

164180

T.C.

GENELKURMAY BAŐKANLIĐI

GÜLHANE ASKERİ TIP AKADEMİSİ

ASKERİ TIP FAKÜLTESİ

KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI BAŐKANLIĐI

**KOKLEAR İMPLANTLILARDA İŞİTSEL VE ALGISAL
PERFORMANSIN ELEKTROFİZYOLOJİK TESTLERLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr.Murat KURNAZ

Hv.Tbp.Kd.Ütđm.

ANKARA-2005

ÖNSÖZ

Bu tezin konusu, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Başkanlığının 01.10.2003 tarih ve 0530-16-03/278 sayılı emri ile verilmiş ve çalışmaya başlanmıştır.

Koklear implant ileri derecede sensörinöral işitme kaybı bulunan çocuk ve erişkinlerde işitmenin yeniden sağlanmasına olanak veren ve bu bireylerde işitmeye dayalı iletişim yolunu açan bir işitme protezi sistemidir. Bu sistem, sese ve konuşmaya ilişkin bilgileri elektrik sinyallerine dönüştürerek işitme sinirinin doğrudan uyarılmasını ve böylece beyin tarafından yorumlanarak anlamlı hale getirilmesini sağlamaktadır. Ancak, doğuştan işitme kaybı olan çocuklar ve lisan gelişimi tamamlandıktan sonra uzun süreli ileri derecede işitme kaybı olan erişkinlerde, spiral gangliyon yoluyla işitme siniri uyarılsa da, işitme algısı tam olarak meydana gelmemektedir. Bu gibi durumlarda implant adayı seçiminde ve implantasyon sonrası performansın objektif olarak değerlendirilmesinde, elektrofizyolojik testlerden yararlanılabilir.

“Koklear implantlılarda işitsel ve algısal performansın elektrofizyolojik testlerle değerlendirilmesi” konusunda çalışmamı sağlayan, tez çalışmam süresince beni yönlendiren, her türlü yardım ve bilimsel desteğini esirgemeyen tez danışmanım, saygıdeğer hocam Anabilim Dalı Başkanı Doç.Dr. A.Sertaç YETİŞER’e, klinik eğitimimde bilgi ve becerilerimin artmasındaki katkılarından dolayı Anabilim Dalımızın değerli öğretim üyeleri Doç.Dr. Mustafa GEREK ve Doç.Dr. Fuat TOSUN’a, tezimi hazırlarken koklear implantasyon konusundaki engin bilgisinden son derece yararlandığım ve her zaman değerli yardımlarını gördüğüm Doç.Dr. Bülent SATAR’a ve eğitimimin her noktasında emekleri olan Yrd.Doç.Dr. M.Timur AKÇAM, Yrd.Doç.Dr. Serdar KARAHATAY ve Yrd.Doç.Dr. Hakan BİRKENT’e, kendilerinden çok şey öğrendiğim mezun olmuş ağabeylerime, daima

desteklerini yanımda hissettiğim doktor arkadaşlarıma, tezimin hazırlanmasında bilgisini ve emeğini benimle paylaşan Anabilim Dalımızın klinik odyoloğu İclal ERTAŞ'a ve GATA KBB Kliniğinde görevli tüm hemşire, odyometrist ve diğer personele şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim. Uzmanlık eğitimim ve tez hazırlığım sırasında bana gösterdiği anlayış ve yardımlarından ötürü sevgili eşim Fulya KURNAZ'a teşekkür ederim.

Dr.Murat KURNAZ



İÇİNDEKİLER

I.	GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
II.	GENEL BİLGİLER.....	3
	A. İÇ KULAK EMBRİYOLOJİSİ, CERRAHİ ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ.....	3
	B. İŞİTSEL UYARILMIŞ ELEKTROFİZYOLOJİK CEVAPLAR.....	17
	C. SENSÖRİNÖRAL İŞİTME KAYIPLARI.....	21
	D. KOKLEAR İMPLANTASYONUN TARİHÇESİ.....	28
	E. KOKLEAR İMPLANTLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	29
	F. KOKLEAR İMPLANT TIPLERİ ve AKSAMLARI.....	31
	G. KOKLEAR İMPLANTLARDA AKUSTİK SİNYALLERİN İŞLENMESİ.....	33
	H. KOKLEAR İMPLANT MODELLERİ.....	35
	I. KOKLEAR İMPLANT ENDİKASYONLARI.....	43
	J. KOKLEAR İMPLANTASYON UYGULANAN GRUPLAR.....	45
	K. KOKLEAR İMPLANTASYON EKİBİ.....	47
	L. ADAY HASTANIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	47
	M. KOKLEAR İMPLANTASYONDA CERRAHİ TEKNİK.....	53
	N. KOKLEAR İMPLANTASYON KOMPLİKASYONLARI.....	57
	O. KOKLEAR İMPLANTIN AYARLANMASI VE REHABİLİTASYON.....	58
III.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	65
IV.	BULGULAR.....	71
V.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	92
VI.	ÖZET.....	103
VII.	İNGİLİZCE ÖZET.....	104
VIII.	KAYNAKLAR.....	105

GİRİŞ VE AMAÇ

İnsanlar arasındaki iletişim yolları içinde en önemlisi ve en sık kullanılanı, konuşarak anlaşma yoludur. Diğer koşulların varlığı halinde, konuşmanın öğrenilmesinde en önemli unsur işitmedir. Konuşmanın normal gelişmesi, normal işitmenin varlığına bağlıdır. Dil, yaşamın ilk aylarından itibaren hızla gelişmeye başlar, normal işiten bebekler 6 haftalıktan itibaren, insan sesine diğer seslerden daha fazla tepki verirler. Altı aylık bir bebek, dili analiz etmeye başlar, onu parçalara böler, daha sonra tekrar birleştirebilmek üzere dili belleğine kaydeder. Bebekler ilk bir yılı deneyim yoluyla çevrelerini öğrenmekle geçirir. Bu dönemde konuşmayı ve dili anlamayı öğrenirler. Bir yaşından itibaren beyin sapındaki nöronlar olgunlaşır, nöronlar arasında milyonlarca bağlantı yapılır. İşitsel beyin sapı ve talamus, işitsel kortekse bağlanmaya başlar.

İşitme kaybı, derecesi ne olursa olsun, çocuğun konuşma ve dili öğrenmesini etkiler, sosyal ve duygusal sorunlara yol açar. İşitsel sinir sistemine duyu girişi kesintiye uğradığında, özellikle erken gelişim döneminde, merkezi işitme sistemindeki nöronların morfolojik ve fonksiyonel özellikleri bozular. Bazı hallerde ses uyaranının kortekse ulaşamamasının zararlı etkileri, uyaranın tekrar sağlanması ile düzeltilebilir. Ancak, müdahale için kritik bir dönem vardır. İşitme kaybı saptanan yenidoğanlar amplifikasyondan yararlanırlar, hemen yapılan müdahale konuşma ve dil gelişimini sağlar. Ancak çok ileri derecede işitme kaybı olanlarda, amplifikasyon yeterli olmayacağından, 1 yaşından sonra en kısa zamanda koklear implantasyon gibi işitmenin yeniden sağlanabileceği ileri yöntemlere ihtiyaç vardır.

Sesi tanıma ve cevap vermedeki tecrübesizlikleri nedeniyle prelingual koklear implant adaylarının değerlendirilmesinde, daha üst düzeylerdeki işitsel yolların objektif olarak değerlendirilmesi kaçınılmaz bir ihtiyaç olma yolundadır. Orta ve geç latanslı uyarılmış potansiyellerin yeni bir uygulama alanı, koklear implanta adaylığın belirlenmesinde işitsel yol

bütünlüğünün değerlendirilmesidir. Buna ilave olarak, bu potansiyeller bir koklear implant sisteminin fonksiyon gördüğünü doğrulayabilir ve koklear implant hastalarının eşik değerleri ve dinamik aralık dağılımlarının belirlenmesine de katkı sağlayabilir.

Koklear implant kullanan çocuklar, santral işitme mekanizmalarındaki iletim eksikliğine bağlı olarak subkortikal ve kortikal nöronların yeterince gelişmemesi sonucu, özellikle yüksek frekanslardaki uyarımları algılamakta güçlük çekerler. İşitme kaybının derecesi, frekanslara göre işitme şekli, kaybın sabit veya ilerleyici olması, başlangıç zamanı, çocukların dili öğrenmelerini ve kullanmalarını etkiler. İşitme durumunun yanı sıra tanı zamanı, amplifikasyon veya işitme protezi ile eğitime başlanma zamanı, verilen eğitimin şekli ve yoğunluğu, ailenin, özellikle annenin tutumu, çocuğun zekası ve duygusal durumu da konuşma ve dilin öğrenilmesinde önem taşır.

İşitsel asosiasyon alanlarındaki konuşma algısı ile ilgili nöral ağın, lisan becerisi bir kez kazanıldıktan sonra uzun bir süre fonksiyonel bir düzeyde korunduğu tespit edilmiştir. Bu, postlingual koklear implant hastalarında performansın yüksek olmasının temel nedenidir. Diğer taraftan, prelingual işitme kaybı olan hastalar, eğer 8 yaşından sonra koklear implant kullanmaya başlarsa, aynı bölgelerdeki aktivasyon, postlingual ve normal kişilerdekinden düşük olmaktadır. Bunun nedeni, bu hastalarda kortikal ağın uzun süreli uyaransızlığa bağlı olarak tam gelişmemiş olmasıdır. Bu nedenle, 5 yaşından sonra prelingual işitme kayıplı hastalara implantasyon düşünülüyorsa, santral işitsel yollar ve özellikle de işitsel korteks gelişim düzeyi iyi değerlendirilmelidir.

Biz bu çalışmamızda, ileri derecede işitme kayıplı çocuk ve erişkinlerde koklear implant adaylığına uygunluğun değerlendirilmesi ve implante hastalarda ise işitsel performans testleri ile elektrofizyolojik testlerin uyumunun araştırılmasında işitsel orta ve geç latanslı yanıtların yerini ve önemini araştırdık.

GENEL BİLGİLER

İÇ KULAK EMBRİYOLOJİSİ, CERRAHİ ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

İÇ KULAK EMBRİYOLOJİSİ

Kulağın üç kısmından en önce gelişimini tamamlayan parçası olan iç kulak, 5. haftada otik vezikülden gelişir. Otik vezikül ikiye ayrılarak ventral kısmı pars inferior, dorsal kısmı pars süperior adını alır. Pars inferior dan duktus koklearis ve sakkulus, pars süperiordan ise utrikulus, semisirküler kanallar ve endolenfatik duktus gelişir.

Otik veziküllü oluşturan fossa otikadan bir kısım epitel hücresi ayrılarak statoakustik gangliyonu oluşturur. Bu yapı daha sonra dördüncü ve beşinci haftalarda ikiye ayrılarak spiral ve vestibüler gangliyonları oluşturur. Bu gangliyonlardan gelişen sinir lifleri Corti Organı, maküla ve kristaya ulaşırlar.

Corti Organının gelişmesi bazal turdan apekse doğru olur. Otik kapsülün membranöz labirentin çevresindeki on dört noktadan başlayan ossifikasyonu altıncı ayın sonunda tamamlanmıştır. Duyusal epitelin matürasyonu ise ikinci trimesterin sonu ve üçüncü trimesterin başında meydana gelir. Gestasyonun 26 - 28. haftalarında saçlı hücreler ve işitme sinirinin gelişimi büyük oranda tamamlanmıştır. Böylece normal insan fetüsü doğumdan 2.5 - 3 ay önce işitme yeteneğini kazanmış olur (28).

İÇ KULAĞIN CERRAHİ ANATOMİSİ

Koklea, yaklaşık 35 mm uzunluğunda, eksenini taşıyan modiulus etrafında $2\frac{1}{2}$ - $2\frac{3}{4}$ dönüş yapan ve işitmenin reseptör organını taşıyan otik kapsülün bir komponentidir. Kokleanın timpanumla bağlantısını promontoryumun arkasında birer kemik nişinin dibinde bulunan iki kemik pencere sağlar. Oval pencere, yukarıda ve sagittal planda yerleşmiş olup, stapes tabanını

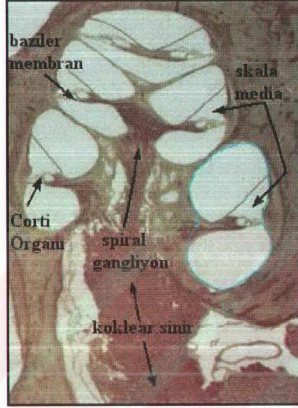
içerir. Yuvarlak (koklear) pencere ise transvers planda ve daha aşağıda yerleşmiştir ve sekonder timpanik membran adı verilen ince bir zarla örtülüdür.

Koklear implant cerrahisinde, elektrodun yerleştirilme yollarından biri yuvarlak pencere yoludur. Yuvarlak pencerenin yeri, her hastaya göre değişiklik göstermektedir. Hücreden zengin mastoid kemikler de hipotimpanik hücreler ile karışarak sorun yaratabilmektedir. Projeksiyonunun nişin üst bölümünde olması ve alt kenarında 'krista semilunaris' adı verilen bir kemik yapının varlığı, elektrodun yerleştirilmesi sırasında sorunlar yaratabildiği gibi bazı hastalarda yuvarlak pencere nişinin görülebilmesi için korda timpaninin feda edilerek genişletilmiş posterior timpanotomi yapılmasını gerektirmektedir.

Kokleaya elektrot insersiyonunda günümüzdeki popüler teknik, promontoryum kokleostomisidir. Bu yolla bazal kıvrımdan skala timpaniye direkt ulaşım sağlanır. Kokleostomi stapedial tendonun görülüp yuvarlak pencere nişinin ön-üst kenarının belirlendiği noktadan yapılmaktadır. Yuvarlak pencere nişinin ön kenarının görülemediği durumlarda stapedial tendonun 2 mm altı kokleostomi için uygun bir noktadır. Topografik olarak bu nokta, inkus uzun kolu çapının iki kat büyüklüğündeki bir mesafenin stapedial tendondan laterale doğru olan uzaklığına eşittir.

Koklea, ortasından, modiulus adı verilen ve otik kapsüle bir septum aracılığıyla tespit edilmiş santral bir kemik spiral ile desteklenir. Membranöz labirenti inceleyebilmek için modiulus seviyesinden geçen bir kesitte koklea üç bölüme ayrılır. Bunlardan skala vestibüli, oval pencereden başlar ve koklear apekse uzanır, helikotrema vasıtasıyla skala timpani ile ilişkilidir. Skala timpani, yine helikotrema vasıtasıyla skala vestibüli ile koklear apekte devamlılık gösteren ve kokleanın bazal kıvrımı civarında yuvarlak pencere membranına kadar uzanan bir bölmedir. Kesitte bu iki perilenfatik skala arasında kalıp endolenf içeren bölme ise skala media (duktus koklearis) adını alır. Skala media üçgen şeklinde, bir fibröz doku bandı aracılığıyla kemiksi spiral

laminadaki dar bir tutunma yerinden otik kapsülün dışındaki geniş tutunma yerine doğru uzanan, spiral bir ligamandır. Duktus koklearisin medial kenarı, kemik kokleayı döşeyen kalınlaşmış bir periost olan osseöz spiral laminaya tutunur.



Şekil 1. Kokleanın enine kesiti.

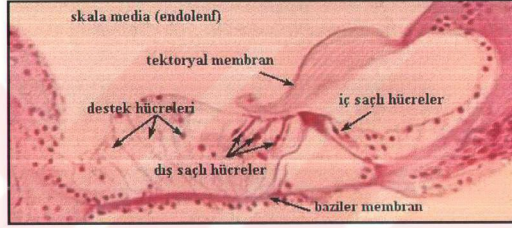
Reissner membranı, skala media ile skala vestibulyi birbirinden ayırır. Uzunluğu 31.5 mm olan bazal membran ise skala media ile skala timpaniyi birbirinden ayırır. Genişliği bazal turdan başlayarak apikale doğru artar. Kemiksi spiral lamina burada çengele benzer bir şekilde sonlanarak hamulus adını alır ve modiulusun tepesiyle birlikte helikotrema denen yuvarlak açıklıkta skala vestibüli ve skala timpani birleşir. Skala timpani proksimalde kör bir kese şeklinde sonlanır ve burası aynı zamanda yuvarlak pencerenin açıldığı yerdir. Skala vestibuli direkt olarak vestibüle açılır. Aquaduktus koklea denilen kemiksi bir geçiş, skala timpaninin sonlanma

noktasıyla subaraknoid boşluğu birleştirir ve BOS ile perilenf arasında madde değişimini sağlayan trabeküler bir bağ dokusu oluşturur.

VIII'inci sinire ait liflerin hücre gövdelerinin yer aldığı spiral gangliyon, Rosenthal kanalı olarak adlandırılan modiolar kemik içindeki bir alana yerleşmiştir ve osseöz spiral lamina ve modiolus arasında koklear duktus boyunca uzanır. Bazal membran $2\frac{1}{2}$ dönüş yaptığı halde spiral gangliyon sadece $1\frac{1}{2}$ dönüş tamamlar. Böylece apikal kısımdan gelen periferik uzantılar, daha aşağıda yerleşmiş gangliyon hücrelerine ulaşırlar. Bu nedenle, koklear implanta ihtiyaç duyan hastalarda, düşük frekans hücrelerini uyarmak için elektrot dizisini bu bölgeden daha yukarı uzatmak gerekli değildir. Spiral gangliyondaki bipolar nöronlar, koklear reseptörleri santral sinir sistemine bağlıdır. Bipolar nöronlar bir uçları ile habenua perforata denen açıklıklardan sensöriyel epitele ulaşırken, diğer uçları ile de fasikül halinde gruplanmış aksonlar olarak Rosenthal kanalından çıkarlar ve VIII'inci sinirin akustik komponentini oluştururlar. Spiral gangliyon, bu afferent liflere ilaveten süperior olivar kompleksteki nükleustan uzanan efferent nöronlara ait aksonlar da içerir.

Koklear duktus, histolojik olarak birbirinden farklı dört yapı içerir. Reissner membranı (vestibüler membran), stria vaskülaris, baziler membran ve Corti Organı. Reissner membranı, spiral ligamentten spiral limbaya uzanırken koklear duktusun üst çatısını oluşturur. Bu membranöz yapı, endolenfle perilenfin birbirine karışmasını önleyen iki tabaka epitel hücre dizisinden meydana gelir. Baziler membran, osseöz spiral ligamentin alt kısmından spiral ligamente horizontal olarak uzanarak koklear duktusu skala timpaniden ayıran ve üzerinde Corti Organını barındıran bir yapıdır. Histolojik olarak ince filamanlardan ve ekstrasellüler materyalden oluşur. Baziler membranın genişliği kokleanın bazal kıvrımından apeksine doğru artar. Stria vaskülaris, koklear duktusun lateral duvarını yapar ve yoğun bir kapiller ağ ile üç sıra epitel hücre tabakasından oluşur. Stria vaskülarisin duktus koklearisin lümenine bakan ucunda en

iç kısımda endolenfe temas edecek şekilde yerleşmiş dark hücre tabakası bulunur. Diğer iki tabaka intermediate ve bazal tabaka adını alır. Intermediate tabakadaki hücreler fagositik aktivite gösterirler ve karbonik anhidraz enzimi içerdikleri bildirilmiştir. Stria vaskülaris, endolenfin iyonik kompozisyonunun aktif olarak devamını sağlar. Bu fonksiyonda, sodyum-potasyum ATPaz pompası ile skala mediadan sodyumu alıp potasyum veren dark hücre tabakası rol oynar. Bu aktif transportun fonksiyonel sonucu, 60-100 mV seviyesinde pozitif endokoklear potansiyel oluşumudur.



Şekil 2. Corti Organı.

Bazal membran üzerinde bulunan Corti Organı içinde oluşan elektriksel aktivite, modiolus içinde bulunan spiral gangliyondaki sinir hücrelerinin dendritleri tarafından algılanır. Corti Organı, işitmenin reseptör organıdır ve sensöriyel ve destek hücrelerinden oluşur. Bu hücreler, baziler membran tarafından desteklenir ve üzerlerinde tektoryal membran bulunur. Corti Organının primer fonksiyonu, baziler membranın mekanik titreşimlerini, beyne iletilen nöral impulslara çevirmektir. Corti Organı lateralden mediale doğru şu yapılardan oluşur: Hensen hücreleri, Corti'nin dış tüneli, dış saçlı hücreler, Deiters hücreleri, Nuel boşlukları, dış pılar hücreler, Corti'nin iç tüneli, iç saçlı hücreler, iç falangeal hücreler ve iç sınır hücreleri. İşitme

fizyolojisi açısından iç ve dış saçlı hücreler ile bunların üzerindeki sterosilyalar önemlidir. Dış saçlı hücreler silindir şeklindedirler ve Corti Organı ile Deiters hücreleri vasıtasıyla ilişkilidir. İnsanda yaklaşık 13400 dış saçlı ve 3000 iç saçlı hücre bulunur. Hücrelerin uzunlukları apekse doğru artar. İç saçlı hücreler birçok noktada dış saçlı hücrelerden ayrılır. Bazal uçlarında çok sayıda sinaptik uç bulunur. Sinapsı % 90-95 oranında afferent sinir uçları iledir. Buna karşın, dış saçlı hücreler aynı oranda efferent sinir uçları ile de sinaps yapar.

İç ve dış saçlı hücrelerin her ikisi de apikal sterosilyalar içerir ki, bunlar sinirsel iletim için çok önemlidir. Sterosilyaların uzunluğu apekse gidildikçe artar. İç saçlı hücrelerin sterosilyaları, dış saçlı hücrelerinkinden yaklaşık olarak iki kat daha kalındır. Genel olarak sterosilyalar birbirleriyle filamanlar aracılığı ile bağlıdır. Bu sinir hücrelerinin aksonları nervus koklearis adını alarak bu elektriksel aktiviteyi beyin sapına götürür. Nervus koklearis, poststaki koklear nükleuslarda (ventral ve dorsal) sonlanır.

Koklear Sinir

Kesit alanı 1.74 mm^2 olan VIII'inci kraniyal sinirin dört parçası vardır: Süperior vestibüler sinir, sakküler sinir, inferior vestibüler sinir ve koklear sinir. Bu sinirler otik kapsülü değişik kanallardan geçerek iç kulak yoluna girer ve burada nervus intermediofasiyalis ile birlikte seyrederek. İç kulak yolu fundusu krista falsiformis denen transvers bir çıkıntı ile üst ve alt olmak üzere iki parçaya bölünür. Üst bölümde önde nervus fasiyalis ve arkada nervus vestibularis süperior bulunur. Bu iki sinir birbirlerinden vertikal krest ile ayrılmışlardır. Transvers krestin altında kalan bölümde ise önde nervus koklearis, arkada nervus vestibularis inferior ve nervus singularis bulunur.

Koklear sinir iç kulak yolunun porus kısmında vestibüler sinirin sakküler dalı ile birleşir. Sakküler sinirin dalı koklear sinirin longitudinal fissürüne girer, buna vestibülokoklear anastomoz ya da Oort anastomozu denir. İki sinirin birleşmesine karşın yine

de bir klivaj hattı fark edilir. Koklear sinir spiral bir seyir izler ve kokleanın turlarını fark etmek olasıdır. Bazal kıvrım lifleri çevrede, yüzeyel apikal turun lifleri ise ortada ve derindedir.

VIII'inci kraniyal sinir beyin sapına girmeden hemen önce iki parçaya ayrılır ve daha sonra pontomedüller kavşaktan içeri girer. Koklear siniri, vestibüler sinirden serebellar pedinkül ayırır. Koklear sinir, restiform cisimciğin üstünden geçerek anteroventral koklear nükleusun ön ve iç tarafından girer. Her bir lif iki parçaya ayrılır; inen ve çıkan dallar. İnen dallar posteroventral ve dorsal koklear çekirdeklere, çıkan lifler ise anteroventral çekirdeğe dal verir. Vestibüler lifler ise restiform cisimciğin altından geçerek trapezoid cisimciğe ulaşır, burada arkaya kıvrılır ve beyin sapına ilerler. İşitsel sinir, baziler membran eksitasyonunun olduğu tarafta beyin sapına frekans için temel bilgi iletimi yanında, temporal bilgiyi de iletir. Şiddet bilgisi ise ateşleme hızında bir artış veya daha fazla sinir popülasyonunun uyarılması ile sağlanır.

SANTRAL İŞİTME YOLLARI

İşitsel bilginin işlenmesi için santral işitme yollarında yedi ana merkez mevcuttur. Aşağıdan yukarıya doğru bunlar; medulla oblongatada koklear nükleus, ponsta süperior olivar kompleks, mezensefalonda lemnisküs lateralis, inferior kollikulus ve süperior kollikulus, talamusta medial genikülat cisim ve bilginin son olarak işlendiği yer olan işitsel korteks.

1. Koklear Çekirdekler ve Akustik Stria: Koklear çekirdekler bütün işitme sinir lifleri için zorunlu ilk uğrak yerini oluşturur. Çekirdekler pontomedüller kavşakta bulunup

simetrikler, VIII'inci kraniyal sinirin girişine göre dış tarafta kalırlar. Ancak serebellar hemisfer kaldırılacak olursa, 4. ventrikülün dış resesine yerleştikleri görülebilir.

Koklear nükleuslar iki büyük alt gruba ayrılır: Ventral koklear nükleus ve dorsal koklear nükleus. Ventral koklear nükleus da kendi içinde yapısal olarak ön ve arka olmak üzere iki parçaya ayrılır. Bunlara anteroventral koklear nükleus ve posteroventral koklear nükleus isimleri verilir. Anteroventral koklear nükleus da kendi içinde ön ve arka olarak ikiye ayrılır.

Her alt grup farklı hücre grupları içerir ve işitme sinirinden topoğrafik olarak değişik sinir lifleri alır. Hücreler yapılarına göre beş değişik biçime sahiptir: Sferik hücreler, globüler “bushy” hücreler, multipolar (stellat) hücreler, “octopus” hücreleri ve granüler hücreler. Anteroventral koklear nükleus esas olarak çalıtı tipı hücrelerden oluşur. Bunlar çekirdeğin önünde sferik ve arkasında globüler biçimdedir. Ventral koklear nükleusun santral kısmında yerleşmiş hücrelerin çoğunluğunu multipolar hücreler oluşturur. Posterior ventral koklear nükleus ise stellat hücrelerin yanında farklı olarak “octopus” hücrelerinden oluşur. Bu hücrelerin gövdeleri, gelen koklear sinir liflerine diken şeklinde yerleşmiş olup dendritleri uzundur.

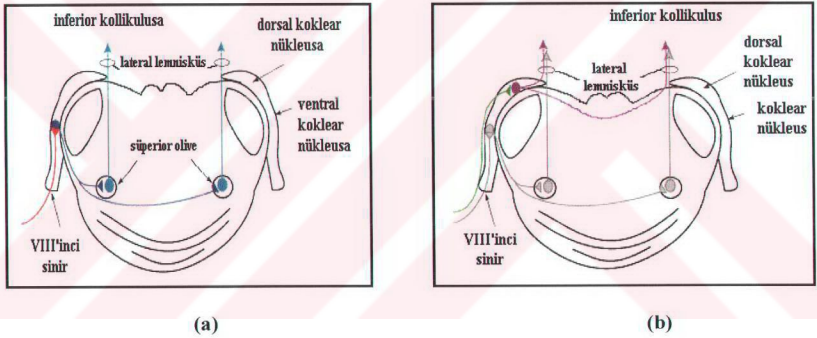
Bu hücrelerin her biri, farklı frekansları temsil eden sinir liflerini alır ve bu yüzden farklı fizyolojik yanıt karakteristikleri vardır. Kokleanın bazal bölgesinden gelen lifler çoğunlukla dorsal çekirdeklerde, apekten gelenler ise ventral çekirdeklerde sonlanır. Her hücrenin en hassas olduğu tek bir frekans vardır. Buna ‘karakteristik frekans’ adı verilir. Bu durum frekans kodlamasının yer teorisiyle uyumludur.

Hücrelerden çıkan aksonlar üç demet oluşturur: Ventral akustik stria (trapezoid cisim), intermediate akustik stria (Helde striası) ve dorsal akustik stria (Monakow striası).

Ventral akustik stria, medullayı geçerek süperior lateral oliva, süperior medial oliva, trapezoid cismin medial nükleusu ve inferior kollikulusta sonlanır.

İntermediate akustik stria genellikle “octopus” hücrelerinden çıkar ve hem aynı taraf hem de karşı tarafta olmak üzere trapezoid cisimde ve süperior lateral oliva bölgesinde sonlanır. Dorsal akustik striadan çıkan lifler ise lateral lemniskus ve inferior kollikulusun santral nükleusunda sonlanır.

