Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg 2017;27(5):209-213 doi: 10.5606/kbbihtisas.2017.53059 209

***Çalışma - Araştırma / Original Article***

# Koklear implantlı çocuklarda uzun dönem vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel yanıtları

## Long-term vestibular evoked myogenic potential responses in children with cochlear implant

Dr. Mustafa Topal, Dr. Özgül Topal, Dr. Selim Sermed Erbek, Dr. Seyra Erbek

*Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye*

***ÖZ***

**Amaç:** Bu çalışmada koklear implant cerrahisi uygulanan hastalarda vestibüler sistemin işlevleri vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP) üzerinden uzun dönemde değerlendirildi.

**Hastalar ve Yöntemler:** Çalışmamıza koklear implant cerrahisi sonrası en az bir yıldır takip edilen 18 yaş altı 35 hasta (19 erkek, 16 kız; ort. yaş 13.0±3.6 yıl; dağılım 5-18 yıl) dahil edildi. Kontrol grubu, öyküsünde vestibüler sistemle ilgili herhangi bir yakınması olmayan 35 gönüllü 18 yaş altı sağlıklı birey (21 erkek, 14 kız; ort. yaş 14.6±3.2 yıl; dağılım 5-18 yıl) içerdi. Çalışma ve kontrol grubunun her iki kulaklarından elde edilen servikal ve oküler VEMP yanıtları gruplar arasında karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Koklear implantlı çocuklarda servikal VEMP dalgası elde edilme oranları ameliyat edilen ve karşı taraf kulaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi (p=0.802). Koklear implantlı çocuklarda ameliyat edilen ve karşı taraf kulaklar arasında oküler VEMP dalgası elde edilme oranlarında da anlamlı bir farklılık yoktu (p=0.078). Kontrol grubundaki çocukların kulaklarında servikal VEMP ve oküler VEMP dalgaları, implantlı hastaların hem ameliyat edilen hem karşı taraf kulaklarına kıyasla anlamlı olarak daha yüksek oranda elde edildi (p<0.001).

**Sonuç:** Bu çalışmada, koklear implantlı hastaların uzun dönem takiplerinde sağlıklı kontrollere kıyasla VEMP testi bozuklukları tespit edildi. VEMP testi bozukluklarının bir kısmı implant gereksinimine neden olan ilk tanı ile ilişkili, bir kısmı da cerrahiye bağlı vestibül hasarına ikincil olabilir. Özellikle iki taraflı koklear implantasyon planlanan hastalarda cerrahiye hazırlık aşamasında ameliyat öncesi vestibüler testler de yapılmalıdır.

***Anahtar Sözcükler:*** Koklear implant; vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller; vestibüler sistem.

***ABSTRACT***

**Objectives:** This study aims to evaluate the long-term functions of vestibular system via vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) in patients who were administered cochlear implant surgery.

**Patients and Methods:** Our study included 35 patients aged under 18 years (19 males, 16 females; mean age 13.0±3.6 years; range 5 to 18 years) who were followed-up for at least one year after cochlear implant surgery. Control group included 35 voluntary individuals aged under 18 years (21 males, 14 females; mean age 14.6±3.2 years; range 5 to 18 years), who had no history of any complaint related to the vestibular system. Cervical and ocular VEMP responses acquired in both ears of study and control groups were compared between the groups.

**Results:** Rates of cervical VEMP wave acquisition in children with cochlear implants did not show any significant difference between the operated and opposite side ears (p=0.802). In children with cochlear implants, there was also no significant difference between the operated and opposite side ears in terms of rates of ocular VEMP wave acquisition (p=0.078). In the ears of children in the control group, cervical VEMP and ocular VEMP waves were acquired at significantly higher rates compared to those in both operated and opposite side ears of children with implants (p<0.001).

**Conclusion:** In this study, VEMP testing impairments were detected in long-term follow-ups of patients with cochlear implants compared to healthy controls. Some of the VEMP testing impairments may be related to the primary diagnosis leading to the implant requirement, while others may be secondary to surgery-related vestibular damage. Preoperative vestibular tests should also be performed particularly in patients for whom bilateral cochlear implantation is planned.

