

Koklear implant: Biyonik kulak

Murat Koçyiğit¹, Taliye Cakabay¹, Safiye Giran Ortekin¹, Selin Üstün Bezgin¹

Kanuni Sultan Süleyman Eğitim
Araştırma Hastanesi, Kulak Burun
Boğaz Kliniği, İstanbul

Murat Koçyiğit, ???
Taliye Cakabay, ???
Safiye Giran Ortekin, ???
Selin Üstün Bezgin, ???

ÖZET

İşitme olayı, sesin iç kulaktaki tüylü hücrelere ulaşır ve bu tüylü hücreleri hareket ettirip titreşimlerin elektrik sinyaline dönüşmesi ile başlayan, elektrik sinyalinin de ganglion hücreleri ve koklear siniri uyarıp üst beyin merkezine ulaşması ile gerçekleşir. Koklear implant, iç kulaktaki işitme organının gelişmemesi ya da harabiyeti sonucunda meydana gelen ileri derecedeki işitme kayıplarında iç kulaktaki Corti organını devre dışı bırakıp ganglion hücrelerini direk olarak uyaran bir cihazdır. İleri derecede işitme kayıplı bireylere, özellikle doğumsal işitme kayıplı bebeklere yaygın bir şekilde uygulanan ve dünyada artarak kullanımı devam eden koklear implant, diğer adıyla biyonik kulak, konusunda son literatür destekli bir derleme hazırlayarak bu konuda tüm hekimler için bilgilendirme ve farkındalık oluşturmayı hedefledik.

Anahtar sözcükler: koklear implant, kulak, dil, konuşma, biyonik

COCHLEAR IMPLANT: BIONIC EAR

ABSTRACT

Hearing occurs with the arrival of sound to the hairy cells and subsequent movement of the hairy cells causing vibrations which change into electrical signals stimulating ganglion cells and cochlear nerves reaching the central upper brain. The Cochlear implant is a device that directly stimulates ganglion cells bypassing the Corti organ in the inner ear where hearing loss may occur due to damage or agenesis of the inner ear. This study, through literature reviews, aims to raise awareness of the increasing use of the Cochlear implant (bionic ear) in patients with severe hearing loss and, particularly, in new-born patients with congenital hearing loss.

Keywords: cochlear implant, ear, language, speech, bionic

İletişim:

Murat Koçyiğit
Kanuni Sultan Süleyman Eğitim Araştırma
Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Kliniği, İstanbul
Tel: +90 505 537 92 37
E-Posta: muratdr63@yahoo.com

Gönderilme Tarihi : 05 Ekim 2016
Revizyon Tarihi : 10 Kasım 2016
Kabul Tarihi : 13 Kasım 2016

İşitme olayı, sesin iç kulaktaki tüylü hücrelere ulaşır ve bu tüylü hücreleri hareket ettirip titreşimlerin elektrik sinyaline dönüşmesi ile başlayan, elektrik sinyalinin de ganglion hücreleri ve koklear siniri uyarıp üst beyin merkezine ulaşması ile gerçekleşir. Koklear implant, iç kulaktaki işitme organının gelişmemesi ya da harabiyeti sonucunda meydana gelen ileri derecedeki işitme kayıplarında iç kulaktaki Corti organını devre dışı bırakıp ganglion hücrelerini direk olarak uyaran bir cihazdır (1). Koklear implant uygulaması, kulak burun boğaz uzmanı, odyolog ve psikologdan oluşan bir ekip ile yapılır.

Koklear implant dış ve iç olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır.

Dış kısım;

1. *Microphone/receiver* (mikrofon/alıcı)
2. *Signal processor* (sinyal işlemcisi)
3. *Transmission coil* (iletici bobin) ve dış antendir.

İç kısım;

1. İç anten
2. *Implantable receiver-stimulator* (alıcı-uyarıcı)
3. *Electrode array* (elektrod demeti).

Mikrofon tarafından alınan sesler, sinyal işlemci ünite ile elektrik enerjisine dönüştürülerek dış antenden deriyi geçerek iç antene ulaştırılır. Buradan alınan elektriksel uyarı alıcı-uyarıcı tarafından ayıklanıp elektrotlara iletilir. İç kulağta skala timpaniye yerleştirilmiş elektrotlar tüylü hücreleri atlayarak stimulusların doğrudan spiral ganglion veya aksonlara iletilmesini sağlar.