Koklear nükleuslarda bilgi işlenmesi VIII’nci sinirdekenden daha karmaşık olup, hücre gövdeleri (soma), dendritik uzantıları, hücresel bağlantıları ve membranlarının biyofizik özelliklerindeki farklılıkla sağlanır.



Şekil 3. Santral işitme yollarının beyin sapındaki kısmı: a) Ventral koklear nükleus yolu, b) Dorsal koklear nükleus yolu.

2. Süperior Olivar Kompleks ve Olivokoklear Demet: Süperior olivar kompleks, ponsun gri cevherinin hemen arka alt kısmında yerleşmiştir. Birkaç çekirdekten oluşur: Süperior olivanın medial çekirdeği, süperior olivanın lateral çekirdeği, trapezoid cismin

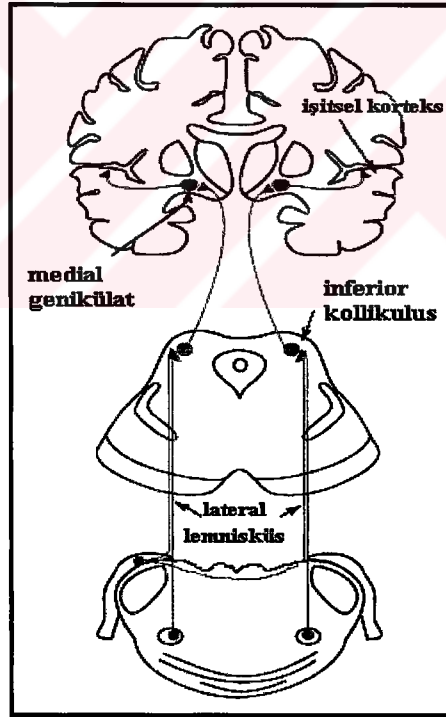
medial çekirdeği ve periolivar çekirdek. Süperior olivar kompleks, her iki koklear çekirdekten lifler alır; bu sayede her iki kulağa seslerin geliş zamanı ve seviyelerini monitörize ederek sesi yer tespiti için sıralar. Akustik algı, daha yüksek ses veya daha erken gelen ses tarafına yerleşiktir. Bir bütün olarak süperior olivar kompleks, binaural sürecin yer aldığı işitme sisteminde en düşük seviyeyi temsil eder. Trapezoid cisim üzerindeki işitsel uzanımın tüm seviyelerinde binaural seviye ve zaman farklılıklarına duyarlı üniteler vardır.

Periolivar çekirdek birkaç parçadan oluşur ve diğer çekirdeklerin çevresini sarar. İnsanlarda süperior medial çekirdekler iridir ve lateral çekirdek ise kalıntı şeklindedir. Süperior olivanın medial çekirdeği bipolar nöronlardan yapılmıştır. Buna karşılık lateral çekirdeğinde ise multipolar nöronlar bulunur. Süperior olivar kompleks, lateral lemniskus ve inferior kollikulusa çıkan lifler gönderir. Bu lifler lateral lemniskus yolu ile gerçekleşir. Süperior olivar kompleksin inen lifleri ise Corti Organının titretilen tüylü hücrelerine gider. Olivokoklear demet, myelinli liflerden oluşan iç ve myelinsiz liflerden oluşan dış olmak üzere iki demetten meydana gelmiştir.

3. Lateral Lemniskus: Lateral lemniskus en önemli çıkan yoldur. Beyin sapının yan tarafında bulunur. Koklear çekirdekleri ve süperior olivar kompleksi, inferior kollikulusa bağlar. Lateral lemniskusta üç çeşit hücrenin oluşturduğu üç çekirdek bulunur: Ventral, intermediate ve dorsal. Kokleadan gelen pes (alçak) frekanslar lateral lemniskusun dorsal çekirdeğine, tiz (yüksek) frekanslar ise ventral çekirdeğine giderler. Binaural interaksiyon dorsal komponent boyunca aktarılırken, temporal ve spektral frekans bilgisi ventral kısım yoluyla aktarılır. Lateral lemniskusun efferent projeksiyonu ise inferior kollikulusun santral kısmıdır.

4. Inferior Kollikulus: İki taraflıdır ve mezensefalonda bulunur. Beyin sapının tavanının bir kısmını yapar. Çıkan işitme lifleri için belli başlı konağı oluşturur ve akustik

bilgileri hazırlar. Süperior olivar kompleksin yer tespit yeteneği ile dorsal koklear nükleusun frekans analizi özelliğini birleştirir. Alt beyin sapından gelenleri üst kısımdaki medial genikülat cisme ve işitme korteksine gönderir. İnférieur kollikulus belli başlı üç hücre grubundan oluşur: Santral nükleus, eksternal nükleus ve dorsal korteks. Bunlar içinde, düşük frekanstan yüksek frekansa düzenli bir tonotropik organizasyon gösteren santral nükleus, en belirgin olanıdır ve kendi içinde dorsomedial ve ventrolateral olmak üzere iki kısma bölünür. İnférieur kollikulusun başlıca projeksiyonu, medial genikülat cisimciğe doğru uzanır. Diğer projeksiyonu ise zayıf liflerden oluşur ve süperior kollikulusun derin kısımlarına ulaşır; ayrıca posterior talamik grupla da bağlantısı vardır. Süperior kollikulusta uzaydaki sesin pozisyon bilgisi görme alanı ile entegre edilir.



Şekil 4. Santral işitme yollarının kortikal uzanımı.

6. Medial Genikülat Cisim: Medial genikülat cisim talamusta bulunur ve lateral genikülat cismin iç tarafına yerleşmiştir. Burası inferior kollikulus ile işitme korteksi arasında, çıkan liflerin konak yaptığı bir ara istasyondur. Medial genikülat cisim, orta ebatta, sıkı dizilmiş hücrelerden oluşan dorsolateral (esas) ile daha gevşek yerleşimli büyük hücrelerden oluşan medial (magnosellüler) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Esas kısım, dorsal ve ventral olmak üzere ayrıca iki alt parçaya ayrılır. Bu üç parça da inferior kollikulustan çıkan lifler, işitme korteksinden ise inen lifler alır. Medial genikülat cisim işitsel korteks yanında görsel ve dokunsal duylardan da girdi alır.

7. İşitme Korteksi: İşitme korteksi, primer işitme korteksi ve asosiyel sahalar olmak üzere iki kısma ayrılır. Brodmann'ın 41 ve 42 numaralı sahalarını kapsayan primer işitme korteksi (işitsel korteksin birincil akustik bölgesi-AI), anterior transvers temporal girusu (Heschl girusu) oluşturur ve lateral sulkus içinde uzanır. Spesifik ve nonspesifik asosiyel sahalar ile çevrelenen bu alan, bir miktar süperior temporal girusa da taşar. Hem akustik, hem de diğer duysal girdileri alan ikincil akustik bölge (AII) ise süperior temporal girusta, AI'in altında uzanır. Burası Brodmann'ın 22 ve 52 numaralı sahalarına denk gelir. Asosiyasyon sahaları primer korteksi, konuşma ve kelime hazneleri ve görmeyle ilgili olan frontal ve temporoparietal bölgeye bağlar. Bazı yazarlara göre Ep adı verilen yakın olmayan bir uzanım alanı da tanımlanmıştır.

Kortekste iki çeşit hücre bulunur: küçük stellat granüler hücreler ve hem büyük hem küçükleri bulunan piramidal hücreler. Bu bölgeler de diğer duysal kortekste olduğu gibi 6 hücre tabakası şeklinde dizilmiştir. AI ve AII bölgeleri, medial genikülat cisimcikten akustik radyasyon yoluyla, karşı korteksten ise korpus kallozum yoluyla afferent lifler alır. Primer işitsel korteksin AI bölgesinin tonotropik olarak organize olduğu, makak maymunlarında gösterilmiştir. Düşük frekans bölgeleri rostrolateral, yüksek frekans

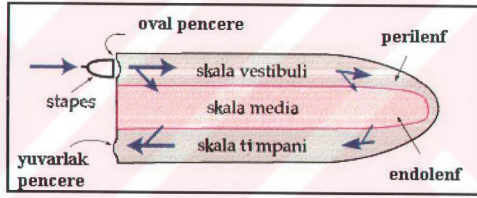
bölgeleri ise kaudomedial olarak yerleşmiştir. İnsanlarda pozitron emisyon tomografisi (PET) ile yapılan izotop çalışmaları ve manyetik alan taraması ölçümleri, maymunlardaki bu sonuçları onaylar niteliktedir. Aitkin (1990) tarafından kapsamlı olarak incelenen işitme korteksi, belli başlı üç inen lif verir (1). Bunlar talamusa, orta beyne ve ponsa gider. Her kortikal bölge medial genikülat cisme efferent lifler gönderir. Ayrıca primer işitme korteksi, hem ipsilateral hem de bilateral olarak inferior kollikulusun perisantral nükleusu ile bağlantı kurar. Asosiasyon alanları, anlamamanın yüksek düzeyleri yanında konuşma algılama ve üretiminde işitsel ve görsel bilginin ilişkilendirilmesini de sağlar. İşitsel kortekste bilgi bir hemisferden diğerine korpus kallozum aracılığıyla aktarılır. Bu sayede bilginin, işitsel algı için lisan açısından nondominant olan hemisferden dominant olan hemisfere aktarılması sağlanmış olur. Konuşma dominant hemisferde, müzik ise nondominant hemisferde işlenir. Bu bağlantıların organizasyonunda, doğumla birlikte sese temasla başlayan, plastisite mevcuttur. Daha üst düzeylerde, diğer duyu sistemlerle de bağlantılar mevcuttur. İşitsel bilgi serebelluma da ulaşarak diğer duyu bilgilerle etkileşir. İşitsel sistemin tüm düzeylerinde her iki kulaktan da girdi mevcuttur. Bu durum gürültüde işitme yanında, ses lokalizasyonuna da katkıda bulunur.

Afferent sensöriyel sisteme ek olarak ayrıca, korteksten başlayıp koklear nükleuslar ve kokleaya inen efferent nöral sistem de mevcuttur. Bu efferent sistem dikkatle ilişkili olup, işitsel sistemde yukarı çıkan uyarımların geri beslemesini sağlar.

İŞİTME FİZYOLOJİSİ

Atmosferden gelen ses dalgalarının, beyin sapı ve kortikal merkezlerde algılanıp, karakter ve anlamının anlaşılabilmesi için bir takım değişikliklere uğraması gerekmektedir. Bu değişim basamakları, işitme fizyolojisinin ana konusunu oluşturmaktadır. İç kulakta sesin algılanması ile

İlgili çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Günümüzde en fazla kabul gören ve geçerli olan von Békésy'nin 'Traveling Wave (İlerleyen Dalga) Teorisi'dir. Bu teoriye göre, stapes hareketi ile başlayan ve perilemf ile iletilen mekanik dalga, bazal membranı koklea tabanından helikotremaya (apekse) doğru hareketlendirir. Bu dalganın özelliği, amplitüdün giderek artması ve titreşimlerin belli bir bölgede maksimum amplitüde ulaştıktan sonra birden sönmesidir. İletim dalgası, bazal membran üzerinde, uyarının taşıdığı frekansa denk gelen bölgede maksimum amplitüde ulaşır ve bu bölgeyi hareket ettirerek Corti Organına ulaşır. Corti Organına gelen mekanik uyarın elektriksel uyarana çevrilip, akustik nöronların dendritlerini uyarır. Akustik uyarın kortekse ulaştığı zaman önceki ses deneyimlerine göre bellek tarafından hatırlanarak algılanır.



Şekil 5. Von Békésy'nin 'İlerleyen Dalga' Teorisine göre işitme mekanizması.

İşitsel bilgi nöral cevaba iki yolla kodlanır; bunlar temporal (zamansal) kodlama ve yer (frekans) kodlamasıdır. Temporal kodlama, konuşma seslerinin uzunluğu, hece sayısı, vurgu ve tonlama (örneğin ifade ve soru cümleleri) temeline dayalı bilgileri taşır. Bu karakteristikler, temel frekans özelliği, şiddet ve konuşma sesinin süresini değiştirerek değiştirilebilir. Zamansal özellikler aynı zamanda konuşmacının ruhsal durumu, ses üretimine ait yöresel karakteristikler (örneğin şive), cinsiyet, yaş ve kişiliği de yansıtır. Bilginin temporal kodlanması 400 Hz'in altındaki frekanslara sınırlıdır ve bütün koklear lokalizasyonlarda benzer gibi görünmektedir.

Konuşmanın sadece bu yönünün algılanması, tek başına konuşmayı anlayabilmek için yeterli değildir.

Yer (frekans) kodlaması ise, nöronların koklear lokalizasyonundan kaynaklanan sesin perdesi gibi spesifik algısal özelliklerini yansıtır. Özel konuşma seslerinin ayırımı için en önemli ipuçları, frekans temeline dayanır. Vokal yolun titreşimi tarafından üretilen enerji yoğunlaşmaları, formant piklerine bölünür. İlk formant (F_1) 1.2 ile 1 kHz arasını, ikinci formant (F_2) 1 ile 2 kHz arasını ve üçüncü formant (F_3) ise 2 ile 3 kHz arasını kapsar. 400 Hz'in üzerindeki frekanslarda perde (pitch) algısı, tonotropik olarak dizilmiş nöronların aktivasyonu tarafından belirlenen yüksekten alçağa ses frekansı algısını temsil eder.

Hem tek hem de çok elektrotlu koklear implant sistemleri, sesin temporal özelliklerini iletir, ancak sadece çok kanallı implant sistemleri yer kodlamasının avantajından yararlanabilmeyi sağlar. Bir elektrodun elektriksel stimülasyonla oluşan perde algısı, elektrodun tonotropik lokalizasyonu ve stimülasyon hızı ile belirlenir. Her elektrodun karakteristik bir frekans sahası vardır. Konuşmanın anlaşılabilmesi için frekans bilgisi veren en az 4 kanal gereklidir. Yıllar içinde koklear implantların elektrot sayısı fazlaştıkça işitsel performanslar da artmaya başlamıştır. Bunun nedeni artan elektrot sayısı olduğu kadar, sinyal işlemedeki iyileşmedir. Farklı koklear implant üreticileri, farklı kelime kodlama stratejileri, farklı kanal sayıları ve stimülasyon modları ile çeşitli sinyal işleme yöntemleri geliştirmişlerdir.

İŞİTSEL UYARILMIŞ ELEKTROFİZYOLOJİK CEVAPLAR

A. Elektrokokleografik Cevaplar (ECoG): Koklea içinde meydana gelen sumasyon potansiyeli (SP), koklear mikrofonic (CM) ve işitme sinirinden kaynaklanan bileşik aksiyon

potansiyelini (AP) içeren objektif bir testtir. Kayıt timpanik veya ekstratimpanik elektrotlarla yapılır.

B. Verteks Kayıtlı İşitsel Uyarılmış Potansiyeller : Bir elektrot vertekse, diğer elektrot dış kulağa yakın (mastoide veya kulak lobülüne) yerleştirilir. Vertekste oluşan yukarı defleksiyon, mastoiddeki bir elektrot referansına göre negatif voltajı temsil etmektedir.

1. Erken Latanslı Cevap (Auditory Brainstem Response Audiometry - ABR, BERA) :
0 - 8 ms arasını görüntüler. I - VII'nci dalgaları içerir. V'inci dalga en geniş ve potansiyeli en güvenilir olandır. Ses uyarı ile baziler membranın titreşmesi, Corti Organında yer alan saçlı hücreler tarafından elektriksel enerjiye çevrilir. Bu aktivite, sinir lifleri ile beyin sapı ve kortikal işitme merkezlerine kadar taşınır. Bu şekilde işitme siniri ve beyin sapında meydana gelen elektriksel aktivitenin saptanması ve kaydedilmesi, ABR'nin temelini oluşturur.

Bir ABR kaydında 7 dalga saptanır. I'inci dalga işitme sinirinin distaline, II'nci dalga işitme sinirinin proksimaline, III'üncü dalga dorsal koklear çekirdeğe, IV'üncü dalga superior olivar komplekse, V'inci dalga lateral lemniskusa, VI'nci ve VII'inci dalgalar ise inferior kollikulusa ait elektriksel aktiviteleri gösterir. ABR bir tanı değil, tarama testi olarak önerilmektedir. Yoğun bakıma alınan yenidoğan bebeklerde, yüksek risk faktörü taşıyan, işitme davranış bozukluğu gösteren, şüphe verici bir hastalık geçiren ya da herhangi bir nedenle işitme kaybindan şüphelenilen çocuklarda mutlaka yapılması gerektiği belirtilmektedir.

2. Orta Latanslı Cevaplar (Middle Latency Response - MLR) : İşitme uyarımından sonra 8 - 40 ms arasında ortaya çıkan dalgalardır. N_0 , P_0 , N_a , P_a , N_b dalgalarını içerir. P_a , her iki hemisferde mononöral uyarı ile bile gözlenebilir ve kortikal haritalamada bu dalga Sylvian fissür bölgesine uyar. Uyku durumu ve uyku MLR dalgalarının amplitüdlerini azaltır. Lezyon

çalışmaları, N_a dalgasının ise medial genikülat ve talamokortikal uzanımları içeren orta beyinden köken aldığını göstermektedir. ABR ile birlikte MLR cevabından faydalı klinik bilgi elde edilebilir. 1000 Hz'in altındaki frekanslarda da güvenilir olan MLR, yüksek ve alçak frekanslar için tamamlayıcı bir bilgi sağlar (6). Küçük çocuklarda objektif eşik tayini, en çok ABR'nin yüksek frekanslarda işitme kaybı gösterdiği vakalarda gereklidir. Bu durumda uygun işitme cihazı ayarı için düşük frekanslara ait spesifik bilgi gerekecektir. Bu durumda MLR'de tekrar edilebilir bir dalga elde edildiğinde, klinisyen işitme duyarlılığının o seviye için tespit edilenden daha kötü olmadığını düşünebilir. Aksine, bir cevabın bulunmaması işitmenin o düzeyde kesinlikle olmadığı anlamına gelmez. MLR, ayrıca merkezi işitme sistemi hastalıklarında, nörolojik değerlendirmede ve koklear implant değerlendirmesinde de kullanılmaktadır. Erişkinlerde konuşma testlerinden çıkan sonuçların, objektif çapraz kontrolü için de MLR kullanılabilir. Araştırmalar, beyin sapı ve beyne ait işitsel işleme ile ilgili elektrofizyolojik testlerin, 11 yaşın altına inildikçe artan düzeyde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Normal skor dağılımındaki bu durum, bu testlerin duyarlılığını düşürmekte ve farklı sonuçların değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Fifer ve arkadaşlarının çalışmasında duyarlı konuşma testlerinde anormal performans skoru ile MLR anormalliği arasında belirgin ilişki saptanmıştır (6). Orta latanslı cevaplar, bir hastanın nörolojik durumunu değerlendirmede, total uyarılmış yanıtlar test bataryasına değerli bir katkı sağlar. Şimdiye kadarki tecrübelerle göre ABR, multipl skleroz gibi nörolojik antitelerin ayırıcı tanısında kullanılan tek işitsel uyarılmış yanıt testidir. Ancak anatomik bölgelerin dağılımı düşünüldüğünde MLR, ABR'nin önemli bir tamamlayıcısı olacaktır (21). Nörolojik hastalıkların çoğunda klinik olarak aşikar olmayan bozukluklar mevcuttur, ayrıca bu hastalıkların çoğunun yaygın olması beklenmekle birlikte sensöriyel sistemin bir kısmına sınırlı da olabilir. Örneğin, MS tanısı olup işitsel yakınması olmayan birçok hastanın ABR'si normalken, MLR kayıtları anormal olabilir. Son zamanlarda MLR uygulamaları,

serebrovasküler bozukluklar ve neoplazmlar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu vakalarda, uyarılmış potansiyel verileri, medikal ve cerrahi tedavinin belirlenmesi, sonuçlarının dokümentasyonu ve özellikle kafa travmalarından sonra prognoz hakkında bilgi sağlamak açısından yararlıdır.

3. Geç Latanslı Cevaplar (Late Latency Response-LLR, Cortical Evoked Response Audiometry-CERA) : 50 - 250 ms arasında ortaya çıkan korteks kaynaklı dalgalardır. P₁, N₁, P₂ ve N₂ dalgalarından oluşur. Elektrotlar ABR testindeki gibi yerleştirilir. 0.5 - 2 sn aralıklı saf ses uyarılar kullanılır ve art arda 50 - 60 uyarı verilir. İşitmesi normal olan bir erişkinde elde edilen potansiyelde, 50 - 60 ms'de küçük bir pozitif zirve (P₁), yaklaşık 100 ms'de büyük bir negatif zirve (N₁) ve yaklaşık 175 ms'de büyük bir pozitif zirve (P₂) bulunur. Tüm işitsel uyarılmış potansiyeller içinde eşik değeri saf ses işitme eşiğine en yakın olarak saptanan potansiyellerdir.

Sadece birincil işitme korteksinden üretilmediği, daha çok kortikal asosiasyon alanlarından köken aldığı için latansı geçtir. Beynin beş birincil duyusundan her biri, beyne iki farklı yol ile bilgi gönderir: özel (direkt) ve özel olmayan yol. Özel olmayan yol 'retiküler sistem' olarak bilinen yapıları içeren nöral sistemde tüm duyu sistemleri aynı büyük nöral yapıları paylaşır, yani özel olmayan yapıları içerir. Özel olmayan yollar ile yukarı çıkış multisinaptiktir ve böylece uzun gecikme zamanları ile karakterizedir.

Kortikal nöronlar bilinç durumu, anestezi ve dikkat derecesinden etkilendikleri için, testin klinik durumlarda kullanımı sınırlıdır. Ayrıca kas hareketleri de bu testin netliğini bozduğundan işbirliği önemlidir. LLR, erişkinler ve büyük çocuklarda işitme eşliğinin objektif ölçümüne olanak sağlar ve hastaya rahatsızlık vermez. LLR'nin işitme eşiklerini belirlemek için küçük çocuklarda kullanımı sınırlıdır. Çünkü, çocuklarda işbirliği zor olduğundan tekrarlanan ölçümlerde benzer kayıtlar elde edilemeyebilir ve sonuçların yorumunu riskli hale getirebileceğinden sedasyon

yapılamaz. LLR, sese daha üst düzeylerin (korteksin) cevaplarını göstermede, ABR işitsel nöropatiyi düşündürdüğünde, çok kullanışlıdır. Aynı zamanda, LLR'deki anormallik, intakt erken cevaplarla (ABR ve MLR) birlikteyse üst seviyelerdeki disfonksiyonu gösterir.

SENSÖRİNÖRAL İŞİTME KAYIPLARI

Sensörinöral işitme kayıpları (SNİK), ya kokleanın sensöriyel uç organındaki ya da merkezi sinir sistemine uzanan nöral iletim yolundaki defektlere bağlıdır. Bu defekt, Corti Organının akustik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmesi veya nöral impulsların merkeze iletimi sürecinde ortaya çıkar. Sensöriyel kayıp kokleanın dejeneratif, toksik, immün kökenli, infeksiyöz veya travmatik zarara uğramasına, ayrıca genetik veya vaskülopatik etyolojilere bağlı olabilir. Nöral iletimin bozulması, en sık travmatik sinir hasarına veya bir neoplazmdan kaynaklanan sinir lezyonuna bağlıdır. Santral nöral iletim, her iki kulaktan gelen bilateral yolları kapsar. Bu yüzden, santral defektlerin belirlenmesi güç olup, genellikle ses lokalizasyonunun bozulması gibi muğlak bulgulara neden olur. SNİK'lerin tedavisinde en sık işitme cihazları kullanılır. Mümkün olduğunda nedene yönelik tedaviye (perilenf fistülü tamiri, akustik nörinomun cerrahi eksizyonu veya sifilis enfeksiyonu için antibiyotik ve kortikosteroid tedavisi gibi) başvurulur. İmmün kökenli işitme kaybı ve idiopatik ani SNİK için steroid tedavisi önerilmektedir. Bilateral çok ileri sensörinöral sağırılık vakalarında koklear implantasyon tek etkili seçenektir.

SENSÖRİNÖRAL İŞİTME KAYIPLARINDA ETİYOLOJİ

1) Kalımsal (herediter) nedenler :

Sensörinöral işitme kayıplarını kalımsal ve kalımsal olmayan nedenler şeklinde inceleyebiliriz. Kalımsal nedenler doğumsal veya sonradan olabileceği gibi kalımsal olmayan nedenler de doğumsal veya sonradan olabilir. Doğumsal terimi, bozukluğun doğumda mevcut olduğunu gösterir, etiyojisi ile ilgili bilgi vermez. Kalımsal (herediter) terimi ise bozukluğun daha önceki kuşaklardan DNA, genler ve/veya kromozomlar aracılığıyla geçtiğini belirtir.

Doğumsal işitme kayıplarının %60'tan fazlasının genetik faktörlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Kalımsal işitme kayıplarının yaklaşık %70'i sendromik olmayan, geri kalan %30'u ise diğer anomalilerle birlikte görülen sendromik işitme kayıplarıdır. Prelingual sendromik olmayan işitme kayıplarının %75'i otozomal resesif, %10-20'si otozomal dominant, %2-3'ü X'e bağlı, %1'den azı ise mitokondriyal geçişlidir.

Sendromik olmayan işitme kaybı, heterojen bir yelpaze arz eder. İşitme kaybına yol açan 40'in üzerinde gen lokalize edilmiştir ve yaklaşık 100 - 300 genin işitme kaybından sorumlu olduğu düşünülmektedir. Doğumsal işitme kayıplarının büyük bir kısmında gen defektinin resesif geçiş gösterdiği belirtilmektedir.

Genetik işitme kayıpları çoğunlukla çift taraflıdır, ancak tek taraflı konjenital işitme kayıpları da vardır. İşitme kayıpları giderek artıyorsa, bu dominant karakterli bir gen ile geçtiğinin işareti olabilir. Resesif karakterli genlerle geçen işitme kayıpları ise sabit kalır.

Otozomal Resesif Geçişli Kalımsal İşitme Kayıpları:

Otozomal resesif geçişte doğumsal, ileri-çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı görülmekte ve kayıp, tüm frekansları etkilemektedir. Nadiren 10 - 12 yaşlarında geç dönemde

başlayan, 4 - 5 sene içinde çok ileri derecede kayba kadar ilerleyen işitme kayıpları da görülmektedir.

İşitme kaybına neden olan gen bozukluklarının tam olarak hangi genleri içerdiği bilinmemektedir. 3q11-12'de yerleşen konneksin 26 (GJB2) gen mutasyonunun, sendromik olmayan prelingual sensörinöral işitme kayıplarının yaklaşık %50-80'inde rol oynadığı belirlenmiştir. Konneksinler transmembran proteinler olup iyonlar ve küçük moleküllerin hücreler arasında hızlı geçişini sağlayan kanallar şeklindedir. Alfa (GJA) ve beta (GJB) olmak üzere iki tip konneksin vardır. Birçok laboratuvarında konneksin 26 mutasyon taraması ilk genetik test olarak uygulanmaya başlanmıştır.

Otozomal Dominant Geçişli Kalıtımsal İşitme Kayıpları

Otozomal dominant geçişli kalıtımsal işitme kayıpları, geç dönemde başlayıp ilerleyici bir seyir izler. İlerleme paterni, ailenin diğer üyelerine benzer. Alçak frekanslarda işitmenin normal olduğu, yüksek frekanslara doğru işitme kaybının arttığı ve presbiakuzideki gibi odyogram konfigürasyonu görülür. İşitme kaybının miktarı, resesife oranla daha azdır, orta, ileri veya çok ileri derecede işitme kayıpları görülebilir. Pek çok dominant geçişli işitme kaybında, postlingual dönemde kayıp başladığından, bu çocuklarda konuşma daha iyidir. Genel eğilim, yüksek frekanslara doğru eğimli odyogram şekli olmakla birlikte, işitme kaybı alçak frekanslarda da başlayıp zamanla ilerleyerek tüm frekansları etkileyebilir. Nadiren dalgalı fakat ilerleyici sensörinöral işitme kaybı da görülür. Kayıp yüksek frekanslarda başlayıp ilerler, zaman içinde alçak frekansları da etkilemeye başlar. 20'li yaşlarda başlayan işitme kaybı 40 yaşına kadar ileri derecede işitme kaybı haline gelir.

X'e Bağlı Sendromik Olmayan İşitme Kayıpları

Bunlar otozomal dominant veya resesif sendromik olmayan kalıtımsal işitme kayıplarına ve sendromik X'e bağlı işitme kayıplarına göre daha seyrek görülür. İşitme kaybı, genellikle

prelingual dönemde başlar, stabildir, nadiren ilerleme gösterir. Hafif derece ile çok ileri derece arasında geniş bir aralıkta, ancak sıklıkla çok ileri derece kayıp şeklinde gözlenir. İşitme kaybı tüm frekansları kapsar.