***Keywords:*** Cochlear implant; vestibular evoked myogenic potentials; vestibular system.

Available online at
www.kbbihtisas.org
doi: 10.5606/kbbihtisas.2017.53059
QR (Quick Response) Code

Geliş tarihi / *Received:* 05 Mayıs 2017 Kabul tarihi / *Accepted:* 21 Kasım 2017

İletişim adresi / *Correspondence:* Dr. Özgül Topal. Başkent Üniversitesi Konya Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, 42080 Selçuklu, Konya, Türkiye.
Tel: +90 332 - 257 06 06 e-posta *(e-mail):* ozgultopal75@yahoo.com

Koklear implant, mekanik ses enerjisini, elektrik sinyallerine dönüştürüp bunu doğrudan kokleaya aktararak, seslerin algılanmasını sağlayan elektronik bir cihazdır. Koklear implant cerrahisi gerek ameliyat sırasında gerekse ameliyat sonrasında erken ve geç komplikasyonları olabilen önemli bir cerrahidir. Koklear implant sonrası minör komplikasyonlar arasında sayılan vertigo oranı %0.33'den %75'e kadar değişmektedir. Çocuk hastalarda yapılan ilk çalışmaya ait olan bildirimde vestibüler etkilenim %40 civarındadır.[1,2]

Literatürde koklear implant uygulanan hastalarda vestibüler sistemi değerlendiren çalışma sayısı kısıtlıdır. Sakkül kokleaya en yakın vestibüler algılayıcıdır. Bu nedenle sakkül, koklear implantasyon sırasında hasarlanması muhtemel ilk bölge, vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel testi (vestibular evoked myogenic potentials; VEMP) ise olası hasarda bozulması beklenen ilk vestibüler testtir.[3] Bu çalışmadaki amacımız koklear implant cerrahisi uygulanan hastalarda uzun dönemde vestibüler sistemin çalışmasını oküler VEMP (oVEMP) ve servikal VEMP (sVEMP) testleriyle değerlendirmektir.

## HASTALAR VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Kulak Burun Boğaz (KBB) kliniğinde koklear implant uygulandıktan sonra en az bir yıl süre ile takip edilen 18 yaş altı 35 koklear implant hastası (19 erkek, 16 kız; ort. yaş 13.0±3.6 yıl; dağılım 5-18 yıl) ile öyküsünde vestibüler sistemle ilgili herhangi bir yakınması olmayan 18 yaş altı 35 gönüllü sağlıklı birey (21 erkek, 14 kız; ort. yaş 14.6±3.2 yıl; dağılım 5-18 yıl) çalışmaya alındı.

Hasta ve kontrol grubundaki bireylere ve ailelerine yapılacak çalışma hakkında bilgi verildi ve onamları alındı. Çalışmamız Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 10.06.2016 tarih ve 16/63 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Hastalar ve kontrol grubuna rutin KBB muayenesi yapıldıktan sonra tüm deneklere servikal ve oküler VEMP testleri (otometrics ICS Chartr EP 200 cihazı, Eartip starter kit tip prob,"Medico" elektrod ve Nuprep jel kullanılarak) uygulandı.[4] Servikal VEMP ölçümleri için aktif elektrot sternokleidomastoid kas üst ve orta 1/3 birleşim bölgesine, referans elektrot sternum üzerine, toprak elektrot alın orta noktasına olacak şekilde yerleştirildi. Direnç değerlerinin 5.0 kΩ'dan küçük olmasına dikkat edilerek teste başlandı. Oküler VEMP ölçümleri sırasında aktif elektrot hemen göz kapağı altında yaklaşık 3-4 mm infraorbital rime gelecek şekilde, referans elektrot ise 3 cm altına gelecek şekilde yerleştirildi. Toprak elektrot alın orta noktasına yerleştirildi. Her bir kayıt sırasında 250 stimulus kullanıldı. Hastalardan iki metre uzaklıkta göz nötral bakış çizgisi ile horizontal eksende 30-40 derece açı oluşturan, önceden belirlenmiş bir objeye hafif sesin geldiği kulağa dönecek şekilde bakmaları istendi. İnsert prob ile uyaran verirken kontralateralden test-retest yapıldı. Minimum ard arda iki testte aynı dalga formu ve latansı elde edilecek şekilde eşik belirlendi. Stimulus verilmesini takiben oluşan ilk dalga formunun tepe noktaları n1 ve p1 olarak belirlendi.

### İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz PASW 17.0 versiyon (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) istatistik programı ile yapıldı. Grupların ortalamalarının değerlendirilmesinde Student t testi ve Mann-Whitney U testi kullanıldı. Yaş ile latans ve amplitüd değerlerinin ilişkisi Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi. *P* değerinin 0.05'in altında olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Gruplar arasında cinsiyet ve yaş açısından istatistiksel anlamlı bir fark yoktu (sırasıyla, p=0.338 ve p=0.074). Koklear implant ameliyatı 19 çocukta sağ kulağa, 16 çocukta sol kulağa yapılmıştı. Koklear implant takılma yaş ortalaması 7.6±1.8 (dağılım, 3-11 yıl) idi.

Koklear implantlı çocuklarda sVEMP dalgası elde edilme oranları ile ameliyat edilen ve karşı kulak arasında istatistiksel anlamlı bir fark göstermedi (p=0.802). Diğer taraftan kontrol grubu kulaklarda sVEMP dalgası varlığı implantlı olguların hem ameliyat edilen taraf hem de karşı taraf kulağına göre anlamlı olarak yüksek oranda elde edildi (p<0.001) (Tablo 1).

Servikal VEMP bulgularına benzer şekilde, koklear implantlı çocuklarda oVEMP dalgası elde edilme oranları ameliyat edilen ve karşı taraf kulak arasında anlamlı bir fark yoktu (p=0.078). Kontrol grubu kulaklarda oVEMP dalgası varlığı implantlı olguların hem ameliyat edilen hem de karşı taraf kulağına göre anlamlı olarak yüksek oranda elde edildi (p<0.001) (Tablo 2).

**Tablo 1.** Koklear implantlı ve sağlıklı çocuklarda servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel bulgularının karşılaştırılması

| Kulak | İmplantlı çocuklar (n=35) | | Kontroller (n=70) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | n | % | n | % | *p* |
| Ameliyat edilen taraf | | | | | |
| Dalga varlığı | 11 | 31.4 | 63 | 90 | <0.001 |
| Karşı taraf | | | | | |
| Dalga varlığı | 13 | 37.1 | 63 | 90 | <0.001 |

**Tablo 2.** Koklear implantlı ve sağlıklı çocuklarda oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel bulgularının karşılaştırılması

| Kulak | İmplantlı çocuklar (n=35) | | Kontroller (n=70) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | n | % | n | % | *p* |
| Ameliyat edilen taraf | | | | | |
| Dalga varlığı | 4 | 11.4 | 59 | 84.3 | <0.001 |
| Karşı taraf | | | | | |
| Dalga varlığı | 11 | 31.4 | 59 | 84.3 | <0.001 |

## TARTIŞMA

Koklea ve vestibül süreklilik gösteren bir membranöz yapıya sahiptir. Dolayısıyla hem hastalıklar hem de cerrahi işlemlerin bu iki bölümü de etkilemesi kaçınılmaz olacaktır. Günümüzde giderek gelişen ameliyat teknikleri ve yeni implant teknolojilerinin komplikasyonlarının oldukça nadir görülmesine rağmen koklear implant cerrahisi sonrası minör komplikasyonlar arasında sayılan vertigo oranı %0.33'den %75'e kadar gelişebilmektedir.[5,6] Vestibülooküler reflekste etkilenim %23 ile %100 arasındadır.[7] Geniş bir çocuk hasta serisinde yapılan ilk çalışmaya ait olan bildirimde implant adaylarının yüksek oranda (%50) vestibüler fonksiyon bozukluğuna sahip olduğu ve implant sonrası yaklaşık %10 oranında tam kayıp geliştiği bildirilmiştir.[8]

