

T.C
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI

**SENSORİNÖRAL İŞİTME KAYIPLI ÇOCUK
HASTALARDA İÇ KULAK ANOMALİLERİNİN
SAPTANMASINDA MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLEME TETKİKİNİN TANI DEĞERİ**

UZMANLIK TEZİ
Dr. AYŞEGÜL İDİL SOYLU

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. ÜMİT BELET

SAMSUN-2009

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR

TABLO LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

ÖZET VE ANAHTAR KELİMELELER

ABSTRACT AND KEY WORDS

1. GİRİŞ VE AMAÇ

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Embriyoloji

2.1.1. Dış kulak embriyolojisi

2.1.2. Orta kulak embriyolojisi

2.1.3. İç kulak embriyolojisi

2.2. Histoloji

2.2.1. Dış kulak histolojisi

2.2.2. Orta kulak histolojisi

2.2.3. İç kulak histolojisi

2.3. Anatomi

2.3.1. Temporal kemik anatomisi

2.3.2. Kulak anatomisi

2.3.2.1. Dış kulak anatomisi

2.3.2.2. Orta kulak anatomisi

2.3.2.3. İç kulak anatomisi

2.4. İşitme Fizyolojisi

2.4.1. Dış kulak fizyolojisi

2.4.2. Orta kulak fizyolojisi

2.4.3. İç kulak fizyolojisi

2.5. İşitme Kaybı Tipleri ve Nedenleri

2.6. İşitmeye Yardımcı Cihazlar ve Koklear İmplant

2.7. Koklear İmplantasyonda Radyolojik Görüntüleme

2.7.1. Konvansiyonal radyografi

2.7.2. Bilgisayarlı tomografi

2.7.3. Manyetik rezonans görüntüleme

2.7.3.1. MR çalışma prensibi ve görüntünün elde edilmesi

2.7.3.2. TR ve TE Zamanları

2.7.3.3. MR'da Kesit Alınması ve İmaj Oluşturulması

2.7.3.4. MR' da Kullanılan İnceleme Serileri

2.7.3.5. CISS manyetik rezonans görüntüleme

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta seçimi

3.2. Hasta hazırlığı

3.3. Çekim tekniği

3.4. Verilerin analizi

3.5. Değerlendirme

4. BULGULAR

5. TARTIŞMA

6. SONUÇLAR

7. KAYNAKLAR

KISALTMALAR

BT: Bilgisayarlı Tomografi

CISS: Constructive interference in stady state

CMV: Sitomegalavirüs

FDA: Federal ilaç dairesi

GRE: Gradient eko

İAK: Internal akustik kanal

MIP: Maksimum intensite projeksiyon

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

PDA: Proton dansite ağırlıklı

RF: Radyofrekans

SE: Spin eko

SNİK: Sensorinöral işitme kaybı

T: Tesla

TE: Eko zamanı

TM: Timpanik membran

TR: Tekrarlama zamanı

TSE: Turbo spin eko

VAD: Vestibüler akuadukt

VRT: Volume rendering tekniği

3B: Üç boyutlu

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Sensorinöral işitme kaybı nedenleri

Tablo 2. İç kulak malformasyon sınıflandırması

Tablo 3. Dokuların ve bazı patolojik yapıların farklı MRG tetkik görüntü özellikleri

Tablo 4. Hastaların cinsiyet ve ortalama yaş dağılımı

Tablo 5. Konvansiyonel MRG, CISS MRG inceleme parametreleri

Tablo 6. Sennaroğlu sınıflamasına göre koklear patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

Tablo 7. Vestibüler patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

Tablo 8. Semisirkuler kanal patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

Tablo 9. İAK patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

Tablo 10. VAD patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

Tablo 11. İç kulak yapılarında patoloji saptanan hastaların CISS MRG inceleme bulguları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1. ve 2. brankial arkuslardan gelişen kulak kepçesinin organogenesi

Şekil 2. 1. faringeal kleften dış kulak yolunun gelişimi

Şekil 3. 1. faringeal arktan gelişen malleus ve inkus, 2. faringeal arktan gelişen stapes kemikciklerinin timpan boşluğa göçü

Şekil 4. Otik plakoddan otik veziküle ilerleyen embriyogenezis süreci

Şekil 5. Otik vezikülün farklılaşmasıyla gelişen membranöz labirent oluşumları

Şekil 6. Membranöz labirent ve onu saran kemik labirentten oluşan iç kulak yapısı

Şekil 7. Kokleanın iç yapısındaki skala vestibuli, skala media ve skala timpaninin yerleşimi

Şekil 8. Corti organı

Şekil 9. Temporal kemiğin kafatasının diğer kemikleri ile komşuluğu ve yerleşimi

Şekil 10. Temporal kemiğin kafa tabanından görünüm ve yerleşimi

Şekil 11. Kulağın dış, orta ve iç kulak bölümleri

Şekil 12. Orta kulak boşluğundaki kemikcik zincir

Şekil 13. İç kulakta yerleşmiş koklea, vestibül, semisirküler kanallar ve VIII. kranial sinir

Şekil 14. Temporal kemik içerisindeki fasial sinir trasesi

Şekil 15. Ses dalgasının orta ve iç kulak yapıları aracılığıyla 8. kranial sinir ve işitme merkezine iletimi

Şekil 16. Kokleadan işitme korteksine kadar santral işitme sistemi afferent yolları

Şekil 17. İç kulak yapılarının gelişimsel süreçteki duraklama evrelerine göre anomalilerin sınıflandırılması

Şekil 18. Koklear implant cihazının şematizasyonu

Şekil 19. Z ekseninde görülen longitudinal manyetizasyona dik oluşan Y eksenindeki transvers manyetizasyon

Şekil 20. T2 ağırlıklı CISS sekansında aksiyal planda elde olunan görüntülerde BOS ile dolu hiperintens İAK içerisinde sinyalsiz VII. ve VIII. kranial sinirler görülmektedir.

Şekil 21. CISS görüntülerinden elde olunan membranöz labirentin 3B reformat görüntüsünde koklea vestibül ve semisirküler kanallar görülmektedir.

Şekil 22. Normal sınırlarda iç kulak membranöz labirent oluşumları

Şekil 23. Sağda sınırlarda iç kulak membranöz labirent oluşumları, solda hafif dilate İAK ve Michel deformitesi

Şekil 24. Unilateral Michel deformitesi

Şekil 25. Bilateral koklear aplazi

Şekil 26. Bilateral ortak kavite deformitesi

Şekil 27. Sağda dilate endolenfatik kese ve eşlik eden bilateral Mondini deformitesi

Şekil 28. Solda Mondini malformasyonu, sağda ise Michel deformitesi

Şekil 29. Sağda normal sınırlarda iç kulak oluşumları, solda koklear hipoplazi

Şekil 30. Unilateral dilate vestibuler akuadukt anomalisi

Şekil 31. Bilateral dilate vestibuler akuadukt anomalisi

Şekil 32. Menenjit sonrası gelişen membranöz labirentte fibröz obliterasyon.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, sensorinöral işitme kayıplı (SNİK) çocuk hastalarda görülen hastalık nedeni olabilecek iç kulak patolojilerinin tanısında ve sınıflandırılmasında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tekniğinin önemini araştırmaktır.

Bu amaçla SNİK tanısı alan 90 çocuk hastanın 180 iç kulağına konvansiyonel MRG incelemesine ek olarak aynı seansda, 'Constructive İnterference İn Stady State' (CISS) MRG incelemesi yapıldı.

Konvansiyonel MRG'de koklea, vestibül, semisirküler kanallar, endolenfatik kanal ve internal akustik kanal genişliği değerlendirildi. Tüm beyni içeren T2 A koronal kesitlerle beyin, sinyal artışına neden olabilecek patolojiler ya da ek konjenital anomaliler açısından incelendi. İş istasyonunda CISS MRG serilerinde bilateral internal akustik kanallar içerisinde VII. ve VIII. kranial sinirler ve koklear dal varlığı ince maksimum intensite projeksiyon (MIP) görüntülerle aksiyal ve sagittal planlarda değerlendirildi. İç kulak düzeyinden geçen kesitlerden MIP tekniği ile görüntüler elde olunarak iç kulak yapılarının genel morfolojisi ve lokalizasyonu değerlendirildi. Daha sonra elde olunan görüntüler üzerinden volume rendering (VRT) tekniği kullanılarak iç kulak yapılarının üç boyutlu görüntüleri elde olundu. Böylece iç kulak yapıları anomaliler açısından morfolojik olarak değerlendirildi.

Sennaroğlu sınıflamasına göre 3 iç kulak yapısında Michel deformitesi (%1,66), 9 koklear aplazi (%4,98), 4 ortak kavite deformitesi (%2,22), 6 koklear hipoplazi (%3,33) ve 5 iç kulakta da Mondini malformasyonu (%2,77) tespit edildi (51)

Bu bulgularla konvansiyonel MRG sekanslarına eklenen CISS MRG serilerinin, SNİK olan çocuk hastalarda bulunabilecek iç kulak anomalilerinin tanı ve sınıflandırılmasında konvansiyonel MRG bulgularına önemli ek veriler sağladığı görüldü. Böylece bu hasta grubunda en önemli tedavi yöntemi olan koklear implant cerrahisine uygun hastaların seçimine ve bu hastalarda uygulanacak cerrahi yönleme daha kolay karar verilebileceği öngörüldü.

Anahtar sözcükler: Manyetik rezonans görüntüleme, 'Constructive Interference In Stady State' manyetik rezonans görüntüleme, Sensorinöral işitme kaybı, iç kulak anomalileri.

ABSTRACT

The purpose of this study is to search the importance of magnetic resonance imaging (MRI) in diagnosing and classifying the inner ear pathology that can be the cause of illness seen in children with sensorineural hearing loss.

With this intent in addition to conventional MRG examination of 180 inner ears of 90 child patients with SNIK diagnosis, Constructive Interference Study in State MRG analysis was done.

In conventional MRG the formation of ear and brain was examined in terms of pathology or additional congenital anomaly. In the series of CISS MRG, seventh and eighth cranial nerve existence and the common morphology of inner ear structure was observed by using MRG technique. By using volume rendering technique three dimensional images of inner ear structures were obtained.

According to classification of Sennaroğlu, 3 Michel deformity (%1,66), 9 cochlear aplasia (%4,98), 4 common cavity deformity (%2,22), 6 cochlear hypoplasia (%3,33), 5 Mondini malformation (%2,77) was identified in inner ear structures.

It was seen that by these findings CISS MRG series added to MRG sequences enabled fundamental additional data to conventional MRG findings in diagnosing and classifying the inner ear anomalies which can be come by in children with SNIK. Thus it was anticipated that the patients appropriate for

cochlear implant- the most important treatment for this kind of illness- and the surgical method that will be applied to these patients would be more easily determined.

Keywords: Magnetic resonance imaging, Constructive Interference In Study State, Sensorineural hearing loss, Inner ear anomalies.

1. GİRİŞ VE AMAÇ:

İşitme ses dalgalarının kulağımızca toplanmasından başlayıp, beyindeki merkezlerde anlam kazanmasına kadar uzanan bir süreçtir. İşitme yetisinin kaybında duyuşal yoksunluk yanında ileride öğrenme problemine dönüşen iletişim becerisi de bozular. Bu durum çok yönlü sonuçları ile hem ebeveynlerin hem de işitme kayıplı bireyin yaşam kalitesini düşürür.

Dış, orta, iç kulak ile merkezi işitme yolları ve işitme merkezi işitme sisteminin parçalarıdır. İç kulak, temporal kemik içerisinde yerleşmiş kemik labirent ve membranöz labirent olmak üzere birbirini tamamlayan iki farklı yapıdan oluşmuş karmaşık ve anlaşılması zor bir anatomiye sahiptir. Sensorinöral işitme kayıplı (SNİK) hastalarda iç kulağın bu karmaşık yapısındaki çeşitli anormallikler nedeniyle işitme kaybı gelişmektedir. İç kulak anomalilerine sahip SNİK'lı olguların %20 gibi küçük bir oranında kemik labirent anomalileri, %80 gibi büyük bir oranında ise membranöz labirent anomalileri etyolojide yer almaktadır (51) (22). Konjenital sensorinöral işitme kaybı insidansı toplumlara göre farklılıklar göstermekle birlikte yaklaşık 1000 doğumda 0,5–2,1 oranında görülmektedir (42,66).

Koklear implant, bilateral sensörinöral işitme kaybı olup, işitme cihazından fayda görmeyen hastaların duyabilmeleri için geliştirilmiş bir cihazdır (38,65). İmplant uygulanacak hastalarda varsa iç kulak anomalilerinin saptanması, mevcut anomaliye göre operasyon yapılabilirliğine ve uygulanacak implantın tipine karar verilmesinde, radyolojik tetkikler cerrah için vazgeçilmezdir. Bilgisayarlı tomografi (BT) tetkiki ile kemik yapılar hakkında ayrıntılı bilgi elde edilebilmekte, ancak membranöz labirent yapıları değerlendirilememektedir.

Membranöz labirent anomalilerinin saptanmasında yumuşak doku rezolüsyonu çok yüksek olan ve sıvı ile dolu yapıların mükemmel görüntülenmesine olanak sağlayan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tetkiki önemli yere sahiptir. MRG'nin geliştirilmesi ile membranöz labirenti oluşturan koklea, vestibül, semisirküler kanallar, endolenfatik duktus ve internal akustik kanal içerisindeki fasiyal (VII) ve vestibulokoklear (VIII) sinirlerin değerlendirilmesinde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir.

Bu çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda 2006-2008 yılları arasında koklear implant operasyonu açısından değerlendirilen ileri veya çok ileri derecede SNİK olup da işitme cihazından yararlanamayan çocuk hastaların, operasyon öncesi iç kulak yapıları Constructive Interference In Stady State (CISS) MRG tetkiki ile değerlendirilmiştir. VII ve VIII. kranial sinirler ve koklear sinir dalının yokluğunu da kapsayan İç kulak anomalilerini saptamada MRG tetkikinin değeri araştırılmıştır.

2.1. KULAK EMBRİYOLOJİSİ

Kulak farklı embriyolojik kökene sahip olmakla birlikte fonksiyonel olarak tek bir ünite gibi işlev gören üç parçadan oluşmuştur.

i) Ses toplayıcı organ olarak görev yapan dış kulak

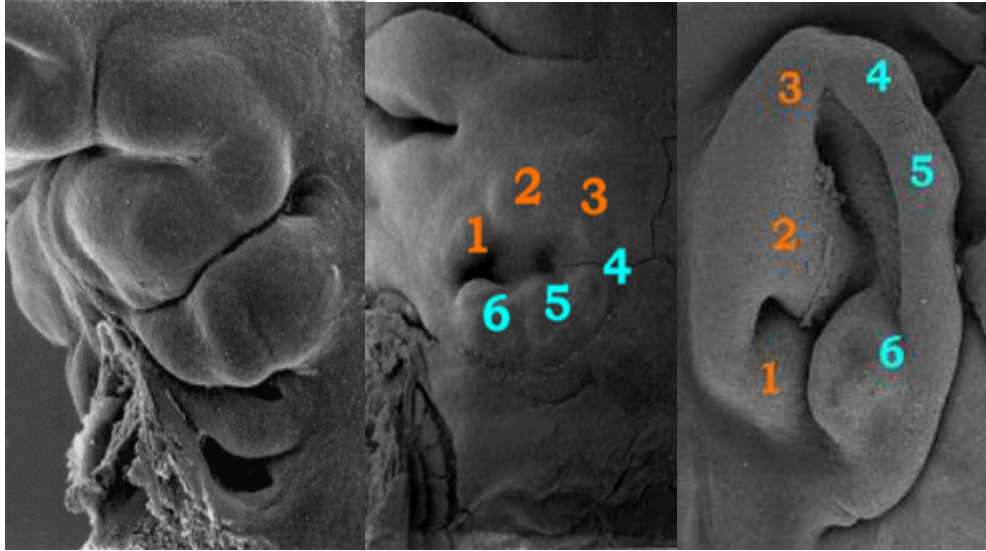
ii) Sesi dış kulaktan iç kulağa ileten orta kulak

iii) Ses dalgalarını sinir uyarılarına çeviren ve denge ile ilgili bilgileri kaydeden iç kulak

2.1.1. Dış Kulağın gelişimi

Dış kulak, birinci ve ikinci brankial arkulardan gelişen kulak kepçesi, birinci farengeal kleftten gelişen dış kulak yolu ve dış ile orta kulağı ayıran timpanik membran olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

Embriyolojik yaşamın üçüncü haftasında 1. ve 2. brankial arkulardan dorsal uçlarından üçer adet olmak üzere toplam 6 adet mezenşimal proliferasyon bölgesi gelişir. (Şekil 1)



Şekil 1. 1. ve 2. brankial arkulardan gelişen kulak kepçesinin organogenesi

Onikinci haftada dış kulak yolunun her iki tarafındaki bu 6 proliferasyon bölgesi birleşerek kalıcı kulak kepçesini oluştururlar.

Birinci brankial arkus 1. mezenşimal proliferasyon bölgesi - Tragus

Birinci brankial arkus 2. mezenşimal proliferasyon bölgesi - Krus heliks

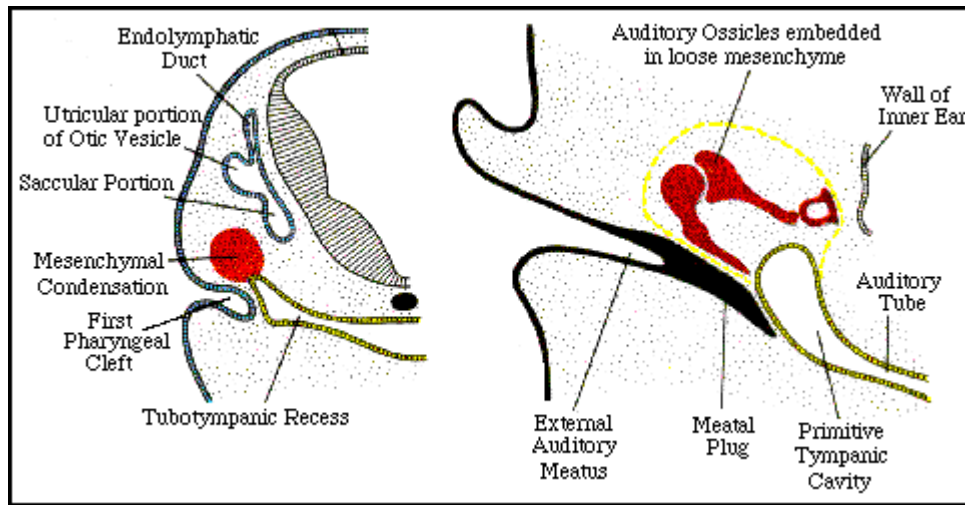
Birinci brankial arkus 3. mezenşimal proliferasyon bölgesi - Heliks

İkinci brankial arkus 4. mezenşimal proliferasyon bölgesi - Antiheliks

İkinci brankial arkus 5. mezenşimal proliferasyon bölgesi - Antitragus

İkinci brankial arkus 6. mezenşimal proliferasyon bölgesi - Kulak kepçesi lobülü

Altı ayrı mezenşimal proliferasyon bölgesinin kaynaşarak kulak kepçesini oluşturması oldukça karmaşık bir süreç olduğundan, kulak kepçesinin gelişimsel bozukluklarına sık rastlanır. Gelişimine boyun alt bölgesi hizasında başlayan kulak kepçesi mandibulanın oluşumu ile başın yan taraflarına doğru yükselir (49). Kulak kepçesi 20. haftada erişkin şeklini alırken, 9 yaşında ise erişkin çaplarına ulaşır (20). Dış kulak yolu, embriyolojik yaşamın 8. haftasında 1. faringeal kleften dorsal parçasının derinleşmesiyle gelişir (Şekil 2).



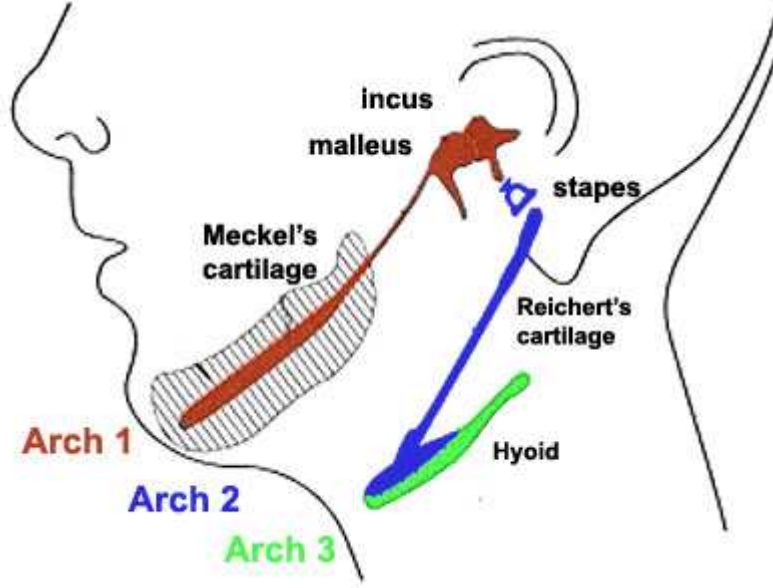
Şekil 2. 1. faringeal kleften dış kulak yolunun gelişimi

12. haftada kanal, dış kulak yolunun dibindeki epitelial hücrelerin çoğalarak oluşturduğu meatal tıkaç adı verilen solid bir epitelial yapı ile doldurulur. 28. haftada bu tıkaç çözülerek rekanalizasyon sağlanır. Rekanalizasyonda bozukluk olduğu takdirde, kanal darlığı veya konjenital sağırlıkla sonuçlanan dış kulak yolu atrezisi meydana gelir. Dış kulak yolunun kemikleşmesi 3 yaşında tamamlanır ve 9 yaşında dış kulak yolu erişkin şeklini alır.

Brankial ektoderm ile farengeal endodermin karşı karşıya geldiği bölge timpanik membranı oluşturur (20). Kulak zarı en dışta dış kulak yolu ektodermal epiteli, ortada fibröz striatumu oluşturan mezodermal fibröz doku ve içte orta kulak endotelial epiteli olmak üzere üç tabakanın birleşmesinden oluşur. Yirmisekiz haftalık embriyoda kulak zarı görülebilir. Kulak zarının bir bölümü içte malleus koluna yapışık olup dış kulak ile orta kulak arasında bir bölme görevi görür.

2.1.2. Orta Kulağın Gelişimi

Timpanik boşluk ve östaki borusundan meydana gelen orta kulak 1. faringeal poşdan köken alır ve endoderm kaynaklı epitelle döşelidir. Bu poş 3'ncü haftadan itibaren laterale doğru büyüyerek 1. faringeal kleftin tabanıyla birleşir. Poşun proksimaldeki dar parçası nazofarinks ile orta kulağı birleştiren östaki tüpünü oluştururken; distaldeki tubotimpanik girinti genişleyerek primitif timpanik boşluğu meydana getirir. Endodermal epitel giderek gelişmekte olan boşluk boyunca yayılırken timpanik boşluk öncekine göre en az iki katı büyüklüğe ulaşır. Malleus ve inkus 1. faringeal, stapes ise 2. faringeal arkus kıkırdağından gelişir (Şekil 3). Kemikçikler, fetal yaşamın ilk yarısında ayırt edilebilse de, 8. aya kadar çevrelerindeki mezenşim içinde gömülü kalırlar.



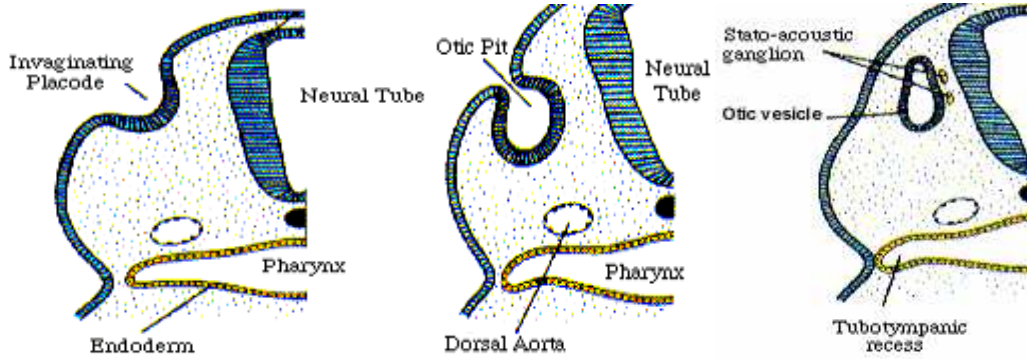
Şekil 3. 1. faringeal arktan gelişen malleus ve incus, 2. faringeal arktan gelişen stapes kemikciklerinin timpan boşluğa göçü görülmekte

Mezenşimal dokunun kaybolmasıyla serbestleşen kemikçikler, endodermal epitel tarafından boşluk duvarlarına bağlanırlar. Orta kulak boşluğundaki kasların tendonları, korda timpani ve mukoza plikaları 3 ile 7. aylar arasında oluşur. Malleus kemiğine bağlı olan tensor timpani kası yine 1. faringeal arkustan köken alan trigeminal sinirin mandibuler dalı tarafından inerve edilir. Benzer şekilde, stapes kemiğine bağlı olan stapedius kası da, 2. faringeal arkusun siniri olan fasial sinir tarafından innerve edilir.

Fetal yaşamın 22. haftasında orta kulak boşluğu çevre dokuların vakuolizasyonu ile dorsale doğru genişlemeye başlar ve 34. haftada timpanik antrum oluşur. Doğumda, sadece orta kulak boşluğu ve antrum mevcutken, doğumdan sonra mastoid kemikte pnömatizasyon başlar ve orta kulak epitelini ile döşeli mastoid hücreler oluşur. Mastoid kemiğin pnömatizasyonu 5–6 yaşlarında tamamlanır (43).

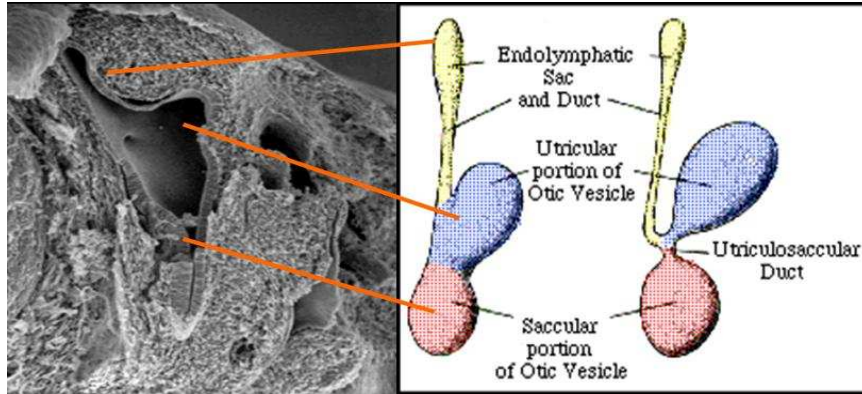
2.1.3. İç Kulağın Gelişimi:

İç kulağın gelişimi embriyonal yaşamın 3. haftasında başlayıp, 28. haftasında sonlanır. Kemik labirenti oluşturan yapıların büyük kısmı 4–8. haftalar arasında gelişimini tamamlar (61). Bu nedenle gebeliğin ilk üç ayında annenin geçirdiği enfeksiyonlar, maruz kalınan toksik ya da teratojenik etkenlere bağlı olarak iç kulak agenezisi ya da anomalilerine bağlı konjenital sağırılık meydana gelebilir (43). Embriyonal yaşamın 3. haftasında yüzey ektoderminden otik plak, ilerleyen dönemde ise otik vezikül gelişir (Şekil 4)



Şekil 4. Otik plakodan otik veziküle ilerleyen embriyogenez süreci

Otik vezikül ise daha sonra membranöz labirent olarak adlandırılan koklea, vestibül, semisirküler kanallar ve endolenfatik duktusu meydana getirecek şekilde değişikliğe uğrar (Şekil 5).



Şekil 5. Otik vezikülden farklılaşan membranöz labirent oluşumları

Gelişimin 6. haftasında sakkül kendi alt kutbunda tübüler Şekilli bir çıkıntı oluşturur. Koklear duktus adı verilen bu çıkıntı, 8. haftanın bitiminde 2,5 tur oluşturacak Şekilde gelişir. Koklear duktusu çevreleyen mezenşim, kısa sürede kıkırdaŐa farklanır. Onuncu haftada, bu kıkırdak kabuk vakuolize olur ve skala vestibuli ile skala timpani adlı iki adet perilenfatik boşluk meydana gelir. Koklear duktus, daha sonra skala vestibuliden vestibuler membranla ve skala timpaniden de baziler membranla ayrılır. Koklear duktusun lateral duvarı, çevresindeki kıkırdaŐa spiral ligament ile baŐlı kalırken, medial duvarı ise uzun bir kıkırdak çıkıntısı halindeki modiulusa tutunur ve bu oluŐum tarafından kısmen desteklenir. Modiulus ileride kemik kokleanın eksenini oluŐturacaktır.