Sendromik herediter işitme kayıpları:

i) Waardenburg Sendromu

ii) Alport Sendromu

iii) Usher Sendromu

iv) Albinizm

v) Pendred Sendromu

vi) Jervell-Large-Nilsen Sendromu

vii) Trizomi 13 (Patau Sendromu), trizomi 18 (Edward Sendromu) ve trizomi 21 (Down Sendromu)

İç kulak anomalileri:

i) Michel aplazisi

ii) Mondini displazisi

iii) Scheibe displazisi

iv) Geniş vestibüler akuadakt sendromu

v) Ortak kavite deformitesi

2) Enfeksiyöz hastalıklar : Çocuklarda sensörinöral işitme kaybının en sık nedenidir.

Erişkinlerde de görülebilir.

i) Labirentit

ii) Otitis media

iii) Viral enfeksiyonlar: Herpes simpleks virüsü, Herpes zoster oticus, kızamık, kabakulak ve Sitomegalovirüs

iv) Sifilis

v) Diğer: Lyme Hastalığı, konjenital toksoplazmozis, neonatal sepsis, vs.

3) Farmakolojik toksisite :

i) Aminoglikozidler, vankomisin ve eritromisin

ii) Loop diüretikleri: Etakrinik asit, bumetanid ve furosemid

iv) Antimalaryal ilaçlar: Kinin ve klorokin

v) Nonsteroid antiinflamatuvarlar

vi) Antineoplastikler: Nitrojen mustard, vinkristin ve vinblastin

vii) Diğer: Deferoksamin

4) Renal bozukluklar :

Alport Sendromu, kronik böbrek yetmezliği, özellikle de renal transplantasyon veya hemodiyaliz uygulanan hastalar.

5) Travma :

a) Kafa travması

b) Gürültüye bağlı işitme kaybı ve akustik travma

c) Perilenf fistülü

6) Nörolojik bozukluklar :

a) Multipl skleroz (MS)

b) Benign intrakraniyal hipertansiyon (Psödötümör serebri)

7) Vasküler ve hematolojik bozukluklar:

a) Migren

b) Vertebrobasiler arter oklüzyonu

c) Hematolojik bozukluklar ve kan diskrazileri

d) Orak hücreli anemi, lösemi ve lenfoma

e) Kardiyopulmoner by-pass

f) Vasküler loop'lar

8) İmmün sistem hastalıkları :

a) Sistemik otoimmün hastalıklar: Cogan Sendromu, Poliarteritis nodoza, tekrarlayan polikondrit, Wegener granülomatozu, skleroderma, temporal arterit, sistemik lupus eritematosus, sarkoidoz, vb.

b) Primer otoimmün iç kulak hastalığı

c) AIDS

9) Neoplaziler : Vestibüler schwannom (akustik nörinom), menenjiomlar, dermoid kist, lipom, hemanjiom, metastatik adenokarsinom, vb.

10) Endokrin ve metabolik bozukluklar : Diabetes mellitus, konjenital hipotirodizm ve hipoparatiroidizm.

11) Etiyolojisi bilinmeyen hastalıklar :

i) Presbiakuzi

ii) Ménière hastalığı

Tüm bu nedenlerden en sık görülen ve bilateral tutulum yaparak koklear implant endikasyonu oluşturanlar şunlardır: Bakteriyel ve viral labirentitler, kabakulak, kızamık, menenjit, Ménière Hastalığı, otoskleroz, ototoksik ilaçlar, perilenfatik fistül, travma, vasküler nedenler, Cogan sendromu konjenital sifiliz ve nedeni bilinmeyen ani işitme kaybı.

İŞİTME KAYIPLARININ ŞİDDETLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

İşitme kaybının derecesini tanımlamada, konuşma frekanslarındaki (500 Hz, 1 kHz ve 2 kHz; ANSI - 1989) saf ses hava yolu işitme eşikleri ortalamasına göre Goodman tarafından geliştirilmiş olan sınıflandırma, tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna göre:

0-25 dB'e kadar olan kayıplar: Normal,

26-40 dB'e kadar olan kayıplar: Hafif,

41-55 dB'e kadar olan kayıplar: Orta,

56-70 dB'e kadar olan kayıplar: Ciddi,

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

90 dB'in üstündeki kayıplar: Çok ileri (derin) işitme kaybı olarak tanımlanır.

SENSÖRİNÖRAL İŞİTME KAYIPLARININ REHABİLİTASYONU

Cerrahi ve medikal tedavinin etkili olamadığı yerleşmiş SNİK'lerin rehabilitasyonunda işitmeyi sağlamak için işitme cihazları kullanılır. Günümüzde kullanılan işitme cihazları, sesleri yükselterek eşik düzeyi üzerine çıkarıp, hava veya kemik yolundan kulağa vererek algılanmasını sağlamaktadır. Bu cihazların fonksiyon görebilmesi için rezidüel işitmenin bulunması ve fonksiyonları azalmış bile olsa saçlı hücrelerin varlığı gerekmektedir. Rezidüel işitmesi olmayan veya çok az olan işitme kayıplarında işitme cihazları yeterli olmamaktadır.

KOKLEAR İMPLANTASYONUN TARİHÇESİ

İşitme sinirinin ilk elektriksel stimülasyonu 18. yüzyıl sonlarında Kont Alessandro Volta tarafından gerçekleştirilmiştir. Volta, kulaklarına soktuğu metal çubuklara 50 Volt akım uygulamış ve 'koyu bir çorbanın kaynama sesi'ne benzer bir ses duymuştur. Bazı kulak hastalıklarında elektriksel stimülasyonun kullanıldığı 19. yüzyıl sonlarına kadar, bu çalışmalara ara verilmiştir. 1957'de iki Fransız Eyries ve Djourno, fasiyal paralizi nedeniyle cerrahi müdahale geçirecek iki ileri derecede işitme kayıplı iki hastanın işitme sinirini ameliyat sırasında uyarılmış ve hastalar rulet çarkının dönüş sesine benzer bir ses duyduklarını ifade etmişlerdir. 1961'de House ve Doyle, skala timpaniye elektrot yerleştirerek işitme siniri uyarılması yaklaşımını tanımladılar. 1964 yılında Stanford Üniversitesi'nden Simmons, Mongeon, Lewis ve Huntington sağır kişilerde koklear siniri bipolar elektrotlarla uyarılmışlar, fakat sonuçları umut kırıcı olduğu ve kokleanın uzun süreli olarak elektriksel stimülasyonunun koklear hasara yol açacağını ileri sürmüşlerdir.

1968'de Dr. Robin Michelson, uzun süreli hayvan deneyleri ile elektrotların zararlı etkilerinin olmadığını bildirmiştir. Dr. William House ve bir elektrik mühendisi olan Jack Urban kendi çabaları ile bir implant sistemi ve hasta tarafından taşınabilen bir sinyal işlemleyicisi geliştirmişlerdir. 1973 yılında House ve ekibi hasta seçimi kriterlerini belirlemişler ve ayrıca rehabilitasyon programı hazırlamışlardır. FDA onayı alan ilk implant olan 3M/House implantı 1985 yılında 3M firması tarafından piyasaya sürülmüştür (18,19).

70'li yıllarda Melbourne Üniversitesi'nden Dr. Graeme Clark çok kanallı implantlar üzerine çalışmaya başlamıştır. Fransız Dr. Chouard ise dış düzenden iç cihaza bilgi ve gücü radyofrekans dalgalarını kullanarak iletmeyi başardı. Dr. Clark, Nucleus Şirketi ile birlikte

yaptığı çalışmalar sonrasında, 1984 yılında ilk multikanal implantı uygulamış ve bunların monokanal implantlara üstünlüğünü göstermiştir. 1980'lerin sonlarında koklear implant cihazları çok ileri derecedeki işitme kayıplarının tedavisinde güvenilir cihazlar haline gelmişlerdir.

1990'lı yıllarda koklear implantlardaki teknolojik gelişme hız kazanmış ve elektrot sayısı 8'den 24'e yükselmiştir. Günümüzde 4 majör koklear implant üreticisi firma mevcuttur: Cochlear Corporation, Avustralya (Nucleus), Advanced Bionics, ABD (Clarion), Medical Electronics, Avusturya (Combi 40+), Laboratoires MXM, Fransa (Digisonic). Yeni cihazları geliştirirken amaç, kelime ayırt etme skorlarını yükseltmek ve konuşma işlemcisini küçülterek kozmetik açıdan daha iyi sonuçlar elde etmektir.

KOKLEAR İMPLANTLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Koklear implant, ileri derecede sensörinöral işitme kaybı bulunan kişilerde işitmenin yeniden sağlanmasına olanak veren ve bu bireylerde işitmeye dayalı iletişim yolunu yeniden açan bir işitme protezi sistemidir. Bu sistem, sese ve konuşmaya ilişkin bilgileri elektrik sinyallerine dönüştürerek işitme sinirinin doğrudan uyarılmasını ve böylece beyin tarafından yorumlanarak anlamlı hale getirilmesini sağlamaktadır.

Çeşitli nedenlerle ağır koklear hasarı bulunan hastalarda, iç saçlı hücreler görevini yapamamaktadır. Koklear implantın teorik temeli, akustik sinyalin, spiral gangliyonun koklea içindeki yerleşimine bağlı olarak koklear sinirde bir dereceye kadar temsili üzerine kurulmuştur. Koklear implantlar aslında sadece hasarlı saçlı hücrelerin yerine geçerek seslerin kodlanmasını sağlamak üzere rezidüel koklear sinir fibrillerini elektriksel olarak uyarılmaktadır. Bu uyarım daha

sonra işitme işlemini tamamlamak üzere üst merkezlere taşınmaktadır. Bir işitsel sinir lifi uyarıldığında meydana gelen algının niteliği, bu lifin merkezi sinir sistemi ile ilişkili olduğu alana bağlıdır. Yani bu lif ne şekilde uyarılırsa uyarılsın, bu mesajın ne tür bir duyumu oluşturacağı ve ne anlam taşıyacağı, bu lifin korteksle ilişkili olduğu bölgeye göre değişecektir. Bu durumda, işitme siniri lifleri, ister Corti Organındaki saçlı hücreler tarafından uyarılsın, isterse doğrudan elektrik sinyalleri ile uyarılsınlar, kortekste işitme alanı ile ilişkili olduklarından, iki tür uyarımın sonucunda da bir işitme duyumu yaratılmış olacaktır. Koklea ve spiral gangliyonun tonotropik olarak düzenlenmiş olması ve spiral yapısı sayesinde, bu düzene uygun elektrot insersiyonuna izin vermesi, koklear implantasyonun teorik temellerini oluşturur (26).

Birçok çalışma, ileri derecedeki sensörinöral işitme kayıplarında patofizyolojik mekanizmada nöralden çok sensöriyel kaybın etkili olduğunu göstermiştir. Bu durum koklear implant geliştirilmesinin temelini teşkil etmiştir. Normalde spiral gangliyondaki bipolar nöron sayısı 35 - 40 bin arasındadır. Çok ileri derecede işitme kayıplarında ise, işitme kaybının etyolojisine göre değişmekle birlikte, bu nöronlardan %10 ila %70 kadarının korunduğu tespit edilmiştir (39). Canlı nöron sayısı ototoksositeye bağlı sağırılıkta en fazla, menenjitte bağlı olanda ise en azdır. Kerr ve Schucknecht konuşmayı tanıma kapasitesinin korunması için yuvarlak pencereden 15 - 22 mm ötede, üst bazal ve ikinci kıvrımdaki nöronların en kritik öneme sahip olduklarını bildirmişlerdir (23). Otte ve arkadaşları, ciddi sensörinöral işitme kaybı olan vakalarda konuşmayı ayırt etmenin korunabilmesi için, 3000 veya daha fazlası kokleanın apikal 10 mm'sinde olmak üzere, en az 10000 spiral gangliyon hücresinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Aynı yazarlar çok ileri derecede SNİK bulunan hastaların %45'inde, gangliyon hücre popülasyonundan normalin üçte biri veya daha fazlasının korunduğunu tespit etmişlerdir (37). Gangliyon hücreleri sayıca her on yılda bir yaklaşık 2000 azalır. Bu nedenle yaşlı kimselerde koklear implantın başarısı gençlere göre daha azdır. Nadol ve arkadaşları, çok ileri

derecede SNİK bulunan insanlara ait 93 kokleada yaptıkları araştırmada ana spiral gangliyon popülasyonunun yarısının normal olduğunu bildirmişler; kaybın daha yaşı hastalarda, daha uzun süreli işitme kaybı olanlarda ve bazal kıvrımda daha fazla olduğunu göstermişlerdir (35). Spiral gangliyon hücresi sayısı ile koklear implant performansı arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını ifade eden yazarlar da mevcuttur. Patolojinin Corti Organından daha proksimalde, her iki işitme sinirinde olduğu nörofibromatozis tip-II vakalarında direkt olarak koklear nükleusları beyin sapında uyaracak olan ‘beyin sapı implantı’ geliştirilmiştir. Bu cihazların kullanımı ise henüz yaygınlaşmamıştır.

KOKLEAR İMPLANT TIPLERİ

Koklear implantlar koklea içine sokulan elektrot sayısına göre tek kanallı ve çok kanallı olmak üzere iki tipe ayrılır. Akustik sinyalin tek bir elektrot üzerine kodlandığı tek kanallı implantlar günümüzde artık kullanılmamaktadır. Çok kanallı implant performans sonuçlarının daha iyi olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur (45, 8, 51). Günümüze kadar geliştirilmiş implantlar şunlardır:

A. Tek kanallı implantlar:

1) House/3M

2) Vienna/3M

B. Çok kanallı implantlar:

1) Nucleus

2) Clarion

3) Med-El

4) Digisonic

5) Inneraid

KOKLEAR İMPLANTLARIN AKSAMLARI

Koklear implantlar iç ve dış olmak üzere iki ana parçadan oluşur.

A. DIŞ PARÇA:

1) Mikrofon: Bazı işitme cihazlarında da olduğu gibi kulak arkasındaki parça üzerinde bulunur ve sesleri toplar. Mikrofon bir veya iki adet olabilir.

2) Konuşma işlemcisi (speech processor): Mikrofondan gelen sinyalleri analiz eder. Analog sistemlerde, konuşma işlemcisine gelen bilgi aslına benzer biçimde iletilir. Bazı cihazlarda ise sinyaller daha komplike işlemlerden geçirilmekte ve sesin oluşumunda özelliği olan unsurlar seçilerek iletilmektedir. Eski cihazlarda vücutta taşınan bir walkman büyüklüğündeyken, günümüzde artık mikrofonta entegre biçimde kulak arkasında taşınmaktadır. İçinde implantın enerjisini sağlayan piller bulunur.

3) İletici bobin (transmitting coil): Analiz edilen sinyalleri ciltten elektromanyetik indüksiyon/radyofrekans yoluyla alıcıya ulaştırır. İlk cihazlarda sinyaller elektrotlara perkütan bağlantı ile doğrudan gönderilirken, bu yöntemin enfeksiyöz komplikasyonlara yol açması nedeniyle, günümüzde iletici bobin içindeki mıknatıs aracılığıyla, kranyum içine yerleştirilmiş olan alıcı üniteye takılmakta ve uyarılar transkütan yolla iletilmektedir.

B. İÇ PARÇA:

1) Alıcı ünite (internal receiver): Kulak arkasında kemik içine açılan kaviteye yerleştirilir. Üzerindeki mıknatıs sayesinde iletici bobini, manyetik kuvvetle kafa cildi üzerinde tutar. İletici bobinden gelen bilgileri cilt yoluyla alıp elektrotlara gönderen bir mikroşlemcidir.

2) Elektrot dizisi: Alıcı ünitenin düzenlediği uyarıları kokleaya nakledeleler. İki tip elektrot yerleştirme biçimi mevcuttur:

a. Ekstrakoklear: Burada elektrotlar yuvarlak pencere üzerine veya koklea modiolusuna yerleştirilir (Hochmair, Banfai, Fraser ve Douck tipleri).

b. Intrakoklear: Elektrotlar yuvarlak pencere yoluyla skala timpani içine yerleştirilir. Asıl kullanılan bu yoldur, çünkü burada elektrotlar koklea uzunluğu boyunca yerleşmiş olan spiral gangliyonu en yakın hale gelir.

Elektrot stimülasyonunun şekli başlangıçta monopoldü. Yani aktif elektrot intrakoklear, toprak elektrot ise ekstrakokleardü. Bu tipte siniri uyarmak için daha düşük akıma ihtiyaç duyuluyordu. Bipolar stimülasyonda ise aktif ve toprak elektrotlar koklea içindedir, daha sınırlı bir bölgeyi stimüle ederler ve kanallar arası etkileşim, monopolar olanlardan daha azdır. Stimülasyon şekli mapping sırasında programcı tarafından değiştirilebilir.

KOKLEAR İMPLANTLARDA AKUSTİK SİNYALLERİN İŞLENMESİ

(SIGNAL PROCESSING)

Koklear implant ile konuşmanın anlaşılabilmesi için insan sesleri fizyolojik bakımdan anlaşılabilir biçimde kodlanmalı ve elektrot sistemine aktarılmalıdır. Buna 'sinyal işleme' denir. İşitsel rehabilitasyonda etkili bir sinyal işleme için konuşma sinyalinden en önemli temporal ve frekans ipuçları seçilmelidir. Burada amaç bir konuşmayı anlayabilmek için bu

konuşmanın en önemli karakteristiklerini, yani frekans enerjilerini ve bunların sürelerini seçmek ve bunları sinir sistemine aktarmaktır. Sinyal işlemede ses yeterli bir hızda ve yüksek güvenilirlikle formantlarına ayrılır. Başarılı bir işleme için sinir sisteminin de yeterli olması gerekir. Bunun için gangliyon hücrelerinin sayısı hiçbir zaman normalin %10'unun altında olmamalıdır. Sağlam gangliyon hücrelerinin apikal ve median koklea turlarına, yani konuşma frekanslarına uyan bölgede bulunması ikinci önemli gerekliliktir.

Normal kişilerde ses sinyalleri kokleadaki hücreler tarafından hazırlanır ve kodlanır. Ancak koklear implant kullanan bir kimsede bu hücreler bulunmadığından, kodlama işi koklear implantın konuşma işlemcisine kalmaktadır. Koklea ve daha üst merkezlerde işitsel bilgilerin hazırlanması konusundaki bilgilerimiz yetersizdir. Son zamanlarda beyin sapı implantlarının uygulanmaya başlamasıyla bu konudaki bilgilerimiz artmaya başlamıştır. Günümüzde kullanılan üç temel strateji mevcuttur:

1) Analog Filter Bank Stratejisi: Elektrotlar, yüksek yoğunluktaki sinyallerin sıkıştırılmasıyla elde edilen sinüzoidal akımlarla stimüle edilir. Her elektrot kanalı için ayrı 'frekansa göre kodlanmış filtre' kullanılır ve sinüzoidal uyarın intrakoklear elektrotlara tonotropik tarzda verilir. Bu şekildeki uyarılma ile konuşma tek kanallı cihazlardan daha iyi anlaşılır. Ancak bütün elektrotlar aynı anda uyarıldığı için elektrotlar arasında ortaya çıkan etkileşim önemli sakıncalar doğurabilir (39). Gangliyon hücrelerinin sayısı normalden ne kadar azsa ve ne kadar yüksek frekanslar kullanılırsa kanallar arası etkileşim de o kadar fazla olur. Bu nedenle elektrotların farklı zamanlarda uyarımı gündeme gelmiştir.

2) 'Feature extraction' stratejisi: Ses sinyalleri kodlanır ve konuşmanın anlaşılabilmesi için kritik olan frekans bilgisi konuşma sesinden ayıklanır. Temel formant (F_0) ile diğer formant frekansları (F_1 , F_2 ve devamı) konuşma sinyalinden ayrılır ve tonotropik olarak belirli elektrotlara gönderilir. F_2 ve daha yüksek frekanslar bazal elektrotlara gönderilirken, F_1 ve F_0 formantları

median ve apikal elektrotlara gönderilir. Son zamanlardaki gelişmelerle sadece frekans değil, aynı zamanda sesin şiddeti de uyarımda yansıtılabilir olmuştur. Elektrotlar kokleanın dışına yerleştirilmiş bir toprak elektrot sayesinde monopolar olarak uyarılabilir. Bu güç tüketimi açısından avantajlıdır. Birbirine yakın elektrot çiftleri şeklindeki bipolar uyarım ise daha avantajlıdır. Ancak uyarım şekli hastanın bireysel tercih ve performansına göre uyarlanabilir. Nucleus Mini 22 cihazı ile birlikte kullanıma giren SPEAK (Spectral peak) stratejisinde, ses sinyalinin 22 kanal için kısa süreli spektral analizi yapıldıktan sonra en yüksek amplitüdü 6 kanal belirlenmekte ve bunlar birbirlerinden farklı zamanlarda uyarılmaktadır. Burada konuşma ve seslerin anlaşılmasını sağlayan spektral tepeler otomatik olarak ortaya çıkmaktadır.

3) Filtre Bankası Stratejisi: En son geliştirilmiş olan bu işleme stratejisinde iç parçadaki alıcı-uyarıcı yüksek şiddetteki sesleri filtre eder ve konuşma seslerindeki karakteristik özellikleri şiddetlerine göre ayırır ve bunları ayrı ayrı zamanlarda (interleaved) elektrotlara gönderir. Böylece kanallar arası etkileşim en aza inmiş olur ve elektrot yoluyla alınan bilgi en yüksek düzeye çıkar. Elektrotların uyarımı tonotropiktir. Ses spektrumu milisaniyeler içinde analiz edilir, maksimal çalışma sırasında 10'a kadar kanal birden uyarılabilir. Bu işlem, devamlılık için 4 ms'lik zaman pencerelerinde yenilenir.

KOKLEAR İMPLANT MODELLERİ

TEK KANALLI KOKLEAR İMPLANT SİSTEMLERİ

1. House/3M Koklear İmplantı: İlk olarak William House tarafından 1970'lerin başında geliştirilen bu sistem 3M şirketi tarafından düzenlenerek House/3M koklear implant sistemi adını

almıştır (18). Burada mikrofondan alınan akustik sinyal, 340 - 2700 Hz bant geçişli filtrede işlenir. Daha sonra bu işlenmiş sinyal 16 kHz taşıyıcı sinyal ile düzenlenir. Düzenlenmiş sinyal amplifiye edilerek dış indüksiyon kablosuna iletilir. Sinyal çıktı amplifikatörü hastanın stimülasyon düzeyini kontrol edebilmesini sağlar. Sonunda sinyal değişikliğe uğramadan aktif elektroda taşınır. House/3M sınırlı temporal bilgi sunması nedeniyle hastaların çoğu açık uçlu konuşma testlerinde başarılı olamamıştır. Rosen ve arkadaşlarının çalışmasında dört hastada ünsüzleri doğru tanıma skoru %37 olarak bulunmuştur (46).

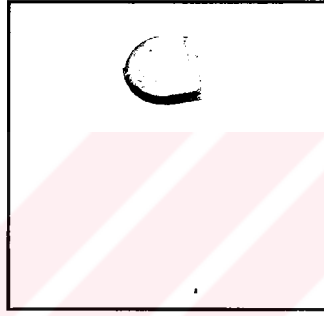
2. Vienna/3M Koklear İmplantı: Vienna Teknik Üniversitesi'nde 1980'lerin başında geliştirilmiştir. Amplifiye edilen sinyal kısa atak süresi (0.5 ms) kazanç kontrollü bir yükseltici kullanılarak sıkıştırılmaktadır. Sonra bu sıkıştırılmış sinyal 100 - 4000 Hz aralığı dışındaki frekansları baskılayan bir frekans eşitleme filtresi yoluyla desteklenmektedir. Radyofrekans yoluyla implante edilmiş olan alıcıya transkutanöz olarak iletilen sinyal sonuçta intrakoklear elektroda iletilir. Vienna/3M cihazı konuşma sinyalindeki temporal değişiklikleri korur. Hochmair ve ark. 22 hastalık bir çalışmada (1983) tek heceli kelimelerde %30 doğru yanıt, cümlelerde ise ortalama %45 yanıt aldıklarını bildirmişlerdir. Bununla birlikte hastaların tümünde başarılı olamamışlardır (15).

ÇOK KANALLI KOKLEAR İMPLANT SİSTEMLERİ

Çok kanallı implantlar değişik sayılarda intrakoklear elektrot dizisine sahip olduklarından koklea içinde pek çok noktadan tonotropik stimülasyon sağlar.

1) Nucleus çok kanallı koklear implantı: Avustralya Melbourne Üniversitesi'nde Clark ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu sistem Nucleus Şirketi tarafından pazarlanmaktadır.

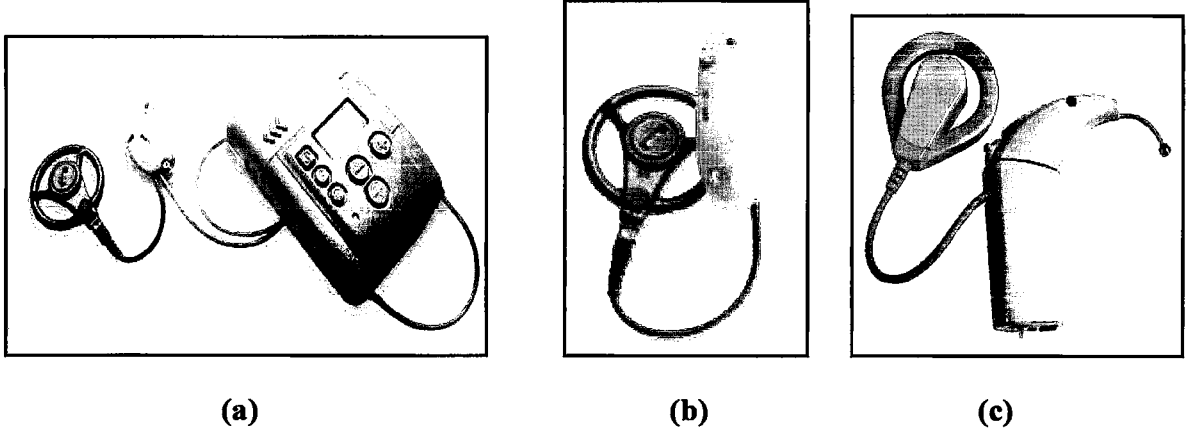
Çalışmalar 1978 yılından başlamış, 1982 yılında ise ilk Nucleus 22 koklear implantı uygulanmıştır. Nucleus 22'nin erişkinlerde kullanımı 1985'te uygun görülmüştür. İlk konuşma işlemcisi olan MSP (Mini Speech Processor) geliştirilmiştir. Nucleus 22 çocuklarda kullanım onayını 1990'da almıştır. 1994'te Spectra konuşma işlemcisi üretilmiş, 1996'da Nucleus 24 implantı kullanıma girmiştir. 1996'da vücuda takılan bir işlemci olan SPrint geliştirilmiş, 1998'de ise ilk kulak arkası işlemci olan ESPrıt geliştirilmiştir. 2000 yılında Nucleus 24 Contour ve ESPrıt3G kulak arkası konuşma işlemcisi uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 6. Cochlear firmasının ürettiği Nucleus marka CI24(CS) modeline ait iç kısım.

Cochlear firması tarafından üretilen Nucleus marka koklear implant sistemi dünyada 20 binin üzerinde hastaya uygulanmış en sık kullanılan implant sistemidir. En son modeli CI24(CS)'dir ve ESPrıt3G kulak arkası konuşma işlemcisini kullanır. Nucleus implant sisteminin elektronik devreleri titanyum ve seramikle kaplanmıştır. Bu kalıbın dışında platinden yapılmış alıcı ve mıknatıs bulunmaktadır. Tüm bu elemanlar silikon lastikle kılıflanmıştır. 22 adet intrakoklear elektrot mevcuttur. Bu elektrotlar silikon bir taşıyıcının distal 17 mm'si boyunca dizilmiş olup kalınlığı proksimalde 0.6 mm, distal uçta ise 0.4 mm'dir. Ayrıca izolasyonlu platin-iridyum bir tel her bir elektroda kaynak yapılmıştır ve taşıyıcı boyunca yerleşen bu kablolar her bir elektrodu alıcı/uyarıcıya ayrı ayrı bağlamaktadır. Silikon taşıyıcının proksimal 8 mm'lik

kısımında 10 ayrı stimüle edilmeyen platin bant da mevcuttur. Bunlar elektroda sertlik sağlayarak insersiyonu kolaylaştırmaktadır. Yine intrakoklear elektrodun silikon kılıfında bulunan titanyum stile, insersiyondan sonra çekilerek elektrotları modiolusa yaklaştırmaktadır.



