

# Konjenital Kalp Hastalığı Olan Çocuklarda İşitsel Beyinsapı Cevapları

## AUDITORY BRAINSTEM RESPONSES IN CHILDREN WITH CONGENITAL HEART DISEASE

Vedat OKUTAN\*, Şeref DEMİRKAYA\*\*, Mustafa Koray LENK\*\*\*, Kemal HAMAMCIOĞLU  
Bülent ÜNAY\*\*\*\*, Okay VURAL\*\*\*\*\*, Erdal GÖKÇAY\*\*\*\*\*

- \* Yrd.Doç.Dr., GATA Çocuk Kardiyolojisi BD,  
\*\* Yrd.Doç.Dr., GATA Nöroloji AD,  
\*\*\* Doç.Dr., GATA Çocuk Kardiyolojisi BD,  
\*\*\*\* Uz.Dr., GATA Nöroloji AD,  
\*\*\*\*\* Yrd.Doç.Dr., GATA Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD,  
\*\*\*\*\* Prof.Dr., GATA Nöroloji AD,  
\*\*\*\*\* Prof.Dr., GATA Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD, ANKARA

### Özet

Sivmotic konjenital kalp hastalıklı çocuklarda büyüme geriliğinin vanısıra, kronik hipokseminin santral sinir sistemine etkisiyle nörolojik gelişim de geri kalır. İşitsel beyin sapı cevapları bevin sapının işlev ve matürasyonunu saptamak için kullanılır. Bit çalışmada konjenital kalp hastalıklarının beyin sapı matürasyonu üzerine olan etkilerini araştırmak amacı ile işitsel bevin sapı cevapları kullanıldı.

Konjenital kalp hastalığı bulunan 45 çocuk ile (23 usiyanoik. 22 sivanotik) arm yaş grubundan (2 ay -15 yaş) 30 sağlıklı çocukta işitsel beyin sapı cevapları elde edildi. Cevaplar asivanotik hastalar ile normal çocuklarda benzerdi. Ancak bir yaşından küçük sivanotik hastalarda I-V interpike ları kontrol ve asivanotik olgulardan anlamlı olarak daha uzun bulundu ( $p<0.05$ ). iler üç grup arasında, bir yaşından büyük olguların cevapları arasında ise anlamlı farklılık saptanmadı. Sivanotik hastalarda I-V interpike latansları ile arteriyel oksijen satürasyonu ve parsiyel oksijen basıncı arasında anlamlı bir negatif ilişki bulundu ( $p<0.05$ ).

Sivanotik konjenital kalp hastalıklarının, bir yaşın alındaki süt çocuklarında kronik hipoksemi nedeniyle beyin sapı matürasyonunu belirgin olarak geciktirdiği; asiyanoik konjenital kalp hastalıklarının ise beyin sapı cevapları üzerine etkisi olmadığı sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Konjenital kalp hastalığı,  
İşitsel beyin sapı cevapları

T Kim Pediatri 1999, 8:194-198

Geliş Tarihi: 02.02.1999

Yazışma Adresi: Dr.Vedat OKUTAN  
GATA Çocuk Kardiyolojisi BD  
06018 Etlik, ANKARA

### Summary

The cyanotic congenital heart diseases usually lead to growth and developmental delay in children due to chronic hypoxemia and undernutrition that might affect the central nervous system. The audioty brainstem responses are used to assess the maturation and function of the brainstem. Therefore, we utilized the auditory brainstem responses to investigate the effect of cyanotic congenital heart diseases on brainstem maturation.

The auditory brainstem responses were investigated in 45 children (23 acyanotic, and 22 cyanotic) with congenital heart diseases and compared with the results of 30 healthy counterparts (2 months - 15 years).

