Elektroakustik Stimulasyon

Electroacoustic Stimulation

Dr. Ayça ANT,[a]
Prof.Dr. Yıldırım Ahmet BAYAZIT,[a]
Uz.Dr. Recep KARAMERT[a]

[a]KBB ve Baş Boyun Cerrahisi AD, Gazi üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara

Yazışma Adresi/*Correspondence:*
Prof.Dr. Yıldırım Ahmet BAYAZIT
Gazi üniversitesi Tıp Fakültesi, KBB ve Baş Boyun Cerrahisi AD, Ankara,TÜRKİYE
bayazity@yahoo.com

ÖZET Elektroakustik stimulasyon (EAS) alçak frekanslardaki normal veya rezidüel işitmenin korunarak yüksek frekansların implant elektrodu sayesinde elektriksel olarak uyarılabilmesi tekniğidir. Standart bir koklear implantasyonda rezidüel işitme kaybı hemen hemen kaçınılmaz olmakla birlikte, yumuşak cerrahi, kokleostomi veya yuvarlak pencere yaklaşımları kullanılarak uygulanan bir koklear implantasyonda rezidüel işitmenin korunabilmesi mümkündür. Bir çok faktörün rol oynadığı EAS uygulamalarında her vakada işitmenin korunması mümkün olmasa da, uzun dönemde işitme korunma oranları ortalama %50-70 arasında değişmektedir. EAS uygulamaları sayesinde hastaların alçak frekanslarının korunması, gürültüde konuşmayı ayırt etme skorunun artması mümkün hale gelebilir.

Anahtar Kelimeler: Kohlear implantlar; akustik stimülasyon; elektirik stimülasyonu

ABSTRACT Electroacoustic stimulation (EAS) facilitates preservation of normal or residual hearing in the low frequencies while the hearing loss in the high frequency regions could be restored with electric stimulation via a cochlear implant electrode. Although loss of residual hearing is inevitable in a Standard cochlear implant surgery, residual hearing can be preserved as a cochleostomy or round window approach is applied using soft surgery technique. Despite the fact that it is not possible to preserve the residual hearing in all cases of EAS, hearing preservation can be achieved in almost 50-70% of the cases according to long term follow up results. It is possible to preserve the low frequencies and increase the speech discrimination of the patients by means of EAS.

Key Words: Cochlear implants; acoustic stimulation; electric stimulation

Turkiye Klinikleri J E.N.T.-Special Topics 2012;5(1):1-7

Koklear implantasyon teknolojisindeki ve cerrahi tecrübelerimizdeki ilerlemeler ve koklear mekaniklerin daha iyi anlaşılabilmesi sensorinöral işitme kayıplarının tedavisinde farklı metodların uygulanabilirliğini sağlamıştır. Ağır sensorinöral işitme kayıplarının tedavisinde uygulanan standart koklear implantasyon, elektrot dizaynının değişmesi, atravmatik cerrahi ile elektrot yerleştirilmesi ve yuvarlak pencere yaklaşımı sayesinde rezidüel işitmenin korunabilirliğinin anlaşılmasına ve dolayısıyla elektroakustik stimulasyon (EAS) uygulamalarına yol açmıştır. EAS alçak frekanslardaki normal veya rezidüel işitmenin korunarak yüksek frekansların implant elektrodu sayesinde elektriksel olarak uyarılabilmesi tek-

Copyright © 2012 by Türkiye Klinikleri

niğidir. Alçak frekanslarda hafif-orta-ileri işitme kaybı varsa, bu frekanslar işitme cihazı kullanılarak amplifiye edilebilir.

İlk olarak 1997 yılında Hodges ve ark. koklear implantasyon uygulanan hastaların rezidüel işitmelerinin korunabileceğini göstermişlerdir.[1] Rezidüel işitmenin korunabilirliğinin anlaşılması üzerine EAS kavramı gündeme gelmiş ve iki farklı merkezde bu çalışmalar başlatılmıştır. Bu merkezlerden biri ABD'de Iowa Üniversitesi ve diğeri de Almanya'da Frankfurt şehrindeki Johann-Wolfgang-Goethe-Üniversitesi olmuştur.

EAS çalışmaları rezidüel işitmenin korunmasında önemli bir kavram haline gelmiştir. Rezidüel işitmenin korunmasında rol oynayan faktörler arasında operasyonu yapan cerrahın tecrübesi, uygulanan cerrahi teknik, implant elektrotunun dizaynı, kokleanın implant elektroduna karşı verdiği yabancı cisim reaksiyonu yer alır (Tablo 1).