Ameliyat sonrası vertigonun en yaygın nedeninin elektrot yerleştirilmesi sırasında periferal vestibüler sistemin direkt hasarı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, vestibüler sistemin elektriksel stimülasyonu fluktuan vestibülopatiye neden olabilir. İç kulak sıvı homeostazisinde cerrahi sonrası değişiklikler, doku iyileşmesine bağlı enflamasyon, fibrozis ve saçlı hücre kaybı vestibüler işlev bozukluğunun diğer nedenleri arasındadır.[9] Burada unutulmaması gereken bir nokta da işitme fonksiyonunu etkileyen hastalık sürecinin ameliyat öncesi dönemde sıklıkla vestibüler fonksiyonu da etkilemiş olabileceğidir. Vestibüler ve koklear son yapıların anatomik, histolojik ve fizyolojik benzerliği, özellikle çocuklarda, genetik, mutasyonel ve enfeksiyöz patolojilerin her iki sistemi de etkileyebileceğini göstermektedir.[10] Buchman ve ark.nın[9] bir çalışmasında koklear implant öncesi dönemde yapılan kalorik testte kulakların %25-30'unda yanıt yok veya hiporefleksi var iken çocuk olgularda bu oran %70'e çıkmaktadır. Thierry ve ark.[11] çocukların %50'sinde ameliyat öncesi vestibüler disfonksiyon olduğunu, vestibülopati ile ilişkili olabileceği bilinen Usher sendromu, menenjit, iç kulak malformasyonları gibi etyolojilere bağlı işitme kayıplarında daha sık anormal vestibüler fonksiyon saptandığını bildirmişlerdir. Yazarlar 2012'den beri tüm hastalarda ameliyat öncesi vestibüler analiz yaptıklarını, iki taraflı işitme kayıplı çocuk hastalarda eğer tüm koşullar eşit ise vestibüler fonksiyonların zayıf olduğu kulağı seçtiklerini bildirmişlerdir. Özellikle iki taraflı koklear implantın gündeme gelmesi ile cerrahi öncesi vestibüler test sonuçları çok daha kıymetli olacaktır.

Pediatrik hasta grubunda tüm vestibüler testlerin kapsamlı olarak yapılabilmesi oldukça zordur. Koklear implant cerrahisinde anatomik olarak vestibüler sistemin en riskli bileşenleri sakkül ve utriküldür. Bu nedenle, bu yaş grubunda pratik olarak uygulanabilen ve invaziv olmayan servikal ve oküler VEMP yanıtları objektif bir test olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda

koklear implantlı hastalarda sVEMP testiyle elde edilen ameliyat sonrası hipofonksiyon oranları %13-86 arasındadır.[10,12] Todt ve ark.[12] ameliyat öncesi %62.9 sVEMP yanıt oranı bildirmiş ve bu hastaların %21'inde VEMP yanıtları ameliyat sonrası kaybolmuştur. Xu ve ark[13] ameliyat sonrası sVEMP yanıt oranında %40 oVEMP yanıt oranında %58 gerileme bildirmişlerdir. Bu çalışmada cerrahi sonrası implante kulak ile karşı taraf kulak arasında VEMP yanıt oranında istatistiksel olarak anlamlı fark bildirmiştir. Bizim çalışmamızda sVEMP yanıt oranı ameliyat edilen kulaklarda %31.4, karşı taraf kulakta %37.1, oVEMP yanıt oranı ameliyat edilen kulaklarda %11.4, karşı taraf kulakta %31.4'tür. Buna göre koklear implant hastalarında implante ve karşı taraf kulak arasında VEMP dalgalarının varlığı açısından anlamlı fark gözlenmemiştir. Ancak kontrol grubuna kıyasla implante hastalarda hem sVEMP hem de oVEMP yanıt oranlarının istatistiksel olarak anlamlı oranda düşük olduğu gözlenmiştir. Literatürde, tek taraflı koklear implant uygulamalarının, vestibüler kompanzasyon mekanizmalarını devreye sokarak veya elektriksel vestibüler uyarım yoluyla hastalarda postural stabiliteye olumlu katkısı olabileceğini bildiren yayınlar mevcuttur.[9] Kliniğimizde rutin ameliyat öncesi vestibüler testler uygulanmadığından hastalara ait ameliyat öncesi VEMP test sonuçlarımız yoktur.

