır(10). Gelişimin üçüncü haftasında dış ektoderm kalınlaşmasıyla posterior beyin komşuluğunda ‘otik plakod’ gelişir. Otik plakod zamanla önce ‘otik çukuru’, sonrasında ‘otokist’i meydana getirir(9). Vestibülokoklear gangliyon, otokistin ventralinden gelişir. Embriyonun 1. ayında, otokistin dorsomedial kısmından endolenfatik

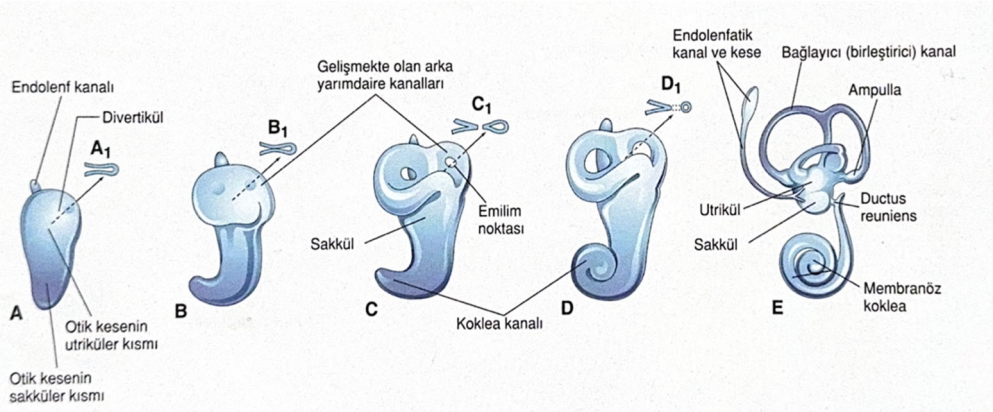
kanal, kalan kısmından ise pars superior ve pars inferior olmak üzere 2 kısım oluşur. Endolenfatik kanal uzayıp genişleyerek, pars superiora distalden bağlanan endolenfatik keseyi oluşturur. Pars inferiorun ventral ucu ise primordial kokleayı oluşturur(9). Ayrıca sakkulus da pars inferiorundan oluşur. 7. haftada koklear kanaldan spiral organ gelişir. Semisirküler kanallar, pars superiorundan köken alır. 9. Haftaya gelindiğinde ise membranöz labirentin etrafındaki mezenşim dönüşerek, otik kapsül kıkırdağını oluşturur(9). Ardından bu kıkırdak yapısı pnömatische olarak perilenfatik boşluğu meydana getirir. Otik kapsül daha sonra kemikleşerek petröz kemiği oluşturur. İç kulak erişkin boyut ve şekline fetal dönemin ortalarında (20-22 hafta) ulaşır(10). (Şekil 4.3, Şekil 4.4)



Şekil 4.3. İç kulak embriyolojik gelişimini gösteren şema

A-4 haftalık embriyonun dorsal görünümü (22 günlük), otik plaklar gözlenmekte, **B, D, F** ve **G**- Otik keselerin gelişim aşamalarını gösteren koronal kesitler, **C** ve **E**- 24 ve 28 günlük embriyoların kafa bölgelerinin kranial görüntüleri

(Moore, K. and P. TVN, *İnsan embriyolojisi, Klinik Yönleri ile*. Yıldırım M, Okar İ, Dalçık H (Editörler). 6ncı Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2002: p. 503-510.)



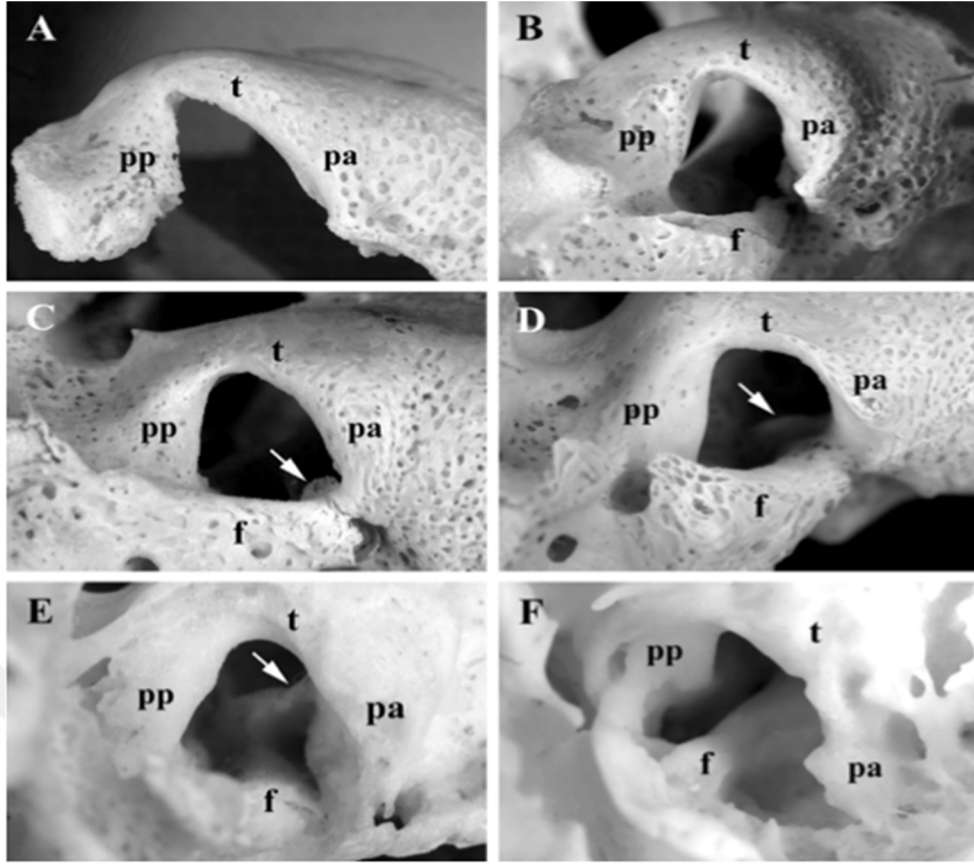
Şekil 4.4. Otik kese gelişim şemaları

İç kulaktaki membranöz ve kemik labirent gelişimi gözlenmekte: **A-E**, Yandan görünüm, 5. haftadan 8. haftaya kadar, otik kesenin membranöz labirente dönüşümü, **AI-DI**, Yarımdaire kanallarının gelişiminin şematik çizimi görülmekte.

(Moore, K. and P. TVN, *İnsan embriyolojisi, Klinik Yönleri ile*. Yıldırım M, Okar İ, Dalçık H (Editörler). 6ncı Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2002: p. 503-510.)

4.1.4. Yuvarlak Pencere ve İlişkili Yapıların Embriyolojisi

Yuvarlak pencere ve ilişkili yapılar, otik kapsülden gelişmektedir. Yuvarlak pencere nişinin gelişimi fetal gelişimin 16. haftasında anterior, posterior ve superior duvarın gelişimi ile başlar. 17.haftada inferior duvar gelişimi başlar. 23. haftada niş yapısının en belirgin yapısı olan ve kemik çıkıntı şeklinde inferior duvarı oluşturan fustis yapısı meydana gelir. 20. haftadan itibaren tüm duvarlar büyümeye başlar ama en fazla büyüme anterior duvarda olur. Bu duvarda timpanik sinir ve anterior timpanik arter yer almaktadır. Anterior ve superior duvar intramembranöz ossifikasyon ile, inferior duvar ise perikondriyal ossifikasyon ile gelişir. Yuvarlak pencere gelişimini doğumda tamamlamış ve son haline ulaşmış olduğu izlenmektedir(14). (Şekil 4.5)



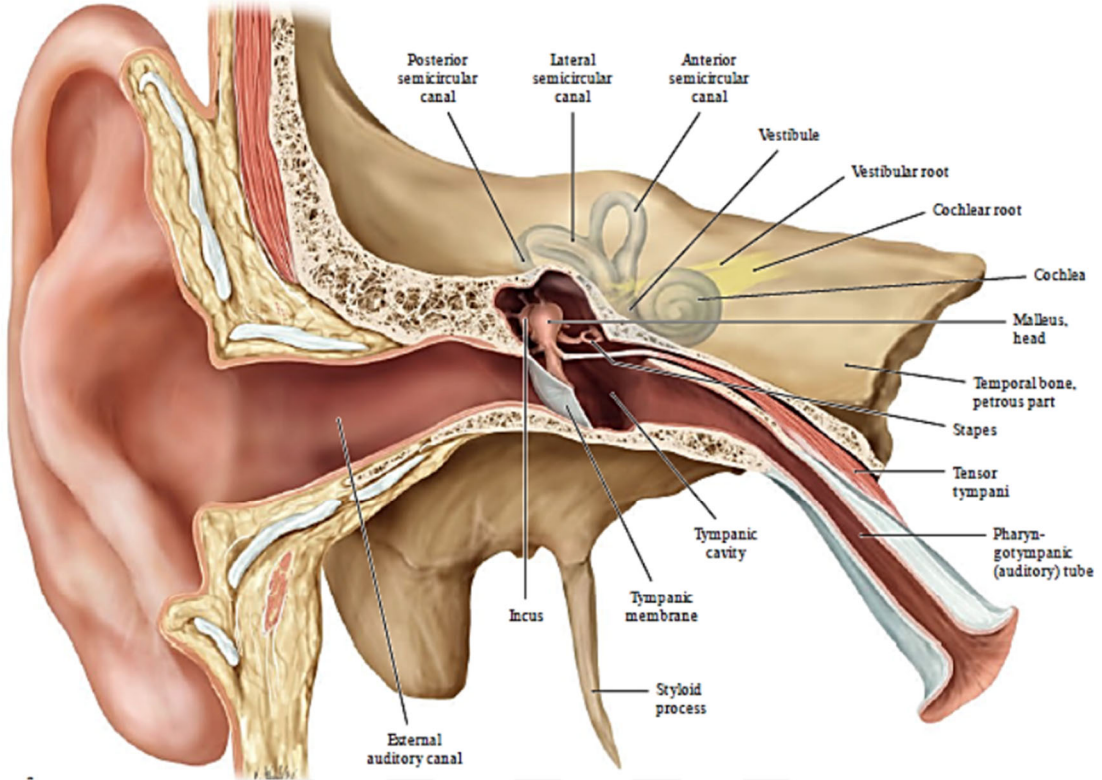
Şekil 4.5. Yuvarlak pencerenin embriyolojik gelişimi

Yuvarlak pencere nişinin fetal 16. haftadan(A) yenidoğan dönemine (F) kadar gelişimi (f-fustis, pa-postis anterior, pp-postis posterior t-yuvarlak pencere tegmeni, ok-yuvarlak pencere krest)

(Tóth, M., et al., *Development and surgical anatomy of the round window niche. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 2006. **188**(2): p. 93-101.)

4.2. Kulak Anatomisi

İşitme ve denge yapılarını içeren kulak, kafatasının her iki yanında bulunan temporal kemik içine yerleşmiştir(15). Kulak anatomisi genel hatlarıyla dış, orta ve iç olarak 3 bölümde incelenmektedir.(Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Sağ dış, orta ve iç kulağın genel görünümü

(Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Atlas of Anatomy Volume:3 Head, Neck, and Neuroanatomy, Second Edition, Thieme, 2015.)

4.2.1. Temporal Kemik Anatomisi

Kulağın içerisine yerleştiği temporal kemik 5 ana kısımdan oluşur; Skuamöz kısım, mastoid kısım, timpanik kısım, petröz kısım ve stiloid çıkıntı.

1. *Skuamöz Kısım*: Superiorda yer alan düz, ince kemiktir. İç kısımda yer alan en belirgin yapı olan orta meningeal artere bağlı oluk bu kısımda yer almaktadır. Linea temporalis inferior ile dış kısımda mastoid kısımdan ayrılır. Skuamöz parça üzerinde yer alan tempoal kas, seviye olarak orta fossa durasının alt sınırına denk gelen linea temporalis inferiora sonlanır(16).

2. *Mastoid Kısım*: Posteriolateralde yerleşmiştir. DKY posteriosuperiorunda yerleşmiş olan ‘Henle Spine’, bu kısımdaki en belirgin landmarktır. Sınırlarını linea temporalis inferior, Henle Spine’den DKY’ye teğet geçen bir çizgi ve DKY posterior duvarından teğet geçerek linea temporalis inferiora dik çizilen çizgilerin oluşturduğu, cerrahi olarak tanımlanmış, yaklaşık 10-15 mm derininde mastoid antrumun bulunduğu ‘Maceven Üçgeni’ mastoid kısımda

yer almaktadır. Mastoid kısmın posterioinferiorunda sigmoid sinüs bulunmaktadır. Mastoid kemik pnömatize olmuş hücreler içermektedir. Mastoid kemiğin inferiorunda digastirik kasın orijin noktası olan mastoid apeks bulunmaktadır. Kasın tutunma oluşunun anteriorunda stilomastoid foramen izlenmektedir. Fasiyal sinirin vertikal kısmı mastoid parça içerisinde seyretmektedir. Fasiyal sinirin vertikal kısmından, duyu dalı olan korda timpanin ayrılması da bu kısımda olur(16).

3. *Timpanik Kısım*: Silindir şeklinde ve skuamöz parça ile DKY'yi oluşturur. En medial kısmında kulak zarının oturduğu timpanik anulus yer alır. Anulus üstteki Rivinus çentiği nedeniyle tam bir halka yapısı oluşturmaz. Bu kısmı skuamöz kemik örter ve bu kısma 'Skutum' adı verilmektedir. Vagus sinirinin dalı olan Arnold siniri timpanomastoid sütün içinden geçerek, DKY'na dağılır (16).

4. *Petröz Kısım*: Piramid şeklinde bir yapısı vardır. Otik kapsülü de içermektedir. Anterior yüzü, temporal lobun oturduğu kısımdır ve en belirgin landmark superior semisirküler kanalın oluşturduğu arkuat eminens yapısıdır. Ayrıca içerisinde majör superfisiyal petrozal sinir ve meningeal arterin geçtiği fossa bu kısımda bulunmaktadır. Posterior yüzünde ise; fasiyal sinir, vestibulokoklear sinir, n. İntermedius(Wrisberg siniri), a. Auditiva interna bulunan internal akustik kanal(İAK) bulunmaktadır(16).

5. *Stiloid Çıkıntı*

4.2.2. Dış Kulak Anatomisi

Dış kulak anatomisini incelediğimizde temel olarak aurikula (kulak kepçesi) ve meatus akustikus eksternus(dış kulak yolu) olmak üzere temel iki kısımdan oluştuğu görülmektedir.

4.2.2.1. Kulak Kepçesi (Aurikula)

Temel görevi dış çevreden gelen akustik uyarıyı toplamak olan aurikula, dış kısmı deri ile, altında perikondriyum ile çevrelenmiş fibroelastik kıkırdaktan oluşmaktadır. Girift bir yapısı olup, iç yüzeyi dış bükey yapıda, dış yüzeyi iç bükey yapıdadır. Akustik uyarıyı toplamak üzere özelleşen aurikula, çok sayıda girintili çıkıntılı yapıdan meydana gelmektedir. (Şekil 4.7)

Aurikular kartilaj, çeşitli destek yapılarla, etrafındaki dokulara bağlanmaktadır. Aurikula; ekstrensek olarak anterior, superior, posterior kaslar ve interensek olarak da anterior, posterior, superior ligamanlar ve interensek 6 adet kas ile çevre dokulara bağlanmaktadır. Aynı şekilde dış kulak yolunun kemik kısmına fibröz bağlarla bağlanmıştır.

Aurikulanın vasküler anatomisi incelendiğinde; arteriyal kanlanmasının eksternal karotid arterin dalları olan posterior auriküler arter, oksipital arter ve süperfisiyal temporal arter dallarından sağlandığını, venöz direnajının ise arterlerle eş isimli venlerle eksternal ve internal juguler venlere döküldüğünü görmekteyiz. Aurikulanın lenfatik dolaşımı ise primer olarak preaurikuler, parotideal, retroauriküler ve yüzeysel servikal lenf nodlarına olmaktadır(15, 16).

Aurikulanın inervasyonuna bakıldığında; duyuşal inervasyonu esas olarak N.Trigeminusun dalı olan n. Aurikulotemporalis tarafından sağlanırken, kavum konka bölümünün duyuşal inervasyonu N.Fasiyalis ve N. Vagus'un dalları tarafından sağlanmaktadır. Posterior deri kısmının ve lobüle kısmının duyuşal inervasyonu ise 2. ve 3. Servikal spinal sinirlerin dalları olan n. occipitalis minör ve n. auricularis magnus tarafından alınmaktadır(15, 16).

4.2.2.2. Dış Kulak Yolu (DKY)

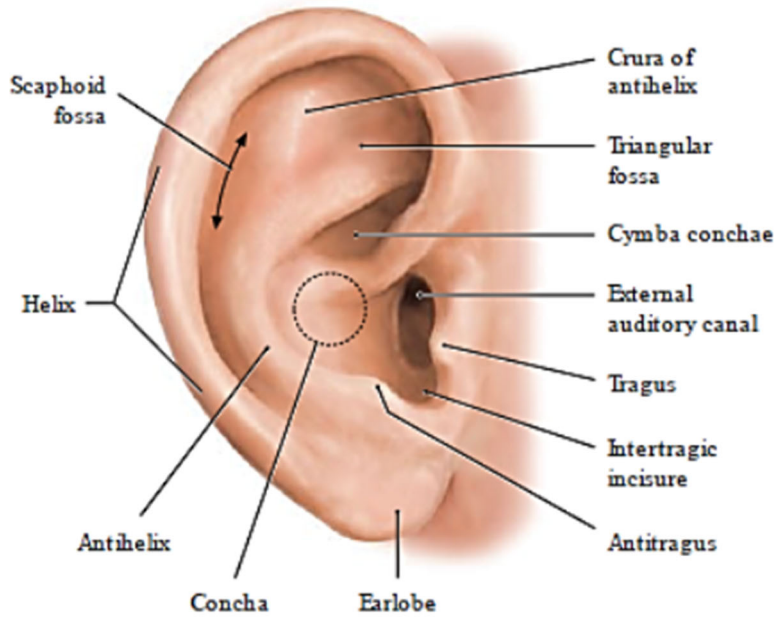
Dış kulak yolu esas olarak, aurikulaı kulak zarına bağlayan S şeklinde bir geçit olarak adlandırılabilir. DKY'nin üçte birlik lateral kısmı kıkırdaktan, üçte ikilik medial kısmı kemik dokudan meydana gelmektedir. Kanalin anterioinferior çapı ile posterioinferior çapı arasındaki farktan dolayı, timpan membran kanal içerisinde oblik yerleşimlidir. Özellikle transkanal yaklaşımlarda daha da önem kazanmakla birlikte, kanalın en dar yeri kartilaj ve kemik yapının birleştiğı, isthmus bölgesidir(16).

Lateraldeki kıkırdak kısmın üzerini örten cilt dokusu subkutan dokuya ve yapısında kıl folikülleri, sebace glandlar gibi yapıları içerirken, medialdeki kemik kısmı örten cilt dokusu subkutan dokuya sahip değildir. DKY'nin çatısı temporal kemiğin skuamöz parçası tarafından, taban ve anterior, posterior duvarları temporal kemiğin timpanik parçası tarafından meydana gelmektedir(17). Anatomik komşuluklarına baktığımızda anteriorda temporomandibular eklem ve parotis ile komşu olduğı görülmektedir. Santorini fissürleri kıkırdak kısımda bulunan parotis bezi ile DKY'yi birbirine bağlayan ve enfeksiyonların yayılımında rol alan önemli bir yapıdır.

Superior duvarı, attik kısmından ince bir kemik yapı ile ayrılır. Lateralde ise orta fossa ile komşuluk halinde ve kalın bir kemik yapı ile ayrılır. Posteriorunda mastoid hücreler ve fasiyal sinir mastoid segmenti ile yakın ilişkidir. Anterior duvarı glenoid fossanın posterior sınırını oluşturur ve mandibula kondiline komşudur(16).

DKY vasküler anatomisi incelendiğinde, arteriyel beslenmesinin internal maksiller arterin derin aurikuler arter dalı tarafından, venöz direnajının ise süperfisiyel temporal ven ve posterior auriküler ven tarafından sağlandığı görülmektedir.

DKY duysal inervasyonunun farklı bölgelerde farklı sinirler tarafından alınmaktadır. Superioanterior kısmının duysunu n. mandibularisin aurikulotemporal dalı, inferioposterior kısmının duysunu n. vagusun aurikuler dalı (Arnold siniri) ile n. fasiyalis ve n. glossofarengusun dalları alır(16).



Şekil 4.7. Sağ aurikulanın lateralden görünümü

(Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Atlas of Anatomy Volume:3 Head, Neck, and Neuroanatomy, Second Edition, Thieme, 2015.)

4.2.3. Orta Kulak Anatomisi

Orta kulak; dış kulak kısmı ile iç kulak arasında bulunan, birçok fonksiyonu olan ve içerisinde önemli anatomik yapılar bulunduran, önemli komşulukları olan yaklaşık 0,4-0,5 cm³

hacme sahip yapı olarak tanımlanabilir. Normal sağlıklı orta kulak yapısı, mukoza ile örtülü olan, içerisi hava dolu olan boşluktur. Anatomik olarak hegzogonal bir yapıda olup, bu boşluğu çevreleyen altı duvar bulunmaktadır. Lateral duvarda; timpanik membran, medial duvarda; kokleanın bazal kıvrımı tarafından oluşturulan, kemik ile çevrelenmiş promontoryum, anterior duvarda; östaki kanalı ve arteria carotis interna, posterior duvarda; mastoid kısım hücreleri, süperior duvarda(çatı); tegmen timpani ve inferior duvarda, internal juguler ven tarafından oluşturulan juguler bulb bulunmaktadır.

Orta kulak boşluğu kendi içerisinde farklı alt bölümlere ayrılmaktadır. Horizontal planda TM (Timpanik membran)'ye çizilen hayali superior ve inferior çizgi ile; epitimpanyum üstte, mezotimpanyum ortada, hipotimpanyum altta, retrotimpanyum posteriora, protimpanyum anteriora olacak şekilde 5 kısma ayrılır.