ADAY SEÇİMİ

EAS uygulamasıyla amaç alçak frekansların korunarak, varsa doğal işitmenin veya alçak frekanslardaki kaybın işitme cihazıyla amplifiye edilmesi ve yüksek frekanslardaki işitmenin elektriksel olarak koklear implant elektroduyla sağlanmasıdır. Bu amaçla dizayn edilen elektrotlar genellikle kısa elektrotlardır ve kokleanın bazal bölgesini uyarmak üzere dizayn edilmişlerdir. Bu durum göz önüne alındığında EAS uygulanması için öncelikle sensorinöral işitme kaybının stabil olması gereklidir. Bu nedenle çocuk hastalarda EAS uygulamalarında daha dikkatli olunmalıdır. İç kulak anomalisi varlığında yine dikkatli davranılmalıdır. Bu açıdan bakıldığında hastaların temporal kemik tomografilerinin preoperatif dönemde incelenmesi önemlidir. Ameliyatta karşılaşılabilecek bir "perilenf gusher" durumu rezidüel işitmenin kaybıyla neticelenebilir. İlerleyici işitme kaybı varlığında EAS yapmak doğru değildir.

TABLO 1: Rezidüel işitmenin korunmasında rol oynayan faktörler.

Kokleostomi yaparken yapılan turlamaya bağlı ortaya çıkan akustik travma
Elektrot yerleştirilmesi esnasında oluşan mekanik travma
Elektrotun giriş açısı
Elektrotun ilerletme hızı ve ilerletilirken uygulanan kuvvet
Endosteumun yırtılması
İçi sıvı ile dolu olan koklear kanallarda homeostasis bozulması
Potansiyel bakteriyel enfeksiyon
Yabancı cisim reaksiyonu sonucu kokleada fibrozis
Yeni kemik oluşumu

EAS adayının odyogramında alçak frekans bölgesinde işitme normal veya konvansiyonel işitme cihazıyla amplifiye edilebilir halde olmalıdır. Daha spesifik olarak işitme eşiği 500-1500 Hz altındaki frekanslarda stabil olmalı ve yine bu frekanslarda normal veya işitme cihazıyla amplifiye edilebilecek şekilde hafif-orta sensorinöral işitme kaybı olmalıdır. Aynı hastanın 500-1500 Hz üzerindeki frekanslarda ileri-ağır sensorinöral işitme kaybı olmalıdır. Hastanın amplifikasyonla elde edilen en iyi konuşmayı ayırt etme skoru tek heceli kelimelerde %10-60 arası olmalıdır.

Hasta uyumu da aday seçimini etkileyebilir. EAS cihazının dış parçası koklear implantın dış parçasına kıyasla daha kaba görünebildiği için hastada kozmetik problemlere neden olabilir. Ameliyat öncesi bu durum hastayla tartışılmalı ve bilgi verilmelidir.

ELEKTROAKUSTİK STİMULASYONUN ÖNEMİ

Ses enerjisi içerisinde gönderilen farklı frekanslar sesin kalitesindeki farklılıklara neden olur. Vokal kıvrımlardan çıkan vibrasyonlar kokleada alçak frekans bölgelerini uyardığı için sesin temel frekanslarının ve aynı zamanda "s"ve "z" seslerinin ayırt edilmesini sağlar. Sesin vokal formantları ve spektral kalıplara ait bilgiler kokleada 1 kHz'in üzerindeki frekans bölgelerini uyarır ve aynı zamanda "b" ve "c" gibi seslerin ayırt edilmesinde rol oynar. Bir başka anlatımla, kokleadaki alçak frekans bölgeleri sesin şiddeti ve konuşma özellikleri arasındaki farkı ayırt etmek açısından önemliyken, yüksek frekans bölgeleri spektral kalıpları ayırt etmeyi sağlar. Dolayısıyla, yüksek frekanslarda işitme kaybı olan kişiler sesin şiddeti ve konuşma şekli gibi özelliklerini ayırt edebilirken, spektral kalıpları ayırt edemezler ve bu durum konuşmayı ayırt etme skorlarının düşmesine neden olur. Yüksek frekans işitme kaybı olan hastalar (1,5 kHz'den

sonra ani düşüş) genellikle bilateral işitme cihazı amplifikasyonundan yeterince fayda görmezler.

EAS'ta akustik ve elektriksel stimulasyonun kombine edilmesi sadece aditif bir sonuç değil, gürültülü ortamda konuşmayı algılama ve müzik algısı ile sinerjistik bir sonuç doğurmaktadır . Başka bir anlatımla EAS'ın işitsel performansı, sadece akustik ve elektriksel stimulasyonun performansının matematiksel toplamından daha büyüktür. Elektriksel stimulasyon ise akustik stimulasyona göre daha büyük etkiye sahiptir. EAS'ın bu sinerjistik etkisi de temporal kodlamanın doğru olarak yapılmasından ileri gelmektedir.

