

## Kemiğe İmplantе İşitme Cihazları

**Karahan Kara<sup>1</sup>**

### Özet

İletim tipi işitme kaybı hem erişkin, hem de pediatrik hasta grubunda yaşam kalitesini önemli ölçüde düşüren ve sık görülen bir problemdir. Bu çalışmada, uzun yıllardır güvenli ve etkin bir şekilde yapılan kemiğe implante işitme cihazı ve softbandın yaşam kalitesi üzerine etkisi, odyolojik sonuçları, oluşan komplikasyonların sıklığı, türleri ve bu komplikasyonlara yaklaşım yöntemlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmamızda Çukurova Üniversitesi, Kulak-Burun-Boğaz Anabilim Dalı bünyesinde Ocak 2005 ve Eylül 2013 arasında iletim veya miks tip işitme kaybı sebebiyle KİİC tatbik edilen veya softband cihaz kullanan hastalar araştırmaya alındı.

Hasta memnuniyetini ölçmek amacıyla Uluslararası İşitme Cihazları Değerlendirme Envanteri Türkçe Versiyonu (IOI-HA-TR) ve Glasgow Erişkin ve Çocuk Değerlendirme Testleri (GDT) yapıldı.

**Bulgular:** Toplam hasta sayısı 34 olarak saptandı. Bu hastaların 23 tanesinde KİİC tatbiki yapılırken, kalan 11 hastada softband cihaz kullanıldı. Kemiğe implante işitme cihazı kullanan hastaların fonksiyonel kazançları 500 Hz'de 31,3 dB, 1000 Hz'de 45,5 dB, 2000 Hz'de 44,5 dB, 4000 Hz'de preop 44,3 dB olarak bulunmuştur. KİİC kullanan erişkin hastaların GDT skorları toplamda 27,6 olarak bulundu. GDT alt ölçeklerinden genel sağlıkta 35,8, sosyal sağlıkta 39,8, fiziksel sağlıkta 34,2 sonuçları elde edildi. Pediatrik grupta ise toplamda 41,6, alt ölçeklerden emosyonel alt ölçekte 51,4, sosyal alt ölçekte 30,0, eğitsel alt ölçekte 47,1, vital alt ölçekte 32,0 sonuçları elde edildi. IOI-HA-TR skorları ise KİİC kullanan hastalarda 25,22, softband kullananlarda ise 26,45 olarak bulundu.

**Sonuç:** Kemiğe implante işitme cihazı, iletim tipi işitme kaybında düşük komplikasyon oranları ile güvenilir ve etkin bir terapi yöntemidir. Odyolojik başarısı yanında, yaşam kalitesine de olumlu katkısı mevcuttur.

### 1. İşitme Kaybı

#### 1.1. Genel Bakış

İşitme, insanlarla olan iletişimimizin en önemli unsurlarından biridir. İşitme kaybının, insanlarla olan iletişimi azaltacağı ve çevreye integrasyonu etki-

1 Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, karahanhacettepe@gmail.com,  
Orcid: 0000-0002-5424-3548

leyeceği şüphesizdir. Bir başka deyişle işitme kaybı, etkilenen bireyi sosyal izolasyona gütürebilecek bir durumdur. Dahası eğer bu kayıp yaşamın ilk yıllarında ortaya çıkarsa, bireyin işitme ve dil gelişimini etkileyerek daha ağır sonuçlara sebep verebilmektedir.<sup>1</sup> Literatürde, işitme kayıplarının sıklığını araştıran pek çok çalışma mevcuttur.<sup>2,3</sup>

## 1.2. Opsiyonel Tedaviler

Odyolojik rehabilitasyon, birey merkezli ancak çevresini de etkileyen bir süreçtir. Stephens<sup>4</sup> bu işlemi, hasta bireylerin işitme ve iletişim problemlerinin çeşitli enstrümanlar kullanılarak rehabilitasyonu ve yaşadığı problemleri minimize etme çabası olarak tanımlamıştır.

Günümüzde işitme rehabilitasyonu yöntemleri olarak orta kulağa yönelik cerrahi prosedürler ve protezler mevcuttur. Bu protezler çeşitli olup, bireylerin işitme kaybı türüne ve derecesine bağlı olarak belirlenir. Dünya’da řu anda en çok kullanılan türü dijital veya analog işlemci özelliği olan hava yolu işitme cihazlarıdır.<sup>5</sup> Cerrahi olarak kullanılan cihazlar ise derin sensorinöral işitme kayıplı hastalarda koklear implant iken, kronik otit zemininde iletim tipi işitme kaybı olan ve rekürren enfeksiyon sebebiyle konvansiyonel işitme cihazı kullanamayan hastalarda KIİC’dir.<sup>6</sup>

Günümüzde en çok kullanılan işitme rehabilitasyonu yöntemi, halen konvansiyonel işitme cihazlarıdır. Cerrahi yöntemler, otoskleroz ve kronik otit zemininde oluşan orta kulak patolojilerine yönelik olarak uygulanmaktadır. Rekonstrüktif kulak cerrahisi ise iletim tipi işitme kaybı oluşturan dış kulak yolu anomalilerinde kullanılan bir yöntemdir.<sup>7</sup> Özellikle iç kulaktaki tüysü hücrelere yönelik yapılan kök hücre çalışmaları hayvanlar üzerinde umut vaat eden sonuçlar vermektedir.<sup>8</sup>

Yakın geçmişe kadar bilateral işitme kaybı olan hastalar ve tek taraflı orta kulak patolojisi bulunan hastalar cerrahi aday olarak değerlendirilmekteydi. Tek taraflı işitme kayıpları ise diğer kulağın fonksiyon görmesi sebebiyle genelde rehabilite edilmezdi. Ancak yapılan son çalışmalarda bu durumdaki çocukların, normal işiten çocuklarla yapılan karşılaştırılmalarda, işitme kaybı olan çocuklarda daha fazla davranışsal problemler ve daha düşük okul başarısı olduğu görülmüştür.<sup>9</sup> Ayrıca bu çocuklarda dil gelişiminin de geri kaldığı görülmüştür.

İşitme kaybı toplumda sık görülmekte ve rehabilitasyonu pahalı olmaktadır. Ancak birey ve bireyin toplumla olan ilişkisinin önemli bir parçası olması sebebiyle kesinlikle göz ardı edilemez. Burada önemli olan hasta seçiminin özenli bir şekilde yapılmasıdır. KIİC’den fayda görebilecek hastalar bu grup-

ta küçük bir dilim olmasına rağmen bunun ne kadar hayati olduğu unutulmamalıdır.

## 2. Kemik İletiminin Karakteristiği

### 2.1. Fizyoloji

Kemik yolu ile işitme çevreden gelen seslerin hava yolu ile işitilmesinden daha kompleks bir yoldur. Her ne kadar ses dalgalarının kafa kemiklerinde yaptığı titreşim ile duymaya sebep olması uzun zamandır bilinen bir fenomen olsa da, mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır.

Odyolojik olarak hem hava yolunun hem de kemik yolunun kokleada aynı bölgedeki baziller membranı uyardığı bilinmektedir.<sup>10</sup> Bu titreşim iç kulaktaki tüysü hücrelerce algılanmakta ve işlem görmek üzere primer ve sekonder işitme kortekslerine gönderilmektedir.