Mezotimpanyum: DKY'dan bakıldığında timpanik sulkus izdüşümüne denk gelen alana mezotimpanyum denir(18, 19). Medial yüzünde 3 adet sinüs yapısı bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla superiordan inferiora posterior sinüs, sinüs timpani ve sinüs subtimpanikumdur. Yuvarlak pencere sinüs subtimpanikumda, oval pencere ve stapes posterior sinüste yer almaktadır. Funikulus adı verilen yapı ile sinüs subtimpanikum, hipotimpanyumdan ayrılır. Sinüs subtimpanikum ile posterior sinüs arasında, sinüs timpani bulunur. Pontikulus adı verilen yapı ile de sinüs timpani ve posterior sinüs birbirinden ayrılır. Sinüs timpaniyi ise yuvarlak pencereden subikulum adı verilen yapı ayırır(20). (Şekil 4.8)

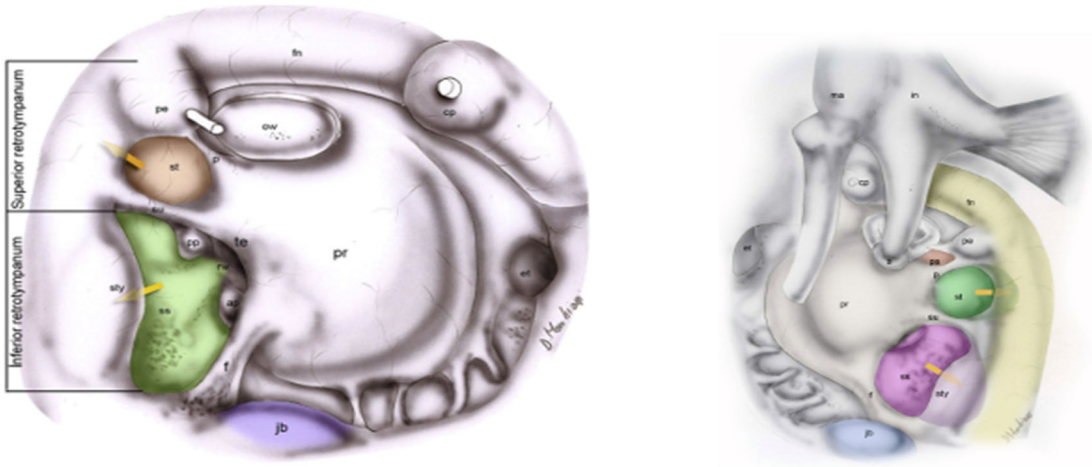
Promontoryumun, yuvarlak pencere membranının üzerini örten kısmına 'yuvarlak pencere nişi' adı verilir. Özellikle koklear implant ameliyatlarında membrana ulaşmak için nişi turlamak gerekmektedir(21).

Hipotimpanyum: Orta kulak boşluğunun timpanik sulkus altında kalan kısmıdır. Yüksek yerleşimli juguler bulbus durumunda, bulbus hipotimpanyuma taşar.

Epitimpanyum: Tensor timpani kası ve kokleiform çıkıntı ile mezotimpanyumdan ayrılır. Superiorda tegmen timpani yer alır. Malleus ve inkus bu kısımda yer alır. Malleus boynu ile pars flaksida arasında kalan boşluğa 'prussak boşluğu' adı verilir(22).

Protimpanyum: Mezotimpanyum anteriorunda, epitimpanik sinüs inferiorunda yerleşmiş bölgeye verilen isimdir. Östaki tüpü girişi ve karotid kanal burada bulunur.

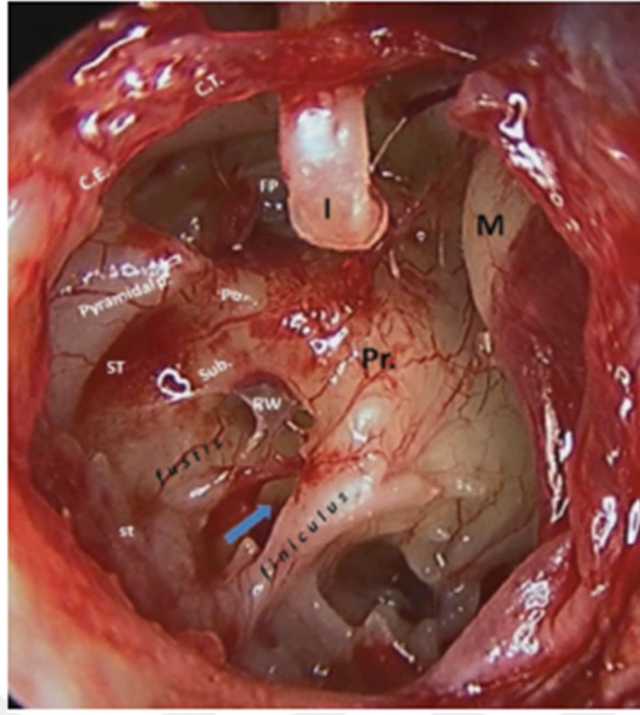
Retrotimpanyum: Kavitenin posterior kısmını oluşturmaktadır. Özellikle mikroskopik enstrümanlarla ekspozisyonu sınırlı bir bölgedir. Yuvarlak pencere nişinin posterioruna doğru uzanan dens kemik çıkıntıya *subikulum*, anteriorundan uzanan dens kemik çıkıntıya *funikulus* adı verilmektedir. Piramidal eminens (PE) bu bölgenin en belirgin anatomik landmarkı olarak tanımlanabilir. PE lateralinde fasiyal reses, medialinde timpanik sinüs yer almaktadır. Timpanik sinüs, oval pencere inferiorundan posteriora uzanan *pontikulus* tarafından ikiye bölünmektedir. Pontikulus inferiorunda, subikulum superiorunda yer alan alana *sinüs timpani* denilmektedir(18, 23). (Şekil 4.9)



Şekil 4.8. Subikulum anatomisi şematik gösterim

(ap:anterior pillar, cp:kokleiform proses, f:funikulus, jb:juguler bulb, p: pontikulus, pe:piramidal eminens, pp:posterior pillar, st: sinüs timpani, te: yuvarlak pencere tegmen, rw:yuvarlak pencere)

(Nogueira, J.F., et al., *Endoscopic anatomy of the retrotympanium. Otolaryngologic Clinics of North America*, 2013. 46(2): p. 179-188.)



Şekil 4.9. Retrotimpanik bölge endoskopik anatomisi

(sub.-subikulum, st-sinüs timpani, po-pontikulus)

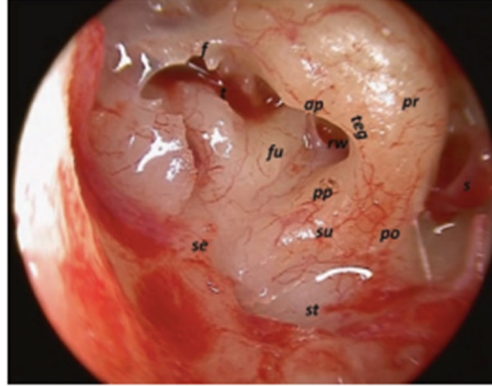
(Mansour, S., et al., *Comprehensive and clinical anatomy of the middle ear*. 2019: Springer.)

4.2.3.1. Yuvarlak Pencere Anatomisi

Yuvarlak pencere anatomisi, yuvarlak pencere nişi ve onun çevrelediği yuvarlak pencere membranından oluşmaktadır. Yuvarlak pencere nişi; anteriorda funiculus, posteriorda subiculum arasında yerleşmiştir. Yuvarlak pencere nişi anterior ve posterior pillar adı verilen iki adet sütun ile tabanda fustis üzerine oturmaktadır. Anterior ve posterior pillar yapıları en tepede, tegmen adı verilen yuvarlak pencere nişinin en tepe noktasını oluştururlar. Subiculum; yuvarlak pencere nişinin posterior pillar yapısından stiloid prominense uzanarak sinüs timpaniyi inferiordan sınırlar. Funiculus; anterior pillar yapısından juguler kabarıntıya uzanarak, retrotimpanyumu hipotimpanyumdan ayırır. Yuvarlak pencere anatomisinin en önemli belirteci; yuvarlak pencere tabanını oluşturan dens kemik çıkıntı olan fustistir. Fustis yapısı, yuvarlak pencere tabanında, uzanımı yuvarlak pencere membranını gösteren, stiloid prominensi, kokleanın basal kıvrımına bağlayan yapıdır. (Şekil 4.10)

Marchioni ve arkadaşları tarafından fustis anatomik olarak, yerleşimi ve uzanımına göre iki tipe ayrılmıştır. *Tip A*; direkt olarak stiloid proeminensten yuvarlak pencere membranına uzanmakta, doğrultusu direkt skala timpaniyi göstermektedir. *Tip B*; stiloid proeminensten

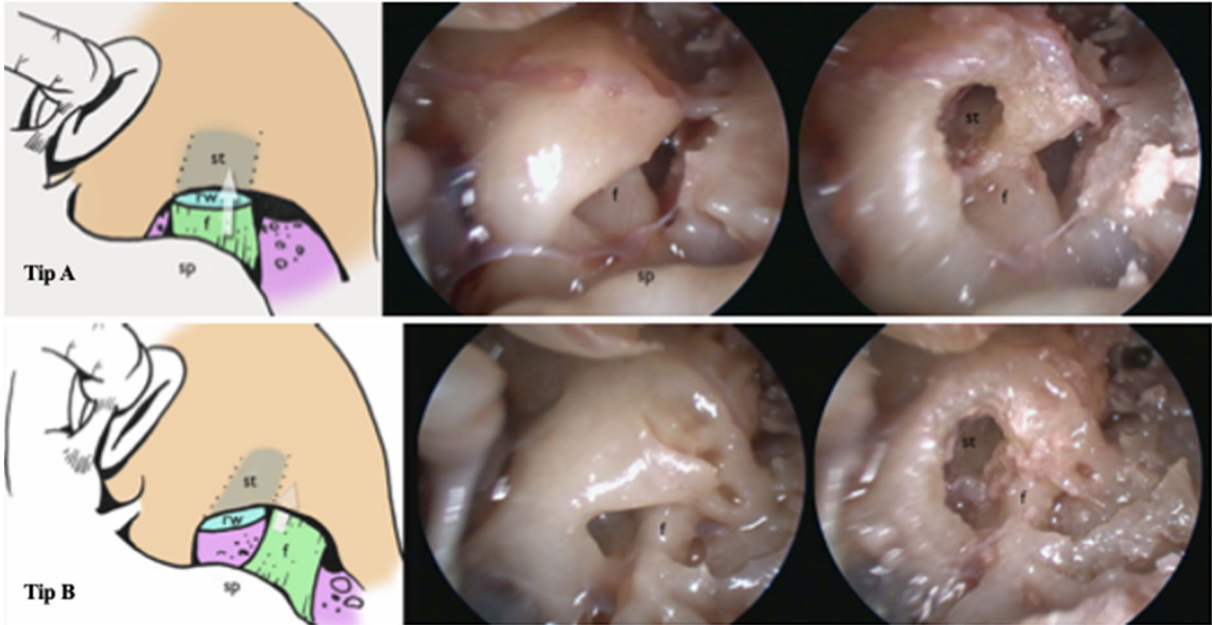
uzanıp, yuvarlak pencere membranını anteriordan çaprazlamakta ve membranın hemen önünde yer almaktadır. Uzanımı skala timpani'nin altında kalmakta ve skala timpani tabanını oluşturmaktadır(24).(Şekil 4.11)



Şekil 4.10. Yuvarlak pencere endoskopik anatomisi

Yuvarlak pencere ve ilişkili yapılar anatomisi (su-subikulum, st-sinüs timpani, po-pontikulus, ap ve pp-anterior ve posterior pillar, f- funikulus, fu-fustis)

(Mansour, S., et al., *Comprehensive and clinical anatomy of the middle ear*. 2019: Springer.)



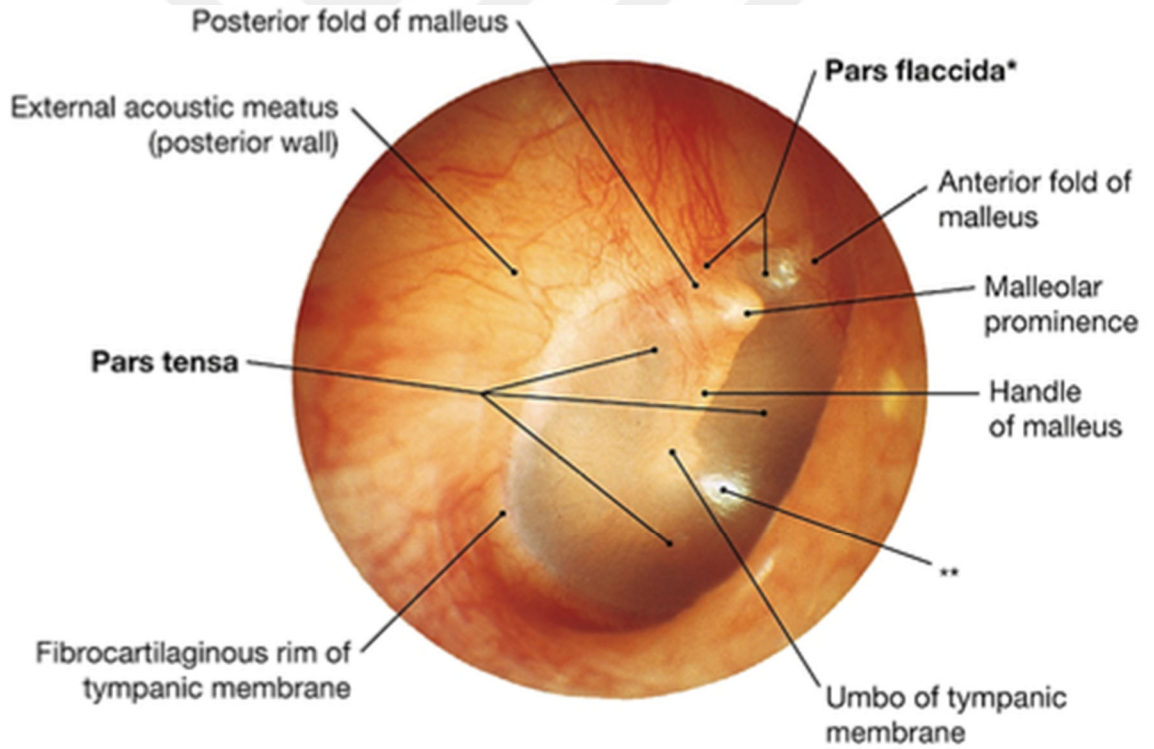
Şekil 4.11. Anatomik fustis sınıflaması

Tip A ve Tip B fustis şematik ve endoskopik gösterimi (f-fustis, sp-stiloid proeminens, st-skala timpani, rw-yuvarlak pencere)

(Marchioni, D., et al., *Round window chamber and fustis: endoscopic anatomy and surgical implications. Surgical and Radiologic Anatomy*, 2016. **38**: p. 1013-1019.)

4.2.3.2. Timpanik Membran (TM)

Orta kulak ve dış kulak arasında oblik olarak yerleşmiştir. Vertikal ekseninde çapı yaklaşık 9-10 mm, horizontal ekseninde çapı yaklaşık 8-9 mm'dir. Kalınlığı ortalama 0,1 mm kadar olup, zar boyunca farklılık gösterdiği alanlar mevcuttur. TM anterior ve posterior malleolar ligaman ile temel olarak pars flaksida ve pars tensa olmak üzere 2 kısımda incelenmektedir. Bu iki bölgede zar yapısı da farklılık göstermektedir. Pars flaksida'da zar, pars tensaya göre daha kalındır. Pars tensa daha yoğun ve gergin bir yapıya sahipken, pars flaksida daha az yoğunlukta ve daha gevşek yapıdadır. Pars tensada, daha düzenli doku yapısı görülürken, pars flaksida'da daha dağınık bir yapı karşımıza çıkmaktadır. (Şekil 4.12) TM, fibröz anulus yapısı ile, temporal kemiğin anulus adı verilen sulkusuna tutunur. Fibröz anulus yapısı, pars flaksida'da bulunmaz ve bu kısım rivinus çentiği olarak adlandırılır. Malleusun manibrium kısmı zara posteriordan yapışık şekilde yerleşmiştir. Manibrium en medialda, zarın apeks kısmında Umbo ismini alır.



Şekil 4.12. Sağ timpanik membranın lateralden görünümü

(Hombach-Klonisch S, Klonisch T, Peeler J. Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy Volume: 1, First Edition, Munich: Elsevier, 2019.)

4.2.3.3. Orta Kulak Kemikçikleri

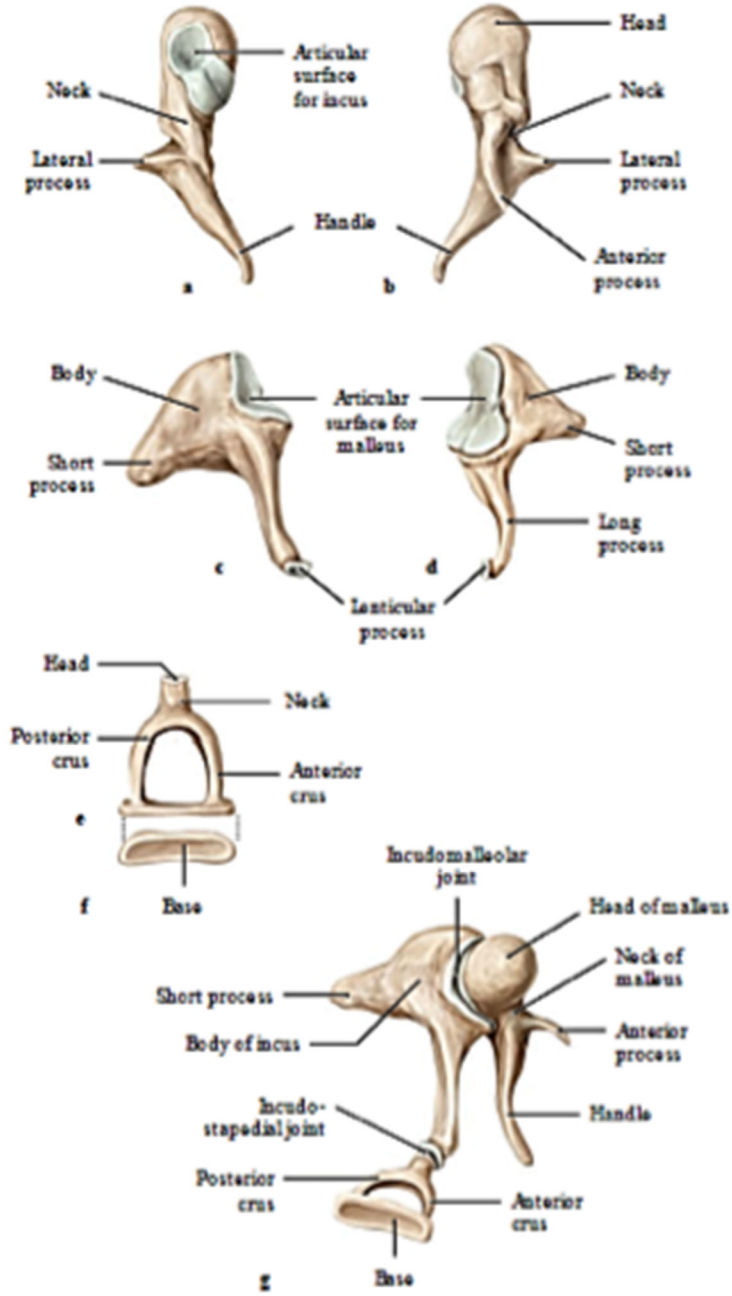
Orta kulakta; malleus, inkus ve stapes adı verilen 3 adet kemikçik yer almaktadır. (Şekil 4.13)

Malleus: Malleus çeşitli kısımlardan oluşmaktadır; Kaput, kollus, manibrium, anterior ve lateral proses. Malleus çeşitli bağlar ve ligamanlarla çevre dokulara bağlanır. Kaputu, epitimpanyum tavanına bağlayan süperior malleolar ligaman, epitimpanyum ön duvarına bağlayan anterior malleolar ligaman ve kollumu rivinus çentiğine bağlayan lateral malleolar ligaman bulunmaktadır.

İnkus: İnkus 3 kısımdan meydana gelmektedir; korpus, krus brevis ve krus longus. Korpus parçası, malleus ile eklem yapar. Krus brevis parçası epitimpanyuma uzanır ve posterior inkudal ligaman tutunur. Krus longus parçası ise lentiküler proses denilen kısmı ile stapes başı ile eklem yapar. Korpus, krus brevis ve krus longustan oluşur. Korpus kısmı malleusun caputu ile eklem yapar ve medial ve lateral inkudomalleolar ligamanlar ile bu eklem desteklenir.

Stapes:

Vücuttaki en küçük kemik yapı olup, annular ligamanlar yardımıyla tabanı oval pencereye oturur. Kaput, kollum, ön ve arka krus ve taban kısımlarından oluşmaktadır (15).



Şekil 4.13. Orta kulak kemikçikleri anatomisi

a ve b; malleusun arkadan ve önden görünümü; c ve d; inkusun medial ve ön lateralden görünümü; e ve f; stapesin üstten ve medialden görünümü; g; kemikçik zincirinin medialden görünümü]

(Schünke M, Schulte E, Schumacher U. *Atlas of Anatomy Volume:3 Head, Neck, and Neuroanatomy, Second Edition, Thieme, 2015.*)

4.2.3.4. Orta Kulak Kasları

Orta kulakta m. tensör timpani ve m. stapedius olmak üzere iki kas yapısı bulunmaktadır.

M. Tensör timpani, origosunu östaki tüpü kartilaj kısmı ve sfenoid kemik büyük kanat üzerinden yapıp, semicanalis musculi tensoris timpani içinde ilerleyerek, orta kulağa girip, malleus boynuna yapışır. Fonksiyonu, yüksek akustik uyarın halinde malleusu medialize ederek, zarın ve kemikçik üzerinden olan mekanik iletimin azaltılmasıdır. Kasın motor inervasyonu N. Trigemini'nin medial pterigoid kasa giden dalı tarafından sağlanmaktadır.

M. Stapedius ise origosu piramidal eministen olup, stapes'e uzanmaktadır. Yüksek akustik uyarım esnasında stapes tabanını oval pencereden uzaklaştırarak, iletimi azaltır ve iç kulak korunmasında görev almış olur. Motor inervasyonunu N. Fasiyalis'in stapedia dalı tarafından sağlanır(16).