ELEKTROTLAR

Atravmatik elektrot yerleştirilmesi cerrahi tekniğin yanı sıra elektrot dizaynı ile de alakalıdır. Elektrotun içeri itilmesi esnasında iç kulak yapılarına minimal veya hiç hasar vermeyecek şekilde dizayn edilmesi gereklidir. Aynı zamanda elektrot, gezen dalga ve bazilar membran hareketi gibi iç kulak mekaniği ile alakalı mekanizmaları asgari seviyede etkilemelidir. Bu amaçla elektrot endokoklear kanalları tahrip etmeyecek kadar yumuşak, skala timpaniden ilerletilmesini engellemeyecek kadar sert olmalıdır. EAS elektrotları kokleanın yüksek frekans bölgelerini uyarmak amacıyla dizayn edildikleri için genellikle normalden daha kısadırlar.[2,3] Elektrotlar tam dairesel tarzda olmayabilir. Yarım dairesel tarzda dizayn edilmiş modelleri de vardır. Bu nedenle elektrotun aktif yüzünün bazilar membrana doğru dönmüş olması uygun stimulasyon için gereklidir.

Med-El ve Cochlear firmaları tarafından üretilmiş elektrotlar mevcuttur. Hangi elektrotun EAS için kullanılacağı konusu tartışılmaktadır. Standart elektrotlarla da rezidüel işitmenin korunabildiği bilinse de, EAS uygulamaları için koklea bazal kıvrımına yerleştirilmek üzere tasarlanmış kısa elektrotlar kullanılmaktadır. Standart elektrotun kullanılmasının avantajı, eğer rezidüel işitme kaybolursa veya işitme kaybı ilerleyici seyir gösterirse yeni bir cerrahiye gerek kalmadan işitmenin temin edilebilmesi olacaktır.

Standart Contour Advanced electrotu (LE, Cochlear) 24 kanallıdır ve standart koklear implantasyonda kullanılır. Kokleada 450 derece açı yapacak şekilde yerleştirilir. Uzunluğu 19 mm'dir ve dairel şekilde tasarlanmış aktif elektrotları vardır.

Hybrid S (Cochlear), standart Contour Advanced elektrotuna kıyasla daha incedir ve çapı proksimalinden distaline doğru 0,2 ila 0,4 mm arasında değişir. Koklea bazalinde 10 mm'den daha fazla penetrasyon yapmayı önlemek üzere Dacron bir işaretleyicisi vardır. Yarım daire şeklinde elektrot bulunduğu için aktif elektrotların modiolus yönünde yerleştirilmesini sağlamak amacıyla titaniyum işaretleyicisi vardır. Başlangıçtaki elektrot uzunluğu 6 mm olarak tasarlanmışken, işitsel sonuçlarının daha iyi olduğunun anlaşılması üzerine 10 mm uzunluğa getirilmiştir. Üzerinde 6 aktif uyarı elektrotu vardır. Bazal kıvrımdan sonra kokleada195 derece açıda yerleştirilir.

Hybrid L (Cochlear) 16 mm uzunluğundadır ve koklea bazalinden itibaren 270 derece açıda yerleştirilir. Üzerinde 22 uyarı elektrotu yer alır. Elektrotlar yarım daire şeklinde olduğu için aktif yüz modiolus yönünde yerleştirilmelidir.

Standart Combi 40 plus (Med-El) elektrotunun uzunluğu 31 mm'dir ve derin apikal yerleşim ve uyarımı sağlamak üzere tasarlanmıştır.

Med-El M, EAS uygulamaları için tasarlanmış, uzunluğu 22 mm olan ve kokleada 360 derece açıda yerleştirilebilen yumuşak bir elektrottur. Daha sonra, elektrodun distalinde çapı daha da küçültülerek ve uç kısmı daha esnek hale getirilerek Med-El Flex EAS elektrotu geliştirilmiştir.[4]

EAS ÇALIŞMALARI

Her hastada işitmenin korunması mümkün olmayabilir veya postoperatif erken dönemde iyi olan rezidüel işitme sonuçları takip sürecinde kötüleşebilir. Bu durumda hastaya reimplantasyon uygulanması gerekir.[5] Standart bir koklear implant cerrahisinde uzun koklear implant elektrodu kullanarak 500-2000 Hz aralığındaki frekansların korunması mümkün olabilirken, rezidüel işitmenin korunması işitsel sonuçları anlamlı şekilde değiştirmeyebilir.[6] Bununla birlikte yapılan çalşmaların

sonuçları ümit vericidir. Ameliyat esnasında işitme korunabildiyse muhtemelen ilerleyen zamanlarda anlamlı bir işitme kaybı olmayacaktır.[7]