The results of auditory brainstem responses were similar in acyanotic patients and normal children. The cyanotic patients under one year of age had more prolonged TV interpeak latencies than those of controls and acyanotics ( $p<0.05$ ). There was no difference between all groups older than one year of age. In cyanotic children, I-V interpeak latencies showed significant negative correlation with arterial oxygen saturation and partial oxygen pressure ( $p<0.05$ ).

The cyanotic congenital heart diseases may cause significant retardation on brainstem maturation due to chronic hypoxemia especially in infants under one year of age whereas acyanotic congenital heart diseases have no effect on auditory brainstem responses.

Key Words: Congenital heart disease,  
Auditory brainstem responses

T Klin J Pediatr 1999, 8:194-198

Çocuklarda kronik hastalıkların hemen hepsinde büyüme ve gelişmenin geri kaldığı görülür. Bu durum konjenital kalp hastaları (KKH) için de geçerli olup, özellikle siyanotik çocuklarda daha da

Tablo 1. Olguların demografik özellikleri

	Asiyantotik K K H	Siyanotik K K H	Kontrol
Sayı	22 23	30	
Yaş (yıl)	5.7±4.4 (2ay-15yıl)	5.0±3.8 (2ay-15yıl)	5.3±3.9 (2ay-15yıl)
Cinsiyet (E/K)	12/10	11/12	14/16
Test edilen kulak sayısı	43	44	60
Tanı* (n)	VSD (16) ASD (5) ASD+VSD (1)	FT (17) TA (2) BAT+ASD (1) BAT+VSD+PS (1) BAT+VSD+ASD (1) HSV+VAD+SPS (1)	

\*ASD: atriyal septal defekt, TA: İnkmus arteriyozus, VSD: ventriküler septal defekt, FT ; Fallot tetralojisi, BAT: biyüik arterlerin transpozisyonu, HSV: ilpoplaslik sag ventrikül, PS: pulmoner stenoz, VAD: ventrikulo atriyal diskordans, SPS: subpulmotter stenoz.

belirgindir (1). Siyanotik çocuklarda büyümenin yanı sıra, nörolojik gelişimin de geri kalmasının olası nedeni serebral korteks ve beyin sapının kronik hipoksemi ve "az beslenmeye" maruz kalışıdır (2,3). Bu gelişimsel gecikme beyin sapı işlev ve matürasyonunu ölçen işitsel beyin sapı yanıtları (auditory brainstem responses - ABR) ile gösterilebilir (2,3).

ABR; işitme sinirinin başlangıcından orta beyine kadar olan bölümde, elektriksel akımın senkronize akışını inceleyen elektrofizyolojik bir testtir. Yüzeysel kayıtlarla yapılan çalışmalarda ilk on milisaniye içinde ortaya çıkan cevapların yedi dalgadan oluştuğu gözlenmektedir. Son çalışmalara göre, I. dalga ipsilateral işitme sinirinin distalinden, II. dalga bu sinirin proksimalinden kaynaklanmaktadır. III. dalga kohlear nükleusların, IV. dalga superior oliver kompleksin, V. dalga lateral lemniskusun, VI. ve VII. dalgalar inferior kollikulusun daha hakim olduğu alanlardan doğmaktadır (4). ABR'nin yorumlanmasında bu dalgaların amplitüd ve latanslarının yanı sıra interpik latanslar (IPL) önem taşırlar. Burada dikkat edilmesi gereken unsur, her laboratuvarın kendi standartlarını saptaması ve normal kişilerden elde edeceği ortalama değerleri kullanması gereğidir.

Çalışmamızda, K K H bulunan çocuklarda hastalığın beyin sapı matürasyonuna yaptığı etkiyi değerlendirmek için ABR'yi kullandık.

#### Gereç ve Yöntem

Yaşları 2 ay - 15 yıl arasında bulunan 45 K K H olgu ile (23 siyanotik, 22 asiyantotik) kontrol grubu

olarak aynı yaş grubundan 30 sağlıklı çocuk çalışmaya alındı. Kardiyak sendromlu (Down, Marfan, Turner vs.), digoksin veya oral demir preparatı dışında ilaç kullananlar ile prematürelilik, yenidoğan sarılığı, perinatal asfiksi, santral sinir sistemi enfeksiyonu ve orta kulak rahatsızlığı geçirme öyküsü bulunan olgular çalışma dışı bırakıldı (Tablo 1).