Koklear kanalın epitelial hücreleri başlangıçta birbirinin aynıdır. Gelişimin daha ileri evrelerinde bu hücreler iki ayrı kabarıklık oluştururlar. Dış kabarıklık, bir sıra halinde i  tüy hücrelerini ve i  kabarıklık ise üç veya dört sıra halinde işitme sisteminin sensitif hücreleri olan, dış tüy hücrelerini (hair cell) oluşturur. Bu hücrelerin üstü spiral limbosa baŐlı, fibriler jelatinöz bir madde olan tektorial membran ile örtülür. Duyu hücreleri ve üzerindeki tektorial membranın tümüne birden "Corti organı" adı verilir. Corti organı tarafından alınan uyarılar spiral gangliona ve buradan da 8. kranial sinirin işitme lifleri aracılıŐı ile merkezi sinir sistemine iletilir.

Semisirküler kanallar gelişimin 6. haftasında, otik vezikülün utriküler kısmından dıŐarı doŐru uzanan yassı çıkıntılar Şeklinde belirirler. Bu çıkıntılar zamanla birbirlerini karŐılayacak pozisyona gelip    semisirküler kanalın oluŐmasını saŐlarlar.

Otik vezikülün oluşumu sırasında, küçük bir hücre grubu vezikül duvarından uzaklaşır ve statoakustik ganglionu oluşturur. Bu gangliona nöral krest kaynaklı hücreler de katılır. Ganglion daha sonra, sırasıyla korti organının, sakkül, utrikül ve semisirküler kanalın duyu hücrelerini innerve eden, koklear ve vestibüler parçalara ayrılır (23,49).

2.B-HİSTOLOJİ:

a) Dış kulak:

Aurikula deri ile kaplı, düzensiz şekilli bir elastik kıkırdak tabakadan oluşur. Dış kulak yolu, çok katlı yassı epitel tabakası ve bu tabaka altında kıl folikülleri, sebace bezler ve bir tür modifiye ter bezi olan kulak kiri bezlerini içeren submukoza tabakasından oluşur. Dış kulak yolunun üçte bir dış kısmı elastik kıkırdak tarafından desteklenirken, geriye kalan üçte iki iç kısmı ise temporal kemik tarafından desteklenir. Timpanik zar dış kulak yolunun en sonunda yer alıp, ses titreşimlerini orta kulağın kemikçiklerine iletir (23). Membran dış yüzeyi ince bir epidermisle, iç yüzeyi timpanik kavite ile devamlılık gösteren basit kuboidal epitel ile örtülüdür. İki epitel örtü arasında kollajen, elastik lifler ve fibroblastlardan oluşmuş sert bir bağ dokusu tabakası vardır.

b) Orta kulak:

Timpanik kavite; temporal kemik içinde, timpanik membran ile iç kulağın kemik kısmı arasında yer alan düzensiz bir boşluktur. Periosta sıkıca yapışık ince lamina propria tabakası üstünde yer alan tek katlı yassı epitel ile örtülüdür. Ön tarafta östaki borusu aracılığıyla farinksle ve arkada mastoid kemik hava hücreleri ile ilişkilidir. Östaki borusu yutkunma işlemi sırasında açılarak orta kulak basıncını atmosfer basıncı ile dengeler. Östaki borusunun orifisinde ve iç kısmında, orta kulağı çevreleyen tek katlı epitel, titreşim tüylü yalancı çok katlı silindirik epitele dönüşür. Orta kulağın medial kemikli duvarında oval ve yuvarlak pencere olarak adlandırılan iki adet zarla kaplı kemiksiz bölge bulunur.

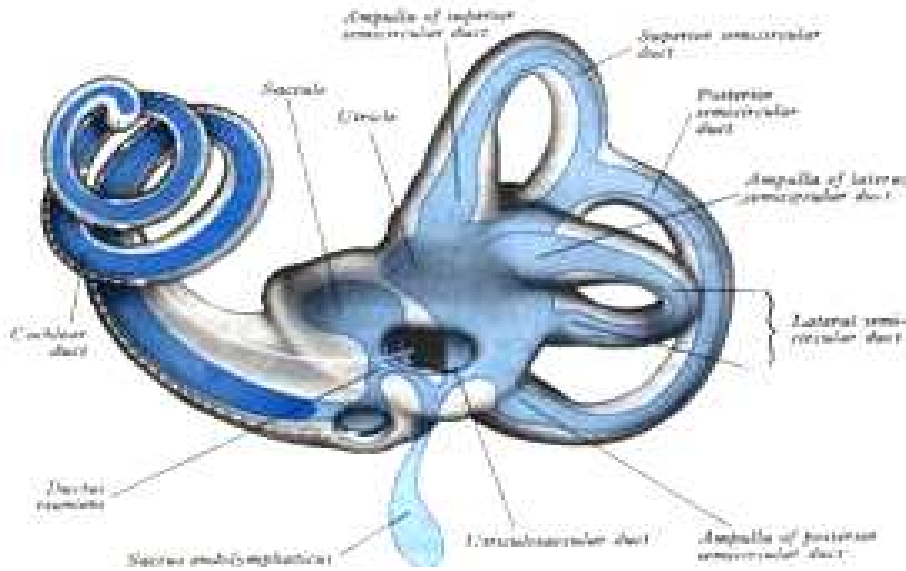
Orta kulak boşluğunda tek katlı yassı epitel ile örtülü malleus, incus ve stapes olarak adlandırılan işitme kemikçikleri bulunur. İşitme kemikçikleri

timpanik membranı oval pencereye bağlar. Orta kulak boşluğundaki malleus ve stapes kemiklerine yapışık iki küçük kas grubu, kemikçik zincirin stabilizasyonunu sağlar (23).

c) İç kulak:

İç kulak, içindeki boşluklardan oluşan kemik labirent ve ektodermal orijinli epitel ile kaplı birbiriyle devamlılık gösteren bir dizi kaviteden oluşan membranöz labirent olmak üzere iki kısma ayrılır.

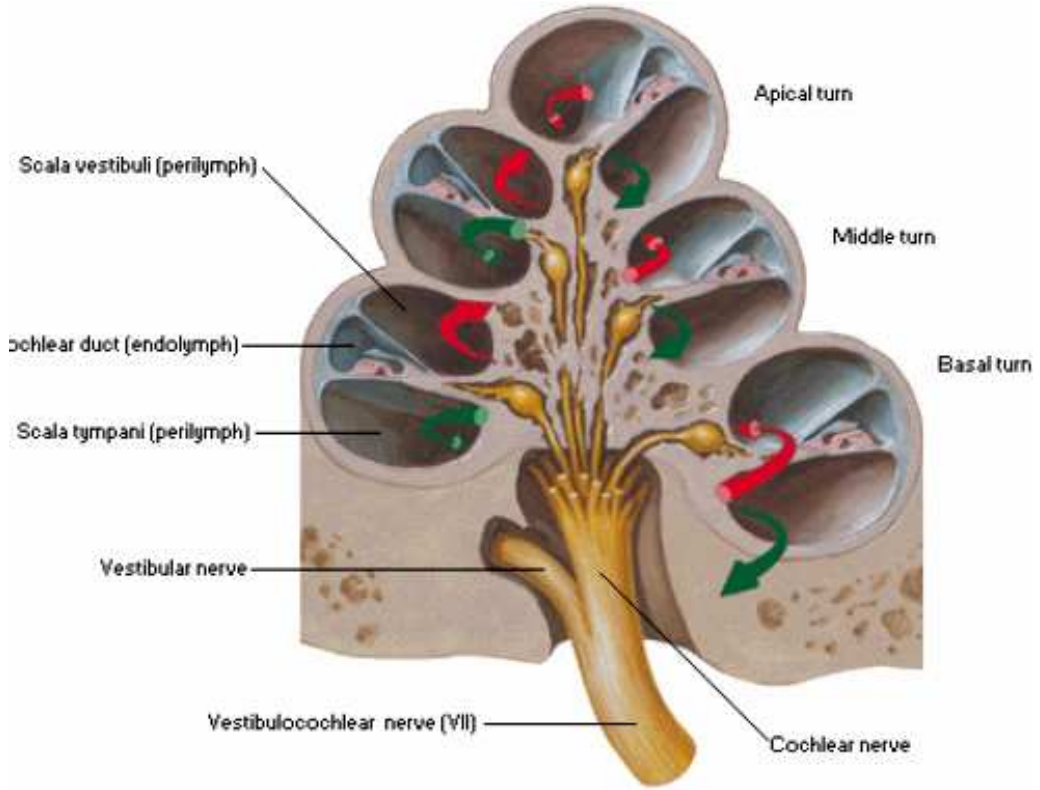
Membranöz labirent epitel örtüsünden, embriyolojik gelişim esnasında farklılaşarak utrikül ve sakkülün makulası, semisirküler duktusların kristası ve koklear kanalın Corti organı gibi özelleşmiş duyuşal yapılar gelişir. Kemik labirent içinde ise, sakkül ve utrikülün bulunduğu düzensiz merkezi bir boşluk olan vestibül, semisirküler duktusları saran semisirküler kanallar, vestibular duktus, önde ise koklea ve koklear duktus bulunur (Şekil 6).



Şekil 6. Membranöz labirent ve onu saran kemik labirentten oluşan iç kulak yapısı

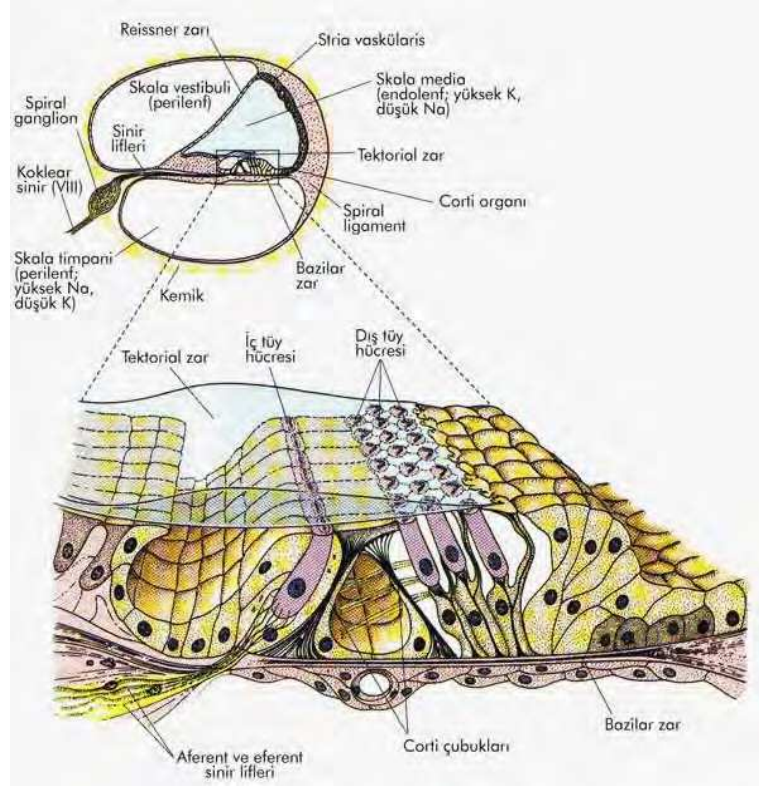
Koklea yaklaşık 35 mm uzunluğunda olup modiulus adıyla bilinen kemik kaide etrafında 2,5 sarmal yapar. Modiulus 8. kafa çiftinin koklear dalını ve kan damarlarını içeren boşluklara sahiptir. Modiolusdan lateral kemiksi spiral lamina olarak adlandırılan ince bir kemik yüzey uzanır.

Ses reseptörü olarak özelleşmiş bir organ olan kokleanın histolojik kesitlerinde üstte skala vestibuli, ortada skala media ve altta skala tympani olarak isimlendirilen 3 boşluğa ayrıldığı görülür. Skala vestibuli ve skala tympani perilynf içeren, oval pencereden başlayıp yuvarlak pencerede sonlanan uzun birer tübüler yapıdır. Kokleanın tepesinde helikotrema adı verilen bir açıklık ile birbirleri ile ilişkilidirler (Şekil 7).



Şekil 7. Kokleanın iç yapısındaki skala vestibuli, skala media ve skala timpaninin yerleşimi

Skala media ise endolenf ile dolu olup değişik ses frekanslarına cevap veren iç ve dış tüy hücrelerinden oluşan korti organını içermektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Sesin VIII. sinire iletiminde en önemli ara basamak olan corti organı

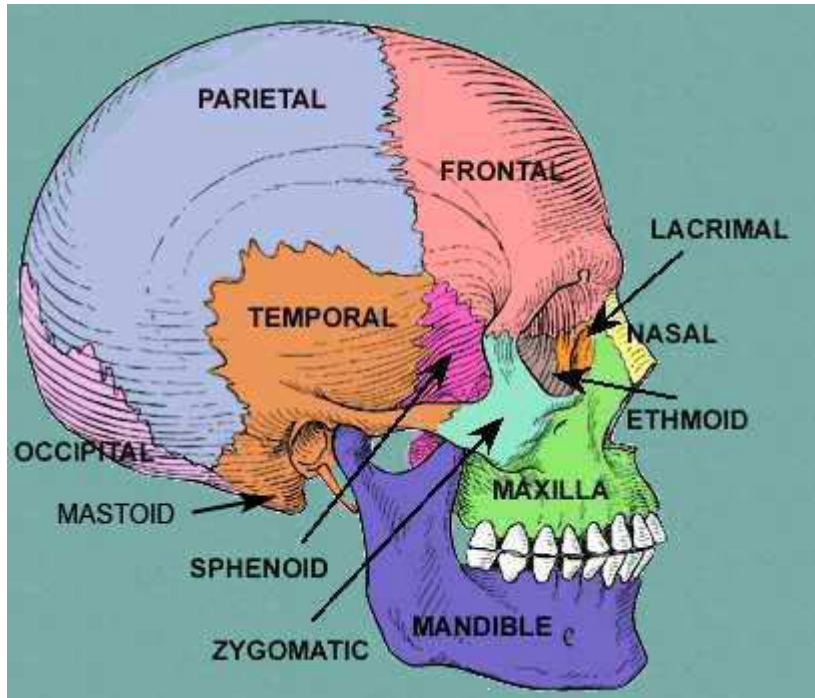
Hem iç hem de dış tüy hücreleri motor sinir uçları içerir. Corti organının bipolar afferent nöronlarının hücre gövdeleri, modiulusda yer alır ve spiral gangliyonu oluşturur.

Vestibül ve semisirküler kanalların kemik duvarları, yassı bağ doku hücre tabakaları ile kaplıdır. Bu tabakadan ince bir trabekül utrikül, sakkül ve semisirküler duktuslara uzanarak, membranöz labirentin bu kısımlarını desteklerken hem de içerdiği kan damarları ile bu yapıların beslenmesini sağlar. Kemik labirent içinde çok düşük miktarda protein içeren perilenf, membranöz labirentte ise endolenf bulunur (23).

2.2. ANATOMİ:

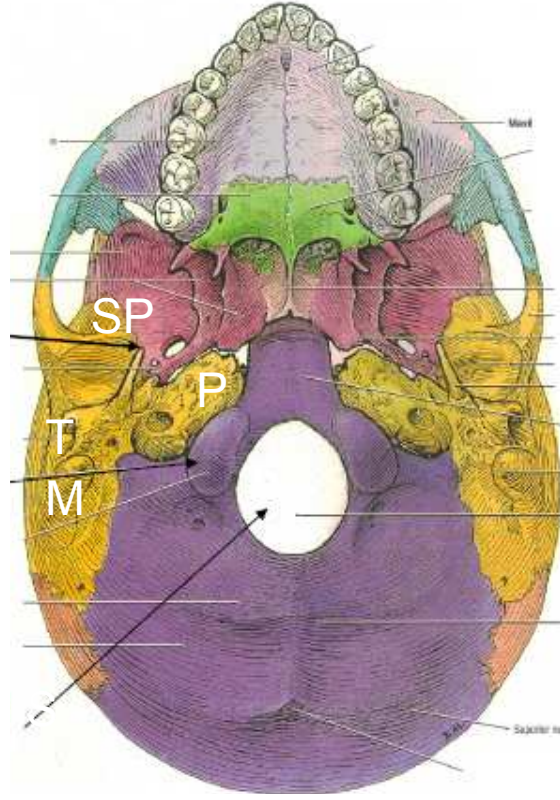
2.2.1. Temporal Kemik Anatomisi:

Temporal kemik kafatası boşluğunu yan ve alttan kapatıp kafa tabanının bir parçasını oluşturur. Skuamöz parçası ile önde sfenoid kemiğin ala majoru ve yukarıda parietal kemikle, mastoid parçası ile arkada oksipital kemik ve bir miktar da parietal kemiğin arka alt köşesi ile birleşir. Oluşturduğu temporomandibular eklem sayesinde mandibula ile komşudur (Şekil 9) (27,57).



Şekil 9. Temporal kemiğin kafatasının diğer kemikleri ile komşuluğu ve yerleşimi

Temporal kemik timpanik parça, mastoid parça, skuamöz parça, petröz parça ve stiloid proçesin birleşmesi sonucu beş parçadan oluşur (Şekil 10) (1).



Şekil 10. Temporal kemiğin kafa tabanından görünüm ve yerleşimi

2.2.1.1. Skuamöz Parça:

Vertikal bir yapraktır. Alt yüzü mandibuler fossa adını alır ve kapitatum mandibula ile eklem yapar. Massater kasının yapıştığı çıkıntıya processus zygomaticus denir. Temporal kemik processus zygomaticus aracılığıyla orta yüz kemiklerine bağlanmaktadır. Skuamöz parça dış yüzünün arka-üst kısmında, a. temporalis medianın geçtiği bir oluk bulunur. İç yüzü ise orta kafa çukuru ile ilişkilidir, temporal lobun girinti ve çıkıntılarını gösterir. İç yüzün üst kısmında a. meningea media için derin bir oluk bulunur (1).

2.2.1.2. Mastoid parça:

Temporal kemiğin bu parçası, pars mastoidea ve piramis olmak üzere iki kısımdan oluşur.

Pars mastoideanın iç yüzünde sigmoid sinüsün yerleştiği, sulkus sinüs sigmoidei vardır. Sigmoid sinüs, transvers sinüsün devamı olup mastoid antrumda derin plandan geçerek fasyal sinirin medialinden juguler bulbusa yönelir. Sigmoid sinüsün posterosüperior kısmı en yüzeysel olan kısmıdır.

Mastoid çıkıntının içinde, birbirleriyle ilişkili, bazıları hava, bazıları da kırmızı kemik iliği içeren hücreler bulunur. Bu hücrelerden en büyüğüne antrum mastoideum denir. Mastoid antrum doğumda gelişimini tamamlamıştır. Antrumun üst duvarı, tegmen antri olarak adlandırılır. Antrum, anterosuperior kısmında aditus ad antrum aracılığı ile timpanik kaviteyle bağlantılıdır. Böylece antrum aditus yoluyla orta kulak ile bağlantı kurmaktadır. Pnömatizasyon antrum bölgesinden inferiorda mastoid uca dek uzanmaktadır. Körner septumu da denilen petroskuamöz kemik kalıntısı anatomik bir varyasyon olarak görülebilir. Mastoid kemik pnömatizasyonuna göre üç tiptir:

i) Pnömatik tip: Hücreler lateralde attikten zigoma köküne doğru; medialde genikulat ganglion ve süperior semisirküler kanal ampullası üzerinden petröz apekse doğru genişleyen tarzdadır.

ii) Diploik tip: mastoid hücre havalanması sınırlı olup pnömatik tip ile sklerotik tip kombinasyonudur.

iii) Sklerotik tip: Mastoid hava hücreleri izlenmezken, mastoid kemikte kompakt kemik dokusu mevcuttur (54).

2.2.1.3. Timpanik parça:

Bu parça dikdörtgen bir levha biçiminde olup dış kulak yolunun ön ve arka, kısmen de alt kısmını yapar. Ön alt kısmının ortası çok ince olup bazen küçük delikler (Foramen Huschke) içerir (1). Piramidin dış tarafında olan bu parçanın

ortasında, işitme yolunun kemik parçasının dış ağzı olan porus akustikus eksternus bulunur.

2.2.1.4. Petröz Parça:

Petröz parça ön, arka ve alt olmak üzere üç yüzlü bir piramide benzer. Sfenoid ve oksipital kemikler arasındaki açığa yerleşmiştir ve mastoid parça ile birleşir. Tepe, düzensiz bir biçim gösterir ve sfenoid kemikle birleşince aralarında bir açıklık kalır. Bu açıklığa foramen lacerum denir. A. meningeal media buradan geçerek kafa içine girer (1). Petröz parça, dış tarafta skuamöz parçanın alt kenarı ile karışır ve petroskuamozal sütürü yapar.

Ön yüzünün dış kısmında, içerisinde süperior semisirküler kanalın bulunduğu eminentia arkuata ve bunun ön ve biraz dış kısmında kavum timpaninin tavanını yapan tegmen timpani bulunur. Piramisin apeksi yakınında n.trigeminosa ait ganglion semilunare'nin (gasser ganglionu) yerleştiği, impressio trigemini bulunur (1).

Petröz kemiğin arka yüzü vertikaldir ve arka kafa çukuru ile komşudur. Ön ve arka yüzlerin kesişme noktasında bir oluk bulunur. Buraya süperior petrozal sinüs yerleşir. Piramidin alt ve arka yüzlerinin kesişme noktasına ise inferior petrosal sinüs yerleşmiştir (1). Arka yüzün ortasında iç kulak yolu deliği olan porus akustikus internus ve bu deliğin biraz üst ve arka tarafında akuaduktus vestibulinin dış ağzı mevcuttur.

Petröz parçanın alt yüzü yatay planda yerleşmiş olup piramidin diğer iki yüzünden ayrı olarak çukurlar ve çıkıntılar gösterir. Alt yüz oksipital kemikle birlikte foramen jugulareyi yapar. Bu deliğin dış tarafından sigmoid sinüs geçer

ve burada inferior petrozal sinüs ile birleşir. Deliğin dış tarafının hemen önünde V. Jugularisin bulbusunun yerleştiği geniş bir fossa vardır.

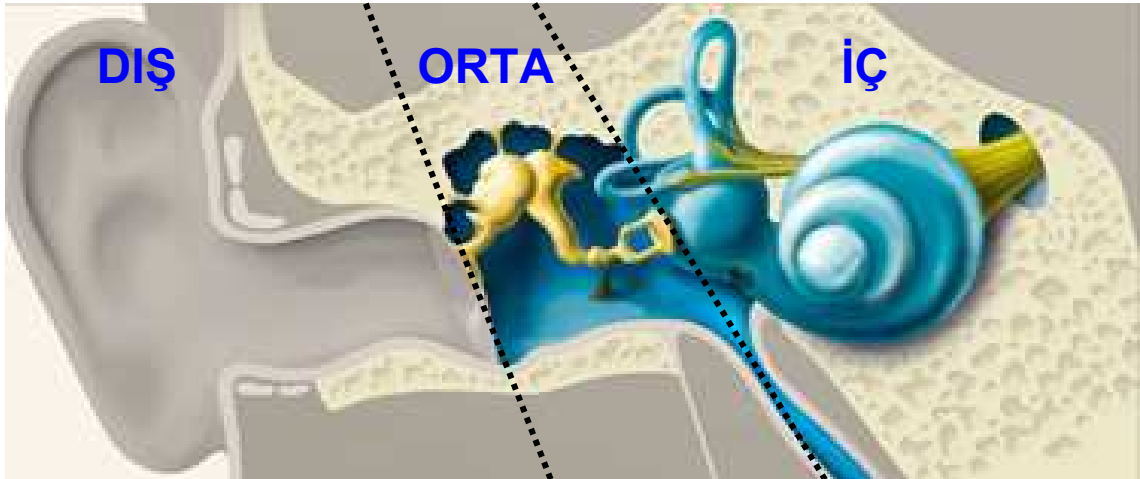
2.2.1.5. Stiloid çıkıntı:

Petröz parça alt yüzünün arka ve dış kısmında aşağıya ve öne doğru uzanan processus styloideus bulunur. Stiloid çıkıntının arkasında stilomastoid foramen vardır (1). Stiloid çıkıntının önünde ve dış tarafında internal karotis arterin geçtiği kanalis karotikus'un dış deliği ve bu deliğin dış ve ön tarafında içinden m.tensor tympani ve östaki borusunun geçtiği kanalis muskulotubarius'un dış deliği vardır (27).

2.2.2. Kulak Anatomisi:

İşitme ve dengenin periferik organı olan kulak, temporal kemik içerisine yerleşmiş, görevleri ve yapıları birbirinden farklı üç parçadan oluşur (Şekil 11).

- 1- Dış kulak
- 2- Orta kulak
- 3- İç kulak



Şekil 11. Kulak dış, orta ve iç kulak olmak üzere 3 kısımdan oluşur.

2.2.2.1. Dış kulak

Dış kulak üç kısma ayrılarak incelenir:

i) Aurikula: Aurikula kıkırdağı serbest kenarı, üstte ve arkada öne doğru çevrilir ve bir kabartı yapar; buna heliks denir. Heliks, önde "crus heliksis" ile devam eder. Heliks ile antiheliks arasında bir çukur bulunur; buna scapha denir. Heliksin serbest kenarı üstünde küçük bir çıkıntı bulunabilir. Buna da tuberculum auricula denir. Aurikula dış yüzünün en derin yeri concha auricula adını alır. Bu çukurluk krus heliks tarafından ikiye bölünür. Üstte kalan kısım cymba concha olarak adlandırılır. Altta kalan çukur ise daha büyüktür ve cavum concha ismini alır. Cavum concha dış kulak yolu ile bağlantılıdır. Önde tragus tarafından sınırlanır. Tragus, heliks kökünden derin bir oluk (insisura anterior) ile ayrılır. Burada kıkırdak bulunmaz. Bazen tragusun üstünde küçük bir çıkıntı bulunur; buna tuberculum supratragicum denir.

Cavum concha'yı alttan bir çıkıntı (antitragus) sınırlar. Antitragus, tragusa göre daha aşağıda bulunur. İkisi arasında derin bir çentik (incisura intertragica) vardır. Cavum concha arka ve üst kısımlarda yarım daire biçiminde bir çıkıntı (antiheliks) ile sınırlanır. Antiheliks, antitragustan altta pek derin olmayan bir oluk (posterior auriküler sulkus) ile ayrılır. Yukarıda antiheliks iki parçaya ayrılır; bunlara crura antihelicis adı verilir. Bunların arasında kalan küçük üçgen çukura fossa triangularis denir (1).

Aurikulanın üç tane ekstrensek kası vardır; M. auricularis superior, anterior ve posterior.

ii) Dış Kulak Yolu: Erişkin bir insanda dış kulak yolu yaklaşık olarak 2,5 cm uzunluktadır. Sesin timpanik membrana iletiminde kanal görevi görür. Dış kulak yolunun 1/3 dış kısmı elastik kıkırdak tarafından desteklenirken, 2/3 iç kısmını

ise temporal kemik destekler (2). Dış kulak yolu 1/3 dış kısmının cildi, kıl folikülleri, sebace glandlar ve serumen salgılayan modifiye apokrin glandlar gibi çeşitli adneksiyal yapılar içerir. Dış kulak yolu medial 2/3 kısmı cildi ise adneksiyal yapılar açısından oldukça fakirdir ve periost üzerinde çok ince bir katman şeklinde uzanır (2).

iii) Timpanik Membran (TM): Vertikal çapı 9–10 mm, horizontal çapı ise 8–9 mm'dir. Alt kısmı üste göre 5–6 mm daha medialde olan zarın ortalama kalınlığı 0.074 mm olarak ölçülmüştür. Annulusa yakın ön üst kadran en kalın bölümü olup yaklaşık 0.09 mm kalınlıktadır. En ince bölüm ise yaklaşık 0.055 mm kalınlıkla arka-üst kadrandır. Zarın orta kısmında manubrium malleinin zarda yaptığı kabartıya stria mallearis adı verilir. Dıştan bakısında orta parçası içeri çökük olup umbo adını almaktadır. Stria mallearisin üst ucunda prominentia mallearis adı verilen ve malleusun processus lateralisinin oluşturduğu bir çıkıntı mevcuttur. Prominentia mallearisten öne ve arkaya doğru ilerleyen plikalara plika mallearis anterior ve posterior denir.