EAS'ta koklear implant insersiyon derinliği üzerine çok farklı öneriler yer almaktadır. İdeal olan, tonotopik dizilimin stimulasyonu olmayan alanını en aza indirecek şekilde, her hasta için elektrot insersiyon derinliğinin hesaplanmasıdır.[8] Bu hedefin pratiğe dökülmesindeki en büyük engel ise elektrod insersiyon derinliği ile yer frekansı arasındaki ilişkinin zayıf olarak anlaşılmış olmasıdır. Bu yüzden hastalarda ya 6-10 mm kısa elektrodlu implant ya da 16-24 mm elektrodlu implant inkomplet olarak tatbik edilmektedir.

Çok merkezli bir EAS çalışmasında, Nucleus 24 Contour Advance (Cochlear) koklear implant kullanılmış ve yumuşak cerrahi uygulanarak, elektrot yuvarlak pencerenin antero-inferiorundan yapılan 1,2 mm'lik kokleostomiden ilerletilerek, skala timpani içinde 17 mm uzunluğunda yerleştirilmiştir. Postoperatif dönemde hastaların %33'ünde rezidüel işitme korunabilmiş ve işitmenin korunduğu hastalarda EAS'ın gürültüde sesi anlamada sadece koklear implant kullananlara kıyasla daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.[9] Balkany ve ark. da Nucleus Contour Advance elektrodu ile 19 mm'lik penetrasyonla yetişkin hastaların %32'sinde işitmeyi tam olarak koruduklarını ve %57'sinde ise kısmen koruduklarını rapor etmişlerdir.[10]

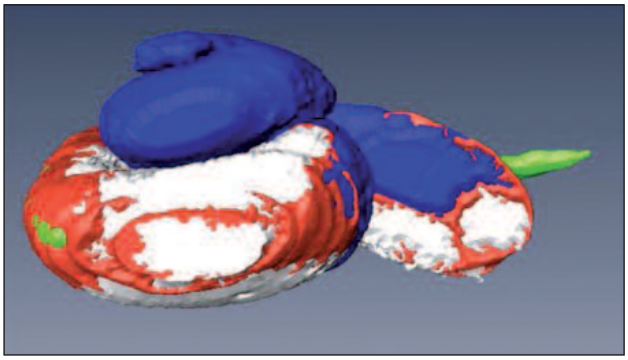
Nucleus Hybrid cihazı (Cochlear) ile yapılan EAS uygulamalarında başlangıç çalışmalarında, 10 mm hibrit elektrotla 500 Hz altındaki frekanslarda hemen hemen %100 işitme koruma oranı rapor edilmişken, bu oran daha sonra %96'ya düşmüştür.[11,12] Yumuşak cerrahi ve yuvarlak pencerenin anteroinferiorundan yapılacak uygun bir kokleostomi ile 10 mm'lik hibrit elektrotun kokleaya atravmatik şekilde yerleştirilmesi önerilmiştir.[13]

Skarzynski ve ark.nın 2002 yılında Med-El Combi 40 veya 40 plus elektrodu kullanarak uyguladıkları yumuşak cerrahi sonuçlarına göre 500Hz'in altındaki frekansların postoperatif birinci ayda korunma oranı %62 olmuştur.[14] von Ilberg ve ark.nın 1999'daki çalışmasına göre, Med-El Combi 40 plus ile skala timpanide 20 mm'lik ilerletme yapılarak uygulanan EAS'ın, sadece koklear implant veya sadece işitme cihazına kıyasla daha iyi işitsel performans sağladığı gösterilmiştir.[15] Kiefer ve ark.nın 2004'de Med-El Combi 40 plus ile yaptıkları yaptıkları çalışmada, yumuşak cerrahi yöntemiyle elektrot skala timpanide 19-24 mm ilerletilmiş ve hastaların %86'sında alçak frekanslarda kısmi bir korunma sağlanmıştır.[16] Gstoettner ve ark. 2004 yılında Med-El Combi 40 plus kısa elektrodu (22 mm) ile alçak frekansları %86 oranında koruyabilmişler ve EAS'ın koklear implanta kıyasla daha iyi işitsel performans sağladığını göstermişlerdir.[17] Kiefer ve ark. 2005 yılında Med-El Combi 40 plus ile yapılan EAS'ın gürültüde işitmeyi anlamayı koklear implanta kıyasla anlamlı şekilde arttığını göstermişlerdir.[18]