4.2.3.5. Orta Kulakta Bulunan Diğer Anatomik Yapılar

Orta kulak hem yerleşim olarak hem de ihtiva ettiği anatomik yapılar açısından oldukça önemli bir yapıdır. (Şekil 4.14)

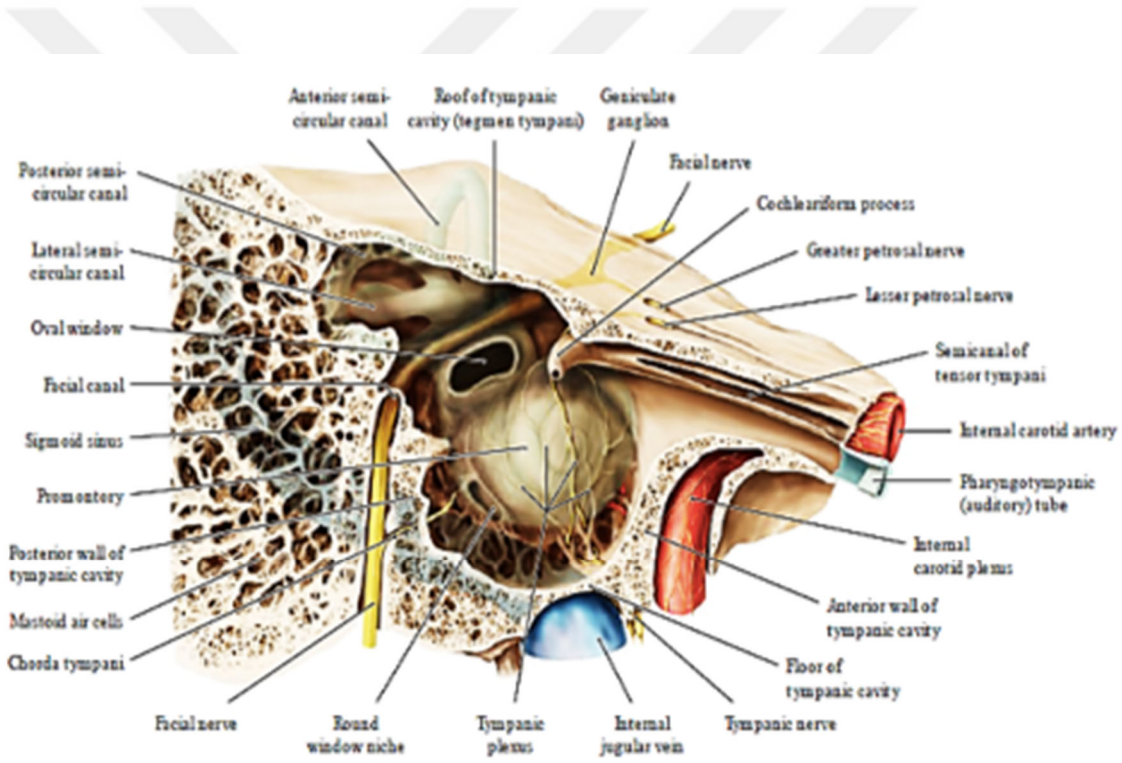
Fasiyal sinir seyri bir kısmı orta kulakta olmaktadır. Fasiyal sinirin timpanik parçası orta kulakta bulunmaktadır. Bu segment fasiyal sinir kanalının dehanslarının en çok görüldüğü kısımdır. Fasiyal sinirin ilk dirseği ile ikinci dirseği arasında kalan kısmı içermektedir. Fasiyal sinir, stapes tabanının hemen yanından geçer ve lateral semisürküler kanalın inferiomedialinde yerleşmiş olduğu görülür. Fasiyal sinirin ilk dirseğini oluşturan genikulat gangliyon, m. Tensör timpani kasının tutunduğu kokleiform prosesin superioposteriorunda yer alır. Fasiyal sinirin duyu dalı olan korda timpani, malleus ve inkusu çaprazlayarak seyrederek(22).

Medial duvarda, kokleanın bazal kıvrımı tarafından oluşturulan promontoryum ve üzerinde N.glossofaringeusun timpanik dalı olan Jacobson siniri, oval ve yuvarlak pencere yer alır. Fasiyal reses, sinüs timpani kavitesinin lateralinde yer alır(22) ve resesin sınırlarını korda timpani, fasiyal sinirin mastoid segmenti ve fossa inkudis oluşturur(25). Fasiyal reses bölgesi, posterior timpanotomi cerrahisinde ekspoz edilen alandır. Reses yardımcı ile yuvarlak pencere

nişine erişim sağlanır ve yuvarlak pencere membranı üzerinden koklear implant kokleaya doğru iletirilir(22).

Koklear akuaduktus, orta kulak medialinde seyreden, skala timpaniden başlayarak hipotimpanumda laterale dirsek yaparak juguler foramenin anteriorunda genişleyerek sonlanır(12, 22).

Orta kulağın arteryel beslenmesi; maksiller arterin dalı olan arteria timpanika anterior, posterior aurikular ve stilomastoid arterin dalı olan arteria timpanika posterior, asendan faringeal arterin dalı olan arteria timpanika inferior, arteria meningea media'nın dalı olan arteria timpanika superior, arteria carotis interna'nın dalı olan arteria karotikotimpanik dalı tarafından oluşmaktadır(16, 17).



Şekil 4.14. Timpanik kavitenin önemli anatomik ilişkileri

(Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Atlas of Anatomy Volume:3 Head, Neck, and Neuroanatomy, Second Edition, Thieme, 2015.)

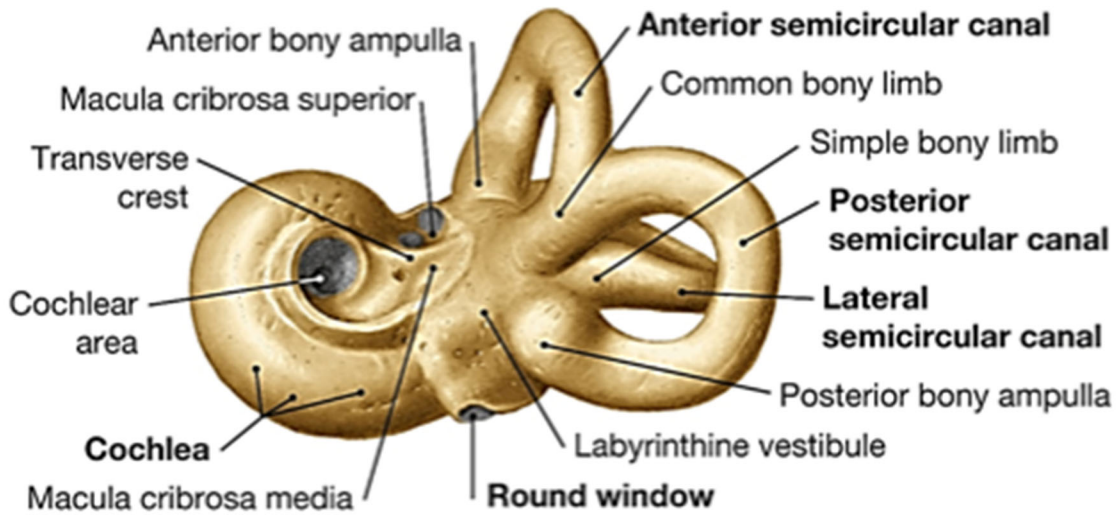
4.2.4. İç Kulak Anatomisi

Temporal kemiğin petröz kısmı içerisinde yerleşen ve vestibüler ve işitsel stimulusların işlenip santral iletimin sağlandığı yapıyı iç kulak olarak tanımlamaktayız. İç içe geçmiş temel

iki kısımdan meydana gelmektedir; membranöz ve kemik labirent. Kemik labirent, membranöz olanı dışardan sarar.

4.2.4.1. Kemik Labirent

Kemik labirent; vestibulum, osseöz semisirküler kanallar, koklea, akuaduktus vestibüli ve akuaduktus koklea kısımlarında oluşmaktadır. (Şekil 4.15)



Şekil 4.15. Sağ kemik labirentin posteriordan görünümü

(Hombach-Klonisch S, Klonisch T, Peeler J. Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy Volume: 1, First Edition, Munich: Elsevier, 2019.)

4.2.4.2. Vestibulum

Kemik labirentin içerisinde hem koklea ile hem de vestibüler kısımlarla doğrudan bağlantılıdır. Orta kulakla olan bağlantısını, lateral yan duvarında bulunan vestibüler ve koklear fenestralar yardımıyla sağlamaktadır. Anterior kısmında skala vestibüli ile, posterior duvarı ile posterior SSK (semisirküler kanal) ampullası ile, superior duvarı ile lateral SSK ve süperior SSK ile bağlantı halindedir. Medial kısmında ise eliptik ve sferik resesler ve bunların içerisinde sırasıyla utrikulus ve sakkulus bulunmaktadır. Eliptik resesin posteriorunda vestibüler akuaduktus yer alır. Ayrıca koklear duktusun başlangıcını meydana getiren koklear reses de vestibüler akuaduktusun inferiorunda yer alır(17).

4.2.4.3. Kemik Semisirküler Kanallar

Anterior (süperior), posterior ve lateral (horizontal) olmak üzere bir dairenin üçte ikisi kadar büyüklükte 3 kanaldan oluşur. İpsilateral üç kanalın buldukları düzlemler birbirine dik açı ile yerleşmiştir. Kontralateral aynı kanallar, birbirleri ile aynı düzlem içerisinde yerleşmişlerdir. 3 kanal birbirleri ile bağlantı halindedir. Anterior kanalın posterior bacağı, posterior kanalın anterior bacağı ile birleşerek, krus kominiyi oluşturur. Kanalların tüm uçları vestibülüne açılır. Anterior ve lateral kanal ampullası, vestibülümün superioruna, posterior kanal ampullası ise vestibülüm posterioruna açılır(16, 17).

4.2.4.4. Koklea

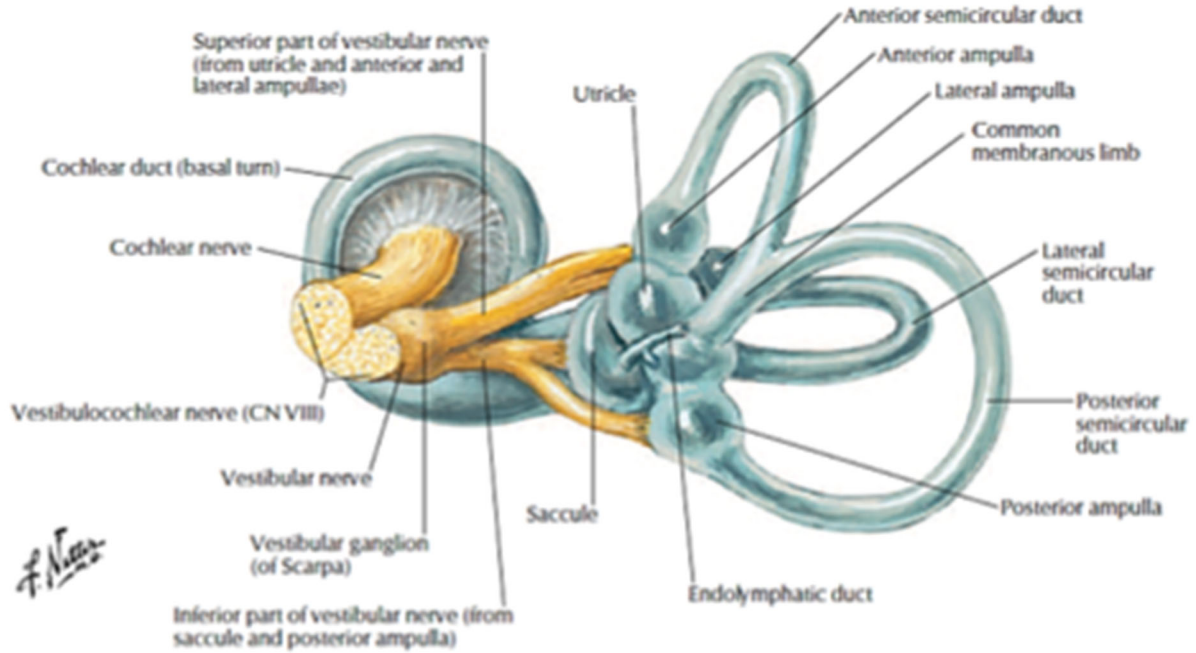
Vestibülün anteriorunda, modiulus, kanalis spiralis koklea ve lamina spiralis ossea adı verilen üç kısımdan oluşur. Kanalis spiralis koklea, sarmal şeklinde modiulusu sarar ve modiulusu yaklaşık 1 1/4 tur kadar çevreler. Tabanı basis koklea ve tepesi apeks koklea olarak adlandırılır. Modiolusta bulunan Corti organı (gangliyon spirale koklea)'dan çıkan 8. kranial sinir lifleri birleşerek vestibulokoklear siniri meydana getirir. Kanalis spiralis koklea kör bir uçla sonlanır(12).

Lamina spiralis ossea, skala vestibüli ve skala timpani olarak spiral kanalı ikiye ayıran modiolustan köken alan kemik lameldir. Skala vestibüli, vestibulum ile bağlantılı, skala timpani ise fenestra koklea aracılığıyla orta kulak boşluğuyla bağlantılıdır. Sarmal şeklinde birbiri üzerine ilerler ve skala vestibüli, skala timpani apekte birleşerek "Helikotrema" olarak adlandırılır. Lamina spiralis ossea, kanalis spiralis kokleanın medial duvarına tutunurken lateral duvarına tutunmaz(12). Lamina spiralis osseanın serbest kenarı ile kanalis spiralis osseanın lateral duvarı arasında baziler membran yer alır. Baziler membran üzerinde Corti organı yer alır.

Akuaduktus vestibuli: Vestibul medial duvarında konumlanır. Petröz kemiğin superioposteriorunda subarkuat fossa'da sonlanır. Bu yapı duktus endolenfatikusunu ihtiva eder.

Akuaduktus koklea: Başlangıcı skala timpani olan ve subaraknoid boşlukla bağlantısı bulunan, içerisinde duktus perilenfatikusunu ihtiva eden yapıdır.

Membranöz Labirent: Membranöz semisirküler kanallar, utrikulus, sakkulus, korti organı, duktus perilenfatikus, duktus endolenfatikus ve duktus koklearisten oluşur ve kemik labirent içerisinde bulunmaktadır. (Şekil 4.16)



Şekil 4.16. Sağ membranöz labirentin medialden görünümü

(Netter FH. Atlas of Human Anatomy, 7th Edition. Elsevier, 2018.)

Membranöz Semisirküler Kanallar: Kemik semisirküler kanallar içerisinde bulunur ve kemik boşluğun yaklaşık %20 kadarını oluşturur. Dışında kalan yaklaşık %80 kısmı perilenf oluşturur(12).

Membranöz ampulla içerisinde özelleşmiş nöroepitel tabaka bulunur ve bu tabaka sensörinöral ve destek hücrelerini içerir. Bu özelleşmiş alanlara krista ampullaris adı verilmektedir. Ayrıca bu tabakanın üzeri jelatinöz kupula olarak isimlendirilen bir madde ile kaplanmıştır. Anterior, posterior ve lateral ampullar sinirler, krista ampullaris'ten duyu sinirleri olarak afferent uçları ile başlar, ardından bu sinirler utrikular ve sakkular sinirleri oluşturur, bu sinirler de birleşerek süperior ve posterior vestibular sinirleri meydana getirirler.

Utrikulus: Superior, posterior ve lateral semisirküler kanalların tamamının açıldığı, vestibülüm medial duvarında eliptik reses içinde konumlanmış yapıdır. Utrikulosakküler duktus, utrikulusa açılır. İç kısmında bulunan makula, denge ile ilgili özelleşmiş hücreleri içeren bölümdür ve makuladan utrikuler sinir afferent başlangıcı bulunur.

Sakkulus: Vestibul içerisine sferik reses adı verilen yapı içinde yerleşmiştir. Medial yüzünde sakkular sinir afferent başlangıcı yer alan makula adı verilen özelleşmiş yapı yer alır. Utrikulosakküler duktus ve sakkulusu, koklear duktusa bağlayan duktus reuniens, sakkulusa açılır(12).

Duktus Endolenfatikus: Duktus utrikulosakkülaris ile bağlantılı olarak başlar ve akuaduktus vestibuli içerisinde seyreder. Sakkus endolenfatikusa açılır.

Duktus Perilenfatikus: Akuaduktus koklearis içinde yer alır. Skala timpani ile subaraknoid boşluk arasında uzanır.

Duktus Koklearis: Başlangıcı koklear reses, sonlanımı koklea apeksi olan ve kanalis spiralis koklea içerisinde yerleşmiş kısımdır. Başlangıcında duktus reuniens ve sakkulus ile bağlantı halindedir. Duktus koklearis kesitlerde 3 duvarlı yapı olarak izlenir. Üst duvarda koklear duktus ve skala vestibuliyi ayıran Reissner membranı, dış duvarı ligamentum spirale, alt duvarda ise baziler membran bulunmaktadır. Dış duvarda bulunan stria vasküleris yapısı endolenf üretmekten sorumlu kısımdır(26).

4.2.4.5. Corti Organı (Organum Spirale)

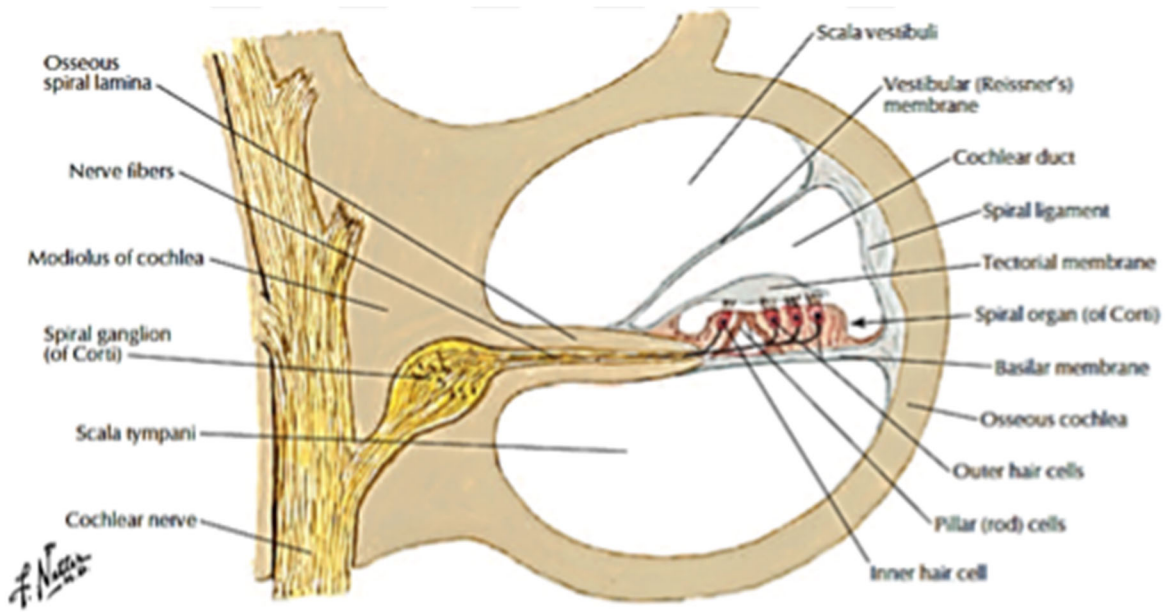
Altında baziler membran, üzerinde tektoryal membran ile örtülü olan, destek ve afferent ve efferent sonlanımı olan duyu hücrelerinden oluşan, işitme organı olarak da adlandırılan, işitmenin temel birimi denilebilecek yapıdır. (Şekil 4.17 ve 4.18)

Bazı destek hücreleri Cladius, Boettcher, Hensen, Deiters, pillar ve iç sınır hücreleridir. Duyu hücreleri ise dış tüylü hücre (DTH) ve iç tüylü hücre (İTH)'lerden meydana gelmektedir. Hücrelerin yaklaşık %70'i DTH, %30'u İTH tarafından oluşturulur. DTH'ler üç sıra, İTH'ler ise tek sıra halinde dizilmişlerdir. İTH düz şekilli stereosilyalara, DTH apekslerinde W veya U şeklinde stereosilyalara sahiptirler(27). DTH'lerin stereosilyaları tektoryal membran ile temas ederken, İTH'lerin stereosilyaları temas etmez. Kokleanın bazalinden apeksine doğru gittikçe stereosilyaların sayıları ve boyları artar. Baziler membran hareket edince tektoryal membran da hareket eder ve böylece stereosilyalar da uyarılır.

4.2.4.6. Corti Organının İnervasyonu

İç ve dış tüylü hücrelerinin bazal yüzeyi afferent ve efferent sinir sonlanmaları ile devamlılık halindedir. Spiral gangliondaki periferik sinirlerin uzantıları, afferent ve efferent sonlanımları, santral uzantıları ise koklear siniri oluşturur.

İTH, afferent sinapsların %90-95 kadarını, İTH ise efferent sinapsların büyük bir kısmını almaktadır. DTH, baziler membran özelliklerini ve uyarılabilirliğini değiştirerek frekans seçiciliği ve ses amplitüdünü artırmada görevlidirler(27).



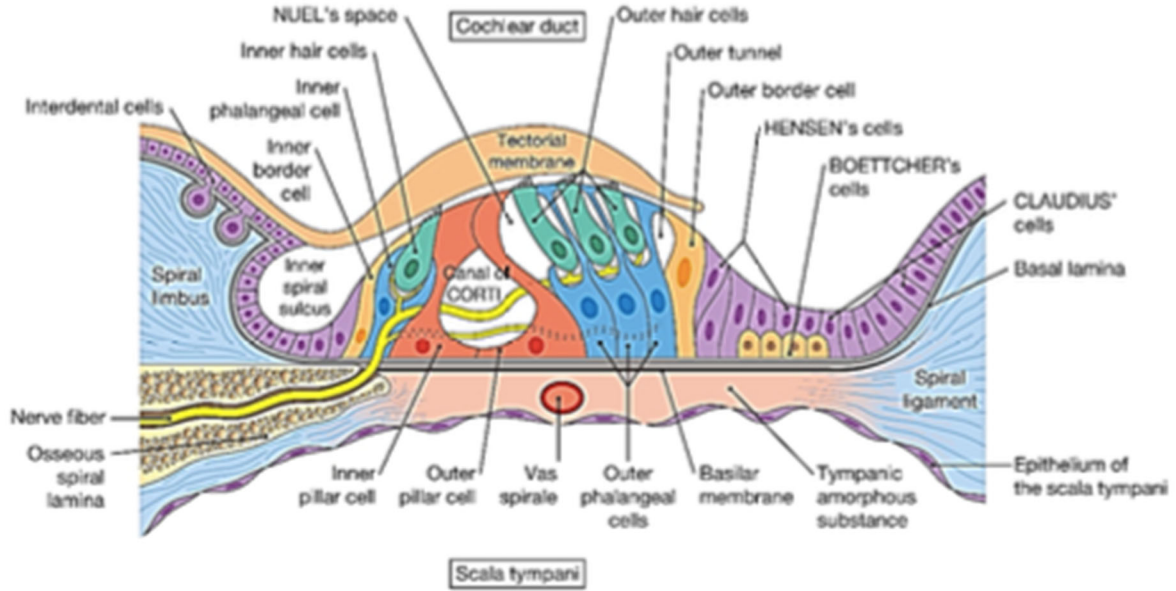
Şekil 4.17. Skalaların ve Corti organının kesitsel şematik görünümü

(Netter FH. Atlas of Human Anatomy, 7th Edition. Elsevier, 2018.)