Koklear implant için yaygın olarak 3 tane cihaz markası mevcuttur. Bunlar;

1. *Nucleus®* (Cochlear, Melbourne, Avustralya) : Diğer implant sistemlerine göre en yaygın kullanılan implanttır (Şekil 1). Yirmi iki adet intrakoklear elektrot içermektedir, üç farklı işlem ve iki farklı konuşma stratejisi kullanılabilir.
2. *Med-El®* (Medical Electronics, Innsbruck, Avusturya): Bu implant da yaygın olarak kullanılmaktadır. 12 çift elektrot bulundurur ve *Continuous interleaved sampling* (CIS) işleme özelliğine sahiptir (Şekil 2).
3. *Clarion®* (Advanced Bionics, Sylmar, California, Amerika Birleşik Devletleri): 16 elektrot bulunan bu modelin iki tip işleme özelliği vardır. Birincisi CIS denilen monopolar elektrotları stimule eden sistem, ikincisi ise eşzamanlı analog stratejisi (*simultaneous analog strategy*, SAS) denilen bipolar elektroda gelen konuşma sinyallerini filtre edip sıkıştırır stratejidir (Şekil 3).

İşitme kaybında etyoloji

Koklear implant yapılmayı gerektirecek çok ileri derecede işitme kayıpları çocuklarda doğumsal, genetik veya edinilse olabilirken, erişkinlerde ise genetik geç başlangıçlı veya edinilse olmaktadır. Nonsendromik genetik işitme kayıpları genellikle sadece kokleayı etkilerken, sendromik işitme kayıplarında diğer sistemlerde etkilenebilmektedir (2).



Şekil 1. Nucleus® (Cochlear, Melbourne, Avustralya)



Şekil 2. Med-El® (Medical Electronics, Innsbruck, Avusturya)



Şekil 3. Clarion® (Advanced Bionics, Sylmar, California, Amerika Birleşik Devletleri)

Sendromik olmayan işitme kayıpları Michel, Mondini, Bing-Siebenmann ve Scheibe displazisidir(3). Sendromik işitme kayıpları ise birçok farklı şekilde ortaya çıkabilmektedir. Erken dönemde işitme kaybı, vestibuler bulgular olabildiği gibi geç dönemde ortaya çıkan diğer sistem anomalileri ile birlikte de olabilmektedir (4).

Doğumdan sonra herhangi bir zamanda oluşan işitme kayıpları da genetik olabilir. Genellikle otozomal dominant olan bu durum ilerleyici işitme kaybı ile karakterizedir. Crouzon sendromu, Alport sendromu, Klippel Feil sendromu ve Hunter sendromu bu duruma örneklerdir (5-7). Çocuklarda oluşan sensörinöral işitme kayıplarının yarıya yakını sonradan kazanılmış durumlara bağlı ortaya çıkmaktadır. Doğum travması, zor doğum, gebelikte oluşan toxoplazmozis, rubella, sitomegalovirus ve herpetik enfeksiyonlar, doğum sonrası oluşan menenjit gibi durumlar buna örneklerdir (8). Koklear otoskleroz, menenjit, temporal kemik kırıkları, viral enfeksiyon, ototoksikite yapan ilaçlar ve kronik otitis media (KOM) gibi durumlar erişkinlerde ileri derecede sensörinöral işitme kaybı yaparak hastaları koklear implant için aday hale getirebilirler.

Koklear implant kriterleri

İşitme kaybının olduğu yaşa göre üç gruba ayrılır (9). 1. *Prelingual dönem*: ilk 2 yaş içinde dil gelişimi olmadan oluşan işitme kayıpları. 2. *Perilingual dönem*: 2-6 yaş arasında dil gelişimi olurken oluşan işitme kayıpları. 3. *Postlingual dönem*: 6 yaş üzeri ve erişkinlerde ortaya çıkan işitme kayıplarıdır. En iyi koklear implant sonuçları bu grupta alınır (10).