Yapılan çalışmalarda, kemik iletimine etki eden beş farklı faktör tanımlanmıştır:<sup>11</sup>

- Dış kulak yoluna gelen ses dalgaları
- Orta kulaktaki kemikçiklerin etkisi
- Koklear sıvının etkisi
- Koklear duvarın kompresyonu
- Serebrospinal sıvıdan gelen basıncın transmisyonu

Bahsedilen bu faktörlerden, koklear sıvının etkisinin özellikle düşük frekanslarda en önemli kısım olduğu düşünülmektedir. Bu faktörler ayrıca değişik frekanslarda önemleri artmakta ve azalmaktadır. Örneğin kemikçiklerin etkisi orta frekanslarda (1-3 kHz) belirleyici olurken, dış kulak yolunun etkisi düşük frekanslarda daha öndedir.<sup>11,12,13</sup>

### 2.2. Kemik İletimi Yolunun Klinik Kullanımı

Kemik yolu ile işitmenin ölçülmesi daha önceki yıllarda sensorinöral ve iletim tipi işitme kayıplarının ayrıca tanısında kullanılmaktaydı. Bu ölçümlerde hava ve kemik yolu arasında aralık bulunması iletim tipi işitme kaybına işaret ederdi. Dahası kemik yoluna atfedilen değer koklear fonksiyonların gerçek indikatörü olduğu kabul edilmekteydi. Bu görüş normal işiten veya sensorinöral işitme kaybı olan hastalarda aralık olmaması ile desteklenmekteydi.<sup>11</sup>

Ses dalgalarının kemik yolu ile iletiminin, temporal kemikte oluşturulan titreşimlerle ölçülebilmesi üç noktada önemlidir.

- Temporal kemiğin perkütan stimülasyonu
- Cilt üzerinden transkütanöz stimülasyon
- Hava yolu iletimin noktasal titreşimleri

Kemik yolu işitmesi genel olarak 0,25 ve 4 kHz frekansları aralığında mastoid bölgeye yerleştirilen kemik aktarıcılar ile ölçülmektedir. Odyometrik incelemenin mümkün olmadığı yerlerde ise diapozon testleri (Weber, Rinne, Schwabach) işitme kaybının türünü anlamada kullanılabilir. Bazı merkezlerde ise gerek görüldüğü takdirde işitsel beyin sapı cevapları (ABR) ile daha ileri tetkikler yapılabilir.<sup>11</sup>

İşitmede hava yolunun, kemik yolundan daha etkili olduğu bilinmekte ve işitme rehabilitasyonunda hava yolu işitme cihazları tercih edilmektedir. Kulak kanalında cihaz kalıbı bulunması sakıncalı sensorinöral veya iletim tipi işitme kaybı bulunan hastalar, kemik yolu cihazlar için daha uygun adaylar haline gelmektedirler. Günümüzde bu durumlar için kullanılan cihazlar konvansiyonel kemik yolu cihazları ve KIİC'dir.

### 3. Osseointegrasyon

Osseointegrasyon tanımı Per-Ingvar Branemark tarafından 60'lı yıllarda İsveç'te ortaya konmuştur. Burada kullanılan tanım, canlı kemik dokusu ile implantın direkt yapısal ve fonksiyonel bağlanmasıdır.<sup>14</sup> Bu çalışmada odak noktası kemik iliğindeki mikrosirkülasyondur. Kemiğe yerleştirilen implantların içindeki lümenlerde, yeni kemik ve damar dokusunun oluştuğunu gözlemlenmiştir. Özellikle titanyum implantların bu konuda biyolojik uyumluluğunun yüksek olduğunu tespit edilmesi üzerine araştırmacılar bu element üzerinde pek çok yeni çalışmalar yaptılar.<sup>15</sup>

Tarihsel olarak bu alanda pek çok materyal denenmiştir.<sup>16</sup> Başlangıçta kullanılan vitalyum ve tantalum maddeleri, yabancı cisim reaksiyonuna bağlı olarak yoğun fibrozis oluşumuna sebep olduğu, bu sebeple osseointegrasyonun gerçekleşemediği görüldü.<sup>16</sup> Sonrasında kullanılan bioglass materyalinde ise fibrozisin daha az olduğu ancak ses iletiminde sorun yaşandığı görüldü.<sup>16</sup> Günümüzde ise kullanılan saf titanyum ise oluşturduğu oksit tabakası sayesinde osseointegrasyonu stimüle etmesi sebebiyle tercih edilmektedir.<sup>17</sup>

Günümüzde bir implantın osseointegrasyon derecesi, canlı doku ile arasında hareket olmaması ve fonksiyon görebilmesi ile ölçülmektedir. Bu dereceyi ölçen pek çok biyolojik faktör tanımlanmıştır. Materyalin biyolojik uyumluluğu, implantın dizaynı, alıcı kemiğin durumu, cerrahi yaklaşım ve yükleme koşulları gibi faktörler sayılabilir.<sup>17</sup>

Saf titanyum yukarda bahsedilen sebeplerle günümüzde en çok tercih edilen materyaldir. Normal şartlar altında bu materyal hava ile temas ettiğinde dışında ince bir oksit tabakası oluşmaktadır. Bu durum canlı doku ile temasta daha belirgin hale gelmektedir. Buna hidrate titanyum peroksi matriks denilmektedir. Bu matriksin formasyonu titanyum spesifik olup; inflamatuvar hücrelerden salgılanan proteolitik enzim, sitokin, süperoksit ve hidrojen peroksidin sebep olduğu düşünülmektedir. Bu tabaka sayesinde titanyum implantlar canlı dokular tarafından kabul edilmekle kalmayıp, aynı zamanda integre olabilmektedirler. Dokudan tahliyesi ise ancak çevre kemik dokunun fraktüre edilmesi ile mümkün olabilmektedir.<sup>16</sup>

İmplantların integrasyon kapasitelerini belirleyen bir başka faktör ise şekil ve yüzey özellikleridir. Silindirik ve hafif engebeli yüzeye sahip olan implantlarda osseointegrasyon daha yüksek olmaktadır.<sup>16</sup>

Kemiksel algılama fenomeni ise bu tip implantların ilginç bir özelliğidir. Taktik uyarıların hastalar tarafından hissedilebilmesi, bu tip cihazları cep tipi protezlere üstün kılmaktadır.<sup>16</sup>

### 3.1. Titanyum İmplantların Klinik Uygulamaları

Dünya çapında yaklaşık 6 milyon insanın çeşitli medikal sebeplerle titanyum implant taşıdığı tahmin edilmektedir. Bu hastaların en büyük kısmını dental ve ortopedik hastalar oluşturmakla beraber, otolaringoloji alanında da kullanımları bulunmaktadır.

Dental alanda kayıp dişlerin yerinin implantlar ile rehabilite edilmesi ilk kez 1965 yılında olmuştur. Bu implantların uzun dönemli sonuçlarının konvansiyonel prostodontiklere göre daha başarılı olduğu gösterilmiştir.<sup>16</sup> Bu kullanım günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Travma veya tümörlere bağlı oluşan doku kayıpları özellikle fasiyal bölgede rekonstrüksiyon açısından zorlayıcıdır. Seçilmiş vakalarda maksillofasiyal protezler bu durumlarda kullanılabilir.

**Romatoid artirit, osteoartroz ve posttravmatik artrozların rehabilitasyonunda yine titanyum implantlar kullanılabilir.**

Transfemoral ampütasyonların rehabilitasyonunda son yıllarda titanyum protezler özellikle önem kazanmıştır. Bu implantlar konvansiyonel soket protezlerden fonksiyonel olarak daha iyi sonuçlar vermektedir.<sup>15</sup>

### 3.2. Kemiğe İmplant İştirme Cihazı (KİİC)

Dental kullanım dışındaki ilk titanyum implant KİİC olarak 1977 yılında Tjellström tarafından kullanılmıştır.<sup>18</sup> Bugün Dünya çapında yaygın olarak

kullanılan KIİC, Amerika Birleşik Devletleri'nde 6 yaştan büyük bireylerde FDA onayı almıştır. Çeşitli ülkelerde daha küçük yaşlarda da bu prosedür uygulanabilmektedir. Örneğin, İsveç'te KIİC takılan en küçük hasta 18 aylıktır.<sup>19</sup>

