





Kronik Böbrek Yetmezliği Olan Çocuklarda İşitsel Beyin Sapı Yanıtları

Auditory Brainstem Response in Children with Chronic Renal Failure Disease

 Fulya ÖZER^a,
 Cem ÖZER^a,
 Nurcan CENGİZ^b,
 Haluk YAVUZ^a

^aKulak Burun Boğaz Hastalıkları AD,
^bÇocuk Nefrolojisi BD,
 Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi,
 Ankara, TÜRKİYE

Received: 21.10.2018
 Received in revised form: 06.11.2018
 Accepted: 06.11.2018
 Available online: 28.12.2018

Correspondence:
 Fulya ÖZER
 Başkent Üniversitesi
 Adana Dr. Turgut Noyan Uygulama ve
 Araştırma Merkezi,
 Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD,
 Adana,
 TÜRKİYE/TURKEY
 fdeveci06@hotmail.com

Bu çalışma, 37. Türk Ulusal KBB
 Baş-Boyun Cerrahisi Kongresi
 (28 Ekim-1 Kasım 2015, Antalya)'nde
 poster olarak sunulmuştur.

ÖZET Amaç: Son dönem kronik böbrek yetmezliği olup, hemodiyaliz veya periton diyalize giren çocuklarda sensörinöral işitme kaybı bildirilmektedir. Bu çalışmada, çocuklarda hemodiyaliz ve periton diyaliz işlemlerinin işitsel yollarda etki edip etmediği objektif olarak işitsel beyin sapı yanıtı (ABR) kullanılarak değerlendirilmiştir. **Gereç ve Yöntemler:** Haftada üç kez hemodiyalize alınan 16 hemodiyaliz hastası grubu, sürekli ayaktan periton diyalizi tedavisi gören 16 periton diyaliz hastası grubu ile 16 sağlıklı aynı yaş grubundan seçilen gönüllü kontrol grubu çalışmaya dâhil edilmiştir. Otolojik muayenesi ve timpanogramı normal olmayan hastalar çalışmaya alınmamıştır. Her hastada saf ses odyometri, timpanometri, transient-evoked otakustik emisyon ve ABR ölçümleri yapılmıştır. Her hastanın kan biyokimya sonuçları da ayrıca kaydedilmiştir. **Bulgular:** Yaş ortalaması hemodiyaliz grubunda 13,3, periton diyalizi grubunda 12,3 ve kontrol grubunda 13,5'tir. Yapılan odyolojik testlerde hemodiyaliz grubunda üç hastada orta derecede, özellikle yüksek frekanslarda sensörinöral işitme kaybı gözlenmiştir. Bunun dışında tüm hastalarda konuşma frekanslarında işitme odyolojik olarak normal sınırlardadır. ABR ölçümleri tüm gruplar için değerlendirildiğinde; her iki diyaliz grubunda kontrol grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olarak I-III, I-V, III-V inter-peak latenslerde ve V mutlak latanslarda uzama saptanmıştır. Hemodiyaliz grubu ile periton diyaliz grubu karşılaştırıldığında ABR ölçümleri anlamlı farklılık göstermemektedir. **Sonuç:** Çocuklarda son dönem kronik böbrek yetmezliği, belirgin işitme kaybı yapmamakla beraber işitsel nöral yollarda belirgin etkilenmeye yol açmaktadır. Bu etkilenme yıllar içerisinde işitme kaybını beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle, kronik böbrek yetmezliği olan ve özellikle diyaliz tedavisi gören çocukların işitsel değerlendirmesinde ABR, hem objektif bir test hem de erken haberci bir test olarak yer almalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kronik böbrek yetmezliği; işitsel beyin sapı cevabı; çocuk