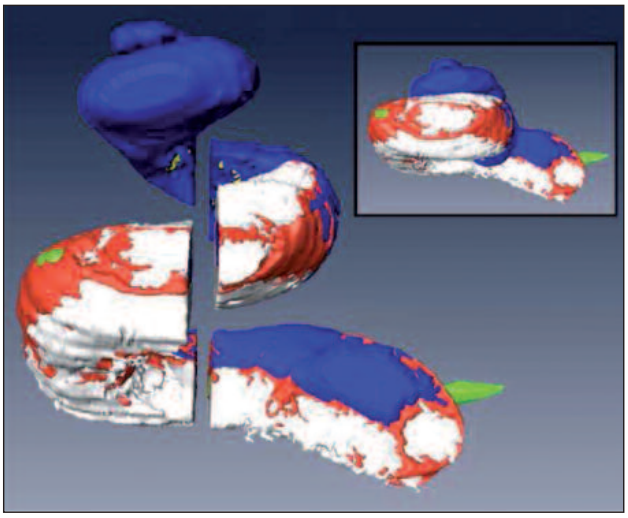
KOKLEA TRAVMASI

Temporal kemik çalışmalarına göre koklear implant ameliyatlarında bazilar membran, lamina spiralis ossea ve spiral ligament hasarı olabilir.[19] Koklear implantasyon sonrası ortaya çıkabilecek hasarlar temporal kemik çalışmalarıyla gösterilmiştir(Resim 1, 2).[20]

Lamina spiralis ossea stapes tabanının inferiorunda vertikal pozisyonda yerleşmişken, bazal kıvrımda fasiyal sinirin mastoid segmentine paralel yerleşimlidir.[21] Dolayısıyla yuvarlak pencerenin anteriorundan yapılan bir kokleostomi esnasında elektrot bazilar membran ve spiral ligamenti tahrip ederek skala vestibuliye girebilir. Bu nedenle kokleostomi yapılacaksa yuvarlak pencere membranının inferiorundan yapılmalıdır. Standart bir raporlama



RESİM 1: Koklear implantasyon sonrası kokleanın üç boyutlu rekonstruksiyonu. (Mavi) normal, sıvı dolu alanlar; (beyaz) osteoneogenez; (turuncu) fibrosis; (yeşil) koklear implant elektrot.[19]
(Renkli hali için Bkz.http://kbbozel.turkiyeklinikleri.com/)



RESİM 2: Koklea bazalden apekse doğru dört bölüme ayrılmış. (Mavi) Normal doku, sıvı dolu endokoklear kanallar; (beyaz) yeni kemik oluşumu. Skala timpani bazalde sağlam görünürken, ikinci segmentte elektrotun skala vestibuliye penetre olması nedeniyle farklı dokular oluşmuş.[19]
(Renkli hali için Bkz.http://kbbozel.turkiyeklinikleri.com/)

yapılabilmesi amacıyla koklear implant ameliyatlarında ortaya çıkabilen iç kulak travması için bir derecelendirme sistemi geliştirilmiştir (Tablo 2).[22]

Med-El Flex ile EAS sonrası yapılan histolojik çalışmalarla elektrot yerleştirilmesi sonrasında oluşan travmalar incelenmiştir. Yuvarlak pencere inferiorundan yapılan kokleostomi sonrası elektrot yerleştirilirken travmaya neden olduğu gösterilmiş ve kokleostomi çevresindeki hasar oranının %40 civarında olduğu rapor edilmiştir.[23] Elektrotun yuvarlak pencere membranından doğrudan ilerletilmesinin bazilar membranda %25 oranında belirgin hasara neden olduğu, ancak %50 oranında herhangi bir hasar yapmadığı gösterilmiştir.[24] İnferior kokleostomi ile yuvarlak pencere yaklaşımı karşılaştırıldığında, inferior kokleostomide %48 oranında koklea bazalinde travma olurken, yuvarlak pencere yaklaşımında bu oran %15'e düşmüştür.[25] Med-El Combi 40 plus ve Flex elektrotları kullanılarak yapılan EAS çalışmasına göre yuvarlak pencere yaklaşımı kokleostomiye kıyasla daha atravmatiktir.[26]

TABLO 2: Koklear implantasyonda ortaya çıkan iç kulak travmasının derecelendirilmesi.