#### 4. Kemiğe İmplanté İşitme Cihazı Özellikleri

##### 4.1. Fonksiyon ve Fiting Sınırları

Kemiğe İmplanté İşitme Cihazı cihazı internal titanyum implant, abutment ve kulakta veya vücudun başka bir yerinde taşınan ses işlemcisinden oluşmaktadır. Genel yapısı olarak bakıldığında geniş frekans kapasiteli, yüksek çıkış kapasitesi, düşük distorsiyon seviyesi ve akım tüketimi ile etkin bir cihaz olarak kabul görmektedir.<sup>18</sup>

Bir işitme cihazının kazanç karakteristiği, input ve output amplitüdlerinin oranı ile hesaplanabilir ve cihaz tercihinde önemlidir. Bu kazanç, giriş veya fonksiyonel kazanç metodu ile ölçülebilir. Giriş metodu kemik yolu cihazların kazancını ölçemez çünkü çalışma prensibi dış kulak yolundaki cihazlı ve cihazsız olarak ses basıncını ölçmeye dayanır. Bu durumda kemik yolu cihazların, sesli bir ortamda cihazlı ve cihazsız eşiklerini kıyaslayan fonksiyonel metodu tek tercih olarak bırakmaktadır. Hava yolu işitme cihazlarında kazanç, sadece cihazlı eşiklerle hesaplanabilirken, kemik yolu cihazlarda hava-kemik yolu aralığı önemlidir. **Hava-kemik yolu aralığı yüksek olan hastalar iletim tipi cihazlardan daha fazla fayda görecektir.**

Bireyin cihazdan göreceği fayda değerlendirilirken ayrıca minimum ve maksimum dinamik limitlere de dikkat edilmelidir. Maksimum dinamik direnç, direkt kemik iletimi eşikleri ile cihazın maksimum output değerleri arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Dolayısı ile sensorinöral kayıplı bir hastada bu fark sıfır olacaktır.<sup>18</sup>

##### 4.2. Konvansiyonel İletim Tipi Cihazlar ile KIİC Kıyaslanması

Kemiğe implante işitme cihazları kullanılmaya başlamadan önce hastalar, konvansiyonel iletim tipi cihazları kullanmak durumundaydılar.

Bu cihazlar kafaya bant veya gözlükle tutturulan bir amplifikatör ve ileticiden oluşmaktaydı. Bu iletilici mastoid bölge üzerindeki cilde sıkıca temas ettirilerek kemik yoluyla işitme rehabilitasyonu sağlardı. Bu cihazların konuşma algılamada varyasyon, kozmetik görünüm ve rahatsızlık gibi dezavantajları mevcuttu. İletimi sağlamak için uygulanan yüksek basınç çoğunlukla ağrı ve cilt iritasyonu gibi şikayetlere sebep oluyordu. **Ayrıca mikrofon ve**

**ileticinin kontralateral olarak yerleştirilmesi işitmenin tabiatını etkile-yordu.**

Kemiğe implante işitme cihazları bu şikayetlere sahip olan hastalarda etkin bir alternatif olmuştur. **Bu sistemin en temel avantajları problemlili transkütanöz ileticinin kaldırılması ve cilt altı dokularda kaybolan işitmenin olmamasıdır.**<sup>19</sup>

Mastoid bölgedeki yumuşak dokunun ses iletiminde azaltıcı bir etkisi vardır. Tjellström<sup>20</sup> yaptığı bir çalışmada bu kaybın değişik frekanslarda 10-25 dB arasında değiştiğini göstermiştir.

Bu tezi sınamak için KIİC ve konvansiyonel işitme cihazlarının etkinliğini kıyaslayan pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda KIİC'nin açık alan eşikleri ve konuşma algılama parametrelerinde daha üstün olduğunu göstermiştir.<sup>21-25</sup> Ayrıca hasta memnuniyeti açısından da KIİC üstün bulunmuştur.<sup>26-28</sup>

Kemiğe İmplant İşitme Cihazı kozmetik olarak perkutan oluşu bir dezavantaj olarak görülmektedir. Houghs ve arkadaşları<sup>29</sup> 80'li yıllarda bu sebeple cilt altındaki implanta iletimi transkütanöz olarak mıknaatıslı bir sistemle ileten Audiant kemik iletim cihazını tasarlamışlardır. Bu cihaz önceleri kozmetik sebeplerle tercih edilmiş ancak düşük odyolojik başarısı sebebiyle üretimden kaldırılmıştır.<sup>30,31</sup>

### 4.3. Konvansiyonel Hava Yolu Cihazlar ile KIİC Kıyaslanması

Sensorinöral işitme kaybı olan hastalar, genellikle hava yolu cihazları tercih edilmektedirler. Ancak bu hastaların % 25'i cihazlarından memnun olmayıp, cihazlarını günde 2 saatten daha az süre takmaktadırlar.<sup>32</sup> Bu hastaların kayıpları özellikle yüksek frekanslarda daha belirgin olmaktadır. Ayrıca kullanılan kanal kalıpları ses dalgalarının normal seyrini bozarak, hastanın nispeten korunmuş alçak frekans işitmesini de bozabilmektedirler. Dahası pek çok hasta enfeksiyon gibi sebeplerden ötürü bu kalıpları kullanamamaktadırlar. Bu durumlarda KIİC kulak kanalını bypass ederek, hem enfeksiyon riskini hem de akustik feedback fenomenini azaltmaktadır.<sup>33</sup>

Yapılan bir çalışmada, orta ve hafif derece sensorinöral işitme kaybı olan hastalarda KIİC'nin etkinliği odyolojik açıdan hava yolu işitme cihazlarından geri kalmasına rağmen, kullanım şekli ve ses konforu açısından tercih edilmiştir.<sup>33</sup> Bu hastalarda tabii ki ilk tercih hava yolu işitme cihazı olarak kabul edilmekte ancak KIİC de bir tercih olarak göz önünde bulundurulmalıdır.<sup>33</sup>

#### 4.4. Endikasyonlar

Kemiğe implante işitme cihazları uzun yıllardır iletim tipi veya orta derecede sensorinöral komponent içeren mikst tip işitme kayıplarında etkili ve güvenilir bir tedavi modalitesi olmuştur. Cihaz sayesinde işitme yolu dış ve orta kulağı bypass ettiği için hava-kemik yolu aralığının önemi yoktur. Ancak optimum faydanın sağlanabilmesi için kemik yolu eşiklerinin 60 dB'den düşük olmaması, speech diskriminasyonun da % 60'dan iyi olması önerilmektedir.

Normal şartlar altında tek taraflı KIİC takılacaksa, koklear rezervi iyi olan kulak seçilir. Eğer bu konuda belirsizlik mevcutsa softband ile hasta her iki kulağında deneme yaparak karar verir. Bu durumda da karar verilemezse sağ elini kullanan hastalar için kullanım kolaylığı sağlamak adına sağ kulağa, sol elini kullananlar içinse sol kulak tercih edilebilir.

En sık karşılaşılan endikasyonlar erişkinlerde kronik otitis media, çocuklarda ise dış kulak yolu anomalileridir.

##### 4.4.1. *Konjenital Dış Kulak Malformasyonları*

Dış kulak yolu, pinna ve orta kulağın bilateral malformasyonları genellikle bilateral maksimal işitme kaybına yol açar. Bu durum sporadik olarak gerçekeşebileceği gibi, Treacher Collins, Pierre Robin ve Goldenhar sendromlarının bir parçası olarak da karşımıza çıkabilir. Bu malformasyonların cerrahi olarak tedavisi teorikte mümkün olabilmekte ancak sonuçları genelde yüz güldürücü olmamaktadır. Yapılan 45 hastalık bir çalışma da cerrahi tedavi sonucu elde edilen işitmeden sosyal memnuniyet oranı % 34 olarak belirtilmiştir.<sup>34</sup> Üstelik beş yıllık takiplerde bu oranın daha da geriye gittiği gözlenmiştir.

Bu tip hastalarda cerrahiye uygun olanları belirleyebilmek amacıyla Jahr-sdoerfer<sup>7</sup> tarafından bir puanlama sistemi geliştirilmiştir (Tablo 1).