Koklear implantasyon sonrası histopatolojik değişikliklerle ilgili literatür çalışmaları oldukça kısıtlıdır. Tien ve Linthicum[14] tek taraflı implante edilmiş (6 tek kanallı, 5 çok kanallı) 11 çift temporal kemiği inceledikleri çalışmada implante tarafta %54.5 oranında vestibüler son organ hasarı tespit etmişlerdir. Hem vestibül hem de yarım daire kanallarında fibrozis, hidropsa bağlı sakküler membran distorsiyonu, yeni kemik formasyonu ve reaktif nörinom gibi histopatolojik değişiklikler gözlenmiştir. Klinik kayıtların retrospektif analizinde hastaların sadece %33'ünde cerrahi sonrası denge sorunları bildirilmiş olmasına rağmen hastaların %75'inde kemik spiral lamina ve baziler membran rüptürüne bağlı vestibül hasarı histopatolojik olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle, cerrahi teknik vestibüler epitel reseptör fonksiyonlarının korunması açısından önemlidir. Todt[12] ve Coordes[15] yuvarlak pencere yolu ile skala timpaniye yerleştirilen elektrodun vestibüler epitelde daha az hasara yol açtığını göstermişlerdir. Yuvarlak pencere yönteminde kokleostomiye nazaran interskalar dislokasyon daha azdır. Elektrodun baziller membranı yırtarak interskalar dislokasyonu aynı zamanda iç kulak homeostasisini de bozarak endolenfatik hidropsa neden olabilir. Elektrod yerleştirme açısı, hızı ve elektrot tipi de vestibüler hasar açısından belirleyici olabilir.[16,17] Aschendorff ve ark.[18] elektrot yerleşim derinliğinin, Eisenberg ve ark.[17] ise tek kanallı implantın ameliyat sonrası denge ve vestibüler semptomlar üzerine olası bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. van den Broek ve ark.[19] 6 kanallı elektrotta ameliyat sonrası vestibüler fonksiyon kaybının %60'a kadar çıkabileceğini bildirmişlerdir. Brey ve ark.[20] çok kanallı implantta kalorik testte hastaların %41'inde ameliyat sonrası etkilenim saptamışlardır. Kalorik testte bozulma oranları Huygen ve ark.[21] tarafından %31, Chiong ve ark.[22] tarafından %19 olarak bildirilmektedir. Ito[23] çok kanallı implant sonrası %47 oranında vestibüler yakınma olduğunu bildirmiştir. Bunların %8'i uzun dönem devam etmektedir. Bizim çalışmamızda kullanılan implantların hepsi çok kanallı implantlardır. Hastalarımızın hiçbirinde uzun dönem vertigo şikayeti olmamasına rağmen VEMP testi yanıt oranları kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı oranda düşük bulundu.

Cerrahi sonrası gözlenen vestibüler disfonksiyon çoğunlukla birkaç hafta veya ay sonra iyileşme gösterir. Bizim çalışmamızda da geç dönemde hiçbir hastamızda klinik olarak vertigo yakınması yoktu. İyileşmede santral vestibüler adaptasyon ve kompanzasyon rol alır.[24] Bu süreçte semptomatik tedavi, vestibülooküler refleksi kuvvetlendirici egzersizler, bakış stabilizasyon egzersizleri önerilmektedir.[25] González-Navarro ve ark.[2] birinci aydan sonra ortaya çıkan geç dönem vertigoyu değerlendirmişler ve 25 hastanın 20'sinde semptomların standart vestibüler rehabilitasyon ile düzeldiğini ifade etmişlerdir. Çocuklarda gelişen akut vestibüler hasar erişkinlere kıyasla çok daha kısa sürede kompanze olabildiğinden çocuk koklear implant hastalarında çoğu zaman vestibüler etkilenim atlanabilir.

Çalışmanın kısıtlılığı hastaların cerrahi öncesi değerlerinin olmamasıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma, uzun dönem koklear implantasyon takiplerinde denge yakınmaları olmayan hastalarda bile VEMP testinde

vestibüler etkilenim olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmalara ameliyat öncesi değerlendirmelerin de eklendiği daha geniş sayıda hasta gruplarıyla devam edilmelidir. Bu sayede elde edilecek bilgiler cerrahi sonrası vestibüler sisteme dair yakınması olan bireylerin takibinde yol gösterici olabilir.