ABSTRACT Objective: In children with end-stage chronic renal failure and applied hemodialysis or peritoneal dialysis, affected the auditory pathway was evaluated objectively using auditory brain response (ABR). **Material and Methods:** Sixteen patients with hemodialysis who were treated with hemodialysis 3 times a week and 16 patients with peritoneal dialysis patients who underwent continuous ambulatory peritoneal dialysis treatment at home, and 16 healthy volunteers were included in the study. Patients with abnormal otologic examination and tympanogram were not included in the study. Pure tone audiometry, tympanometry, transient evoked otoacoustic emission and ABR measurements were performed in each patient. Blood biochemistry results of each patient were also recorded. **Results:** The mean age was 13.3 in the hemodialysis group, 12.3 in the peritoneal dialysis group and 13.5 in the control group. In audiological tests, in 3 patients in the hemodialysis group moderate hearing loss at the high frequencies was observed. Other all patients, the auditory frequencies are normal. When ABR measurements were evaluated for all groups; in both dialysis groups, statistically significant increase in I-III, I-V, III-V inter-peaklatens and V absolute latens compared to the control group were determined. When the hemodialysis group and peritoneal dialysis group were compared, ABR measurements did not differ significantly. **Conclusion:** End-stage chronic renal failure does not cause significant hearing loss in children, but causes significant effects on auditory neural pathways. This may cause hearing loss over the years. Therefore, in the auditory evaluation of children with chronic renal failure and especially that receiving dialysis treatment, ABR should be included both as an objective test and as an early reporter.

Keywords: Chronic renal failure; auditory brainstem response; children

Kronik böbrek yetmezliği (KBY); böbrek işlevlerinin geri dönüşümsüz, ilerleyici kaybını tanımlamaktadır. Bu ilerleyici yetersizlik, glomerül süzme işlevinde azalma ile olabileceği gibi serum kreatinin yoğunluğunda zamanla ortaya çıkan artışla da karakterize bir durum olabilmektedir.¹ Hastalık süresince nitrojen metabolizma ürünlerinin intoksikasyonu, su-elektrolit dengesinde, kalsiyum-fosfor metabolizmasında ve asit-baz dengesinde bozulma ile beraber anemi ve hipertansiyon gözlenmektedir.²

Çeşitli renal hastalıkların progresif işitme kaybı yaptığı bilinmektedir. İlk kez 1924 yılında Grahe tarafından yayımlanan renal hastalıklarda işitme kaybına en iyi ve en bilinen örnek 1927 yılında tanımlanan Alpert sendromudur.³ Bu sendrom, hastaların %45'inde sensörinöral işitme kaybı ile karakterize ailesel progresif glomerülofrittir.⁴

Böbrek ve koklea arasında yapısal, anatomik ve patofizyolojik benzerlikler olduğu saptanmıştır. Böbrekte tubular epitelde transport mekanizmasını etkileyen bir ilacın iç kulağı da etkileyebildiği bilinmektedir. Etakrinik asit, furosemid gibi çeşitli diüretikler renal yapıyı etkilediği kadar iç kulağı da etkilemektedir.⁴

KBY'de çoğunlukla sensörinöral işitme kaybı görülmektedir, ancak etioloji tam olarak ortaya konulmuş değildir.^{5,6} Bazı araştırmacılar; böbrek yetmezliğinin işitme kaybına yol açtığını, bazı araştırmacılar da böbrek yetmezliği ile beraber görülen sistemik hastalıkların ve alınan tedavinin işitme kaybına yol açtığını iddia etmektedirler.^{3,6} Yapılan çalışmalarda, böbrek yetmezliğinde sensörinöral işitme kaybı insidansı %20-87 arasında değişmektedir.⁵

İşitsel beyin sapı yanıtı [auditory brain stem response (ABR)] uyaran verdikten hemen sonra ortaya çıkan erken potansiyeldir.⁷ Kokleadan inferior kollikulusa kadar giden işitsel yolda nöral fonksiyonu ve işitsel yol boyunca senkronizasyonu ölçen bir testtir.⁸ ABR'de beş kesin dalga mevcuttur: Dalga I ve II işitsel sinirin distal ve proksimal kısımdan, dalga III koklear nükleustan, dalga IV süperior oliver nükleustan ve dalga V lateral lemniskus/inferior kollikulustan kaynaklanmaktadır.⁸