Bu puanlamaya göre normal bir kulak 10 puan almaktadır. İzole orta kulak patolojileri 7-9 puan alırken, sendromik hastalar genellikle 5-6 puan almaktadırlar. Araştırmaya göre 7 puan ve üstü cerrahiden fayda görme olasılığı daha yüksek grup olarak nitelendirilmektedir. Yediden daha düşük puanlı hastalarda cerrahi gereksiz morbidite oluşturabilmektedir. Ayrıca bu hastaların değerlendirilmesinde daha pratik olarak dış kulak malformasyonunun derecesine göre orta kulak patolojisinin ciddiyeti tahmin edilebilmektedir.<sup>35</sup> Ameliyat öncesi temporal kemik bilgisayarlı tomografisi mutlaka değerlendirilmelidir. Bu hastalardaki diğer önemli bir hususta eğer cerrahi yapılacaksa,



bunun ne zaman olması gerekmektedir. Literatürde erken yaşları veya adölesansı öneren yayınlar mevcuttur.

**Tablo 1. Jahrsdoerfer puanlama sistemi**

Parametre	Puan
Stapes	2
Oval pencere	1
Orta kulak	1
Fasiyal sinir	1
Malleus/inkus kompleksi	1
Mastoid havalanma	1
İnkus-stapes bağlantısı	1
Yuvarlak pencere	1
Dış kulak yolu	1

#### **4.4.2. Kronik Otitis Media (KOM)**

Kronik otitis media'lı hastalarda ilk tedavi seçeneği cerrahi olmalıdır. Ancak tekrarlayan cerrahi girişimlerden de kaçınılmalıdır. İşitme rehabilitasyonu da gereken hastalarda konvansiyonel işitme cihazları genellikle otore problemi nedeniyle uygun olmamaktadır. Yapılan pek çok çalışmada KIİC kullanımının konvansiyonel cihazlara göre otore'yi azalttığı gösterilmiştir.<sup>36-39</sup> Bu oran Mylaneus'un<sup>59</sup> çalışmasında % 94, Macnamara'nın<sup>60</sup> çalışmasında ise % 84 olarak belirtilmiştir.

Dahası bu hastalarda KOM uzun vadede koklea'ya zarar vererek özellikle yüksek frekanslarda sensorinöral işitme kaybına da yol açmaktadır. Bu durum KIİC'nin bir başka avantajı olarak değerlendirilmektedir.<sup>40-42</sup>

#### **4.4.3. Kulak Kanalı Problemleri**

Konvansiyonel işitme cihazı kullanan hastaların bir kısmında kronik egzema ve rekürren enfeksiyonlar gelişebilmektedir. Bu sorunla mücadelede kalıbın materyalini değiştirmek bir seçenek olabilmektedir. Bu durum ender de olsa bir KIİC endikasyonu olarak değerlendirilebilmektedir.

#### 4.4.4. *Konvansiyonel İşitme Cihazı Kullanımından Rahatsızlık*

Bazı hastalar, işitme cihazlarının dış kulak yolunu tıkamasını tolere edememektedir. Bu hastalarda KIİC bir alternatif olabilir ancak faydaları kısıtlı olabilmektedir.

#### 4.4.5. *Tek İşiten Kulakta Maksimal İletim Tipi İşitme Kaybı*

Tek işiten kulaklı hastalarda bu kulağa yapılacak m¼dahalelerde koklea'yı riske atmamak adına KIİC tercih edilebilmektedir.

### 4.5. **Kontrendikasyonlar**

Kemiğe implante işitme cihazları için tariflenen önemli kontrendikasyonlar; psikiyatrik bozukluklar, alkol veya uyuşturucu bağımlılığı ve verilen bilgileri anlamada zorluk yaşamaktır. Cihazın temizliğini sağlama kapasitesi olmayan hastalarda yaşanacak enfeksiyon ve cilt reaksiyonları sebebiyle r¼latif kontrendikasyon grubundadırlar. Akne vulgaris, ps¼riyazis, seboreik egzema gibi ciddi cilt problemleri ve diabetes mellituslu hastalar implant ve cilt problemleri yaşamaya daha meyillidirler.

Sheehan ve arkadaşları<sup>43</sup> yaptıkları çalışmada KIİC'yi Down Sendromu gibi kognitif bozuklukları olan hasta grubunda denemişler ve % 49 oranında yumuşak doku problemleri bildirmişlerdir. En sık bildirilen problem greft alanının hipertrofik yumuşak doku ile iyileşiş abutment'in üstünü kapatması olmuştur. Bu tip problemlerin lokal pansuman veya min¼r girişimlerle kolayca tedavi edilebilir olduğu bildirilmiştir.

### 4.6. **Cerrahi Prosed¼r**

#### 4.6.1. *Erişkinler*

Kemiğe implante işitme cihaz cerrahisi ilk tanımlandığı dönemlerde iki aşamada yapılırken, 90'lı yılların ortasından bu yana tek basamaklı prosed¼re geçilmiştir. Bu tekniklerin mukayesesinde implant veya cilt problemleri oranında fark gör¼lmemiřtir.<sup>44,45</sup> Erişkinlerde prosed¼r genellikle g¼nl¼k hasta şeklinde gerçekleştirilmekte lokal veya genel anestezi kullanılabilmektedir. Titanyum implant için tercih edilen yer dış kulak yolunun 55 mm arkası ve 30 mm yukarıdır.<sup>18</sup>

Operasyonda öncelikle evre b¼lge traşlanıp, eğer dermatom kullanılacaksa likit parafin ile yumuşatılmalıdır. Ardından ince bir deri flebi konvansiyonel y¼ntemler ile veya dermatom cihazı ile kaldırılmalıdır. Ardından b¼lgedeki fazla yumuşak dokular eksize edilir. Bu işlem sonrasında gelişecek cilt reaksiyonlarını azaltacaktır. Temporal kemiğe cihazın kendi özel turu ile salin

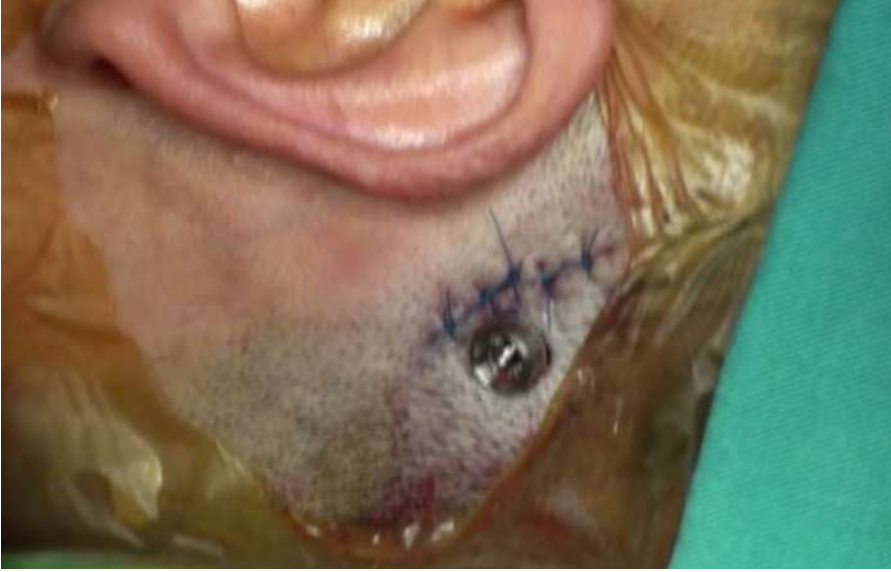
irrigasyonu eşliğinde delik açılır. İrrigasyon ısı sebebiyle oluşacak kemik hasarını minimize ederek osseointegrasyonu kolaylaştıracaktır. Ardından 3,75 mm çapında ve 3 veya 4 mm uzunluğundaki implant kemiğe yerleştirilir. 4 mm'lik implantların daha uzun survi olduğu bildirilmiştir.<sup>46</sup> Ardından flepte delik açılıp, yatırılır. Delikten implantın ucu çıkarılır ve sütürasyon yapılır. Üzerine antibiyotik ve steroidli tampon ve kapak konularak 10 gün sonra çıkarılır. 4-6 hafta içerisinde abutment ve işlemci implanta takılır.<sup>47</sup> Ancak son yıllarda operasyonun şekli bazı değişikliklere uğramıştır. Artık günümüzde cilt flebi kaldırmak bırakılmış, yumuşak doku eksizyonu ise azaltılmıştır (Şekil 1, 2, 3).