Afferent İnervasyon: Mekanik ses enerjisi koklear hücelere iletilir ve sinapslar yardımıyla mekanik enerji elektrokimyasal enerjiye dönüşüp spiral gangliyon hücrelerini uyarır. Spiral gangliyonda tip 1 ve tip 2 olmak üzere iki çeşit afferent hücre bulunur. Tip 1 nöronlar miyelinli bipolar nöronlardır. Tip 2 nöronlar ise miyelinsiz psödobipolar nöronlardır. Tip 1 nöronlar tek tek İTH ile sinaps yapar ve %95 oranla çoğunluğu oluşturur. Tip 2 nöronlar ise birden çok DTH ile sinaps yapar ve yalnızca %5 kadarını oluşturur(27).

Efferent İnervasyon: Medial ve lateral olivokoklear yolak Corti organının efferent inervasyonunu sağlar. Bu yolaklar SOK (Superior Olivary Kompleks)'teki preolivary ve perolivary nükleuslardan köken alırlar. Dış tüylü hücrelerde sonlanan medial olivokoklear

efferent liflerin; gürültülü ortamlarda istenilen sese odaklanma, anlamının ve ayırt etmenin artırılması, sesin lokalizasyonu ve akustik travmaya karşı işitme sisteminin korunması gibi görevleri vardır(27, 28).



Şekil 4.18. Corti organının şematik çizimi

(Hombach-Klonisch S, Klonisch T, Peeler J. Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy Volume: 1, First Edition, Munich: Elsevier, 2019.)

4.3. İşitme Fizyolojisi

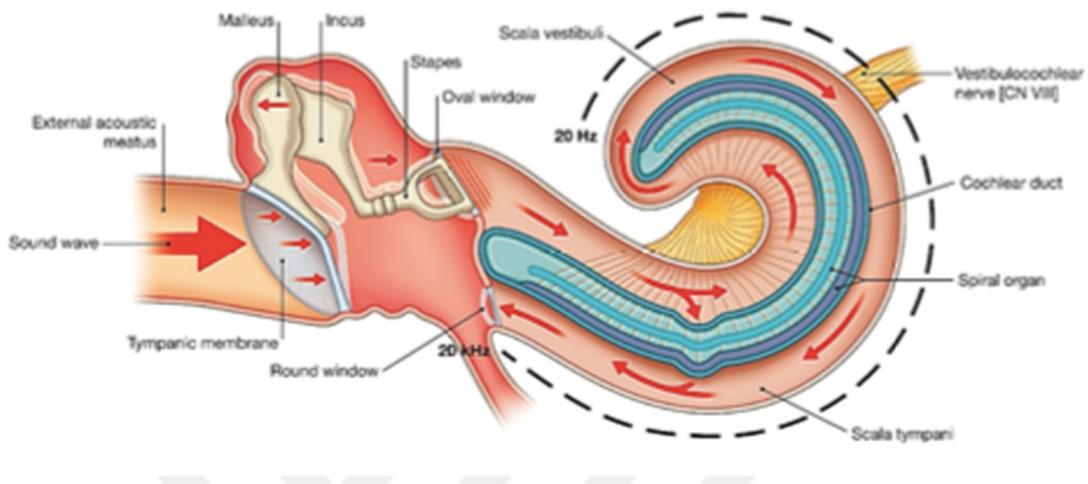
Ses, bir enerji kaynağından yayılan titreşimlerin etkisi sonucu gaz, sıvı ve katı ortamlarda moleküllerin sıkışıp gevşemesi ile ortaya çıkan enerjidir(29). Sesin bir saniyedeki titreşim sayısı sesin frekansını, ses dalgalarının amplitüdü ise sesin şiddetini belirler. Frekans birimi Hertz (Hz) olup insan kulağı 20-20000 Hz arası sesleri işitebilir. Pes sesleri, alçak frekanstaki sesler, tiz sesleri ise yüksek frekanslı sesler meydana getirir. İnsan kulağının en iyi algıladığı ses frekansı 1000 Hz'dir. Sesin şiddeti ise Desibel (dB) ile ölçülür. İnsanoğlu normal olarak 0-120 dB şiddet aralığındaki sesleri duyabilir. Fakat en ideal şiddet aralığı 50-70 dB arasındır(30).

Ses dış ortamdan aurikula tarafından toplanıp, dış kulağa aktarılması, timpanik membran tarafından dış kulaktan orta kulağa ve oradan da oval pencere yardımıyla iç kulağa iletilmesi "Hava İletimi" olarak adlandırılmaktadır. Etraftaki kemik dokular üzerinden kokleanın ve koklear sinirin uyarılarak sesin oluşması ise "Kemik Yolu ile İşitme" olarak adlandırılmaktadır(29).

Enerji ortamlar arası geçişi esnasında kayba uğrayabilir. Ses enerjisi de farklı ortamlar arasında transferi esnasında kayba uğrayabilir. Ses, hava ortamından sıvı ortama geçerken enerji kaybına uğrayacaktır. İnsan işitmesini incelediğimizde de dışarıdan gelen bir ses dalgası veya ses enerjisi, havadan sıvı ortama geçtiği esnada yaklaşık 30 dB kadar kayba uğramaktadır. Dış kulak ve orta kulaktaki farklı anatomi ve özelleşmiş yapılar, bu kaybı minimize etmek üzere fonksiyon görmektedirler.

İşitme sistemini temel olarak; dış kulak, orta kulak ve iç kulak tarafından oluşturulan Periferik ve koklear nukleuslar, süperior olivary kompleks (SOK), inferior kollikulus, medial genikulat cisim ve işitme korteksinden tarafından oluşturulan Santral işitme sistemi olarak iki kısma ayırabiliriz.

Kulak kepçesi; dış ortamdaki uyarılara ve seslere odaklanmaya, sesleri toplayıp, DKY'ye iletmekle görevlidir. DKY rezonatör özelliğinden dolayı sesleri orta kulağa yükselterek iletir. Bu yükseltme özelliği 3000-4000 Hz'de en fazladır(31). DKY'den timpanik membrana iletilen ses, kemikçiklere iletilir. Malleus ve inkus arasındaki kaldıraç şeklindeki eklem; ses şiddetini 1,3 kat artırarak inkusun uzun koluna aktarır. Zarın titreşen alanı 55 mm², stapes başının alanı ise 3,2 mm²'dir. Bu iki durum dış kulaktan gelen sesin iç kulağa yaklaşık 17 kat artırılarak iletilmesini sağlar. Böylece yaklaşık 24 dB'lik kazanç elde edilmiş olur. Stapes tabanı ve oval pencere aracılığıyla skala vestibüliye ulaşan titreşimler, kokleada baziler membranda hareketi sağlar ve böylece Corti organında uyarılmış olur (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Koklea ses fizyolojisi şematik gösterimi

Kokleada sesin mekanoelektriksel olarak iletimi

(Hombach-Klonisch S, Klonisch T, Peeler J. Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy Volume: 1, First Edition, Munich: Elsevier, 2019.)

4.3.1. Sesin Kokleada İletimi

Ses dalgalarının iletimi ve sesin oluşması farklı teorilerle ortaya konulmaya çalışılsa da, aralarında en çok kabul göreni Bekesy'nin ilerleyen dalga (travelling wave) teorisidir(31). Teoriye göre ses dalgaları mekanik olarak yaratılan titreşimlerle perilenfin hareketlenmesine ve onun sayesinde endolenfin hareketlenmesine neden olarak, baziler membranda titreşim yaratmaktadır. (Şekil 4.19) Bu yaratılan dalga, kokleanın bazalinden apeksine doğru ilerler. Bu dalga hareketi tüm koklea boyunca, baziler membrana oturan Corti organındaki tüy hücrelerindeki silya yapısının hareketlenmesine ve ardından bu uyarımın hücre bazalindeki sinir uçlarına aktarılmasına neden olur. Oluşan bu dalgalar, en kuvvetli titreşimi oluşturduğu nokta, her frekans için ayrı ayrı olacak şekilde yer almaktadır. 'Tonotropik dizilim' adı verilen bu özellikle, her farklı frekans için, baziler membran üzerinde değişmeyen en büyük titreşim noktasının mevcudiyeti söz konusudur. Yüksek frekansla oluşan tiz sesler bazal kısımda, düşük frekansla oluşturulan pes sesler ise apeks kısmına doğru yerleşmiştir(31).

Ortaya konulan diğer teorilerden, Helmholtz'un yer (place) teorisine göre ise piyanonun yapısına benzer şekilde, baziler membran ve Corti organı rezonatör görevi görmekte ve ses dalgalarının frekansına göre uygun bölgeleri titreştirmektedir.

Rutherford ve Boring'in frekans veya telefon teorisine göre ise frekans algılanması 8. kranial sinirde oluşan impuls sayısı ile açıklanır. Örneğin 400 Hz'lik bir ses işitme sinirini 400 defa uyarmaktadır. Fakat işitme sinirindeki lifler saniyede en fazla 1000 kez uyarılabilmektedir. Bugünkü bilgilerimizle bu teori geçerliliğini kaybetmiştir.

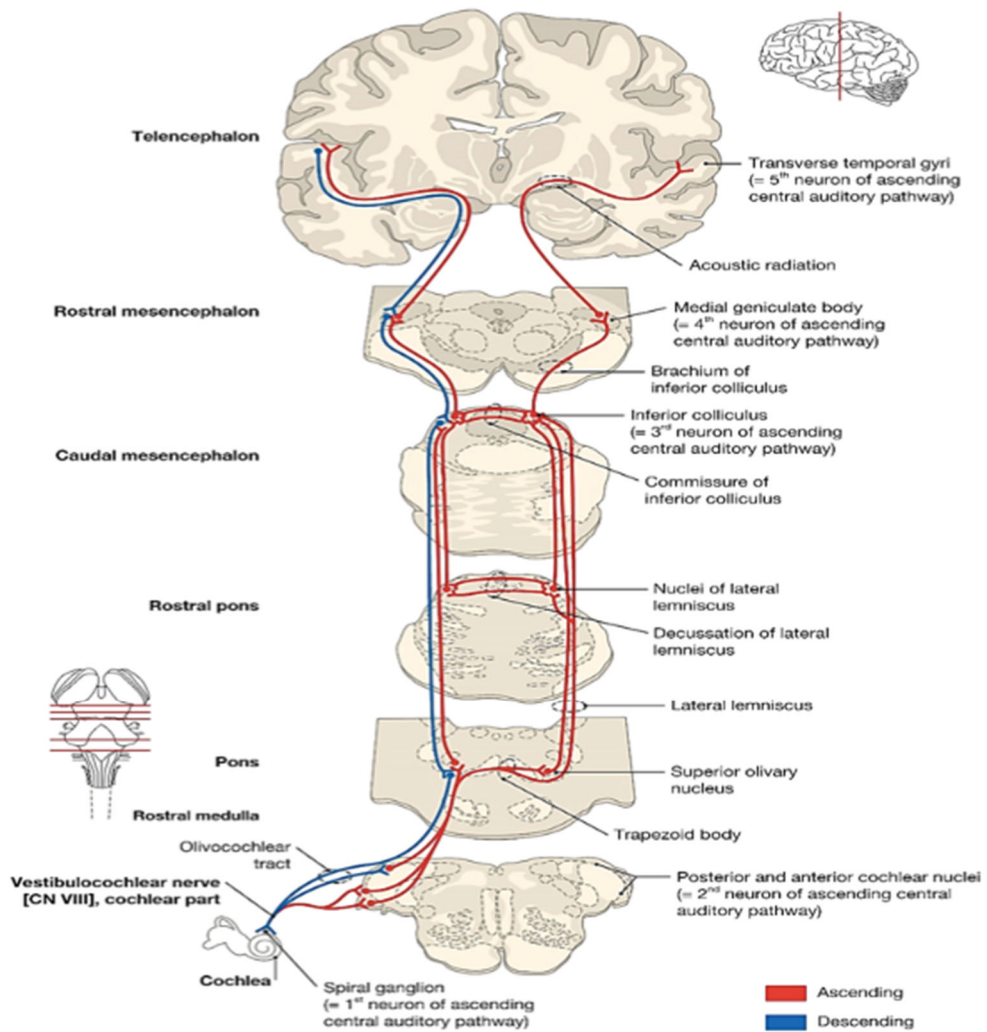
Wever'in yayılım (volley) teorisi ise 'yer ve frekans' teorilerinin sentezidir. Buna göre 5000 Hz ve altındaki seslerin algılanması frekans teorisi ile açıklanırken, daha yüksek frekansların algılanması ise yer teorisi ile açıklanır.

4.3.2. Santral İşitme Yolları

Koklear sinirin koklear nukleuslara girdiği yerden başlayıp işitme korteksine kadar uzanan yollardır (Şekil 4.20)

Santral işitme sistemini şu yapılar oluşturur:

- Koklear nükleuslar
- Süperior olivary kompleks
- İnförior kollikulus
- Medial genikulat cisim
- İşitme korteksi



Şekil 4.20. Santral işitme yolları

(Hombach-Klonisch S, Klonisch T, Peeler J. Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy Volume: 1, First Edition, Munich: Elsevier, 2019.)

4.3.2.1. Koklear Nukleuslar

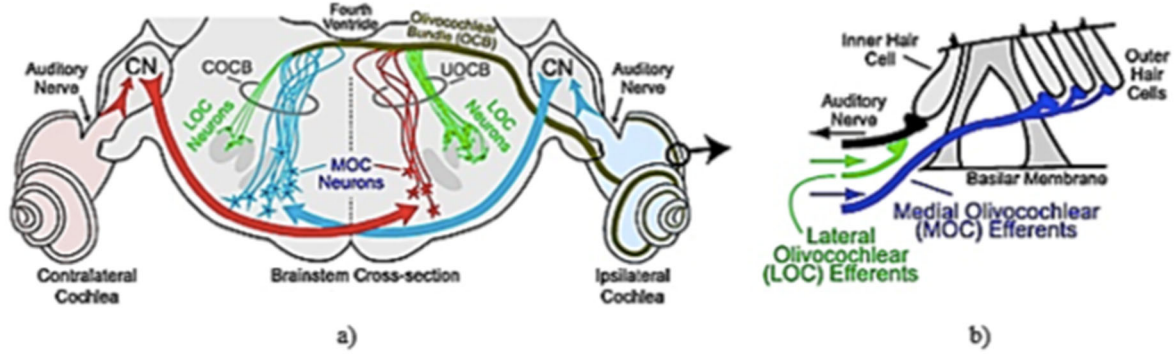
İşitme yolağındaki 2. nöronlar burada yer almaktadır. Afferent sinir uçlarından gelen koklear sinir lifleri, koklear dorsal ve ventral nükleuslarla sinaps yapar. Ventral nükleus; kendi içinde posteroventral ve anteroventral koklear alt nükleuslar, anteroventral nükleus da anterior ve posterior olarak ikiye ayrılır. Sinaps yaptıktan sonra koklear nükleustan köken alan liflerin çoğu beyin sapında çapraz yaparak kontralateral SOK yapısına gider, az kısım lif de ipsilateral SOK'a gider. Koklear sinire bakıldığında, kokleanın bazal kısmından gelen sinir lifleri (yüksek frekanslı uyarılar) sinirin periferik kısmında, apeks kısmından gelen sinir lifleri ise sinirin santral kesiminde yerleşmiştir. Koklear sinir, koklear nükleuslara girerken anterior ve posterior olmak üzere iki kısma ayrılır. Anteriordaki kısım; anteroventral nükleusa, posteriordaki kısım; posteroventral koklear nükleus ve dorsal koklear nükleusa ilerler. Yüksek frekanslı lifleri taşıyan lifler dorsal kısımdaki nükleusta, düşük frekanslı lifleri taşıyan lifler ventral kısımdaki nükleusta sonlanır(32).

İkinci nöronların aksonları 3 yolak halinde uzanırlar. Bunlar; ventral akustik stria (trapezoid cisim), intermediate akustik stria (Helde'nin striası) ve dorsal stria (Monakow'un striası)'dır. Ventral akustik stria, ventral koklear nükleustan kaynaklanır ve lateral süperior olivary nükleus, medial süperior olivary nükleus, trapezoid cisim medial nükleusları ve inferior kollikulusa doğru medial ve rostral bir yol izler. Intermediate akustik stria, posteroventral koklear nükleustan kaynaklanır ve ipsilateral, bilateral ve kontralateral olarak trapezoid cismin ventral nükleusuna, lateral süperior olivary nükleusa ve olivokoklear demeti veren periolivary bölgeye ilerler. Dorsal akustik stria ise dorsal koklear nükleustan kaynaklanan liflerin lateral lemniskusa ve inferior kollikulus santral nükleusuna ilerlediği bir çapraz yoldur(33).

4.3.2.2. Süperior Olivary Kompleks ve Olivokoklear Yolak

Ponsun kaudal kısmında yerleşen SOK; medial ve lateral süperior olivary nükleuslar, trapezoid cisim nükleusları ve periolivary nükleustan oluşur. Koklear nükleustan ayrılan liflerin çoğu asendan yolakta beyin sapında çapraz yaparak kontralateral SOK'a, az kısmı ise ipsilateral SOK'a gider. Lateral ve medial süperior olivary nükleuslar sesin yönünü tayin etmede görevlidirler. Ayrıca medial süperior olivary nükleus düşük frekanslı uyarılarla, lateral süperior olivary nükleus ise yüksek frekanslı uyarılarla ilgilidir(32). SOK'tan çıkan lifler lateral lemniskus ve inferior kollikulusa uğrar. Ayrıca efferent işitsel yolak, olivokoklear (OK)

yolaklar sayesinde Corti organı DTH'lerine, uyarılar göndererek negatif feedback verir. Genel anlamda olivokoklear lifler; işitsel sinyallerin işlenmesinin ayarlanması ve iyileştirilmesi için geribildirim görevi görürler(34, 35). Rasmussen tarafından tanımlanan bu yolak medial ve lateral olarak ikiye ayrılır.



Şekil 4.21. Sağ kokleada medial ve lateral olivokoklear yolların şematik gösterimi

[a] Kedi beyin sapının enine kesitinde lateral olivokoklear (LOC, yeşil) ve medial olivokoklear (MOC, mavi ve kırmızı) nöronlarının ana hatları görülmektedir. Ayrıca kulağa ipsilateral ve kontralateral verilen uyarıların MOC refleksi için olivokoklear yolağa (OCB, hâkî) katılana kadarki kısımları sırasıyla mavi ve kırmızı olarak görülmektedir. LOC ve MOC nöronlarından gelen aksonlar, çaprazlanmış (COCB) ve çaprazlanmamış (UOCB) bileşenlerden oluşan OCB'yi oluşturur. b) MOC ve LOC nöronlarının Corti organında sonlanmalarını gösteren çizim. CN: koklear nükleus, S şeklindeki gri yapı; lateral süperior olivary nükleus, bunun medialinde bulunan gri yapı; medial superior olivary nükleus.]

(Guinan Jr JJ. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. *Ear and hearing*. 2006;27(6):589-607.)

Lateral olivokoklear yolak (LOKY): SOK lateralinde konumlanmış olup, miyelinsiz nöronlardan meydana gelen, çapraz yapmadan ipsilateral vestibüler sinir içerisinde İTH'lerin yakınındaki koklear sinir sonlanımlarına uzanır (afferent nöron dentritleri ile sinaps yapar). Koklear nükleus ve santral sinir sistemine girişleri kontrolde görevli olduğu ve işitsel nöropatiden korunmada etkili olabileceği düşünülmektedir(36).

Medial olivokoklear yolak (MOKY): Medial yolak, lateral SOK'un dışındaki miyelinize hücrelerden meydana gelir. Bilateral DTH'lerde sonlanır. Deney hayvanlarıyla yapılan çalışmalarda, MOK liflerinin üçte ikisinin çapraz yaparak kontralateral kokleayı, üçte birlik kısım ise çapraz yapmadan ipsilateral kokleayı, az miktar lif de bilateral olarak kokleayı uyarır. İnsanlarda çapraz yapan ve yapmayan aksonların oranları ile ilgili net bilgi yoktur. Bilindiği kadarıyla MOK nöronlarının çoğu en güçlü uyarıyı karşı taraf kokleadan almaktadır(37). MOK'un çapraz yapan lifleri, 4. Ventrikülün tabanının hemen inferiorunda çaprazını yapar ve LOK yolakla birleşir. Inferior vestibüler sinire katıldıktan sonra kontralateral DTH ile sinaps yapar. MOK lifleri asıl olarak inhibe edici fonksiyon görmektedir(28). MOK

lifleri sayesinde, yüksek sesli ortamda, istenilen ses yoğunlaşmayı, DTH'lerin kasılma ve uyarılma eşikleri değiştirilerek sağlamaktadırlar(36). MOK sistemi, işitme sisteminde başlıca hızlı ve yavaş olmak üzere iki fonksiyona sahiptir. DTH'lerin hiperpolarizasyonu sonucu, baziler membran ve retiküler lamina hareketlerinin azalması hızlı etki fonksiyonu ile açıklanabilmektedir(37). Uyarı devamlı olarak sürüyorsa, amplifikasyonu azaltmak için oluşturduğu fonksiyon ise yavaş etki olarak açıklanabilmektedir. Fizyolojik olarak, hızlı etkinin hiperpolarizasyon ile, DTH hücre geçirgenliğinin azalması ile, yavaş etkinin ise DTH katılığında meydana gelen değişikliklere bağlı meydana geldiği öne sürülen yaklaşımlardır. MOK sistemi, sessiz ortamlarda, sese bağlı uyanları inhibe eder, gürültülü ortamlarda ise istenen sesin amplifikasyonunu yükselterek daha anlaşılır bir hale gelmesini sağlar(38).

Efferent sistemin işleyişine baktığımızda, MOK refleksi, akustik uyarı sonucu koklear sinirin uyarılması ile başlar. Bu uyarı posteroventral koklear nükleusu ve ara nöronlar vasıtasıyla MOK yolağını uyarır ve efferent sistem aktive olur ve kontralateral DTH inhibe edilmesi ile fonksiyonunu tamamlamış olur. (Şekil 4.21) İnhibitör bir yolak olması nedeniyle; esas olarak Asetilkolin olmak üzere, GABA ve opioid reseptörleri efferent yolak aksonları ve DTH arasındaki sinapslarda görev alır. Postsinaptik kalsiyum kanallarını etkileyerek kasılma fonksiyonları üzerinde etki gösterir(36).

4.3.2.3. Lateral Lemniskus

SOK'tan gelen ve kontralateral dorsal koklear nükleustan gelen lifler, lateral lemniskus'a uğrar. Alt yolaklardan gelen lifler, çoğunlukla lateral lemniskusu atlayarak, inferior kollikulus'a ulaşırlar. Dorsal, intermediate ve ventral olmak üzere üç nükleusu bulunmaktadır. Düşük frekans ile uyarılan lifler dorsal, yüksek frekans ile uyarılan lifler ventral nükleusa uyarılarını iletirler(32).