Çocuk adaylar için kriterler

- Bilateral ileri veya çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı
- İşitme cihazı kullanmasına rağmen fayda görememe
- Radyolojik olarak kulağın uygun olması
- Aile ile iyi uyum ve beklentinin makul düzeyde olması
- Ailenin ve hastanın ameliyat sonrası eğitim programlarına uyum becerisi

Çocuklarda koklear implant için uygunluk değerlendirilirken genel sağlık durumu ayrıntılı olarak ele alınmalıdır. Eşlik eden diğer hastalıklar, kulak ile ilgili diğer anomaliler, iç kulak ve orta kulağın durumu, nörolojik, metabolik ve genetik hastalıklar araştırılmalıdır. Temporal kemik bilgisayarlı tomografisi (BT) mastoid kemik havalanması, fasial sinir anatomisi, orta ve iç kulağın gelişimi hakkında bilgi verirken, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) iç kulak kanalını ve koklear siniri değerlendirmek için gereklidir.

Erişkin adaylar için kriterler

- Bilateral ileri veya çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı
- Her iki kulağa işitme cihazı kullanmasına rağmen yeterli fayda olmaması
- Konuşmayı ayırdetme skorunun %30'un altında olması
- Hastanın engel teşkil edecek sağlık probleminin olmaması
- Ruhsal durumunun iyi ve cerrahiye istekli olması

Erişkinlerde odyolojik ve radyolojik değerlendirmeler, kontrendikasyon bulunan olguları ve ameliyat sırasında karşılaşılabilecek zorlukları gösterme açısından en sık kullanılan yöntemlerdir (11). Konuşmayı ayırdetme skorlarının derecesi erişkinlerde en önemli seçim kriteridir (12).

İşitmenin değerlendirilmesi

Hastanın işitme kaybının derecesi, konuşmayı algılaması ve dil becerisi odyolojik testler ile değerlendirilir (13). Saf ses odyometrisi ile 250-8000 Hz frekanslardaki işitme eşiklerinin ortalaması 85 dB ve üzeri ise hasta işitme cihazından fayda göremez ve koklear implant için bir adaydır. Bebek ve çocuklarda davranışsal ve objektif testlerle değerlendirme yapılmalıdır. Saf ses eşikleri 6-18 ay arasındaki çocuklarda görsel pekiştirmeli odyometri (*visual reinforcement audiometry, VRA*) ile, 18 aydan büyük çocuklarda oyun odyometrisi ile taranabilir. Çocuklarda ses eşiklerinin objektif değerlendirmesi için işitsel uyarılmış beyinsapı potansiyellerinin (İUBP) ve işitsel kararlı uyarılmış yanıtlarının (*auditory steady state evoked responses, ASSR*) ölçümü yapılmalıdır.

Çok ileri derecede işitme kaybı olan bireylerde işitme cihazından alınacak yarara bakılır, eğer hastanın eğitimini ve dil gelişimini sağlayacak düzeyde değilse koklear implant uygulanması yapılabilir. Bebek ve çocuklarda işitme cihazlarından fayda görülmediği fark edildiğinde dil gelişiminin bozulmaması için koklear implant için vakit kaybedilmemelidir. Koklear implantın başarılı olabilmesi için, işitsel nöronların bulunması şarttır. İlerleyici işitme kayıplarının birçoğu koklear patoloji kaynaklıdır. Yapılan odyolojik ve radyolojik testlerle koklear veya retrokoklear patoloji ayrımı yapılamamaktadır. Bu ayrımı yapmak ve her iki kulakta aynı derecede işitme kaybı olan hastalarda koklear implantın uygulanacağı kulağı seçmek için promontoryum stimülasyon testi yapılır (14).

Ameliyat öncesi hazırlık

Ameliyat öncesinde anestezi tetkiklerinin dışında hastanın ek medikal problemleri ayrıntılı araştırılmalıdır. Hastanın muayenesinde seröz otitis media varsa mutlaka

tedavi edilmelidir (15). Orta kulakta sıvı veya akut enfeksiyon olan hastalarda ameliyat sonrası menenjit veya labirentit gelişebilmektedir. Cerrahi öncesi hastaların ve ailelerinin beklentilerinin makul düzeyde olması sağlanmalı ve koklear implant sonrası da bireyin işitme yönünden engelli bir birey olacağı vurgulanmalıdır. Ameliyat sonrası uzun bir eğitim ve rehabilitasyon süreci olacağı, hastanın ve ailenin buna uyum sağlamak zorunda olduğu teferruatlı bir biçimde ameliyat öncesi anlatılmalıdır.