**Şekil 1. Operasyon sahasının sınırlarının belirlenmesi**



**Şekil 2. İmplantın yerleştirilmesi**



**Şekil 3. Operasyonun son hali**

#### *4.6.2. Çocuklardaki Özel Durumlar*

Çocuklarda yapılan cerrahide kemik dokunun immatür ve daha ince olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca temporal kemiğin apozisyonel büyümesi, adölesan dönemde abuntmentin cilt dokusu ile kapanabilmesine sebep olmaktadır. Ayrıca hijyen problemi erişkinlerden daha ciddi seviyede olmaktadır.<sup>48</sup> Çocuklarda genellikle iki basamaklı cerrahi tercih edilmektedir. Ayrıca kemik azlığı ciddi problemler oluşturabilmektedir.

Çocuk hastalarda preoperatif çekilen bilgisayarlı tomografi kemik kalınlığı ve kalitesini anlamada oldukça yardımcıdır. 3mm'lik implantın takılabilmesi için minimum 2,5mm'lik kemik kalınlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Kemiğin çok ince olduğu durumlarda kemik destek sağlayan polyetraflouroethylene (Gortex) membran faydalı olabilmektedir.<sup>49</sup> Bu materyal kullanıldığı takdirde operasyon iki aşamalı gerçekleştirilip, ikinci aşamada membran çıkarılmalıdır. Bu tekniğin uygulanmasına başlanmadan önce, kemik dokunun yetersizliği operasyon için kontrendikasyon oluşturmaktaydı. Bu yönetime karşı bir alternatif de kemik grefti kullanımı olabilir. Bu durumda ise operasyon üç basamaklı olmakta greft olarak da genellikle posterior kulak kanalı tercih edilmektedir.

Çocuklarda KİİC uygulamalarında karşılaşılan bir başka problem de aurikula ve dış kulak yolu anomalileri olanlarda KİİC'nın yeridir. Bu hastaların belirli bir kısmında rekonstrüktif cerrahi ile onarım mümkün olmaktadır.<sup>50</sup>

Stenfelt<sup>51</sup> tarafından yapılan kadaverik bir çalışmada, KİİC cihazının odyolojik verimlilik açısından en iyi yer mastoid bölge, en kötü yer kafatası orta hattı olarak belirtilmiştir. Ancak rekonstrüktif cerrahilerin planlandığı dış kulak anomalileri olan hastada ilerdeki müdahaleler göz önüne alınarak cihaz farklı alanlara takılabilmektedir. Bu tip hastalarda dış kulak yoluna 6,5-7cm'lik uzaklık genelde yeterli olmaktadır.<sup>52</sup>

Sonuç olarak bu tip hastalarda KİİC yerine karar verirken odyolojik sonuçlar ve cerrahi gereksinimler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir.

#### 4.6.3. Takip

Operasyondan sonraki ilk yıl içinde 3 veya 6 aylık periyodlarla hasta kontrol edilmeli, daha sonra bu süre hastanın ihtiyaçları göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Kontrollerde cihazın stabilitesi ve çevre cilt dokusunun durumu dikkatle incelenmelidir.

Pek çok merkezde cilt reaksiyonlarının sınıflanmasında Holgers'in<sup>53</sup> çalışması referans alınmaktadır. Bu çalışmada cilt bulguları 0 (irritasyon yok), 1(hafif kızarıklık), 2 (kızarıklık ve nemli), 3 (kızarıklık, nemli ve granülasyon dokuları), 4 (abutmentin çıkarılmasını gerektirecek derecede irritasyon) şeklinde sınılandırılmıştır. Bu hastalarda basamaklı olarak hijyen artırımı, antibiyotikli pomadlar ve oral antibiyotikler tedavide kullanılmaktadır.

Perkütan implantların stabilite oranları uzun dönemde oldukça yüksektir. Ancak % 10'luk bir kısmının 10 yıllık takipte implant başarısızlığı yaşadığı görülmüştür. Buna sebep olarak implantın yeri ve operasyon esnasındaki yaş değişkenleri gösterilmiştir.<sup>54</sup> En sık sebepler osseointegrasyon problemleri, travma ve enfeksiyonlardır. Nadir olarak yumuşak doku reaksiyonları ve kronik ağrı sebebiyle de implant tahliyesi yapılabilmektedir. Kronik ağrı şikayetinin subjektif olduğu ve henüz tam olarak açıklanamadığını unutmamak gerekir.<sup>55</sup>

### 4.7. Yeni Kullanım Alanları

#### 4.7.1. Bilateral Kemiğe İmplant İletim Cihazı

Bilateral iletim tipi işitme kayıplı hastalarda son yıllara kadar unilateral KİİC'nin yeterli olduğu düşünülüyordu. Cihazın kemik yolu ile kontralateral koklea'yı da uyarabilmesi bu görüşü desteklemekteydi.<sup>12,13</sup>

Son yıllarda bilateral KİİC uygulamaları test edilmektedir. Simetrik işitme kayıplı hastalarda sonuçlar umut verici olmaktadır. Son yıllardaki çalışmalarda bilateral KİİC kullanıcılarında, konuşma algılama, ses lokalizasyonu

gibi parametreler daha iyi sonuçlar vermektedir.<sup>56-59</sup> Stenfelt<sup>60</sup> yaptığı bir çalışmada bu sonuçları laboratuvar ortamında doğrulamıştır. İtme eşiklerinin karşıdan gelen seslerde daha iyi olduğunu ve binaural itme ile ses lokalizasyonun daha doğru yapılabildiğini göstermiştir.

İtisel sonuçların yanı sıra hasta memnuniyetinin de bilateral kullanıcılar da daha yüksek olduğunu gösteren çalışmalar vardır. Birmingham grubunun yaptığı çalışmada konuşma algılama ve ses lokalizasyonun yanı sıra yaşam kalitesi ve hasta memnuniyeti de daha yüksek olarak bildirilmiştir.<sup>61</sup>

İleri derecede bilateral iletim tipi itme kayıplı çocuklarda da bilateral KİİC önerilebilmektedir. Ancak gerek sigorta sistemleri, gerekse hastaların tercihleri sebebiyle çok geniş vaka serileri bulunmamaktadır.

#### **4.7.2. Unilateral Sağırlık**

Unilateral sağırlık sebebiyle KİİC kullanımı en son onaylanan endikasyondur. Bu hastaların ön plandaki şikayetleri konuşmayı algılama, ses lokalizasyonu ve arka plandaki seslerin ayırt edilmesidir. Bu problemlere kafatasının maskeleme etkisi de önemli oranda katkı yapmaktadır. Bu etki yüksek frekanslarda daha belirgindir.

Geçmiş yıllarda tek taraflı sağırlık, minör bir handikap olarak değerlendirilmekte ve genelde rehabilite edilmemekteydi. Şikayeti çok olan hastalarda memnuniyet sonuçları çok da yüksek olmayan konvansiyonel kontralateral sinyalli cihazlar kullanılabilmekteydi. Bu sebeplerden ötürü bu hastalarda KİİC kullanımının sonuçları değerlendirilmektedir.