4.3.2.4. Inferior Kollikulus

Genellikle işitsel refleks fonksiyonlarında, ponsun alt seviyelerinden gelen uyarıların iletildiği merkezdir. Bu merkez ile serebellum arasında bir takım bağlantı yollarının mevcudiyeti ortaya konulmuştur. Yapısına bakıldığında 3 ana grup tarafından oluşturulmaktadır; santral, dorsal ve perisantral nükleuslar(33).

4.3.2.5. Medial Genikulat Cisim (MGC)

Çoğunlukla inferior kollikulustan olmak üzere, lateral lemniskus'tan da gelen lifler bu merkezde toplanır. İnférieur kollikulustan gelen asendan lifler ve işitmenin santral merkezi olan korteksten gelen desendan lifler bu merkezden geçmektedirler. 3 nukleustan oluşmaktadır; ventral, medial ve dorsal(32)

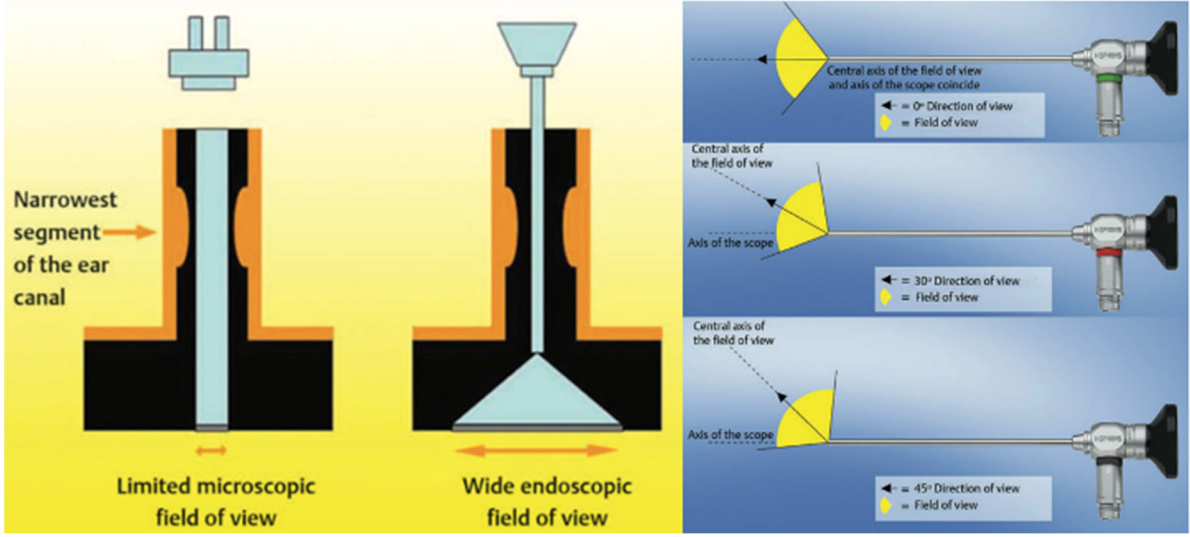
4.3.2.6. İşitme Korteksi

İşitsel afferent yolak son olarak, temporal lob superiorda yer alan esas primer işitme merkezine ulaşır(32). MCG'den asendan yolla 3. Nöron aksonları, transvers temporal girus, Heschl girusu veya Broadman'ın 41- 42. alanı ismi verilen primer işitme korteksine ulaşmaktadırlar.

Sekonder işitme alanı (Brodman'ın 22. bölgesi) ise parietale operkulumun laterali, insular korteksin büyük bölümü ve temporal lobun lateral kenarına yayılır(33).

4.4. Endoskopik Kulak Cerrahisi

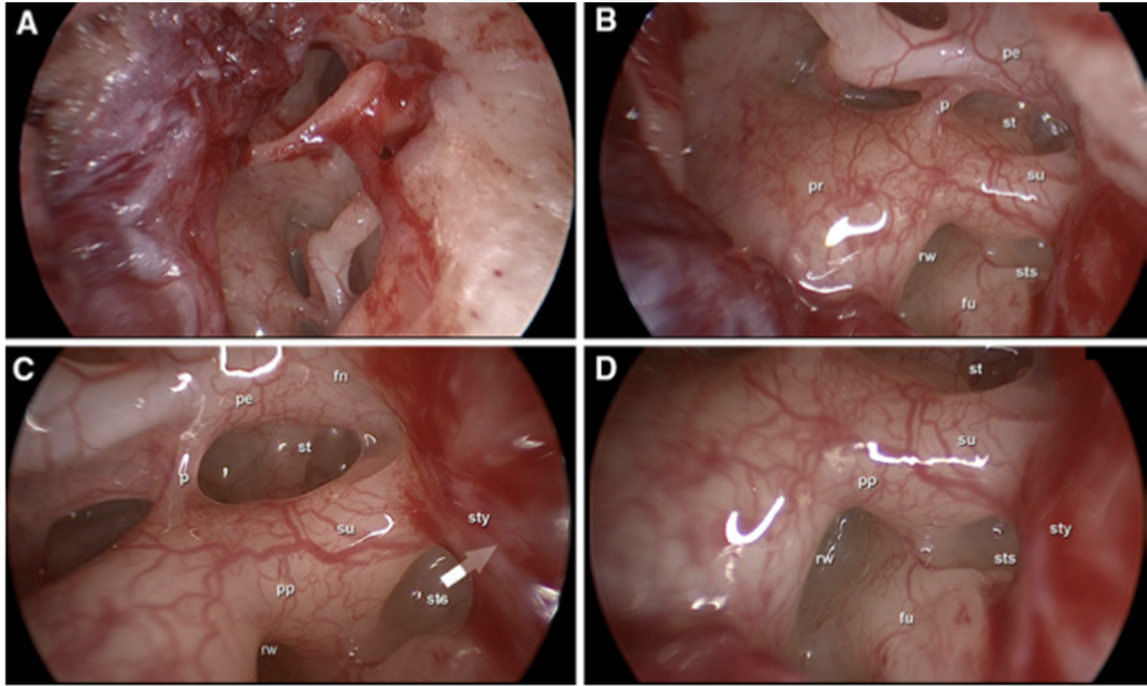
Endoskopik kulak cerrahisi (EKC), otoloji alanında minimal invaziv yaklaşımların giderek daha fazla benimsenmesiyle öne çıkan bir tekniktir. Geleneksel mikroskobik cerrahiye alternatif olarak geliştirilen EKC, özellikle orta kulak patolojilerinin tedavisinde önemli bir yer edinmiştir. Yüksek çözünürlüklü kameralar aracılığıyla doğrudan görüntüleme sağlanarak, özellikle dar alanlardaki anatomik detayların daha iyi görülmesine olanak tanır(22, 39). Endoskopik teknikler, koklear implantasyon cerrahisinde de giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle koklear implant yerleştirme sürecinde yuvarlak pencere (round window) veya kokleostomi giriş yerinin değerlendirilmesi için geniş açılı ve detaylı bir görüş sağlar. Endoskopik sistemler, yüksek çözünürlüklü ve geniş açılı görüntüleme sayesinde cerraha daha detaylı ve gerçeğe yakın bir anatomi değerlendirme imkânı sunar. Bu, özellikle mikroskobik cerrahi ile ulaşılması zor olan alanlarda cerrahın karar verme sürecini kolaylaştırır ve anatomik varyasyonları daha iyi anlamasına yardımcı olur(40, 41).(Şekil 4.22, Şekil 4.23)



Şekil 4.22. Mikroskopik ve endoskopik görüş şematik gösterimi

Mikroskop ve endoskop görüş alanı karşılaştırması ve açılı endoskopların görüş aralıkları karşılaştırması

(Presutti, L. and D. Marchioni, *Endoscopic ear surgery principles, indications, and techniques*. 2014: Georg Thieme Verlag KG.)



Şekil 4.23. Anatomik yapıların endoskopik cerrahi görüntüsü

Sts- sinüs subtimpaniküs, *su*-subikulum, *st*-sinüs timpani, *rw*-yuvarlak pencere, *fu*-fustis, *pr*-promon- toryum, *pe*-piramidal eminens, *p*-pontikulus, *fn*-fasiyal sinir, *pp*-posterior pillar

(Marchioni, D., et al., *The round window region and contiguous areas: endoscopic anatomy and surgical implications*. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2015. 272: p. 1103-1112.)

4.4.1. Endoskopik Kulak Cerrahisinde Radyolojik Değerlendirme

Endoskopik kulak cerrahisinde radyolojik değerlendirme, preoperatif planlamayı optimize etmek, cerrahi yol haritasını belirlemek ve intraoperatif yönlendirme sağlamak için kritik öneme sahiptir. Endoskopik kulak cerrahisinde en temel görüntüleme yöntemi temporal BT tetkikidir(39). Ossiküler zincir, mastoid havalı hücreler, jugüler bulb, karotid kanal ve fasiyal sinirin seyri değerlendirilir. Temporal BT için 0,5-0,6 mm kalınlığında kesitler önerilir. Temporal BT'den elde edilen veriler, 3D modelleme ve simülasyonlar için işlenebilir. Preoperatif navigasyon sistemleri veya artırılmış gerçeklik destekli cerrahi için hasta spesifik anatomik modeller oluşturulabilir(42).

Endoskopik kulak cerrahisinde preoperatif radyolojik değerlendirme, cerrahın anatomiye doğru anlamasını sağlayarak intraoperatif komplikasyon riskini azaltır ve cerrahi planlamayı optimize eder(39).

4.5. Koklear İmplantasyon

Ağır sensörinöral işitme kayıplı patolojiler incelendiğinde, hasarın genellikle kokleada, corti organında olduğu, spiral ganglion ve koklear sinir yapısının ve fonksiyonunun normal olduğu görülmüştür. Yenidoğan işitme kayıplarında altta yatan sebebin %90 oranında tüylü hücre patolojilerinden kaynaklandığı; ganglion hücreleri, koklear sinir ve santral işitme yolaklarının salim olduğu gösterilmiştir. Kokleada bulunan spiral ganglion hücrelerinin %10 kadarının fonksiyone olması sinirin elektriksel uyarımı için yeterlidir. Koklear implant(Kİ) teknolojisi bu bilgiden yola çıkarak, akustik uyarının koklea ve tüylü hücreleri by-pass ederek, direkt olarak spiral ganglion hücrelerini uyararak, koklear sinirde elektriksel uyarı oluşturma mantığına dayanmaktadır(43).

Kİ ilk olarak Dr. House tarafından tek kanallı versiyon olarak geliştirilmiş fakat günümüzde çok kanallı elektrotlar tercih edilmektedir. Kİ temel olarak iç ve dış parça olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Dış parçanın algıladığı ses uyarımı, iç parçanın alıcı-uyarıcı kısmına gelmekte ve mastoidektomi kavitesinden fasiyal resese, oradan da koklea içerisine uzanan elektrot yardımıyla işitme sinirlerinde elektriksel uyarım oluşturulup, bu sinyaller beyin korteksinde algılanmaktadır.

Yenidoğan dönemindeki, ağır SNİK (sensörinöral işitme kaybı) olgularına bakıldığında, her 1000 doğumda 1 vaka olduğu, bunu da Türkiye'deki doğum sayıları ile karşılaştırdığımızda yıllık insidansının yaklaşık 1300 yenidoğana tekabül ettiğini düşünebiliriz. Yenidoğan işitme tarama programları sayesinde, bu olgular erken dönemde tespit edilebilmekte ve erken müdahale ve koklear implantasyon tedavisi bu hastaların akranlarıyla eşit dil ve konuşma becerilerini kazanabilmelerine olanak sağlar(43).

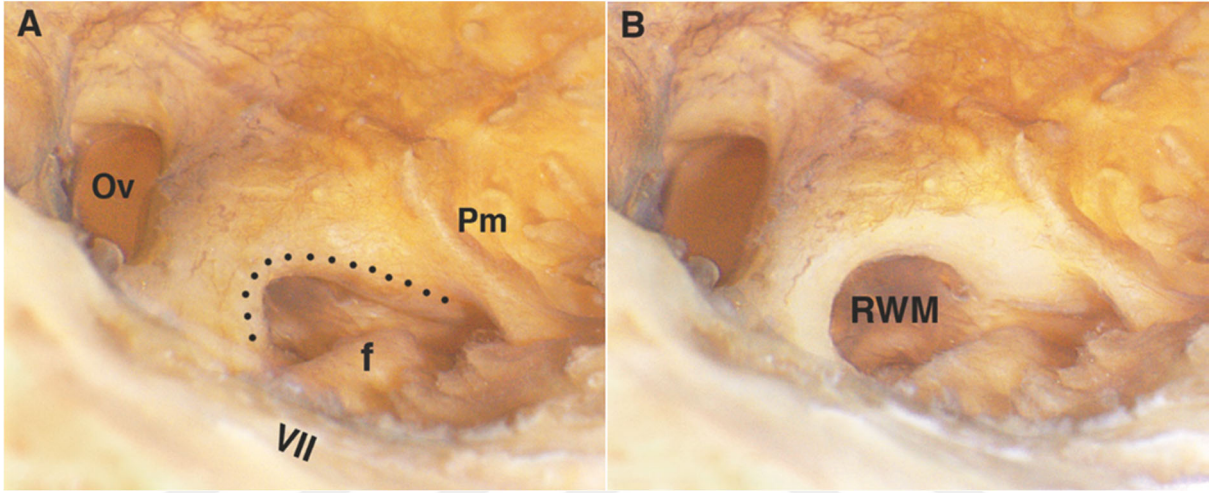
4.5.1. Koklear İmplantasyon Endikasyonları

Koklear implant için en uygun hasta grubu konvansiyonel işitme cihazlarından yeterince fayda görmeyen, postlingual gelişimi olan bilateral ağır işitme kaybı olan hastalardır. İmplantasyon öncesi işitme cihazlarından yeterince fayda görmediğinin belirlenebilmesi için, hastanın en az 3 ay cihazı kullanması ve her durumda fayda görmediğinin dokümanite edilmesi gerekmektedir. Tek istisnai durum, çok hızlı ossifikasyonun geliştiği ve implantın kokleaya yerleştirilmesini imkânsız hale getirebilen menenjit sonrası gelişen SNİK tablosudur. Ülkemizde Sosyal Güvenlik Kurumu'nun sağlık uygulama tebliğinin 26.11.2017 tarihinde yayınlanan düzenlemesine göre kurumca karşılanma kriterleri belirlenmiştir(43).

4.5.2. Koklear İmplantasyon Cerrahi Yaklaşımlar

İmplantasyon tatbik edilmeden önce, mevcut işitme durumu, daha uygun anatomiye sahip kulağa göre tercih yapılmalıdır. İşitmenin daha iyi olduğu kulakta, daha fazla spiral ganglion hücrelerinin varlığı ve daha iyi sonuçlar alınabileceği düşünülürken, diğer taraftan az da olsa implant yerleştirilirken, kalan işitmenin de zarar görüp, daha iyi duyan kulağın kaybı da söz konusu olabilmektedir. Lakin iki kulak arasında anatomik ve işitsel fark olmaması halinde, çoğu insanda konuşma merkezi baskın olarak solda olduğu için öncelikle sağ kulak tercih edilir(43). Cerrahi olarak; suprameatal yaklaşım, transkanal duvar tekniği (Veria), orta fossa yaklaşımı, perikanal elektrot insersiyon tekniği, transmastoid fasiyal reses yaklaşımı tanımlanmış tekniklerdir. Günümüzde en çok klasik transmastoid fasiyal reses yaklaşımı tercih edilmektedir(43). Fasiyal sinir monitörizasyonu eşliğinde kortikal mastoidektomiye takiben, posterior timpanotomi işlemi yapılır ve fasiyal reses tüm sınırları ile ortaya konulur. Fasiyal reses içerisinden yuvarlak pencere ve çevre anatomik yapılara net bir şekilde erişilmeye çalışılır. Kokleanın anatomik yerleşiminden ötürü her zaman yuvarlak pencere membranı

görülemeyebilir. Bazen bu görüntüyü elde edebilmek için yuvarlak pencere nişi turlanarak, ekspozisyonun artırılması tercih edilebilir, bazen de nişin turlanmasına rağmen hala görülemiyorsa, kokleostomi işlemi yapılması gerekebilir(44). (Tablo 4.1) Yuvarlak pencere membranı ekspoze edildikten sonra yuvarlak pencere membranı içerisinden skala timpaniye doğru elektrot ilerletilir. Elektrotun doğru yerleşimi, yuvarlak pencere membranının görülebilmesi için ameliyat esnasında endoskop kullanılabilir. İmplant yerleşimi sonrasında intraoperatif olarak akustik refleksi ve nöral yanıtlar ölçülerek, yerleşiminin doğruluğunun ve uyarı alındığının belirlenmesini takiben cerrahi sonlandırılır.



Şekil 4.24. Yuvarlak pencere bölge anatomisinin yakın incelemesi

A-fustis, skala timpaniye gösterecek doğrultuda yuvarlak pencere nişine doğru uzanmaktadır. **B**-Yuvarlak pencere nişinin turlanmasının ardından yuvarlak pencere membranının ekspozisyonunun artması ve lokasyonunun daha net anlaşılması (f-fustis, pm-promontoryum, RWM-yuvarlak pencere membranı, VII-Fasiyal sinir)

(Atlas, A., C.G. Wright, and P.S. Roland, Cochlear Anatomy via Microdissection with Clinical Implications.)

Tablo 4.1. St. Thomas (O' Connor) sınıflaması

Tip I	: Niş alınınca RW membranı tümüyle görünür
Tip IIa	: Niş alınarak RW membranının %50-99'u görünür
Tip IIb	: RW'un ancak %1-49'lük bölümü ekspoze edilebilir
Tip III	: RW membranı görülemez

Posterior timpanotomi yolu ile yuvarlak pencerenin görülebilmesi hakkında St. Thomas (O' Connor) sınıflaması (RW: yuvarlak pencere)

(Güneri, E., Koklear İmplantasyon, in Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi, Ö. M., Editor. 2021, US Akademi: Ankara. p. 713-720.)

4.5.3. Robotik Koklear İmplantasyon

Geleneksel Kİ cerrahisinden farklı olarak robot destekli sistemler daha az invaziv yaklaşımlar ve yüksek hassasiyet sağlayarak başarı oranlarını artırmayı hedeflemektedirler. Robotik Kİ cerrahisi, minimal invaziv bir yaklaşım sunarak cerrahi hata payını azaltmayı ve komplikasyon oranlarını düşürmeyi hedefler. Son zamanlarda mastoidektomi yapmadan, orta ve iç kulağa erişmede, hatta direkt olarak yuvarlak pencereye ulaşmayı sağlayan minimal invaziv yöntemler giderek popülerlik kazanmaktadır(45). Cerrahtan kaynaklanan sorunları da minimize ederek, rezerv işitmeyi koruma ve daha iyi sonuçlar sunma noktasında robotik Kİ cerrahisi yüksek beklentilerle denenilen bir yöntemdir. Geleneksel yöntem ile rezerv işitmeye hem kokleostomi esnasında hem de elektrot insersiyonu sırasında zarar verilmekte hatta rezerv işitme kaybına dahi yol açabilmektedir(46-50).

Planlama ve Klinik Uygulamalar: Robotik KI cerrahisinin başarısı, preoperatif planlamaya bağlıdır. Planlama süreci aşağıdaki aşamalardan oluşur:

- 1. Görüntüleme ve Modelleme:** Yüksek çözünürlüklü BT/MRI görüntüleri, hasta spesifik 3D modeller oluşturmak için kullanılır.
- 2. Cerrahi Simülasyon:** Planlanan cerrahi yolun güvenliği yazılım destekli simülasyonlarla test edilir.
- 3. Gerçek Zamanlı Navigasyon:** Operasyon sırasında robotik sistemler, intraoperatif görüntüleme teknikleri ile anlık düzeltmeler yapabilir.

3D modelleme, robotik koklear implant cerrahisinde preoperatif planlamanın en önemli aşamalarından biridir. Hastaya özel anatomik yapıları doğru şekilde anlamak ve cerrahi süreci optimize etmek için gelişmiş görüntüleme ve modelleme teknikleri kullanılır. Yüksek çözünürlüklü BT/MRI görüntülemeleri veya PACS sistemlerinden elde edilen DICOM görüntülerle 3D modellemeler oluşturulabilmektedir. Bilgisayar sistemlerinin yardımı, intraoperatif uzaysal görüntü kılavuzu ve çok planlı fasiyal sinir monitörlerinin yardımı ile cerrahi yapılabilir. Geleneksel Kİ yönteminde, fasiyal sinir skletonize edilmesi gerekirken, robotik cerrahide sinire >4mm uzaklık ortaya konabilmiş, güvenli sınırlarla sinire hasar vermeden işlem gerçekleştirilebilmektedir(45). Yapılan Çalışmalarda geleneksel Kİ cerrahisi sonrasında fasiyal paralizi insidansının %0,5-2 aralığında olduğu gösterilmiştir(51).

Robotik Kİ cerrahisinin avantajları arasında cerrahi doğruluğun artması, minimal doku hasarı ve postoperatif iyileşmenin hızlanması yer almaktadır. Ancak, yüksek maliyet, karmaşık öğrenme eğrisi ve teknik sınırlamalar bu teknolojinin yaygın kullanımını kısıtlamaktadır(52).

Robotik koklear implant cerrahisi, geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek hassasiyet ve güvenlik sağlayarak otolojik cerrahide önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Gelecekte, yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile entegre edilen robotik sistemlerin cerrahi sonuçları daha da iyileştirmesi beklenmektedir.



5. GEREÇ ve YÖNTEM

5.1. Hasta Seçimi

Prospektif, tek merkezli tasarlanan çalışmada, hasta seçimi Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz ve Baş-Boyun Cerrahisi Anabilim Dalı'nda endoskopik kulak cerrahisi yapılması planlanan, çalışmaya dahil olma kriterlerini karşılayan 46 hasta dahil edilmiştir. Çalışmada hasta grubu; radyolojik ve endoskopik değerlendirme parametrelerine göre her hasta kendi içinde değerlendirilerek, 2 ana grupta değerlendirilmiştir. Çalışma için Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulundan 25/04/2024 tarih **İ05-373-24** numaralı karar ile uygunluk onayı alınmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm kişilere aydınlatılmış onam formu imzalatılmıştır.