Bu plikaların üst kısmında kalan 1/4'lük gevşek zar parçasına pars flaksida, alt kısmında kalan 3/4'lük gergin zar parçasına ise pars tensa adı verilir (57). Pars tensa'da umbodan başlayıp öne ve aşağı doğru olan uzanan üçgen şeklindeki parlak alan Politzer üçgeni (Işık üçgeni) olarak isimlendirilir (13).

Timpanik membran dıştan içe doğru üç tabakadan oluşur; (13)

i) Kutanöz Tabaka: Dış kulak yolunu örten derinin devamıdır.

ii) Fibröz Tabaka: Lamina propria adı da verilen bu tabaka radial ve sirküler tarzda seyreden liflerden yapılmıştır.

iii) Mukozal tabaka: Kavum timpaniyi örten mukozanın devamıdır.

Arterleri, arteria timpanika anterior ve posterior, arteria temporalis'dir. Venöz dolaşımı ise, plexus pterigus yoluyla vena jugularis eksternaya dökülerek sağlanır (27).

2.2.2.2. Orta kulak:

Orta kulak iç yüzeyi mukoza ile örtülü, hava barındıran boşluklardan meydana gelmektedir. Üç anatomik boşluktan oluşur;

i) Kavum timpani

ii) Tuba auditiva

iii) Antrum mastoideum ve sellüla mastoidea

i) Kavum timpani: Timpan boşluk, timpan zar ile iç kulak arasında bulunan dar ve yüksek bir aralıktır. Boşluğun tavan, dış, iç, alt, ön ve arka olmak üzere 6 duvarı vardır. Dış duvarın büyük bir bölümünü timpan zar oluşturur (57).

İç duvar, orta kulağı iç kulaktan ayırır. Timpan zarın en çöküntülü parçasının karşısındaki iç duvar üzerinde, iç kulakta bulunan kokleanın bazal kıvrımının oluşturduğu promontorium bulunur. Promontorium ile timpan zar arasındaki mesafe takriben 2 mm kadardır ve burası timpan boşluğunun en dar yeridir. Promontorium'un arka üst tarafında oval pencere bulunur. Oval pencere vestibuluma açılır ve stapes kemikçığının tabanı ile kapatılmıştır. Promontorium'un arka alt tarafında yuvarlak pencere bulunur ve membrana timpani sekundaria adı verilen bir zar ile kapatılır. Yuvarlak pencere iç kulağın kokleasına açılır.

Timpanik boşluğun üst duvarını tegmen timpani yapar. Burada orta kulağı, orta kranial fossadan ayıran kemik çok incedir. Böylece kronik otit vakalarında bu duvarın erozyonu ile iltihabi süreç beyine yayılabilmektedir. Kavum

timpani'nin üst kısmında bulunan ve tegmen timpani tarafından örtülen boşluğa prosesus epitimpanikus (attik) denir. Bu boşlukta kaput mallei, korpus inkus ve fasial sinirin yan dalı olan korda timpani bulunmaktadır.

Alt duvar, orta kulağı fossa jugularisden ayıran ince kemikten yapılmıştır. Ön duvarın alt parçası kanalis karotikus'un duvarından, üst parçası östaki kanalının ağzı ve bunun üstünde tensor timpani kasının semikanalından yapılmıştır.

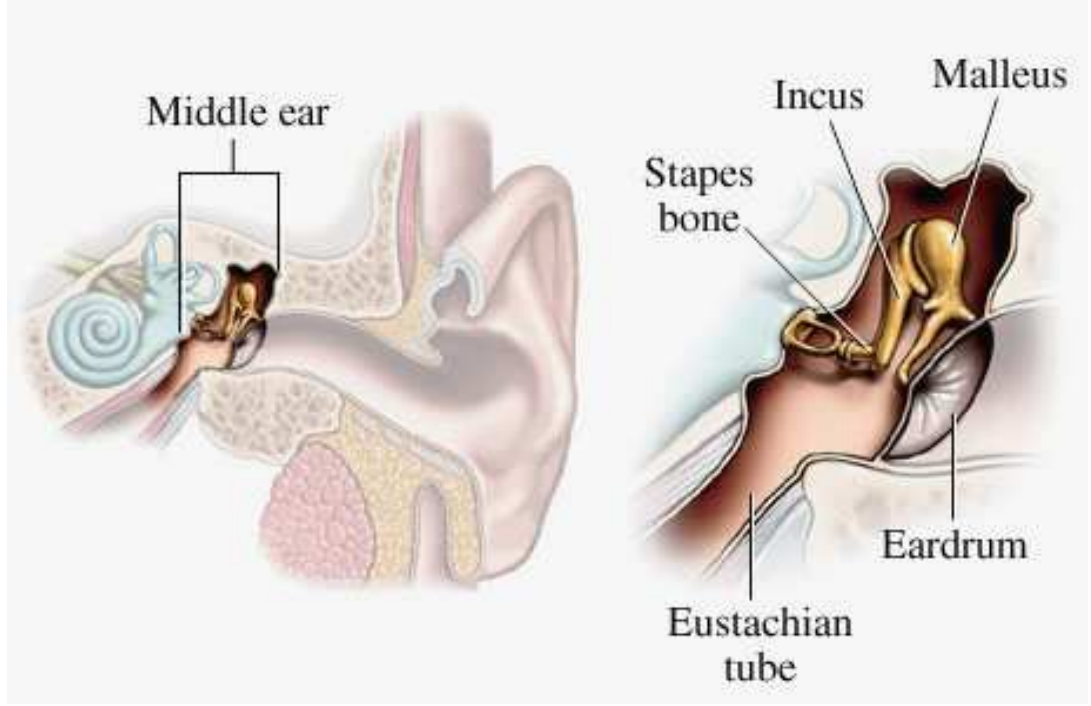
Arka duvarın üst parçasında aditus ad antrum, daha aşağıda m.stapedius'un yapıştığı eminentia pyramidalis bulunur. Bu eminentianın dış tarafındaki girintiye resessus fasialis, iç tarafındaki girintiye sinüs timpani denmektedir.

Bu oluşumlar dışında bir de primer ve akkiz kolesteatomların yaygın yerleştiği Prussak alanı (ressus timpani superior) ve malleusun başının iç tarafındaki alana uyan anterior epitimpanik resses vardır. Prussak alanı'nın sınırlarını dışta pars flaksida, içte malleus kemiğinin boynu, üstte lateral malleolar ligament, altta malleusun lateral prosesusu yapar (46,57,59).

Orta kulağın kemikçikleri; timpan boşluğun üst parçasında bulunur. Timpan zar ve oval pencere arasında uzanan zincir, malleus, inkus ve stapes olmak üzere birbirlerine bağlı üç kemikçikten oluşur (Şekil 12).

Kemikçikler, diartrodiyal eklem olarak isimlendirilen az oynar eklemler aracılığıyla birbirine bağlanmıştır. Malleus'un kaput, kollum ve manibrium olmak üzere üç parçası ve prosesus anterior ve lateralis adını alan iki çıkıntısı vardır. Kaput mallei aracılığıyla korpus inkudis ile eklem yapar. İnkus, kaput, krus longum ve krus breve adı verilen parçalardan oluşur. Krus longum aşağıya

doğru uzanıp ie bükölerek, stapesin başı ile eklem yapar. Stapes kaput ve bazis denilen iki parça ve bunları birbirine bağlayan krus anterior ve posterior adı verilen iki koldan oluşur. Bazis stapedis oval pencereyi kapatır.



Şekil 12. Timpanik kavitede yerleşen kemikcik zincir dış ve iç kulak arasında ses dalgasının iletilmesinde aracı görevi yapar.

Orta kulakta, timpan zar ve kemikçiklerin durumunu ayarlayan M. tensor timpani ve M. stapedius isimli iki adet çizgili kas bulunur. M. tensor timpani manibrium malleiye, M. stapedius, stapesin arka yüzüne tutunur. M. stapedius kasıldığında stapes tabanını oval pencereden uzaklaştırır ve iç kulağa giden ses enerjisini azaltır. M. tensor timpanide benzer şekilde yüksek frekanstaki ses enerjilerinin iç kulağa iletilmesinde bariyer görevi yaparak iç kulağı korur (13).

Orta kulağın arterleri, çıkan faringeal arter dalı olan inferior timpanik arter, karotis eksterna dalı olan posterior timpanik arter, internal maksiller arter dalı olan anterior timpanik arter ve medial meningeanın arterin dalı olan süperior

timpanik arterdir. Venleri pleksus pterigoideus, faringeal ven, sinüs petrosus superior, medial meningeal ven ve sinüs transversusa dökülür (59).

Antrum timpanik kavitenin arka üst kısmında bulunan bir boşluktur. Aditus vasıtasıyla orta kulak ile birleşir. Çevresinde birbiri ile irtibatlı birçok hava hücreci bulunur. İç yan duvarda lateral semisirküler kanal, üstte orta kafa çukuru, arkada sigmoid sinüs ile komşudur.

2.3.2.3. İç kulak anatomisi

İç kulak petröz kemiğin derinliğinde yerleşmiş olup kemik labirent ve membranöz labirent olmak üzere iki ayrı yapıdan oluşur. Kemik labirent membranöz labirenti çepeçevre sarar. Membranöz labirent endolenf ile doludur. Kemik ile membranöz labirent arasında ise perilenfatik sıvı mevcuttur. Kemik labirent, önde koklea, ortada vestibül ve arkada semisirküler kanallardan oluşur. Semisirküler kanallar superior, posterior ve lateral olmak üzere üç tanedir ve vestibuluma açılırlar. Koklea işitme organını içerirken denge organını içeren kısım ise semisirküler kanallar, utriculus ve sakkulustan ibarettir. İç kulak yuvarlak ve oval pencereler yoluyla orta kulak ile, koklear ve vestibüler duktuslar aracılığıyla ise kafa içiyle ilişkilidir (Şekil 13).



Şekil 13. iç kulakta yerleşmiş koklea, vestibül, semisirküler kanallar ve VIII. kranial sinir görülmektedir.

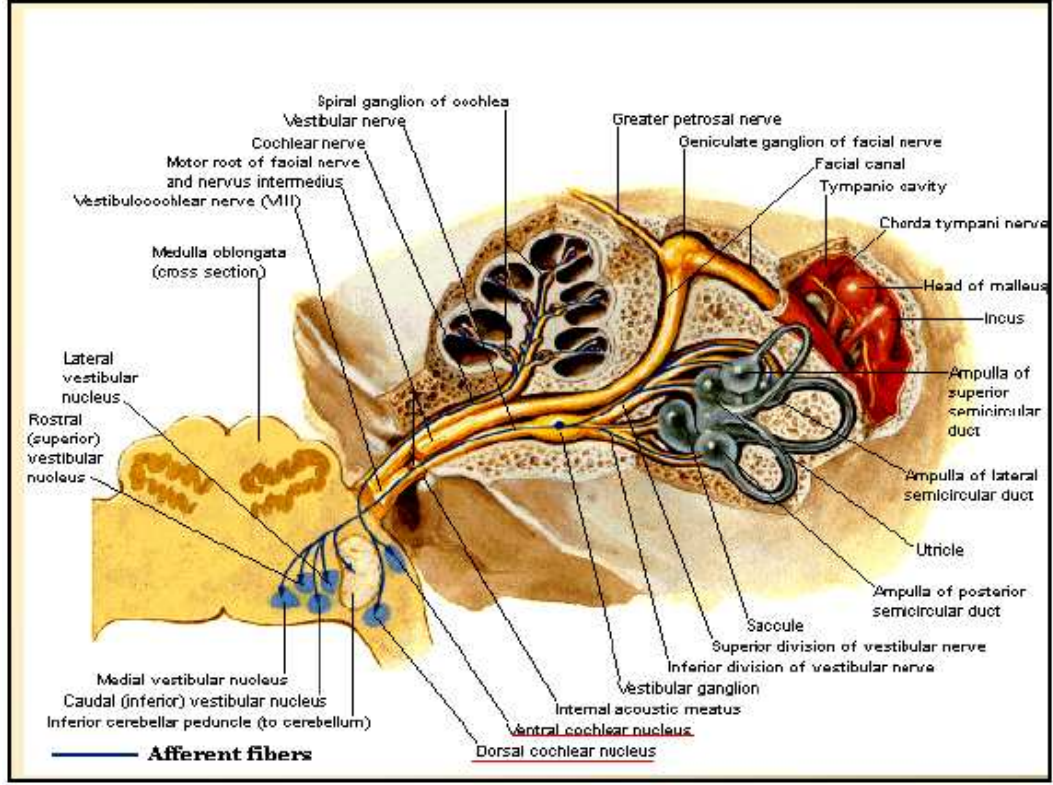
Koklea ortada modiulus denilen kemik bir kolon ve bunun çevresinde 2,5 tur dönen içi boşluklu kanalis kokleadan oluşmuştur. Kanalis koklea lamina spiralis ossea tarafından üst ve alt olmak üzere ikiye ayrılır. Üst kısmı skala vestibuli adını alır ve vestibulum ön duvarına açılır, alt kısmı skala timpani adını alır ve orta kulak boşluğuna yuvarlak pencere ile açılır. Korti organı koklear kanalda lamina spiralis ossea üzerine oturmaktadır (57).

İnternal akustik kanal, 7. ve 8. kranial sinirleri içeren 1–2 cm uzunluğunda bir kanaldır. Bu kanal fundusunda falsiform krista olarak isimlendirilen bir yapı ile üst ve alt olmak üzere ikiye ayrılır.

Fasiyal sinirin ponsdan başlayıp internal akustik kanala kadar uzanan kesimi intrakranial kesim olarak adlandırılır. Bundan sonra fasiyal sinirin temporal kemik bölümleri başlar.

Fasiyal sinir, fasiyal kanal (fallop kanalı) içerisinde, meatus akustikus internus fundusunun ön üst bölümünden başlar ve temporal kemik içinde trasesi üç bölümden oluşur. Bunlar labirentin, timpanik ve mastoid kısımlar olarak adlandırılır. Meatus akustikus internusdan sonra fasiyal sinir kanalı vestibul ve koklea arasından geçerek, öne ve içe doğru devam eder. Genikulat fossada genikulat ganglionu oluşturur ve büyük petrozal sinir dalını verir. Daha sonra arkaya kıvrılarak anterior genuyu yapar. Fasiyal kanalın ilk segmenti olan labirentin segment en dar yeridir. Bundan sonra kanal, kavum timpani iç yan duvarında timpanik segment olarak arkaya doğru devam eder (Şekil 14). Timpanik segmentte kanalın yetersiz kemik kılıfı nedeniyle, fasiyal sinir özellikle oval pencere üstündeki kısımda orta kulak lezyonlarından kolayca etkilenebilir. Horizontal seyir gösteren timpanik bölümden sonra, fasiyal sinir kanalı ikinci

yani posterior genusu yaparak vertikal uzanım gösterir. Sonra mastoid parça içinde aşağıya doğru devam eder. Styloid foramenden çıkarak infraforaminal kısım adını alır (46).



Şekil 14. Temporal kemik içerisindeki fasial sinir trasesi

2.4. İŞİTME FİZYOLOJİSİ

Atmosferde meydana gelen ses dalgalarının kulağımız tarafından toplanmasından, beyindeki merkezlerde karakter ve anlam olarak algılanmasına kadar olan süreç işitme olarak adlandırılır. İşitme sistemi geniş bir bölgeyi ilgilendirir. Dış, orta, iç kulak ile merkezi işitme yolları ve işitme merkezi bu sistemin parçalarıdır (17). Ses dalgalarının hızı yayıldıkları ortamın yapısına göre değişir. Ses dalgaları katı ortamlarda en hızlı ve gaz ortamlarda en düşük hızla yayılır. Sıvı ortamlardaki yayılma hızı ise bu ikisi arasındadır. Sesin saniyedeki titreşim sayısına sesin frekansı denilir ve Hertz ile ifade edilir. İnsan kulağı 16 – 20000 Hz arası frekansları işitebilmektedir.

Sesin alınması ve işitmenin algılanması dört fazda gerçekleşmektedir:

1. Kondüksiyon: Atmosferde oluşan ses dalgalarının orta kulak aracılığıyla iç kulak sıvıları ve korti organına kadar iletilmesi, ses enerjisi (akustik enerji) ile sağlanan mekanik bir hadisedir.

2. Transdüksiyon: Kortu organına ulaşan akustik enerji, iç kulaktaki tüylü hücreler tarafından elektrik enerjisine dönüştürülür.

3. Sinir lifleri bu elektrik potansiyellerini daha yukarı merkezlere iletirler.

4. Kognisyon: Koklear çekirdeklerden, temporal lobdaki işitme merkezine gelen uyarılar analiz edilir (17).

2.4.1. Dış Kulak Fizyolojisi

Ses dalgasının kortu organına iletilmesi sürecinde başın ve vücudun engelleyici, kulak kepçesi, dış kulak yolu ve orta kulağın yönlendirici ve şiddetlendirici etkileri vardır. Her iki kulak arasındaki uzaklık başın engelleyici

etkisini belirgin hale getiren önemli bir faktördür. Ses yakın kulağa göre 0,6 msn'lik bir zaman farkı ile diğer kulağa ulaşmaktadır.

Kulak kepçesi, yaklaşık 135 derecelik bir açı içindeki bütün sesleri toplar ve dış kulak yoluna yönlendirir.

Dış kulak yolu ses dalgalarını hem orta kulağa yönlendirir hem de şiddetlendirir. Bu şiddetlenme sabit bir oranla gerçekleşmeyip kişiden kişiye değişmektedir. Şiddetlenme oranı dış kulak yolunun çapına, biçimine ve sesin geliş açısına göre değişiklik göstermektedir (17).

2.4.2. Orta Kulak Fizyolojisi

Ses enerjisi, dış kulak yolu vasıtasıyla kulak zarına yoğunlaşarak gelir. Ses dalgaları zarda titreşime yol açar. Kulak zarının normal titreşim yapabilmesi için iki taraftaki hava basıncının dengeli olması ve orta kulağın normal havalanıyor olması gereklidir. Orta kulak basıncıyla atmosfer basıncı arasındaki denge östaki tüpü aracılığıyla sağlanmaktadır. Timpanik membran titreştiği zaman ses titreşimleri kemikçikler yoluyla oval pencereye ve hava yoluyla yuvarlak pencereye ulaşır. Kemikçikler yoluyla iletimde, titreşim zara yapışık olan manibrium mallei vasıtası ile malleus başına ve buradan inkus başına iletilir. Hareket bundan sonra, incudostapedial eklem vasıtası ile stapes ve oval pencereye, buradan da iç kulak sıvılarına iletilir.

Orta kulakta bu iletim sırasında, atmosferden (gaz ortamdan), perilenfe (sıvı ortama) ses dalgalarının iletimi söz konusudur. Ses dalgaları akustik rezistansı çok düşük olan atmosferden, akustik rezistansı çok yüksek olan perilenfe geçinceye kadar bir miktar enerji kaybına uğramaktadır. Ancak orta

kulak ve kemikçikler, kendisine gelen akustik enerjiyi yükselterek ortam değişikliği sırasında ortaya çıkan enerji kaybını telafi etmektedirler.

Orta kulakta sesin şiddetini artırıcı başlıca üç mekanizma vardır:

i) Kulak zarının tahterevalli etkisi: kulak zarı kemiğe sıkıca yapıştığı annulusta titreşmezken, gevşek olan orta kısımda titreşerek ses dalgalarını manibrium malleide yoğunlaştırır. Bu şekilde ses enerjisi kısmen hareketli manibriuma büyüyerek geçer.

ii) Kemikçik sisteminin yükseltici etkisi: Kemikçiklerin ses enerjisini yükseltici etkisi umbo ile inkusun kısa kolu arasındaki manivela etkisi ile mümkündür. Bu yükseltici etki 1,3 kat olarak hesaplanmıştır.

iii) Kulak zarı ile stapes yüzeyleri arasındaki büyüklük farkı: Orta kulaktaki mekanizmaların en önemlisidir. Kulak zarı yüzeyi 64 mm^2 , stapes tabanı yüzeyi $3,2 \text{ mm}^2$ olduğundan gelen enerji 20 kat artarak perilenfe geçer.

Orta kulaktaki M.Tensor Timpani ve M.Stapedius kasları ise ses uyarınları ile harekete geçip şiddetli ses titreşimlerinin iç kulağa geçmesini engellerler. Bu sayede kulağı akustik travmadan korumuş olurlar.

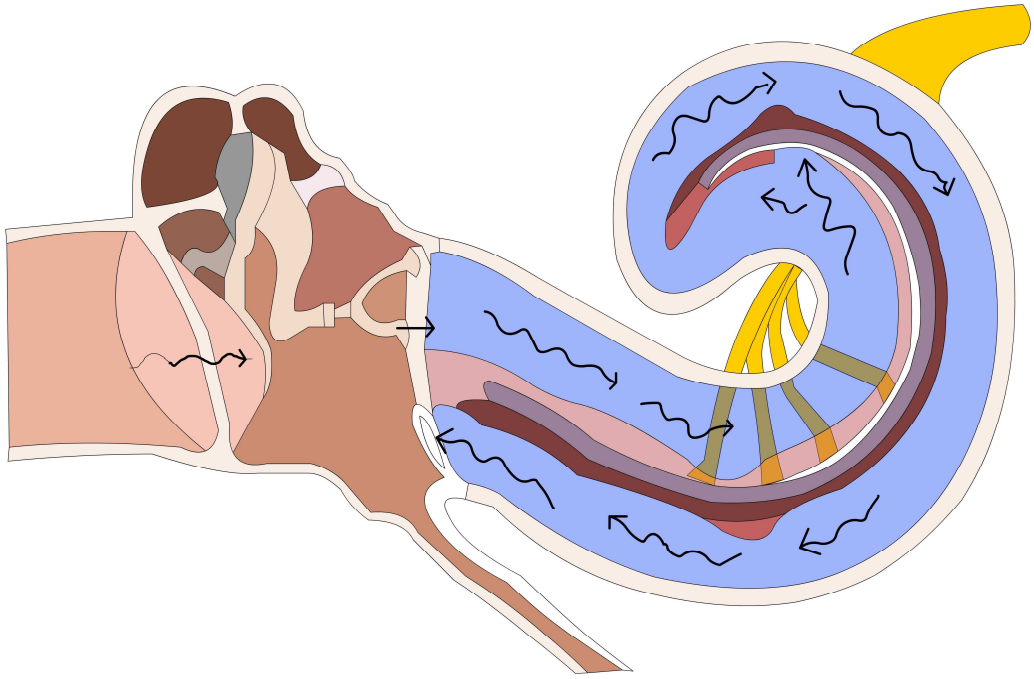
Ses titreşimlerinin baziler membrana ulaşabilmesi için, perilenfin hareket etmesi gereklidir. Stapes tabanı, titreşimi iletmek için perilenfe doğru hareket ederken; yuvarlak pencere membranı, orta kulağa doğru bombeleşerek, perilenfe hareket imkanı sağlar (17).

2.4.3. İç Kulak Fizyolojisi

Stapes hareketi ile başlayan ve perilenf ile iletilen mekanik dalga, basiller membranı tabandan apekse doğru hareketlendirir. Titreşimler membran üzerinde enine ve boyuna yayılıp bazal turdan apikal tura kadar uzanır. İletim

dalgası basiller membran üzerinde stimulusun taşıdığı frekansa denk gelen bölgeyi hareket ettirerek silialı hücreleri uyarır.

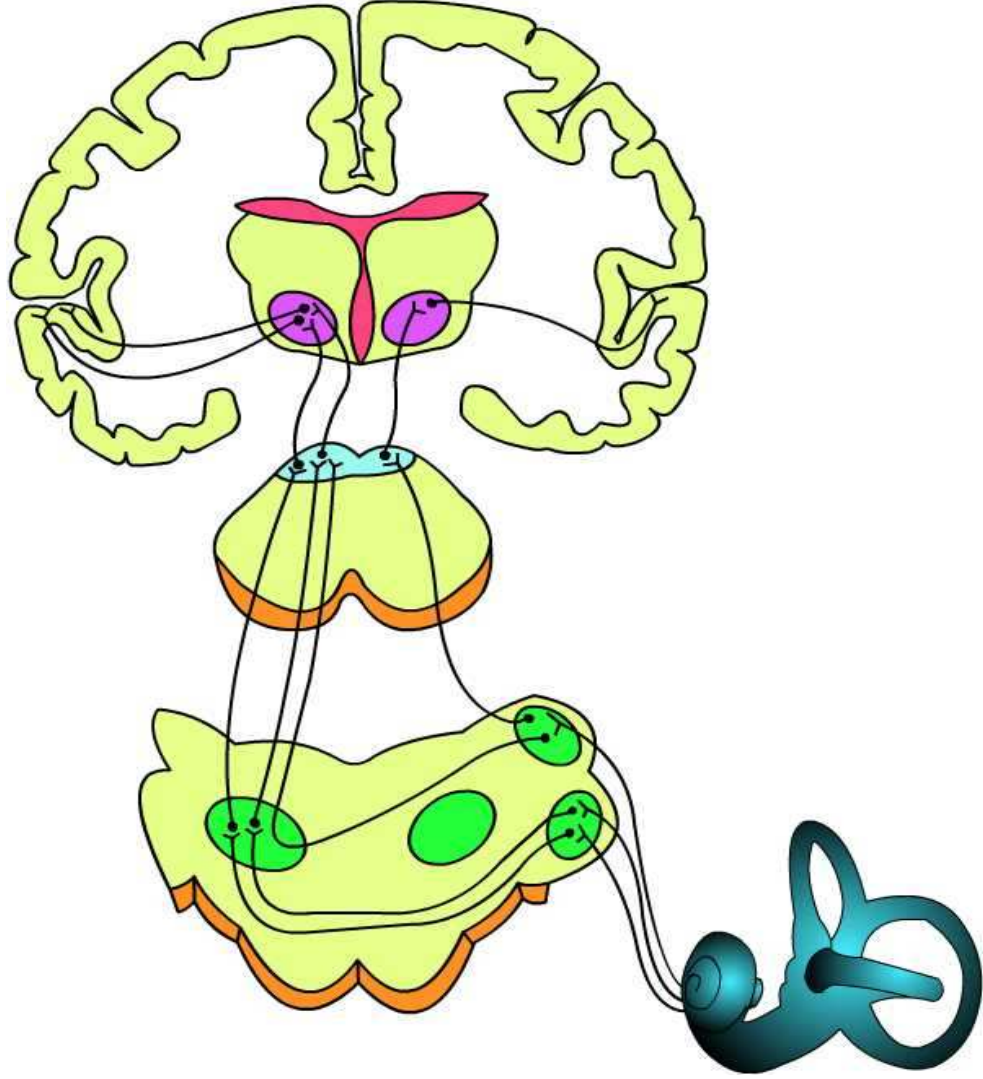
Basiller membran titreşirken, üstündeki silialı hücreler tektoriel membrana çarpıp ayrılırlar ve sonuçta uyarılan koklea kısmında ses dalgalarının mekanik enerjisi elektro-kimyasal enerjiye dönüşür. Bu enerji de sinir impulsları doğurarak sesin 8. sinir lifleri ile merkeze iletilmesine sebep olur.(Şekil-5)



Şekil 15. Ses dalgası kulak zarı ve kemikcik zincir aracılığıyla oval pencereden perilymfe iletilir. Dalgası perilymf boyunca ilerlerken baziller membranda uygun frekansa denk gelen bölgelerde silialı hücreleri uyarır. Uyarılar 8. kranial sinir aracılığıyla işitme merkezine iletilir.

Ses uyarımları taşıdıkları frekanslara göre beyindeki değişik yerlerde sonlanırlar. İşitme merkezinde de pes ve tiz seslerin alındığı yerler ayrılmıştır. Yüksek tonlar işitme merkezinin derinliklerinde, düşük tonlar ise yüzeylerinde sonlanır. Sesler kortekse geçtiği zaman orada önceki ses deneyimlerine göre tanınırlar. İki kulakla beyin arasındaki bağlantı çift kanallı bir sinir sistemi ile

yapılır. Karışık bir yol izleyen sinirler koklear çekirdek, süperior olivar kompleks, inferior kollikulus ve lateral lemniskus'ta çaprazlaşıp medial genikulat cisimden geçerek perisilvian alandaki işitme korteksine ulaşırlar (1,17).