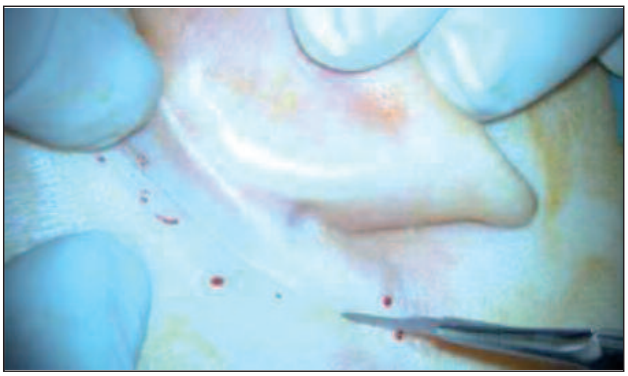
Travma derecesi	Hasar tipi
0	Makroskopik bir travma yok
1	Bazilar membranın elevasyonu
2	Bazilar membranın yırtılması
3	Elektrotun skala vestibuliye girmesi
4	Lamina spiralis ossea veya modiolusun kırılması veya stria vaskülaris/ spiral ligament kompleksinin yırtılması

KOKLEAR HASARA KARŞI KORUYUCU YÖNTEMLER

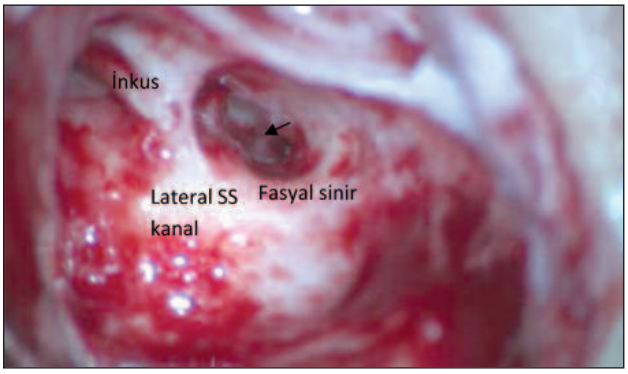
Stres ile aktive edilen bir protein kinaz olan D-JNKI-1 peptiti cerrahi esnasında ortaya çıkan oksidatif stres ve travma nedeniyle aktivite artışı gösterebilir. Bu aktivasyon iç kulakta apoptosise neden olabilir ve rezidüel işitme kaybına yol açabilir. D-JNKI-1 inhibitörleri hasarı engelleyebildiği için EAS cerrahisinde kullanılabilir.[27] Rezidüel işitmeyi korumada yardımcı olabilen diğer bir yöntem hipotermidir. Hipotermi metabolik hızı yavaşlatır, doku oksijen tüketimini ve metabolik asidozu azaltır. Kalsiyumun hücre içerisine girişini engelleyerek ve nitrik oksit üretimini ve glutamat ekzotoksisitesini azaltarak nöral hasarı azaltabilir.[28] Glukokortikoidlerin koklear implantasyonda kullanılması sıklık kazanmıştır. Triamsinalon ve deksametazon gibi kortikosteroidlerin anti-inflamatuar etkileri yanında, nitrik oksit ve JNK aktivitesini azaltıcı etkileri de vardır.[29] Bu nedenle cerrahi esnasında intra koklear veya sistemik yolla verilmesi koklear hasarı azaltıcı etki yapabilir.

CERRAHİ TEKNİK

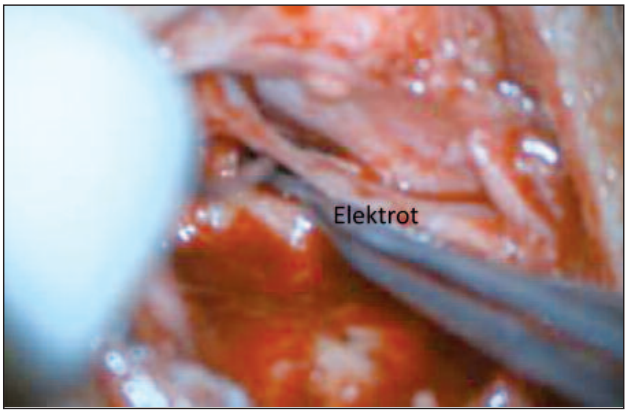
Standart koklear implant insizyonu, mastoidektomi ve posterior timpanotomi yapılır (Resim 3-5). İnkusa tur travması yapmamaya gayret edilmelidir. Aksi takdirde akustik travma benzeri bir etki ortaya çıkar. Yuvarlak pencere nişinin tam olarak görüntülenebilmesi için geniş bir posterior timpanotomi yapılması gerekir. Yuvarlak pencerenin kemik nişi turlanarak membran açığa konulur. Nişin turlanması için 0,6-1 mm çapında elmas bir tur kullanılabilir. Turlama esnasında pencere membranının yırtılmamasına özen gösterilmelidir. Yuvarlak pencere membranı tam olarak ekspoze edilir. Bu esnada kokleostomi veya yuvarlak pencere yaklaşımlarından biri tercih edilir. Ortamdaki kan, sıvı ve kemik talaşı temizlenir. Çünkü, artık aspiratör kullanılmayacaktır.