Hasta grubunda çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Endoskopik kulak cerrahisi yapılacak hastalar
- 18-65 yaş aralığındaki hasta grubu
- Ameliyat öncesi ince kesit yüksek çözünürlüklü Temporal BT olan hastalar

Hasta grubunda çalışmaya dahil edilmeme kriterleri:

- Çalışmayı kabul etmeyen hastalar
- Temporal BT çekilemeyecek hastalar
- Temporal BT görüntülemesi düşük çekim kalitesi nedeniyle değerlendirilemeyen hastalar
- Kolesteatom izlenen hastalar
- Daha önce herhangi bir kulak cerrahisi geçirmiş hastalar
- Otoskleroz ve/veya kemikçiklerde timpanoskleroz izlenen hastalar
- Kanama ve anatomik yapıların destrükte olması nedeniyle ölçüm yapılamayan hastalar

- Herhangi bir sistemik kemik veya yumuşak doku hastalığının bulunması
- Çekilen Temporal kemik BT'de iç kulak veya orta kulakta anatomik varyasyon veya gelişimsel anomali tespit edilmesi

Tüm gönüllülerin ameliyat öncesinde anamnezinde yaşları, ek hastalıkları ve alerjileri, kullandıkları ilaçlar, geçirdikleri ameliyatlar sorgulandı. Tüm gönüllülerin ameliyat öncesinde otoskopik muayeneleri yapıldı. Hastaların çekilen ince kesitli Temporal BT görüntülemeleri, ameliyat öncesinde dahil edilmeme kriterleri açısından değerlendirildi. Muayenesi, öyküsü ve radyolojik değerlendirmesi uygun olmayan gönüllüler çalışmaya dahil edilmedi.

5.2. Çalışmada Kullanılan Testler ve Ameliyat ve Ölçüm Tekniği

Tüm katılımcılarda saf ses odyometrik değerlendirme, temporal BT görüntülemesi, 3 Boyutlu radyolojik rekonstrüksiyon işlemleri yapıldı.

5.2.1. Saf Ses Odyometrik Değerlendirme

Ölçümler Interacoustics AC40 cihazı (Şekil 5.1.) kullanılarak, Industrial Acoustic Company” (IAC) standardındaki sessiz odalarda yapıldı. Hava yolu değerlendirmesi, TDH- 39 kulaklık kullanılarak 125-8000 Hz aralığında sağ ve sol kulak için ayrı ayrı belirlendi. Kemik yolu değerlendirme, Radioear B-71 kemik vibratörü kullanılarak 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için saptandı. Saf ses ortalaması 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz’deki eşiklerin sağ ve sol kulak için ayrı ayrı ortalaması alınarak hesaplandı.



Şekil 5.1. Odyometrik ölçüm için kullanılan cihazlar

Saf ses odyometri için kullanılan Interacoustics AC40 cihazı (Danimarka, 2018). (Industrial Acoustic Company).

5.2.2. Yüksek Çözünürlüklü Temporal Bilgisayarlı Tomografi ve 3 Boyutlu Rekonstrüksiyon Değerlendirme

Radyolojik olarak hasta gruplarının spiral kesitler içeren yüksek çözünürlüklü Temporal kemik BT görüntüleri değerlendirildi. Araştırmaya dahil edilen hasta grubunun incelemeleri 320 dedektör sıralı BT cihazı (Aquilion ONE, Canon, Japonya), 16 dedektör sıralı (Somatom Emotion 2007, Siemens, Almanya), 80 dedektör sıralı (Prime Aquillion, Toshiba Medical Systems, Japonya), ve 64 dedektör sıralı (Ingenuity Brilliance, Philips, Hollanda) BT cihazları ile gerçekleştirildi. (Şekil 5.2)

Hasta grubunun BT çekim parametreleri şu şekildedir;

Kesit kalınlığı: 0.5 – 0.625 mm

Tüp akımı: 140 – 300 mAs

Tüp voltajı: 120 – 140 kVp

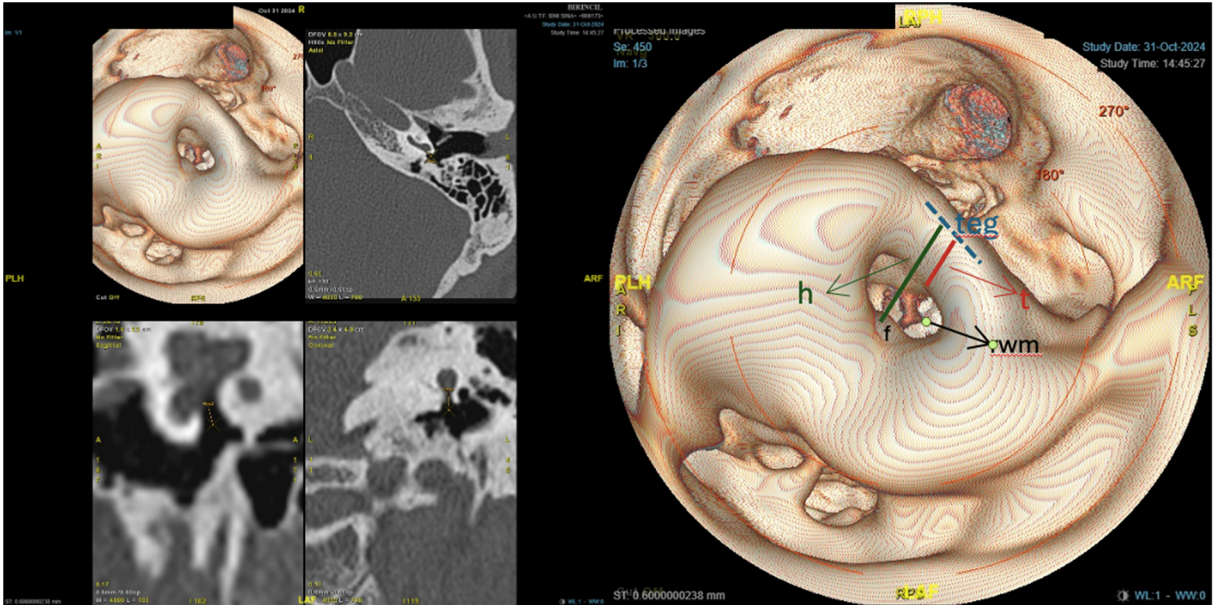
Spiral incelemeler için pitch değeri: 0.348 – 0.650

Her hastanın BT ölçümleri PACS iş istasyonunda multiplanar ve volüme rendered 3D imajlar üzerinden gerçekleştirildi. Radyolojik olarak RW niş kalınlığı(t), RW tegmen-fustis mesafesi(h), bunların birbirine oranı(t/h), RW tegmen- fustis mesafesi ile RW niş kalınlığı arasındaki fark(h-t) ölçüldü ve radyolojik fustis alt tipleri ve 3D rekonstrüksiyona göre fustis alt tipleri tanımlandı. (Şekil 5.3)



Şekil 5.2. Radyolojik değerlendirmede kullanılan cihazlar

Temporal BT görüntüleme çekimlerinin yapıldığı 320 dedektör ve 16 dedektör sıralı BT Cihazları



Şekil 5.3. Radyolojik kesitler ve 3D modelleme ve radyolojik anatomik ölçümler

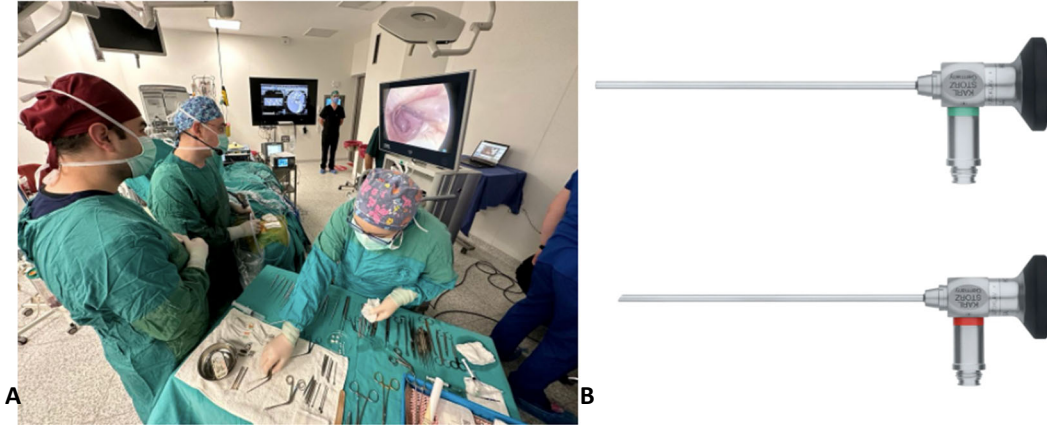
Temporal BT görüntülemeleri ve bu görüntülerden elde edilen 3D Rekonstrüksiyon görüntüsü ve bu görüntülerden elde edilen ölçümler

5.2.3. Ameliyat Tekniği

5.2.3.1. Endoskopik Cerrahi Teknik

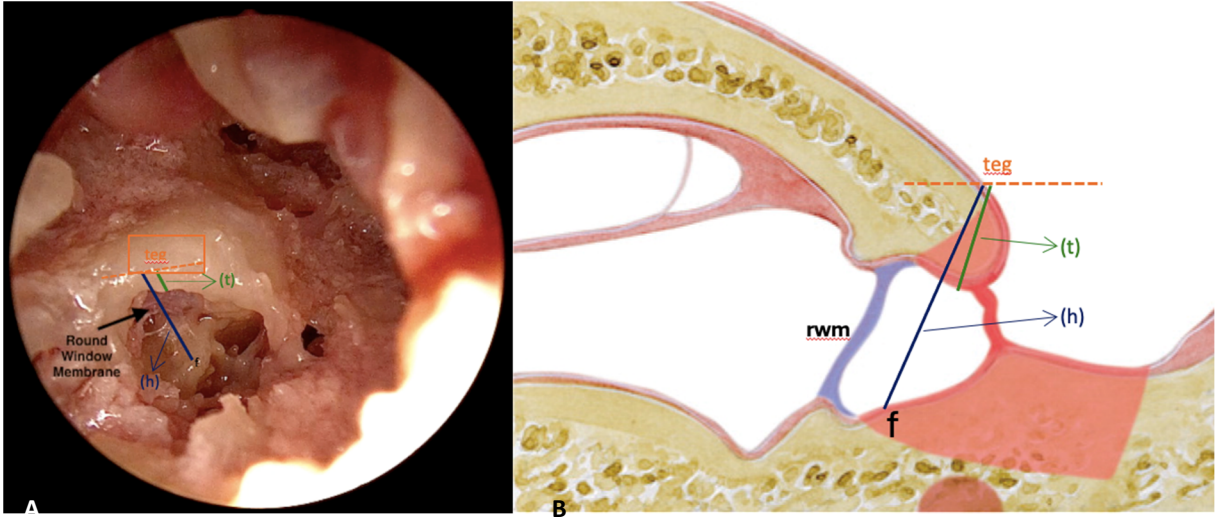
Endoskopik olarak cerrahi prosedürler 0° ve 30° rijit Hopkins model 3mm çaplı, 15 cm uzunluğunda teleskop endoskopiler vasıtasıyla gerçekleştirildi (Karl Storz, Tuttlingen, Germany). Endoskopi sistemine entegre yüksek çözünürlüklü monitör ve entegre kayıt sistemi ile tüm işlemler kayıt altına alındı. (Şekil 5.4).

0 derece endoskoplara kulak muayene edildikten sonra dış kulak yolu postero-inferior tabanlı flep hazırlanıp, anulusla birlikte eleve edilerek orta kulağa geçildi. Zar bakiyesi manibrium malleiden eleve edildi. Kemikçik zincir bütünlüğü ve hareketliliği kontrol edildi. Endoskopi yardımıyla yuvarlak pencere ekspozite edildi. Cerrahi anatomik landmarklar ortaya konuldu. Ardından çalışmada belirlenen yuvarlak pencere bölgesindeki yapıların birbirleri ile olan ilişkileri ve anatomik belirlenen ölçümler yapıldı. Endoskopik olarak RW niş kalınlığı(t), RW tegmen-fustis mesafesi(h), bunların birbirine oranı(t/h), RW tegmen- fustis mesafesi ile RW niş kalınlığı arasındaki fark(h-t) ölçüldü ve endoskopik fustis alt tipleri tanımlandı. (Şekil 5.5, Şekil 5.6)



Şekil 5.4. Endoskopik değerlendirme ve endoskop entegre sistemler

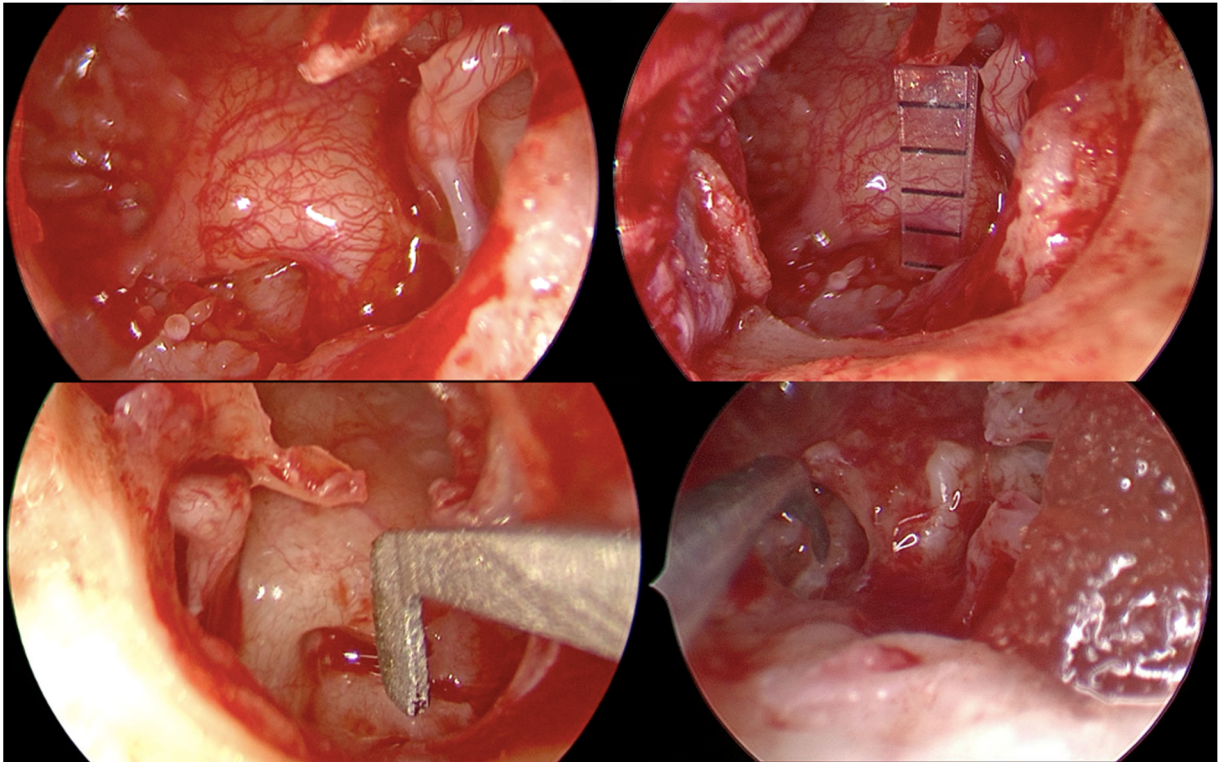
A-Endoskopik cerrahi yerleşim ve endoskopiye entegre monitör ve kayıt sistemi,
B-3 mm kullanan 0 ve 30 derece Storz marka kulak endoskopu



Şekil 5.5. Endoskopik anatomik ölçümler endoskopik ve şematik gösterimi

A-Çalışmada belirlenen ve ölçümleri yapılan anatomik yapılar ve yapılan ölçümlerin endoskopik gösterimi B-Çalışmada belirlenen ve ölçümleri yapılan anatomik yapılar ve yapılan ölçümlerin şematik kesitsel gösterimi (teg-tegmen, f-fustis, rwm-yuvarlak pencere membranı, t-yuvarlak pencere niş kalınlığı, h- yuvarlak pencere nişinin tegmeninden fustise olan mesafe)

(Resim B-Beltrame, Achille M., et al. "Consensus statement on round window vibroplasty." *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology* 123.10 (2014): 734-740.)



Şekil 5.6. Endoskopik anatomik ölçümlerin uygulanması

Endoskopik intraoperatif yuvarlak pencere anatomisinin değerlendirilmesi ve anatomik ölçümlerin yapılması

5.3. Evren ve Örneklem- Güç

Çalışma kapsamında sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; normal dağılıma uygunluk sağlanması durumunda ortalama ve standart sapma, sağlanmaması durumunda median ve min-max değerleri verilerek ifade edildi. Kategorik değişkenler için ise tanımlayıcı istatistikler verilirken frekans ya da yüzde değerleri kullanıldı.

Denek başına 2 gözlem (endoskopi, tomografi) içeren ICC analizi için 0,05 anlamlılık düzeyine sahip bir F-testi kullanılarak sıfır hipotezi altında sınıf içi korelasyon 0,45 iken alternatif hipotez altında 0,7'lik bir sınıf içi korelasyonu % 80 güç ile tespit etmenin yeterli olduğu ve bunun için 44 deneklik bir örneklem büyüklüğü hesaplandı. Güç analizinin çalışmada 44 hasta ile yeterli olması nedeni ile çalışmamızda endoskopik cerrahiye uygun görülen 46 hastanın verileri baz alınarak yürütüldü.

5.4. İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi bilgisayar ortamında SPSS 22.0 paket programı ile yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistiksel ölçütler (ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve yüzdelik sayılar) kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler sürekli değişkenler için ortalama \pm standart sapma değer şeklinde gösterildi. Verilerin değerlendirilmesinde parametrik test varsayımlar yerine getirildiğinde ikiden fazla bağımsız grubun ortalamaları arasındaki farkın belirlenmesi için One Way ANOVA, parametrik test varsayımlar yerine getirilmediğinde ikiden fazla bağımsız grubun ortalamaları arasındaki farkın belirlenmesi için Kruskal Wallis-H testi, kategorik verilerin karşılaştırmasında ki-kare testi, değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için Pearson Korelasyon analizi kullanılmış olup yanılma düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

Verilerin normallik analizi değerlendirilirken değişkenlere ait verilerin hangi dağılımdan geldiğini belirlemek için; Kolmogorov-Smirnov testi istatistik ve p değeri, çarpıklık ve basıklık katsayıları incelenmiş, Tabachnick ve Fidell'in, (2013) önerisi doğrultusunda p değerinin 0,05'ten büyük olması veya çarpıklık ve basıklık katsayılarının ± 2 sınırları içinde bulunması durumunda verilerin dağılımının normal sınırlar içerisinde olduğu kabul edilmiştir(53).

6. BULGULAR

Bu bölümde çalışmada elde edilen demografik bilgiler, veriler ve ilişkili tablolar sunulmuştur.

6.1. Demografik ve Genel Bulgular

Çalışmaya; Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB&BBC Anabilim Dalı tarafından endoskopik kulak cerrahisi planlanan 46 hasta dahil edilmiştir. Hastaların endoskopik değerlendirmeleri 2 KBB hekimi tarafından yapıldı. Hastaların radyolojik incelemesi 2 Radyolog ve 1 KBB hekimi tarafından değerlendirildi. 1 hastanın dış merkez temporal BT görüntüsü, düşük görüntü kalitesi nedeniyle değerlendirmeye uygun olmadığı için çalışmaya dahil edilmedi.

Çalışmada değerlendirilen 46 hastanın 24'ünün (%52,2) kadın, 22'sinin (%47,8) erkek cinsiyette olduğu izlendi.

Çalışmada değerlendirilen hastaların yaş ortalaması $41,65 \pm 13,04$ olup %56,5'inin (n=26) 42 yaş ve üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca hastaların %52,2'sinin (n=24) kadın, %47,8'sinin (n=22) ameliyat tarafı sağ olarak saptanmıştır (Tablo 6.1).

Katılımcıların gruplara göre tanımlayıcı özellikleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Hastaların genel özellikleri

Özellikler	n	%
Cinsiyet		
Kadın	24	52,2
Erkek	22	47,8
Yaş		
41 yaş ve altı	20	43,5
42 yaş ve üzeri	26	56,5
Yaş ortalaması $\bar{X} \pm SS$ (min-max)	41,65 \pm 13,04 (9-63)	
Ameliyat tarafı		
Sağ	22	47,8
Sol	24	52,2
TOPLAM	46	100,0

Hastaların demografik genel bilgilerine göre dağılımı (N=46)

n: kişi sayısı, %=yüzde, \bar{X} =ortalama (mean) değeri, SS=standart sapma, min= en küçük değer, max= en büyük değer, NOT: yaş aralığı ortalama değere göre belirlenmiştir.

6.2. Endoskopik Ölçümler ve Fustis Alt Tiplendirme Sonuçları

Hastaların endoskopik ölçümlerine göre dağılımı değerlendirildiğinde %54,3'ünün (n=25) fustis alt tipi tip B olarak belirlenmiştir. Ayrıca RW niş kalınlığı (t) ortalaması $0,76\pm0,23$ mm; RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $1,84\pm0,34$ mm; RW niş kalınlık(t)/RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $0,41\pm0,09$ olarak saptanmıştır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Hastaların endoskopik ölçümlerine göre dağılımı (n=46)

Özellikler	n	%
Fustis Alt Tip		
Tip A	21	45,7
Tip B	25	54,3
TOPLAM	46	100,0
RW Niş Kalınlığı (t) ortalaması $\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$0,76\pm0,23$ (0,4-1,5) mm	
RW Tegmen-Fustis Mesafe(h) ortalaması $\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$1,84\pm0,34$ (0,8-2,9) mm	
RW Niş Kalınlık/RW Tegmen-Fustis Mesafe(t/h) ortalaması $\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$0,41\pm0,09$ (0,22-0,60)	

n: kişi sayısı, %=yüzde, \bar{X} =ortalama (mean) değeri, SS=standart sapma, min= en küçük değer, max= en büyük değer

6.3. Radyolojik Ölçümler ve Radyolojik Fustis Alt Tiplendirme Sonuçları

Hastaların radyolojik ölçümlerine göre dağılımı değerlendirildiğinde %55,5'inin (n=25) radyolojik fustis alt tipinin silindirik, tamamının (n=45) 3D rekonstrüksiyonunun pozitif, %51,1'inin (n=23) 3D rekonstrüksiyona göre fustis alt tipinin tip A olduğu belirlenmiştir. Ayrıca RW niş kalınlığı(t) ortalaması $0,91\pm0,17$ mm; RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $1,98\pm0,33$ mm; RW niş kalınlık(t)/RW tegmen-fustis mesafe(h) ortalaması $0,46\pm0,09$ 'dur (Tablo 6.3).