Şekil 16. Kokleadan işitme korteksine kadar uzanan santral işitme sistemi afferent yolları

2.2.2. İŞİTME KAYBI TIPLERİ, SINIFLAMASI VE NEDENLERİ

İşitme kaybı tipleri

Dört tip işitme kaybı mevcuttur:

i) İletim tipi işitme kaybı: Dış kulak ve/veya orta kulaktaki problemlerden kaynaklanır. Dış kulak yolunda enfeksiyon, yabancı cisimler, buşon, kulak zarı bütünlüğünün bozulması, orta kulak enfeksiyonları veya kemikçiklerin sağlam olmaması bu tip işitme kaybına yol açar.

ii) Sensörinöral tip işitme kaybı: İç kulağın fonksiyon bozukluğundan kaynaklanır. Doğumsal iç kulak anomalileri, ani işitme kayıpları, yaşlılığa bağlı işitme kayıpları (presbiakuzi), gürültüye bağlı işitme kayıpları (akustik travma), ilaca bağlı işitme kayıpları (ototoksisite), iç kulağı etkileyen enfeksiyonlar (menenjit, labirentit, kabakulak, kızamık gibi), işitme sinirinin tümörü (akustik nörinom) bu tip işitme kaybına yol açar.

iii) Mikst tip işitme kaybı: Genellikle orta kulak enfeksiyonlarının veya otosklerozun iç kulağı da etkilemesi sonucu ortaya çıkar.

iiii) Santral işitme kaybı: İşitme siniri, beyin sapı ve beyindeki merkezlerin fonksiyon bozukluğundan kaynaklanır (63).

İşitme Kaybının Sınıflaması (63)

İşitme kaybının desibel olarak değerlendirilmesi;

0-15 dB'e kadar olan kayıplar: Normal,

20-45 dB'e kadar olan kayıplar: Çok hafif,

46-55 dB'e kadar olan kayıplar: Hafif,

56-70 dB'e kadar olan kayıplar: Orta,

71-90 dB'e kadar olan kayıplar: İleri,

90 dB'in üstündeki kayıplar: Çok ileri derece işitme kaybı olarak tanımlanır.

İşitme kaybı nedenleri

Çocukluk çağı SNİK'i konjenital ve edinsel nedenler şeklinde iki başlık altında incelenebilir (Tablo 1).

İşitme kayıplarının %70'ı genetik faktörlere bağlı olup hastalarda SNİK tek belirti olabileceği gibi, bir sendromun parçası da olabilir. Kalıtsal işitme kayıplarının yaklaşık %30'u başka sistem anomalileriyle beraber görülen sendromik işitme kayıplarındır. SNİK'in bir parçası olduğu aşağı yukarı 100 genetik sendrom bilinmektedir. Bu sendromlarda kraniofasial anomaliler, servikal anomaliler, iskelet anomalileri, doku, göz, nörolojik, renal, metabolik, kardiyovasküler ve diğer sistem anomalilerin birlikteliği söz konusudur (24)

İntrauterin dönemde annenin geçirdiği ya da postnatal dönemde çocuğun geçirdiği viral ve bakteriyel orjinli bazı enfeksiyonlar konjenital işitme kaybı etyolojisinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle gebeliğin ilk üç ayında plasenta yoluyla geçen enfeksiyonların hasar verici etkisi daha fazladır.

Geçirilmiş rubellaya bağlı işitme kaybı bulunan çocukların temporal kemik çalışmalarında, enfeksiyonun iç kulakta stria vaskülaris, Reissner membranı ve tektoryal membranda hasara yol açtığı görülmüştür. Herpes enfeksiyonu endolabirentit yaparak SNİK'na neden olur. Sitomegalovirüs (CMV) intrauterin viral enfeksiyonların en sık rastlanan nedeni olup konjenital CMV enfeksiyonunda prematürite, multisistem gelişim anomalileri ve iç kulakta kısmi veya total koklear hasar görülür. Kabakulak virüsü %80 sıklıkla unilateral tutulum gösterir. Korti organında yaygın harabiyete yol açarak ileri derecede

SNİK'e neden olur. Sifilis, toksoplazma, Grup B Streptokoklar, Esherichia coli ve Haemophilus influenza sensorinöral işitme kaybına neden olan diğer enfeksiyon etkenleridir (24).

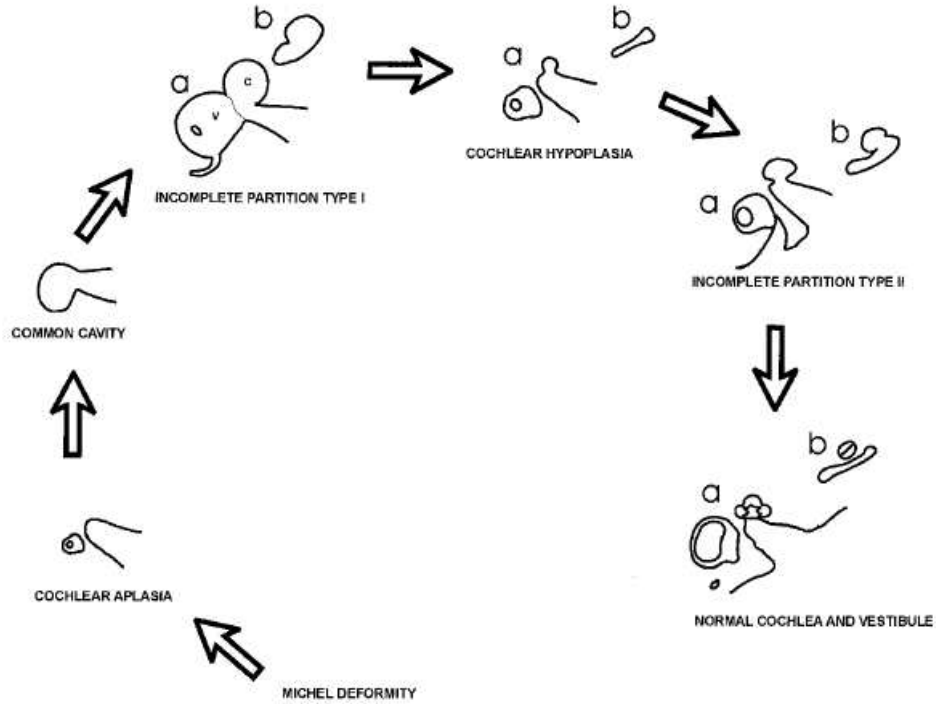
Ototoksik ilaçlar ve ajanlar, kalıcı, bilateral ve simetrik sensörinöral işitme kaybına neden olur. Hasar genelde kokleanın bazal kısmındadır (24). Bazı işitme kayıplarında ise etyoloji belirlenememekte olup bu hastalar idiyopatik grup adı altında sınıflandırılırlar. Etyolojiye göre sensorinöral işitme kaybı nedenleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Çocukluk çağı sensorinöral işitme kaybı nedenleri

SENSORİNÖRAL İŞİTME KAYBI NEDENLERİ			
Konjenital (%70)		Edinsel	
	Prenatal	Perinatal	Postnatal
SENDROMİK (%30)			
<ul style="list-style-type: none"> • Usher • Refsum • Crouzon • Di George • Alport • Pendred • Waardenburg • Trizomi 13 	ENFEKSİYONLAR <ul style="list-style-type: none"> • Rubella • Sfiliz • Kızamık • Toksoplazma • CMV • Herpes FARMAKOLOJİK VE KİMYASAL AJANLAR <ul style="list-style-type: none"> • Aminoglikozidler • Polimiksin B • Vankomisin • Etakrinik asit • Furasemid • Klorokin • Tolidamit • CO • Arsenik Radyasyon	<ul style="list-style-type: none"> • Perinatal asfiksi • Kern ikterus • Prematürite 	<ul style="list-style-type: none"> • Menenjit • Meningolabirentit • Travma • Hipotroidizm • Ototoksik ilaçlar • Tümörler
İÇ KULAK DISPLAZİLERİ			
<ul style="list-style-type: none"> • Michel • Koklear aplazi • Ortak kavite def. • IP-Tip I • Koklear hipoplazi • IP-Tip II (Mondini) • SSC anomalileri • VAD anomalileri 			
İDİOPATİK			

İÇ KULAK KONJENİTAL MALFORMASYONLARI

İç kulak konjenital malformasyonları için birçok değişik sınıflama kullanılmış olmasına rağmen BT ve MRG'nin kullanıma girmesiyle güncel kullanılan sınıflama oluşturulmuştur. SNİK çocuklarda iç kulak oluşumlarından özellikle koklea ve retrokoklear yapılardaki anomalilerin saptanması, bu çocukların koklear implantasyonla tedavi edilebilirliğine karar vermede çok önemlidir. Koklea anomalilerine vestibül, semisirküler kanal, İAK ve akuadukt anomalileri eşlik edebilmektedir. Koklear anomalilerin daha iyi belirlenebilmesi açısından konunun Sennaroğlu sınıflamasını kullanılarak anlatılması büyük kolaylık sağlamıştır (51). Şekil 17'de iç kulak yapılarının gelişimsel süreçteki duraklama evrelerine göre anomalilerin sınıflandırılması şematize edilmiştir.



Şekil 17. İç kulak yapılarının gelişimsel süreçteki duraklama evrelerine göre anomalilerin sınıflandırılması

İÇ KULAK MALFORMASYONLARI (tablo 2)

Michel deformitesi: En şiddetli otik kapsül anomalisi olup genellikle bilateral seyreder. Gelişim sürecinin 3. haftada duraklamasıyla meydana gelen anomalide iç kulak yapıları hiç gelişmez. Petröz apeks hipoplaziktir. Anomali tarafındaki İAK aplazik, hipoplazik ya da normal olabilir. İAK içerisinde tek sinir trasesi görülürse VIII. kranial sinirin aplazik olduğu düşünülmelidir. Michel deformitesine VII. kranial sinir ve juguler venlerin anormal seyri gibi diğer kafa tabanı anomalileri eşlik edebilir (51,64).

Koklear aplazi: İntrauterin 3. haftanın sonlarına doğru gelişen duraklama nedeniyle görülen anomalide koklealar bilateral atreziktir. Vestibül ve semisirküler kanallar normal, hipoplazik ya da dilate olabilir. Koklear aplazinin koklear ossifikasyondan ayrımı önem taşır. Koklear aplazide timpanik kaviteye doğru olan kemik çıkıntı (promontoryum) izlenmezken ossifikasyonda kemik çıkıntı mevcuttur (51).

Ortak Kavite Deformitesi: İntrauterin farklılaşmanın 4. haftasındaki duraklama sonucu gelişen deformitede koklea ve vestibül tek kistik kavite olarak izlenirken, İAK geniş ya da dar olabilir. VAD genellikle normal sınırlardadır. semisirküler kanallar normal ya da hipoplazik olabilir (51).

İnkomplet parsiasyon tip-I: Embriyonal gelişimin 5. haftada duraklamasıyla gelişen bu anomalide koklea ve vestibül dilate kistik ayrı kaviteler olarak gelişirken modiolar kemik hiç gelişmez. Ortak kavite deformitesinde tek kistik yapı görülürken İP tip-I'de farklı olarak septa ile ayrılmış iki kistik kavite yapı görülür (51).

Kohlear Hipoplazi: İntrauterin 6. haftadaki gelişim yetersizliği nedeniyle gelişen anomalide koklea normalden küçük izlenirken, vestibül ve semisirküler kanallar hipoplazik ya da normal olabilir. Koklea ve vestibül kemik septa ile birbirinden tamamen ayrılmış iki ayrı yapı olarak görülür. İAK küçük ya da normal olabilirken eşlik eden VAD anomalisi beklenmez (51).

IP tip-II/ Mondini Displazisi: İntrauterin 7.haftadaki duraklamaya bağlı gelişen anomalide koklea tam turunu tamamlamaz ve sadece 1,5 dönüş yapar. Bazal dönüş normal iken orta ve apikal halkada kistik dilatasyon mevcuttur. Bazal halkada modiolar kemik mevcutken orta ve apikal halkada kemik yapı görülmez. Vestibül ve semisirküler kanallar normal ya da geniş olabilir. VAD çoğu olguda bilateral dilatasyon gösterir. IP tip-I'e göre daha ılımlı vestibüler dilatasyon gösterir. Olguların %60'ında İAK dilatasyonu mevcuttur (51,64).

Geniş Vestibüler Aquadukt Sendromu: Vestibüler aquadukt tübüler bir yapı olup temporal kemiğin posteroinferior yüzeyinden vestibül medial duvarına uzanım gösterir. İçerisinde endolenfatik dukt ve endolenfatik kese bulunur. Konjenital sensorinöral işitme kaybının sık rastlanan sebeplerinden biri olup BT'de geniş vestibüler kanal, MRG'de ise geniş endolenfatik kesenin görülmesiyle tanı konur. Normal kalınlığı 1.5 mm' den daha incedir. VAD'da dilatasyon diyebilmek için 1,5 mm'den geniş ya da komşu posterior semisirküler kanaldan daha geniş olması gerekir (51,64).

Tablo 2. İç kulak malformasyon sınıflandırması

İÇ KULAK MALFORMASYONLARI			
VESTİBULOKOKLEAR ANOMALİLER	VAD-CAD ANOMALİLERİ	SSC ANOMALİLERİ	İAK ANOMALİLERİ
Michel deformitesi Koklear aplazi Ortak kavite deformitesi Koklear hipoplazi IP-Tip I IP-Tip II (Mondini)	Geniş akuadukt	SSC aplazisi Dilate SSC Hipoplastik SSC	İAK aplazisi Dilate İAK Hipoplastik İAK

2.6. İŞİTMEYE YARDIMCI CİHAZLAR VE KOKLEAR İMPLANT

Günümüzde sensorinöral işitme kaybını düzeltmeye yönelik üç ayrı yöntem kullanılmaktadır:

- i) İşitme cihazı
- ii) Koklear implant
- iii) Beyin sapı implantasyonu (67)

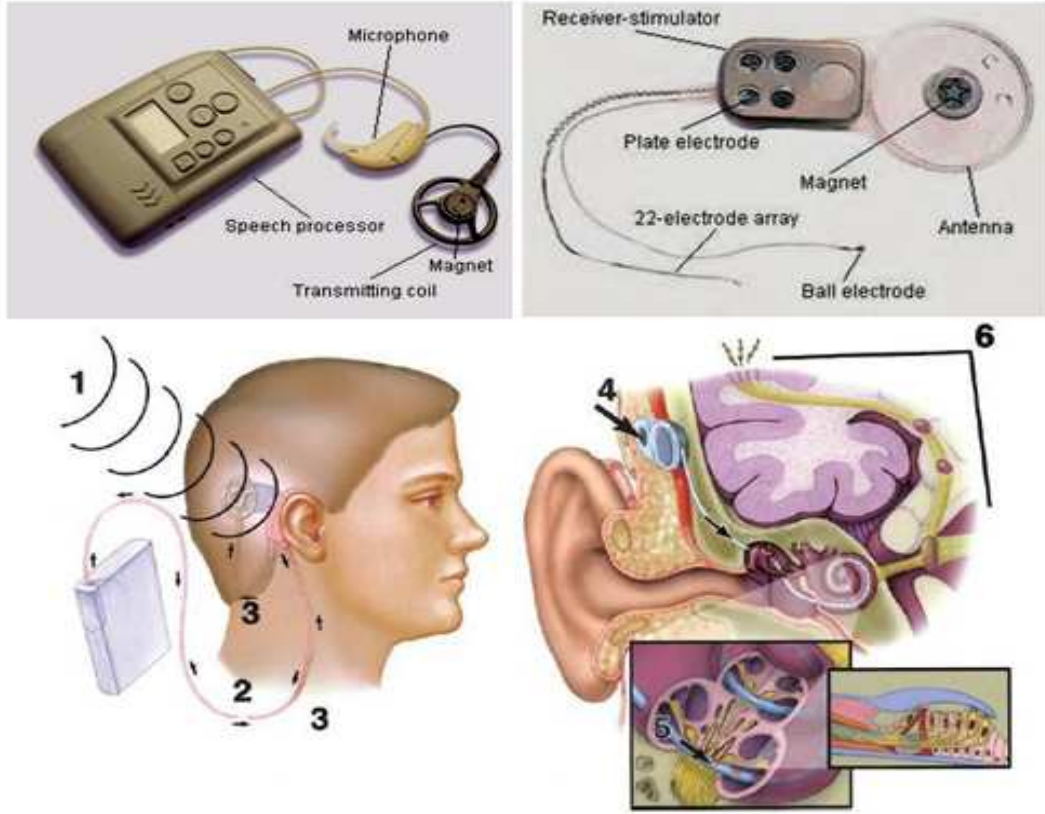
İşitme cihazları akustik sinyalleri magnifiye ederek normal fizyolojik işitme yoluyla kulağa verirler. Bu cihazlar fonksiyonları azalmış olsa bile korti organındaki titreşim tüyleri kullanır. Bu sinyalleri değerlendirecek yeterli sayıda fonksiyonel tüylü hücre bulunmaz ise cihaz yetersiz kalmaktadır.

Koklear implant, mekanik ses enerjisini, elektrik sinyallerine dönüştüren ve bunu doğrudan spiral gangliona aktararak, seslerin algılanmasını sağlayan elektronik bir cihazdır. Koklear implant uygulamaları ilk kez 1973 yılında House ve Urban tarafından başlatılmıştır. İmplantta amaçlanan görev, fonksiyon görmeyen titreşim tüyleri kullanmadan ses stimülasyonunu doğrudan ganglion hücrelerine ve sonrasında işitme sinirine aktarmaktır. Koklear implantlar işitme cihazlarından farklı olarak ses dalgalarını sadece yükseltmez, aynı zamanda elektrik uyarılarına dönüştürür (30).

Bu cihazlar bilateral, çok ileri derecede (90 dB'in üzerinde) ya da total sensörinöral işitme kaybı olan ve konvansiyonel işitme cihazlarından yararlanamayan hastalara uygulanmaktadır. Hastaların sağlıklı ve mental yönden stabil olmaları implant kararını etkileyen diğer önemli özelliklerdir (31).

Koklear implantlar iç ve dış parçalar olmak üzere iki kısımdan oluşur (56). Kulak arkasında yer alan mikrofon, sesleri yakalayıp kodlanmış elektrik

sinyallerine çevirerek işlemciye gönderir (37). Kulak arkasında cilt altına implante edilen stimulatör vasıtasıyla, elektrik sinyali kodlanıp amplifiye edilerek, iç kulak stimülasyonu için uygun hale getirilir. Kodlanmış sinyaller elektrodlar aracılığıyla koklear sinirin hasarlanmamış spiral ganglion aksonlarını uyarır (Şekil 18). Elektrodlar en sık skala timpaniye yerleştirilir, bu sayede elektrotlar kokleanın uzunluğu boyunca yerleşen işitsel nöron dendritlerine en yakın lokalizasyondadır (1).



Şekil 18. Mikrofon (1), sesleri analiz eden ve dijitalize kodlanmış sinyallere dönüştüren speech proceesör (2), sinyaller transmittere gönderilir (3),buradan elektrik sinyallerine çeviren implanta gider (4), nondejenere spiral ganglia aksonlarına ulaştırılır (5).

Beyin sapı implantı, koklear implanttan farklı olarak; uyarıları corti organı ve koklear siniri atlayarak doğrudan beyin sapındaki koklear sinir nükleusuna iletir.

FDA (Federal İlaç Dairesi) koklear implantların yetişkinlerde kullanımına 1984'te, pediatrik hastalarda kullanımına ise 1990 yılında onay vermiştir. Başlangıçta tek kanallı implantlar kullanılırken, zamanla çok kanallı koklear implantlar geliştirilmiştir. İmplant kanal sayısındaki artışın işitmenin anlaşılabilirliği üzerine olumlu etkileri mevcuttur.

Hastalar koklear implantasyon için seçilirken; medikal, odyolojik, dil gelişimi, psikolojik ve radyolojik olarak değerlendirilmektedir (52) Koklear implant uygulaması geniş, deneyimli ve işbirliği içinde çalışan bir ekip gerektirir. Bu ekipte Kulak Burun Boğaz, Radyoloji ve Nöroloji uzmanları, klinik odyolog ve psikolog yer alıp implant uygulamasına tüm ekibin birlikte karar vermesi gerekmektedir.

Koklear İmplantasyonda Hasta Seçim kriterleri

Yapılan değerlendirmelerde erişkin ve çocuk hastalar için farklı kriterler aranmaktadır (7,47,52). Son zamanlarda FDA tarafından belirlenen kriterlerde genişletmeler olmuştur (41,62).

Çocuk hastalar için aranan kriterler:

1. Bilateral derin sensorinöral işitme kaybı
2. Hastanın 12 ay–17 yaş arası olması (minimum yaş sınırı etiyolojide menenjit olması durumunda dikkate alınmaz)
3. Kronolojik yaş ve konuşma lisanı arasındaki farkın 3 yıldan fazla olmaması

4. Yaşına uygun odyolojik tetkiklerde saf ton eşik değerleri cihazsız olarak 90 dB HL'den fazla olması, cihazlı olarak eşik değerlerinin 1–4 kHz'de 65 dB'den fazla olması
5. İşitme cihazlı olarak uygulanan open-set testlerde %20 veya altında başarı (yani işitme cihazından çok az veya hiç fayda görmüyor olması)
6. Ailenin veya yaşı uygunsa hastanın kendisinin psikolojik olarak istekli ve hazır olması, aşırı beklenti içinde olmaması
7. Medikal muayenede şu kontraendikasyonların olmaması:
 - a. Koklear sinir veya santral işitme yollarına ait lezyonlara bağlı işitme kaybı olması
 - b. Aktif orta kulak iltihabı veya aktif orta kulak hastalığına bağlı timpan zar perforasyonu olması
 - c. Koklear agenezi

Koklear displazi mutlak kontrendikasyon değildir ancak hastadan aydınlatılmış onam alınmalıdır (9).

İmplantasyonda preoperatif değerlendirme

1) Medikal Değerlendirme: İşitme kaybı konjenital olabileceği gibi sonradan kazanılmış olarak da meydana gelebileceğinden ayrıntılı bir öykü alınması, etyolojinin belirlenmesi ve hastalığın başlangıç zamanının bilinmesi açısından çok önemlidir (11).

İşitme kaybı meydana geldiği yaşa göre üç grup altında incelenir: (3,41)

a) Prelingual; Dilin karakteristik özelliklerini öğrenmeden oluşan işitme kayıplarıdır. İşitme kaybı doğuştan mevcut olabileceği gibi ilk iki-üç yaş içinde

de meydana gelebilir. Bu hasta grubunda en iyi sonuçlar dört-beş yaşa kadar yapılacak implantasyonla elde edilebilir.

b) Perilingual; İki-altı yaş arası çocuklarda dil öğrenilirken oluşan işitme kayıplarıdır. Koklear implantasyon prelingual gruba göre genellikle daha iyi sonuç verir.

c) Postlingual; Altı yaşından büyük çocuklarda ve erişkinlerde meydana gelen işitme kayıplarıdır. Dil öğrenildikten sonra kayıp olduğundan en iyi koklear implant sonuçları bu grupta alınmaktadır.

İşitme kaybından sonra geçen süre koklear implantasyonun başarısındaki en önemli faktörlerden birisidir. Prelingual hastalarda en iyi sonuçların, tanı konulduktan sonra ilk 4–5 yıl içerisinde yapılacak ameliyatla alınacağı kabul edilmektedir.

Özellikle çocuk hastaların koklear implantasyon öncesinde en az altı aylık bir işitme cihazı deneyiminin olması gerekmektedir. Bu süre, hem implanta hazırlanma, hem de çocuğun işitme cihazından yeterince yararlanıp yararlanmadığını görme açısından şarttır. Menenjit, çocukluk çağında kazanılmış derin sensorinöral işitme kaybının sık rastlanılan nedenlerinden olup enfeksiyondan sonraki yaklaşık 2 aylık süreç içerisinde koklea lümeninde yeni kemik oluşumu ile karakterize labirentitis ossifikans gelişebilmektedir. Menenjit geçiren hastalarda iç kulakta ossifikasyon başlamışsa, bu 6 aylık süre beklenmeden cerrahi yapılmalıdır.

İmplant yapılacak hastada dış kulak ve orta kulakta enfeksiyon ile uyumlu bulgu olmamasına dikkat edilmelidir. Hastada sekretuar otitis medianın varlığı halinde, işitme cihazıyla izleme döneminde hastalığın tedavisi yoluna

gidilmelidir. Medikal tedaviye yanıt alınamazsa en kısa zamanda ventilasyon tüpü uygulanmalıdır.

2) Odyolojik Değerlendirme: Amerika Birleşik Devletlerin'de FDA'nın ortaya koyduğu kriterlere göre en az 6 ay konvansiyonel işitme cihazı kullanmamış bir aday ameliyat edilemez. Ayrıca adayın bu uygulamadan yarar sağlaması da gereklidir. Retrokoklear ve santral patolojiler koklear implantasyona kontrendikasyon oluşturur.

3) Dil Değerlendirmesi: Koklear implant uygulaması planlanan hastaların konuşma ve dil becerisinin değerlendirilmesi de önemlidir. Bu hastalarda konuşma seviyesinin belirlenmesi, hem implant başarisının tahmini hem de seçilecek rehabilitasyon yöntemi ve seviyesinin tespiti için gereklidir. Ayrıca ocuğun konuşmaya olan istekliliği de gözlenmelidir.

Çocuğun kronolojik yaşı dil-konuşma yaşına eşitse implantasyondan oldukça yararlanacak bir aday olduğu düşünülebilir. Ancak kronolojik yaş ve dil-konuşma yaşı arasındaki fark arttıkça çocuğun implant aracılığıyla algıladığı konuşma seslerini yorumlama şansı azalır (36,52).

Koklear implantasyon için mutlaka değerlendirilmesi gereken bir gelişim alanı da zekadır. Dil tek başına bir anlam ifade etmediğinden genel ve sosyal zeka, seçim kriterleri için önemlidir.

4) Psikolojik Değerlendirme: Koklear implant adayı ve ailesinin psikolojik olarak stabil olması ve operasyona istekli olması bunun yanında adayın ve ailesinin koklear implanttan beklentilerinin gerçekçi bir şekilde ortaya konulması gerekir.

5) Radyolojik değerlendirme: İmplantın uygunluğun değerlendirilmesinde mutlak kullanılan radyolojik değerlendirme ayrı bir bölüm başığı altında tartışılmıştır.

2.7. KOKLEAR İMPLANTASYONDA RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Görüntüleme yöntemlerinin amacı, koklear implanttan en fazla yararlanacak adayları saptamaktır. Preoperatif radyolojik incelemeler ile implant uygulanmasına kontrendikasyon oluşturacak durum bulunduran olgular saptanır. Operasyon sırasında gelişebilecek herhangi bir komplikasyonu engellemek için fasiyal sinir trasesi gibi önemli yapıların anatomik pozisyonu belirlenerek cerrahi prosedür yönlendirilebilir. Ayrıca, implant için hangi kulağın tercih edileceğine karar vermede de radyolojik modaliteler önemli rol alır. Bu amaçla uygulanan tetkikler bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve bunların üç boyutlu uygulamalarıdır.

Postoperatif radyolojik tetkikler ile implantın koklea içerisinde olup olmadığı değerlendirilir. Direk graflerin preoperatif değerlendirmede yeri yoktur (67).

MRG'nin operasyon öncesi görüntüleme yöntemi olarak kullanılıp postoperatif dönemde kullanılamamasının sebebi implantın mıknatis içermesidir, ancak Baumgartner ve arkadaşlarının yaptıkları retrospektif araştırmada; 30 implantlı hastanın değişik bölgelerine MRG uygulanmıştır. Sonuçta hem görüntü kalitesinde sorun yaşanmamış, hem de implant üzerine olumsuz bir etki saptanmamıştır. Bu veriler doğrultusunda, implantlı hastalarda 1 Tesla MR ile kısa süreli MRG uygulamaları yapılabileceği düşünülmüştür (6).

2.7.1. KONVANSİYONEL RADYOGRAFI

Çok kanallı koklear implantların operasyon sonrası radyolojik değerlendirilmesinde ilk tercih temporal kemik direkt grafleridir (28,32,58,69). Postoperatif graflerden elde olunan verilerle operasyon başarısı

değerlendirilebilir (58). Hastaların takibinde Stenver's grafi öncelikle tercih edilen radyografi olup bu grafi ile implantın derinliği, elektrodların pozisyonu ve intrakoklear elektrod sayısı belirlenebilir. İntrakoklear elektrod sayısının saptanmasında tomografide oluşan artefaktlar nedeniyle direkt grafi BT'den daha üstündür (58). BT ancak direkt grafi ile yeterince değerlendirilemeyen elektroddeki bükülme ve kompresyonda yarar sağlayabilir.

2.7.2. BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

BT, kolime edilmiş X-ışını kullanılarak, incelenen objenin kesitsel görüntüsünü oluşturmaya yönelik radyolojik görüntüleme yöntemidir. Kolime edilmiş X-ışını demeti objeyi geçerken ortam ile etkileşime bağlı olarak azalma gösterir. Objeyi geçen kısmı, X-ışını tüpünün karşısına yerleştirilmiş dedektörler tarafından toplanarak görüntüye dönüştürülür.