KBY'de işitme yolunun ABR ile değerlendirildiği çalışmalarda; ABR'de işitme yolunda çeşitli derecelerde etkilenme gösterilmiştir.^{6,9} ABR'de latanslarda meydana gelen uzamada yapılan hemodiyaliz tedavisi ile geçici düzelme olduğu da çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.^{2,9} Literatürde, KBY'de uygulanan çeşitli tedavileri işitme üzerine etkisi açısından karşılaştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Lopez ve ark., erişkin KBY hastalarını hemodiyaliz, periton diyalizi ve konservatif tedavi alanlar olarak ayırmış ve konservatif tedavi alanlarda kontrol grubuna göre saf ses odyometri ve ABR'de daha kötü sonuçlar elde etmişlerdir.¹⁰

Bu çalışmanın amacı, kronik böbrek yetmezliği olan, hemodiyaliz ve periton diyalizi ile tedavi edilen çocuklarda işitmenin objektif olarak işitsel beyin cevabı (ABR) kullanılarak değerlendirilmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

ÇALIŞMANIN ÖRNEKLEMİ

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: KA07/143) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

Bu çalışma, hastanemiz pediatrik nefroloji bölümünde takip edilen ve periton diyalizi ve hemodiyaliz ile tedavisi süren KBY olan çocuklardan oluşmaktadır. Haftada üç kez hemodiyalize alınan 16 hemodiyaliz hastası grubu, sürekli ayaktan periton diyalizi tedavisi gören 16 periton diyaliz hastası grubu ile 16 sağlıklı aynı yaş grubundan seçilen gönüllü kontrol grubu çalışmaya dâhil edilmiştir. Hastalardan bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alınmıştır.

Otoskopik muayenesinde problem olanlar, ailesel işitme azlığı öyküsü bulunanlar, kronik otit öyküsü olanlar ve daha önce kronik otit cerrahisi geçirmiş olanlar çalışma dışı bırakılmıştır.

ODYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Saf ses odyometri ve timpanometri; saf ses uyaran verilerek sese tepkinin ölçüldüğü saf ses odyometri testinde (Interacoustics AC 40®, Danimarka) 500-4.000 Hz aralığında 0-15 dB arası normal işitme düzeyi olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, 256 Hz

akustik timpanometride (Interacoustics AT 26®, Danimarka) orta kulak basınç değerlerinin -100 ile +100 arasında olması gerekmektedir.

Transient-evoked otakustik emisyon (TEOAE) (ILO88, Otodynamics®, Ltd., Birleşik Krallık); 80 dB SPL şiddetinde ve 80 µs süresince klik uyarın 16 click/sn tekrar sayısında verilerek ölçüm yapılmıştır. Geçti kriteri olarak; en az üç frekansta sinyal-gürültü oranı >3 dB, tekrar edilebilirliği >%50 olması gerekmektedir.

ARB (InteracousticsEclipse EP15®, Danimarka); uyarın hızı olarak 33,1/sn tekrarlama sıklığında rarefaction polaritede klik uyarınlar kullanılmıştır. Kayıtlama penceresi için 15 ms, kayıt filtresi için 50-1500 Hz frekans aralığı seçilmiştir. Her bir şiddet seviyesinde 1.500 örnek toplanarak averajlanmıştır. Elektrot yerleşimi yapılmadan önce peeling jel ve alkol ile cilt temizliği yapılmıştır. Her bir kayıttta dört adet tek kullanımlık Ag/AgCl elektrot kullanılmıştır. Elektrot impedanslarının 5 kΩ altında olmasına özen gösterilmiştir. Çalışmada kanal içi ER- 3A (Etymotic Research) kulaklıklar kullanılmıştır. doksan dB şiddetlerinde gönderilen klik uyarını ile I ve III. dalgalarn elde edilebilirliği değerlendirilmiş, oluşan trasede I, III, V dalga amplitüd ve latans değerleri ile I-III, III-V, I-V inter peak latans değerlerine bakılmıştır.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Statistical package for social sciences program (SPSS 17.0, Chicago, IL) programı kullanıldı. p değeri için <0,05 anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Yaş ortalaması; hemodiyaliz grubunda (n=16, kulak sayısı=32) 13,3, periton diyalizi grubunda (n=16, kulak sayısı=32) 12,3 ve kontrol grubunda (n=16, kulak sayısı=32) 13,5 bulundu. Kız/erkek oranı hemodiyaliz grubunda 6/10, periton diyaliz ve kontrol grubunda eşittir. Hastaların demografik bilgileri ve KBY hastalığı ile ilgili sonuçları Tablo 1'de görülmektedir.