Siyanotik K K H bulunan olgularda en az iki kez yapılan arteriyel kan gazı analizinin ortalaması alınarak arteriyel oksijen saturasyonu (SaO<sub>2</sub>) ve parsiyel arteriyel oksijen basıncı (PaO<sub>2</sub>) belirlendi.

Tüm KKH'lı olguların ABR testleri düzeltici cerrahi işlemten önce yapıldı. Olgular rahat, yataкта yarı oturur veya yatar pozisyonda veya annelerinin kucağında test edildi. Kayıt esnasında tüm hastalar spontan uykuda veya sedatize edilmiş durumda idiler. Sedasyon için hidrokizin 0.5 mg/kg dozunda oral olarak verildi. Potansiyeller Nicolet Compact Four cihazı ile disk elektrotlar kullanılarak kaydedildi.

Elektrot yerleştirme noktaları olarak uluslararası 10-20 elektrot standardı kullanıldı. Kulaklık olarak ER-3A model kanal içi tüp kulaklık kullanıldı. Cevapların elde edilmesinde 100 ms süreli klik stimulus 11.4/s frekansında, koopere olmayan olgular için 90 desibel (dB) şiddetinde, koopere olgular için işitme eşiği 60 dB artırılarak uygulandı. Her kulak için 2000 stimulus ortalama ve iki defa tekrarlandı. Daha sonra elde edilen I,III,V. dalgaların şekil, amplitüd, pik ve IPL değerlendirildi.

Gruplar (kontrol, asiyantotik, siyanotik) yaşa göre üç alt gruba ayrıldı : 0-1 yaş (alt grup 1); 1-3 yaş (alt grup 2); 3-15 yaş (alt grup 3).

Tablo 2. Kontrol, asiyanotik ve siyanotik grupların ortalama ABR pik ve interpik latansları

Grup	Altgrup	n (kulak)	I	III	V	I-III IPL	III-V IPL	I-V IPL
Kontrol	1	12	2.46±0.12	4.9010.14	6.9810.18	2.4510.17	2.0810.24*	4.5110.18"
Asiyanotik	1	12	2.4610.21	4.88±0.22	6.9310.27	2.42+0.15	2.0510.09*	4.4610.18*
Siyanotik	1	20	2.47±0.15	4.9210.20	7.1310.29	2.4510.17	2.2210.23*	4.6710.23"
Kontrol	2	10	2.37+0.09	4.63+0.08	6.5310.17	2.2410.15	2.0510.52	4.1510.12'
Asiyanotik	2	9	2.40+0.11	4.5710.19	6.40+0.20	2.16+0.16	1.84+0.22	3.9910.26*
Siyanotik	2	14	2.45+0.06	4.6910.17	6.7510.41	2.2410.15	2.0610.52	4.3010.43'
Kontrol	3	38	2.47+0.15	4.5410.15	6.4110.21	2.1410.18	1.83+0.08	3.9410.16"
Asiyanotik	3	22	2.54+0.18	4.60+0.14	6.4810.27	2.0610.15	1.8710.20	3.9310.24'
Siyanotik	3	10	2.45+0.19	4.5910.21	6.4310.20	2.1410.18	1.8310.08	3.9710.18'

\* Siyanotik ve asiyanotik-kontrol grupları arasında anlamlı farklılık,  $p<0.05$

t Siyanotik ve asiyanotik-kontrol grupları arasında anlamlı farklılık,  $p<0.05$

f Siyanotik ve asiyanotik-kontrol grupları arasında anlamlı olmayan farklılık,  $p>0.05$

§ Siyanotik ve asiyanotik-kontrol grupları arasında anlamlı olmayan farklılık,  $p>0.05$

Elde edilen bütün veriler bilgisayarda, Windows 95 işletim sisteminde, SSPS for Windows 7.51 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirildi. Üçlü grupların değerlendirilmesi için Kruskal Wallis varyans analizi, ikili grupların değerlendirilmesinde ise Mann-Whitney U testi kullanıldı.