Koklear implant uygulanacak hastalarda preoperatif değerlendirme için standart görüntüleme yöntemi BT'dir (30).

BT ile koklear anatomi, doğumsal iç kulak anomalilerinin varlığı, menenjit sonrası gelişebilecek koklear ossifikasyon, vestibüler ve koklear akuaduktların boyutu, modiolar defekt varlığı ve internal akustik kanal genişliği hakkında bilgi edinilebilir (22,29,60,68). Ameliyat sırasında cerrahın karşılaşabileceği az ya da fazla mastoid pnömatizasyon ve buna bağlı değişebilen sigmoid sinüs lokalizasyonu ve yüksek yerleşimli juguler bulbus gibi vasküler patolojiler BT incelemesiyle değerlendirilir. Travma sonrası koklea ve internal akustik kanalda fraktür varlığı yine en iyi BT ile değerlendirilir (45).

BT ile fasiyal sinir kemik kanal seyri ayrıntısıyla değerlendirilebilmektedir. Atipik seyirli fasiyal sinir operasyon sonrası sinir yaralanmasına neden olabileceği gibi

fasiyal sinir-elektrod ilişkisi sonucu gelişen fasiyal sinir uyarımına da neden olabilir. Bu gibi komplikasyonları önlemek için implant adaylarında atipik fasiyal sinir trasesinin tesbitinde preoperatif dönemde elde olunan BT oldukça değerlidir.

BT ile koklear agenezi ve internal akustik kanal yokluğu saptanan hastalarda koklear implantasyon kontrendikedir. İnternal akustik kanal agenezisinde 8. sinir de ajenetik olacağından implantasyon yapılmaz. İnternal akustik kanal stenozunda ise implantasyon öncesi mutlaka VII. ve VIII. kranial sinirlerin varlığından emin olunmalıdır. Ancak BT ile internal akustik kanaldaki sinirlerin varlığı hakkında bilgi edinilememesi BT'nin tetkik yeterliliğini sınırlayan önemli bir faktördür. Bu nedenle VII. ve VIII. kranial sinirlerin ve koklear dalın operasyon öncesi değerlendirilmesi için MRG tetkiki mutlak gereklidir.

Koklear implantlı olgular da postoperatif dönemde elde olunan BT enfeksiyon ya da fasiyal sinir elektrod ilişkisi sonucu gelişen fasiyal sinir uyarımı gibi ameliyat komplikasyonlarının tanısında da oldukça yardımcıdır (28).

BT'nin en önemli dezavantajı radyasyon içeren bir tetkik olmasıdır. İmplant uygulaması planlanan hastaların çoğunun ocuk yaş grubunda olması bu durumu daha da önemli hale getirmektedir. Rutin dozda elde olunan yüksek çözünürlüklü temporal BT ile direkt grafiye oranla 230 kat fazla radyasyon dozuna maruz kalındığı hesaplanmıştır (12). Yapılan çalışmalarda düşük doz yüksek çözünürlüklü temporal BT incelemesi ile daha düşük mAs değerleri kullanılarak hastanın maruz kaldığı radyasyon miktarı yaklaşık 2,6 kat azaltılabilmıştir. Ancak bu hastalarda elektrod yerleşimi değerlendirilebilirken iç kulak yapıları ve fasiyal kanal bulanıklaşma nedeniyle yeterince değerlendirilememektedir (53).

2.7.3. MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

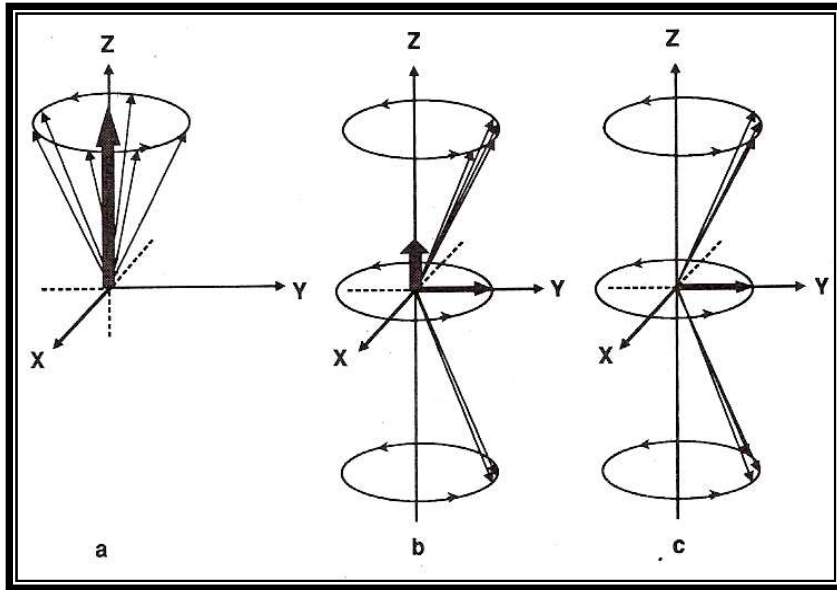
2.7.3.1. MRG çalışma prensibi ve görüntünün elde edilmesi:

MRG, diğer görüntüleme yöntemlerinden farklı olarak fizyolojik olarak vücutta bulunan hidrojen atomlarının, güçlü bir manyetik alanda enerji aktarılarak uyarılması ve bu atomların kararlı durumlarına dönerken enerjinin tekrar geri salınımı sırasında, belirlenen noktalarda sinyal kayıtları alınması yoluyla dokuların anatomik ve fizyolojik özelliklerinin görüntülenebildiği ileri düzey bir görüntüleme yöntemidir (40). Fizik temellerinden kaynaklanan ayrıcalıklı özellikleri sayesinde vücudun tüm organlarının görüntülenmesinde kullanılabilir. MRG'de sadece manyetik dipol özellikleri olan atomlardan görüntü elde edilebilmektedir. Bu tip özelliğe sahip olan ve biyolojik dokularda bulunan atomlar da hidrojen (tek proton), karbon (6 proton–7 nötron), sodyum (11 proton–12 nötron) ve fosfor (15 proton–16 nötron)'dur. Çekirdeğinde sadece 1 proton bulunan hidrojen atomu, tüm vücutta bol miktarda bulunduğu için (su ve yağ dokularında) ve diğer çekirdeklere göre sahip olduğu net manyetizasyon alanı daha yüksek olduğundan MRG incelemede iyi bir sinyal kaynağı olarak tercih edilmiştir.

Hidrojen atomu, kendi eksenini etrafında spin yaparken çevresinde de bir manyetik alan oluşturur. Normalde dokular içerisinde rastlantısal olarak farklı yönlerde salınım gösteren protonlar, kuvvetli bir manyetik alan içerisinde manyetik alanın yönüne paralel ve antiparalel dizilim gösterirler. Bu protonlardan manyetik alana paralel dizilim gösterenlerin sayısı, antiparalel dizilim gösterenlerin sayısından bir miktar daha fazladır. Sonuçta manyetik alan yönüne paralel yönde net manyetizasyon vektörü oluşur. Bu vektör sabit

manyetik alanımızla aynı yöndedir ve longitudinal düzlemedir. Bundan dolayı buna “longitudinal manyetizasyon” adı verilir. Sinyal yani görüntü oluşturmak için kullanılan vektör işte budur. Bu longitudinal manyetizasyon, dış manyetik alanla aynı yönde olduğu için direkt olarak ölçülemez. Manyetik alanın ölçülebilmesi için, yönünün değiştirilmesi gerekmektedir ve bu işlem de radyofrekans (RF) dalgalarıyla gerçekleştirilir.

RF darbesine eşit salınım frekansına sahip protonlar enerji emerek düşük enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine çıkarlar ve dolayısı ile antiparalel konuma geçerler. Bu etki sonucunda longitudinal manyetizasyon azalırken transvers manyetizasyon oluşur. Görüntü elde etmek amacıyla, longitudinal manyetizasyonun yanı sıra transvers manyetizasyon da kullanılmaktadır (16)(Şekil 19).



Şekil 19. Z ekseninde görülen longitudinal manyetizasyona dik oluşan Y eksenindeki transvers manyetizasyon

RF darbesinin kesilmesi ile yüksek enerjili protonlar önceki düşük enerjili konumlarına geri dönmeye başlarlar. Bu sırada transvers manyetizasyon

azalırken, longitudinal manyetizasyon tekrar oluşur. Longitudinal ve transvers relaksasyon olarak adlandırılan bu olaylar, birbirlerinden bağımsız fakat eş zamanlı olarak gerçekleşen olaylardır. Aralıklı uygulanan RF dalgasının kesilmesinden sonra toplam vektör transvers düzlemden longitudinal manyetizasyon eksenine doğrultusunda salınım yaptığı eski konumuna dönerken, yönü ve büyüklüğü değişen spiral benzeri bir hareket yapar. Devamlı olarak hareket eden ve yönü değişen bileşke manyetik vektör, bir alternatif elektrik akımı oluşturur, işte bu elektrik akımı MR sinyalinin kaynağıdır (16).

Eksternal manyetik alan yönündeki longitudinal manyetizasyonun %63'ünün tekrar oluşması için gereken süre T1 relaksasyon zamanı, eksternal manyetizasyona dik yönde protonların faz uyumu ile oluşmuş olan transvers manyetizasyonun %37 seviyesine inmesi için gereken süre de T2 relaksasyon zamanı olarak bilinmektedir. T1 ve T2 relaksasyon süreleri her doku için farklılık gösterir.

2.7.3.2. Tekrarlama zamanı (TR) ve Eko zamanı (TE): TR ve TE zamanları, bir MRG incelemesinde tetkiki yapan tarafından seçilen ve elde edilecek görüntünün niteliğini önemli ölçüde belirleyen parametrelerdendir. Kısa TR değerleri ve T2 etkisinden de arındırılması için kısa TE değerleri kullanan seriler T1A seriler olarak adlandırılır. TR değeri dokuların T1 relaksasyon zamanlarını tamamlamaya izin verecek şekilde uzun tutulduğunda (TE değeri kısa olmak kaydıyla) dokunun proton içeriği önem kazanır ve proton içeriği yüksek dokulardan daha çok sinyal alınır. Temel olarak bu tip seriler (uzun TR, kısa TE) proton dansite ağırlıklı (PDA) seriler olarak bilinirler. TR ve TE zamanları uzun olan seriler ise T2A serileridir.

Genel olarak MRG görüntülemeye kısa TE zamanı 30 msn'den daha kısa, uzun TE zamanı da 80 msn'den daha uzun seçilen değerler; kısa TR zamanı 500 msn'den daha kısa, uzun TR zamanı da 1500 msn'den daha uzun seçilen değerlerdir. Tablo 2'de farklı dokuların yapısal özellikleri nedeniyle bu iki görüntüleme serisinde hangi sinyal yoğunluğunda görüldükleri sunulmuştur (16).

Tablo 3. Dokuların ve bazı patolojik yapıların MRG tetkik görüntü özellikleri

DOKU	T1 A	T2 A
Yağ	Hiperintens	Hafif hiperintens
Kas	Hafif hiperintens	Hipointens
Sinir (Myelinize)	Hafif hiperintens	Hafif hiperintens
Tendon	Hipointens	Hipointens
Kortikal kemik	Hipointens	Hipointens
İnflamasyon	Hipointens	Hiperintens
Kist	Hipointens	Hiperintens
Solid tümör	Hafif Hipointens	Genellikle hiperintens
Fibrozis	Hipointens	Hipointens
Yağlı infiltrasyon	Hafif Hipointens	Hafif Hiperintens
Akut hematoma	Hiperintens	Hipointens
Subakut hematoma	Hafif hiperintens	Hafif hiperintens
Kronik hematoma	Hafif Hipointens	Hiperintens

2.7.3.3. MRG'de Kesit Alınması ve İmaj Oluşturulması: Bu yöntem dahilinde sırası ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

1. Vücut inceleme için magnet içerisine uygun şekilde yerleştirilir.

2. Kesit alınması istenen düzleme dik yönde bir gradiyent uygulanarak vücut üzerindeki manyetik alan her bölgede farklı olacak şekilde kontrollü olarak değiştirilir.

3. RF sarmalları kullanılarak kesit selektif eksitasyon ile sadece kesit planındaki protonların uyarılması sağlanır.

4. Uyarım kesildikten sonra bu protonlardan gelen sinyaller toplanır.

5. Toplanan ham sinyaller daha önceden belirlenmiş frekans ve faz eksenlerine yerleştirilerek Fourier Transformasyon ile görüntüye çevrilir.

2.7.3.4. MRG'de Kullanılan İnceleme Serileri: Görüntü elde etmede dört temel seri kullanılmaktadır.

A- Saturation recovery/parsiyel saturasyon: Sadece 90° pulslar uygulanarak PDA ya da T1A görüntüler elde edilir.

B- Spin eko (SE) serisi: 90° ve 180° pulslar peşpeşe kullanılarak görüntü oluşturulur. İlk önce spinler, kesit seçici özellikli 90° RF pulsu ile aktive edilir. Daha sonra TE/2 zamanında yine kesit seçici özellikli 180° RF pulsu ile faz uyumlarını kaybetmiş protonların tekrar faz uyumu içerisinde salınım yapması sağlanmaktadır. Oluşan MRG sinyali bir okuma gradiyenti eşliğinde analizlenir. TR ve TE değerleri değiştirilerek serinin T1A ve T2A olması sağlanabilmektedir. 90° ve 180° pulslarının kesit seçici özellikte olmasından dolayı hızlı akım özelliği olan kanın, SE serilerde siyah görülmesi bu görüntülemenin önemli bir özelliğidir (40).

C- Inversion recovery görüntüleme: T1 ağırlığının arttırılmasını ve dolayısıyla dokunun anatomik detayının daha belirgin bir şekilde gösterilmesini

sağlayan serilerdir. SE serilerden ilk 90° puls öncesi 180° pulsunun uygulanmasıyla farklılık göstermektedir (40).

D- Gradyent eko (GRE) serisi: GRE incelemede SE'da uygulanan 180° derece RF puls kullanılmayıp 90° dereceden küçük açıda tek RF puls kullanılmaktadır. 90° dereceden küçük açılardaki RF pulsarı arasında çok kısa TR değerleri kullanıldığından görüntüleme süresi de kısalmaktadır. GRE seride kullanılan kısa TR süresinde birçok dokuda transvers relaksasyon tamamlanamaz, dolayısıyla ortamda longitudinal manyetizasyon ile birlikte hemen her zaman bir miktar transvers manyetizasyonda olacaktır. Oluşan bu duruma "steady state free precession (SSFP)" denmekte olup serinin T1A ve T2A olması FA ve TE değerlerine bağımlılık göstermektedir (25).

E- Hızlı Görüntüleme Teknikleri: Konvansiyonel SE serilerde tetkik sürelerinin uzun olması bazı dokuların MR ile görüntülenememesine yol açmıştır. Görüntüleme süresini kısaltmaya yönelik uygulamaların tümü üç ana başlık altında toplanabilir:

1. K-alanının daha hızlı oluşturulması
2. Daha kısa sürede görüntü elde etmeye yönelik hızlı görüntüleme sekansları (Fast-GRE, Fast-SE, EPI gibi)
3. Sinyal gürültü oranı ve görüntüleme hızını arttırmaya yönelik sarmal (coil) teknikleri (Phase array coil, paralel görüntüleme uygulamaları) (39)

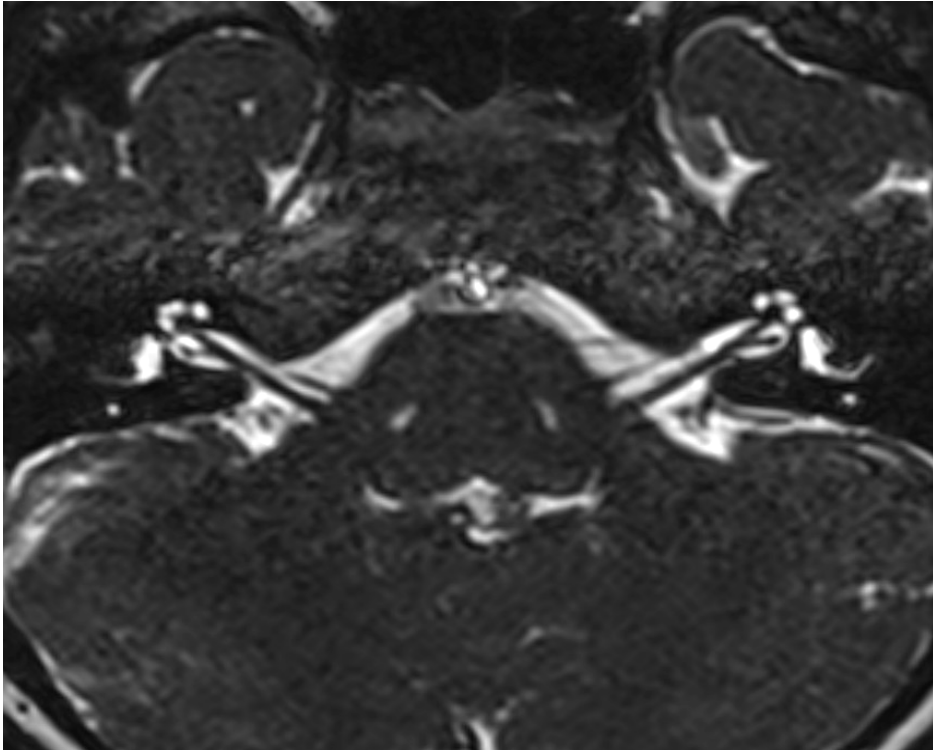
2.7.3.5. Constructive İnterference İn Stady State (CISS) manyetik rezonans görüntüleme: T2A sekansları kullanarak endolenf ve perilenf ile dolu membranöz labirent oluşumları ana hatlarıyla görüntülenebilmektedir. Ancak FSE T2A sekanslarda kesit kalınlığının 3 mm'den daha ince olamaması

nedeniyle çok küçük bir alan olan iç kulağın klasik T1 ve T2 MR sekansları ile değerlendirilmesi yetersiz kalmaktadır. Bu kesitlerde VII. ve VIII. kranial sinirler net olarak değerlendirilememektedir. Bu sorun, gradient eko MR serilerinin 1 mm'den daha ince kesit kalınlıklarıyla bile çalışılabilmesiyle aşılmış ve yeterli netlikte görüntüler elde edilebilmiştir. Ancak petroz kemikteki multiple sıvı/kemik interfazları sebebi ile gradyent eko imajlarda artefaktlar oluşmuş ve bu artefaktlara bağlı olarak spatial rezolusyon düşmüştür. Ayrıca gradient eko serilerde yumuşak doku ve sıvılar arasında yeterli kontrast farkı sağlanamadığından constructive interference in stady state (CISS) yöntemi geliştirilmiştir (44).

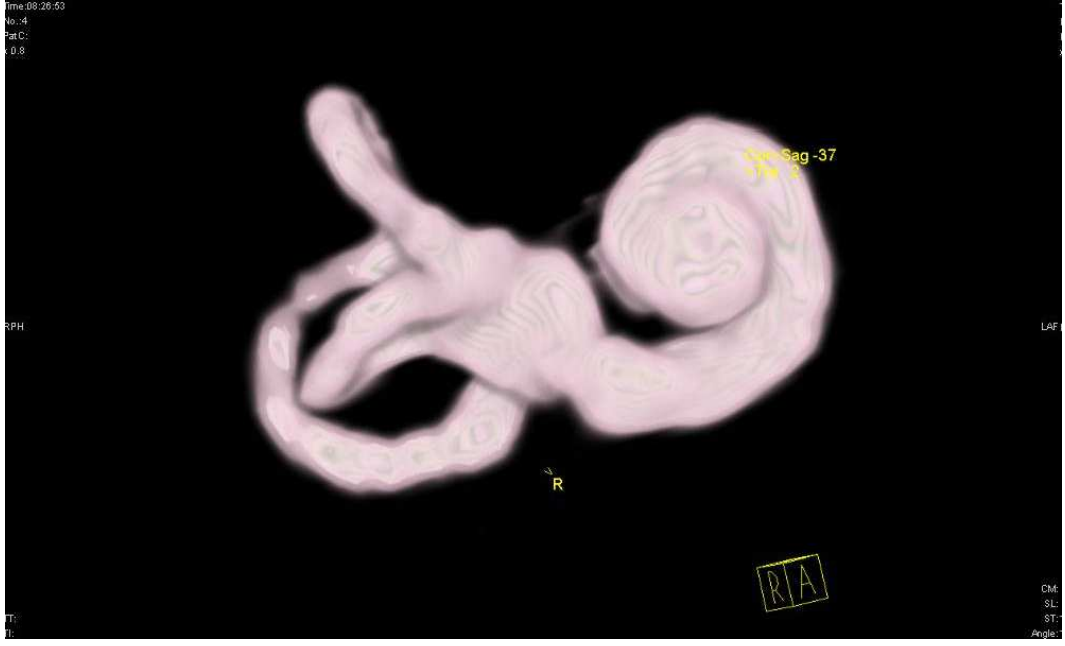
İç kulak yapılarının ve kranial sinir seyirlerinin değerlendirilmesinde kullanılan CISS sekansı, iki ayrı steady-state free precession (FISP) sekansının dijital olarak toplanması ile elde edilen bir volüm görüntüleme yöntemidir. 'Steady-State' sekanslarında RF tekrarlama süresi olan TR aralığı, dokuların transvers relaksasyon sürelerinden daha kısa tutularak T2 ağırlığı ön plana çıkarılmakta, T1 ağırlığı ise azaltılmaktadır (18). FISP sekansında siyah bant tarzında görülen kimyasal kayma artefaktları Deimling tarafından geliştirilen bir yöntemle CISS sekansında yok edilmiştir (10). Bu yöntemde; ikinci olarak alınan FISP sekansında RF puls yönü birinciden farklı yönde uygulanmakta daha sonra farklı yönde RF uygulanarak elde olunan bu iki sekans dijital olarak bilgisayar ortamında üst üste toplanmaktadır. Böylece kimyasal kayma artefaktlarından kurtulunmuş olup hem de sıvı-solid dokular arasında iyi bir kontrast farklılığı sağlayan CISS sekans görüntüleri elde edilebilmiştir. CISS sekansının kontrast/gürültü oranı T1, T2 ve proton dansite görüntülerden çok

daha yüksektir. CISS sekansı ile belirgin kontrast farklılığı yaratan, yüksek çözünürlüğe sahip ve çok ince kesit kalınlığında görüntüler elde edilebilmektedir (10,71).

Kemik labirent ve internal akustik kanal içindeki sıvının yüksek sinyali nedeni ile labirent oluşumları ve VII. ve VIII. kranial sinirler rahatlıkla gösterilir (Şekil 20). CISS görüntüleri kullanılarak, membranöz labirentin üç boyutlu rekonstrüksiyon görüntüleri oluşturulabilir (15) (Şekil 21).



Şekil 20. T2 ağırlıklı CISS sekansında axial planda elde olunan görüntülerde BOS ile dolu hiperintens İAK içerisinde sinyalsiz VII. ve VIII. kranial sinirler görülmektedir.



Şekil 21. CISS görüntülerinden elde olunan membranöz labirentin 3B reformat görüntüsünde koklea vestibül ve semisirküler kanallar görülmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta seçimi

Kasım 2006-Eylül 2008 tarihleri arasında Kulak Burun Boğaz kliniğinde fizik muayene ve odyolojik testlerle sensorinöral işitme kaybı tanısı alan çocuk yaş grubundaki hastalar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı'nda, iç kulak yapılarının konjenital anomalileri yönünden 3B-CISS MRG tekniği ile tarandı. Çocuk yaş grubu sınırı 17 yaş ve altı olarak kabul edildi.

Araştırma grubu 90 hastadan oluştu. Doksan hastada toplam 180 iç kulak yapısı incelendi. Çalışmaya alınan 90 hastanın 44'ü (% 48,9) erkek, 46'sı (% 51,1) kız olup yaşları 1 ile 16 arasında değişmekteydi (Ortalama yaş $5,97\pm 4,04$). Hastaların cinsiyet ve ortalama yaş dağılımı Tablo 4'de belirtilmiştir.

Tablo 4. Hastaların cinsiyet ve ortalama yaş dağılımı

	Hasta sayısı	Ortalama yaş \pm SD
Erkek	44 (%48,9)	5,9 \pm 4,1
Kız	46 (%51,1)	6,0 \pm 4,0
Toplam	90 (%100)	5,9 \pm 4,0

3.2. Hasta hazırlığı

Hastalar incelemeye alınmadan önce tetkik hakkında bilgilendirici açıklamalar yapıldı. Uyum sağlayabilen hastalarda tetkik öncesi sedasyon kullanılmazken, yaşı ya da mental yetersizliği nedeniyle tetkike uyum sağlayamayacak hastalarda anestezi ekibi eşliğinde sedasyon kullanılarak tetkik elde olundu. Sedasyon için 0,5mg/kg iv Dolantin kullanıldı. Sedatize

edilen hastaların hepsi moniterize edildi. Tetkik sırasında hiçbir hastada kontrast madde kullanılmadı.

3.3. Çekim tekniği

Tüm incelemeler 1,5 T manyetik alan gücüne sahip cihazda (Magnetom, Symphony – Quantum, Siemens, Erlangen, GERMANY) faz dizilimli baş koili kullanılarak supin pozisyonda gerçekleştirildi. Hastalar çekim masasına baş tarafı magnet içinde ve önde olacak şekilde yatırıldı. Lokalizer görüntü elde olunduktan sonra sırasıyla aşağıdaki sekanslar çalışıldı (Tablo 5).

1.SE T1 aksiyal-kulak MRG

2.SE T2 aksiyal- tüm beyin MRG

3.SE T2 koronal-kulak MRG

4. CISS sekansı-kulak MRG

Tablo 5. Konvansiyonel MRG, CISS MRG inceleme parametreleri

	TR TE	FOV (cm)	Nex	Kesit sayısı	Kesit kalınlığı (mm)	Matrix	İnceleme süresi
T1 A aksiyel spin eko	400 7,8	23x23	2	20	3	173x320	2 dk 22 s
T2 A aksiyel spin eko	4480 108	23x23	2	21	5	199x384	1 dk 54 s
T2 A koronal Spin eko	4270 108	23x23	2	20	3	199x384	1 dk 48 s
CISS MRG	13.48 6.74	23x23	1	88	0,6-0,4	192X256	5 dk 59 s

3.4. Verilerin analizi

Tüm görüntüler işlem sonrası analiz için iş istasyonuna (Leonardo, Siemens Medical Solutions, Forcheim, Germany) aktarıldı.

Konvansiyonel kulak MRG görüntülerde koklea, vestibül, semisirküler kanallar, endolenfatik kanal ve internal akustik kanal genişliği değerlendirildi. Tüm beyni içeren T2A koronal kesitlerle beyin, sinyal artışına neden olabilecek patolojiler ya da ek konjenital anomaliler açısından incelendi.

İş istasyonunda CISS MRG serilerinde bilateral internal akustik kanallar içerisinde VII. ve VIII. kranial sinirler ve koklear dal varlığı ince minimum intensite projeksiyon görüntülerle aksiyal ve sagittal planlarda değerlendirildi. CISS MRG serilerinde, iç kulak düzeyinden geçen kesitlerden ince ve kalın maksimum intensite projeksiyon (MIP) görüntüler elde olunarak iç kulak yapılarının genel morfolojisi ve lokalizasyonu değerlendirildi. Daha sonra elde olunan görüntüler üzerinden volume rendering (VRT) tekniği kullanılarak iç kulak yapılarının üç boyutlu görüntüleri elde olundu. Böylece iç kulak yapıları anomaliler açısından morfolojik olarak değerlendirildi.

İnceleme sonrası değerlendirmeler ve tetkik sonrası işlemlerin (post processing) tümü iki ayrı hekim tarafından gerçekleştirilip uyumsuz sonuca ulaşılan hastalarda iki hekimin birlikte değerlendirmesiyle ortak sonuca varıldı.

3.5. Değerlendirme

Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların iç kulak yapıları anatomik ve morfolojik olarak değerlendirilip, belirlenen iç kulak anomalileri Sennaroğlu Sınıflaması kullanılarak gruplandırıldı (51).

Buna göre vestibülokoklear anomaliler Michel deformitesi, koklear aplazi, ortak kavite deformitesi, inkomplet parsiasyon-tip I, koklear hipoplazi ve inkomplet parsiasyon-tip II (Mondini deformitesi) başlıkları altında sınıflandırıldı.