RESİM 3: Koklear implant insizyonu.
(Renkli hali için Bkz.http://kbbozel.turkiyeklinikleri.com/)



RESİM 4: Mastoidektomi ve posterior timpanotomi yapılmış. Yuvarlak pencere ekspoze edilmiş (siyah ok).
(Renkli hali için Bkz.http://kbbozel.turkiyeklinikleri.com/)



RESİM 5: Koklear implant elektrotu yuvarlak pencereden ilerletiliyor.
(Renkli hali için Bkz.http://kbbozel.turkiyeklinikleri.com/)

Kokleostomi için yuvarlak pencere membranının antero-inferiorundan otik kapsül turlanır ve endosteum 1-1,5 mm açığa konulur. Kemik talaşı temizlendikten sonra pik yardımıyla endosteum delinir ve üzerine hyalunorik asit damlatılarak hava ve sıvı giriş çıkışı engellenir. Yuvarlak pencere yaklaşımı uygulanacaksa membranın orta bölümü dental igne veya pik ile yırtılır.

Elektrotun içeri itilmesi esnasında giriş açısına dikkat etmek gerekir. Elektrot lateral duvara paralel şekilde ve kokleanın konfigürasyonuna uygun bir açıyla içeri sokulmalıdır. Yarım daire şeklinde tasarlanmış elektrot ise, aktif yüzeyin modiolus tarafında olmasına dikkat edilmelidir. Elektrota uygulanan ilerletme kuvveti ve ilerletme hızı da önemlidir. Bir stapes cerrahisi yapar gibi hassas olunmalı ve elektrot tercihen aynı hızda ve ara vermeden ilerletilmelidir. Elektrot yerleştirildikten sonra gerekli görülürse, elektrotun membrandan veya kokleostomiden çıktığı yerin etrafı yumuşak doku ile kapatılabilir. Elektrotun daha sonra dönerek aktif yüzeyin yer değiştirmesi ihtimaline karşı, posterior timpanotomi bölgesinde sabitlenmesi gerekebilir.

SONUÇ

Standart bir koklear implantasyonda rezidüel işitme kaybı hemen hemen kaçınılmaz olmakla birlikte, yumuşak cerrahi, kokleostomi veya yuvarlak pencere yaklaşımları kullanılarak uygulanan bir koklear implantasyonda rezidüel işitmenin korunabilmesi mümkündür. Bu bilgiler ışığında geliştirilmekte olan EAS yöntemi ile yüksek frekanslarda ani düşüşlerle seyreden ağır işitme kayıplarında işitmenin koklear implant teknolojisini kullanarak temin edilmesi mümkün hale gelmeye başlamıştır. Bir çok faktörün rol oynadığı EAS uygulamalarında her vakada işitmenin korunması mümkün olmasa da, uzun dönemde işitme korunma oranları ortalama %50-70 arasında değişmektedir. EAS uygulamaları sayesinde hastaların alçak frekanslarının korunması, gürültüde konuşmayı ayırt etme skorunun artması mümkün hale gelebilir.