Şekil 7. Nucleus koklear implantına ait kelime işlemcileri: a) SPrint, b) ESprit22, c) ESprit3G.

2) Clarion çok kanallı koklear implantı: Advanced Bionics Corporation tarafından üretilen Clarion çok stratejili koklear implant sistemi, Kaliforniya San Fransisco Üniversitesi koklear implant proje biriminde yapılan araştırmalar sonucunda üretilmiştir.

Sistemin internal kısmı, kıvrık intrakoklear elektrot dizini, alıcı bobin ve elektronik paket içermektedir. Alıcı bobin ve elektronikler, seramik koruyucu içine yerleştirilmişlerdir. Eksternal parçayla uyumlu bir mıknatıs da mevcuttur. ICS'nin implant paketinin etrafını saran platin bir banttandır oluşan ekstrakoklear bir toprak elektrodu bulunmaktadır. Elektrot dizininin silikon lastik taşıyıcısı, kokleanın şekline uyması için kıvrımlandırılmış olması nedeniyle sağ ve sol kulak için tasarlanan koklear implantlar ayrıdır. Elektrot dizini, her bir çift birbirinden 0.5 mm mesafede olacak şekilde ve 8 çift halinde düzenlenmiştir. Elektrot kontaktları, kalan sağlıklı işitsel nöral elemanlara daha yakın elektriksel stimülasyonu sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Clarion sistemi 8 kanallı bir sistemdir ve sekanslar halinde veya simultane olarak monopolar veya

bipolar uyarım sağlayabilmektedir. Monopolar stimülasyonda aktif veya uyarıcı elektrot intrakokleardır, toprak veya referans elektrodu ise kokleanın dışındadır. Bipolar stimülasyon, aktif ve toprak elektrodun her ikisinin de koklea içinde olduğu, iki elektrot arasında akımın iletilmesine dayanır. Clarion sisteminin ilk versiyonu (1.0), 1996'da erişkinler için kullanılabilir hale gelmiştir. Kısa bir süre sonra çocuklar için tasarlanmış, daha küçük bir implant ve işlemcisi olan 1.2 versiyonu piyasaya sürülmüş, FDA tarafından Haziran 1997'de onaylanmıştır.

En son üretilen Clarion S serisinde, radyal bipolar elektrotlar arasındaki mesafeyi genişletmek üzere, elektrotların elektriksel bağlantıları değiştirilmiştir. "Yükseltilmiş bipolar eşleşme" olarak adlandırılan biçimde, çiftlerden birinin elektrodu, yakındaki çifte elektriksel olarak bağlanmıştır. Yükseltilmiş bipolar eşleşme, bipolar çiftlerin aktif ve toprak elektrotları arasındaki mesafeyi arttırmaktadır. Amaç, daha fazla sayıda nöral elemanı stimüle etmek ve nakledilen akım miktarı arttırıldığı için hastanın algılanan ses yüksekliği duyumunu yükseltmektir. Bununla birlikte, bu stimülasyon şekli monopolar stimülasyonla karşılaştırıldığında, bipolar uyarım kullanılan kanal sayısını 8'den 7'ye indirmiştir.

Her üç versiyon da (1.0, 1.2 ve S-serisi), Implantable Cochlear Stimulator (ICS) durumunu ve elektrot empedans bilgisini eksternal işlemciye geri gönderen telemetri fonksiyonuna sahiptir. Odyologlar, cihazı programlarken bu bilgiyi kullanırlar.

Belde kemere takılan konuşma işlemcisi, kulak arkası cihaz kısmı, bobin ve implanta güç veren pil kutusundan oluşur. Ayrıca konuşma işlemcisine tek bir kabloyla bağlı olan kafa parçasını koklear implant üzerinde tutmak için bir mıknatıs da bulunur. Mikrofon sesi alır ve elektriksel sinyal konuşma işlemcisine bobin yoluyla iletilir. İşlemci 250 - 5500 Hz arasında dalga aralığına sahiptir. Sinyali maksimum 8 adet programlanabilir bant geçişli filtre yoluyla işler, bilgiyi dijitalize eder ve sonra radyofrekans iletimiyle kafa üzerinden dijital kodun

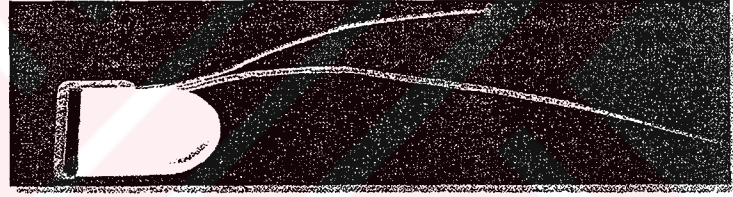
gönderildiği iletilici bobine gönderir. Versiyon 1.0'ın konuşma işlemcisi daha büyüktür ve iki program içerir. 1.2 ve S serisi işlemcileri minyatürize edilmiştir ve kullanıcı tarafından seçilebilen en fazla 3 program yüklenmiştir. İşlemciler ayrıca kullanıcı tarafından düzenlenebilir mikrofon duyarlılığı ve volüm kontrolü de sağlamaktadır.

Clarion işlemcisi, hem CA (Continuous Analogue) stratejisi, hem de CIS (Continuous Interleaved Sampling) stratejisini kullanabilmektedir. CA modunda akustik sinyaller 8 filtre yoluyla işlenir, sıkıştırılır ve 8 elektrot çiftine simultane olarak ulaştırılır. Analog dalga formları, her bir elektroda, kanal başına 13000 Hz hızda sunulmaktadır. CA stratejisi, simultane uyarıya bağlı olarak azaltılmış bölgesel selektivite hesabında detaylı temporal bilgi sağlamaktadır. Bazı hastalar için, simultane uyarı kullanılması, kanallar arası etkileşimden dolayı konuşmayı ayırt etmede kayıpla sonuçlanabilmektedir. Bu problem, ara bırakan (interleaved) yaklaşımla 8 elektrodun her birine bifazik atımın iletilmesini sağlayan CIS moduyla kısmen giderilmiştir. CIS modunda, sinyal ilk olarak 8 dalga geçiş filtreli bir bankadan geçirilmektedir. Daha sonra filtre edilen dalga formu içeriği, doğru akım çeviricisi ve düşük geçiş filtresi yoluyla ayrıştırılmaktadır. İçerik çıktıları son olarak hastanın dinamik aralığına uyacak şekilde sıkıştırılarak kullanılmaktadır. Uyarılar, 8 elektroda ara bırakan düzende, kanal başına maksimum 833 Hz hızıyla verilmektedir.

Clarion 1.0 işlemcisine ilişkin açık uçlu konuşmayı ayırt etme skorları oldukça cesaret vericidir. Clarion implant sisteminde yapılan bazı değişikliklerle Clarion 1.2 üretilmiştir. Bu değişikliklerden bazıları: 1) Daha küçük konuşma işlemcisi, 2) Geliştirilmiş filtre özelliği, 3) Yükseltilmiş önceden işlemedir. İmplantasyondan 6 ay sonra yapılan çalışmalarda bu değişikliklerin performansta belirgin ilerleme sağladığı görülmüştür.

Clarion S serisinde, bir yükseltilmiş bipolar eşleme modu eklenmesi ile elektrot çifti konfigürasyonu değiştirilmiştir. Clarion S serisi işlemcisi, 'çiftlenmiş pulsatil örnekleme' olarak adlandırılan yeni bir stimülasyon stratejisi kullanarak ve atımları iki kanala simültane olarak sunar ve kanal başına maksimum atım hızını 1666/sn'ye çıkarır.

3) Med-El çok kanallı koklear implantı: Avusturya'da Med-El Anonim Şirketi tarafından pazarlanan Med-El koklear implant işlemcisi, yüksek hızlı CIS veya SPEAK stratejilerini kullanarak programlanabilmektedir. Med-El koklear implantı (Combi 40), elektrodun kokleada daha derine yerleştirilmesini sağlayan çok yumuşak bir elektrot taşıyıcısı kullanır.



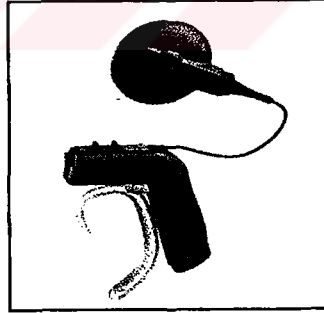
Şekil 8. Med-El Combi 40+ koklear implantının iç parçası.

Combi 40 implantının kemiğe yerleştirilen mikroelektronik devrelerini barındıran iç kısmı, seramikten yapılmıştır. İçinde alıcı bobin ve mıknatıs sistemi de yer aldığından, tüm sistem tek bir seramik koruyucu içine yerleştirilmiştir. Seramik implantlar çok pahalı olmalarına karşın, sinyal iletimini etkilememesi ve düşük enerji gerektirmesi gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca seramiğin mekanik direnci yüksek olup, çevresindeki kemik yapıya eşit sertliktedir. Kokleanın ossifiye olduğu ve derin

yerleştirmenin mümkün olmadığı hastalarda elektrot aralıklarının daha kısa olduğu ‘sıkıştırılmış elektrot sistemi’ de kullanılabilir.

Silikondan yapılmış elektrot dizini, kokleanın değişik yerlerini uyaran 8 çift platin elektrottan meydana gelmiştir. Daha derine (30 mm) elektrot yerleştirebilme kapasitesi nedeniyle, elektrotlar diğer implant sistemlerine oranla koklea içinde daha geniş mesafeye (20.6 mm) ulaşacak şekilde birbirine 2.8 mm uzaklıkta yerleştirilmişlerdir. Elektrot apı apikal uçta 0.5 mm, bazal uçta ise 0.6 mm’dir. Elektrotlar arasındaki mesafeyi arttırmaktaki amaç algılanabilir kanal sayısını arttırmaktır.

Med-El işlemcisi, CIS stratejisini kullanarak yüksek hızda (12500 atım/sn) uyarı üretebilme kapasitesine sahiptir. Elektrot dizininin yumuşak ve çapının oval olmasından dolayı, kokleaya yerleştirilme sırasında istenilen şekli vermek de mümkün olabilmektedir. şeklinin oval olmasının bir avantajı da koklear sinir uzantıları ile elektrotlar arasında uygun bir temas yüzeyi sağlamasıdır.



şekil 9. Med-El koklear implantına ait Temporel kelime işlemcisi.

Günümüzde bu implantın bir üst modeli olan C40+ (standart electrode) modelinde elektrot sayısı 12’ye çıkarılmıştır. C40+ S (compressed electrode) adı verilen kısa elektrot dışında, yine kokleanın ossifiye olduğu durumlarda daha fazla elektrot temasının

sağlanmasına olanak sağlayan C40+ GB (split electrode) modeli de dahil üç değişik seçenek bulunmaktadır.

Med-E1 Tempo+ Konuşma İşlemcisi 1999'da piyasaya sunulmuştur. Tempo+ kulak arkası olarak kullanılıp, vücuda takılan CIS Pro+ işlemcisi ile aynı seviyede ve hızda stimülasyon sağlamaktadır. Bu durum, konuşmayı işleme için gerekli enerjiyi, %95 kadar azaltacak özel bir metodla sağlanmıştır.

4) Digisonic çok kanallı koklear implantı: MXM Laboratoires, Vallauris, France tarafından üretilen bu implantın iki referans elektrodu içeren alıcı/uyarıcısının uzunluğu 28.5 mm, maksimum kalınlığı ise 5.5 mm'dir. Bazalde 0.9, apikalde 0.5 mm çapında olan intrakoklear elektrodun aktif uzunluğu, 18 mm'dir. 20 intrakoklear elektrottan 15'i aktif, 5'i ise inaktiftir. Çift mikrofonu bulunan kelime işlemcisi, 8-10 gün ömrü olan iki pille çalışır ve farklı koşullarda kullanılmak üzere iki program yüklenebilir. İşlemcinin, gürültüde konuşmadaki zıtlıkların algılanabilmesi için, bas ve tiz seslerin ayrı ayrı kontrol edilebildiği hassaslık kontrolü mevcuttur. Kelime kodlama stratejisi olarak CIS veya ASR (Adaptive Stimulation Rate) kullanılır.

KOKLEAR İMPLANT ENDİKASYONLARI

A. Erişkin adaylar için implantasyon kriterleri:

1. Bilateral çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı (500, 1000, 2000 Hz işitme eşik ortalaması 80 dB HL ve daha fazla) olması,

2. İşitme cihazıyla yapılan testte, özellikle 2000 ve 4000 Hz'de 55 dB HL'nin üzerinde işitme eşiği saptanması,
3. Bilateral işitme cihazı kullanarak 65 dB HL'de yapılan konuşmayı ayırt etme testinde %30 ve altında skora sahip olmak.

B. Çocuk adaylar için implantasyon kriterleri:

1. Bilateral ileri derecede sensörinöral işitme kaybı,
2. Hastanın işitme cihazıyla ses deneyiminin olması,
3. İşitme cihazından çok az yarar sağlanması veya hiç yarar sağlanamaması (hasta en az 6 ay izlenmelidir; menenjit için bu süre daha kısa tutulabilir),
4. Ailenin motivasyonunun ve beklentilerinin uygun olması,
5. Ailenin ameliyat sonrası dönemde gerçekleştirilecek eğitim programlarını izleyebilecek yapıda olması,
6. İşitme cihazıyla yapılan uygun konuşma testlerinde ve rehabilitasyon programında çocuğun yeterli performans gösterememesi.

Ayrıca, radyolojik ve medikal kontrendikasyon bulunmaması, lisan gelişim yaşı ile kronolojik yaş arasındaki farkın en fazla 3 civarında olması gereklidir. Mental retarde çocuklarda işitsel performansları düşük olduğu için koklear implantasyon kontrendikedir (43).

KOKLEAR İMPLANTASYON UYGULANAN GRUPLAR

1. Postlingual dönemde sağır olan çocuklar: 5 yaşından sonra işitmesini kaybeden çocuklardır. Aslında konuşma dilinin birçok yönünü öğrenmişlerdir ancak işitsel uyarı ve geri beslemeyi kaybettiklerinden, konuşmalarının anlaşılabilirliğinde hızla kayıp meydana gelir. Bu nedenle, bu grup erken implante edilmelidir. Pediatrik yaş grubunda bu tarz postlingual sağırlık nadirdir. 6 yaş öncesinde işitmesini kaybeden çocukların konuşmaları zamanla tanınamayacak kadar bozulur. 6 - 12 yaş arasında işitmelerini kaybedenlerinkinde ise belirgin ses hataları oluşur. 12 yaşından sonra kaybedenlerde ise konuşma yeteneği korunur. Bu olgularda en sık etyolojik faktör menenjitir.

2. Akkiz prelingual işitme kaybı olan çocuklar: İşitsel gelişim açısından davranışları, konjenital işitme kayıplılar gibidir. Ancak bu grupta santral işitme yollarının intakt olduğu ve kortikal işitme merkezlerinin seslere karşı aşına olduğu kabul edilir. Yine de bu hastalarda, kulağın potansiyel olarak sesi algılama kapasitesinin olup olmadığını anlamak için gerekli testler dikkatle yapılmalıdır.

3. Konjenital işitme kaybı olan çocuklar: İki grup altında incelenebilir: a)Herediter b)Akkiz. Herediter işitme kaybında özellikle birinci trimesterde meydana gelen patolojilerde otik kapsül anomalileri de birlikte bulunabilir. Örneğin koklear aplazinin bulunduğu Michel deformitesinde koklear implantasyon kontrendikedir. Akkiz kayıplarda ise koklea ve işitme yollarının sağlam olduğu kabul edilir. Santral işitme yollarının devamlılığı bilinemediğinden radyolojik inceleme şarttır. Birçok çalışmada 2 yaşından önce koklear implantasyon uygulanan hastaların konuşma

gelişimi, normal işiten çocuklarıkiyle eşit seviyede bulunmuş ve bu hastalarda daha geç koklear implantasyon uygulananlara göre daha fazla komplikasyonla karşılaşılmamıştır (31, 50, 48).

4. Konjenital veya erken dönemde işitmesini kaybetmiş adolesan ve genç erişkinler: Bu grupta işitsel sistemin elektriksel uyarımı ile yüksek başarı elde edilememiştir. Bu hastalar genellikle sesi başka bir vibrasyon hissi şeklinde algılar ve koklear implanttan sadece çok kısıtlı bir temporal bilgi elde edebilirler. Prozodik bilgide konuşma anlaşılabilir, ancak ses frekansının yükselme ve düşmesi, süre ve şiddeti algılanabilir. Bu grup hastalarda bunun için bile yoğun bir rehabilitasyon programına ihtiyaç vardır. Uzun süreli işitsel yoksunluğa maruz kalan adolesanlarda gelişim yavaş olmaktadır. İmplantı reddetme ve kullanmama durumuna da, en fazla bu grupta rastlanmaktadır. Hasta ve yakınlarının hayal kırıklığını önleyebilmek için çok iyi bilgilendirilmeleri gerekir. Ayrıca preoperatif değerlendirme dikkatle yapılmalı, hastanın sese karşı ne gibi reaksiyon vereceğini saptamak için promontoryum stimülasyon testi yapılmalıdır.

5. Akkiz postlingual total işitme kaybı olan erişkinler: 12 yaşından sonra işitmesini kaybeden kişiler, genellikle lisanlarını korurlar ve konuşmaları da, zamanla artikülasyonları bozulmakla birlikte, kolay anlaşılır. Bu hastalar diğer gruplardan daha az rehabilitasyona ihtiyaç duyarlar ve bunlarda belirli bir yaş sınırlaması yoktur. Koklear implantasyondan en fazla fayda görenler bunlardır.

KOKLEAR İMPLANTASYON EKİBİ

Koklear implantasyon, hasta seçiminden rehabilitasyon programına kadar ekip gözetiminde yapılması gereken bir uygulamadır. Bu ekipte;

1. Tıbbi değerlendirme ve cerrahi için koklear implantasyon konusunda kendini yetiştirmiş bir kulak burun boğaz uzmanı.

2. Ameliyat öncesi odyolojik değerlendirme, ameliyat sırasında monitörizasyon ve ameliyat sonrasında koklear implantın programlanması ve izlenmesi için bir uzman odyolog.

3. Ameliyattan önce çocuk yaş grubundaki adaya bireysel eğitim verilmesi, dil gelişiminin değerlendirilmesi ve implantasyon sonrası rehabilitasyon için bir eğitim odyoloğu.

4. Hastaların ve ailelerinin psikolojik durumunun incelenmesi için bir psikolog veya psikiyatrist.

5. Radyoloji uzmanı.

KOKLEAR İMPLANTASYONA ADAY HASTANIN

DEĞERLENDİRİLMESİ

1. ANAMNEZ

Ayrıntılı bir anamnez alınması önemlidir. Hastalığın ne zaman başladığı, yani doğumsal mı yoksa akkiz mi olduğu bilinmelidir. Esas olarak iletim tipi işitme kaybına yol açan, ancak sensörinöral işitme kaybına da neden olabilen kronik orta kulak enfeksiyonları ve otosklerozda da koklear implantasyon gerekebilir. Retrokoklear patolojiler ise koklear implantasyona kontrendikasyon oluşturur. Bu hastalar beyin sapı implantı için adaydırlar. İşitme kaybından

sonra geçen süre, koklear implantasyon başarisındaki en önemli faktörlerden biridir. Bilateral ileri derecede işitme kaybı tanısı almış olan çocuklar, fasiyal resesin gelişimini tamamladığı 1 yaşından itibaren implante edilebilirler. Koklear implant endikasyonu mevcutsa hastalar, mümkün olan en kısa zamanda ameliyat edilmelidir. Beş yaşından sonra hiç cihaz kullanmamış bir prelingual hastaya implantasyon yapıldığında, beyin plastisitesi tam olarak gelişmediği için aynı derecede yarar sağlanamayacaktır. Bu durumun sonucu hastanın cihazı kullanmamasıdır. Postlingual hastalarda da işitme kaybından sonra çok uzun süre geçmişse, başarı şansı azalmaktadır. Bunun nedeni, muhtemelen, uzun süreli işitmeye bağlı olarak santral sinir sisteminde meydana gelen yoksunluk sonucu, iletilen bilgilerin kullanılamamasıdır. Özellikle ocuk hastaların koklear implantasyon öncesinde en az altı aylık işitme cihazı deneyiminin olması gereklidir. Bu süre içinde hastanın yoğun bireysel terapi alması hem çocuğu koklear implantasyona hazırlama, hem de çocuğun işitme cihazından yeterince yararlanıp yararlanmadığını görme açısından şarttır. Menenjit geçiren hastalarda ise, eğer iç kulakta ossifikasyon başlarsa bu altı aylık süre beklenmeden cerrahi uygulanmalıdır.

2. FİZİK MUAYENE

Dış kulak yolunda ve orta kulakta herhangi bir enfeksiyon olmamalıdır. Hastada effüzyonlu otit varlığı durumunda işitme cihazı ile izleme döneminde bu hastalık tedavi edilmeli, medikal tedaviden yanıt alınamazsa en kısa zamanda ventilasyon tüpü uygulanmalıdır. Takılan tüpler, koklear implantasyon öncesinde veya ameliyat sırasında çıkartılabilir. Ancak zardaki perforasyonun kapanmasından sonra implantın yerleştirilmesi, daha uygun bir yaklaşımdır. Koklear implantasyon ameliyatı sırasında da ventilasyon tüpü yerleştirilebileceğini savunanlar vardır. Kronik otitis media olgularında implantasyon öncesinde yapılacak timpanomastoid cerrahi ile sağlıklı bir orta kulak ve kulak zarı elde edilmelidir. Geçirilmiş mastoidektomi konusunda

değişik görüşler mevcuttur (13). İki seansı savunan yazarlara göre, radikal mastoidektomi düşünülenlerde, ilk seansta kavite enfeksiyondan tamamen temizlenip yağ dokusu ile oblitere edilir ve dış kulak kanalı kapatılır, ikinci seansta ise koklear implant yerleştirilir. Diğer görüşe göre enfeksiyon yoksa implantasyonla aynı seansta dış kulak yolu ve kavite obliterasyonu yapılarak koklear implant yerleştirilir.

3. ODYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Koklear implantasyona uygunluğun değerlendirilmesinde en önemli yöntemdir.

Değerlendirmede şu aşamalar izlenir:

1. İşitme cihazsız işitme eşiklerinin tespiti.
2. İşitme cihazı ile işitme eşiklerinin tespiti.
3. İşitme cihazı ile konuşma testlerinin (yaşa uygun testlerle) yapılması.
4. Akustik empedansmetre.
5. Otoakustik emisyon ve ABR (özellikle 5 yaşından küçüklerde).
6. Özellikle çocuklarda 6 ay süre ile işitme cihazı veya vibrotaktil cihazlar ile deneyim kazandırılması.

7. Promontoryum stimülasyon testi (özellikle 10 yaşın üzerindeki hastalarda ve VIII. kranyal sinirin etkilendiği düşünülen durumlarda).

Çocuklarda işitme kaybının erken tanınması, rehabilitasyonun başarısı için önemlidir. Bu nedenle, çocuklara yönelik odyolojik çalışmalar üzerinde durulan önemli bir konudur. Yaş küçüldükçe işitmenin değerlendirilmesi daha zor olmaktadır. Öncelikle yüksek risk faktörleri bulunan yenidoğanlar ilk 3 ay içerisinde tarama testlerine tabi tutulmalıdır. Bu süre hiçbir zaman altı ayı geçmemelidir. Tarama testleri her zaman güvenilir olmadığından bu hastalar takip programına alınmalıdırlar.

İki aya kadar olan çocuklarda sesli uyarana karşı göz kırpmaya cevabıyla oluşan auro-palpebral refleks işitme değerlendirilmesi için çok önemlidir. Ayrıca sesli uyarana verildiğinde çocuğun uyanması veya sıçraması işitmenin varlığını gösterir. Ancak bu dönemdeki çocuklarda yanıt alabilmek için 85 - 90 dB'in üzerinde sesli uyarana vermek gerekir. Nörolojik gelişimin tamamlandığı 2. aydan 1 yaşına kadar olan çocuklar, daha düşük şiddetteki seslere, özellikle ebeveynlerinin seslerine yanıt verirler, sese karşı gösterdikleri tepki ile işitme eşikleri de kabaca belirlenebilir.

1 yaşın üzerindeki çocuklar, anne-babalarını ve organlarını tanıyarak, iki kelimelik konuşmalar yapabilirler. Bu yeteneklerin olmayışı, işitme kaybı açısından araştırılmayı gerektirir. Çocuk seslere başını veya gözlerini çevirerek yanıt verir. Çocuğun işitmesi bu dönemde konuşma seslerine verdiği yanıtla da değerlendirilmektedir. Çocuğun ses duyduğunda oynadığı oyunu, konuşmayı ya da ağlamayı durdurması önemlidir. İsmi söylendiğinde verdiği reaksiyona da dikkat edilmelidir.

Oyun odyometrisi 3 yaşından itibaren yapılır. Çocuğun iki tarafına koyulan hoparlörler aracılığıyla ses verilir. Çocuk seslere yanıt olarak değişik oyuncakları kullanmaya şartlandırılır. Buna göre hangi seviyede sese yanıt verdiği işitme eşiği hakkında bilgi verir. 5 yaşından itibaren çocuklarda konvansiyonel odyometri kullanılabilir.

Objektif odyometri testleri olarak stapes refleksi, otoakustik emisyon ve ABR kullanılır. ABR infantlarda yetişkinlerdekinden farklıdır. V. dalga olgunlaşmamış olup latansı uzundur, 6. haftada ve 6 - 12. aylar arasında iki kez kısalma izlenir. Bu nedenle ABR'nin 6 - 12 aylıktan itibaren kullanılabileceği unutulmamalıdır.

4. DİL DEĞERLENDİRİLMESİ

Çok ileri derecede işitme kaybı olanlar, işitsel kapasite açısından farklılık gösterir. İşitsel kapasite, ses yapılarını fark ve ayırt edebilme anlamına gelir. Koklear implantasyon uygulanacak olgularda işitsel performans da değerlendirilir. İşitme cihazları, sadece ses yapılarının fark edilmesini sağlar. Dinlemeyle ilgili deneyimler ise ses yapıları ve ait oldukları nesne ve olaylarla ilişkilerinin öğrenilmesini sağlar. Çocuğun işitme kaybından önce kazanılmış yeterli deneyimi varsa işitsel kapasitenin değerlendirilmesi, işitsel performansın da değerlendirilmesi anlamına gelebilir. Ancak küçük çocuklar ve yeterli işitsel deneyimi olmayanlarda implantasyon öncesi değerlendirme işitsel performansı da kapsamalıdır. Amplifikasyon ve rehabilitasyon programına rağmen sınırlı işitsel performans gösteren çocuklarda santral patolojiler bulunabileceğinden koklear implantasyon endikasyonu verirken temkinli olunmalıdır. İşitme kaybının meydana geldiği yaş implantasyon sonucunu önemli ölçüde etkiler. Ancak önemli olan işitme kaybı olduğunda kişinin kaç yaşında olduğu değil, değerlendirme sırasındaki gelişim düzeyidir.

Bu değerlendirme sonuçları çocuğun implantasyona uygun olup olmadığına karar vermede ve implantasyon sonrası rehabilitasyon programlarının şekillendirilmesinde önemli rol oynar. Koklear implantasyon, çocuğun işitsel geri besleme mekanizmalarını geliştirip konuşmasının anlaşılabilirliğinin artmasını sağlayacağından, çocuğun mevcut performansı ortaya çıkartılarak implantasyon sonrasındaki konuşma terapisi şekillendirilir. Çocuğun kronolojik yaşı linguistik yaşına eşitse implantasyondan oldukça yararlanacak bir aday olduğu düşünülebilir. Eğer kronolojik yaş ve dil/konuşma yaşı arasında 3 yıl veya daha fazla fark varsa ve formel dil sistemi oluşmamışsa implantasyon kararı risklidir.

5. PSİKOLOJİK DEĞERLENDİRME

Koklear implant adayı ve ailesinin bu işlemde beklentileri uzman kişilerce gerçekçi bir biçimde ortaya koyulmalıdır. İmplant adayı psikolojik olarak stabil ve işlem için istekli olmalıdır.

6. RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Koklear implantasyon öncesinde yapılacak radyolojik incelemeyle bu işleme engel bir durumun bulunup bulunmadığı ve ameliyat sırasında karşılaşılabilecek olası patolojileri saptamak mümkün olur. Ayrıca kulak seçiminde de önemlidir. Koklear implant için asıl radyolojik inceleme yöntemi bilgisayarlı tomografidir (29). Bununla birlikte manyetik rezonans görüntülemenin tek başına veya bilgisayarlı tomografiyle birlikte yapılması gerektiğini savunanlar da vardır.

Aksiyel ve/veya koronal plandaki yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı temporal kemik tomografisi, özellikle kokleanın yapısı, ossifikasyon veya doğumsal malformasyonların varlığı, internal akustik kanalın çapı ve modiulus defektinin varlığı gibi kemik yapılarla ilgili önemli bilgiler verir. Ayrıca bu incelemeyle mastoid pnömatizasyon, sigmoid sinüs lokalizasyonu, fasiyal sinirin seyri ve kemik kanalının yapısı ve juguler bulbus yerleşimi de değerlendirilebilir.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), iç kulak sıvıları ve internal akustik kanaldaki sinirlerle ilgili ayrıntılı bilgiler verir. Turbospin-eko tekniğiyle yapılan MRG ile koklear sinirin varlığı araştırılabilir. Labirentin içini dolduran yumuşak dokular T₂-ağırlıklı MRG'de endolenf ve perilenf kaybını gösterecektir. Koklear ossifikasyon koklear implantasyon için kontrendikasyon oluşturmaz. Ancak yerleştirilecek olan elektrodun boyunu kısıtlayabilir. Radyolojik olarak koklear agenezis (Michel deformitesi), internal akustik kanalın yokluğu ve akustik nörinom gibi başka bir retrokoklear patolojinin saptanması koklear implantasyona kontrendikasyon teşkil eder.

KOKLEAR İMPLANTASYONDA CERRAHİ TEKNİK

Preoperatif Hazırlık

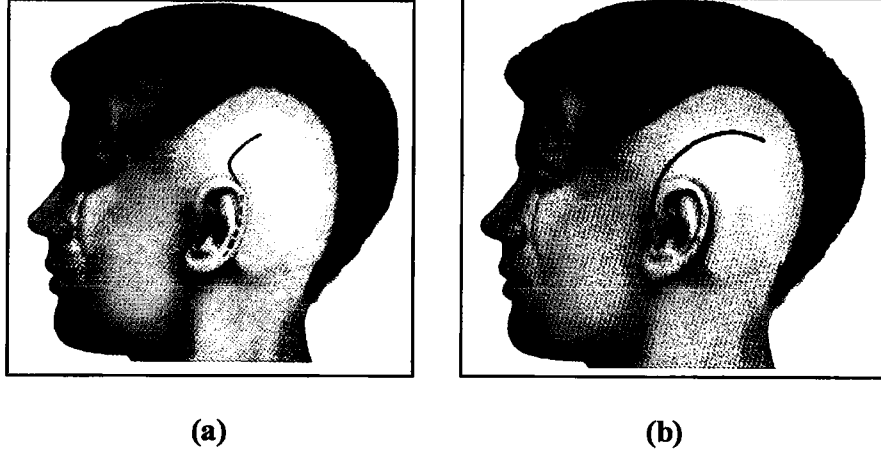
Koklear implant endikasyonu koyulduktan sonra implantın hangi kulağa uygulanacağına karar verilmelidir. İlk başlarda kötü kulak tercih edilmişse de zamanla elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, işitme açısından daha iyi olan kulağın tercih edilmesi günümüzde kabul görmektedir. Örneğin bir kulağında doğumsal, diğer kulağında edinsel işitme kaybı olan bir hastada, daha fazla işitsel uyaran aldığı için edinsel kayıp olan kulak seçilmelidir. Farklı zamanlarda oluşmuş eşit miktarda işitme kaybı varsa, daha kısa süreli işitme kaybı olan kulak tercih edilmelidir. Her iki kulağının işitme kaybı etiyojisi ve süreleri eşit olan bir hasta, eğer tek kulağına işitme cihazı kullanmışsa aynı kulağına koklear implant uygulanmalıdır. Ancak bu kararı verirken o kulağına ameliyattan sonra işitme cihazı kullanamayacağı hastaya ve ailesine anlatılmalıdır.

Ameliyat öncesinde kulak bölgesindeki akut ve kronik enfeksiyonlar kontrol altına alınmalı, kulak zarı sağlam olmalıdır. Peroperatif olarak antibiyotik profilaksisi uygulanmalı, saçlar aurikulanın 5 - 6 cm üst ve arkasına kadar traş edilmeli, cilt povidon iyot solüsyonu ile silinmelidir (4).

Cerrahi Teknik

Ameliyat genel anestezi altında yapılır. İnsizyon bölgesine cilt altı lokal anestetik madde infiltre edilir. Koklear implant cerrahisinde değişik insizyonlar kullanılmaktadır. İlk kullanılan postauriküler "C" şeklindeki insizyon, flebe bağlı sorunların çokluğu nedeniyle günümüzde artık

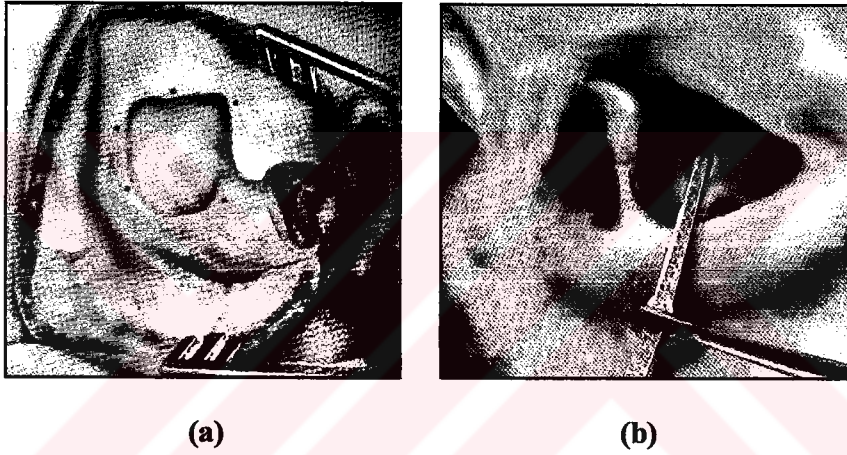
pek kullanılmamaktadır. Günümüzde en çok kullanılan insizyonlar; uzatılmış endaural insizyon, postauriküler insizyon ve postauriküler ters “U” şeklindeki insizyondur.



Şekil 10. Koklear implant cerrahisinde kullanılan insizyon şekilleri: a) Postauriküler ters ‘U’ şeklindeki insizyon, b) Uzatılmış endaural insizyon.

Postauriküler insizyonda, uzun kolu retroauriküler sulkusa yakın, kısa kolu ise temporal hat boyunca uzanan ters “L” şeklinde cilt kesisi yapılır. Cilt altı dokular geçilerek periosta ulaşılır. Musküloperiostal flep için horizontal bacağı inferiorda ters “L” şeklinde cilt kesisi yapılır. Burada amaç, periost ve cilt flebinin üst üste gelmesini önlemektir. Alıcı-uyarıcının çıkıntılı kenarını sabitlemek amacıyla posterosüperiora geniş bir sahada periost kemikten kaldırılır. Parietoskuamöz periost kaldırıldıktan sonra geniş bir ekspozur sağlanmış olur. İmplant kalıbı sayesinde alıcı/uyarıcının sinodural açının arkasında temporal kemik içine yerleştirileceği dairesel yatağın yeri ve büyüklüğü saptanır. Daha sonra, sigmoid sinüs ve diğastrik kası ortaya koyacak şekilde mastoidektomi yapılır. Bu mastoidektominin kronik otittekinden farkı, kavitenin üst ve arka kenarlarının sağlam ve dik olarak korunmasıdır. Çünkü, iç parçayı tutturmak için bu kemiğe delikler açılacaktır. Lateral semisirküler kanal ve inkusun kısa kolu ortaya konur. Fasiyal

sinirin mastoid parçası posterior semisirküler kanal seviyesine kadar belirginleştirilir. Fasiyal sinirin ortaya konulan piramidal bölümü ile korda timpani arasından posterior timpanotomi yapılır. Ameliyatın bu aşamasında yuvarlak pencere ekspozurunun çok iyi sağlanması gerekmektedir. Sıra kokleostomi aşamasına gelmiştir. Skala timpaniye iki yolla girilebilir: Yuvarlak pencere ve yuvarlak pencerenin hemen önünde promontoryuma açılan bir delikten. Yuvarlak pencereden giriş önceleri daha çok tercih edilmekteydi. Ancak bu yolda elektrot skala timpani içerisinde daha kıvrımlı bir yol izler.



Şekil 11. Koklear implant cerrahisi aşamaları: a) Alıcı-uyarıcı için parietoskuamöz kemikte açılmış yuva ve basit mastoidektomi kavitesi, b) Posterior timpanotomi penceresinden kokleostomi aşaması.

İmplantın alıcı/uyarıcı parçası kranyumda açılan oyuğa yerleştirildikten sonra, dakron veya ipek iplikler, implant yuvasının çevresinde turla açılan deliklere düğümlenerek sabitlenir. Toprak (ball) elektrot, temporal kasın altına periost ile kemik arasına yerleştirilir. Daha sonra intrakoklear elektrot dizisi, penset ile ucundan tutularak kokleostomi deliğine yerleştirilir. Elektrot, skala timpani içine implant modeline göre değişen itici (claw/insert) denilen aletle

itilir. Elektrot insersiyonu sırasında elektrodu ezecek alligator gibi aletler kullanılmamalıdır. Elektrot skala timpani içine itilirken normalde herhangi bir dirençle karşılaşmaz. Bir dirençle karşılaşılırsa elektrot çekilip tekrar itilir. Bazı tip implantlarda [örneğin Nucleus CI24(CS)], elektrot dizisi içindeki stile çekilerek elektrotların modiolusa yaklaşması sağlanır. Elektrot yerleştirildikten sonra kokleostomi bölgesinde elektrot çevresindeki açıklık temporal kastan alınan kas dokusu ile kapatılır. Ameliyat sırasında koklear implant bilgisayar sistemine bağlanarak empedans ölçümü, stapes refleksi ve Nucleus marka cihazlarda neural response telemetry (NRT) ölçümleri yapılır.

Elektrot empedans telemetri, aktif elektrotlardaki voltajı ölçerek elektrot anormalliklerini gösterir. Kompliyans telemetride ise çevre dokuların empedansı değerlendirilir. Bu iki telemetri yöntemi ile elektrot fonksiyonları hakkında bilgi edinilir. Neural Response Telemetry (NRT), elektriksel olarak uyarılmış sinir aksiyon potansiyeli olup, işitme sinirinin elektriksel uyarıya verdiği elektrofizyolojik yanıtın ölçülmesidir. Ameliyat sırasında elde edilen NRT, özellikle çocuk hastalarda ameliyat sonrasında programlama sırasında eşiklerin belirlenmesi için yararlıdır. Stapes refleksi ise her elektrot için bakılarak VIII-VII refleksi arkı kontrol edilir. Bu ark tamamlanmışsa, işitme siniri stimüle edildiğinde mikroskoptan stapedijs kasının kontraksiyonları görülebilir.

Testlerde sorun çıkmazsa kapatma işlemine geçilir. Üstten musküloperiostal flep, implantı tamamen kapatacak şekilde yerine yatırılarak sütüre edilir. Cilt altı ve cilt usulüne uygun olarak kapatılır. Ameliyat sonrasında bir hafta süreyle geniş spektrumlu bir antibiyotik verilir. Sütürler 7-10 gün sonra alınır. Postoperatif birinci gün elektrodun intrakoklear yerleşimi Stenvers grafisi veya transorbital petröz grafi ile kontrol edilir.

Koklear implantasyonda farklı cerrahi teknikler de tanımlanmıştır. Suprameatal yaklaşımda, mastoidektomi yapılmadan dış kulak yolunun süperiorunda açılan tünelden

elektrotlar ilerletilir (27). Pediatrik koklear implantasyon için tanımlanan bir yöntem olan minimal giriş cerrahisinde ise, saç traş edilmeden yapılan kısa, oblik bir insizyondan girilerek, küçük bir subperiostal flep yoluyla kemikte çukur açılır (36).

KOKLEAR İMPLANTASYON KOMPLİKASYONLARI

Koklear implantla ilişkili komplikasyonlar, majör ve minör olmak üzere iki başlık altında değerlendirilebilir. Majör komplikasyonlar, operasyon sırasında meydana geldiğinde önlenemediği gibi, daha sonra ortaya çıkıp revizyon cerrahisi gerektirebilir. Bir seride komplikasyonların %27'si erken postoperatif dönemde görülürken, %73'ü ortalama 11.2 ay sonra meydana gelmiştir (4, 52).

A. Ameliyat Sırasında Ortaya Çıkabilen Komplikasyonlar:

Koklear implant cerrahisinde, genel anestezi ve otolojik cerrahi ile ilişkili komplikasyonların hepsi meydana gelebilir. Aşağıda koklear implantasyonla özel olarak ilişkili komplikasyonlara değinilmiştir.

- 1- Fasiyal sinir veya korda timpani zedelenmesi
- 2- Kulak zarı perforasyonu
- 3- Perilenf kaçağı (gusher)
- 4- Kanama
- 5- Elektrot hasarı ve yanlış yerleştirilmesi

B. Ameliyat Sonrasında Oluşabilen Komplikasyonlar:

I. Majör Komplikasyonlar:

- 1- Perilenf fistülüne bağlı postoperatif sürekli vertigo
- 2- Dolaşım bozukluğuna bağlı cilt flebi nekrozu ve yara açılması

3- Alıcı/uyarıcı bobinin atılması

4. İmplantın arızalanması

II. Minör Komplikasyonlar:

1- Yüz veya boyunda istemsiz kasılmalar

2- Baş dönmesi

3- Tinnitus

4- Tat duyusunda değişiklikler

5- Hematom ve enfeksiyon

6. Aerosel

7. Labirentit ve menenjit

8. Ağrı

9. Cilt flebinin kalın olması

KOKLEAR İMPLANTIN AYARLANMASI (FITTING) VE REHABİLİTASYON

Koklear implantın ilk çalıştırılması, yara yerinde yeterli iyileşmenin sağlandığı, genellikle operasyondan sonraki 4 ila 6'ncı haftalarda yapılmaktadır. Telemetrik işlem operasyon sırasında olduğu gibi tekrar edilerek fonksiyon gören elektrotlar belirlenmektedir. Bu işlem sırasında ayrıca elektrotlar arasında kısa devre olup olmadığı ve elektrot dirençleri saptanmaktadır. Konuşma işlemcisi bilgisayara bağlanarak değişik elektrotlardan kokleaya sinyaller gönderilir. Bu sinyaller farklı perdede ve şiddette sesler oluşturur. Hastadan bu sesleri, en az (Treshold/T-level) ve en rahat (Comfort/C-level) duyduğu sesler şeklinde sıralaması istenir. Fitting sonunda değişik sinyaller ile bunların meydana getirdiği seslerin şiddeti arasındaki korelasyon konuşma işlemcisine yüklenir.

Bu bilgi ileride işlemci ve implant tarafından günlük seslerin, rahat ve yararlı işitmeyi sağlayacak sinyallere dönüştürülebilmesi için kullanılacaktır. Böylece dinamik işitme ayarı yapılarak her elektrotun diğer elektrotlar ile olan tizlik ve şiddet ilişkileri de belirlenebilmektedir.

Bilgisayar yazılımları ile yapılan bu işlem uyum sağlayan yetişkinlerde gerçeğe son derece yakın değerlerde ve kolaylıkla mümkün olabilmekte, eşik ve rahat dinleme seviyesine ait değerlerde değişiklikler (mapping) kolaylıkla yapılabilmektedir. Yetişkin hastalarda hastanın uyumu ve katkıları ile yapılan bu değişiklikler sonucu konuşmanın en iyi anlaşıldığı eşikler elde edilebilmektedir. Ancak 2 yaş civarındaki prelingual işitme kayıplı çocuklarda bu işlem güçtür.

Postlingual ve işitmeden yoksunluk süresi kısa olan hastalarda, koklear implant ile en iyi sonuçların alınmasının yanı sıra rehabilitasyon gereksinimi de çok azdır. Hastalar için yeni bir tecrübe olan bu farklı sese alışma ve beynin bu sinyalleri etkili bir şekilde algılaması için geçen süre hastadan hastaya farklılık göstermekte ve bazen birkaç ay sürebilmektedir.

Başlangıçta işlemciye şiddet ayarları farklı iki ayrı program yüklenmekte ve böylece hastaya seçme olanağı sağlanmaktadır. Bu sayede hasta değişik ses ortamlarında en rahat ettiği programı seçme imkanına sahip olacaktır. Genelde konuşma işlemcisinin programlanması ve ince ayarları ilk aylarda birkaç kere, daha sonra yılda 1 kez yapılmaktadır.

Koklear implant uygulandıktan sonraki eğitim programı belirli basamakları içermektedir. Çocuklarda koklear implant sonrası eğitim özellikle prelinguallerde büyük güçlükler göstermektedir. Eğitimin uygulanması ve uygun fitting'in sağlanabilmesi deneyimli ekiplerde bile uzun zaman almaktadır.

Prelingual çocuklarda endikasyon koyarken de bazı testlerin uygulanması gerekmektedir. Burada çocuğun duygusal durumu ve çevreye olan ilgisi de değerlendirilmektedir. Eğitimde ise fitting'i yapacak uzman, eğitim odyoloğu ile birlikte çalışmaktadır.

Rehabilitasyon basamakları:

- Tonları ve sesleri dinleme

Başlangıçta öncelikle hastanın dikkati sese çekilmektedir. Hastanın, sesin başlama ve bitişini fark edebilmesi gerekmektedir. Daha sonra belirli aralıklarla sesler verilmekte ve hasta kaç adet ses stimülasyonu olduğunu ayırt etmektedir. Bu aşamalardan sonra hastanın, seslerin kısa ya da uzun, zayıf ya da şiddetli, ince ya da kalın olduğunu ayırt etmesi gerekmektedir.

- Çevre ve insan seslerini dinleme

Bu aşamayı geçtikten sonra çevre ve insan seslerine yönelik çalışmalar yapılmakta ve hastanın bu sesleri tanıması istenmektedir (davul, su akması, kaza sesi gibi). Eğer bu sesler hastaya bir liste halinde verilirse buna "kapalı set" (closed-set) denir. Hastaya listede olmayan bir ses verilirse buna "açık set" (open-set) denir. Bu ses örnekleri daha sonra ikili üçlü dördümlü gruplar halinde verilerek hasta çalıştırılmaktadır. Daha sonra insan seslerinin ayırt edilmesi ve tanınmasına geçilmektedir. Burada ses örnekleri kadın, erkek ve çocuk sesleriyle verilmekte, daha sonra değişik kişi sesleriyle örnekler zenginleştirilmektedir. Hasta sadece konuşmayı yapan sesin kime ait olduğunu tanımlamaya yönlendirilmektedir.

- Suprasegmental özellikler – Tanıma

Daha sonra kelime ve uzunluğunun algılanması egzersizlerine geçilmektedir. Bu aşamadan sonra, cümle içinde vurgu yapılan kelimenin ayırt edilmesi egzersizlerine

geçilmektedir. Ayırt etme egzersizlerinde tek ve çift heceli kelimeleri ayırt etmesi istenmektedir. Bu örnekler dört kelimeye kadar çıkarılabilmektedir.

- Suprasegmental özellikler – Ayırt etme

Eğitimin ilerleyen dönemlerinde kelime setleri okunarak hastadan, önceden verilen kelimeyi bulması istenmektedir. Daha sonra sesli ve sessiz harfleri ayırt edebilmesi için ikili kelime setleri verilerek bunları ayırt etmesi istenmektedir.

- İşitsel anlama

İşitsel olarak ayırt etme için öncelikle sayılar, daha sonra “merhaba, günaydın” gibi çok kullanılan sesleri tanınması istenmektedir. Sonra kelime listeleri ile önce kapalı listeler, daha sonra da açık listeler kullanılarak anlama yeteneği ölçülmektedir.

ERİŞKİNLERDE POSTOPERATİF İŞİTMENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Koklear implanttan faydanın değerlendirilmesi konuşmayı anlamadaki kazançla ölçülür. Koklear implantla konuşmanın anlaşılma düzeyini belirlemek için, çok değişkenli bir analiz gereklidir. Hasta ve cihazla ilişkili bu değişkenler arasında:

- **Hasta ile ilgili değişkenler:** İşitme kaybının başlama yaşı, implantasyon yaşı, sağırlık süresi, preoperatif işitme düzeyi, spiral gangliyon hücrelerinin sayısı ve yerleşim yeri, skala timpaninin açık olması, bilişsel beceriler, kişilik, görsel dikkat, motivasyon, iletişim biçimi ve işitsel hafıza.
- **Cihazla ilgili değişkenler:** İşlemci, implant, elektrot biçimi ve sayısı, implant kullanım süre ve tarzı ve konuşma işlemcisi stratejisi.

Çalışılan popülasyona göre bu değişkenlerin önemleri oldukça değişmekle birlikte, yapılan araştırmalar işitsel sonuçların bu değişkenlerin çoğundan etkilendiği ortaya koymuştur. Konuşmayı anlama düzeyinde en etkili değişkenin implant kullanım süresi olduğu saptanmıştır.

Ölçüm Değişkenleri

Ölçüm değişkenleri mümkün olduğunca standardize edilmelidir. Konuşmanın algılanması, dudak ve yüz hareketlerindeki ipuçlarından da yararlanılarak, implant kaynaklı işitsel stimulus yoluyla meydana gelir. Testleri uygulayan kapalı-uçlu veya açık-uçlu kelime veya cümle testlerini tercih edebilir. Kapalı uçlu testlerde hastadan listedeki dört şıktan birini seçmesi istenir. Açık uçlu testte ise, sadece işitsel bilgi verilerek tekrarı istenir. Kapalı-uçlu testler ve (tekrar edilebilen kelime sayısı ile skorlanan) cümle testlerinde, tipik olarak, açık-uçlu testler veya tek kelime testlerinden daha fazla doğru cevap yüzdeleri elde edilir. Bu durum, kapalı uçlu ve cümle testleri kullanıldığında, kavramsal bütünlüğün algıyı kolaylaştırmasından kaynaklanır. Sesin sunum biçimi de konuşmayı anlama skorlarını etkileyebilir. Genel olarak canlı sunumlar, kayıttan dinletilen sunumlardan daha yüksek skorlar sağlar.

Yeni implant teknolojilerinin gelişimi ve implant kullanım sürelerinin artmasıyla, açık-uçlu konuşma algısının iyileşmesi, algısal yeteneğin daha hassas değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bir konuşmayı algılama testinin zorluğunun artırılması, basit, günlük ifadelerle test yapmaktan kaynaklanan kolaylaştırıcı etkileri sınırlar. Testlerin zorlaşması, karşılaştırmalar için daha yararlı verilerin elde edilmesini sağlar.

Erişkin implant kullanıcılarının konuşmayı anlama yetenekleri oldukça artmıştır. Birçok kullanıcı, açık-uçlu formattaki bazı tek heceli kelime ve cümleleri ayırt edebilmektedir. Kelime ve cümle testlerindeki ortalama skorlar sırasıyla %40 ve %75'tir, ancak performans değişkenliği çok yüksektir (hem kelime hem de cümle testlerinde %0 ile %100 arası). MSTB (The Minimum Speech Test Battery for Adult Cochlear Implant Users), kullanılan implant modeli ve kelime

kodlama stratejisine bakılmaksızın, erişkinlerde preoperatif ve postoperatif konuşmayı anlama performansını kapsamlı olarak değerlendiren standart bir test dizisi sağlar. Ancak, kelime listelerinin öğrenilmesine bağlı değerlendirme hatalarını azaltmak için yeterli sayıda liste hazırlanmalıdır. 10 cümle listesinden oluşan HINT (The Hearing in Noise Test) ise, hem sessiz hem de gürültülü ortamda verilen cümleler için konuşmayı anlama eşiklerinin ölçülmesini sağlar.

ÇOCUKLARDA POSTOPERATİF İŞİTMENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çocuklarda konuşmayı anlama sonuçları ileri derecede değişken olup, temel olarak olgu seçiminden çok fazla etkilenir. Çok erken işitmesini kaybeden çocuklar, implant aracılıklı işitsel uyarılarla eşleştirebilecekleri işitsel bellekten yoksundurlar ve bu nedenle lisan öğrenmelerini engelleyecek diğer problemlere de sahiptirler. Performans değişkenliğini attıran bu durum, implantasyon öncesi kapsamlı incelemenin önemini ortaya koyar. Aile desteğini değerlendirirken, psikososyal eğilimlerdeki büyük farklılıkları göz önünde bulundurmak gereklidir. Çok erken başlangıçlı sağırılığı olan hastalara uygulanacak koklear implantasyonda başarılı olabilmek için yapılacak girişimin erken olmasının önemi gittikçe belirginleşmiştir. İşitme kaybının süresi, iletişim biçimi, işitme kaybının başlangıç yaşı ve kullanılan konuşma işlemcisi, kapalı-uçlu testlerdeki değişkenliğin kabaca %35'inden sorumluyken, implant kullanım süresi ise tek başına daha fazla yüzdeden sorumludur.

İmplantlı Çocuklara Uygulanan Testler

İmplantlı çocukların işitsel performans kapasiteleri geniş bir dağılım gösterdiğinden, bu çocuklara uygulanacak testler de sesin basit olarak farkında olmaktan, sesteki vurgu ayırımına, kapalı uçludan açık uçlu konuşma algısına kadar geniş bir yelpazeyi değerlendirmelidir. Bu testler postoperatif 3 ila 6. aylarda yapılmaya başlanmalıdır. Çeşitli kapalı ve açık uçlu testler

mevcuttur. Örneğin 25 sorudan oluşan bir testte, altı adet resim gösterilir ve birinin adı söylenerek seçmesi istenir. Resimlerin çoğu fonetik olarak birbirine yakındır. Açık uçlu testler ise, genellikle günlük yaşamda sık karşılaşılan kelimelerden oluşur. Açık uçlu testler içinde en zoru, 'fonetik olarak dengeli-anaokulu testi'dir. Bu test fonetik olarak dengeli tek heceli kelimelerden oluşur, 4 yaşın üzerindeki çocuklar için uygundur.

Archbold ve arkadaşları tarafından tanımlanan CAP (Category of Auditory Performance Score), koklear implant hastalarının davranışsal değerlendirilmesinde kullanılan standart testlerden biri olup (Tablo 1), hastanın en son değerlendirilmesinde konuşma terapisti veya odyolog tarafından yapılır. Bu testte, 0'dan 7'ye değişen bir skorlama mevcuttur. 0, çevresel seslerin farkında olmamaya, 7 ise bilinen bir kişiyle telefonda konuşabilmeye karşılık gelir (2, 3).

Tablo 1 İşitsel performans skorlaması kategorileri	
0	Çevresel seslerin farkında olmama
1	Çevresel seslerin farkında olma
2	Konuşma seslerine yanıt verme (örneğin 'git')
3	Çevresel seslerin identifikasyonu
4	Konuşma seslerinin ayırt edilmesi
5	Sık kullanılan ifadeleri, dudak okuma olmadan ayırt etme
6	Konuşmayı, dudak okuma olmadan anlama
7	Tanıdık birisiyle telefonda konuşabilme

GEREÇ VE YÖNTEM

HASTA SEÇİMİ VE KLİNİK PARAMETRELER

Bu çalışma, Ekim 2003 – Temmuz 2005 tarihleri arasında yapılmış olup, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda Temmuz 2005'e kadar bilateral ileri derecede sensörinöral işitme kaybı nedeniyle koklear implantasyon uygulanmış olan hastaların değerlendirilmesini kapsamaktadır. Polikliniğe işitme kaybı nedeniyle başvuran bu hastalara, KBB ve otonörolojik muayeneden sonra saf ses/serbest saha odyometrisi, timpanometri ve akustik refleks ölçümleri yapılmış, çok ileri derecede işitme kaybı düşünülen ve odyometride tam kooperasyon kurulamayan çocuklara ABR testi ve DP-OAE testleri yapılarak tanı kesinleştirilmiştir. Odyometride Interacoustics Corporation, Danimarka tarafından üretilen AC5, AC30 ve AC40 klinik odyometri cihazları ve hava yolu ölçümlerinde Telephonics TDH 39 kulaklıkları, kemik yolu ölçümlerinde Radioear B71 standart vibratörü, timpanometride yine aynı firmaya ait AZ26 empedans odyometre cihazı, ABR testinde Nicolet Compact Auditory (Nicolet Instruments Corp., Madison, Wisconsin), DP-OAE'da ise Smart-EP Multichannel Evoked Potential System (Windows Version 2,0 IHS Corp. FL, ABD) kullanılmıştır. Elektriksel stimülasyonun, ses algısı sağlayıp sağlamayacağından şüphelenilen işitme kayıplı erişkin hastalara, preoperatif dönemde promontoryum stimülasyon testi uygulanmış ve hasta seçiminde promontoryum stimülasyonuna cevap olma şartı aranmıştır. İmplant adayı her hasta için implantasyona uygunluk açısından uzman odyolog görüşü alınmış ve preoperatif işitsel algı ve dil kullanma becerisi açısından değerlendirme yapılmıştır. Ameliyat öncesi her hasta için temporal kemik BT ve posterior fossa MR incelemesi yapılmış ve kontrendikasyon oluşturabilecek diğer muhtemel patolojiler dışlanmıştır.