Yapılan odyolojik testlerde, hemodiyaliz grubunda üç hastada orta derecede özellikle yüksek frekanslarda sensörinöral işitme kaybı gözlemlendi. Bunun dışında tüm hastalarda konuşma frekanslarında işitme odyolojik olarak normal sınırlarda bulundu. Saf ses ortalamaları (SSO) tüm kulaklar olarak değerlendirildiğinde; hemodiyaliz grubunda SSO 18,2 dB HL, periton diyaliz grubunda 15,8 dB HL ve kontrol grubunda 11,8 dB HL olup; gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmedi (p>0,05).

Geçici uyarılmış otoakustik emisyon [transient evoked otoacoustic emissions (TEOAE)] testi ile tüm kulaklar için gruplar incelendiğinde; hemodiyaliz grubunda testten geçme oranı %68,7, periton diyalizi grubunda %62,5, kontrol grubunda ise %78,1 olarak görüldü. Testten geçme yüzdesi kontrol grubunda daha yüksek olmakla beraber; istatistiksel olarak gruplar arasında TEOAE testi açısından bir fark gözlenmedi (p>0,05).

ABR ölçümleri tüm gruplar için değerlendirildiğinde; her iki diyaliz grubunda kontrol grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı

TABLO 1: Hastaların biyokimya ve hematolojik kan değerleri sonuçları.

	Hemodiyaliz grubu	Periton diyalizi grubu	p
Üre (mg/dL)	35,67(11-84)	31,2 (12-56)	>0,05
Kreatinin (mg/dL)	4,37 (1,08-11,4)	5,14 (0,65-10,7)	>0,05
Hemoglobin (gr/dL)	9,4 (7,83-14,3)	10,5 (7,4-15,2)	>0,05
Hematokrit (%)	28,8 (23,5-44,7)	32,1 (22,2-51,2)	>0,05
Total protein (g/dL)	6,43 (5,6-7,22)	7,3 (5,8-8,25)	>0,05
Albumin (g/dL)	3,74 (3,29-4,60)	3,93 (3,12-4,67)	>0,05
Kalsiyum (mg/dL)	7,2 (6,12-9,98)	8,1 (7,1-10,9)	>0,05
Sodyum (mg/L)	148,42 (139-156)	146,4 (137-150)	>0,05
Potasyum (mg/L)	3,9 (2,2-4,91)	3,7(2,7-4,8)	>0,05

olarak I-III, I-V, III-V inter-peak latanslarda ve V mutlak latans değerlerinde uzama saptandı ($p<0,05$). Hemodiyaliz grubu ile periton diyaliz grubu karşılaştırıldığında, ABR ölçümleri anlamlı farklılık göstermemekte idi ($p>0,05$) (Tablo 2).

TARTIŞMA

KBY olan hastalarda her zaman tam bir işitme kaybı olmasa da koklear disfonksiyon olduğu literatürde çeşitli araştırmacılarla iddia edilmektedir.⁶ Samir ve ark., KBY olan çocuklarda transient otoakustik emisyon uygulamışlar ve alçak frekanslarda koklear disfonksiyon saptamışlardır. Ancak, bu disfonksiyonun kan elektrolit düzeyleri ile ilişkisini gösterememişlerdir.¹¹ Ikeda ve ark., deneysel böbrek yetmezliği oluşturdukları hayvanlarda, koklear fonksiyonu gösteren potansiyellerde azalma belirlemişler ve bu azalmanın kan üre azotu ve kreatinin değerlerindeki artışla uyumlu olduğunu bulmuşlardır.³ Ayrıca bu sonuçlarla, renal disfonksiyonun iç kulağı etkilediğini ve tüylü hücrelerde histolojik olmasa bile fonksiyonel kayıp yarattığını iddia etmişlerdir.³