**Çıkar çakışması beyanı**

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Finansman**

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

## KAYNAKLAR

1. Yorgancılar E, Yıldırım M, Gün R, Bakır S, Kınış V, Özbay M, et al. Analysis of 36 patients underwent cochlear implantation surgery. Dicle Med J 2012;39:262-8.
2. González-Navarro M, Manrique-Huarte R, Manrique-Rodríguez M, Huarte-Irujo A, Pérez-Fernández N. Long-term follow-up of late onset vestibular complaints in patients with cochlear implant. Acta Otolaryngol 2015;135:1245-52.
3. Abouzayd M, Smith PF, Moreau S, Hitier M. What vestibular tests to choose in symptomatic patients after a cochlear implant? A systematic review and meta-analysis. Eur Arch Otorhinolaryngol 2017;274:53-63.
4. Hızal E, H. Erbek S, Özlüoğlu LN. Vestibular evoked myogenic potentials. Bozok Med J 2014;1:26-37.
5. Kempf HG, Tempel S, Johann K, Lenarz T. Complications of cochlear implant surgery in children and adults. Laryngorhinootologie 1999;78:529-37. [Abstract]
6. Vibert D, Häusler R, Kompis M, Vischer M. Vestibular function in patients with cochlear implantation. Acta Otolaryngol Suppl 2001;545:29-34.
7. Basta D, Todt I, Goepel F, Ernst A. Loss of saccular function after cochlear implantation: the diagnostic impact of intracochlear electrically elicited vestibular evoked myogenic potentials. Audiol Neurootol 2008;13:187-92.
8. Jacot E, Van Den Abbeele T, Debre HR, Wiener-Vacher SR. Vestibular impairments pre- and post-cochlear implant in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2009;73:209-17.
9. Buchman CA, Joy J, Hodges A, Telischi FF, Balkany TJ. Vestibular effects of cochlear implantation. Laryngoscope 2004;114:1-22.
10. Jin Y, Nakamura M, Shinjo Y, Kaga K. Vestibular-evoked myogenic potentials in cochlear implant children. Acta Otolaryngol 2006;126:164-9.
11. Thierry B, Blanchard M, Leboulanger N, Parodi M, Wiener-Vacher SR, Garabedian EN, et al. Cochlear implantation and vestibular function in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2015;79:101-4.
12. Todt I, Basta D, Ernst A. Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? Otolaryngol Head Neck Surg 2008;138:8-12.
13. Xu XD, Zhang XT, Zhang Q, Hu J, Chen YF, Xu M. Ocular and cervical vestibular-evoked myogenic potentials in children with cochlear implant. Clin Neurophysiol 2015;126:1624-31.
14. Tien HC, Linthicum FH Jr. Histopathologic changes in the vestibule after cochlear implantation. Otolaryngol Head Neck Surg 2002;127:260-4.
15. Coordes A, Ernst A, Brademann G, Todt I. Round window membrane insertion with perimodiolar cochlear implant electrodes. Otol Neurotol 2013;34:1027-32.
16. Stöver T, Issing P, Graurock G, Erfurt P, ElBeltagy Y, Paasche G, et al. Evaluation of the advance off-stylet insertion technique and the cochlear insertion tool in temporal bones. Otol Neurotol 2005;26:1161-70.
17. Eisenberg LS, Nelson JR, House WF. Effects of the single-electrode cochlear implant on the vestibular system of the profoundly deaf adult. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl 1982;91:47-54.
18. Aschendorff A, Kubalek R, Turowski B, Zanella F, Hochmuth A, Schumacher M, et al. Quality control after cochlear implant surgery by means of rotational tomography. Otol Neurotol 2005;26:34-7.
19. van den Broek P, Huygen PL, Mens LH, Admiraal RJ, Spies T. Vestibular function in cochlear implant patients. Acta Otolaryngol 1993;113:263-5.
20. Brey RH, Facer GW, Trine MB, Lynn SG, Peterson AM, Suman VJ. Vestibular effects associated with implantation of a multiple channel cochlear prosthesis. Am J Otol 1995;16:424-30.
21. Huygen PL, Hinderink JB, van den Broek P, van den Borne S, Brokx JP, Mens LH, et al. The risk of vestibular function loss after intracochlear implantation. Acta Otolaryngol Suppl 1995;520:270-2.
22. Chiong CM, Nedzelski JM, McIlmoyl LD, Shipp DB. Electro-oculographic findings pre- and post-cochlear implantation. J Otolaryngol 1994;23:447-9.
23. Ito J. Influence of the multichannel cochlear implant on vestibular function. Otolaryngol Head Neck Surg 1998;118:900-2.
24. Fina M, Skinner M, Goebel JA, Piccirillo JF, Neely JG, Black O. Vestibular dysfunction after cochlear implantation. Otol Neurotol 2003;24:234-42.
25. Enticott JC, O'leary SJ, Briggs RJ. Effects of vestibulo-ocular reflex exercises on vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery. Otol Neurotol 2005;26:265-9.