Ayrıca semisirküler kanallar agenezi, disgenezi ve normal şeklinde sınıflandırılırken internal akustik kanal aplazik, hipoplazik, normal ve dilate şeklinde sınıflandırıldı.

Tüm hastalarda VII. ve VIII. kranial sinir ve 8. kranial sinirden ayrılan koklear dal var ya da yok şeklinde sınıflanarak kaydedildi.

Dilate vestibüler akuadukt ayrıca değerlendirildi.

Saptanan her anomalinin sıklığı hesaplandı. Konjenital anomali saptanan hastalarda anomalilerin birliktelikleri değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen çocuk yaş grubundaki (17 yaş ve altı) 90 hastanın 180 iç kulak yapısında tespit edilen konjenital iç kulak anomalileri, Sennaroğlu sınıflaması kullanılarak gruplandırıldı.

Sennaroğlu sınıflamasına göre 3 iç kulak yapısında Michel deformitesi (%1,66), 9 kokleada koklear aplazi (%5), 4 kokleada ortak kavite deformitesi (%2,22), 6 kokleada koklear hipoplazi (%3,33), 5 kokleada Mondini malformasyonu (%2,77) tespit edildi. Vestibül, semisirküler kanal, internal akustik kanal ve vestibuler akuadukt anomalilerinden herhangi birine sahip 21(%11,6) iç kulak oluşumunda koklealar normal gelişimlerini tamamlamış olup doğal izlendi. Hiçbir hastada inkomplet parsiyasyon tip-I anomalisi ile karşılaşılmadı. Tablo 6'de Sennaroğlu sınıflamasına göre koklear patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı görülmektedir.

Tablo 6. Sennaroğlu sınıflamasına göre koklear patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

PATOLOJİ TİPİ	Olgu sayısı	%*	%
KOKLEAR APLAZİ	9	18,75	5
KOKLEAR HİPOPLAZİ	6	12,5	3,33
MONDİNİ MALFORMASYONU	5	10,4	2,77
ORTAK KAVİTE DEFORMİTESİ	4	8,3	2,22
MİCHEL DEFORMİTESİ	3	6,25	1,66
İNKOMPLET PARSİYASYON TİP-I	0	-	-
NORMAL KOKLEAYA EŞLİK EDEN DİĞER YAPI ANOMALİLERİ	21	43,75	11,6

* : patolojik 48 iç kulak içindeki oran %: 180 iç kulak içindeki oran

Saptanan vestibül anomalisi dağılımına bakıldığında 169 iç kulakta hiç anomali saptanmazken, Michel deformitesine sahip 3 iç kulak yapısında vestibüler agenezi saptandı. Koklear hipoplazili 1, koklear aplazili 1, Mondini deformiteli 5 ve ortak kavite deformiteli 4 iç kulakta dilate vestibül tespit edildi (Tablo 7). Onbir hastada semisirküler kanallar agenetik iken 20 hastada disgenezi saptandı (Tablo 8).

Tablo 7. Vestibüler patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

VESTİBÜLER PATOLOJİ TİPİ	Olgu sayısı	%
NORMAL	166	92,2
DİLATE	11	6,1
AGENETİK	3	1,6

Tablo 8. Semisirküler kanal patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

SSC PATOLOJİ TİPİ	Olgu sayısı	%
NORMAL	149	82,7
DİSGENETİK	20	11,1
AGENETİK	11	6,1

İAK yapıları değerlendirildiğinde 11 iç kulakta dilatasyon, 6 iç kulakta hipoplazi, 1 iç kulakta aplazi saptanırken, 162 iç kulak yapısı normal olarak değerlendirildi (Tablo 9). Michel deformitesine sahip 1 iç kulakta internal akustik kanal aplazik iken 1'i hafif düzeyde olmak üzere 6 iç kulakta internal akustik kanal hipoplazikti. İnternal akustik kanal hipoplazisi saptanan 6 iç kulaktan 2'sinde koklear aplazi, 2'sinde koklear hipoplazi, 1'inde ortak kavite deformitesi saptandı. Kulaklardan 1'inde ise iç kulak yapıları tamamen normalken internal

akustik kanalın hipoplazik olduğu görüldü. 11 iç kulak yapısında internal akustik kanal dilatasyonunun eşlik ettiği 3 koklear hipoplazi, 2 Mondini deformitesi, 2 michel deformitesi ve 2 koklear aplazi saptanırken; 2 iç kulak yapısı ise normaldi.

Tablo 9. İAK patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

İAK PATOLOJİ TİPİ	Olgu sayısı	%
NORMAL	162	90
APLAZİK	1	0,5
DİLATE	11	6,1
HİPOPLAZİK	6	3,3

Vestibülerr akuadukt (VAD) yapıları değerlendirildiğinde 9 iç kulakta dilatasyon saptanırken, 171 hasta normal olarak değerlendirildi(Tablo 10). Bu olgulardan 1'inde koklear aplazi, 1'inde koklear hipoplazi, 3'ünde Mondini deformitesi tespit edilirken; 4 iç kulak yapısında patoloji saptanmadı.

Tablo 10. VAD patoloji tiplerinin sayısı ve oransal dağılımı

VAD PATOLOJİ TİPİ	Olgu sayısı	%
NORMAL	171	95
DİLATE	9	5

Çalışmadaki diğer tüm hastalarımızın iç kulak yapılarını oluşturan membranöz labirent oluşumları ve internal akustik kanallar normal olarak değerlendirildi. Tablo 11'de iç kulak yapılarında çeşitli anomaliler saptanan olguların CISS MRG inceleme bulguları özetlenmiştir.

Tablo 11. İç kulak yapılarında patoloji saptanan hastaların CISS MRG inceleme bulguları

SIRA NO	YAŞ	CİNSİYET		ANOMALİ TİPİ (SENNAROĞLU SINIFLAMASI)	KOKLEA	VESTİBUL	SSK	İAK	VAD	CN 7/8 KOK.DAL
OLGU 1	3	E	R	N	N	N	N	HİPOPLAZİK	N	-/- -
OLGU 2	2	K	L	KOKLEAR HİPOPLAZİ	HİPOPLAZİK	N	N	HİPOPLAZİK	N	-/- -
			R	ORTAK KAVİTE DEFORMİTESİ	KİSTİK DİLATE	DİLATE	AGENETİK	HİPOPLAZİK	N	+/+ -
OLGU 3	4	E	L	ORTAK KAVİTE DEFORMİTESİ	KİSTİK DİLATE	DİLATE	AGENETİK	N	N	+/+ -
			R	ORTAK KAVİTE DEFORMİTESİ	KİSTİK DİLATE	DİLATE	AGENETİK	N	N	Tek sınır -
OLGU 4	9	E	L	ORTAK KAVİTE DEFORMİTESİ	KİSTİK DİLATE	DİLATE	AGENETİK	N	N	+/+ Şüpheli +
			R	KOKLEAR HİPOPLAZİ	HİPOPLAZİK	N	DISGENETİK	HAFİF DİLATE	N	+/+ +
			L	KOKLEAR HİPOPLAZİ	HİPOPLAZİK	N	AGENETİK	HAFİF DİLATE	N	+/+ +

OLGU 5	5	E	R	N	N	N	DISGENETİK	N	N	N	+/+ +
	Kİ		L	N	N	N	N	N	N	N	+/+ +
OLGU 6	6	K	R	N	N	N	N	N	N	DİLATE	+/+ +
	Kİ		L	N	N	N	N	N	N	DİLATE	+/+ +
OLGU 7	6	E	R	KOKLEAR APLAZİ	HIPOPLAZİK	N	DISGENETİK	DİLATE	DİLATE	N	+/+ +
	BSİ		L	KOKLEAR APLAZİ	HIPOPLAZİK	N	DISGENETİK	DİLATE	DİLATE	N	+/+ +
OLGU 8	8	K	R	MONDİNİ MALFORMASYONU	HIPOPLAZİK DİLATE	DİLATE	L SSC AGENETİK S-P SSC DISGENETİK	DİLATE	N	DİLATE	+/+ -
	BSİ		L	MONDİNİ MALFORMASYONU	HIPOPLAZİK DİLATE	DİLATE	DISGENETİK	DİLATE	N	N	+/+ -
OLGU 9	3	K	R	MONDİNİ MALFORMASYONU	HIPOPLAZİK DİLATE	DİLATE	N	DİLATE	DİLATE	DİLATE	+/+ -

OLGU 10	BSİ	L	MONDİNİ MALFORMASYONU	HIPOPLAZİK DİLATE	DİLATE	N	DİLATE	DİLATE	DİLATE	+/ +
OLGU 11	BSİ	L	MİCHEL DEFORMİTESİ	HIPOPLAZİK DİLATE	AGENETİK	AGENETİK	AGENETİK	AGENETİK	APLAZİK	-/ -
OLGU 12	Kİ	L	MONDİNİ MALFORMASYONU	HIPOPLAZİK DİLATE	DİLATE	DISGENETİK	DİLATE	DİLATE	N	+/ Şüpheli +
OLGU 13	BSİ	L	MİCHEL DEFORMİTESİ	HIPOPLAZİK	HIPOPLAZİK	AGENETİK	DİLATE	DİLATE	HAFİF DİLATE	+/ +
OLGU 14	BSİ	L	MİCHEL DEFORMİTESİ	HIPOPLAZİK	HIPOPLAZİK	AGENETİK	DİLATE	DİLATE	DİLATE	+/ +

OLGU 15	BSİ	L	KOKLEAR APLAZİ	AGENETİK	N	DISGENETİK	N	N	+/+
OLGU 16	KI	L	KOKLEAR HIPOPLAZİ	HIPOPLAZİK	N	DISGENETİK	N	HIPOPLAZİK	+/+
OLGU 17	KI	L	N	N	N	DISGENETİK	N	DİLATE	+/+
OLGU 18	BSİ	L	KOKLEAR HIPOPLAZİ	HIPOPLAZİK	N	DISGENETİK	N	N	+/+
OLGU 19	BSİ	L	KOKLEAR APLAZİ	AGENETİK	N	DISGENETİK	N	HAFİF HIPOPLAZİK	+/+

OLGU 24	9	K	R	N	N	N	N	L SSC HIPOPLAZİK	N	N	N	+/+ +
	Kİ		L	N	N	N	N	L SSC HIPOPLAZİK	N	N	N	+/+ +

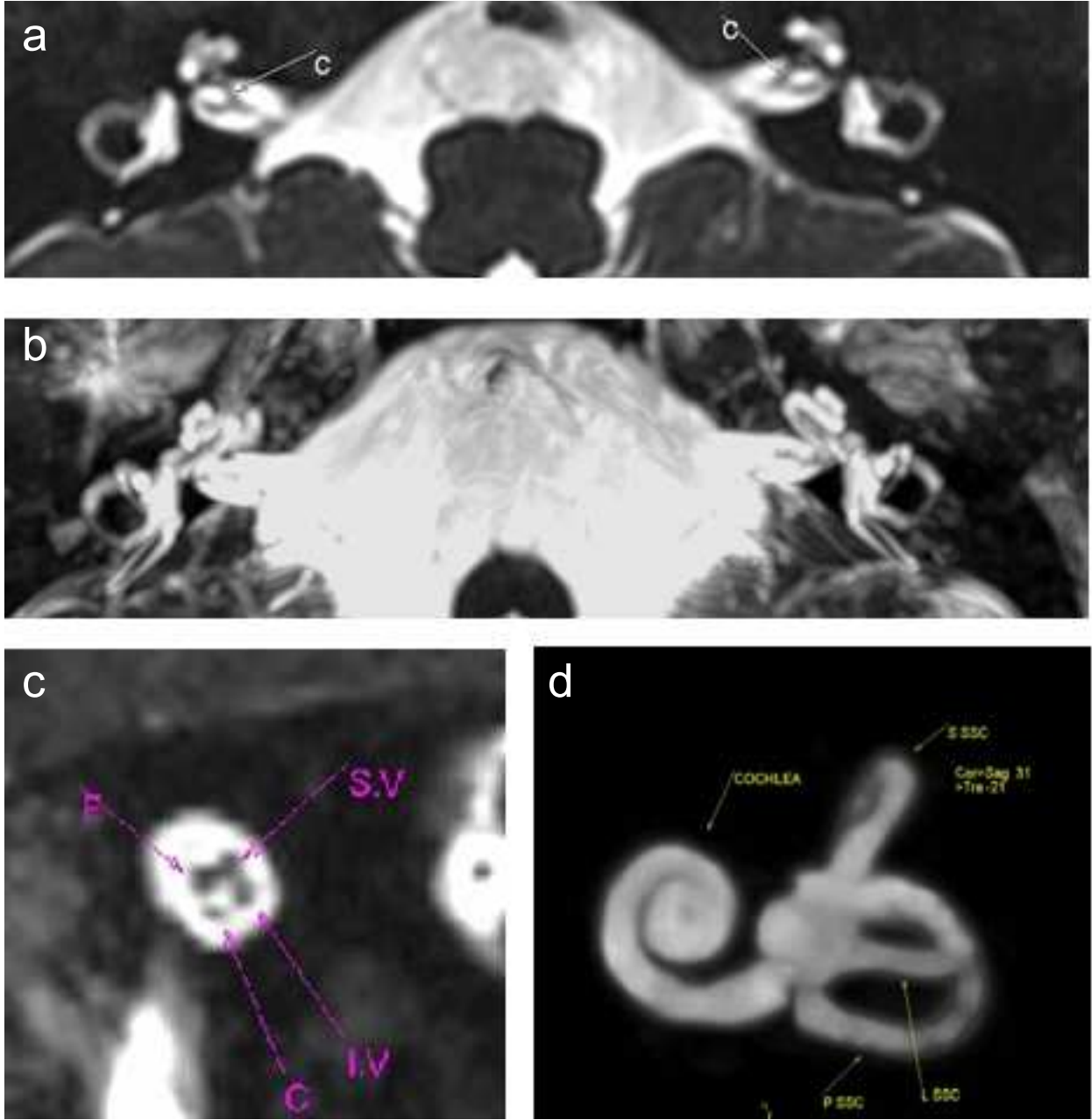
+: var, -: yok

Çalışma dahilinde CISS MRG tetkiki ile değerlendirilen 90 hastadan tek ya da iki taraflı normal iç kulak yapısına sahip olan ya da koklear implantasyona kontrendikasyon oluşturmayan membranöz labirent anomalilerine sahip 81 hastaya koklear implantasyon yapılabileceği belirtildi.

Hastalardan 9'unda koklear implantasyona kontrendikasyon oluşturacak iç kulak anomalileri saptandığından, uygun tedavinin beyin sapı implantasyonu olabileceği belirtildi. Bu hastalardan 4'ünde koklear aplazi mevcutken, unilateral koklear hipoplazisi olup diğer taraf iç kulak yapısı normal olan 1 hastada bilateral 7. ve 8. kranial sinir ve dallarının yokluğu saptandı. Bilateral ortak kavite deformitesi saptanan 1 hastada iki tarafta da izole koklear dal agenezisi mevcuttu. Bilateral Mondini deformitesi saptanan 2 hastada izole koklear dal agenezisi saptanmış olup 1 hastada ise bilateral Michel deformitesi belirlendi.

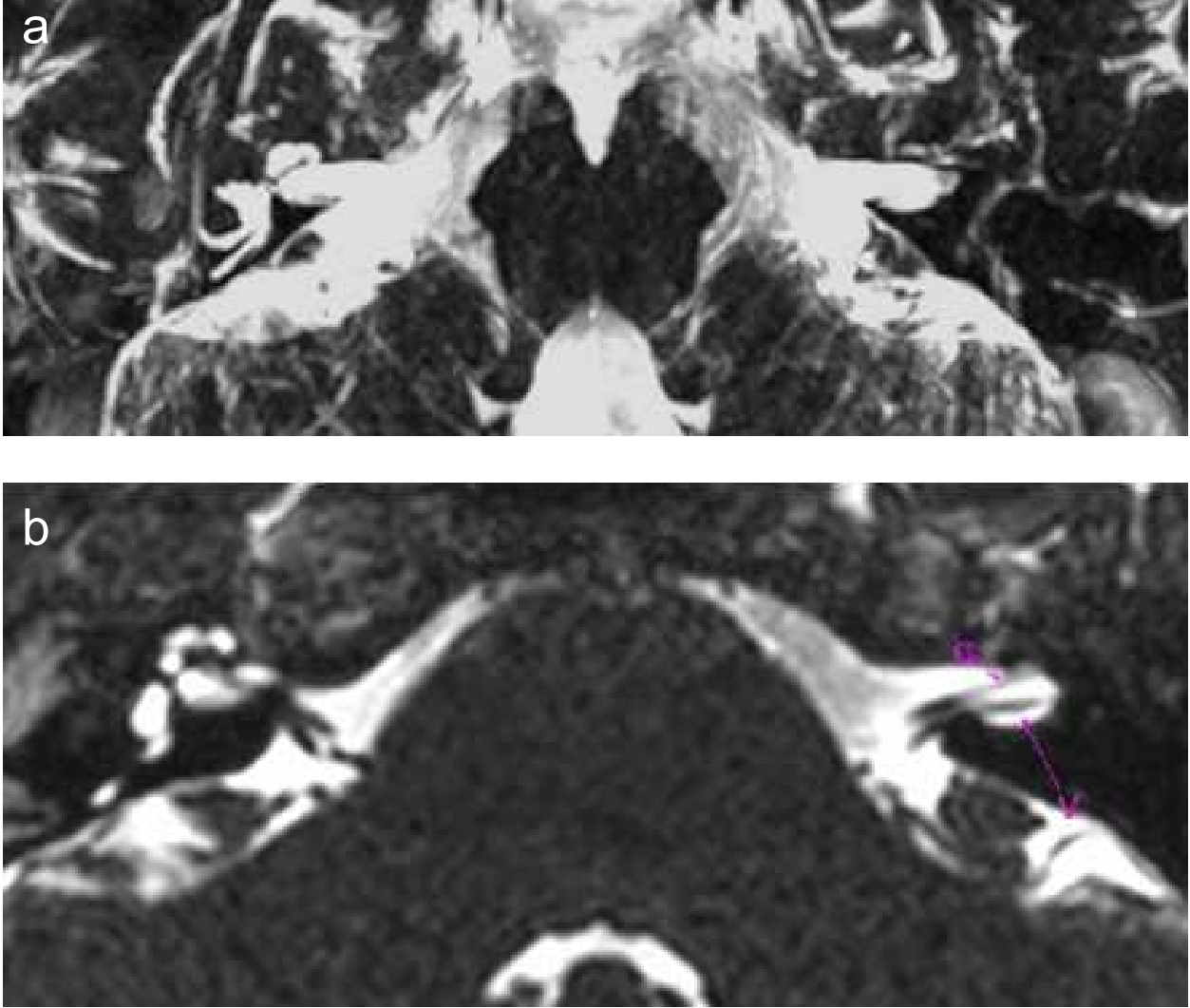
OLGU ÖRNEKLERİ

OLGU 1



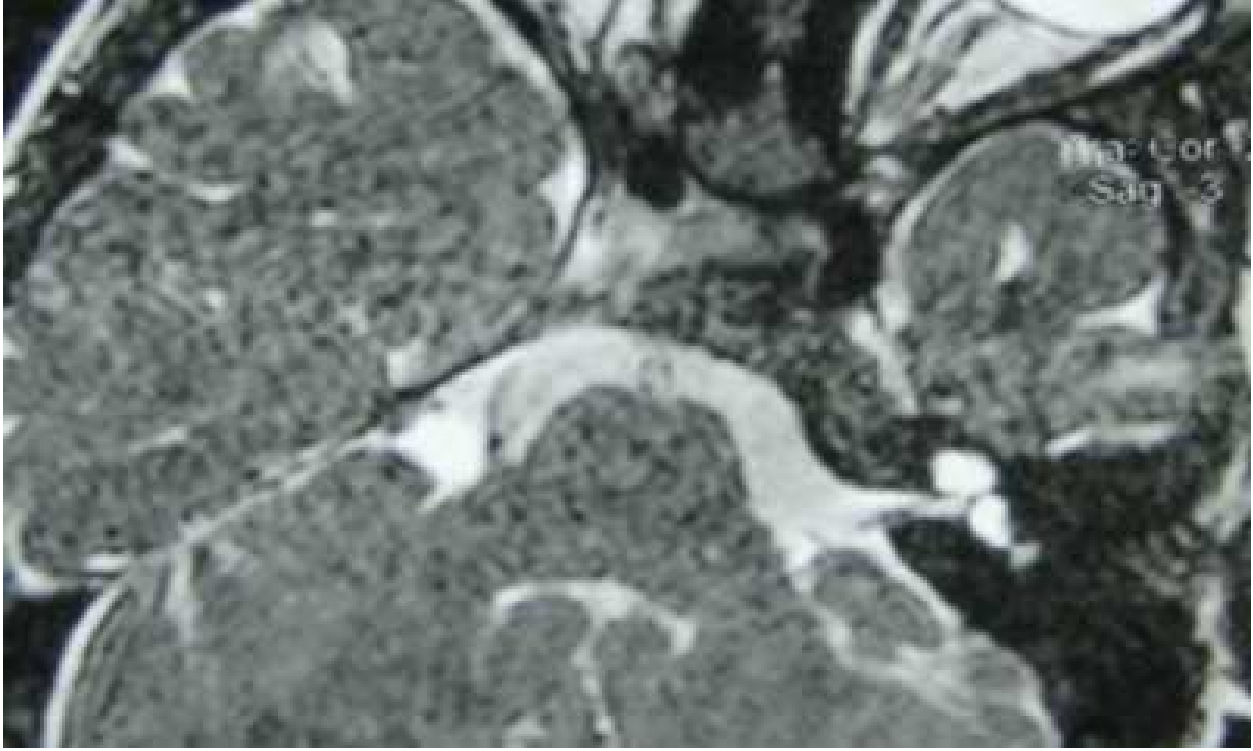
Şekil 22. SNİK nedeniyle başvuran 9 yaşında kız hastanın aksiyel (a) ve sagittal (c) planda CISS sekansında elde olunan görüntülerinde İAK içerisinde VII. ve VIII. kranial sinirler ve dalları gösterilmiştir. Aksiyel planda kalın MIP (b) ve VRT tekniği (d) ile elde olunan görüntülerde ise normal sınırlarda membranöz labirent oluşumları 3B reformat görüntülerle ayrıntılı değerlendirilmiştir.

OLGU 2



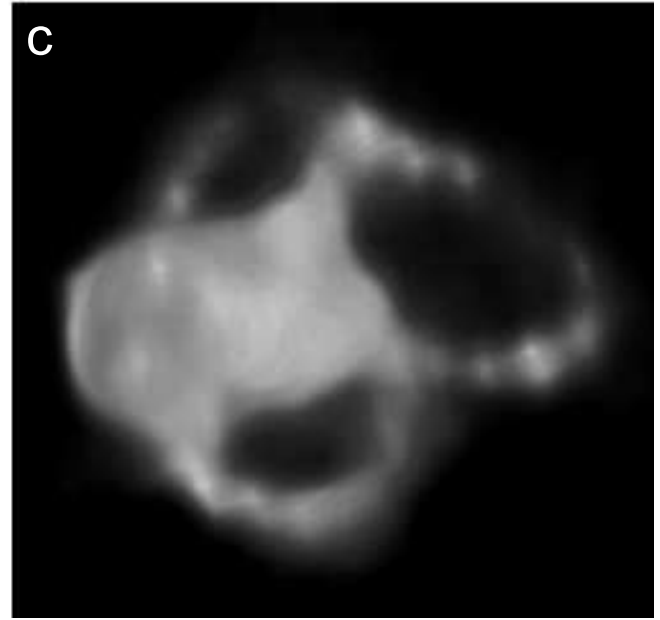
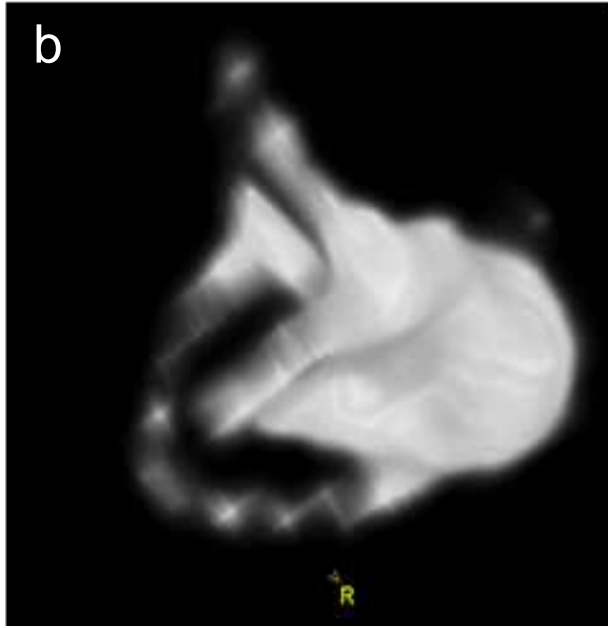
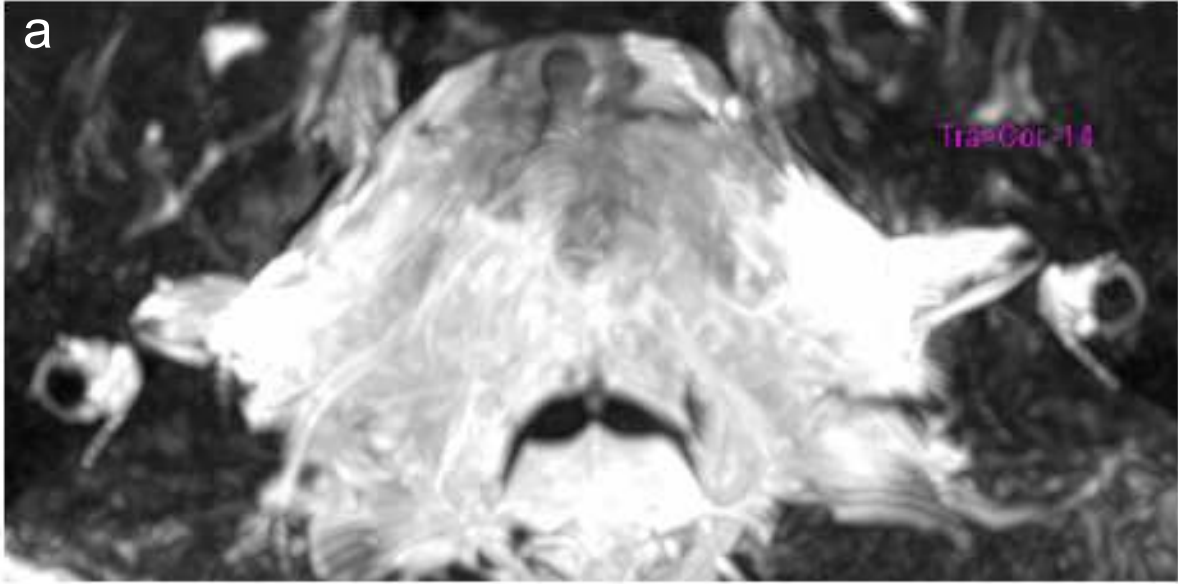
Şekil 23. SNİK olan 4 yaşında erkek hastanın CISS sekansında aksiyel planda elde olunan görüntülerinden MIP yöntemi ile oluşturulmuş 3B görüntüde (a) sağda normal koklea, vestibül ve semisirküler kanallar görülmektedir. Solda ise hafif dilate İAK mevcut olup distalindeki iç kulak yapıları izlenmedi. Bulgular Michel deformitesi ile uyumludur. Aksiyel planda (b) her iki İAK içerisindeki VII. ve VIII. kranial sinirler, koklear ve vestibüler dalları görülmektedir.