Koklear implant cerrahisi

Ameliyat 2-4 saat arası süren genel anestezi altında sırtüstü olacak şekilde yapılan bir işlemdir. Kulak kepçesinin arkasındaki cildin traş edilip ve bu bölgeye ters U veya uzatılmış endaural insizyon yapılarak ameliyata başlanır. İnsizyon hattında oluşacak enfeksiyonlar, cilt altına yerleştirilecek olan alıcı-uyarıcı cihazın ekstrüzyonuna neden olabileceği için insizyon hattı implantın üzerinden geçmemelidir. C veya ters J şeklindeki insizyonların daha iyi olduğunu önerenler de olmuştur ancak bu durumda flebin kanlanması ve venöz drenaj problemleri olabileceği bildirilmiştir (16,17). Kulak arkası ünitesi için postaurikular bölgede yaklaşık 2 cm boşluk bırakılması gerekir.

İnsizyonu takiben *basit mastoidektomi* yapılarak posterior timpanotomiye olanak sağlayacak şekilde kavite hazırlanmalıdır. Bunu takiben implantın alıcı-uyarıcı parçasının deri altında hareket etmemesi ve atılmaması için temporal ve parietal kemik üzerinde duraya kadar inceltilerek bir yatak oluşturulur. Kafatası kemiğinde ince tur kullanılarak delikler açılıp bu deliklerden tespit dikişi geçirilerek implant sabitlenir. Alıcı-uyarıcı parça ile elektrot taşıyıcının bağlantısının görülmemesi için mastoid kavite ile implant yatağı arasında yeterli genişlikte bir oluk hazırlanmalıdır.

İmplant için yatak hazırlandıktan sonra *posterior timpanotomi* aşamasına geçilir. Orta kulağa fossa inkudis altından, fasial resesin üstünden girilip yuvarlak pencere ön kenarı ortaya çıkana kadar posterior timpanotomiye devam edilir. Bu alandan kokleostominin yapılabilmesi için en az 2 mm açıklık sağlanmalıdır. *Kokleostomi*, yuvarlak pencerenin anterosuperiorunun turlanması ile yapılan işlemdir ve bu işlem sonrası yuvarlak pencere membranı daha net görülür hale getirilir. Kokleostomi yapıldıktan elektrotlar dikkatli bir şekilde tümüyle yerleştiğinden emin oluncaya kadar skala timpaniden içeri doğru itilmelidir. Elektrodun kokleaya giriş noktasında, orta kulak enfeksiyonlarının iç kulağa yayılarak labirentit veya menejit oluşumunu engellemek amacıyla, pencereyi kapatmak için kas veya bağ dokusu ile *kokleostomi obliterasyonu* yapılmalıdır.



Şekil 4. Koklear implant cerrahisi uygulanmış bir çocuk.

Perioperatif olarak, implantın sinyalleri ilettiğinden ve elektrotların düzenli çalıştığından emin olmak için *integrity testing* olarak adlandırılan bilgisayar üzerinden çalışan bir program ile kontrol yapılır. Bunun yanı sıra başka bir yazılımla implanta elektriksel uyarı gönderilerek *stapedius kasının kasılması* kontrol edilir. Koklear implanttan gönderilen sinyallerin koklear sinirde oluşturduğu yanıtların bilgisayar yardımı ile görüntülenmesine de *nöral yanıt ölçümü*, NRT denilmektedir.

Ameliyat sonrasında ameliyat sahası baskılı sargı ile kapatılır ve beyin omurilik sıvısına geçişi iyi bir antibiotik başlanır. Hastalar ortalama 3-5 gün hastanede yatarlar ve yedinci gün dikişler alınıp, 3. hafta cihaz programlanması için odyoloji bölümüne yönlendirilirler (Şekil 4).

Komplikasyonlar

Perioperatif komplikasyonlar

Kanama, genellikle implant yatağı hazırlama aşamasında mastoid emisser venlere bağlı oluşan ve elmas tur veya diğer materyallerle durdurulabilen bir durumdur.

Fasial sinir perezisi veya paralizisi, literatürde %0.3-3 olarak rapor edilmiştir. Genellikle geç başlangıçlı ortaya çıkar ve konservatif tedavi ile %100 iyileşme sağlanır. Erken başlangıçlı gelişen fasial sinir hasarında vakit kaybetmeden eksplorasyon yapmak gerekir.

Korda timpani hasarı, posterior timpanotomi sırasında görülüp, geçici tad bozukluğu yapabilmektedir.