Koklear implant cerrahisinde genel anestezi altında standart mastoidektomi ve fasyal reses yaklaşımı kullanılmıştır. Uygulanan koklear implantların hepsi çok kanallıdır. Kullanılan insizyon şekli 2 hastada genişletilmiş endaural insizyon, 14 hastada ise genişletilmiş postauriküler insizyondur. İntraoperatif olarak empedansmetrik ölçüm yapılmış ve stapediale refleks eşiği belirlenmiştir. Ayrıca Nucleus marka çok kanallı koklear implant kullanılan hastalarda yapılan Neural Response Telemetry (NRT) ölçümlerinde, Portable Programming System (PPS) cihazı ve Nucleus NRT 3.0 yazılımı kullanılmıştır. İmplant yerleşiminin kontrolü, postoperatif erken dönemde çekilen Stenvers grafisi ve transorbital petröz grafi ile yapılmıştır.

Kliniğimizde 1999-2005 yılları arasında koklear implantasyon uygulanan toplam 31 hastadan, çalışmaya katılmayı kabul edip kliniğimize gelebilen ve elektrofizyolojik çalışmaların yapılabildiği, Nucleus 22 elektrotlu cihazı olanlar içinde en az 15 elektrodun, Med-El marka cihazlar içinse tüm elektrotların aktif olarak kullanıldığı ve çalışmanın yapıldığı dönemde implantasyondan sonra en az 3 ay geçmiş olan 16 hasta seçilmiştir. Hastaların yaşları 6 ile 48 arasında (ortalama 19.75 ± 15.7) değişmekte olup 11'i kadın, 5'i erkektir.

Herhangi bir şikayeti bulunmayan, kulak burun boğaz muayene bulguları ve odyolojik inceleme sonuçları normal olan yaşları 18 ile 24 arasında değişen (ortalama 21.1 ± 0.99) hepsi erkek 10 kişiden de kontrol grubu oluşturulmuştur.

KOKLEAR İMPLANTI PROGRAMLAMA

Yara yerinin tamamen iyileşmesi beklendiği için ameliyattan 3-4 hafta sonra ilk cihaz adaptasyonu yapılmıştır. İlk uygulamada empedansmetrik ölçümlerle elektrotlarda problem olup olmadığı araştırılmış, Nucleus marka cihazlarda Nucleus NRT 3.0 yazılımı ile NRT kaydı alınmıştır. Nucleus marka cihazı olan hastalarda ACE (Advanced Combination Encoder), Med-El

marka cihazı olanlarda ise CIS kelime işleme stratejisi kullanılmıştır. Programlama sırasında hastanın sesi duyduğu en düşük elektriksel şiddet olan T-düzeyi (threshold level) ve normal bir işitmenin sağlandığı C-düzeyi (comfort level) her bir elektrot için ayrı ayrı belirlenmiştir. T ve C düzeyleri ile bunların arasındaki fark anlamına gelen dinamik ranj, adaptasyonun hızla sağlandığı ilk ay içinde haftalık aralıklarla yeniden belirlenmiştir. Daha sonra ilk altı ay ayda bir, ikinci altı ay 3 ayda bir ve daha sonra ilave bir ihtiyaç oluşmadıktan sonra yılda bir programlama yapılmıştır.

ELEKTROFİZYOLOJİK TESTLERİN YAPILMASI

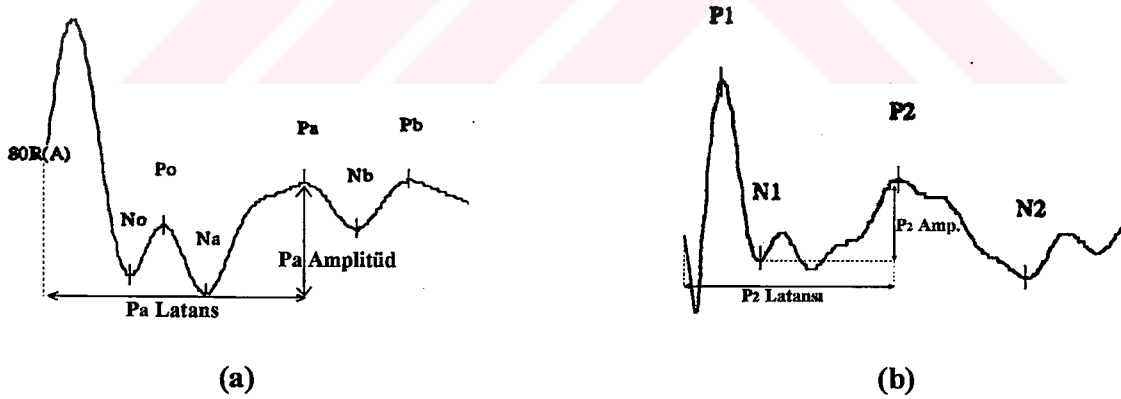
MLR ve LLR testleri ve işitsel performans testleri yapılmak üzere çağrılan tüm implantlı hastalardan 16'sına ulaşılabildi. Bu hastalarda, maksimum test performansını elde edebilmek için, çalışmanın sonuna en yakın dönemde MLR ve LLR testleri uygulandı. Elektrofizyolojik testler ile işitsel performansların değerlendirilmesi ve implantlı odyolojik eşik tayini aynı gün içinde yapılmaya çalışıldı, aynı gün yapılamayanlarda bu sürenin 1 haftayı geçmemesine özen gösterildi.

Alın orta kısım ve her iki mastoid bölge cildi alkolle temizlendikten sonra hastalar, işitsel uyarılmış potansiyellerin alınması için özel ses izolasyonlu odaya alınmıştır. Herhangi sedatif bir ajan kullanılmayan hastalara, test süresince hareketsiz kalmaları öğütlenmiştir. İlk aşama olan MLR testinde, hastadan işittiği sesleri pasif olarak dinlemesi, LLR testi sırasında ise dikkatini vermesi için işittiği klikleri sayması istenmiş ve her frekanstan sonra kaç saydığı sorulmuştur. Küçük çocuklar ise LLR sırasında sesleri takip etmeleri için şartlandırılmıştır.

Kayıtlar, Smart-EP Multi Channel Evoked Potential System (Windows Version 2,0 IHS Corp. FL, ABD) cihazı ile altın cup elektrotlar üzerinden alınmıştır. Referans elektrot kayıt

yapılan mastoid kemik üzerine, toprak elektrot alın orta kısmına ve pozitif elektrot ise vertekse yerleştirilmiş ve ciltle teması arttırmak için iletken jel kullanılmıştır. Elektrotlar arasında, 7 k Ω 'u geçmeyen empedans farkı olmasına dikkat edilmiştir. Koklear implantlı hastalarda implantın konuşma işlemcisi (Nucleus için SPrint, ESPrıt veya ESPrıt3G, Med-El için TEMPO+), TDH 39 marka kulaklıklar üzerine yerleştirildi. İşlemci mikrofonunun, kulaklığın hoparlörüne yakın olmasına özen gösterildi. Sağlıklı kontrol grubu hastalarında ise aynı marka kulaklık, test edilen kulağa yerleştirildi.

Testler esnasında sırasıyla 90, 80, 70, 60, 50 ve 40 dB şiddetindeki alternan klik uyarın kullanılmış ve her bir cevap en az 2 kere tekrar edilerek tutarlılık açısından kontrol edilmiştir. MLR için saniyede 9.7 olacak şekilde toplam 1000 uyarın, LLR için saniyede 1.3 olacak şekilde toplam 50 uyarın kullanılmıştır. Elde edilen yanıtlar MLR için 10-100 Hz, LLR için ise 1-30 Hz'lik band-pass filtreden geçirilmiştir. Amplifikasyon kazancı 50000 \times olup, maskeleme yapılmamıştır. Sistemin artefakt rejeksiyon fonksiyonu test süresince açık bırakılmıştır. Aynı testler, kontrol grubuna da yapılmıştır.



Şekil 12. MLR (a) ve LLR (b) dalgalarının latans ve amplitüdlerinin ölçümünde kullanılan yöntem.

Tüm şiddetlerde elde edilen cevaplardan dalgaların en iyi rezolüsyonla identifiye edilebildiği 80 dB temel alınmıştır. MLR için N_0 , P_0 , N_a , P_a , N_b , P_b dalgaları; LLR içinse, P_1 , N_1 , P_2 , N_2 dalgalarının latans ve amplitüdüleri ölçülmüştür. Latans ölçümünde (+) ve (-) defleksiyonun zirve noktası referans olarak alınmıştır. Amplitüd ölçümlerinde ise bir dalganın zirve noktasından diğer dalganın zirve noktasına kadar olan yükseklik ölçülmüştür (Şekil 12).

KOKLEAR İMPLANT PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ

Performansları genel olarak daha iyi olan koklear implantlı postlingual erişkin hastalara görsel ipuçlu, kapalı ve açık uçlu, tek ve üç heceli kelime testleri yapılmıştır. Performansları daha düşük olan genellikle prelingual hastalara ise “patates kafa” adı verilen yardımcı bir araçla Türkçe kapalı uçlu, görsel ipuçlu cümle testi uygulanmıştır. Postoperatif implantlı serbest saha eşikleri, klinik odyometri cihazı (AC40, Interacoustics Corp., Danimarka) kullanılarak uzman odyolog tarafından tespit edilmiştir.

PARAMETRELER

80 dB’lik uyararla elde edilen MLR ve LLR dalgalarına ait latans ve amplitüdüler, prelingual ve postlingual hastalarda ve sağlam bireylerden oluşan kontrol grubunda elde edilmiş ve prelingual ve postlingual hastalar arasında ve işitsel performansı iyi ve kötü hastalar arasında karşılaştırılmıştır. İşitsel performansa göre yapılan kıyaslamada, Archbold’a ait performans kategorileri esas alınmıştır (2,3). Son olarak, tüm koklear implantlı hastalar tek bir grup olarak alınarak performans kategorileriyle MLR ve LLR latans ve amplitüdüleri kıyaslanmıştır.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Hastalar, hem prelingual veya postlingual olmalarına göre, hem de işitsel algı performanslarına göre değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmede SPSS for Windows 10.0, Chicago/IL-USA kullanıldı ve 0.05'in altındaki p değerleri anlamlı olarak kabul edildi.

İlk değerlendirmede, 80 dB'de, MLR ve LLR testlerinde elde edilen potansiyellerin amplitüd ve latans değerleri prelingual, postlingual işitme kayıplı ve sağlam kontrol grubu arasında Mann-Whitney-U testi ile karşılaştırılmıştır. İkinci değerlendirmede, Archbold ve arkadaşları (1995, 1998) tarafından implantlı hastalar için belirlenen ve 0 ile 7 arasında kötüden iyiye değişen performans skalasına (Tablo 1) göre hastalar iyi (kategoriler 6-7) ve kötü (kategori 2-5) performanslı olmak üzere ikiye ayrılmış ve sağlam kontrol grubu ile birlikte bu üç grup ANOVA testini kullanarak karşılaştırılmıştır.

Üçüncü değerlendirmede, prelingual ve postlingual hastalarda MLR ve LLR latans ve amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon, Pearson testiyle ayrı ayrı araştırılmıştır. Dördüncü değerlendirmede, tüm prelingual ve postlingual hastalar bir arada olmak üzere kategoriler ile MLR ve LLR yanıtları, total işitme kaybı süresi, implantasyondan sonra geçen zaman ve işitsel performans testleri parametreleri arasında Pearson testiyle korelasyon araştırılmıştır. Son değerlendirmede ise kategori seçiminin doğruluğunu sınamak üzere kategoriler ile işitsel performans testleri, odyometri, işitme cihazı kullanım süresi, total işitme kaybı süresi ve implantasyondan sonra geçen zaman arasında Pearson testiyle korelasyon araştırılmıştır.

BULGULAR

Bu çalışma, Mart 1999–Mayıs 2005 tarihleri arasında Gülhane Askeri Tıp Akademisi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda bilateral ileri derecede sensörinöral işitme kaybı nedeniyle koklear implantasyon uygulanmış 31 hastadan, ulaşılabilen ve hasta seçim kriterlerine uyan 16'sına uygulanmıştır. Hastaların yaşları 6 ile 48 arasında (ortalama 19.75 ± 15.7) olup, 11'i kadın, 5'i erkekti. Çocuk yaş grubunda 8 hastada prelingual işitme kaybı, erişkin yaş grubunda ise 2 hastada prelingual, 6 hastada postlingual işitme kaybı mevcuttu. Hastaların ortalama işitme kaybı süresi erişkin grupta 3.5 yıl, çocuk grubunda ise 5.3 yıldır.

MLR Latans Karşılaştırması

Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve normal bireyler karşılaştırıldığında 80 dB'deki MLR latanslarının kontrol grubunda genel olarak en kısa, prelingualerde ise en uzun olduğu görülmüştür (Tablo 2). Gruplar arasında latans ortalamalarının farkının istatistiksel anlamlılığı araştırıldığında ise, anlamlılığın, prelingualer ile normal bireyler arasında olduğu görülmüştür (Tablo 3).

	N_0	P_0	N_a	P_a	N_b	P_b
	Ortalama \pm Standart sapma (ms)					
Prelingual İşitme Kaybı Grubu	12.4 \pm 0.6	13.7 \pm 3.9	23.2 \pm 1.5	36.4 \pm 1.77	43.8 \pm 1.3	54 \pm 1.6
Postlingual İşitme Kaybı Grubu	11 \pm 1.4	14.8 \pm 3.4	20.8 \pm 3.3	32.4 \pm 6.9	41.3 \pm 7.2	51.1 \pm 5.5
Kontrol Grubu	8.1 \pm 2.2	12.8 \pm 1.5	19.4 \pm 2	33.7 \pm 5.7	47 \pm 10.6	60.8 \pm 15.2

Tablo 2. Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve normal bireylerin MLR latans ortalamaları.

P	N ₀	P ₀	N _a	P _a	N _b	P _b
1-2	0.4	0.53	0.18	0.28	0.49	0.23
1-3	0.05	0.32	0.002	0.09	0.54	0.4
2-3	0.26	0.22	0.22	0.95	0.32	0.18

Tablo 3. Gruplar arasındaki MLR latans farkı anlamlılıklarının istatistiksel olarak karşılaştırılması. Grup 1: Prelingual işitme kaybı grubu, Grup 2: Postlingual işitme kaybı grubu. Grup 3: Kontrol grubu.

MLR Amplitüd Karşılaştırması

Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve normal bireyler karşılaştırıldığında 80 dB'deki MLR amplitüdlерinin, postlinguallerde prelinguallerden yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Kontrol grubunda ise bu değerler en düşük bulunmuştur. Amplitüd ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel anlamlılığının, her iki koklear implant grubu ile kontrol grubu arasında, özellikle P₀, N_a, P_a ve N_b dalgaları arasında mevcut olduğu görülmüştür. Her iki implant grubu arasındaki farkın anlamlı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 5).

	N ₀	P ₀	N _a	P _a	N _b
	Ortalama ± Standart sapma (μV)				
Prelingual İşitme Kaybı Grubu	1.2±11.1	13.2±36.9	40.6±5.6	6.3±12.6	6.53±6.34
Postlingual İşitme Kaybı Grubu	4.5±0.01	17±16.7	44.7±42.1	15.4±11.2	8.2±6.7
Kontrol Grubu	0.9±1.3	2.1±2.1	1.1±0.8	2.8±6.7	0.7±0.5

Tablo 4. Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve kontrol grubunun MLR amplitüd ortalamaları.

P	N ₀	P ₀	N _a	P _a	N _b
1-2	0.6	1	0.8	0.1	0.9
1-3	0.5	0.06	0.001	0.26	0.012
2-3	0.4	0.2	0.01	0.01	0.001

Tablo 5. Gruplar arasında MLR amplitüdlerinin karşılaştırılması. Grup 1: Prelingual işitme kaybı grubu, Grup 2: Postlingual işitme kaybı grubu. Grup 3: Kontrol grubu.

LLR Latans Karşılaştırması

Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve kontrol grubu karşılaştırıldığında 80 dB'deki LLR latanslarının kontrol grubunda (P₁ ve N₁ hariç) en kısa, prelinguallerde ise en uzun olduğu bulunmuştur (Tablo 6). Latans ortalamalarının gruplar arasındaki fark anlamlılıkları araştırıldığında ise en fazla anlamlılığın postlingualler ile normal bireyler arasında P₂ dalgasının latansında olduğu görülmüştür (Tablo 7).

	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
	Ortalama ± Standart sapma (ms)			
Prelingual İşitme Kaybı Grubu	66.2±16.4	83.8±33.3	198.8±56	252.7±44.7
Postlingual İşitme Kaybı Grubu	44±12.7	71.3±28.1	192.8±45.8	251±59.5
Kontrol Grubu	52.2±11.3	85.7±15.2	152.3±15.1	236.2±29.4

Tablo 6. Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve kontrol grubunun LLR latans ortalamaları.

P	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
1-2	0.1	0.3	1	0.6
1-3	0.3	0.3	0.07	0.6
2-3	0.3	0.07	0.04	0.7

Tablo 7. Gruplar arasında LLR latansları arasındaki farkın anlamlılık kıyaslaması. Grup 1: Prelingual işitme kaybı grubu, Grup 2: Postlingual işitme kaybı grubu. Grup 3: Kontrol grubu.

LLR Amplitüd Karşılaştırması

Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve kontrol grubu karşılaştırıldığında 80 dB'deki LLR amplitüdlерinin postlinguallerde (P₂ ve N₂ hariç) en yüksek, kontrol grubunda ise en düşük olduğu bulunmuştur (Tablo 8). Amplitüd ortalamalarının arasındaki anlamlı farkların, prelingual koklear implant grubu ile normal bireyler arasında, özellikle P₁ ve N₁ dalgaları arasında mevcut olduğu görülmüştür (Tablo 9).

	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
	Ortalama ± Standart sapma (µV)			
Prelingual İşitme Kaybı Grubu	3.7±0.8	13.8±12.5	3.1±2.1	4.37±2.37
Postlingual İşitme Kaybı Grubu	6.6±2.8	13.9±9.5	4.4±1.2	4.1±3
Kontrol Grubu	2.5±0.5	5.1±1.2	5.1±0.9	3.2±1.2

Tablo 8. Prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve kontrol grubunun 80 dB'deki LLR amplitüdleri.

	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
1-2	0.3	1	0.2	0.24
1-3	0.02	0.01	0.06	0.06
2-3	0.1	0.3	0.2	0.23

Tablo 9. Gruplar arasında LLR amplitüdleri arasındaki farkın anlamlılık kıyaslaması. Grup 1: Prelingual işitme kaybı grubu, Grup 2: Postlingual işitme kaybı grubu, Grup 3: Kontrol grubu.

Prelingual ve Postlingual Hastaların Performans Kategorilerine Göre Dağılımı

Archbold ve arkadaşları tarafından implanlı hastalar için belirlenen ve 0 ile 7 arasında kötüden iyiye değişen performans skalasına göre oluşturulan performans kategorilerinin, prelingual ve postlingual hastalar arasındaki dağılımı, Tablo 10'da gösterilmiştir (2, 3).

	İşitsel Performans Kategorileri							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Prelingual Hastalar	-	-	1	1	2	4	2	-
Postlingual Hastalar	-	-			1	1	2	2

Tablo 10. Prelingual ve postlingual hastaların performans kategorilerine göre dağılımı.

İyi ve kötü performanslı hasta grupları ve kontrol grubunun MLR latanslarının karşılaştırılması

Hastalar, prelingual ve postlingual olarak ayrılmalarının yanısıra, işitsel performans kategorileri 6,7 olanlar ve 2-5 arasında olanlar olmak üzere ikiye ayrıldı. Bu iki grup kendi arasında ve sağlıklı kontrol grubu ile, ANOVA testini kullanarak karşılaştırıldı. MLR latans

ortalamları değerlendirildiğinde; P_b dışındaki iyi performanslı olan 1. grubun tüm latanslarının kötü performanslı olan 2. grubunkilerden kısa olduğu, kontrol grubunun ise N_b ve P_b dışında tüm latanslarının koklear implant hastalarinkinden kısa veya eşit olduğu izlendi (Tablo 11). Bunların birbirleri ile olan ilişkileri Mann-Whitney-U testi ile istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, tek anlamlı sonucun N_a dalgası için kötü performanslı 2. grup ile kontrol grubu arasında olduğu izlendi (Tablo 12).

Grup		No	Po	Na	Pa	Nb	Pb
1	Ortalama ± St. Sapma	11.8 ± 1.3	13.1 ± 2.6	21.8 ± 3.4	34.5 ± 6.6	41.9 ± 6.7	52.7 ± 5.9
2	Ortalama ± St. Sapma	11.8 ± 2.2	13.1 ± 2.6	22.6 ± 1.8	34.8 ± 2.9	43.5 ± 1.7	52.6 ± 2
3	Ortalama ± St. Sapma	8.1	12.8 ± 1.5	19.4 ± 2	33.7 ± 5.7	47 ± 10.6	60.8 ± 15.2
		0.063	0.444	0.042	0.917	0.408	0.222

Tablo 11. Performansa göre oluşturulan grupların MLR latanslarının ANOVA testi ile istatistiksel değerlendirilmesi. 1: Performansı 6 veya 7 olan koklear implantlı hastalar, 2: Performansı 2 ile 5 arası olan koklear implantlılar, 3: Sağlam kontrol grubu.

	P_o	N_a	P_a	N_b	P_b
1-2	0.31	0.52	0.93	0.7	0.99
1-3	0.89	0.07	0.76	0.2	0.15
2-3	0.25	0.01	0.69	0.37	0.13

Tablo 12. Performansa göre oluşturulan grupların MLR latanslarının birbirleri ile ilişkilerinin anlamlılıkları.

İyi ve kötü performanslı hasta grupları ve kontrol grubunun MLR amplitüdlerinin karşılaştırılması

Performansa göre oluşturulan grupların MLR amplitüd ortalamaları incelendiğinde, en yüksek amplitüdlere iyi performans gösteren 1. koklear implant grubunda olduğu, en düşük amplitüdlere ise, muhtemelen stimuluslardaki nitelik farkına bağlı olarak kontrol grubunda olduğu izlendi (Tablo 13). Koklear implantlı grupların amplitüd ortalamaları, P_a ve N_b için istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulundu (Tablo 14).

Grup			N_o		P_o		N_a		P_a		N_b
1	Ortalama	P	4.9	0.642	19.2	0.132	57.6	0.004	15.1	0.02	10.6
	± St. Dev.		± 2.1		± 5.3		± 39.9		± 10.2		± 5.8
2	Ortalama	P	2.3	0.642	13.1	0.132	29.6	0.004	4.9	0.02	4.1
	± St. Dev.		± 1.9		± 14.8		± 33.2		± 4.8		± 5.2
3	Ortalama	P	0.9	0.642	2.1	0.132	1.1	0.004	2.8	0.02	0.7
	± St. Dev.		± 1.3		± 2.1		± 0.89		± 6.7		± 0.5

Tablo 13. Performansa göre oluşturulan grupların MLR amplitüdlerinin istatistiksel değerlendirilmesi.

Grup Eşleştirmesi	P_o	N_a	P_a	N_b
1-2	0.48	0.085	0.04	0.019
1-3	0.075	0.001	0.007	0.001
2-3	0.12	0.056	0.622	0.13

Tablo 14. Performansa göre oluşturulan grupların MLR amplitüdlerinin birbirleri ile ilişkilerinin anlamlılıkları.

İyi ve kötü performanslı hasta grupları ve kontrol grubunun LLR latanslarının karşılaştırılması

Performansa göre oluşturulan grupların LLR latans ortalamaları değerlendirildiğinde, iyi performanslı 1. grubun latansları N_1 ve N_2 dalgaları için 2. grubunkilerden kısa, P_1 ve P_2 içinse çok az uzun olduğu, kontrol grubunun latanslarının ise N_1 hariç tüm dalgalarda implantlılarından kısa olduğu tespit edildi (Tablo 15). Bunların birbirleri ile olan ilişkileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlılığın, P_2 dalgası için her iki implantlı grup ile kontrol grubu arasında olduğu ($p < 0.05$) tespit edildi (Tablo 16).

Grup		P_1		N_1		P_2		N_2	
1	Ortalama ± St. Sapma	56.6 ± 30	0.922	69.8 ± 27.2	0.388	197.2 ± 52.6	0.051	245.5 ± 52.9	0.586
2	Ortalama ± St. Sapma	54.2 ± 10.9		86.3 ± 33.5		196 ± 52.7		258.4 ± 48.9	
3	Ortalama ± St. Sapma	52.2 ± 11.3		85.7 ± 15.2		152.3 ± 15.1		236.2 ± 29.4	

Tablo 15. Performansa göre oluşturulan grupların LLR latanslarının istatistiksel değerlendirilmesi.

Grup Eşleştirmesi	P_1	N_1	P_2	N_2
1-2	0.83	0.22	0.95	0.58
1-3	0.69	0.22	0.04	0.66
2-3	0.84	0.95	0.034	0.3

Tablo 16. Performansa göre oluşturulan grupların LLR latanslarının birbirleri ile ilişkilerinin anlamlılıkları.

İyi ve kötü performanslı hasta grupları ve kontrol grubunun LLR amplitüdlerinin karşılaştırılması

Performansa göre oluşturulan grupların LLR amplitüd ortalamaları karşılaştırıldığında, 1. grubun amplitüdlerinin tüm dalgalar için 2. grubunkinden yüksek olduğu, kontrol grubu amplitüdlerinin P₁ ve N₁ için implantlılarınkinden düşük, P₂ için yüksek, N₂ için ise iki implantlı grubun ortasında olduğu tespit edildi (Tablo 17). Bunların birbirleri ile olan ilişkileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, P₁ ve N₁ için 1. grupla kontrol grubu, P₂ için 2. grupla kontrol grubu, N₂ içinse iki implant grubu arasındaki fark anlamlı (p<0.005) bulundu (Tablo 18).

Grup		P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
1	Ortalama ± St. Dev.	6.4 ± 3	15.5 ± 12.1	3.9 ± 1.9	4.7 ± 2.1
2	Ortalama ± St. Dev.	4.46 ± 2	12.6 ± 10.9	3.4 ± 1.8	2.8 ± 1.4
3	Ortalama ± St. Dev.	2.5 ± 0.53	5.1 ± 1.2	5.1 ± 0.99	3.2 ± 1.2
	p	0.02	0.062	0.108	0.084

Tablo 17. Performansa göre oluşturulan grupların LLR amplitüdlerinin istatistiksel değerlendirilmesi.

Grup Eşleştirmesi	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
1-2	0.15	0.52	0.58	0.04
1-3	0.007	0.02	0.14	0.06
2-3	0.08	0.08	0.04	0.65

Tablo 18. Performansa göre oluşturulan grupların LLR amplitüdlerinin birbirleri ile ilişkilerinin anlamlılıkları.

Prelingual Hastalarda MLR Latans ve Amplitüdleri ile Performans Kategorilerinin

Korelasyonu

Prelingual hastalarda MLR latansları ile işitsel performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde, P_a ve P_b dalgası dışında negatif korelasyon olduğu tespit edilmiş, ancak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 19). Yani hastanın işitsel performansı iyileştikçe MLR latansları kısalmaktadır. Aynı analiz MLR amplitüdleri için yapıldığında, MLR amplitüdleri ile kategoriler arasında pozitif bir korelasyon olduğu, ancak bunun istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 20).