İtmemeyen tarafa KİİC teorisi, direkt tanskraniyal kontralateral sinyal teorisine dayanmaktadır. Cihazın direkt kemik yolu ile fonksiyonel kokleayı uyarması sonucunda, kafatasının maskeleme etkisini minimize edip, ses lokalizasyonu ve konuşma algılama parametrelerinde iyileşme olduğunu gösteren çalışmalar vardır.<sup>62</sup> Vanecko'nun<sup>63,64</sup> 31 vakalık serisinde odyolojik ve hasta memnuniyeti açısından olumlu sonuçlar elde etmiştir.

Yapılan çeşitli çalışmalarda KİİC ve kontralateral sinyal yolunun odyolojik ve hasta memnuniyeti açısından karşılaştırılması yapılmıştır.<sup>65-69</sup> Kontralateral sinyal yolunun kafanın maskeleme etkisini azalttığı ve konuşmanın anlaşılabilirliğini arttırdığı görülmüştür. Ses lokalizasyonunda ise düzelme görülmemiş olup, bu durum stereo efekti için iki koklea gerekliliği ile açıklanmıştır.<sup>70</sup>

Yapılan başka bir çalışmada bir kulağı total sensorinöral itme kayıplı olup diğer kulağı normal veya orta derecede itme kaybı olan hastalarda önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar bulunmuştur. Ancak orta derece itme

kayıbı olan hastalar kontralateral KIİC'dan daha çok fayda gördüklerini bildirmişlerdir.<sup>71</sup>

Eğer bu hastalara KIİC planlanacaksa, 10. Biyomateryal Klüp Toplantısında (Val Gardena, İtalya 2006) operasyon öncesi 3-4 haftalık bir periyotta softband denenmesi önerilmiştir.

#### **4.7.3. Unilateral İletim Tipi İşitme Kaybı**

Kemiğe İmplanté İşitme Cihazı'nın unilateral iletim tipi işitme kaybı olan hastalarda kullanım amacı; binaural işitmenin restore edilerek, ses lokalizasyonu ve işitmeyi algılamada daha iyi sonuçlar elde etmektir. Bu durum pek çok çalışmada gerek odyolojik olarak, gerekse yaşam kalitesi olarak doğrulanmıştır.<sup>72-74</sup> Sonuçların edinilmiş işitme kayıplı hastalarda, konjenital kayıplı hastalara göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda, ameliyatı kabul etmeyen veya konvansiyonel cihazı tolere edemeyen otosklerozlu hastalarda, sonuçların konfor ve kozmetik açıdan daha iyi olduğu ancak odyolojik açıdan görülen faydanın daha az olduğu bildirilmiştir.<sup>75</sup>

Konjenital iletim tipi işitme kaybı olan hastalarda KIİC'nin daha az etkili olmasının sebebi işitme sistemindeki genel düzensizliğe bağlanılabilir. Webster ve ark.'nın<sup>76</sup> yaptığı bir çalışmada tek taraflı iletim tipi işitme kaybı olan hastaların kontralateral inferior kollüküsteki nöron boyutlarının, ipsilateral-dekilere oranla daha küçük olduğu gösterilmiştir.

Sonuç olarak bu hasta grubunda tedavideki ilk tercih eğer mümkünse cerrahi veya konvansiyonel işitme cihazları olmalıdır. Ancak bu tedavilerin mümkün olmadığı durumlarda, softband ile deneme periyodundan sonra KIİC'da bir tercih olabilmektedir.<sup>73</sup>

### **5. Kulak Malformasyonları**

Kulak malformasyonları genelde sistemik sendromların bir parçası olmakta ve son yıllarda artan bir KIİC endikasyonu olmaktadır. Aurikula, dış kulak yolu ve orta kulağı etkileyebilen bu durumlar birinci ve ikinci brankiyal yarı keselerinin anomalilerinden kaynaklanır. Bu malformasyonlara zigoma, orbita, maksilla ve mandibula anomalileri de eşlik edebilir. Bu tip sendromların insidansı 5000 ile 20000 doğumda 1 tane şeklindedir. Sendromların sebebi genelde heterojenik sporadik mutasyonlar olup talidomit veya izoretinoin gibi teratojenik ajanlarla gerçekleşebilir.<sup>77</sup>

### 5.1. Hemifasiyal mikrosomia

Hemifasiyal mikrosomia 1/5600 canlı doğum ile en yüksek insidanslı kraniofasiyal sendromdur. Etiyolojisi heterojen olup, endojen ve ekzojen faktörler suçlanmaktadır.<sup>78</sup> Oküler, auriküler, mandibular ve fasiyal siniri de içerebilen geniş bir yelpazesi vardır.

Hastaların çoğunluğunda iletim tipi işitme kaybı olmakla beraber, sensorinöral kayıp da eşlik edebilmektedir. Cravalho'nun<sup>78</sup> yaptığı çalışmada sensorinöral işitme kayıplı hastaların oranı % 11,1 olarak verilmiştir. Ayrıca işitme kaybının bilateral olma oranı da % 30 olarak bildirilmiştir.

### 5.2. Goldenhar Sendromu

Goldenhar Sendromu (okülo-aurikulo-vertebral displazi) geniş bir klinik yelpazesi olan bir sendromdur. Tipik klinik özellikleri hemifasiyal mikrosomia'ya eşlik eden epibulbar dermoidler, lipodermoidler ve vertebral anomalilerdir.<sup>79</sup>

Kardiyovasküler malformasyonlar, dış-damak anomalileri, mental retardasyon, lenfomalar bu sendroma eşlik edebilmektedir. Majör olarak dış ve orta kulağı etkilemekle beraber, yapılan bilgisayarlı tomografi çalışmalarında 1/3 oranında iç kulak anomalileri de saptanmıştır.<sup>80</sup>

### 5.3. Treacher Collins Sendromu

Treacher Collins Sendromu diğer adıyla mandibulofasiyal dizostoz 5. Kromozomda oluşan bir mutasyonla olup 50000 canlı doğumda bir görülmektedir. Bu mutasyonların % 60'ı sporadik, kalanı ise otozomal olarak değişken bir penetrans ile ortaya çıkmaktadır.<sup>81</sup>

Hastaların tipik prezentasyonu; antimongoloid palpebral fissür, koloboma, preauriküler fistül, deforme pinna, kanal atrezisi ve büyük ağız şeklindedir. Sıklıkla damak yarığı, dental maloklüzyon ve işitme kaybı eşlik etmektedir.

### 5.4. Pierre Robin Sendromu

Pierre Robin Sendromu mikrognati, retrognati ve damak yarığı triadından oluşur. Etiyolojisi heterojen olup, 27 tane farklı gen mutasyonu bildirilmiştir.<sup>82</sup>

İletim tipi işitme kaybı sıklıkla eşlik eder. Bunun sebebi sıklıkla sendroma eşlik eden efüzyonlu otitis media'dır. Ancak yapılan araştırmalarda orta kulak enfeksiyonlarına eşlik eden çeşitli derecede kulak malformasyonları saptanmıştır.<sup>83</sup>



### 5.5. Brankiyo-oto-renal (BOR) Sendromu

Brankiyo-oto-renal sendromu herediter geçişli olup, 8. Kromozomun mutasyonuna bağlı olduğu gösterilmiştir. Prevelansı yaklaşık olarak 1/40.000'dir.<sup>84</sup> Kalıtım paterni otozomal dominant'tır. Sendromun karakteristiği dış, orta, iç kulağın çeşitli anomalilerine ek olarak preaurikuler sinüs, brankiyal kleft anomalileri ve renal displazidir. Vakaların % 75'sinde işitme kaybı olmakta, bunların da % 30'u iletim, % 20'si sensorinöral, % 50'si ise mikst tip işitme kaybıdır.<sup>84</sup>