Perilenf kaçağı, temporal kemik kırığı veya iç kulak anomali olgularında olan ve elektrotun yerleştirilmesinde zorluk ortaya çıkaran bir komplikasyon olarak görülebilmektedir. Tekrarlayan labirent enfeksiyonları ve menenjiti engellemek için bu perilenf kaçağı olan bölgenin kas veya bağ dokusu ile çok iyi oblitere edilmesi gerekmektedir.

Postoperatif komplikasyonlar

Seroma ve hematom, iyi kanama kontrolü ve baskılı pansuman ile engellenebilecek bir komplikasyon olarak karşımıza çıkmaktadır.

Flep problemleri ve enfeksiyon, flebin kanlamasına dikkat edilmez ve yara yüzeyleri aşırı gergin olarak dikilirse ortaya çıkabilen bir durumdur. Böyle bir durum gelişirse implantın ekstrüzyonuna kadar giden bir süreç başlayabilir.

Labirentit ve menenjit, nadir olarak görülen ancak ciddi komplikasyonlardır. Kokleostomi açıklığı iyi oblitere edilen olgularda daha az görülmektedir. İç kulak anomalisi olan hastalarda daha sık karşımıza çıkmaktadır. Bu komplikasyondan korunmak için koklear implant yapılacak hastalara *Streptococcus pneumoniae* ve *Haemophilus influenzae* Tip B etkenlerine karşı aşı yapılması gerekmektedir.

Vertigo, nadir de olsa görülebilen bir durumdur ve genellikle konservatif tedavi ile düzelmektedir. Dirençli vertigo durumlarında perilenf fistülü akla gelmelidir.

İmplantın bozulması veya çalışmaması, mekanik veya elektronik hasara, elektrotların çalışmamasına veya 8. kranial sinirin tam olarak işlev görmemesine bağlı olarak olabilir.

Cihazın programlanma işlemleri

Erişkinlerde programlama

Ameliyattan 3 haftadan sonra operasyon bölgesi tam iyileştikten sonra hastanın konuşma işlemcisi bilgisayara bağlanıp özel bir yazılımla eşik düzeyleri ve maksimum konforlu uyaran değeri bulunur. Konuşma işlemcisi programlanarak ilk seanslarda kişinin sesi ayırt etmesi amaçlanır. Bu programlamalar maksimum kazanç elde edilinceye kadar haftada 2 saat süren seanslar halinde olmalıdır.

Çocuklarda programlama

Bebek ve çocuklarda ilk uyaran gönderilirken çocuğu korkutacak veya güvenini sarsacak bir uyaran olmamasına dikkat etmek gerekir. Her elektrot için eşik ve maksimum konforlu uyaran değeri bulunmalı ve uyarılara karşı çocuğun gösterdiği tepkiler iyi gözlemlenmelidir. Aile ve çocuğa cihazın kullanımı ve bakımı ile ilgili bilgi verilmeli, pil bitmesi gibi basit sorunların çözümü anlatılmalıdır.

Rehabilitasyon

Koklear implant uygulanan hastaların maksimum yarar sağlaması için rehabilitasyon yapılmalıdır. Erişkinler ve geç çocukluk çağında işitmesini kaybedenler için aynı nöral yolları kullanarak önceki duydukları seslerden farklı bir sinyal algılaması ile tekrar kullanıma kazandırmak, daha önce işitmeyen ve yeni doğanlar için ise işitme ve konuşma becerilerini kazandırmaya yönelik çalışmaları içerir. Özellikle çocuklarda, algılama, öğrenme ve yaşa uygun dil gelişimi için en kısa zamanda duyma sağlanmalıdır. İlk 2-4 yaş, konuşma becerisi için uygun nöral bağlantıların oluşabileceği plastisite için en uygun dönemdir. Erken yaşlarda koklear implant uygulanan çocuklarda konuşmanın gelişmesinin daha iyi olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Çocuklarda rehabilitasyonun amacı, implant tarafından sağlanan çeşitli sesleri tanıyabilme ve konuşma becerisinin sağlanmasıdır. İşitme kaybının olduğu yaş, implantın uygulandığı yaş, işitme kaybıyla geçen süre, etiyoloji, dil düzeyi, genel sağlık durumu, ailenin desteği gibi etkenler rehabilitasyonun başarısını etkiler.