Tablo 6.3. Hastaların radyolojik ölçümlerine göre dağılımı

Özellikler	n	%
Radyolojik Fustis Alt Tip		
Silindirik	25	55,5
Kesik Koni	13	28,9
J tipi	7	15,6
3D Rekonstrüksiyon Pozitif	45	100,0
3D rekonstrüksiyon Fustis Alt Tip		
Tip A	23	51,1
Tip B	22	48,9
TOPLAM	45	100,0
RW Niş Kalınlığı (t) ortalaması (n=45) $\bar{X} \pm SS$ (min-max)	0,91±0,17 (0,6-1,4) mm	
RW Tegmen-Fustis Mesafe (h) ortalaması (n=45) $\bar{X} \pm SS$ (min-max)	1,98±0,33 (1,3-2,8) mm	
RW Niş Kalınlık/RW Tegmen-Fustis Mesafe (t/h) ortalaması $\bar{X} \pm SS$ (min-max)	0,46±0,09 (0,29-0,77)	

n: kişi sayısı, %=yüzde, \bar{X} =ortalama (mean) değeri, SS=standart sapma, min= en küçük değer, max= en büyük değer

6.4. Endoskopik ve Radyolojik Ölçümler ve İlişkilendirilmesi

Hastaların bazı endoskopik ve radyolojik bulgularının arasındaki ilişki değerlendirildiğinde RW niş kalınlığının(t) radyolojik ve endoskopik bulguları arasında pozitif yönlü, güçlü ve anlamlı bir ilişki olduğu ($r=0,765$; $p<0,001$) belirlenmiş olup endoskopik RW niş kalınlığı arttıkça radyolojik RW niş kalınlığının da arttığı saptanmıştır (Tablo 6.5).

RW tegmen-fustis mesafesinin(h) radyolojik ve endoskopik bulguları arasında pozitif yönlü, orta düzeyde ve anlamlı bir ilişki olduğu ($r=0,638$; $p=<0,001$) belirlenmiş olup endoskopik RW tegmen-fustis mesafesi arttıkça radyolojik RW tegmen-fustis mesafesinin de arttığı saptanmıştır (Tablo 6.4).

RW niş kalınlık/RW tegmen-fustis mesafelerinin(t/h) endoskopik ve radyolojik bulguları arasında pozitif yönlü, orta düzeyde ve anlamlı bir ilişki olduğu ($r=0,599$; $p=<,001$) belirlenmiş olup endoskopik RW niş kalınlık/RW tegmen-fustis mesafesi arttıkça radyolojik RW niş kalınlık/RW tegmen-fustis mesafesinin de arttığı saptanmıştır (Tablo 6.5).

Tablo 6.5. Hastaların endoskopik ve radyolojik bulgularının aralarındaki ilişki

Bulgular	Endoskopik (n=46)	Radyolojik (n=45)	Korelasyon
	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	
RW Niş Kalınlığı (t)	0,76±0,23 mm (0,4-1,5)	0,91±0,17 mm (0,6-1,4)	$r=0,765$ $p=<,001^*$
RW Tegmen-Fustis Mesafe(h)	1,84±0,34 mm (0,8-2,9)	1,98±0,33 mm (1,3-2,8)	$r=0,638$ $p=<,001^*$
RW Niş Kalınlığı /RW Tegmen-Fustis Mesafe(t/h)	0,41±0,09 (0,22-0,60)	0,46±0,09 (0,29-0,77)	$r=0,599$ $p=<,001^*$

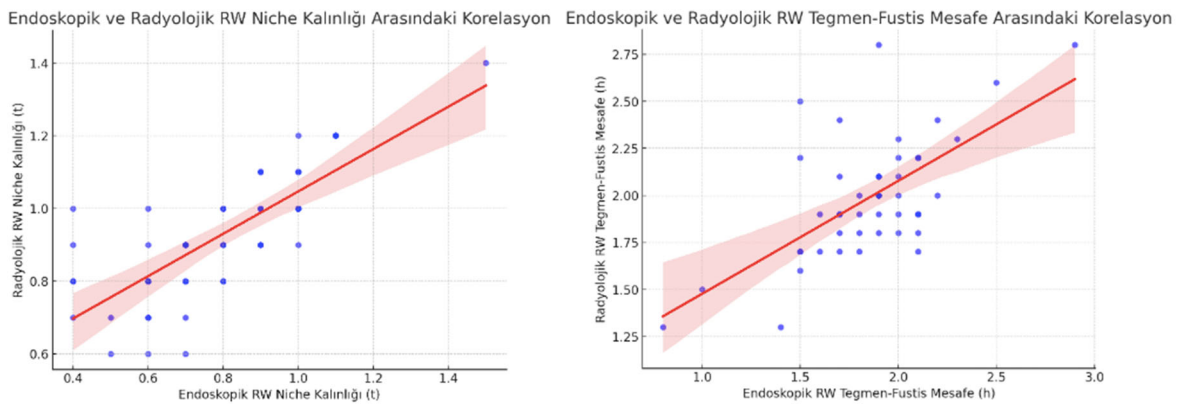
*Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır, \bar{X} : ortalama (mean) değeri, SS: Standart Sapma, min: en küçük değer, max: en büyük değer

Hastaların endoskopik ve radyolojik RW niş kalınlığı (t) ile RW tegmen-fustis mesafe(h) bulgularının arasındaki farkın ortalamaları değerlendirildiğinde (h-t) farkının endoskopik olanda radyolojik olana göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca (h-t) farkının radyolojik ve endoskopik bulguları arasında pozitif yönlü, orta düzeyde ve anlamlı bir ilişki olduğu ($r=0,486$; $p<0,001$) belirlenmiş olup endoskopik (h-t) farkı arttıkça radyolojik (h-t) farkının da arttığı saptanmıştır (Tablo 6.6).

Tablo 6.6. Hastaların endoskopik ve radyolojik RW niş kalınlığı (t) ile RW tegmen-fustis mesafe(h) bulguları arasındaki farkın ilişki düzeyi

Bulgular	Endoskopik (n=46)	Radyolojik (n=45)	Korelasyon
	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	
(RW Tegmen-Fustis Mesafe)- (RW Niş Kalınlığı) (h-t)	1,07±0,25 mm (0,4-1,8)	1,05±0,32 mm (0,0-1,6)	$r=0,486$ $p=<,001^*$

*Pearson korelasyon analizi, \bar{X} : ortalama (mean) değeri, SS: Standart Sapma, min: en küçük değer, max: en büyük değer



Şekil 6.1. Endoskopik ve radyolojik pozitif korelasyonu ve hasta dağılımını gösteren grafik

6.5. Endoskopik ve 3D Rekonstrüksiyon Fustis Alt Tipleri

3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipi tip A olanların %65,2'sinin (n=15) endoskopik fustis alt tipi tip A, 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipi, tip B olanların %77,3'ünün (n=17) endoskopik fustis alt tipinin Tip B olduğu belirlenmiştir. 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipi ile endoskopik fustis alt tipinin karşılaştırmasında gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır (p<0,05) (Tablo 6.5).

Tablo 6.7. Endoskopik fustis alt tipi ile 3D fustis alt tipinin karşılaştırılması

	3D Rekonstrüksiyon Fustis Alt Tipi				Test değeri/p
	Tip A (n=23)		Tip B (n=22)		
	n	%	n	%	
Endoskopik fustis alt tipi					
Tip A	15	65,2	5	22,7	$\chi^2= 8,222$ $p=0,004$
Tip B	8	34,8	17	77,3	
TOPLAM	23	100,0	22	100,0	

χ^2 : ki-kare testi, n: kişi sayısı, %: yüzde

6.6. Radyolojik ve Endoskopik Ölçümlerle, Radyolojik Fustis Alt Tiplerinin Değerlendirilmesi

Radyolojik fustis alt tiplerinin tamamında radyolojik RW niş kalınlık/RW tegmen-fustis mesafesinin endoskopik RW niş kalınlık/RW tegmen-fustis mesafesi ortalamasından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Endoskopik ve radyolojik RW niş kalınlık/RW tegmen-fustis mesafeleri ile radyolojik fustis alt tiplerinin karşılaştırmasında gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı (p>0,05) grupların benzer özellik gösterdiği saptanmıştır (Tablo 6.8).

Tablo 6.8. Radyolojik fustis alt tipine göre endoskopik ve radyolojik RW niş kalınlık/RW niş tegmen-fustis mesafesinin karşılaştırması

RW Niş Kalınlık/RW Tegmen-Fustis Mesafesi	Radyolojik Fustis Alt Tipi			Test değeri/p
	Silindirik (n=25)	Kesik Koni (n=13)	J tipi (n=7)	
	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	
Endoskopik	0,41±0,10 (0,22-0,60)	0,41±0,09 (0,30-0,59)	0,40±0,05 (0,33-0,50)	F=0,021 p=0,979
Radyolojik	0,46±0,08 (0,32-0,61)	0,44±0,08 (0,29-0,59)	0,51±0,12 (0,41-0,77)	KW=2,131 p=0,345

F: One Way ANOVA, KW: Kruskal Wallis H testi, \bar{X} : ortalama (mean) değeri, SS: Standart Sapma, min: en küçük değer, max: en büyük değer

Radyolojik fustis alt tipi silindirik ve J tipi olanlarda endoskopik (h-t) farkının radyolojik (h-t) farkından; kesik koni tipi olanlarda radyolojik (h-t) farkının endoskopik (h-t) farkından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Endoskopik ve radyolojik (h-t) farkı ile radyolojik fustis alt tiplerinin karşılaştırmasında gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı ($p>0,05$) grupların benzer özellik gösterdiği saptanmıştır (Tablo 6.9).

Tablo 6.9. Radyolojik fustis alt tipine göre endoskopik ve radyolojik (RW tegmen-fustis mesafe) - (RW niche kalınlığı) (h-t) karşılaştırması

(RW Tegmen-Fustis Mesafe)-(RW Niche Kalınlığı) (h-t)	Radyolojik Fustis Alt Tipi			Test değeri/p
	Cylindrical (n=25)	Truncated-Cone (n=13)	J type (n=7)	
	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	$\bar{X}\pm SS$ (min-max)	
Endoskopik	1,08±0,24 mm (0,8-1,8)	1,13±0,23 mm (0,7-1,4)	0,94±0,32 mm (0,4-1,3)	KW=1,617 p=0,446
Radyolojik	1,07±0,26 mm (0,6-1,6)	1,16±0,28 mm (0,7-1,6)	0,90±0,35 mm (0,3-1,3)	KW=2,581 p=0,275

KW: Kruskal Wallis H testi, \bar{X} : ortalama (mean) değeri, SS: Standart Sapma, min: en küçük değer, max: en büyük değer

6.7. Radyolojik ve Endoskopik Farklı Fustis Alt Tiplerinin Karşılaştırılması

Radyolojik fustis alt tipi silindirik olanların %64,0'ünün (n=16), endoskopik fustis alt tipinin tip B, %60,0'ının (n=15) 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipinin tip B olduğu; radyolojik fustis alt tipi kesik koni olanların %53,8'inin (n=7) endoskopik fustis alt tipinin tip A, %53,8'inin (n=7) 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipinin tip A olduğu; radyolojik fustis alt tipi J tipi olanların %57,1'inin (n=4) endoskopik fustis alt tipinin tip A, %85,7'sinin (n=6) 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipinin tip A olduğu belirlenmiştir. Radyolojik fustis alt tipi ile endoskopik ve 3D rekonstrüksiyona göre değerlendirilen fustis alt tipinin karşılaştırmasında gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı ($p>0,05$) grupların benzer özellik gösterdiği saptanmıştır (Tablo 6.10).

Tablo 6.10. Radyolojik fustis alt tipine göre endoskopik ve radyolojik fustis alt tiplerinin karşılaştırılması

Fustis Alt Tipi	Radyolojik Fustis Alt Tipi						Test değeri/p
	Silindirik (n=25)		Kesik Koni (n=13)		J tipi (n=7)		
	n	%	n	%	n	%	
Endoskopik							
Tip A	9	36,0	7	53,8	4	57,1	$\chi^2= 1,645$ p=0,439
Tip B	16	64,0	6	46,2	3	42,9	
3D Rekonstrüksiyon Fustis Alt Tip							
Tip A	10	40,0	7	53,8	6	85,7	$\chi^2= 4,628$ p=0,099
Tip B	15	60,0	6	46,2	1	14,3	
TOPLAM	25	100,0	13	100,0	7	100,0	

χ^2 : ki-kare testi, n: kişi sayısı, %: yüzde



7. TARTIŞMA

Koklear implant cerrahisi esnasında implant elektrodu transmembranöz olarak yuvarlak pencereden iç kulağa iletilmektedir. Bu açıdan yuvarlak pencere ve ilişkili anatomik yapıların birbiri ile olan ilişkisi; cerrahinin uygulanabilirliği ve cerrahi komplikasyon riski açısından önem teşkil etmektedir.

Çalışmamızda endoskopi ile ameliyat esnasında ulaşılması ve değerlendirilmesi zor olan yuvarlak pencere ve ilişkili anatomik yapıların yapılacak gerçek ölçümlerinin, preoperatif rutin olarak çekilen yüksek çözünürlüklü temporal BT tetkiki ile yapılan, aynı yapıların ölçümlerinin uyumlu ve korele olduğunu göstermek, birbirleri ile olan anlamlı ilişkilerini ortaya koyabilmek ve preoperatif dönemde elde edilen verilerle, intraoperatif karşılaşılabilecek zorluklara karşı hazırlıklı olunmasını ve planlamanın buna göre yapılmasını sağlamak amaçlanmıştır. Bu sayede cerrahi öncesi dönemde, rutin yapılan yüksek çözünürlüklü temporal BT değerlendirilmesi ile elektrot insersiyosu esnasında karşılaşılabilecek sorunlara karşı hazırlık sağlanabilirliği değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın elde edilen verilerle mevcut literatür bilgilerini, mevcut klasifikasyonlarla uyumunu değerlendireceği, cerrahi öncesi doğru planlama ve ortak bir yaklaşım elde edilmesini sağlayacağı ve daha önce literatürdeki ayrı çalışmalarda radyolojik ve endoskopik klasifikasyonların olmasına rağmen, radyolojik ve endoskopik değerlendirmenin bir arada değerlendirildiği benzer bir araştırma olmadığından ötürü literatüre katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Kulak cerrahisinde endoskopik enstrümanların kullanımı, endoskopik cerrahi alanındaki araştırmaların da artmasıyla son yıllarda giderek önem kazanmaktadır. Özellikle mikroskopik cerrahi ile görüntülemesi ve değerlendirmesi zor olan yapıların değerlendirilmesinde endoskopik yaklaşımın daha üstün görüntüleme sunduğu görülmektedir(54).

Literatürde retrotimpanyum bölgesi anatomisi ile ilgili az sayıda çalışma bulunmakta olup, özellikle mikroskopik cerrahi ile erişimin zor olması nedeniyle elde edilen veriler kısıtlı ve çalışmalar sınırlı olmaktadır(24, 55-57). Günümüz otolojik cerrahisinde özellikle koklear implant teknolojisinin de gelişimiyle, bu bölge anatomisinin daha iyi anlaşılabilmesi gerekmektedir(58).

Fustis, önemli bir belirteç olup, Marchioni ve arkadaşları endoskopik olarak anatomik fustis yapısını 42 vaka ile değerlendirdikleri çalışmalarında ve anatomik yerleşimlerine göre Tip A ve Tip B olmak üzere 2 ana tip altında tanımlamışlardır. Hastaların %71,4'ünde tip A fustis tipi, %28,6'sında tip B fustis alt tipi olduğunu gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada tip A fustis alt tipinin direkt olarak skala timpani'yi gösterecek şekilde olduğunu ve tip B fustis alt tipinde skala timpani'nin hemen altında ve tabanını oluşturacak şekilde uzandığını göstermişlerdir(24).

Koklear implant cerrahisinde yuvarlak pencere anatomisi değişkenlik göstermekle birlikte, niş kalınlığı ve fustisin uzanım doğrultusuna göre niş ve fustis arasında, implant elektrodunun ilerleyeceği alan da değişiklik göstermektedir. Literatürde yapılmış olan çalışmalarda yuvarlak pencerenin skala timpani içerisindeki anatomisi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcutken, posterior timpanotomi sonrası fasiyal reses'e ulaşıldıktan sonra yuvarlak pencere nişi ve bunun fustis ile olan ilişkisi araştırılmamıştır.

Çalışmamızda her iki grupta hastaların yaş, cinsiyet ve taraf dağılımlarında farklılık yoktur. Literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olacak şekilde ameliyat tarafının ve cinsiyetin sonuçlar üzerinde anlamlı ilişkisinin olmadığı görüldü(58, 59).

Çalışmamızda önceki çalışmalardan farklı olarak, fustis alt tiplerini hem endoskopik hem de 3 boyutlu modelleme üzerinden radyolojik olarak belirlemeye çalıştık. Ayrıca yuvarlak pencere niş kalınlığı(t), yuvarlak pencere niş tegmeninden fustise olan vertikal eksen uzunluğu(h) ve bu iki ölçümün birbirleri ile olan oranını hem radyolojik hem de endoskopik olarak ölçümlerini elde ettik.

Yapmış olduğumuz çalışmamızda, endoskopik hastaların %54,3'ünün (n=25) fustis alt tipi Tip B, %45,7'sinin fustis alt tipi Tip A olduğu görüldü. Çalışmamızda, Marchioni ve arkadaşlarının(24) yaptığı çalışma ile alt tiplerde oransal farklılık izlense de fustisin, yuvarlak pencereyi tanımlamada iyi bir belirteç olabileceği görüşü, tanımlanan fustis alt tiplerine göre yuvarlak pencerenin bulunuşu ve tariflenen anatomik yerleşimini destekler nitelikte olduğu görüldü. Farklılığın hasta dağılımından kaynaklı olduğu düşünüldü.

Canzi ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, morfolojik olarak yuvarlak pencere nişini 3 alt tip şeklinde tanımlamışlardır. Değerlendirilen tomograflerin %51,7'si silindirik tipte, %32,3'ü J tipinde ve %16'sı kesik koni şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Endoskopik olarak yuvarlak pencere nişini, radyolojik yapmış oldukları sınıflamaya göre

değerlendirdiklerinde; silindirik ve kesik koni tipinde yuvarlak pencereyi direkt olarak görebildiklerini, J tipinde ise açının daraldığını ve yuvarlak pencere nişi nedeniyle, yuvarlak pencerenin rahatlıkla görülmediğini gözlemlemişlerdir. Yaptıkları sınıflamaya göre silindirik ve kesik koni olarak tanımladıkları alt tiplerin, Marchioni ve arkadaşlarının tanımladığı fustis Tip A ile, J tipinin ise fustis Tip B ile örtüştüğünü belirtmişlerdir(58).

Yaptığımız çalışmada; değerlendirilen tomografilerin %55,5'i silindirik tipte, %15,6'sı J tipinde ve %28,9'u kesik koni şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Silindirik tip olarak değerlendirdiğimiz hastaların %64'ünün Fustis Tip B olarak belirlendiği, J tip olarak değerlendirdiğimiz hastaların %57,1 oranında Fustis Tip A olarak belirlendiği, Kesik koni tip olarak değerlendirdiğimiz hastaların %53,8 oranında Fustis Tip A olarak belirlendiği görülmesine karşın istatistiksel olarak anlamlı değildir. Canzi ve arkadaşlarının(58) yapmış olduğu çalışma ile aradaki farklılığın çalışmamızın daha az sayıda hasta grubu ile yapılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kulak cerrahisinde özellikle yuvarlak pencere anatomisinin önem kazanmasıyla aynı şekilde radyolojik görüntülemesi ve radyolojik anatomisi de önem kazanmaktadır. Özellikle cerrahi öncesinde anatomiye hâkim olmak büyük önem teşkil etmektedir(60, 61).

Cohen ve arkadaşlarının yapmış olduğu 214 hastaya ait 414 kulak tomografisinin incelendiği çalışmada, yuvarlak pencere radyolojik anatomisini tanımlamaya yönelik bazı landmarklar tanımlamışlardır. Yuvarlak pencere nişinin sonlanım noktasından, "operculum" olarak adlandırılan, promontoryumun en konveks noktasına olan mesafe ölçülmüş ve bu mesafe ortalama olarak $2,221 \pm 0,421(0.9-3.4)$ mm olarak ölçülmüştür. Yuvarlak pencere nişinin radyolojik olarak %92 kesik koni, %8 silindirik olduğunu tespit etmişlerdir(59).

Yuvarlak pencere anatomisi yenidoğan döneminde gelişimini tamamlayıp, en son boyutuna ulaştığı için elde edeceğimiz endoskopik ve radyolojik verilerde değişiklik olmayacaktır. Çalışmamızda; %55,5'inin silindirik tipte, %28,9'nun kesik koni ve %15,6'sının J tipinde olduğu görüldü. Cohen ve arkadaşlarının(59) yapmış olduğu çalışmada J tipinin tanımlanmamış olması, ayrıca Canzi ve arkadaşlarının(58) yapmış olduğu çalışmada ile kendi çalışmamız ve Cohen ve arkadaşlarının çalışmasında oransal farklılıklar izlenmesinin temelinde radyolojik görüntüleme tekniklerinin, görüntü kalitesi, inceleyen araştırmacıların oldukça küçük boyuttaki bir alanı yorumlamasındaki farklılık ve örneklem büyüklüğü ile ilgili olduğu düşünülmüştür.

Ayrıca Cohen ve arkadaşlarının(59) radyolojik olarak operculum olarak adlandırdıkları alanı, çalışmamızda; yuvarlak pencere nişi olarak adlandırdık ve en tepe noktası olan en konveks noktasından bitim noktasına kadar ölçerek ‘t’ olarak belirttik. Aynı şekilde nişin tepe noktası olarak belirlediğimiz noktadan, Cohen ve arkadaşlarının promontoryumun en konveks dedikleri nokta olan ve çalışmamızda fustisin en konveks noktasına denk gelen ölçümü ‘h’ olarak belirttik. Cohen ve arkadaşlarının operculum genişliği olarak ifade ettikleri mesafeyi ölçerek, aslında koklear implant elektrodunun geçip, yuvarlak pencere membranına girdiği aralık hakkında öngörülebilir bilgi sahibi olmayı amaçladık. Bu mesafe çalışmamızda ‘(h-t)’ olarak ölçülmüştür. Bu mesafeyi radyolojik olarak ortalama $1,05\pm 0,32$ mm (0-1,6) olarak ölçüldü. Aynı şekilde endoskopik olarak $1,07\pm 0,25$ (0,4-1,8) mm olarak ölçüldü. Literatürden farklı olarak bu çalışmada radyolojik ve endoskopik (h-t) mesafesinin anlamlı olarak aralarında korelasyon gösterdiği görüldü.

Çalışmamızda; endoskopik olarak ölçtüğümüz t, h ve t/h oranlarının, radyolojik olarak ölçtüğümüz t, h, t/h oranları istatistiksel olarak güçlü bir şekilde anlamlı ve korele olduğu, (h-t) uzunluğunun radyolojik ve endoskopik olarak korele olduğu görüldü.($p<0,05$) Ayrıca endoskopik olarak yuvarlak pencere niş kalınlığı(t) ortalama $0,76\pm 0,2$ mm; yuvarlak pencere niş tegmen-fustis mesafesi(h) ortalama $1,84\pm 0,34$ mm; (h-t) mesafesi ise ortalama $1,07\pm 0,25$ mm olarak saptandı.