### Sonuçlar

Hasta ve kontrol gruplarının demografik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. I,III,V dalga latansları ve I-III, III-V, I-V IPL ise Tablo 2'de sunulmuştur.

Sağlıklı kontrol grubunda I.dalga latansı bakımından üç yaş grubu arasında fark bulunmadı. III ve V. dalga latansı bakımından alt grup 1 ile alt grup 2 ve 3 arasında belirgin kısalma izlenirken ( $p<0.05$ ), alt grup 2 ile alt grup 3 arasında anlamlı kısalma yoktu. Bu grupta I-III, III-V, I-V IPL'lann da yaş ile birlikte kısaldığı ve bu kısalmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ( $p<0.05$ ). Yalnızca III-V IPL değerindeki kısalma 1-3 yaş grubu ile 3-15 yaş grubu arasında anlamlı değildi ( $p>0.05$ ).

Asiyanotik gruptaki olgulardan da sağlıklı kontrol grubuna çok yakın değerler elde edildi; pik ve IPL 'lar karşılaştırıldığında iki grup arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p>0.05$ ).

Siyanotik gruptaki hastaların birinden ABR elde edilemedi. Diğer iki grupta olduğu gibi bu grupta da pik ve IPL'lann yaşla birlikte anlamlı olarak

kısaldığı saptandı ( $p<0.05$ ). Ancak I-V IPL'larındaki kısalmanın alt grup 2 ile alt grup 3 arasında anlamlı olmadığı görüldü ( $p>0.05$ ). Siyanotik alt grup 1 'in III-V IPL ve I-V IPL 'lan asiyanotik ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aralarında anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ). Bir yaşın üzerinde siyanotik olgular ile asiyanotik ve sağlıklı kontrol grubu aynı yaş grupları kendi aralarında V. dalga latansı ve I-V IPL karşılaştırıldığında siyanotik grup aleyhine kısalma elde edilmekle birlikte istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p>0.05$ ).

Siyanotik hastalarda I-V IPL ile Sa02 ve Pa02 karşılaştırıldığında (Tablo 3), oksijen basınç ve saturasyonunun yükselmesi ile birlikte IPL'lerin anlamlı olarak kısaldığı saptandı ( $p<0.05$ ) (Şekil 1-2).

### Tartışma

Süt çocuklarında, çocuklarda ve erişkinlerde işitsel yolların işlevsel ve morfolojik matürasyonu birçok çalışmada incelenmiştir (5-16). ABR dalgaları 30 haftadan önce doğan prematürelde oldukça değişken olarak izlenirken, 30-40 haftalar arasında daha stabil dalgalar elde edilir ve konseptiyonel yaş arttıkça latanslar kısalır. Lateral lemniskus myelinizasyonunun fetal hayatın geç dönemlerinde başlaması ve infantil dönemin sonuna kadar sürmesi, yaşla birlikte kohlear nükleus ve inferior kollikulusta sinir hücrelerinin dancitesinin değişmesi pontin işitsel iletim hızım etkilemektedir (5,6).