Eğitim

Eğitim sadece klinisyenler ile değil evdeki ve sosyal ortamdaki bireylerin de rol aldığı bir ekip işidir. Uygulanacak eğitim programı ile hastanın konuşma, algılama ve konuşmayı ayırt etme yeteneklerinin gelişmesi hedeflenir. Eğitimciler ve aile çocuğun her türlü ihtiyacına karşı duyarlı ve sabırlı olmalıdır. Odyologlar ameliyat öncesi ve sonrası işitmeyi değerlendirip, cihaz ayarlarını yapıp, takip programlarını sürdürürken, konuşma eğitimleri ise çocuğun konuşmaları algılaması, üretmesi ve dil gelişimini sağlar. Aileler çocuğun en yakınında bulunanlar olduğu için çocukların eğitimine büyük katkı sağlarlar. Ev dışında çocukların en fazla vakit geçirdiği yer okul olduğu için öğretmenlerine bu konuda çok iş düşmektedir. Bu çocuklar normal okullarda eğitimlerini sürdürebilmektedir. Kalabalık ve gürültülü ortamlarda koklear implantlı çocuklar duymakta zorlanabilmektedir ve bu durum sınıf-taki diğer arkadaşlarına anlatılıp buna göre davranılması gerektiği bilgisi verilmelidir.

Sonuç olarak, koklear implant ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan kişilerde etkisi ispatlanmış bir tedavidir. İmplant uygulanan bireyler arasında performans farklılıkları bulunmaktadır. Bu performans iç ve dış etmenlere bağlı değişebilmektedir. İç etmenler psikolojik durum, yetenek, kokleadaki nöral popülasyon gibi nedenler iken, dış etmenler koklear implant tipi ve alınan eğitimin şekli olarak söylenebilir.

Kaynaklar

1. Batman Ç. Koklear implant. Çelik O, ed. Otoloji ve Nöro-otoloji. İstanbul: Elit Ofset Matbaacılık; 2013: 795-817.
2. Morzaria S, Westerberg BD, Kozak FK. Systematic review of the etiology of bilateral sensorineural hearing loss in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004;68:1193-8.
3. Papsin BC. Cochlear implantation in children with anomalous cochleovestibular anatomy. *Laryngoscope.* 2005;115:1-26.
4. Keats BJ, Corey DP. The usher syndromes. *Am J Med Genet.* 1999;89:158-66.
5. Windle-Taylor PC, Emery PJ, Phelps PD. Ear deformities associated with the Klippel-Feil syndrome. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1981;90:210-6.
6. Wu CC, Chen YS, Chen PJ, Hsu CJ. Common clinical features of children with enlarged vestibular aqueduct and Mondini dysplasia. *Laryngoscope.* 2005;115:132-7.
7. Linthicum FH Jr. Scheibe (cochleosaccular) dysplasia. *Otol Neurotol.* 2001;22:708.
8. Osberger MJ, Chute PM, Pope ML, Kessler KS, Carotta CC, Firszt JB, Zimmerman-Phillips S. Pediatric cochlear implant candidacy issues. *Am J Otol.* 1991;12 Suppl:80-8.
9. Lehnhardt E. Cochlear implant: prognosis factors. *Auris Nasus Larynx.* 1989;16 Suppl 1:S1-8.
10. Blamey P, Arndt P, Bergeron F, et al. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants. *Audiol Neurootol.* 1996;1:293-306.
11. Mosnier I, Bouccara D, Ambert-Dahan E, et al. Beneficial effect of cochlear implants in the elderly. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac.* 2004;121:41-6.
12. Nakajima S, Iwaki S, Fujisawa N, et al. Speech discrimination in elderly cochlear implant users. *Adv Otorhinolaryngol.* 2000;57:368-9.
13. Kempf HG, Büchner A, Stöver T. Cochlear implants in adults: indications and realizations. Part I: Diagnosis, operation techniques and results. *HNO.* 2003;51:591-602.
14. Ito J, Tsuji J, Sakakihara J. Reliability of the promontory stimulation test for the preoperative evaluation of cochlear implants: a comparison with the round window stimulation test. *Auris Nasus Larynx.* 1994;21:13-6.
15. Papsin BC, Bailey CM, Albert DM, Bellman SC. Otitis media with effusion in paediatric cochlear implantees: the role of peri-implant grommet insertion. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1996;38:13-9.
16. House WF. Surgical considerations in cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 1982;91:15-20.
17. Clark GM, Pyman BC, Bailey QR. The surgery for multiple-electrode cochlear implantations. *J Laryngol Otol.* 1979;93:215-23.