OLGU 3



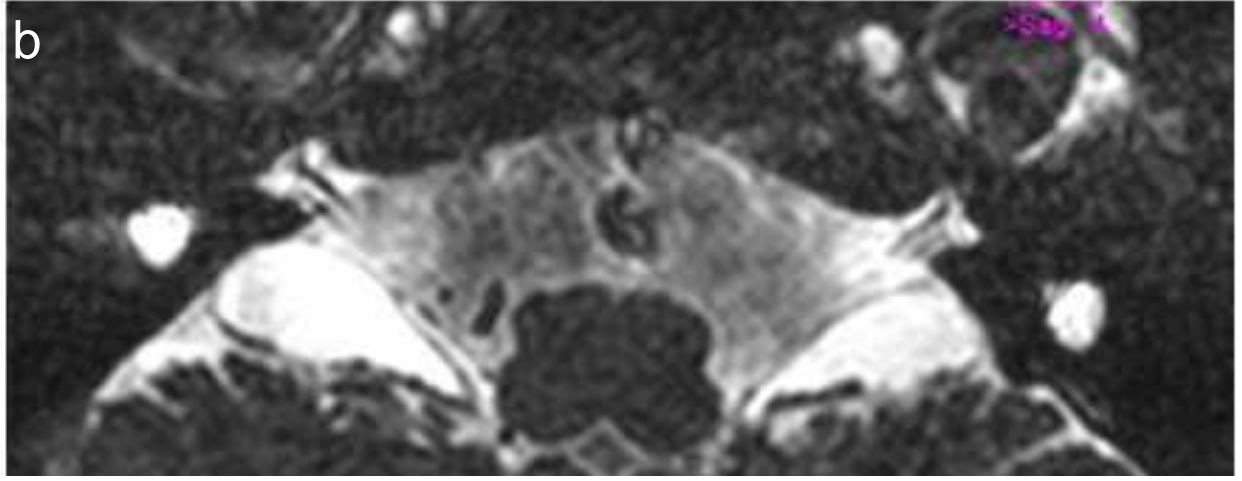
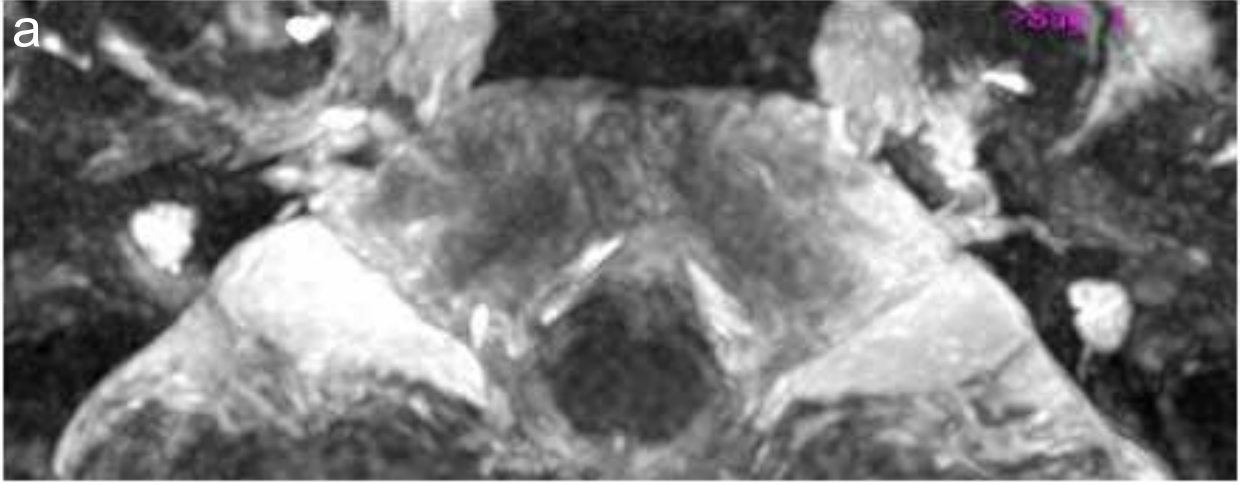
Şekil 24. SNİK ile başvuran 4 yaşında kız hastanın aksiyel CISS MRG kesitlerinde sağda İAK ve iç kulak yapıları ve VII. ve VIII. kranial sinirler görüntülenememektedir. Bulgular Michel deformitesi ile uyumludur.

OLGU 4



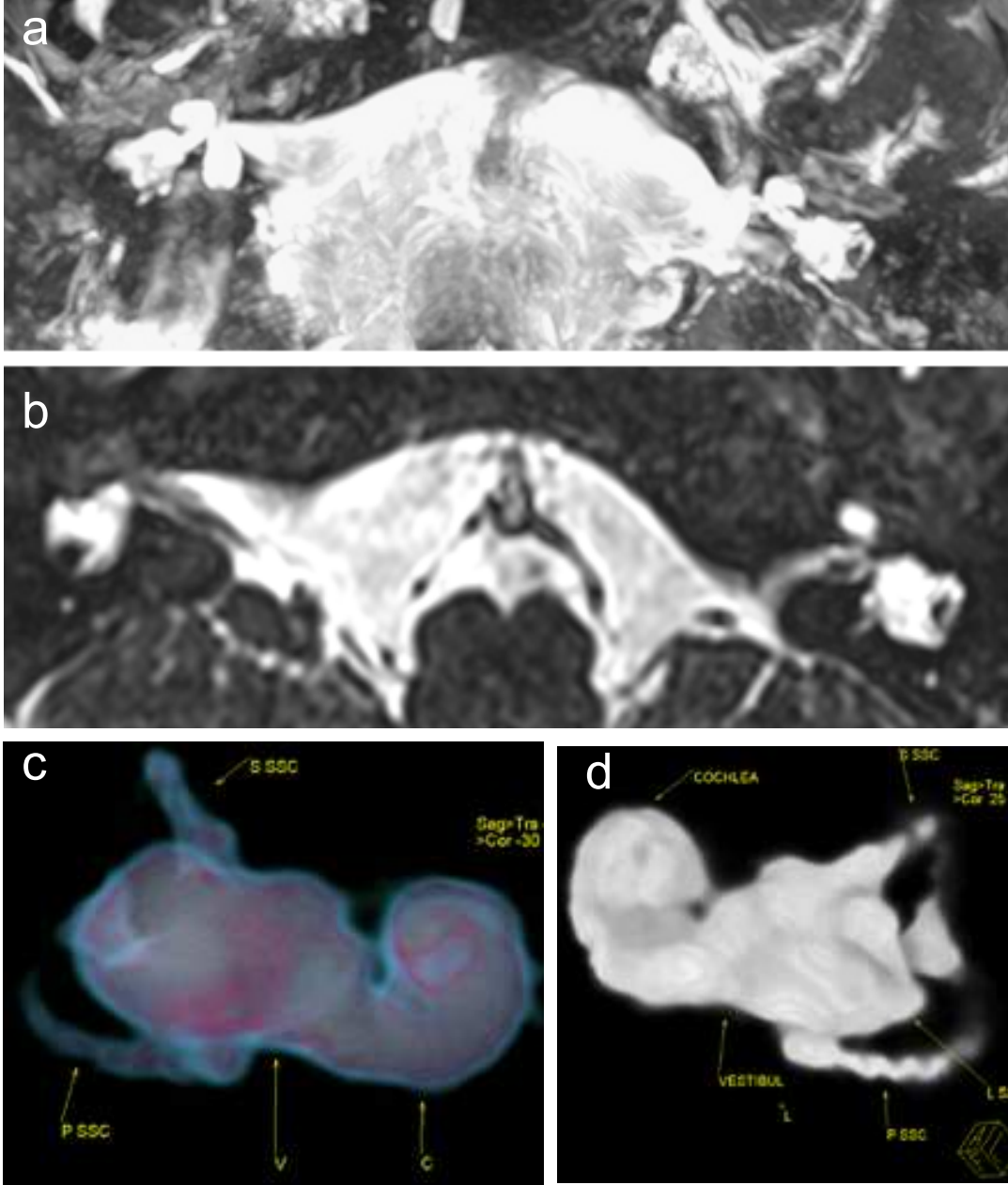
Şekil 25. SNİK'lı 6 yaşında erkek hastanın aksiyel CISS görüntülerinden MIP yöntemiyle (a) elde olunan 3B görüntülerinde bilateral İAK, vestibül ve semisirküler kanalları görülmekte olup bilateral koklealar gösterilememiştir. Her iki İAK dilatedir. VRT tekniği (b) ile oluşturulan 3B görüntülerde vestibül ve semisirküler kanallar izlenmektedir. Bulgular bilateral koklear aplazi ile uyumludur.

OLGU 5



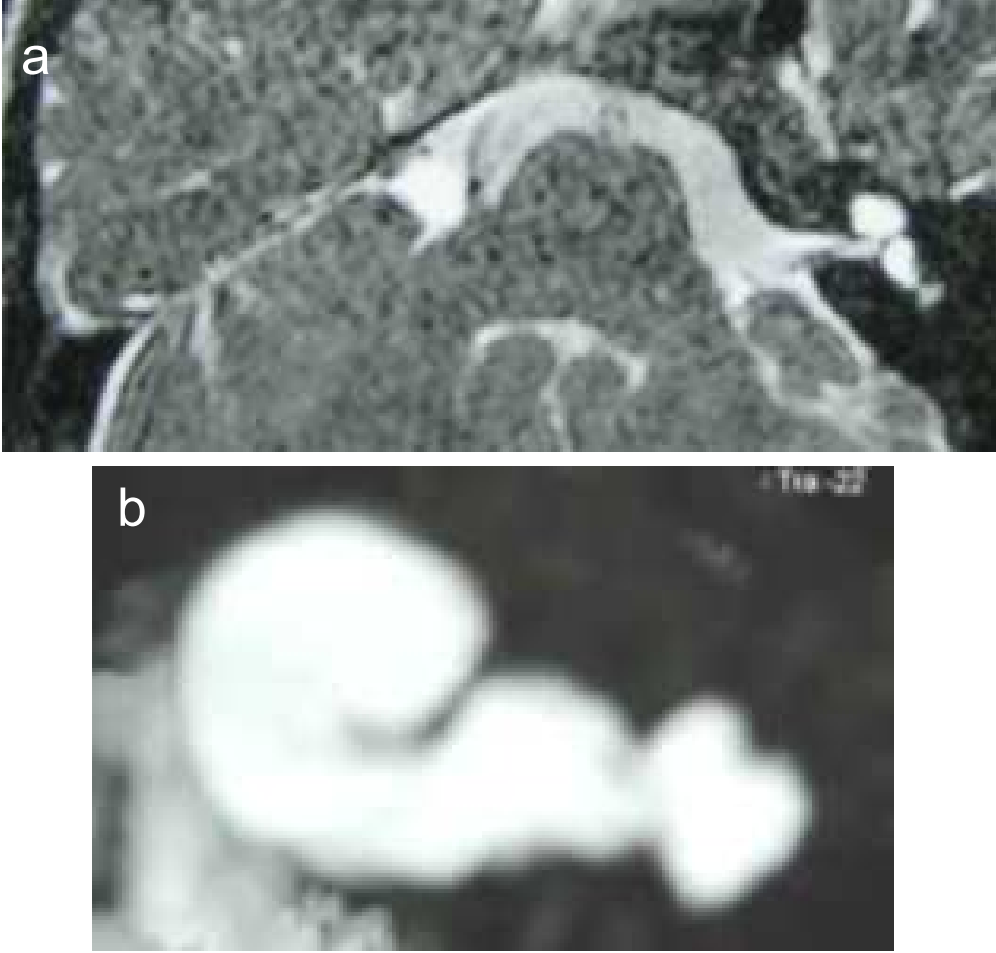
Şekil 26. SNİK şikayetiyle başvuran 2 yaşında kız hastanın aksiyel CISS MRG serilerinden MIP yöntemi (a) kullanılarak oluşturulmuş görüntülerinde her iki tarafta İAK ile ilişkisiz hiperintens sinyalle karakterize sıvı dolu küçük kistik yapılar dikkati çekmektedir. Her iki tarafta ince kalibrasyonlu İAK'lar ve kanal içerisinde VII. ve VIII. kranial sinirler gösterilmiştir. (b) Bulgular bilateral ortak kavite deformitesiyle uyumludur.

OLGU 6



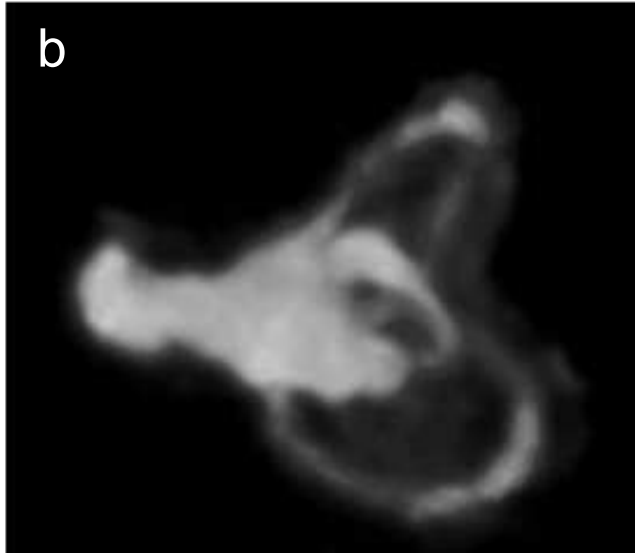
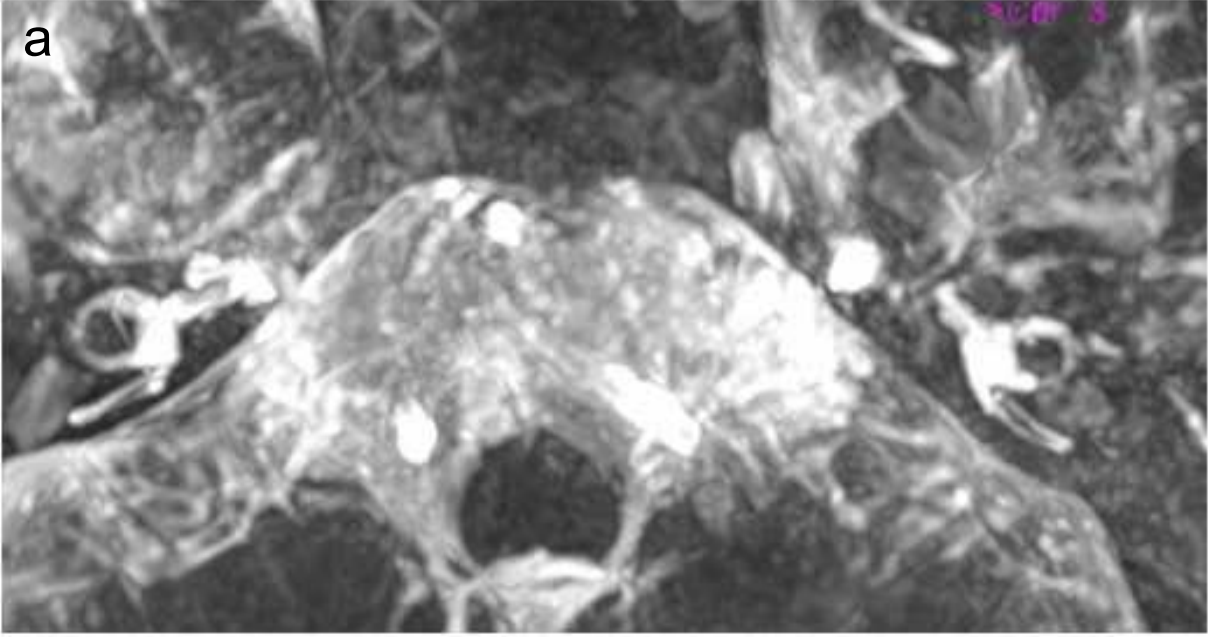
Şekil 27. Bilateral SNİK olan 7 yaşında kız hastanın aksiyel planda CISS MRG serisinden sırasıyla MIP (a-b) ve VRT yöntemiyle (c-d) elde olunan 3B görüntülerinde kokleaların 2,5 turluk döngülerini tamamlamadıkları ve normalden daha geniş oldukları görülmektedir. Her iki vestibül kistik dilate olup semisirküler kanallar dismorfiktir. Sağda dilate endolenfatik kese mevcuttur. Bulgular bilateral Mondini deformitesi ile uyumludur.

OLGU 7



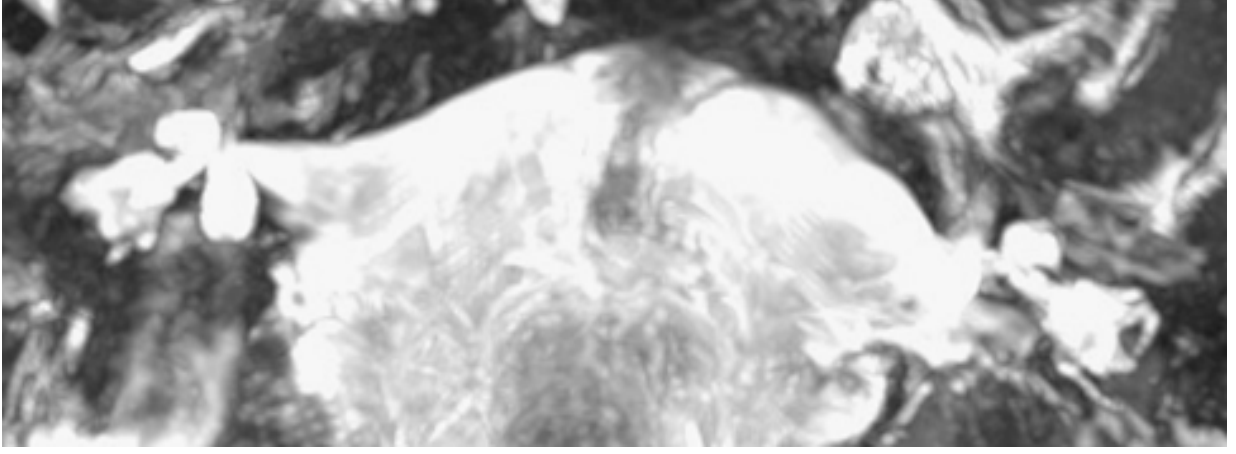
Şekil 28. SNİK ile başvuran 4 yaşında kız hastanın aksiyel CISS MRG kesitlerinde (a) ve VRT tekniği (b) kullanılarak elde olunan 3B görüntülerde solda belirgin ince kalibrasyonlu İAK, kanal distalinde kistik dilatasyon gösteren koklea ve vestibül ve dismorfik semisirküler kanallar görülmektedir. Bulgular Mondini malformasyonu ile uyumludur. Sağ iç kulakta ise Michel deformitesi ile uyumlu iç kulak yapıları ve İAK izlenmemektedir.

OLGU 8



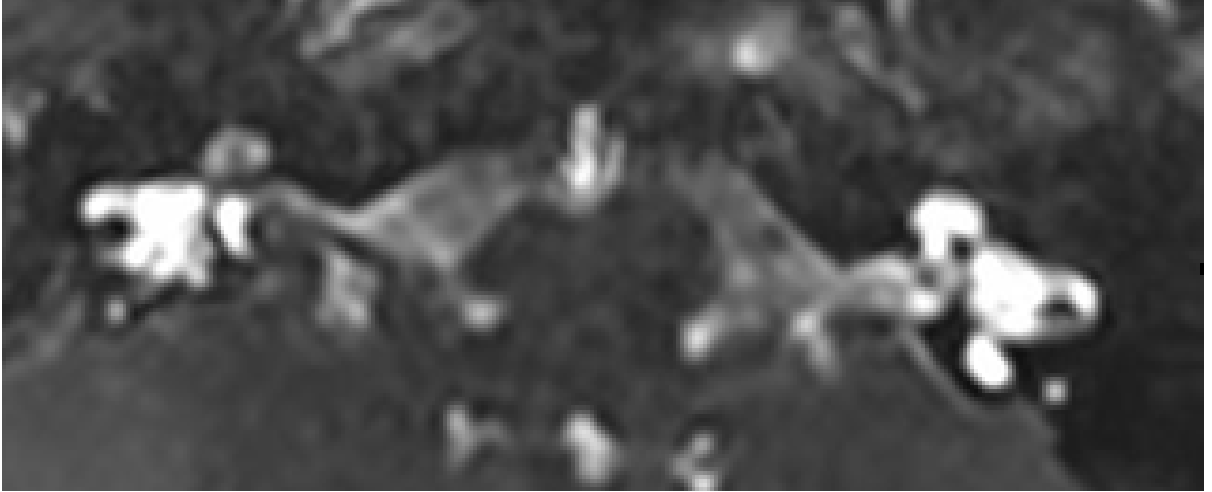
Şekil 29. 9 yaşında bilateral SNİK olan erkek hastanın aksiyel CISS MRG serilerinden MIP(a) ve VRT (b) tekniği kullanılarak elde olunan görüntülerde sağda normal sınırlarda iç kulak oluşumları görülmektedir. Solda ise koklea bazal halkasının bir kısmı mevcut olup bazal halkanın geri kalan kesimi, orta ve apikal halkalar izlenmemektedir. Bulgular sol iç kulakta koklear hipoplazi ile uyumludur.

OLGU 9



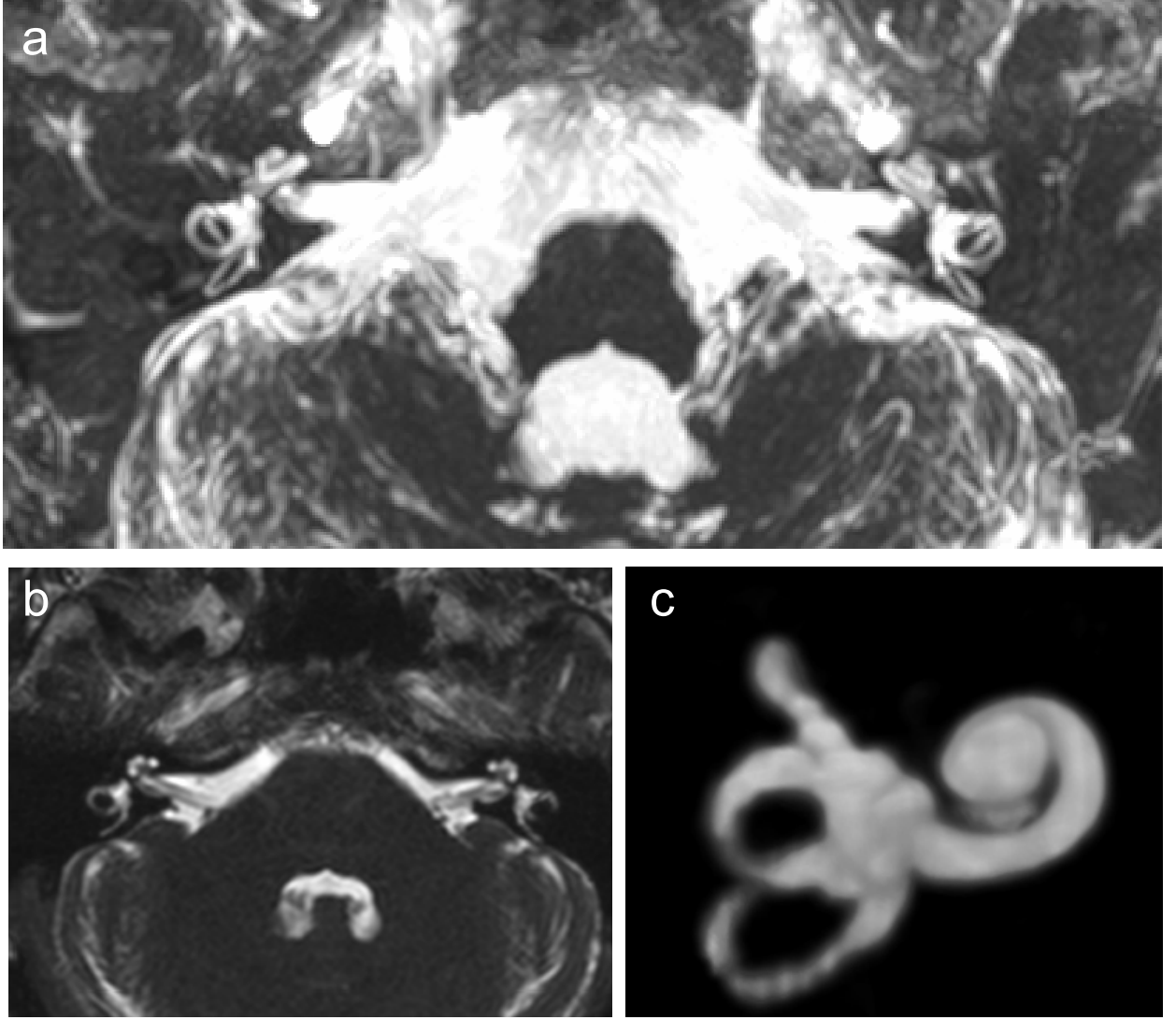
Şekil 30. Bilateral SNİK olan 7 yaşında kız hastanın aksiyel planda CISS MRG serisinden MIP yöntemiyle elde olunan 3B görüntülerinde koklea posteroinferiorunda hiperintens sinyalle karakterize kistik, dilate endolenfatik kese deformitesi mevcuttur.

OLGU 10

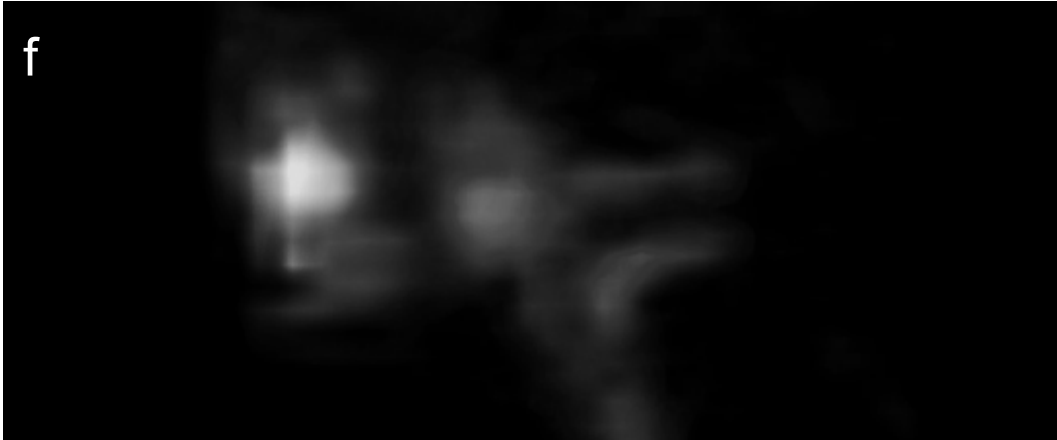
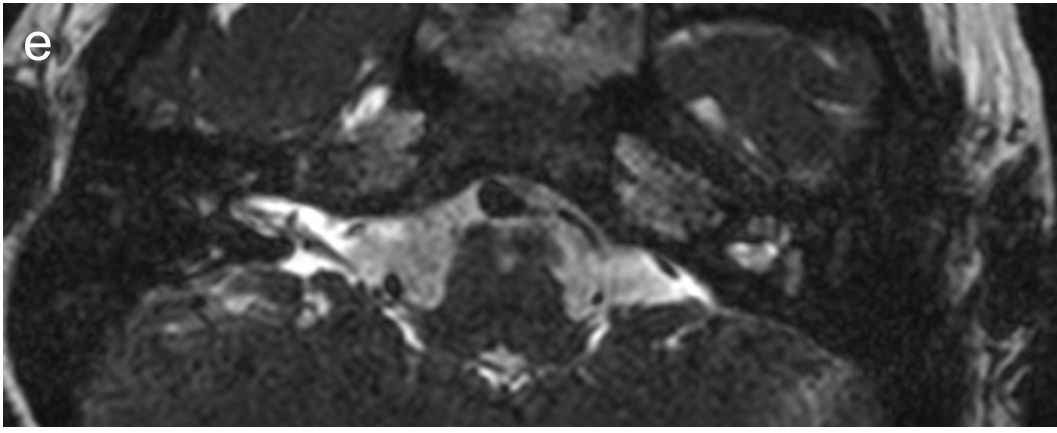
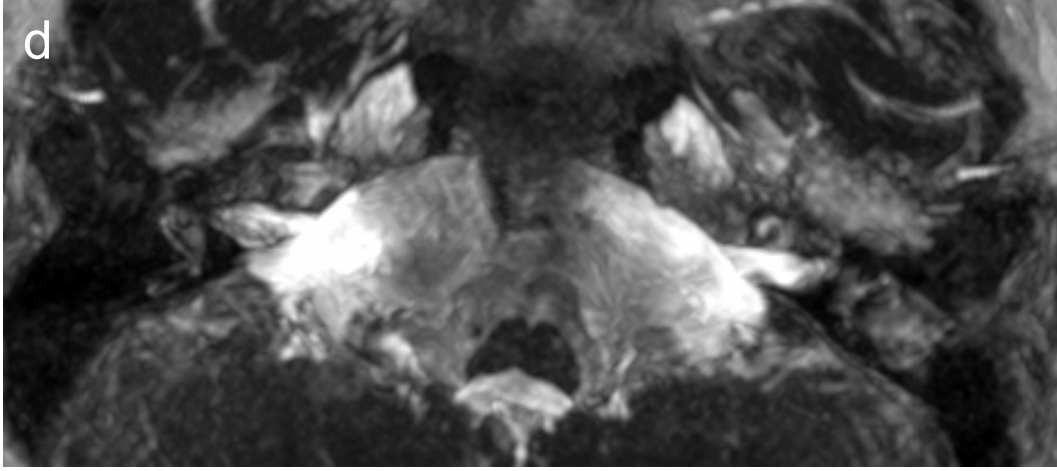


Şekil 31. SNİK'lı 6 yaşında başka bir kız hastanın aksiyel CISS MRG serilerinde solda daha belirgin olmak üzere bilateral dilate endolenfatik keseler görülmektedir.