Kokleada yarattığı etkinin yanı sıra KBY, ret-rokoklear bölgede de nöropati yaparak işitme yollarında disfonksiyon yaratabilmektedir. Antonelli ve ark., KBY olan erişkin hastalarda, ABR kayıtlarında I-III interpeak latans değerinde uzama saptamış ve böbrek yetmezliğinde koklear sinirin üremik nöropatiye bağlı etkilendiğini ve buna bağlı sinir iletiminde yavaşlama olduğunu iddia etmişlerdir.⁶ Lucien ve ark., akut renal yetmezlik sonrası gelişen ve tedavi sonrası düzelen ani sensörinöral işitme kaybı vakası sunmuşlar ve böbrek yetmezliğine bağlı gelişen ve direkt toksik etkiyle oluşan üremik nöropatinin işitme kaybına neden oldu-

ğunu bildirmişlerdir.¹² Lopez ve ark.nın, çalışmasında, konservatif tedavi alan KBY hastalarında; III-V intervalde uzama saptanmış ve beyin sapında santral işitme yollarında bir hasardan kaynaklandığı düşünülmüştür.¹⁰

Böbrek transplantasyonunun ve diyalizin işitme fonksiyonuna etkisi tam anlaşılammıştır.⁴ Renal transplantasyon ve diyaliz sonrası var olan işitme kaybının düzeldiği bildirilmiş ama aynı zamanda transplantasyon ve diyaliz sonrası uzun vadede çeşitli iç kulak hastalıkları da saptanmıştır.^{4,6} Niedzielska ve ark., diyalize giren yedi çocukta diyaliz öncesi ve sonrası ABR değerlerine ön çalışma olarak bakmışlar ve diyaliz sonrasında dalga morfolojisi değişmemesine rağmen latans değerlerinde ve interpeak latans değerlerinde uzama belirlemişlerdir.² Lopez ve ark., erişkin KBY hastalarında farklı tedavi almalarının işitme üzerine yarattığı etkiyi inceledikleri çalışmalarında, konservatif tedavi alanlarda hemodiyaliz tedavisi görenlere oranla daha fazla olarak III-V latans aralığında uzama saptamışlardır.¹⁰

Çalışmamızda, hemodiyaliz ve periton diyaliz tedavisi gören KBY olan çocuklarda işitme düzeyleri değerlendirilmiş ve SSO düzeyleri açısından kontrol grubuna göre anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Çocuk hasta olmaları ve KBY etkilenme sürelerinin daha az olması ve eşlik eden dâhili hastalıklarının olmaması bunda etken olmuş olabilmektedir. TEOAE değerleri incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber periton diyaliz tedavisi alan grupta testten geçme yüzdesi daha düşük bulunmuştur. Literatürde, distorsiyon ürünü otoakustik emisyon ile yapılan çalışmalarda, hemodiyaliz grubunda kontrol grubuna göre daha kötü sonuçlar bulunmuştur.^{13,14} Çalışmamızda da

TABLO 2: Hastaların işitsel beyin sapı yanıtı sonuçları.

	Interpeak latens (ms) ortalama			Mutlak latens (ms) ortalama		
	I-V	I-III	III-V	I	III	V
Hemodiyaliz	4,42	2,29	2,12	1,69	3,84	6,24
Periton diyaliz	4,29	2,32	2,08	1,60	3,78	5,92
Kontrol	4,12	2,37	1,87	1,56	3,67	5,45
p	<0,05		<0,05	<0,05		<0,05

hemodiyaliz grubu kontrol grubuna göre daha çok etkilenmiştir. Ancak en çok etkilenen grup periton diyalizi grubu olup, bu sonuçların daha geniş bir seride yeniden yorumlanması gerekmektedir.