Çalışmamızda daha önceki çalışmalarda da gösterildiği ABR dalgalarının pik ve IPL'lerinde

Tablo 3. Siyanotik gruptaki olguların I-V İPL, SaO<sub>2</sub> ve PaO<sub>2</sub> değerleri

Olgu	I-V İPL (ms)	SaO <sub>2</sub> (%)	PaO <sub>2</sub> (mmHg)
1	5.01	45.0	25.0
2	5.00	55.0	30.8
3	4.96	54.0	32.4
4	4.96	66.0	38.2
5	4.80	60.4	38.8
6	4.78	46.2	25.0
7	4.68	56.0	32.0
8	4.64	52.0	28.0
9	4.62	69.2	43.0
10	4.58	64.2	32.6
11	4.50	54.0	30.6
12	4.48	59.6	36.0
13	4.44	56.7	34.0
14	4.36	54.0	46.0
15	4.28	64.2	30.0
16	4.26	83.2	48.4
17	4.24	67.0	47.6
18	4.22	72.4	41.2
19	4.16	78.0	45.2
20	4.10	59.4	44.0
21	3.74	63.8	37.4
22	3.74	85.6	56.0

yaşla birlikte bir kısalma olduğu görülmüştür. Bu kısalma, bir yaşın altında daha da belirgin olmaktadır. Pik ve IPL'lerde yaşa bağlı bu kısalmanın nedeni, beyin sapındaki işitsel yolağın ilerleyici myelinizasyonudur (17,18). Doğumdan sonra işitsel yoldaki matürasyon kaudalden santrale doğru olmaktadır (19,20).

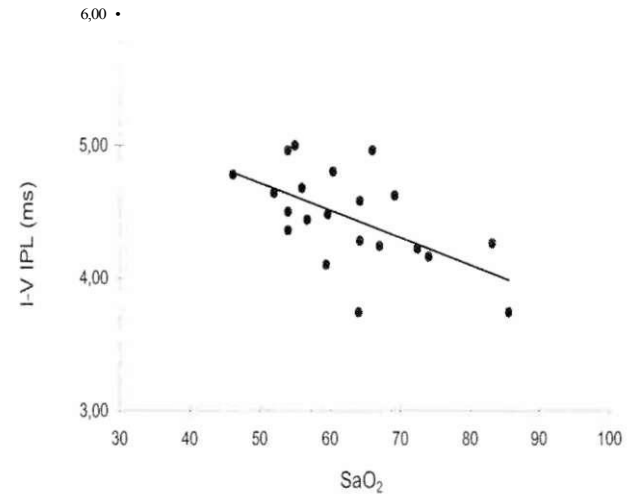
Sunağa ve ark.(3) KKH bulunan 70 olgu ile (32 siyanotik, 38 asiyanotik) 91 sağlıklı çocukta yaptıkları çalışmada, bir yaş altında siyanotik hastalarda V. dalga latansında ve I-V IPL'de asiyanotik grup ve sağlıklı kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı uzamanın olduğunu, bu uzamanın bir yaşın üzerinde azaldığını bulmuşlar; beyin sapı matürasyonunun önemli kısmının bir yaş dolaylarında tamamlandığını ve yaş ile birlikte hipoksemiye tolerans geliştiğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca arteriyel oksijen satürasyon ve basıncındaki düşüklükle ters orantılı olarak pik ve IPL'lerin uzadığını göstermişlerdir. Sonuç olarak hipokseminin myelinizasyonu yavaşlatarak beyin sapı matürasyonunu geciktirdiğini ileri sürmüşlerdir.

Hecox ve ark.(21) akut asfiksiye uğrayan 126 infant üzerinde yaptıkları çalışmada özellikle am-