**KAYNAKLAR**

1. Oudesluys-Murphy AM, van Straaten HL, Bholasingh R, van Zanten GA. Neonatal hearing screening. *Eur J Pediatr* 1996; 155:429-35.
2. Rosenhall U, Jönsson R, Söderlind O. Self-assessed hearing problems in Sweden: a demographic study. *Audiology* 1999; 38:328-34.
3. Rosenhall U, Pedersen K, Møller MB. Self-assessment of hearing problems in an elderly population. A longitudinal study. *Scand Audiol* 1987; 16:211-7.
4. Kiessling J, Pichora-Fuller MK, Gatehouse S, Stephens D, Arlinger S, Chisolm T, Davis AC, Erber NP, Hickson L, Holmes A, Rosenhall U, von Wedel H. Candidature for and delivery of audiological services: special needs of older people. *Int J Audiol* 2003; 42:92-101.
5. Gatehouse S. Rehabilitation: identification of needs, priorities and expectations, and the evaluation of benefit. *Int J Audiol* 2003; 42:77-83.
6. Håkansson B, Lidén G, Tjellström A, Ringdahl A, Jacobsson M, Carlsson P, Erlandson BE. Ten years of experience with the Swedish bone-anchored hearing system. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1990; 151:1-16.
7. Jahrsdoerfer RA, Yeakley JW, Aguilar EA, Cole RR, Gray LC. Grading system for the selection of patients with congenital aural atresia. *Am J Otol* 1992; 13:6-12.
8. Olivius P, Alexandrov L, Miller JM, Ulfendahl M, Bagger-Sjöbäck D, Kozlova EN. A model for implanting neuronal tissue into the cochlea. *Brain Res Brain Res Protoc* 2004; 12:152-6.
9. Lieu JE. Speech - language and educational consequences of unilateral hearing loss in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004; 130:524-30.
10. von Békésy G. Travelling waves as frequency analysers in the cochlea. *Nature* 1970; 225:1207-9.
11. Stenfelt S, Håkansson B, Tjellström A. Vibration characteristics of bone conducted sound in vitro. *J Acoust Soc Am* 2000; 107:422-31.
12. Nolan M, Lyon DJ. Transcranial attenuation in bone conduction audiometry. *J Laryngol Otol* 1981; 95:597-608.
13. Stenfelt S, Goode RL. Bone-conducted sound: physiological and clinical aspects. *Otol Neurotol* 2005; 26:1245-61.
14. Adell R, Lekholm U, Brånemark PI, Lindhe J, Rockler B, Eriksson B, Lindvall AM, Yoneyama T, Sbordone L. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. *Swed Dent J Suppl* 1985; 28:175-81.
15. Brånemark R, Brånemark PI, Rydevik B, Myers RR. Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review. *J Rehabil Res Dev* 2001; 38:175-81.

16. Tjellström A, Rosenhall U, Lindström J, Hallén O, Albrektsson T, Brånemark PI. Five-year experience with skin-penetrating bone-anchored implants in the temporal bone. *Acta Otolaryngol* 1983; 95:568-75.
17. Tjellström A, Lindström J, Hallén O, Albrektsson T, Brånemark PI. Osseointegrated titanium implants in the temporal bone. A clinical study on bone-anchored hearing aids. *Am J Otol* 1981; 2:304-10.
18. Tjellström A, Håkansson B. The bone-anchored hearing aid. Design principles, indications, and long-term clinical results. *Otolaryngol Clin North Am* 1995; 28:53-72.
19. Håkansson B, Tjellström A, Rosenhall U. Hearing thresholds with direct bone conduction versus conventional bone conduction. *Scand Audiol* 1984; 13:3-13.
20. Tjellström A, Håkansson B, Lindström J, Brånemark PI, Hallén O, Rosenhall U, Leijon A. Analysis of the mechanical impedance of bone-anchored hearing aids. *Acta Otolaryngol* 1980; 89:85-92.
21. Snik AE, Mylanus EA, Cremers CW. The bone-anchored hearing aid compared with conventional hearing aids. Audiologic results and the patients' opinions. *Otolaryngol Clin North Am* 1995; 28:73-83.
22. Mylanus EA, Snik AE, Jorritsma FE, Cremers CW. Audiologic results for the bone-anchored hearing aid HC220. *Ear Hear* 1994; 15:87-92.
23. Cremers CW, Snik FM, Beynon AJ. Hearing with the bone-anchored hearing aid (BAHA, HC 200) compared to a conventional bone-conduction hearing aid. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1992; 17:275-9.
24. van der Pouw CT, Snik AE, Cremers CW. The BAHA HC200/300 in comparison with conventional bone conduction hearing aids. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1999; 24:171-6.
25. Browning GG, Gatehouse S. Estimation of the benefit of bone-anchored hearing aids. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994; 103:872-8.
26. Tjellström A, Jacobsson M, Norvell B, Albrektsson T. Patients' attitudes to the bone-anchored hearing aid. Results of a questionnaire study. *Scand Audiol* 1989; 18:119-23.
27. Snik AE, Mylanus EA, Cremers CW. Bone-anchored hearing aids in patients with sensorineural hearing loss and persistent otitis externa. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1995; 20:31-5.
28. McDermott AL, Dutt SN, Reid AP, Proops DW. An intra-individual comparison of the previous conventional hearing aid with the bone-anchored hearing aid: The Nijmegen group questionnaire. *J Laryngol Otol Suppl* 2002; 28:15-9.

29. Hough J, Himelick T, Johnson B. Implantable bone conduction hearing device: Audiant bone conductor. Update on our experiences. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1986; 95:498-504.
30. Wade PS, Halik JJ, Chasin M. Bone conduction implants: transcutaneous vs. percutaneous. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1992; 106:68-74.
31. Snik AE, Mylanus EA, Proops DW, Wolfaardt JF. Consensus statements on the BAHA system: where do we stand at present? *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2005; 195:2-12.
32. Ovegård A, Ramström AB. Individual follow-up of hearing aid fitting. *Scand Audiol* 1994; 23:57-63.
33. Stenfelt S, Håkansson B, Jönsson R, Granström G. A bone-anchored hearing aid for patients with pure sensorineural hearing impairment: a pilot study. *Scand Audiol* 2000; 29:175-85.
34. Mylanus EA, van der Pouw KC, Snik AE, Cremers CW. Intraindividual comparison of the bone-anchored hearing aid and air-conduction hearing aids. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1998; 124:271-6.
35. Granström G, Bergström K, Tjellström A. The bone-anchored hearing aid and bone-anchored epithesis for congenital ear malformations. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1993; 109:46-53.
36. Kountakis SE, Helidonis E, Jahrsdoerfer RA. Microtia grade as an indicator of middle ear development in aural atresia *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1995; 121:885-6.
37. Jahrsdoerfer RA, Yeakley JW, Aguilar EA, Cole RR, Gray LC. Grading system for the selection of patients with congenital aural atresia. *Am J Otol* 1992; 13:6-12.
38. Macnamara M, Phillips D, Proops DW. The bone anchored hearing aid (BAHA) in chronic suppurative otitis media (CSOM). *J Laryngol Otol Suppl* 1996; 21:38-40.
39. Hol MK, Snik AE, Mylanus EA, Cremers CW. Long-term results of bone-anchored hearing aid recipients who had previously used air-conduction hearing aids. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2005; 131:321-5.
40. Hartland S, Proops Dw. Bone anchored hearing aid wearers with significant sensorineural hearing losses (borderline candidates): patients' results and opinions. *J Laryngol Otol Suppl* 1996; 21:41-6.
41. Paparella MM, Oda M, Hiraide F, Brady D. Pathology of sensorineural hearing loss in otitis media. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1972; 81:632-47.
42. Papp Z, Rezes S, Jókay I, Sziklai I. Sensorineural hearing loss in chronic otitis media. *Otol Neurotol* 2003; 24:141-4.