Çalışmamızda, ABR testinde I-V ve III-V intervallerinde uzama ve V dalga mutlak latanslarında uzama ile en çok etkilenen grup hemodiyaliz grubudur. Literatür de Aspris ve ark. ve Lopez ve ark.nın yaptıkları çalışmalarla uyumludur.^{8,10} KBY'de retrokoklear bölgedeki etkilenmenin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha fazla olduğunu gösteren bu sonuç; bize nöropatiye bağlı olduğu düşünülen santral işitsel yollardaki hasarın kokleadaki etkilenmeye göre daha belirgin olduğunu düşündürmüştür. Santral yollardaki bu etkilenme, KBY'de tedavide transplantasyondan önce son aşama olan hemodiyaliz grubunda daha fazladır. Her ne kadar kan değerleri açısından iki

tedavi grubunda istatistiksel olarak bir farka rastlanılmamış olsa da bu hasarın uzun yıllar yüksek üreye maruz kalmaya bağlı oluşabileceği düşünülmektedir. Ancak, bu kanı için başka çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

SONUÇ

Çocuklarda son dönem KBY belirgin işitme kaybı yapmamasına rağmen, işitsel nöral yollarda kokleadan daha erken etkilenmeye yol açmaktadır. Bu etkilenme yıllar içerisinde işitme kaybını berabere getirebilmektedir. Bu nedenle KBY olan ve özellikle diyaliz tedavisi gören çocukların işitsel değerlendirilmesinde ABR hem objektif bir test hem de erken haberci bir test olarak yer almalıdır. Bu çalışma, gelecekte diyaliz ünitelerinde ABR ile işitme taramasının zorunluluğunu vurgulamak açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Cavanaugh KL, Chronic Renal Failure In: Andreoli TE, Bennet JC, Carpenter JC, Plum F, Smith LH Jr, eds. Cecil Essentials of Medicine. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1993. p.244-54.
2. Niedzielska G, Katska E, Sikora P, Szajner-Milart I. ABR differences before and after dialyses. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 1999;48(1):27-9.
3. Ikeda K, Kusakari J, Arakawa E, Ohyama K, Inamura N, Kawamoto K. Cochlear potentials of guinea pigs with experimentally induced renal failure. Acta Otolaryngol Suppl 1987; 435:40-5.
4. Arnold W. Inner ear and renal diseases. Ann Otol Rhinol Laryngol 1984;112:119-24.
5. Mancini ML, Dello Strologo L, Bianchi PM, Tieri L, Rizzoni G. Sensorineural hearing loss in patients reaching chronic renal failure in childhood. Pediatr Nephrol 1996;10(1):38-40.
6. Antonelli AR, Bonfioli F, Garrubba V, Ghisellini M, Lamoretti MP, Nicolai P, et al. Audiological findings in elderly patients with chronic renal failure. Acta Otolaryngol Suppl 1990;476:54-68.
7. Naderpour M, Mortazavi F, Jabbari-Moghadam Y, Sharifi-Movaghgar MH. Auditory brain stem response and otoacoustic emission results in children with end-stage renal disease. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2011;75(5):704-7.
8. Aspris AK, Thodi CD, Balatsoura DG, Thodis ED, Vargemezis V, Danielides V. Auditory brainstem responses in patients under treatment of hemodialysis. Ren Fail 2008;30(4): 383-90.
9. Pratt H, Brodsky G, Goldsher M, Ben-David Y, Harari R, Podoshin L, et al. Auditory brainstem evoked potentials in patients undergoing dialysis. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1986;63(1):18-24.
10. Lopez PS, Silva DP, Martin LC, Montovani JC. Could the type of treatment for chronic kidney disease affect the auditory system? Braz J Otorhinolaryngol 2014;80(1):54-9.
11. Samir M, Riad H, Mahgoub M, Awad Z, Kamal N. Transient otoacoustic emissions in children with chronic renal failure. Clin Otolaryngol Allied Sci 1998;23(1):87-90.
12. Anteunis LJ, Mooy JM. Hearing loss in a uraemic patient: indications of involvement of the VIIIth nerve. J Laryngol Otol 1987;101(5): 492-6.
13. Ozturan O, Lam S. The effect of hemodialysis on hearing using pure-tone audiometry and distortion-product otoacoustic emissions. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 1998;60(6):303-13.
14. Stavroulaki P, Nikolopoulos TP, Psarommatas I, Apostolopoulos N. Hearing evaluation with distortion-product otoacoustic emissions in young patients undergoing hemodialysis. Clin Otolaryngol Allied Sci 2001;26(3):235-42.