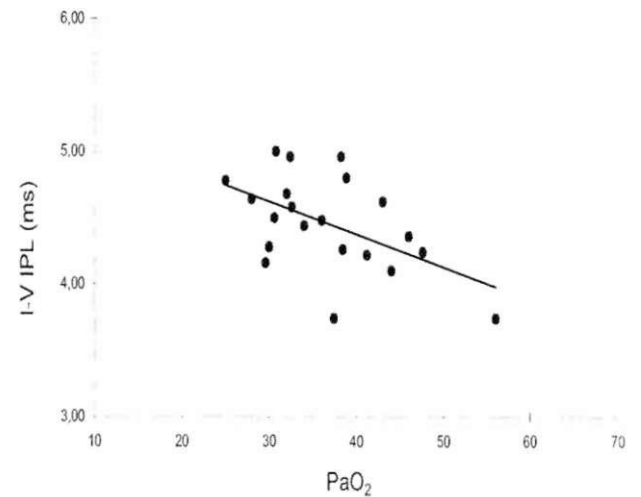
plitüd oranlarını kullanarak 21 olguda ciddi nörolojik sekeli önceden tahmin etmişlerdir. Asfiksünün sonucu olarak hipoksemi, tüm beyinsel işlevler gibi beyin sapı matürasyonunu da bozmaktadır.

Arnold ve ark.(2) ciddi KKH bulunan 50 çocukta ABR kullanarak yaptıkları çalışmada %16 olguda değişen derecelerde işitme kaybı saptamışlardır. Biz de bir siyanotik olguda ABR elde edemedik.

Çalışmamızda 0-1 yaş grubunda V. dalga latansı ve I-V İPL değerlendirildiğinde siyanotik grupta bu latansların asiyanotik gruba ve kontrol



Şekil 1. Siyanotik hastalarda arteriyel oksijen satürasyonu ile sağ kulak I-V IPL arasındaki ilişki



Şekil 2. Siyanotik hastalarda arteriyel parsiyel oksijen basıncı ile sağ kulak I-V IPL arasındaki ilişki.

grubuna göre belirgin olarak uzun olduğu görüldü. 1-3 yaş grubunda bu uzama devam etmekle birlikte istatistiksel olarak anlam taşımıyordu. 3-15 yaş grubunda tüm gruplar aynı düzeye geldi. Asiyantotik grup ile sağlıklı kontrol grubu arasında ise hiçbir yaş grubunda latanslarda farklılık saptanmadı. Bu sonuçlar Sunağa ve ark.'nın (3) çalışma sonuçları ile benzerlik göstermekteydi.

Fctusta siyanotik kalp hastalığı bulunsa bile, genellikle hipoksemi bulunmamaktadır. Bu nedenle hipokseminin beyin sapı matürasyonunu geciktirici etkisi ekstrauterin dönemde ortaya çıkmaktadır. Kronik hipoksemi durumunda doğumdan sonra perilerden santrale doğru ilerleyen myelinleşme süreci gecikmektedir (21-23). Bir yaşın altındaki infantlarda hipoksemiye tolerans daha düşük ve myelinleşme süreci daha aktif olduğu için, beyin sapı matürasyonundaki gecikme sonucu ABR dalgalılarının pik ve IPL'Iarmda uzama olması beklenen bir sonuçtur (3,21,24).

Sa0<sub>2</sub> ve PaOVyi ölçerek kronik hipokseminin derecesi ile ABR latansları arasındaki ilişkiyi incelediğimizde; 1-V IPL'lerdeki uzama ile hipokseminin şiddeti arasında bağlantı bulmamız, Sunağa ve ark.'nın (3) çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Siyanotik ve asiyanotik KKH bulunan olguları ABR ile değerlendirdiğimiz bu çalışmanın sonucunda; asiyanotik KKH'nin beyin sapı matürasyonu üzerine bir etkisinin bulunmadığını, siyanotik KKH'nin ise hipokseminin derinliğine de bağlı olarak, beyin sapı matürasyonunun henüz devam ettiği bir yaş altında ABR pik ve IPL'lerinin uzamasına neden olduğunu, kronik hipoksemi nedeniyle beyin sapı matürasyonunu geciktirdiğini gözlemledik.