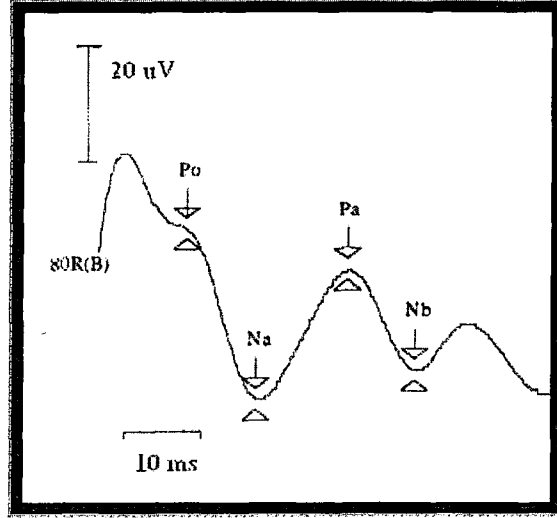
	N_0	P_0	N_a	P_a	N_b	P_b
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.86	-0.31	-0.006	0.13	-0.05	0.44
p	0.33	0.55	0.98	0.76	0.89	0.31

Tablo 19. Prelingual hastalarda MLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon.

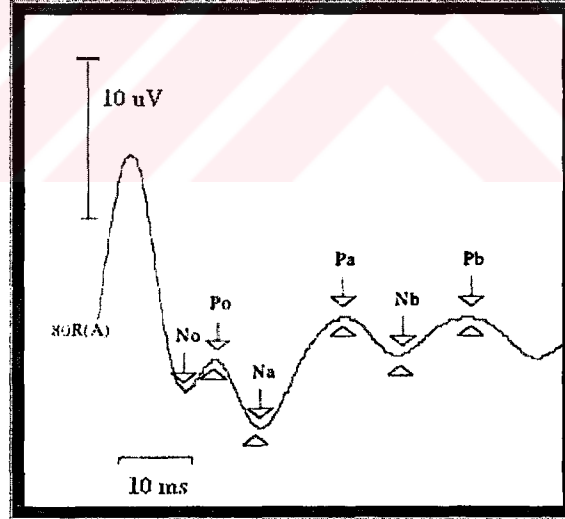
	P_0	N_a	P_a	N_b
Kategori ile Korelasyon (r)	0.24	0.35	0.04	0.06
p	0.75	0.42	0.93	0.91

Tablo 20. Prelingual hastalarda MLR amplitüdleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon.

Aşağıdaki 13 ve 14. şekillerde, iyi ve kötü işitsel performanslı prelingual koklear implant hastalarına ait MLR traseleri görülmektedir.



Şekil 13. İşitsel performansı iyi olan prelingual koklear implant hastasına ait örnek MLR trasesi. P₀ lat: 11.8 ms, P₀ amp: 33 μ V, N_a lat: 20.8 ms, N_a amp: 28 μ V, P_a lat: 33 ms, P_a amp: 15 μ V, N_b lat: 41.8 ms.



Şekil 14. İşitsel performansı kötü olan prelingual koklear implant hastasına ait örnek MLR trasesi. N₀ lat: 12.4 ms, N₀ amp: 1.59 μ V, P₀ lat: 17.2 ms, P₀ amp: 3.43 μ V, N_a lat: 23.2 ms, N_a amp: 5.78 μ V, P_a lat: 35 ms, P_a amp: 2 μ V, N_b lat: 43.4 ms, N_b amp: 1.92 μ V, P_b lat: 53 ms.

Postlingual Hastalarda MLR Latans ve Amplitüdüleri ile Performans Kategorilerinin Korelasyonu

Postlingual hastalarda MLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde N_0 dalgası dışında negatif bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir (Tablo 21). Sadece P_0 dalgasındaki korelasyon anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Yani hastanın işitsel performansı iyileştikçe MLR latansları kısalmaktadır. Aynı istatistiksel çalışma MLR amplitüdüleri için yapıldığında ise anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir (Tablo 22).

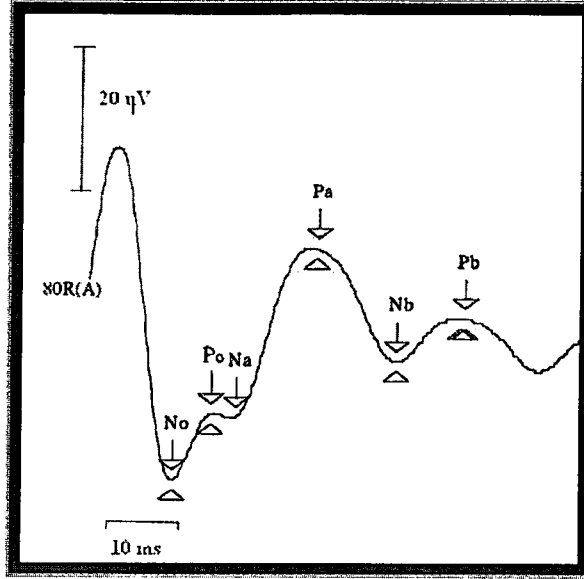
	P_0	N_a	P_a	N_b	P_b
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.89	-0.41	-0.28	-0.4	-0.27
p	0.03	0.41	0.57	0.42	0.6

Tablo 21. Postlinguallerde MLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon.

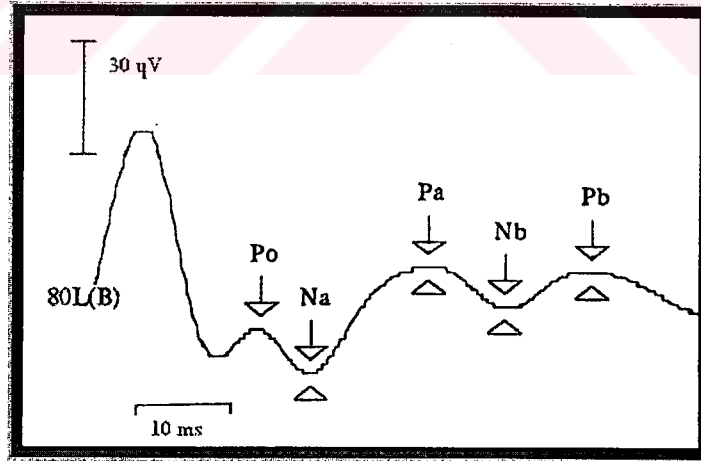
	P_0	P_a	N_b
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.8	0.6	0.47
p	0.9	0.2	0.41

Tablo 22. Postlinguallerde MLR amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon.

Aşağıdaki 15 ve 16. şekillerde, iyi ve kötü işitsel performanslı postlingual koklear implant hastalarına ait MLR traseleri görülmektedir.



Şekil 15. İşitsel performansı iyi olan postlingual koklear implant hastasına ait örnek MLR trasesi. N_o lat: 12 ms, P_o lat: 17.4 ms, N_a lat: 20.8 ms, N_a amp: 21.1 μ V, P_a lat: 32 ms, P_a amp: 14 μ V, N_b lat: 43 ms, N_b amp: 5.3 μ V, P_b lat: 52.4 ms.



Şekil 16. İşitsel performansı kötü olan postlingual koklear implant hastasına ait örnek MLR trasesi. P_o lat: 17.6 μ V, P_o amp: 11.3, N_a lat: 23 ms, N_a amp: 29.1 μ V, P_a lat: 35.2 ms, N_b lat: 43.2 ms, P_b lat: 52.4 ms.

Prelingual Hastalarda LLR Latansları ile Performans Kategorilerinin Korelasyonu

Prelingual hastalarda LLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde; sadece P₁ dalgasında anlamlı pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir (Tablo 23). İşitsel performans iyileştikçe P₁ dalgasına ait latansın uzaması olarak yorumlanan bu sonuç, şaşırtıcıdır. Ancak, P₂, anlamlı olmasa da performans iyileştikçe kısalma eğilimi göstermektedir.

	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
Kategori ile Korelasyon (r)	0.96	0.07	-0.07	0.03
p	0.03	0.84	0.83	0.93

Tablo 23. Prelingual hastalarda LLR latansları ile performans kategorileri arasındaki ilişki.

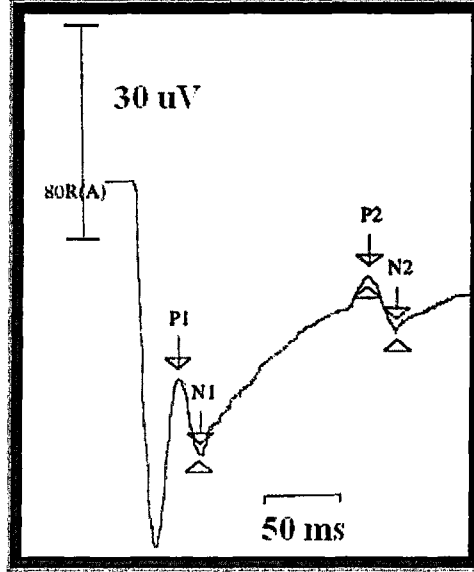
Prelingual Hastalarda LLR Amplitüdüleri ile Performans Kategorilerinin Korelasyonu

Prelingual hastalarda LLR amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir (Tablo 24). Ancak, performans iyileştikçe, anlamlı olmasa da, N₂ amplitüdünde artma eğilimi görülmüştür.

	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.197	-0.012	-0.1	0.25
p	0.8	0.97	0.8	0.51

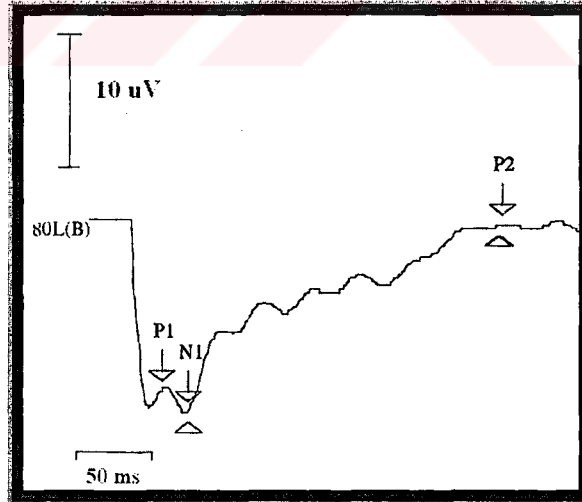
Tablo 24. Prelingual hastalarda LLR amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki ilişki.

Aşağıdaki 17 ve 18. şekillerde, iyi ve kötü işitsel performanslı prelingual koklear implant hastalarına ait LLR traseleri görülmektedir.



Şekil 17. İşitsel performansı iyi olan prelingual koklear implant hastasına ait örnek LLR trasesi.

P₁ lat: 56 μ V, P₁ amp: 9.06 μ V, N₁ lat: 71 ms, N₁ amp: 21.42 μ V, P₂ lat: 185 ms, P₂ lat: 6.3 ms,
N₂ lat: 203 ms.



Şekil 18. İşitsel performansı kötü olan prelingual koklear implant hastasına ait örnek LLR trasesi.

N₁ lat: 54 ms, N₁ amp: 12.1 μ V, P₂ lat: 279 ms.

Postlingual Hastalarda LLR Latansları ile Performans Kategorilerinin Korelasyonu

Postlingual hastalarda LLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde, tüm dalgalar için, istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte negatif bir korelasyon tespit edilmiştir (Tablo 25). Bu beklenen sonuç, işitsel performans iyileştikçe LLR latanslarının kısalması anlamına gelmektedir.

	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.4	-0.13	-0.56	-0.66
p	0.59	0.7	0.24	0.15

Tablo 25. Postlinguallerde LLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon.

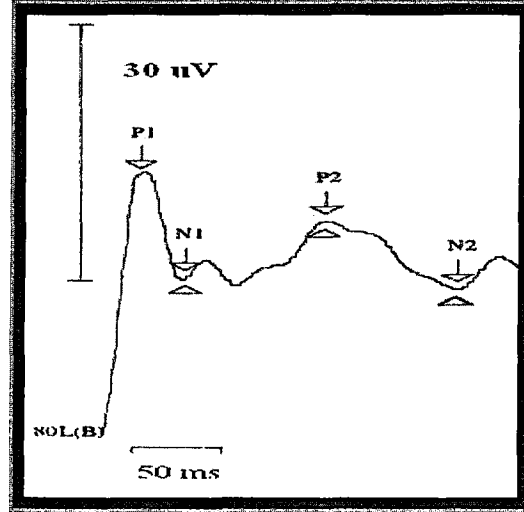
Postlingual Hastalarda LLR Amplitüdüleri ile Performans Kategorilerinin Korelasyonu

Postlingual hastalarda LLR amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde, istatistiksel olarak hiçbirisi anlamlı olmamakla birlikte, N₁ hariç olmak ve en güçlüsü N₂ için olmak üzere pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir (Tablo 26).

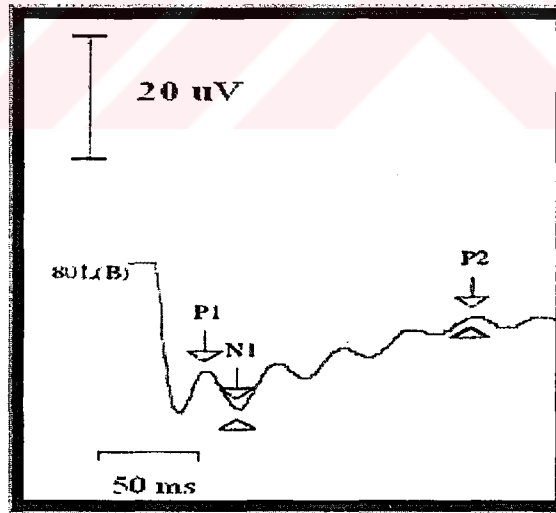
	P ₁	N ₁	P ₂	N ₂
Kategori ile Korelasyon (r)	0.2	-0.24	0.02	0.43
p	0.79	0.64	0.7	0.4

Tablo 26. Postlinguallerde LLR amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon.

Aşağıdaki 19 ve 20. şekillerde, iyi ve kötü işitsel performanslı postlingual koklear implant hastalarına ait LLR traseleri görülmektedir.



Şekil 19. İşitsel performansı iyi olan postlingual koklear implant hastasına ait örnek LLR trasesi. P₁ lat: 27 μ V, P₁ amp: 14.2, N₁ lat: 53 ms, N₁ amp: 6.54 μ V, P₂ lat: 133 ms, P₂ amp: 7.96, N₂ lat: 206 ms.



Şekil 20. İşitsel performansı kötü olan postlingual koklear implant hastasına ait örnek LLR trasesi. P₁ lat: 51 ms, P₁ amp: 5.7 μ V, N₁ lat: 68 ms, N₁ amp: 13.5 μ V, P₂ lat: 184 ms.

Tüm Koklear İmplant Hastalarında İşitsel Performans Kategorileri ile Diğer Parametreler Arasındaki Uyumun Araştırılması

Tüm koklear implantlı hastaları tek bir grup olarak alıp, işitsel performans testleri ve bazı parametreler ile kategori uyumu karşılaştırıldığında; istatistiksel olarak anlamlı korelasyonun, ($p < 0.05$) implantasyondan sonra geçen zaman ve saf ses odyometri testleri arasında olduğu saptanmıştır (Tablo 27). Performans arttıkça odyometride iyileşme meydana gelmesi ve implantasyondan sonra zaman geçtikçe performansın iyileşmesi olarak yorumlanan bu sonuçlar anlamlıdır. Kapalı uçlu tek heceli kelime testi dışındaki parametrelerde ise korelasyonun anlamlı olmamakla birlikte beklendiği şekilde olduğu görülmüştür.

	Total İşitme Kaybı Süresi	İmpl.sonra geçen zaman	AUTH	KUTH	AUÜH	KUÜH	TKUCT	Odyometri
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.03	0.49	0.31	-0.08	0.26	0.66	0.8	-0.7
p	0.9	0.05	0.48	0.86	0.53	0.1	0.1	0.005

Tablo 27. Tüm koklear implantlı hastalarda kategorileri uyumlarının karşılaştırılması. AUTH: Açık uçlu tek heceli kelime testi, KUTH: Kapalı uçlu tek heceli kelime testi, AUÜH: Açık uçlu üç heceli kelime testi, KUÜH: Kapalı uçlu üç heceli kelime testi, TKUCT: Türkçe kapalı uçlu cümle testi.

Tüm Koklear İmplantlı Hastaların İşitsel Kategorileri ile MLR ve LLR Latans ve Amplitüdlerinin Karşılaştırılması

Tüm koklear implantlı hastaları tek bir grup olarak alıp, işitsel kategorilerle MLR ve LLR latans ve amplitüdlerinin kıyaslanması Tablo 28-31'de gösterilmiştir. Beklendiği üzere tüm MLR ve LLR latanslarında negatif korelasyon, amplitüplerinde ise pozitif korelasyon saptanmıştır;

ancak hiçbirinde istatistiksel anlamlılık elde edilememiştir. Sadece LLR'deki N_1 amplitüdünde beklenmedik bir negatif korelasyon saptanmıştır.

	N_0	P_0	N_a	P_a	N_b	P_b
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.41	-0.39	-0.21	-0.14	-0.22	-0.08
p	0.48	0.23	0.46	0.61	0.43	0.78

Tablo 28. Tüm koklear implantlı hastaların, işitsel kategorileriyle MLR latanslarının karşılaştırılması.

	N_0	P_0	N_a	P_a	N_b
Kategori ile Korelasyon (r)	0.98	0.26	0.28	0.36	0.23
p	0.11	0.56	0.34	0.26	0.5

Tablo 29. Tüm koklear implantlı hastaların, işitsel kategorileriyle MLR amplitüdlerinin karşılaştırılması.

	N_1	P_2	N_2
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.03	-0.19	-0.12
p	0.88	0.46	0.67

Tablo 30. Tüm koklear implantlı hastaların, işitsel kategorileriyle LLR latanslarının karşılaştırılması.

	P_1	N_1	P_2	N_2
Kategori ile Korelasyon (r)	0.28	-0.05	0.05	0.33
p	0.49	0.82	0.85	0.26

Tablo 31. Tüm koklear implantlı hastaların, işitsel kategorileriyle LLR amplitüdlerinin karşılaştırılması.

Prelingual Koklear İmplant Hastalarında İşitsel Performans Kategorileri ile Diğer Parametreler Arasındaki Uyumun Araştırılması

Prelingual koklear implant hastalarında, işitsel performans testleri ve bazı parametreler ile kategoriler arasındaki uyum araştırıldığında, implantasyon sonrası geçen zaman, Türkçe kapalı uçlu cümle testi ve odyometrik sonuçlar ile işitsel performans kategorileri arasında anlamlı bir korelasyon olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 32).

	İC Kull. Süresi	Total Kayıp Zamanı	İmpl.Sonrası G.Zaman	Yaş	TKUCT	Odyometri
Kategori ile Korelasyon (r)	0.48	0.5	0.75	0.56	0.91	-0.72
p	0.15	0.14	0.01	0.09	0.03	0.04

Tablo 32. Prelingualerde kategori uyumu. İC: İşitme cihazı.

Postlingual Koklear İmplant Hastalarında İşitsel Performans Kategorileri ile Diğer Parametreler Arasındaki Uyumun Araştırılması

Postlingual koklear implant hastalarında, işitsel performans testleri ve bazı parametreler ile kategoriler arasındaki uyum araştırıldığında, üç heceli kelime testleri, açık uçlu tek heceli kelime testi ve implantasyon sonrası geçen zaman arasında istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Tablo 33). Odyometrik sonuçlar ve total kayıp zamanı ile kategori arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur. Bu sonuçlar kategori seçimini desteklemekle birlikte, kapalı uçlu tek heceli testlerdeki korelasyon beklenenin aksine negatif olarak gerçekleşmiştir. Bunun nedeni test tekniğinin subjektifliği olabilir.

	İC Kullanım Süresi	Total Kayıp Zamanı	İmpl.Sonrası Geçen Zaman	AUTH	KUTH	AUÛH	KUÛH	Odyometri
Kategori ile Korelasyon (r)	-0.484	-0.294	0.359	0.3	-0.393	0.489	0.75	-0.75
p	0.33	0.32	0.48	0.55	0.44	0.32	0.087	0.086

Tablo 33. Postlinguallerde kategori uyumu.

TARTIŞMA

Sesi tanıma ve cevap vermedeki tecrübesizlikleri nedeniyle gerek koklear implant aday seçimi, gerekse prelingual işitme kayıplı hastalarda koklear implant sonrası santral işitsel yolların objektif olarak incelenmesi, kaçınılmaz bir ihtiyaç olma yolundadır. Santral işitsel yollar, uyarılmış potansiyeller açısından orta ve geç latanslı cevaplar olarak iki ayrı başlıkta incelenebilir. Bunlardan orta latanslı uyarılmış potansiyellerin yeni bir uygulama alanı, koklear implant aday seçiminde işitsel yol bütünlüğünün değerlendirilmesidir. Buna ilave olarak, EMLR (Electrically Evoked Middle Latency Response) bir koklear implant sisteminin fonksiyon gördüğünü doğrulayabilir. Bu uygulama, prelingual yetişkinler ve adölesanların eşik değerleri ve dinamik aralık dağılımlarının belirlenmesinde yararlı olabilir (6).

Koklear implantlı bireylerin konuşmayı ayırt etme becerilerini etkileyen diğer bir faktör, geç latanslı cevaplar kapsamında incelenen işitsel korteksin durumudur. İmplantasyon sonrası dönemde hastalar, daha önce işitsel kortekste kodlayamadıkları veya algılayamadıkları işitsel bilgileri, dudak okuma, mimik ve jestler gibi görsel ipuçlarıyla tanımaya başlarlar. Çok ileri derecede işitme kaybı bulunan koklear implant kullanıcılarının beyinlerinde yapılan kortikal lisan ağları ile ilgili çalışmalar, afferent işitsel sinyallerin, fizyolojik durumdan yapay bir duruma değişmesiyle tetiklenen beyin plastisitesi için güzel bir örnek oluşturur (17, 25). Yapılan çalışmalarda koklear implant kullanıcılarının, süperior ve orta temporal giruslar, Broca alanı ve sağ hemisferdeki homoloğu, suplementer motor saha ve anterior singuler girusta belirgin bilateral yüksek aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu bulgular, koklear implant tarafından kodlanan az ve distorte sinyallerin anlaşılabilmesi için, tüm işitsel alanlarda daha fazla bilginin işlenmesi gerekliliğini göstermektedir (17).

İmplant kullanıcıları, implant aracılığıyla gelen elektriksel uyarımları, akustik sinyaller olarak algılayabilmek için rehabilitasyona ihtiyaç duyarlar. Çocukların birçoğu, sesleri ve sözcükleri tanımlamayı kısa sürede öğrenip, öğrendikleri bu sesleri de konuşma gelişimlerine yansıtırlar. 10 yaşından küçük olan çocuklar bu geçişi birkaç ay içinde kolaylıkla yapabilirken, 10 yaşın üstündekiler, yeni hissettikleri elektriksel uyarımlara adapte olmakta güçlük çekerler. 15 yaşın üstündeki çocuklarda ise bu adaptasyon güçlüğü daha belirgin olarak gözlenir (14). Bunda, belli bir yaşın üzerinde beyin plastisitesindeki düşme eğiliminin etkisi söz konusudur.

Gibson (1997), adölesan grubu çocukların implantasyon öncesi ve sonrası yüksek frekanslarda işitme eşikleri olmasına rağmen, implantasyon sonrasında konuşmayı ayırt etme becerilerinde belirgin değişiklikler olmadığına, aynı zamanda bu çocukların implantasyon sonrası günlük yaşamlarında, dudak okuma becerisinin kullanımında da azalmalar olduğuna dikkat çekmiştir (10).

Koklear implant kullanan çocuklar, implantasyon sonrası daha iyi işitme eşiklerine sahip olmalarına rağmen, santral işitme mekanizmalarındaki yoksunluk ve subkortikal ve kortikal nöronların yeterince gelişmemesi sonucu nedeni ile yüksek frekanslardaki uyarımları, algılamakta güçlük çekerler. Ancak uygun rehabilitasyon programları ile yeterince motive olan bu çocuklardan bazıları, yüksek frekans deneyimlerini kullanarak, erken yaşta implante olanların seviyesinde konuşmayı ayırt etme becerisine ulaşabilmektedir.

Reuter ve arkadaşlarının (1997) neonatal dönemde sağırlaştırılmış kedilerde yaptıkları morfolojik bir çalışmada, intrakoklear elektriksel stimülasyonun, özellikle kortikal AI bölgesindeki büyük piramidal hücrelerde akustik yoksunluğun etkilerini geri döndürdüğünü göstermişlerdir. EABR (Electrically Evoked Auditory Brainstem Response) sonuçları ise, işitsel yolun periferinin matürasyon açısından dışarıdan gelen işitsel uyarımdan bağımsız olduğunu, santral işitsel yolların matürasyonunun ise, akustik veya eksternal elektriksel stimülasyona

bağımlı olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, yüksek stimulus hızlarına sahip iç kulak protezleri sadece fonksiyonu değil, santral işitsel yolların matürasyonunu da etkilemektedir (44). Gordon ve arkadaşları (2003) ise yaptıkları bir çalışmada, implant aktive edildikten sonra sinirsel iletim hızında ve nöral senkronizasyonda gelişmeler olduğunu göstermişler, bunu sinaptik iletimin iyileşmesi ve muhtemelen myelinizasyondaki artışa bağlamışlardır. Ayrıca, EABR verilerine göre işitsel beyin sapında gösterilen gelişimsel plastisite için çocukluk çağı sırasında kritik bir yaş sınırı olmadığını göstermişlerdir (12).

Geç implante olan adölesan hasta grubundan beklentiler, küçük yaşta implante edilenler gibi görsel ipuçları kullanmadan iletişim kurma ve konuşmada ani ve hızlı ilerlemeler olarak belirlenmemelidir. Bu sonuçlarla ilişkili olarak Shepherd ve arkadaşları (1997), koklear implant ile işitsel uyarım restore edildikten sonra daha önce yüksek frekanslarda işitsel deneyimi olmayan çocukların, bu uyarımları öğrenmelerinin gerektiğini vurgulamışlardır. Yaşı büyük olan çocuklarda, bu öğrenmenin sağlanabilmesi için santral işleme mekanizmalarının ileri yaşlarda yetersiz kalabileceğine dikkat çekmiştir (47). Tüm bu sonuçlar, santral işitsel yolların değerlendirilmesinde, orta ve geç latanslı cevapların değerini ortaya koymaktadır.

Bir çalışmada implantlı bireylerin, bazı konuşmayı ayırt etme testlerinde işitme cihazlılar kadar başarılı olamamalarının bir diğer nedeninin, binaural uyarım eksikliği olduğu da düşünülmüştür. Monaural ve binaural işitme cihazı kullanımının konuşmayı ayırt etme üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar, işitme engelli bireylerin binaural dinleme durumlarında konuşmayı ayırt etme skorlarında belirgin artış gözlemlediklerini vurgulamışlardır (11). Henüz deneme aşamasında olan bilateral implantasyonun sonuçları da bu doğrultudadır (9,33). Bu çalışmalar, bilateral implantlı vakaların özellikle sinyal-gürültü oranının iyi olduğu ortamlarda başın gölge etkisinden daha az etkilendiklerini, bu nedenle konuşmayı ayırt etme ve lokalizasyon becerilerinde artış gözlemlendiğini ortaya koymaktadır. Debruyne (1984), erken, orta

ve geç işitsel uyarılmış potansiyelerde binaural interaksiyonu araştırmış ve bunun ABR'nin V. dalgası ve MLR'de bulunduğunu tespit etmiştir. En fazla binaural interaksiyon ise LLR'de saptanmıştır (5).

İşitsel stimulus-yanıt karakteristiklerinin değerlendirilmesinde, elektriksel stimuluslarla elde edilen elektriksel orta latanslı yanıtlar (EMLR), birçok açıdan elektrik ABR (EABR)'den daha uygundur. EABR kaydı ile ilgili temel gclk, stimulustan kaynaklanan artefaktır. EABR'nin kısa latanslı olması nedeniyle, artefakt dalgası işitsel yanıtı kısmen veya tamamen gölgeler. Bu tip bir etkilenmeye EMLR de yatkın olduğu halde, cevabın ana parçası olan P_a dalga latansı EABR'ye göre daha uzun olduğu için, stimulus artefaktından ayrı olarak identifiye edilebilir. Kileny ve Kemink (1987), koklear implant adaylığının değerlendirilmesi için transtimpanik promontoryum stimülasyonu yoluyla EMLR alışması yaptıkları 22 kulaktan 19'unda EMLR yanıtı elde etmişlerdir. EMLR cevabı alınamayan hastalarda davranışsal işitsel eşik de elde edememişlerdir. Genel olarak, EMLR piklerini akustik MLR pikleri ile benzer konfigürasyonlu olarak tespit etmişlerdir. Vakaların çoğunda, benzer promontoryum stimülasyonuna verilen davranışsal eşikleri hafifçe düşük, EMLR eşiklerini ise davranışsal eşiklere çok daha yakın olarak bulmuşlardır. EMLR eşikleri implantlı eşikler ile pozitif, dinamik ranj ile ise negatif korelasyon göstermiştir (24).