Shakeel ve arkadaşlarının(62) yapmış olduğu 3 boyutlu yuvarlak pencere nişini kalıpla modelledikleri kadavra çalışmasında kemik yuvarlak pencereyi örten kemik niş çıkıntısı ve çıkıntı ile promontoryum arasında kalan açıklık, model kalıplar üzerinden ölçülmüş ve ortalama kemik çıkıntı kalınlığı 2,1 mm (1,9-2,4 mm) ve açıklık vertikal uzunluğu ortalama 2mm(1,8-2,15) olarak sonuçlanmıştır. Çalışmamızla karşılaştırıldığında; Shakeel ve arkadaşlarının ölçmüş olduğu kemik niş çıkıntı kalınlığı ve çıkıntı ile promontoryum arasında kalan açıklık sırasıyla ölçmüş olduğumuz t ve (h-t) değerleriyle örtüşmektedir. Yaptıkları çalışmada uzunlukları farklı olarak indirekt olarak modelleme üzerinden ölçmüşlerdir. Ayrıca örneklem büyüklüklerinin de sınırlı olması nedeniyle iki çalışma arasında farklılık izlenmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak; yuvarlak pencere niş kalınlığını ve niş tegmeninden fustise olan mesafeyi endoskopi ile direkt olarak ölçtük ve bu ölçümlerin radyolojik eş ölçümlerle istatistiksel anlamlı korelasyonunu ortaya koyan alanındaki ilk çalışmadır.

İşitme rekonstrüksiyonunda farklı implante edilebilir teknolojiler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır(63). Bunlardan birisi olan orta kulak implantlarında; elektriksel stimülasyonun mekanik vibrasyon etkisi ile direkt olarak yuvarlak pencere membranına aktarıldığı implant türünde, vibrasyon üreten implant parçasının direkt olarak yuvarlak pencere membranına yerleşmesi ve tamamen temas etmesi gerekmektedir(64, 65). Bu amaçla cerrahi olarak yerleştirilen bu parçanın mekanik işlevini yerine getirebilmesi için yuvarlak pencere nişinin membran korunarak ve membran ekspozite edilerek tur yardımıyla eksize edilmesi gerekmektedir(66). Ayrıca koklear implant cerrahisinde de aynı şekilde, elektrot insersiyonunu daha az travmatik şekilde yapabilmek için niş yapısının turlanarak eksize edilmesi ve travmanın mümkün olduğunca azaltılarak rezerv işitme fonksiyonunun korunması gerekmektedir(67, 68). Literatürde çok az çalışma olmakla birlikte, yaptığımız niş kalınlığı ölçümü, cerrahlara bu konuda daha güvenli bir turlama imkânı sunacaktır. Literatürdeki diğer çalışmaların aksine, yaptığımız çalışmada radyolojik korelasyonu da ortaya koymamız, cerrahi öncesi dönemde planlama yapmayı mümkün kılmakta ve implantın uygulanabilirliğini değerlendirme imkânı ve yerleştirilebilir implantlar arasında operasyon öncesi seçim yapma kolaylığı sunabilmektedir(69).

Koklear implantasyon cerrahisi popülaritesini giderek artırırken, kullanılan teknolojiler de gelişmekte ve mümkün oldukça minimal invaziv yöntemler tanımlanmaktadır(70, 71). Bu mantıkla yola çıkılarak tanımlanan Robotik koklear implant cerrahisi (RKİC), preoperatif görüntüleme ve özel yazılımsal programların kombinasyonu ile direkt olarak yuvarlak pencere membranına ulaşmayı hedeflemektedir(72). Yazılımsal olarak, görüntüleme yöntemleri ile 3 boyutlu ölçümler yapılmakta ve 3 boyutlu anatomik rekonstrüksiyon oluşturulmaktadır. Minimal invaziv bu yaklaşım, daha az travma yaratarak ve daha yavaş elektrot insersiyosu ile kalıntı işitmenin daha çok korunmasına ve postoperatif dönemde işitmede daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır(73).

Ayrıca yaptığımız 3 boyutlu modellemede ve endoskopik olarak değerlendirdiğimiz fustis alt tiplerine baktığımızda, iki grupta da Fustis Tip A olanların %65, iki grupta da Fustis Tip B olanların %77,3 oranında birbiriyle anlamlı olarak uyumlu olduğu görüldü.

Nörootoloji komplike bir anatomiye sahip bir alan ve cerrahlar genellikle zihinsel olarak 2 boyutlu görüntülemeleri, 3 boyutlu anatomiye çevirerek hakimiyet sağlamaya çalışmaktadırlar. Fakat değişen durumlar ve patolojiler, farklılık gösteren anatomi gibi durumlarda tercih edilecek farklı yaklaşımlarda zihinsel 3 boyutlu hakimiyeti sağlamak

güçleşebilmektedir(42). Endoskopik ve radyolojik olarak yapılan ölçümlerin güçlü korelasyonu ile cerrahi öncesinde elde edilecek 3 boyutlu görüntüleme ile, yuvarlak pencere anatomisine hâkim olunması mümkün kılınacak ve fustis alt tiplerinin arasında korelasyon olması sebebiyle de cerrahi esnasında yuvarlak pencere membranının anatomik doğrultusunu doğru bir şekilde tespit etmek mümkün olacaktır.

Auinger ve arkadaşlarının(45) yapmış olduğu çalışmada; RKİC'de kullanılacak tomografi kesit kalınlığının $<0,3$ mm olması gerektiğini hatta ideal olarak $0,2$ mm olmasını önermektedirler. $>0,5$ mm kesit kalınlığı olan RKİC vakalarında oluşturulan implant yolağının, korunması gereken yapılara zarar verdiği ve yapılan plan ile cerrahinin uyuşmadığını ortaya koymuşlardır. Çalışmamızın kısıtlarından birisi, hastalara çekilen Temporal BT görüntülemesinin kesit kalınlığının $0,5-0,625$ mm boyutunda olması nedeniyle, yapılan 3 boyutlu rekonstrüksiyonlarda hata payının artmış olması gösterilebilir.

Elde ettiğimiz sonuçlardan yola çıkarak, preoperatif görüntüleme yöntemleriyle elde edilen ve gerçek anatomi ile korele olduğu izlenen bu veriler, RKİC için kullanılan yazılımların yapay zekâ algoritmaları üzerinden, daha da hassaslaşarak, çok da minimal invaziv olarak RKİC cerrahisinin gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir. RKİC için en önemli problemlerden biri olan orta kulak-iç kulak bağlantısının sağlanmasında daha az sapma ile sonuçlar sunabilecektir.

Çalışmanın daha büyük bir hasta grubu ile yapılabilmesi ölçülen değerler arasındaki korelasyonun daha iyi değerlendirilmesine imkân sunacaktır. Ayrıca radyolojik kesit kalınlığının daha da ince olması, elde edilecek rekonstrüksiyonun daha da gerçek anatomi ile uyumlu olmasını ve navigasyon sistemlerinde daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, literatürde; anlaşılması güç olan bir anatomik bölge ve bu konuda çok az çalışma olması nedeniyle yapılacak benzer araştırmaların artması ileri teknolojilerin uygulanabilirliğini artırmada önem teşkil etmektedir. Bu bağlamda bu konuda daha fazla araştırmanın yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Gelişen teknoloji ve günden güne kullanımı giderek artan yapay zekâ yazılımları ile anatomi ve radyolojik verilerin işlenmesi ve bu verilerin kullanımına yönelik çalışmaların yapılmasının da ekstra katkı sağlayacağına inanıyoruz.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda yuvarlak pencere ve ilişkili anatomik yapıları ve bu yapıların aralarındaki ilişkileri, endoskopik ve radyolojik olarak değerlendirdik ve aralarındaki anlamlı ilişkileri ortaya koymaya çalıştık. Çalışmada 46 hastaya ait temporal BT kesitleri ve BT görüntülerinden elde edilen 3D rekonstrüksiyonlar ve endoskopik intraoperatif eş zamanlı belirlenen fustis alt tipleri, yuvarlak pencere niş kalınlığı ve yuvarlak pencere niş tegmeninden fustise olan vertikal mesafeyi ölçerek değerlendirdik.

Çalışma sonuçları:

1-Hastaların cinsiyeti ve ameliyat tarafı ile endoskopik ve radyolojik bulgular arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı.

2-Radyolojik olarak tanımlanan fustis alt tipleri sınıflaması ile endoskopik ve 3D elde edilen fustis alt tipleri arasında anlamlı fark saptanmadı.

3-Radyolojik olarak ölçülen RW niş kalınlığı(t) ile endoskopik olarak ölçülen RW niş kalınlığı(t), radyolojik olarak ölçülen RW niş tegmen-fustis arası mesafe(h) ile endoskopik olarak ölçülen RW niş tegmen-fustis arası mesafe (h), ve hem radyolojik hem endoskopik olarak hesaplanan RW niş kalınlığının RW niş tegmen-fustis arası mesafeye oranı (t/h) değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde birbiri ile pozitif yönlü, güçlü bir korelasyon gösterdiği izlendi.(p<0,001) Ayrıca endoskopik ve radyolojik ölçümler üzerinden hesaplanan RW niş tegmen-fustis mesafesi ile RW niş kalınlığı arasındaki fark olan (h-t) değerinin, endoskopik ve radyolojik değerleri arasında pozitif yönlü, anlamlı bir ilişki olduğu, endoskopik (h-t) değeri arttıkça radyolojik (h-t) değerinin de arttığı saptanmıştır.(p<0,001)

4-Elde edilen 3D rekonstrüksiyon fustis alt tipleri ile endoskopik fustis alt tipleri arasında anlamlı şekilde gruplar arasında uyumlu oldukları izlendi.

5-t/h oranı ile radyolojik fustis alt tip sınıflaması arasında anlamlı ilişki saptanmadı.

Sonuç olarak; yuvarlak pencere anatomisi kompleks bir yapıya sahip olup, gelişen işitme teknolojileri ile anlaşılması ve yorumlanması daha da önem kazanmaktadır. Çok sınırlı ve

küçük bir alan olması nedeniyle, çok daha hassas ölçümler ve değerlendirilmeler yapılmalıdır. Ayrıca daha büyük hasta gruplarını içeren çalışmalar yapılmalıdır.



8. KAYNAKLAR

1. Anniko M, Bernal-Sprekelsen M, Bonkowsky V, Bradley PJ, Iurato S. Otorhinolaryngology, head and neck surgery: Springer; 2010.
2. OLGUN L. Kolesteatoma ve Kokleer İmplantasyon. *Turkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics*. 2019;12(1):73-7.
3. Sennaroglu L, Demiröz GB. Kokleer İmplantasyon. In: Koç C, editor. *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi*. 3. Baskı ed. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri; 2019. p. 423-35.
4. Gözen ED, Tevetoğlu F, Yener HM, Kara E, Ataş A, Şirolu S, et al. Extra-cochlear insertion in cochlear implantation: a potentially disastrous condition. *The Journal of International Advanced Otology*. 2019;15(3):358.
5. TUNCER Ü. Endoskopik Kulak Cerrahisinin Tarihi. *Turkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics*. 2016;9(1):1-3.
6. Sürmelioglu Ö, Dağkiran M. Endoskopik Otolojik Uygulamalar. *Osmangazi Tıp Dergisi*. 2018;40(2):110-5.
7. ORHAN KS. Endoskopik Kolesteatom Cerrahisi. *Turkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics*. 2016;9(1):31-4.
8. Mehanna AM, Gamaleldin OA, Fathalla MF. The misplaced cochlear implant electrode array. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2019;117:96-104.
9. Bajin M. Aurikula ve Temporal Kemiğin Embriyonik Gelişimi. *Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi, TM Önerci, Editor*. 2021:1-5.
10. Moore K, TVN P. İnsan embriyolojisi, Klinik Yönleri ile. Yıldırım M, Okar İ, Dalçık H (Editörler) 6ncı Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi. 2002:503-10.
11. Güneri E. Kulak embriyolojisi ve doğumsal kulak hastalıkları. *Otoloji ve Nöro-otoloji*, O Çelik, Editor. 2013:1-23.
12. Çakır N. *Otolaringoloji, Bas ve Boyun Cerrahisi*. 2. Baskı İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri. 1999.
13. Gulya A. *Developmental anatomy of the temporal bone and skull base. Surgery of the Ear* 6th ed Beijing, PR China: People's Medical Publishing House. 2010:3-27.
14. Tóth M, Alpár A, Patonay L, Oláh I. Development and surgical anatomy of the round window niche. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2006;188(2):93-101.

15. Koç C. Kulak burun boğaz hastalıkları ve baş-boyun cerrahisi: Güneş Tıp Kitabevleri; 2013.
16. Aslan A. Temporal kemik anatomisi. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi 1st ed Ankara: Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi. 2016:6-20.
17. Arıncı K, A E. Anatomi. 3 ed. Ankara: Öncü Basımevi; 2001.
18. KESEROĞLU K, BAYIR Ö. Orta kulağın endoskopik anatomisi. Türkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics. 2016;9(1):4-11.
19. Cruz O. Anatomy of the skull base, temporal bone, external ear and middle ear. Otolaryngol Head& Neck Surg. 2005;4:2801-31.
20. Nogueira JF, Mattioli F, Presutti L, Marchioni D. Endoscopic anatomy of the retrotympanum. Otolaryngologic Clinics of North America. 2013;46(2):179-88.
21. Atlas A, Wright CG, Roland PS. Cochlear Anatomy via Microdissection with Clinical Implications.
22. Özdek A. Orta Kulak Kompartmanları ve Endoskopik Anatomisi. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi, TM Önerci, Editor. 2021;1:21-5.
23. Mansour S, Magnan J, Ahmad HH, Nicolas K, Louryan S. Comprehensive and clinical anatomy of the middle ear: Springer; 2019.
24. Marchioni D, Soloperto D, Colleselli E, Tatti MF, Patel N, Jufas N. Round window chamber and fustis: endoscopic anatomy and surgical implications. Surgical and Radiologic Anatomy. 2016;38:1013-9.
25. Özbilen S. Temporal kemiğin cerrahi anatomisi. M.Gerçeker, editor. Ankara: MN medikal ve Nobel Tıp Kitabevi; 2014. 3-16 p.
26. Gerçeker M MS, Beton S. Kohleanin mikroskopik anatomisi. In: M.Gerçeker, editor. Kulak burun boğaz ve baş boyun cerrahisi. Ankara: MN medikal ve Nobel Tıp Kitabevi; 2014. p. 17-22.
27. KARABULUT İ, KORKMAZ F, KARABULUT H. İşitme Sisteminin Reseptör ve Nöromediatörleri. Türkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics. 2015;8(2):107-10.
28. Guinan Jr JJ. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. Ear and hearing. 2006;27(6):589-607.
29. E. B. İşitme fizyolojisi. In: C K, editor. Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2013. p. 65-72.
30. E. B. İşitme sisteminde akustik prensipler. In: Belgin E. SA, editor. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2017. p. 21-7.

31. E. B. Periferik işitme sisteminin anatomi ve fizyolojisi. In: Belgin E. SA, editor. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2017. p. 29-40.
32. Özdemir S. İç Kulak, İşitme Siniri ve Santral Koklear Yolların Fizyolojisi. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi Otoloji Türkiye Eğitim ve Sağlık Vakfı. 2016:33-41.
33. AS. Ş. Santral işitme sisteminin anatomi ve fizyolojisi. In: Belgin E. SA, editor. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2017. p. 41-58.
34. Suga N, Gao E, Zhang Y, Ma X, Olsen JF. The corticofugal system for hearing: recent progress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2000;97(22):11807-14.
35. Kumar AU, Hegde M, Mayaleela. Perceptual learning of non-native speech contrast and functioning of the olivocochlear bundle. *International Journal of Audiology*. 2010;49(7):488-96.
36. ÖZGÜR A, YILMAZ B, KARABULUT H. Olivokoklear Eferent Sistemin Değerlendirilmesi. *Turkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics*. 2015;8(2):44-7.
37. Guinan Jr JJ. Olivocochlear efferents: Their action, effects, measurement and uses, and the impact of the new conception of cochlear mechanical responses. *Hearing research*. 2018;362:38-47.
38. Bidelman GM, Bhagat SP. Right-ear advantage drives the link between olivocochlear efferent ‘antimasking’ and speech-in-noise listening benefits. *Neuroreport*. 2015;26(8):483-7.
39. Presutti L, Marchioni D. Endoscopic ear surgery principles, indications, and techniques: Georg Thieme Verlag KG; 2014.
40. Güneri EA, Olgun Y. Endoscope-assisted cochlear implantation. *Clinical and experimental otorhinolaryngology*. 2018;11(2):89-95.
41. GÜNERİ EA. Endoskopik Koklear İmplantasyon Uygulamaları. *Turkiye Klinikleri Ear Nose and Throat-Special Topics*. 2016;9(1):46-51.
42. Noble JH, Dawant BM, Warren FM, Labadie RF. Automatic identification and 3D rendering of temporal bone anatomy. *Otology & neurotology*. 2009;30(4):436-42.
43. Güneri E. Koklear İmplantasyon. In: M. Ö, editor. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi. Ankara: US Akademi; 2021. p. 713-20.
44. 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;270:1237-42.

45. Auinger AB, Dahm V, Liepins R, Riss D, Baumgartner W-D, Arnoldner C. Robotic cochlear implant surgery: imaging-based evaluation of feasibility in clinical routine. *Frontiers in Surgery*. 2021;8:742219.
46. Fraysse B, Macías ÁR, Sterkers O, Burdo S, Ramsden R, Deguine O, et al. Residual hearing conservation and electroacoustic stimulation with the nucleus 24 contour advance cochlear implant. *Otology & neurotology*. 2006;27(5):624-33.
47. Klenzner T, Richter B, Nagursky H, Schipper J, Laszig R, Aschendorff A. Evaluation of the insertion-trauma of the Nucleus Contour Advance electrode-array in a human temporal bone model. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 2004;83(12):840-4.
48. Richter B, Aschendorff A, Nagursky H, Schipper J, Laszig R, Klenzner T. Methods for evaluation of perimodiolar CI electrode arrays in human temporal bones. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 2005;84(1):42-50.
49. Aschendorff A, Kubalek R, Turowski B, Zanella F, Hochmuth A, Schumacher M, et al. Quality control after cochlear implant surgery by means of rotational tomography. *Otology & Neurotology*. 2005;26(1):34-7.
50. Briggs RJ, Tykocinski M, Stidham K, Roberson JB. Cochleostomy site: implications for electrode placement and hearing preservation. *Acta oto-laryngologica*. 2005;125(8):870-6.
51. Postelmans J. Cochlear implantation: Surgical and audiological assessment of cochlear implantation techniques. 2012.
52. Heuninck E, Van de Heyning P, Van Rompaey V, Mertens G, Topsakal V. Audiological outcomes of robot-assisted cochlear implant surgery. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2023;280(10):4433-44.
53. Tabachnick BG. Using multivariate statistics. Alyn and Bacon. 2007.
54. Marchioni D, Alicandri-Ciufelli M, Pothier DD, Rubini A, Presutti L. The round window region and contiguous areas: endoscopic anatomy and surgical implications. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2015;272:1103-12.
55. Garcia P, Tamega O, Soares J, Piffer C, Zorzetto N. Contribution to the study of the styloid prominence in the posterior tympanic cavity. *Anatomischer Anzeiger*. 1982;151(3):247-54.
56. Savić D, Djerić D. Anatomical variations and relations in the medial wall of the bony portion of the eustachian tube. *Acta oto-laryngologica*. 1985;99(5-6):551-6.
57. Savič D, Djerič D. Surgical anatomy of the hypotympanum. *The Journal of Laryngology & Otology*. 1987;101(5):419-25.

58. Canzi P, Avato I, Manfrin M, Simoncelli AM, Magnetto M, Rebecchi E, et al. Anatomic variations of the round window niche: radiological study and related endoscopic anatomy. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2019;41:853-7.
59. Cohen D, Blinder G, Perez R, Raveh D. Standardized computed tomographic imaging and dimensions of the round-window niche. *International Tinnitus Journal*. 2005;11(2):158.
60. Takahashi H, Sando I, Takagi A. Computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement of the round window niche. *The Laryngoscope*. 1989;99(5):505-9.
61. Veillon F, Riehm S, Emachescu B, Haba D, Roedlich M-N, Greget M, et al., editors. *Imaging of the windows of the temporal bone. Seminars in Ultrasound, CT and MRI*; 2001: Elsevier.
62. Shakeel M, Spielmann P, Jones S, Hussain S. Direct measurement of the round window niche dimensions using a 3-dimensional moulding technique—a human cadaveric temporal bone study. *Clinical Otolaryngology*. 2015;40(6):657-61.
63. Böheim K, Mlynski R, Lenarz T, Schlögel M, Hagen R. Round window vibroplasty: long-term results. *Acta oto-laryngologica*. 2012;132(10):1042-8.
64. Schwab B, Grigoleit S, Teschner M. Do we really need a coupler for the round window application of an AMEI? *Otology & Neurotology*. 2013;34(7):1181-5.
65. Colletti V, Mandalà M, Colletti L. Electrocochleography in round window Vibrant Soundbridge implantation. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*. 2012;146(4):633-40.
66. Mancheño M, Aristegui M, Sañudo JR. Round and oval window anatomic variability: its implication for the vibroplasty technique. *Otology & Neurotology*. 2017;38(5):e50-e7.
67. Roland PS, Wright CG, Isaacson B. Cochlear implant electrode insertion: the round window revisited. *The Laryngoscope*. 2007;117(8):1397-402.
68. Shapira Y, Eshraghi AA, Balkany TJ. The perceived angle of the round window affects electrode insertion trauma in round window insertion—an anatomical study. *Acta oto-laryngologica*. 2011;131(3):284-9.
69. Beltrame AM, Todt I, Sprinzl G, Profant M, Schwab B. Consensus statement on round window vibroplasty. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 2014;123(10):734-40.
70. Weber S, Gavaghan K, Wimmer W, Williamson T, Gerber N, Anso J, et al. Instrument flight to the inner ear. *Science robotics*. 2017;2(4):eaal4916.
71. Topsakal V, Heuninck E, Matulic M, Tekin AM, Mertens G, Van Rompaey V, et al. First study in men evaluating a surgical robotic tool providing autonomous inner ear access for cochlear implantation. *Frontiers in Neurology*. 2022;13:804507.
72. Abari J, Heuninck E, Topsakal V. Entirely robotic cochlear implant surgery. *American journal of otolaryngology*. 2024;45(5):104360.

73. Rajan GP, Kontorinis G, Kuthubutheen J. The effects of insertion speed on inner ear function during cochlear implantation: a comparison study. *Audiology and Neurotology*. 2012;18(1):17-22.