#### KAYNAKLAR

- Lindlc LM, Rasof B, Dunn O. Mental development in congenital heart disease. *J Pediatr* 1967; 71: 198-203.
- Arnold SA, Brown OE, Finitzo T. Hearing loss in children with congenital heart disease: A preliminary report. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1986; 11: 287-93.
- Sunağa Y, Sone K, Nagashhna K, Kuroume T. Auditory brainstem responses in congenital heart disease. *Pediatr Neurol* 1992;8:437-40.
- Moller AR, Janetta PJ. Neural generators of ABR. In: Jacobson JT, ed. *The auditory brainstem response*. San Diego: College Hill Press, 1985: 13-31.
- Eggcrmont JJ, Salamy A. Development of ABR parameters in a preterm and term born population. *Ear Hear* 1988; 9: 283-9.
- Eggcrmont .0, Salamy A. Maturation time course for the ABR in preterm and fullterm infants. *Hearing Research* 1988; 33: 35-48.
- Eggcrmont .11, Ponton CW, Coupland SG, Wmkelaar R. Frequency dependent maturation of the cochlea and brainstem evoked potentials. *Acta Otolaryngol (Sloch)* 1991; 111: 220-4.
- Goldie WD. The brainstem auditory evoked potential in infants and children. *J Clin Neurophysiol* 1992; 9: 394-407.
- Inagaki M, Tomita Y, Takashitna S, Ohtani K, Andoh G, Takeshita K. Functional and morphometric maturation of the brainstem auditory pathway. *Brain Dev* 1987; 9: 597-601.
- O.Muş N. Doğum sonrası işitme yolları matürasyonunun beyin sapı cevap odyometrisi ile araştırılması. *GATA Bülteni* 1988; 30:631-47.
- Öztürk V. Çocuk yaş gruplarında beyin sapı işitme cevapları standartlarının saptanması (uzmanlık tezi). Ankara: Gülhane Askeri Tıp Akademisi, 1993.
- Salamy A. Maturation of the auditory brainstem response from birth through early childhood. *J Clin Neurophysiol* 1984; 1: 293-329.
- Schwartz DM, Pratt RE, Schwartz JA. Auditory brainstem responses in preterm infants: Evidence of peripheral maturity. *Ear Hear* 1989; 10: 14-22.
- Stan\* A. Auditory brainstem potentials: Comments on their use during infant development. *J Clin Neurophysiol* 1984; 1: 331-4.
- Thivierge J, Côte R. Brainstem auditory evoked response: Normative values in children. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1990; 77: 309-13.
- Uysal S, Renda Y, Topçu M, Erdem G, Karacan R. Evoked potentials in fullterm and premature infants: A comparative study. *Child's Nerv Syst* 1993; 9: 88-92.
- Kaga K, Tanaka Y. Auditory brainstem response and behavioural audiometry. *Arch Otolaryngol* 1980; 106: 564-6.
- Kaga K, Shinoda Y, Suzuki JI. Origin of auditory responses in cats: Whole brainstem mapping, and a lesion and HRP study of inferior colliculus. *Acta Otolaryngol (Sloch)* 1997; 117: 197-201.
- Hecox KE, Galambos R, Jolla L. Brainstem auditory evoked responses in human infants and adults. *Arch Otolaryngol* 1974;99:30-3.
- Salamy A, Mendelson T, Tooley WH, Chaplin ER. Differential development of brainstem potentials in healthy and high-risk infants. *Science* 1980; 210: 553-5.
- Hecox KE, Cone B. Prognostic importance of brainstem auditory evoked responses after asphyxia. *Neurology* 1981; 31: 1429-33.
- Takashinia S, Becker LE. Developmental neuropathology in bronchopulmonary dysplasia: Alteration of glial fibrillary acidic protein and myelination. *Brain Dev* 1984; 6: 451-7.
- Byrne P, Welch R, Johnson MA, Dairah J, Piper M. Serial magnetic resonance imaging in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy. *J Pediatr* 1990; 117: 694-700.
- McArdle CB, Richardson CJ, Hayden CK, Nicholas DA, Amparo EG. Abnormalities of the neonatal brain: MR imaging. *Radiology* 1987; 163: 395-403.