Miyamoto (1986), koklear implantlılarda elektriksel uyarılmış potansiyellerin, öznel yanıt belirleyicisi olarak kullanıldığı bir dizi deney yapmıştır. House-Urban tipi tek kanallı koklear implant kullanıcılarının implante elektrodunu, stimulus kaynağı olarak kullanarak EMLR elde etmiş, burada da aynı stimulusa verilen davranışsal eşiklerini EMLR eşikleri ile eşit bulmuştur (34). Fifer ve arkadaşları (1988), MLR sonuçları ile dinleme skorları arasında iyi bir korelasyon kurabilmek ve işitme kayıplı hastaların durumlarındaki potansiyel değerimleri monitörize edebilmek için periyodik takibin gerekliliğini ortaya koymuşlardır (6).

Maurer ve arkadaşlarının (2002) yaptığı bir çalışmada, “iyi” ve “kötü” konuşmayı tanıma skorları gösteren postlingual koklear implant hastalarının, geç elektriksel uyarılmış işitsel potansiyelleri karşılaştırılmıştır (32). Bu çalışmada, Digisonic marka koklear implant kullanan, 15’inin konuşmayı anlama skoru “iyi” (dudak okumadan %89’un üzerinde doğru fonem tanıma), geri kalan 15’inin ise performansı “kötü” (%85’in altında) olan 30 hastaya LLR uygulanmıştır. N_1P_2 amplitüdündeki farklılıklar yanında, P_1 , N_1 ve P_2 latansları ve N_1-P_1 ve N_1-P_2 latans aralıkları test edilmiştir. P_2 latansının, iyi performansı olanlarda kötülere göre anlamlı derecede daha erken olduğu tespit edilmiştir ($p=0.016$). Ancak istatistiksel ilişkinin gücü, aynı implant cihazıyla EABR’de elde edilen farktan daha azdır. Bizim hasta serimizde de prelingual, postlingual koklear implant hastaları ve normal bireyler karşılaştırıldığında, 80 dB’deki LLR latanslarının beklendiği gibi normal hasta grubunda en kısa, prelinguallerde ise en uzun olduğu bulunmuştur. Gruplar arasındaki latans farkının anlamlılığı araştırıldığında ise en fazla anlamlılığın postlingualler ile normal bireyler arasında, P_2 dalgasının latansında olduğu görülmüştür. Postlingual hastalarda, LLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde, tüm dalgalar için istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. Bu, performans arttıkça LLR latanslarının kısalması anlamına gelmektedir.

Honjo ve arkadaşları (2000), pozitron emisyon tomografisi (PET) kullanarak, prelingual ve postlingual koklear implant hastaları ve normal bireyler üzerinde yaptıkları çalışmada, sağırılık başlangıcının beyin gelişim ve plastisitesi ve işitsel asosiyasyon alanlarının konuşma ile aktivasyonunu araştırmışlardır. Sonuçta, işitsel asosiyasyon alanlarındaki konuşma algısı ile ilgili nöral ağı, lisan becerisi bir kez kazanıldıktan sonra uzun bir süre fonksiyonel bir düzeyde korunduğunu tespit etmişlerdir (16). Diğer taraftan, prelingual işitme kaybı olan hastalar, eğer 8 yaşından sonra koklear implant kullanmaya başlarsa, aynı bölgelerdeki aktivasyon,

postlingualler ve normal kişilerdekenden düşük olmaktadır. Bunun nedeni, bu hastalarda kortikal ağın uzun süreli deaferentasyona bağlı olarak tam gelişmemiş olmasıdır. Başka bir elektrofizyolojik çalışmada ise, yeni koklear implant kullanıcılarında primer işitsel alana yakın asosiasyon alanlarında aktivasyon düşükken, asosiasyon korteksinin periferinin daha fazla aktive olduğu saptanmıştır (20). Çalışmamızda, korteksten kaynaklanan geç latanslı elektrofizyolojik yanıtları incelediğimizde; prelingual ve postlingual koklear implant hastaları ile normal bireylerin karşılaştırılmasında, latansların kontrol grubunda en kısa, prelinguallerde ise en uzun olduğu bulunmuştur. LLR amplitüdlerinin ise postlinguallerde prelinguallerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Honjo tarafından PET ile yapılan çalışma sonuçları ile uyumludur.

Firszt ve arkadaşları (2002), erişkin koklear implant hastalarında yaptıkları elektriksel uyarılmış işitsel potansiyel çalışmasında, açık uçlu konuşmayı anlama performansı gösteremeyen hastaların, dalga morfolojilerinin bozuk olduğu veya dalga olmadığını tespit etmişlerdir. En iyi performansa sahip olan hastalar ise, işitsel yolların tüm düzeylerinde (EABR, EAMLR ve ELAR [Electrically Evoked Late Auditory Response]) uyarılmış yanıt alınması ve N_a - P_a kompleksi için uyarılmış yanıt eşiklerinin daha düşük olması ile ayrılmıştır (7).

İşitsel diskriminasyonun nörofizyolojik bir karşılığı olan mismatch negatifliği (MMN) ve retiküler aktive-edici sistemden kaynaklanan LLR'nin P_2 dalgası, ABR gibi erken çocukluk döneminde matürasyonunu tamamlar (40). Bu durum, bu potansiyellerin matürasyonunun sadece işitsel beyinsapı yollarının matürasyonu ile sınırlı olduğunu gösterir. Biz de çalışmamızda P_2 dalgasının prelingual çocuklarda en stabil LLR dalgası konfigürasyonuna sahip olduğunu ve bütün vakalarda elde edilebildiğini tespit ettik. Buna zıt olarak, iki diğer geç potansiyelin (P_1 ve N_2) latans ve amplitüdü, çok yavaş matüre olup, 15 yaşına kadar erişkin değerlerine ulaşamaz (40). Bizim hastalarımızda da özellikle P_1 dalgası genellikle prelingual koklear implantlılarda

saptanamadı, N_2 dalgasının amplitüdü ise oldukça düşüktü. Sonuçta erişkinlerinkine benzer P_1 - N_1 - P_2 kompleksi geliştiren normal işiten çocukların aksine, koklear implantlı çocukların uyarılmış cevapları, geç adölesansa kadar P_2 ağırlıklı olmaya devam etmektedir. İmplantlı çocukların P_2 dalga latansları ise sağlıklı yaşitlarındakinden oldukça uzundur (41).

Kelly ve arkadaşları (2005), yetişkin koklear implant hastalarında konuşma algısı ile işitsel uyarılmış potansiyel ölçümlerinin ilişkisini araştırmışlar ve N_a amplitüdünün işitme kaybının süresiyle negatif korelasyon gösterdiğini, yani düşük amplitüdüden daha uzun süreli işitme kaybını yansıttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, N_1 amplitüdünün koklear implantlılarda kontrol grubundan daha düşük olduğunu, erken P_2 latanslarının ise daha kısa süreli işitme kaybı ve daha yüksek performans skorları ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır (22). Bizim çalışmamızda da, prelingual ve postlingual koklear implant hastaları karşılaştırıldığında, 80 dB'deki MLR amplitüdüden, genellikle daha iyi performansa sahip postlingualerde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Prelingual hastalarda performans kategorileri arasında karşılaştırma yapıldığında, işitsel performans iyileştikçe MLR latanslarının kısaldığı görülmüştür. Aynı istatistiksel çalışma prelingual hastalarda MLR amplitüdü için yapıldığında, anlamlı bir korelasyonun tespit edilemediği görülmüştür. Postlingual hastalarda MLR latansları ile performans kategorileri arasındaki korelasyon incelendiğinde ise, N_0 dalgası dışında negatif bir korelasyonun olduğu tespit edilmiş olup; sadece P_0 dalgasındaki korelasyon anlamlı bulunmuştur. Aynı çalışma postlingual hastalarda MLR amplitüdü için yapıldığında, yine anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir. Ayrıca prelingualerin LLR latanslarının tümü postlingualerden geç ve amplitüdüleri düşük olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı tek latans farkı ise postlingual hasta grubu ile sağlam kontrol grubu arasında, P_2 dalgası için tespit edilmiştir.

Makhdoum ve arkadaşlarının (1998) koklear implantlılarda konuşmayı anlama ile işitsel uyarılmış cevaplar arasındaki ilişkileri araştırmak için yaptıkları çalışmada, özellikle EALR

(electrically evoked auditory late latency response) amplitüdüleri ile konuşmayı anlama arasında orta dereceli, fakat anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir. Daha erken dalgaların aksine EALR'ye ait P₂ piki, konuşmayı anlama ile belirgin bir biçimde ilişkili bulunmuştur (30). Bizim çalışmamızda da, LLR latanslarının kontrol grubunda en kısa, prelingual ve kötü performansa sahip koklear implant gruplarında ise en uzun olduğu bulunmuştur. Latans ortalamalarının gruplar arasındaki fark anlamlılıkları araştırıldığında ise en fazla anlamlılığın postlingualler ile normal bireyler arasında P₂ dalgasının latansında olduğu görülmüştür. Performansa göre oluşturulan gruplar açısından değerlendirildiğinde ise, hem iyi hem kötü performansa sahip koklear implantlı gruplar ile kontrol grubunun P₂ dalga latansları arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan LLR'ye ait P₂ dalga latansının iyi bir performans göstergesi olduğu söylenebilir. İşitsel kategorilerle MLR ve LLR latans ve amplitüdüleri kıyaslandığında ise, beklendiği üzere tüm MLR ve LLR latanslarında negatif bir korelasyon saptanmıştır.

Teoh ve arkadaşları (2004), uzamış konjenital işitme kayıplılarda erken, orta ve geç işitsel cevaplar üzerine yaptıkları bir çalışmada, postimplant performanstaki temel sınırlayıcı faktörün, işitsel korteksin diğer duyusal merkezler tarafından işgali (kolonizasyonu) olduğunu tespit etmişlerdir. Performans düşüklüğü sebebinin ise, VIII. sinir, koklear nükleuslar ve işitsel beyin sapındaki dejeneratif değişiklikler olmadığını saptamışlardır. Yapılan çalışmalar, koklear implantasyondan önce (işitme cihazları ile) ve sonra, işitsel temelli eğitim programlarının uygulanmasının kortikal kolonizasyon fenomenini azaltmak ve uzun süreli prelingual işitme kaybı olan hastaların postimplantasyon odyolojik performansını iyileştirmede katkısı olduğunu göstermiştir (49).

Pantev ve arkadaşlarının (2002) yaptığı bir çalışmada, koklear implantın aktivasyonundan hemen sonra daha önce saptanamayan LLR'ye ait N₁ dalgası ortaya çıkmış, daha sonra implantın

kullanımıyla birlikte bu dalganın komponentleri belirginleşmiştir. Bu sonuç, doğal ve yapay yollarla oluşan kortikal uyarılmış işitsel yanıtların benzerliğini göstermekte olup, koklear implant fonksiyonunun yeterliliğinin bir göstergesi olarak düşünülebilir (38).

Purdy ve arkadaşları (2002), öğrenme bozukluğu tanısı olan 7 ile 11 yaşları arasındaki 10 çocukta yaptıkları bir araştırmada, işitsel işleme için işitsel uyarılmış potansiyeller ve davranışsal testleri kullanmışlardır. İki grup arasındaki ABR latanslarında minör farklılıklar saptamışlar, öğrenme bozukluğu olan grupta MLR'ye ait N_a dalgasını geç, N_b dalga latansını ise küçük olarak tespit etmişlerdir. Kortikal cevaplardaki ana farklılık ise öğrenme bozukluğu olan grupta P_1 dalgasının erken, P_2 dalgasının ise geç ve amplitüdünün küçük olması olarak tespit edilmiştir (42). Bizim serimizde öğrenme bozukluğu olan hasta olmamakla birlikte, prelinguallerde performans kategorileri ile MLR latansları arasında, P_a ve P_b dalgası dışında, negatif korelasyon olduğu tespit edilmiş, ancak anlamlı bulunmamıştır. Postlinguallerde ise işitsel performans iyileştikçe MLR latansları kısalmaktadır. Bu sonuçlar Purdy ve arkadaşlarınıninki ile uyumludur. Pre- ve postlinguallerde MLR amplitüdü ile kategoriler arasında ise anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir. Aynı çalışma LLR için prelinguallerde yapıldığında, işitsel performans iyileştikçe P_1 dalgasına ait latanslarının kısaldığı, LLR amplitüdü içinse istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon tespit edilemediği görülmüştür. Postlinguallerde ise işitsel performans iyileştikçe LLR latanslarının kısaldığı; LLR amplitüdü için ise, istatistiksel olarak hiçbiri anlamlı olmamakla birlikte, N_1 hariç ve en fazla N_2 'de olmak üzere, performans iyileştikçe arttığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Santral işitsel yolların değerlendirilmesi, koklear implantasyon için aday seçimi ve koklear implantasyon sonrası işitsel performansın objektif olarak incelenmesinde kaçınılmaz bir ihtiyaç olma yolundadır. Bunun için en noninvazif ve ucuz yol uyarılmış elektrofizyolojik yanıtların değerlendirilmesidir.

Çalışmamızda koklear implantlı ve sağlıklı bireylerde 80 dB'de, MLR ve LLR testlerinde elde edilen potansiyellerin amplitüd ve latans değerleri prelingual, postlingual işitme kayıplı ve sağlam kontrol grubu arasında ve Archbold ve arkadaşları tarafından belirlenen performans skalasına göre iyi ve kötü performanslı hastalar ve sağlam kontrol grubu arasında karşılaştırılmıştır. Ayrıca, prelingual ve postlingual hastalarda MLR ve LLR latans ve amplitüdüleri ile performans kategorileri arasındaki korelasyon araştırılmıştır. Tüm prelingual ve postlingual hastalar bir arada olmak üzere kategoriler ile MLR ve LLR yanıtları, total işitme kaybı süresi, implantasyondan sonra geçen zaman ve işitsel performans testleri parametreleri arasında korelasyon araştırılmıştır. Son değerlendirmede ise kategori seçimimizin doğruluğunu sınamak için kategoriler ile işitsel performans testleri, odyometri, işitme cihazı kullanım süresi, total işitme kaybı süresi ve implantasyondan sonra geçen zaman arasında korelasyon araştırılmıştır.

Sonuçta, MLR ve LLR latanslarının kontrol grubunda en kısa, kötü performanslı ve prelingual işitme kayıplı koklear implantlı hasta grubunda ise en uzun olduğu tespit edilmiştir. MLR ve LLR amplitüdüleri değerlendirildiğinde ise, postlingual ve iyi performans skorlarına sahip koklear implantlı gruplarda amplitüdülerin, prelingual ve kötü performansa sahip koklear implantlı gruplardakinden yüksek olduğu saptanmıştır. En düşük MLR ve LLR amplitüdülerinin

sağlıklı kontrol grubunda saptanmasının nedeni ise, bu grupta stimulusun, koklear implantlılardaki elektriksel stimulyondan farklı olarak akustik olarak verilmiş olmasına bağlanmıştır. Sonuç olarak, işitsel uyarılmış potansiyellerden elde edilen bulguların, işitsel performansa paralellik gösterdiği ileri sürülebilir. Dolayısıyla, gerek preoperatif hasta seçimi, gerekse postoperatif performansın objektif değerlendirilmesinde MLR ve LLR'den yararlanılabilir.



ÖZET

Koklear implant ileri derecede sensörinöral işitme kaybı bulunan çocuk ve erişkinlerde işitmenin yeniden sağlanmasına olanak veren ve bu bireylerde işitmeye dayalı iletişim yolunu açan bir işitme protezi sistemidir. Ancak, doğuştan işitme kaybı olan çocuklar ve lisan gelişimi tamamlandıktan sonra uzun süreli ileri derecede işitme kaybı olan erişkinlerde, santral işitsel yollardaki plastisiteye bağlı olarak implantasyon uygulansa da yeterli işitme algısı sağlanamamaktadır. Bu nedenle, implant adayı seçiminde ve implantasyon sonrası performansın objektif olarak değerlendirilmesinde, elektrofizyolojik testlerden yararlanılabilir.

Bu çalışma, koklear implantasyon uygulanmış, yaşları 6 ile 48 arasında değişen (ortalama 19.75 ± 15.7) 10 prelingual, 6 postlingual hasta ve 10 kişiden oluşan sağlıklı kontrol grubu arasında yapılmıştır. Bu hastalara mikrofon yardımıyla 80 dB'de akustik klik uyaran verilmiş ve MLR ve LLR yanıtları cilt üzerine yerleştirilen 3 elektrot aracılığıyla kaydedilmiştir. MLR ve LLR dalgalarına ait latans ve amplitüdlere tespit edilmiştir. Daha sonra hastalar prelingual, postlingual, iyi ve kötü işitsel performans skoru olanlar olmak üzere gruplara ayrılmıştır. 80 dB'de, MLR ve LLR testlerinde elde edilen potansiyellerin amplitüd ve latans değerleri prelingual ve postlingual işitme kayıplı hastalar, iyi ve kötü performanslı hastalar ve sağlam kontrol grubu arasında ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Genel olarak, MLR ve LLR latanslarının, kötü performanslı ve prelingual işitme kayıplı koklear implantlı hasta grubunda en uzun, sağlıklı kontrol grubunda ise en kısa olduğu tespit edilmiştir. MLR ve LLR amplitüdlere değerlendirildiğinde ise, postlingual ve iyi performans skorlarına sahip koklear implantlı gruplarda amplitüdlere, prelingual ve kötü performanslı koklear implantlı gruplardakinden yüksek olduğu saptanmıştır. En düşük MLR ve LLR amplitüdlere sahip sağlıklı kontrol grubunda saptanmasının nedeni ise, bu grupta stimulusun, koklear implantlılardaki elektriksel stimulyondan farklı olarak akustik olarak verilmiş olmasına bağlanmıştır.

Sonuç olarak, işitsel uyarılmış potansiyellerden elde edilen bulguların, işitsel performans hakkında fikir verdiği ileri sürülebilir. Bu nedenle, preoperatif hasta seçimi ve postoperatif dönemde performansın değerlendirilmesinde objektif testler olan MLR ve LLR'den yararlanılabilir.

SUMMARY

Cochlear implant is an auditory prosthesis system which provides hearing and brings auditory communication skills back in patients with profound hearing loss. But, because of the plasticity of the central auditory pathways, sufficient auditory perception may not be obtained in children with congenital profound hearing loss and in adults with prolonged postlingual hearing loss. For this reason, electrophysiological tests can be used in selection of cochlear implant candidates and evaluation of postimplantation performance objectively.

This study was performed in 10 prelingual and 6 postlingual cochlear implant patients, ages ranging from 6 to 48 (mean 19.75 ± 15.7), and in 10 healthy control group subjects. All subjects were given 80 dB acoustic click stimulus and MLR and LLR responses were recorded. Latencies and amplitudes of MLR and LLR waves were measured. Patients were divided into groups based on the age at which hearing loss was developed (prelingual and postlingual), and also the auditory performance (good and poor). Mean latency and amplitude values of potentials measured in MLR and LLR tests at 80 dB were compared among the prelingual and the postlingual cochlear implant patients and the control group and also among the patients with good and poor auditory performance scores and the control group.

MLR and LLR latencies were found to be longer in the prelingual cochlear implant group and in the group with poor performance and shortest in the control group. MLR and LLR amplitudes were higher in the postlingual cochlear implant group and in the group with good-performance than the cochlear implant group with poor performance. The lowest MLR and LLR amplitudes were attained in the healthy control group. This result was accounted for acoustic stimuli used in the control group.

As a conclusion, it can be proposed that evoked potentials give knowledge about auditory performance. For this reason, MLR and LLR, which are objective tests, can be used in choosing cochlear implant candidates preoperatively and evaluating auditory performance of implant patients postoperatively.

KAYNAKLAR

1. Aitkin LM. **The auditory cortex: structural and functional bases of auditory perception.** 1990. Carden Chapmen and Hall.
2. Archbold S, Lutman ME, Marshall DH. **Categories of auditory performance.** Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl 1995 Sep;166:312-4.
3. Archbold S, Lutman ME, Nikolopoulos T. **Categories of auditory performance.** Br J Audiol 1998 Feb;32(1):7-12.
4. Cunningham III CD, Slattery III WH, Luxford WM. **Postoperative infection in cochlear implant patients.** Otolaryngol Head Neck Surg 2004;131:109-114.
5. Debruyne F. **Binaural interaction in early, middle and late auditory evoked responses.** Scand Audiol 1984;13(4):293-6.
6. Fifer RC and Sierra-Irizzary B: **Clinical applications of the auditory middle latency response.** Am J Otol 1988; Suppl 9:47.
7. Firszt JB, Chambers RD, Kraus N. **Neurophysiology of cochlear implant users II: Comparision among speech perception, dynamic range, and physiological measures.** Ear & Hearing 2002; vol 23(6):516-530.
8. Gantz BJ, et al. **Evaluation of five different cochlear implant designs: Audiologic assessment and predictors of performance.** Laryngoscope 1988;98:1100.
9. Gantz BJ, Tyler RS, Rubinstein JT, Wolaver A, Lowder M, Abbas M. **Binaural cochlear implants placed during the same operation.** Otol and Neurotol 2002; 23(2):169-180.
10. Gibson WPR. **Cochlear implants.** (1997) "Otolaryngology Otology"(Ed. Kerr AG, Booth JB), Bath Press, Oxford, UK, 1-20.

11. Godfrey JJ. **Linguistic structure in clinical and experimental tests of speech recognition.** 1987;ASHA reports, 14:52-56.
12. Gordon KA, Papsin BC, Harrison RV. **Activity-dependent developmental plasticity of the auditory brain stem in children who use cochlear implants.** Ear & Hearing 2003;24:485-500.
13. Gray RF, Irving RM. **Cochlear implant in chronic suppurative otitis media.** Am J Otol 1995;5:682-6.
14. Harrison RV, Nedzelski J, Picton N et al. **The paediatric cochlear implant program at the Hospital for Sick Children, Toronto.** Journal of Otolaryngology 1997;26:180-187.
15. Hochmair E, Hochmair-Desoyer I. **Percepts elicited by different speech coding strategies.** Ann N Y Acad Sci 1983;405:268.
16. Honjo I. **Brain function of cochlear implant users.** Adv Otolaryngol. Basel, Karger, 2000;57:42-44.
17. Honjo I. **Language viewed from the brain.** Basel, Karger, 1999.
18. House W. **Cochlear implants: My perspective,** Melgrade S: History of cochlear implants. Boston University Press, Mass, 1993.
19. House WF. **The AllHear Cochlear Implant System: the AllHear Devices, their Manufacture, Preliminary Test Results & the Future,** Jan 1996; p:1.
20. Ito K, Momose T, Oku S, Ishimoto S, Yamasoba T, Sugasawa M, Kaga K. **Cortical activation shortly after cochlear implantation.** Audiol Neurootol 2004 Sep-Oct;9(5):282-93.
21. Jerger S, Jerger J. **Auditory applications of early, middle, and late auditory evoked potentials.** Hear J 1985;38:31-36.

22. Kelly AS, Purdy SC, Thorne PR. **Electrophysiological and speech perception measures of auditory processing in experienced adult cochlear implant users.** Clin Neurophysiol 2005 Jun;116(6):1235-46.
23. Kerr A, Schuknecht H. **The spiral ganglion in profound deafness.** Acta Otolaryngol (Stockh) 1968;65:586.
24. Kileny PR, Kemink JL. **Electrically evoked middle-latency auditory potentials in cochlear implant candidates.** Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1987;113:1072-1077.
25. Kim CS, Oh SH, Byun SW. **Auditory cortical activity in cochlear impantees berfore and after sound stimulation using positron emission tomography.** Adv Otorhinolaryngol, Basel, Karger, 1997;52:24-26.
26. Klinke R, Hartmann R. **Basic neurophysiology of cochlear implants.** Am J Otolgy 18(Suppl):7-10.
27. Kronenberg J, Migirov L, Dagan T. **Suprameatal approach: new surgical approach for cochlear implantation.** J Laryngol Otol 2001;115:283-285.
28. Langman's Medikal Embriyoloji, Sadler TW, Sixth Edition, 1990, pp312-314.
29. Lo WW. **Imaging of cochlear and auditory brain stem implantation.** Am J Neuroradiol 1998;19:1147-54.
30. Makhdaum MJ, Groenen PA, Snik AF, van der Broek P. **Intra- and interindividual correlations between auditory evoked potentials and speech perception in cochlear implant users.** Scand Audiol 1998;27(1):13-20.
31. Manrique M, Cervera-Paz FJ, Huarte A, Molina M. **Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation.** Laryngoscope 2004;114:1462-1469.

32. Maurer J, Collet L, Pelster H, Truy E, Gallégo S. **Auditory late cortical response and speech recognition in Digisonic cochlear implant users.** *Laryngoscope* 2002;112:2220-2224.
33. Mawman DJ, Ramsden RT, O'riscoll M, Adams T, Saed SR. **Bilateral cochlear implantation.** *Adv Otorhinol* 2000;57:360-363.
34. Miyamoto RT. **Electrically evoked potentials in cochlear implant subjects.** *Laryngoscope* 1986;96:178-185.
35. Nadol JB, Young YS, Glynn RB. **Survival of spiral ganglion cells in profound sensorineural hearing loss: implications for cochlear implantation.** *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989;98:411-416.
36. O'Donoghue GM, Nikolopoulos TP. **Minimal access surgery for pediatric cochlear implantation.** *Otol Neurotol* 2002;23(6):891-894.
37. Otte J, Schuknecht HF, Kerr A. **Ganglion cell populations in normal and pathological human cochlea: Implications for cochlear implantation.** *Laryngoscope* 1978;88:1231.
38. Pantev C, Ross B, Wollbrink A, Riebandt M, Delank KW, Siefert E, Lamprecht-Dinnesen A. **Acoustically and electrically evoked responses of human cortex before and after cochlear implantation.** *Hear Res* 2002 Sep;171(1-2):191-5.
39. Parkins C. **The bionic ear: principles and current status of cochlear protheses.** *Neurosurgery* 1985;16:853.
40. Ponton CW, Don M, Kwong B, Waring MD, Eggermont JJ. **The human auditory system maturation: a neurophysiological comparison between normal-hearing children and children who use a cochlear implant.** *Proceedings of the International Congress on Acoustics* 1998:1201-2.

41. Ponton CW, Moore JK, Eggermont JJ. **Prolonged deafness limits auditory system developmental plasticity: evidence from an evoked potentials study in cochlear implants.** Scand Audiol 1999; 28 (Suppl) 51:13-22.
42. Purdy SC, Kelly AS, Davies MG. **Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities.** J Am Acad Audiol 2002 Jul-Aug;13(7):367-82.
43. Pyman B, Blamey P, Lacy P, Clark G, Dowell R. **The development of speech perception in children using cochlear implants: effects of etiologic factors and delayed milestones.** Am J Otol 2000;21:57-61.
44. Reuter G, Cords SM, Issing P, Keller P, Lenarz T. **Intracochlear, electrical, multichannel stimulation effects on the development of auditory system in neonatally deafened kittens.** Am J Otolaryngol 1997;18:13-14.
45. Robert AS, Dorcas K, Kessler MA. **Preliminary results with the Clarion cochlear implant.** Laryngoscope 1992 Sept;102.
46. Rosen et al. **Prosodic and segmental aspects of speech perception with the House/3M single-channel implant.** J Speech Hear Res 1989;32:93-111.
47. Shepherd RK, Hartmann R, Heid S, Hardie N, Klinke R. **The central auditory system and auditory deprivation: experience with cochlear implants in the congenitally deaf.** Acta Otolaryngol 1997;532(Suppl):28-33.
48. Snik AF, Vermeulen AM, Geelen CP, Brokx JPL, van der Broek P. **Speech perception performance of congenitally deaf patients with a cochlear implant: the effect of age at implantation.** Am J Otol 1997 Nov;18(Suppl 6):138-9.

49. Teoh SW, Pisoni DB, Miyamoto RT. **Cochlear implantation in adults with prelingual deafness. Part II. Underlying constraints that affect audiological outcomes.** Laryngoscope 2004 Oct;114(10):1714-9.
50. Tyler RS, Gantz BJ, Woodworth GG, Fryauf-Bertschy H, Kelsay DMR. **Performance of 2- and 3-year-old children and prediction of 4-year from 1-year performance.** Am J Otolaryngol 1997;18(6):157-159.
51. Waltzman SB, et al: **An experimental comparison of cochlear implant systems.** Sem Hear 1992;13:195.
52. Yu KCY, Hegarty JL, Gantz BJ, Lalwani AK. **Conservative management of infections in cochlear implant recipients.** Otolaryngol Head Neck Surg 2001;125:66-70.