43. Bance M, Abel SM, Papsin BC, Wade P, Vendramini J. A comparison of the audiometric performance of bone anchored hearing aids and air conduction hearing aids. *Otol Neurotol* 2002; 23:912-9.
44. Sheehan PZ, Hans PS. UK and Ireland experience of bone anchored hearing aids (BAHA) in individuals with Down syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2006; 70:981-6.
45. Tjellström A, Granström G. One-stage procedure to establish osseointegration: a zero to five years follow-up report. *J Laryngol Otol* 1995; 109:593-8.
46. Reyes RA, Tjellström A, Granström G. Evaluation of implant losses and skin reactions around extraoral bone-anchored implants: A 0- to 8-year follow-up. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 122:272-6.
47. Granström G, Bergström K, Odersjö M, Tjellström A. Osseointegrated implants in children: experience from our first 100 patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001; 125:85-92.
48. Tjellström A. Titanium implants in otorhinolaryngology. *HNO* 1989; 37:309-14.
49. Granström G, Tjellström A. The bone-anchored hearing aid (BAHA) in children with auricular malformations. *Ear Nose Throat J* 1997; 76:238-40, 242, 244-7.
50. Granström G, Tjellström A. Guided tissue generation in the temporal bone. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999; 108:349-54.
51. Wilkes GH, Wolfaardt JF. Osseointegrated alloplastic versus autogenous ear reconstruction: criteria for treatment selection. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93:967-79.
52. Stenfelt S, Goode RL. Transmission properties of bone conducted sound: measurements in cadaver heads. *J Acoust Soc Am* 2005; 118:2373-91.
53. Bajaj Y, Wyatt ME, Gault D, Bailey CM, Albert DM. How we do it: BAHA positioning in patients with microtia requiring auricular reconstruction. *Clin Otolaryngol* 2005; 30:468-71.
54. Holgers KM, Tjellström A, Bjursten LM, Erlandsson BE. Soft tissue reactions around percutaneous implants: a clinical study of soft tissue conditions around skin-penetrating titanium implants for bone-anchored hearing aids. *Am J Otol* 1988; 9:56-9.
55. Ovegård A, Ramström AB. Individual follow-up of hearing aid fitting. *Scand Audiol* 1994; 23:57-63.
56. Mylanus EA, Johansson CB, Cremers CW. Craniofacial titanium implants and chronic pain: histologic findings. *Otol Neurotol* 2002; 23:920-5.
57. Hamann C, Manach Y, Roulleau P. Bone anchored hearing aid. Results of bilateral applications. *Scand Audiol* 1991; 112:297-300.

58. van der Pouw CT, Johansson CB, Mylanus EA, Albrektsson T, Cremers CW. Removal of titanium implants from the temporal bone: histologic findings. *Am J Otol* 1998; 19:46.
59. Bosman AJ, Snik AE, van der Pouw CT, Mylanus EA, Cremers CW. Audiometric evaluation of bilaterally fitted bone-anchored hearing aids. *Audiology* 2001; 40:158-67.
60. Dutt SN, McDermott AL, Burrell SP, Cooper HR, Reid AP, Proops DW. Speech intelligibility with bilateral bone-anchored hearing aids: the Birmingham experience. *J Laryngol Otol Suppl* 2002; 28:47-51.
61. Stenfelt S. Bilateral fitting of BAHAs and BAHA fitted in unilateral deaf persons: acoustical aspects. *Int J Audiol* 2005; 44:178-89.
62. Dutt SN, McDermott AL, Jelbert A, Reid AP, Proops DW. The Glasgow benefit inventory in the evaluation of patient satisfaction with the bone-anchored hearing aid: quality of life issues. *J Laryngol Otol Suppl* 2002; 28:7-14.
63. Niparko JK, Cox KM, Lustig LR. Comparison of the bone anchored hearing aid implantable hearing device with contralateral routing of off-side signal amplification in the rehabilitation of unilateral deafness *Otol Neurotol* 2003; 24:73-8.
64. Hol MK, Cremers CW, Coppens-Schellekens W, Snik AF. The BAHA Softband. A new treatment for young children with bilateral congenital aural atresia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2005; 69:973-80.
65. Browning GG, Gatehouse S. Estimation of the benefit of bone-anchored hearing aids. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994; 103:872-8.
66. Wazen JJ, Spitzer JB, Ghossaini SN, Fayad JN, Niparko JK, Cox K, Brackmann DE, Soli SD. Transcranial contralateral cochlear stimulation in unilateral deafness. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003; 129:248-54.
67. Hol MK, Bosman AJ, Snik AE, Mylanus EA, Cremers CW. Bone-anchored hearing aid in unilateral inner ear deafness: a study of 20 patients. *Audiol Neurotol* 2004; 9:274-81.
68. Bosman AJ, Hol MK, Snik AE, Mylanus EA, Cremers CW. Bone-anchored hearing aids in unilateral inner ear deafness. *Acta Otolaryngol* 2003; 123:258-60.
69. Hol MK, Bosman AJ, Snik AE, Mylanus EA, Cremers CW. Bone-anchored hearing aids in unilateral inner ear deafness: an evaluation of audiometric and patient outcome measurements. *Otol Neurotol* 2005; 26:999-1006.
70. Baguley DM, Bird J, Humphriss RL, Prevost AT. The evidence base for the application of contralateral bone anchored hearing aids in acquired

- unilateral sensorineural hearing loss in adults. *Clin Otolaryngol* **2006**; 31:6-14.
71. Wazen JJ, Ghossaini SN, Spitzer JB, Kuller M. Localization by unilateral BAHA users. *Otolaryngol Head Neck Surg* **2005**; 132:928-32.
  72. Lin LM, Bowditch S, Anderson MJ, May B, Cox KM, Niparko JK. Amplification in the rehabilitation of unilateral deafness: speech in noise and directional hearing effects with bone-anchored hearing and contralateral routing of signal amplification. *Otol Neurotol* **2006**; 27:172-82.
  73. Wazen JJ, Spitzer J, Ghossaini SN, Kacker A, Zschommler A. Results of the bone-anchored hearing aid in unilateral hearing loss. *Laryngoscope* **2001**; 111:955-8.
  74. Snik AF, Mylanus EA, Cremers CW. The bone-anchored hearing aid in patients with a unilateral air-bone gap. *Otol Neurotol* **2002**; 23:61-6.
  75. Hol MK, Snik AF, Mylanus EA, Cremers CW. Does the bone-anchored hearing aid have a complementary effect on audiological and subjective outcomes in patients with unilateral conductive hearing loss? *Audiol Neurotol* **2005**;10:159-68.
  76. Burrell SP, Cooper HC, Proops DW. The bone anchored hearing aid-the third option for otosclerosis. *J Laryngol Otol Suppl* **1996**; 21:31-7.
  77. Webster DB. Auditory neuronal sizes after a unilateral conductive hearing loss. *Exp Neurol* **1983**; 79:130-40.
  78. Granström G, Jacobsson C. First and second branchial arch syndrome: aspects on the embryogenesis, elucidations, and rehabilitation using the osseointegration concept. *Clin Implant Dent Relat Res* **1999**; 1:59-69.
  79. Carvalho GJ, Song CS, Vargervik K, Lalwani AK. Auditory and facial nerve dysfunction in patients with hemifacial microsomia. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* **1999**; 125:209-12.
  80. Bayraktar S, Bayraktar ST, Ataoglu E, Ayaz A, Eevli M. Goldenhar's syndrome associated with multiple congenital abnormalities. *J Trop Pediatr* **2005**; 51:377-9.
  81. Marszałek B, Wójcicki P, Kobus K, Trzeciak WH. Clinical features, treatment and genetic background of Treacher Collins syndrome. *J Appl Genet* **2002**; 43:223-33.
  82. Bisdas S, Lenarz M, Lenarz T, Becker H. Inner ear abnormalities in patients with Goldenhar syndrome. *Otol Neurotol* **2005**; 26:398-404.
  83. Gruen PM, Carranza A, Karmody CS, Bachor E. Anomalies of the ear in the Pierre Robin triad. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **2005**; 114:605-13.
  84. Handzić J, Bagatin M, Subotić R, Cuk V. Hearing levels in Pierre Robin syndrome. *Cleft Palate Craniofac J* **1995**; 32:30-6.