OLGU 11



Şekil 32. Menenjit öncesi elde olunan aksiyel CISS MRG serisi (b) ve bundan MIP (a) ve VRT tekniği (c) ile oluşturulan 3B görüntülerde normal sınırlarda iç kulak yapıları görülmektedir.



Menenjit sonrası elde olunan CISS MRG (d-e) serilerinde ise membranöz labirent yapılarında fibrozise sekonder ileri dereceli sinyal kaybı görülmekte olup VRT tekniğiyle (f) elde olunan 3B reformat görüntülerde fibrozis nedeniyle membranöz labirent yapıları oluşturulamamıştır.

5.TARTIŞMA

Çocuklarda görülen sensorinöral işitme kaybı büyük oranda konjenital olmakla birlikte postnatal dönemde kazanılmış ya da geç başlangıçlı olarak da seyredebilir. Amerika'da yeni doğanlarda belirgin işitme kaybı oranı sağlıklı bebeklerde %0,1–0,3, yoğun bakım ünitesinde izlenmiş olanlarda ise %2-4'tür (62). Ülkemizde ulusal düzeyde kapsamlı bir araştırma bulunmamakla birlikte, 2004 yılında Ankara Zübeyde Hanım Doğumevi'nde yapılan işitme taramasında, yenidoğanlarda işitme kaybı oranı %0,14 olarak bulunmuştur (8).

Bireyin normal işitmeye sahip olması, konuşma ve lisan gelişiminin yanı sıra sosyal, duygusal ve zihinsel gelişimi açısından da son derece önemlidir. Bu nedenle sıkça karşılaşılan işitme kaybının erken dönemde fark edilememesi, insanı yaşam boyu etkileyen engellilik durumuna yol açar (26,70). Koklear implantasyona uygunluğu etkileyen en önemli faktör, santral sinir sisteminin “özel bir görevi” öğrenmeye programlanabilme yeteneği olan “nöral plastisite” dir. Erken yaşta tanı konabilen işitme kayıplarında çocuğun işitme cihazı ya da koklear implant gibi iletişim alternatifleri bulunmaktayken, “nöral plastisite”nin kaybolmasına yol açan gecikme durumunda fazla alternatif kalmamaktadır. Hayatın erken dönemlerinde işitsel uyarımın sağlanması ile bu değişiklikler düzelebildiğinden işitme kayıplarının erken tanısı çocuk yaş grubunda büyük önem taşır.

Koklear implant iç kulağa yerleştirilen ve elektrotlarla işitme sinirinin elektriksel olarak uyarılmasına bağlı olarak çalışan bir organ protezidir. Koklear implantın amacı, ileri veya çok ileri derecede işitme kaybı olan ve akustik işitme cihazlarından hiç kazanç sağlayamayan çocuklarda işitmeyi sağlamaktır. Böylece algılarında ve gelişim

süreçlerinde yeterlilik sağlanan işitme kayıplı çocukların toplumda yer bulabilen erişkin bireyler olmaları sağlanabilmektedir.

Son yıllarda sensorinöral işitme kaybı olan çocuk hastalarda koklear implantasyon ya da beyin sapı implantı gibi yeni tedavi yöntemlerinin geliştirilmeye başlanmasıyla, işitme kaybına neden olabilecek etyolojinin erken belirlenmesinde radyolojik görüntüleme yöntemleri çok önemli bir rol üstlenmiştir. Radyoloji, koklear implant adaylarının preoperatif değerlendirilmesinde, kontraendikasyonların saptanmasında, cerrahi prosedürün yönlendirilmesinde ve hastaların postoperatif takibinde geniş kullanım alanı bulmuştur (67).

İç kulak, kemik labirent ve membranöz labirent olarak isimlendirilen iç içe konumlanmış iki ayrı yapıdan oluşan kompleks bir organdır. Sensorinöral işitme kayıplı olguların yaklaşık %20'sinde nadir görülen iç kulak kemik labirent anomalileriyle karşılaşılır (22). Ancak hastaların %80'inde iç kulak kemik labirent yapısı normalken, membranöz labirentte ya da hücresel düzeydeki patolojilere sekonder işitme kaybı mevcuttur. Hücresel düzeydeki patolojiye sekonder işitme kayıplı olgularda radyolojik tetkiklerde bulgu saptanamaz. Sensorinöral tip işitme kaybı saptanan koklear implant yapılacak çocuk hastaların preoperatif değerlendirilmesinde bazı araştırmacı yazarlar BT'yi, bazıları MR'ı tercih ederken bazıları ise her ikisini birden tercih ederler (5,10,14,21,30). Zhu j ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada koklear implant uygulanacak hastaların preoperatif değerlendirilmesinde 3B-BT ve 3B-MRG rekonstrüksiyon teknikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada 3B-MRG rekonstrüksiyon tekniklerinin iç kulak yapılarını 3B-BT tekniklerinden daha iyi gösterdiği sonucuna varılmıştır (72). Miyashita ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada yine membranöz labirenti göstermekte üç boyutlu MRG'nin yüksek rezolüsyonlu temporal BT'den üstün

olduğu kanısına varılmıştır. Aynı alışmada MIP imajlardan elde olunan 3B reformat görüntülerde koklear aks ve dönüşlerin ayrıntılı olarak görüntülenebildiği de gösterilmiştir (34).

MRG yumuşak doku rezolüsyonu daha yüksek bir teknik olmasına rağmen birçok hastada ilk olarak BT uygulanır. Bunun nedeni iç kulak yapısını oluşturan kemik labirent anatomisi ve morfolojisinin BT ile detaylı olarak değerlendirilebilmesi yanında BT'nin daha ucuz, hızlı ve MRG'ye göre ocuk yaş grubunda daha kolay ulaşılabilir bir görüntüleme yöntemi olmasından kaynaklanmaktadır. MRG ekimi sırasında çocuğun hareketsiz durmasını sağlamak çok zor ve hatta bazen imkansız olduğundan, hareket artefaktları nedeniyle tekrarlayan çekimler yapılması kaçınılmazdır. Bu durum hem zaman hem iş gücü kaybına yol açarken aynı zamanda BT'ye göre maliyeti yüksek olan MRG tetkikinin maliyetini daha da arttırmaktadır. Bunun yanında hareket artefaktlarından kurtulabilmek için bir kısım ocuk hastada sedatif ajanlarında kullanılması gerekmektedir.

MRG yüksek yumuşak doku rezolüsyonu ile sıvıyla dolu membranöz labirenti oluşturan yapılarda mkemmekel anatomik detay vermektedir. Aksiyal, sagittal, koronal planlarda görüntüler oluşturabilmesinden ve 3B görüntüler elde edilebilmesinden dolayı sensorinöral işitme kayıplı çocukların tanı ve takibinde etkin bir tetkik yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bizim alışmamızda koklear anomali saptanan hastaların tümünde MIP ve VRT teknikleri kullanılarak üç boyutlu görüntüler elde olunmuştur. Tüm hastalarda 0,6 mm kesit kalınlığı kullanılmış olup 1 yaş altındaki 3 ocuk hastada daha net sinir takibi yapılabilmesi için 0,4mm'lik kesit kalınlığı kullanılmıştır. Bu kalınlıklarla yeterli netlikte 3B reformat görüntüler elde edilebilmiş olup daha ince kesit kalınlıklarına ihtiyaç duyulmamıştır. Elde olunan bu imajlar aracılığıyla kompleks bir yapı olan

membranöz labirent yapılarına üç boyutta sanal bir gerçeklik kazandırılmıştır. Bu sayede hem anomalilerin tanımlanıp sınıflandırılmasında büyük kolaylık yaşanmış hem de cerrah operasyon sırasında karşılaşacağı iç kulak yapılarını üç boyutlu olarak operasyon öncesi süreçte görüp uygun operasyon planlamasını yapabirmiştir. Bu da mikrocerrahi yapan Kulak Burun Boğaz uzmanlarına büyük kolaylık sağlamıştır.

Vestibülokoklear sinir yokluğu koklear implantasyon için önemli bir kontrendikasyondur. Mevcut görüntüleme yöntemlerinden sadece MRG ile vestibülokoklear sinirin internal akustik kanal içindeki varlığı kanıtlanabilir (19). İnternal akustik kanal çapının 2 mm'den daha dar olması İAK hipoplazisi olarak tanımlanmakta olup bu hastaların çoğunda eşlik eden 8. kranial sinir ya da koklear dal agenezisi mevcuttur. Bamiou ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada koklear sinir yokluğuna eşlik eden dar internal akustik kanal çapı araştırılmıştır. Bir hastada internal akustik kanal çapı normalden koklear sinir hipoplazisi saptanmıştır. Çalışma dahilinde koklear sinir hipoplazisi saptanan diğer tüm hastalarda ise hipoplaziye internal akustik kanal darlığının eşlik ettiği görülmüştür (4). Benzer şekilde Gray ve arkadaşları, Maxwell ve arkadaşları ve Shelton ve arkadaşları literatürde izole koklear sinir agenezisine eşlik eden dar internal akustik kanala sahip olguları bildirmişlerdir (9,33,55). Morris ve arkadaşlarının yaptığı bir yayında ise BT'de normal internal akustik kanal çapına sahip bir hastada MRG tetkiki ile saptanan genetik koklear sinir olgusu sunulmuştur (35). Sennaroğlu ve arkadaşlarının MRG ile yaptığı 26 iç kulak yapısının araştırıldığı diğer bir çalışmada 1 iç kulakta dilate İAK'da koklear sinir agenezisi saptanmış, koklear sinir agenezisi saptanan diğer 6 iç kulakta ise İAK darlık ya da yokluğunun ageneziye eşlik ettiği görülmüştür (50). Bizim çalışmamızda internal akustik kanalı hipoplastik olup koklear sinirleri gösterilemeyen 2 hasta beyin sapı implantasyonuna yönlendirilmiştir.

Michel deformitesine sahip 1 hastada ise internal akustik kanal aplaziktir. İnternal akustik kanalı tek tarafta hafif hipoplazik olan 1 hastada bilateral koklear sinirler gösterilmiş ancak hastada bilateral koklear aplazi mevcut olduğundan beyin sapı implantasyon cerrahisine yönlendirilmiştir. BSI'na yönlendirilen bilateral koklear aplazili diğer bir çocuk hastada ise İAK bir tarafta normal kalibrasyonda iken diğer tarafta hipoplaziktir. Bilateral 7. ve 8. kraniyal sinirler kanal içinde görülmesine rağmen her iki tarafta da izole koklear dal agenezisi saptanmıştır. Tüm bu bilgiler bizi diğer radyolojik yöntemlerle saptanamayan izole koklear sinir agenezisinin atlanmaması açısından implant planlanan hastalarının preoperatif dönemde MRG ile değerlendirilmesi gerektiği fikrine götürmektedir.

Casselman ve arkadaşları vestibülokoklear sinir aplazi veya hipoplazisinin gösterilmesinde 3B FT-CISS gradient eko sekansını kullanmışlardır (9). Sennaroğlu ve arkadaşları ise çalışmalarında vestibülokoklear siniri göstermek için T2 ağırlıklı TSE-MRG serilerini kullandıklarını ve akustik kanala paralel olarak alınan kesitte fasiyal, koklear ve vestibüler sinirlerin ayrı ayrı görülebilmesinin bu tekniğin CISS tekniğine olan üstünlüğü olarak belirtmişlerdir (48,50). Biz tüm hastalarımızın internal akustik kanaldaki koklear sinir varlığını araştırmak için 0,6 mm kesit kalınlığı ile elde olunmuş CISS MRG serilerini kullandık. Sinirlerin optimal değerlendirilemediği 3 hastada ise 0,4 mm kesit kalınlığı ile yeniden CISS MRG serileri elde ettik. CISS MRG serilerinde internal akustik kanal boyunca aksiyel, sagittal ve koronal planda sinir trasesi takip edilebildi. Bir yaş altı 3 çocukta 0,4mm kesit kalınlığı ile daha net görüntüler elde olundu. Tüm bu veriler ışığında VII. VIII. sinir ve koklear dal varlığının değerlendirilmesinde 0,6 mm ve altında

kesit kalınlığı kullanılarak hasta yaşına uygun çok ince kesitlerle elde olunan CISS MRG tekniğinin yeterli olduğunu bulduk.

Sensorinöral işitme kaybı etyolojisinde %30 oranında edinsel nedenler yer almaktadır. Bu edinsel nedenler içinde en sıklıkla geçirilmiş bakteriyal ya da viral kaynaklı menenjitlerle karşılaşılır. Menenjit sonrası kokleada önce fibröz obliterasyon ve daha sonraki aşamada ise kemik obliterasyon gelişir. Kokleada gelişen kısmi obliterasyonda implant elektrodunun yerleştirilmesinde güçlüklerle karşılaşılırken tam obliterasyon geliştiğinde ise operasyon şeklinin değiştirilmesi gerekir. Tüm bu faktörler ışığında kokleadaki obliterasyonun operasyon öncesi dönemde bilinmesinin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır (15).

Kokleadaki kemik obliterasyonun saptanmasında kemik labirent hakkında bilgi veren BT tetkiki yeterli olmaktadır. Ancak kemikleşme süreci öncesinde gelişen fibröz obliterasyonun saptanmasında BT tetkiki yetersiz kalmaktadır (50). Bu olgularda T2 ağırlıklı sekanslarda elde olunan MRG kesitleri ile fikir sahibi olunabilir (67). Normal koklea ve membranöz labirent diğer yapıları T2 ağırlıklı MRG serilerinde hiperintens sinyalle karakterize iken kemik obliterasyonda sinyal alınamaz. Ancak fibröz doku obliterasyonu geliştiğinde, bu durum koklear sinyalde azalma şeklinde MRG'ye yansır (15,50). Çalışmamız dahilinde 1 hastada fibröz obliterasyon saptanmıştır. Bu hastanın menenjit erken döneminde çekilen ilk MRG'sinde iç kulak yapıları tamamen normal iken menenjitten yaklaşık 1 ay sonra elde olunan ikinci MRG'de sinyal azalması ile karakterize fibröz obliterasyon gözlenmiştir. Önceki çalışmalar ve bizim verilerimiz ışığında operasyon öncesi bilinmesi gereken fibröz obliterasyon tanısında MRG tek ideal görüntüleme yöntemidir.

Geniş hasta sayısıyla yapılan çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler doğrultusunda; CISS-MRG sekansının da eklendiği konvansiyonal MRG ile iç kulağın konjenital anomalileri tanınabilmekte olup sınıflandırmanın da yeterlilikle yapılabileceği ve internal akustik kanal içindeki koklear sinir varlığının gösterilebileceği kanısına ulaştık.

6. SONUÇLAR

Sensorinöral işitme kaybı olan 90 çocuk hastaya koklear implantasyon öncesi yapılan MRG incelemesinde elde edilen sonuçlar:

1. 3B-CISS sekansının da eklendiği MRG tetkiki, membranöz labirentten gelişen iç kulak yapıları ve internal akustik kanalın değerlendirilmesinde yeterli görüntüleme sağlamıştır.
2. Morfolojik yapılara sahip spesifik ve non spesifik patolojiler tanımlanıp sınıflandırılabilmiştir.
3. İnce kesit T2 ağırlıklı CISS sekansı ile 7. ve 8. kranial sinir ve dallarının varlığı tespit edilebilmiştir.
4. MRG operasyon şekline yön veren fasiyal kanal seyrini gösteremediğinden preoperatif dönemde kullanılan kemik labirenti gösterebilen diğer radyolojik yöntemlerin kullanılması gereksinimini ortadan kaldırmamıştır.

KAYNAKLAR

1. Akyıldız N., 2002. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara.
2. Allen MS, Thomas AT, Robin TC, Miles LP, Jack G. 2003., Otolaringoloji Temel Bilgiler. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
3. Arriaga MA, Carrier D., 1996. MRI and clinical decision in cochlear implantation. Am J Otol. 17,547–53.
4. Bamiou DE, Worth S, Phelps P, Sirimanna T, Rajput K., 2001. Eighth nerve aplasia and hypoplasia in cochlear implant candidates: The clinical perspective. Otol Neurotol. 22, 492–6.
5. Batman Ç, İnanlı S, Öztürk Ö, Tutkun A, Şehitoğlu MA., 2001. Cochlear implantation: Patients, problems and surgical complications. Türk ORL Arşivi. 39, 89–95.
6. Baumgartner WD, Youssefzadeh S, Hamzavi J, Czerny C, Gstoettner W., 2001. Clinical application of magnetic resonance imaging in 30 cochlear implant patients. Otol Neurotol. 22,818–822.
7. Boggess WJ, Baker JE, Balkany TJ., 1989. Loss of residual hearing after cochlear implantation. Laryngoscope. 99, 203–206.
8. Bolat H., 2007. Aydın ilinde 2006 yılında doğan bebeklerde işitme kaybı sıklığı ve ilgili risk faktörleri, Uzmanlık tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
9. Casselman JW, Offeciers FE, Govaerts PJ, Kuhweide R, Geldof H, Somers T, D'Hont G., 1997. Aplasia and hypoplasia of vestibulocochlear nerve: Diagnosis with MR imaging. Radiology. 202, 773–781.

10. Casselman JW, Kuhweida R, Deimling M, Ampe W, Dehaene I, Meeus L., 1993. Constructive interference in steady state-3DFT MR imaging of the inner ear and cerebellopontine angle. *Am J Neuroradiol.*14, 47–47.
11. Clark GM, Cowan RSC, Dowel RC., 1997. Cochlear implantation for infants and children. Singular Publishing Group inc, San Diego.
12. Czerny C, Gstoettner W, Adunka O, Hamzavi J, Baumgartner WD., 2000. Postoperative imaging and evaluation of the electrode position and depth of insertion of multi-channel cochlear implants by means of high- resolution CT and conventional X-rays. *Wien Klin Wochenschr.* 112, 509–511.
13. Çakır N., 1999. Otolaringoloji, Bas ve Boyun Cerrahisi. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul.
14. Dahm MC, Shepherd RK, Clark GM., 1993. The postnatal growth of the temporal bone and its implications for cochlear implantation in children, *Acta Otolaryngol Suppl.* 505 .
15. Demirpolat G, Savaş R, Totan S, Bilgen I, Kirazlı T, Alper H., 1994. Koklear implant adaylarında temporal kemik BT ve MRG. *Tanı Girişimsel Radyoloji.* 9, 41–46.
16. Diren HB., 1994. Manyetik Rezonans Görüntüleme Temel Fizik (2.Baskı). Mine Ofset Basımevi, Ankara.
17. Esmer N, Akıner MN, Karasalihoğlu AR, Saatçi MR., 1995. Klinik Odyoloji. Özışık Matbaacılık, Ankara.
18. Frahm J, Gyggel ML, Hanicke W., 1992. Rapid scan techniques. In: Stark D, Bradley W.G. ed. *Magnetic Resonance Imaging.* 2nd ed. St. Louis: Mosby.

19. Gray RF, Ray J, Baguley DM, Vanat Z, Begg J, Phelps PD., 1998. Cochlear implant failure due to unexpected absence of the eighth nerve – a cautionary tale, *J Laryngol Otol.* 112, 646–9.
20. Gulya AJ., 2003. Development of anatomy of the temporal bone and Skull Base. In: Shambaugh GE Jr, Glasscock ME III, editors. *Surgery of the ear.* ed 5: WB Saunders, Philadelphia. 3–35.
21. Incesulu A, Kocatürk S, Keyik B, Cakmakçi E, Erkam U, Hekimoglu B., 2003. Koklear implantasyon öncesinde yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme bulgularının karşılaştırılması, *Kulak Burun Boğaz İhtis Derg.* 10, 98–104.
22. Jackler RK, Luxford WM, House WF., 1987. Congenital malformations of the inner ear: a classification based on embryogenesis. *Laryngoscope.* 97, 2–14
23. Junqueira L.Carlos, Carneiro José, Kelley O.Roberto., 1993. *Temel Histoloji.* Barış kitapevi/ Appleton&Lange. 573–580.
24. Kasapoğlu F. Çocuklarda Nörosensorial İşitme Kayıpları (online) 2007 (cited 2007 Temmuz 19) Available from:URL: <http://kbb.uludag.edu.tr/>
25. Konez O., 1995. O. Manyetik Rezonans Görüntüleme, *Temel Bilgiler.* Nobel Kitabevi, Ankara. 41–11.
26. Kuhl PK, Williams KA, Lacerda F, Stevens KN, Lindblom B., 1992. Linguistic experience alters phonetic perception in infants by 6 months of age. *Science.* 255, 606–608.
27. Kuran O., 1983. *Sistematik Anatomi Ders Kitabı,* Filiz Kitabevi, İstanbul. 759–787.

28. Lawson JT, Carenley K, Toner JG., 1998. Digital imaging: a valuable technique for the postoperative assesment of cochlear implantation. *Eur Radiol.* 8, 951–954.
29. Levenson MJ, Parisier SC, Jacobs M, Edelstein DR., 1989. The large vestibuler aqueduct syndrome in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 115, 54–8.
30. Lo W., 1998. Imaging of cohlear and auditory brain stem implantation. *AJNR Am J Neuroradiol.* 19, 1147–1154.
31. Luxford WM., 1994. Surgery for cochlear implantation. In from Brackmann DE, Shelton C, Arriaga MA, eds, *otologic Surgery.* WB. Saunders Company, Philadelphia, pp. 426–439.
32. Marsh MA, Xu J, Blaney PJ, Whitford LA, Xu SA, Silvermann JM, Clark GM., 1993. Radiologic evalution of multichannel intracochlear implant insertion depth. *Am J Otol.* 14, 386–391.
33. Maxwell AP, Mason SM, O'Donoghue GM., 1999. Cochlear nevre aplasia: Its importance in cochlear implantation. *Am J Otol.* 20, 335–337.
34. Miyashita H, Isono M, Murata K, Nakayama K, Tanaka H, Ishikawa., 2000. Three-dimensional magnetic resonance imaging findings of inner ear anomaly, *Acta Otolarygol Suppl.* 542, 67–70.
35. Morris DP, Walsh R, Ramsden RT, Gillespie JE., 2000. Nevre agenesis and hypoplasia in the internal auditory meatus: the importance of early radiologycal diagnosis in cochlear implantation. Presented at the 5th European Symposium on Pediatric cochlear implantation. Antwerp, Abstract Book 054.

36. Newins ME, Chute PM., 1996. Children with Cochlear Implants in Educational Settings. Singular Publishing Group inc., San Diego. 45–58.
37. Niparko J., 1998. Cochlear implants, auditory brainstem implants, and surgically implantable hearing aids. In: Cummings CW ed. Otolaryngology Head and Neck Surgery. Missouri, St Louis. 2934–2971.
38. O'Donoghue GM., 1996. Cochlear implants in children: Principles, practice and predictions. J R Soc Med, 89, 345–7.
39. Oyar O., 2004–2005. Difüzyon MR Görüntüleme “ Türk Radyoloji Derneği, Temel Radyoloji Fiziği, Mayıs 2005” Sempozyum Bildiri Kitabı. İnan basım, İzmir. 234–245.
40. Oyar O., 1998. Radyolojide Temel Fizik Kavramlar. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
41. Özdemir S., 2006. Koklear implant uygulanan hastaların işitsel performans analizleri, uzmanlık tezi. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB anabilimdalı. Adana.
42. Pabla HS, McCormick B, Gibbin KP., 1991. Retrospective study of the prevalence of bilateral sensorineural deafness in childhood. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 22, 161–165.
43. Pearson AA., 1984. Development of anatomy of the ear. In: English GM, editor. Otolaryngology. Harper and Row Publishers, Philadelphia. pp. 1–68.
44. Phelps PD., 1994. Fast spin echo MRI in otology. J Laryngol Otol. 108, 383–394.
45. Phelps PD., 1992. The basal turn of the cochlea. Br J Radiol. 65, 370–374.

46. Proctor B., 1978. Surgical anatomy of the posterior tympanium Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 77, 344–349.
47. Rubinstein JT, Parkinson WS, Tyler RS, Gantz BJ., 1999. Residual speech recognition and cochlear implant performance: effects of implantation criteria. Am.J. Otol. 20, 445–452.
48. Saatçi I., 2002. Koklear implantasyon adaylarının değerlendirilmesinde radyolojik inceleme. Türk ORL Klinikleri. 4, 310–318.
49. Sandler T.W., 1996. Langman's Medikal Embriyoloji Yedinci Baskı. Palme Yayıncılık, İstanbul. 331–341.
50. Sennaroğlu L, Saatçi I, Aralaşmak A, Gürsel B, Turan E., 2002. Magnetic resonance imaging versus computed tomography in preoperative evaluation of cochlear implant candidates with congenital hearing loss, J Laringol Otol. 116, 804-810.
51. Sennaroğlu L, Saatçi I., 2002. A New classification for cochleovestibular malformations. Laryngoscope. 112, 2230–2241.
52. Sennaroğlu L, Sennaroğlu G, Yücel E., 2002. Koklear İmplantasyon. Çelik O editörlüğünde: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. İstanbul. 326-338.
53. Serim S., 2006. Koklear implantlı olgularda düşük doz yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi uygulamaları. Uzmanlık Tezi. İstanbul.
54. Shambaugh EG, Glasscock EM., 1990. Surgery of The Ear. 4th ed: Saunders Co, Philadelphia.

55. Shelton C, Luxford WM, Tonokawa LL, Lo WW, House WF., 1989. The narrow internal auditory canal in children: a contraindication to cochlear implants. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 100, 227–231.
56. Simmons FB., 1965. Auditory nerve: electrical stimulation in man. *Science.* 148, 104.
57. Snell Richard S., 1995. *Tıp Öğrencileri İçin Klinik Anatomi.* Nobel Kitapevi 5. baskı, İstanbul. 725–734.
58. Spizner A, Holliday RA, Roland JT, Cohen NL, Waltzman SB, Shappiro WH., 1995. Postoperative imaging of the multichannel cochlear implant. *AJNR Am J Neuroradiol.* 15, 1517–1524.
59. Swartz J.D., 1983. High resolution computed tomography of the middle ear and mastoid. Part I. Normal anatomy including normal variations. *Radiology.* 148, 449–454.
60. Swartz JD, Yussen PS, Mandell DW, Mikaelian DO, Berger AS, Wolfson RJ., 1985. The vestibular aqueduct syndrome: computed tomographic appearance. *Clin Radiol.* 36, 241–243.
61. Swartz JD, Harnsberger HR., 1998. The otic capsule and otodystrophies. In: Swartz JD, Harnsberger HR, ed. *Imaging of the temporal bone.* 3rd ed. Newyork: Thieme. 241–272.
62. Totan S., 2002. Koklear implantasyonda hasta seçim kriterleri ve klinik uygulamalarımızın sonuçları, Uzmanlık tezi, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Hastalıkları, İzmir.
63. Tuncer Ü., 2005. İşitme kayıpları ve tedavisi. 86–88.

64. Mafee MF, Valvassori GE, Becker M.,2004. imaging of head and neck, 2th edition, Germany.
65. Van den Broek P, Cohen N, O'Donoghue G, Fraysse B, Laszig R, Offeciers E., 1995. Cochlear implantation in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 32 (Suppl), 217–223.
66. Vartiainen E, Kemppinen P, Karjalainen S., 1997. Prevalance and etiology of bilateral sensorineural hearing impairment in a Finnish childhood population. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 41, 175–185.
67. Witte Robert J.,Lana John I., Driscoll Colin L.W., 2003. Pediatric and Adult Cochlear Implantation *RadioGraphics.* 23, 1185.
68. Woolley AL, Oser AB, Lusk RP, Bahadori RS., 1997. Preoperative temporal bone computed tomography scan and its use in evaluating the pediatric cochlear implant candidate, *Laryngoscope.* 107, 1100–1106.
69. Xu J, Xu SA, Cohen LT, Clark GM., 2000. Cochlear view: Postoperative radiography for cochlear implantation. *Am J Otol.* 21, 49–56.
70. Yoshinaga-Itano C, Sedey AL, Coulter DK, Mehl AL., 1998. Language of early and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics.* 102, 1161–1171.
71. Yousry I, Camelio S, Schmid UD, Horsfield MA, Wiesmann M, Brückmann H, Yousry TA., 2000. Visualization of cranial nerves I-XII: value of 3D CISS and T2-weighted FSE sequences. *Eur Radiol.* 10, 1061–1067.
72. Zhu J, Wen Z, Huang F., 2002. Preoperative cochlear implantation imaging. *16,* 328–329.