KAYNAKLAR

1. Hodges AV, Schloffman J, Balkany T. Conservation of residual hearing with cochlear implantation. Am J Otol 1997;18(2):179-83.
2. Gantz BJ, Turner C. Combining acoustic and electrical speech processing: Iowa/nucleus hybrid implant. Acta Otolaryngol 2004;124(4): 344-7.
3. Kiefer J, Gstoettner W, Baumgartner W, Pok SM, Tillein J, Ye Q, et al. Conservation of low-frequency hearing in cochlear implantation. Acta Otolaryngol 2004;124(3):272-80.
4. Mowry SE, Woodson E, Gantz BJ. New frontiers in cochlear implantation: acoustic plus electric hearing, hearing preservation, and more. Otolaryngol Clin North Am 2012;45(1): 187-203.
5. Fitzgerald MB, Sagi E, Jackson M, Shapiro WH, Roland JT Jr, Waltzman SB, et al. Reimplantation of Hybrid Cochlear Implant UsersWith a Full-Length Electrode After Loss of Residual Hearing. Otol Neurotol 2008;29 (2): 168-73.
6. Obholzer RJ, Gibson WP. Cochlear function following implantation with a full electrode array. Cochlear Implants Int 2011;12(1):44-7.
7. Yao WN, Turner CW, Gantz BJ. Stability of low-frequency residual hearing in patients who are candidates for combined acoustic plus electric hearing. J Speech Lang Hear Res 2006;49(5):1085-90.
8. Dorman MF, Spahr AJ, Loizou PC, Dana CJ, Schmidt JS. Acoustic simulations of combined electric and acoustic hearing (EAS). Ear Hear 2005;26(4): 371-80.
9. Fraysse B, Macías AR, Sterkers O, Burdo S, Ramsden R, Deguine O, et al. Residual Hearing Conservation and Electroacoustic Stimulation with the Nucleus 24 Contour Advance Cochlear Implant Otol Neurotol 2006;27(5): 624-33.
10. Balkany TJ, Connell SS, Hodges AV, Payne SL, Telischi FF, Eshraghi AA, et al. Conservation of residual acoustic hearing after cochlear implantation. Otol Neurotol 2006;27 (8):1083-8.
11. Gantz BJ, Turner CW. Combining acoustic and electrical hearing. Laryngoscope 2003; 113(10):1726-30.
12. Gantz BJ, Turner C, Gfeller KE. Acoustic plus electric speech processing: preliminary results of a multicenter clinical trial of the Iowa/Nucleus Hybrid implant. Audiol Neurootol 2006; 11 Suppl 1:63-8.
13. Roland JT, Zeitler DM, Jethanamest D, Huang TC. Evaluation of the short hybrid electrode in human temporal bones. Otol Neurotol 2008; 29(4):482-8.
14. Skarzyński H, Lorens A, D'Haese P, Walkowiak A, Piotrowska A, Sliwa L, et al. Preservation of residual hearing in children and post-lingually deafened adults after cochlear implantation: an initial study. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 2002;64(4):247-53.
15. von Ilberg C, Kiefer J, Tillein J, Pfenningdorff T, Hartmann R, Stürzebecher E, et al. Electric-acoustic stimulation of the auditory system. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 1999; 61 (6):334-40.
16. Kiefer J, Gstoettner W, Baumgartner W, Pok SM, Tillein J, Ye Q, et al. Conservation of lowfrequency hearing in cochlear implantation. Acta Otolaryngol 2004; 124(3):272-80.
17. Gstoettner W, Kiefer J, Baumgartner WD, Pok S, Peters S, Adunka O. Hearing preservation in cochlear implantation for electric acoustic stimulation. Acta Otolaryngol 2004;124(4): 348-52.
18. Kiefer J, Pok M, Adunka O, Stürzebecher E, Baumgartner W, Schmidt M, et al. Combined electric and acoustic stimulation of the auditory system: results of a clinical study. Audiol Neurootol 2005;10(3):134-44.
19. Wright C, Roland PS, Kuzma J. Advanced bionics thin lateral and helix II electrodes: a temporal bone study. Laryngoscope. 2005; 115(11):2041-5.
20. Fayad JN, Makarem AO, Linthicum FH Jr. Histopathologic assessment of fibrosis and new bone formation in implanted human temporal bones using 3D reconstruction. Otolaryngol Head Neck Surg 2009;141 (2): 247-52.
21. Briggs R, Tykocinski M, Stidham K, Roberson JB. Cochleostomy site: implication for electrode placement and hearing preservation. Acta Otolaryngol 2005;125(8):870-6.
22. Eshraghi AA,Yang NW,Balkany TJ. Comparative study of cochleardamage with three perimodiolar electrode designs. Laryngoscope. 2003;113(3):415-9.
23. Adunka O, Kiefer J, Unkelbach MH, Lehnert T, Gstoettner W. Development and evaluation of an improved cochlear implant electrode design for electric acoustic stimulation. Laryngoscope 2004 ;114 (7):1237-41.
24. Choudhury B, Adunka OF, Demason CE, Ahmad FI, Buchman CA, Fitzpatrick DC. Detection of intracochlear damage with cochlear implantation in a gerbil model of hearing loss. Otol Neurotol 2011;32(8):1370-8.
25. Adunka O, Gstoettner W, Hambek M, Unkelbach MH, Radeloff A, Kiefer J. Preservation of basal inner ear structures in cochlear implantation. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 2004;66(6):306-12.
26. Adunka O, Unkelbach MH, Mack M, Hambek M, Gstoettner W, Kiefer J. Cochlear implantation via the round window membrane minimizes trauma to cochlear structures: a histologically controlled insertion study. Acta Otolaryngol 2004;124(7):807-12.
27. Zine A, Van de Water TR. The MAPK/JNK signaling pathway offers potential therapeutic targets for the prevention of acquired deafness. Curr Drug Targets CNS Neurol Disord 2004; 3(4):325-32.
28. Balkany TJ, Eshraghi AA, Jiao H, Polak M, Mou C, Dietrich DW, et al. Mild hypothermia protects auditory functions during cochlear implant surgery. Laryngoscope 2005;115(9): 1543-7.
29. Eshraghi AA. Prevention of cochlear implant electrode damage. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg 2006;14(5):323-8.