

소아 난청의 조기진단을 위한 신생아 청력 선별검사에 대한 평가

좋은문화병원 소아과

서정일 · 유시욱 · 공승현 · 황광수 · 이현정 · 김종표 · 최 현 · 이보영 · 목지선

Investigation of Automated Neonatal Hearing Screening for Early Detection of Childhood Hearing Impairment

Jeong Il Seo, M.D., Si Uk Yoo, M.D., Sung Hyeon Gong, M.D., Kwang Su Hwang, M.D.
Hyeon Jung Lee, M.D., Joong Pyo Kim, M.D., Hyeon Choi, M.D.
Bo Young Lee, M.D. and Ji Sun Mok, M.D.

Department of Pediatrics, Good Moonhwa Hospital, Busan, Korea

Purpose : Early diagnosis of congenital hearing loss through the neonatal hearing screening test minimizes language defect. This research intends to identify frequency of congenital hearing loss in infants through neonatal hearing screening test with the aim of communicating the importance of hearing test for infants.

Methods : From May 20, 2003 to May 19, 2004, infants were subjected to Automated Auditory Brainstem Response test during one month of birth to conduct the test with 35 dB sound. Infants who passed the 1st round of hearing test, were classified into 'pass' group whereas those who did not were classified into 'refer' group. Infants who did not 'pass' in the hearing test conducted within one month of birth were subjected to re-test one month later, and if classified as 'refer' during the re-test, they were subjected to the diagnosis for validation of hearing loss by requesting test to the hearing loss clinic.

Results : There was no difference among the 'pass' and 'refer' group in terms of form of childbirth, weight at birth and gestational age. In the 1st test, total of 45 infants were classified into 'refer' group. Six among 35 who were subjected to re-test(17%) did not pass the re-test, and all were diagnosed with congenital hearing loss. This corresponds to 0.35%(3.5 per 1,000) among total number of 1,718 subjects.

Conclusion : In our study the congenital hearing loss tends to be considerably more frequently than congenital metabolic disorder. Accordingly, newly born infants are strongly recommended to undergo neonatal hearing screening test. (Korean J Pediatr 2005;48:706-710)

Key Words : Neonatal hearing screening test, Atomated Auditory Brainstem Response

서 론

출생 시부터 3세까지는 언어와 청각 신경로의 발달과 더불어 가족과의 정서적 교감의 성립에 있어서 가장 중요한 시기로 이 시기의 청력 소실은 매우 치명적인 결과를 초래할 수 있다¹⁾. 청각과 언어의 발달은 생후 3개월경 소리에 반응하고 울음소리에

서 시작해서 6개월에는 화자의 음성을 구별할 수 있게 되며, 웅얼어와 같은 자신의 음성을 갖고 놀기 시작한다. 생후 12개월이 시작되면서 간단한 말을 인지하고 자신의 이름을 이해하고 모방하기 시작한다. 그러나 청각소실을 가진 유소아 난청 아동들은 이 기간 동안에 웅얼어나 음성놀이가 일시적으로 나타났다가 사라지게 되고 점차 발성을 위한 조음기관의 협응력이 떨어지고 왜곡된다. 그러므로 조기에 난청 정도의 진단과 그에 따른 재활 과정은 유소아 난청아의 사회화, 언어 및 구어 능력에 특히 더 중요하다²⁾.

유소아 난청은 인구 1,000명당 1-6명 정도에서 중등도 이상의 난청을 나타내는 비교적 흔한 질환으로 이 중 대부분이 신생

접수 : 2005년 3월 17일, 승인 : 2005년 5월 6일

책임저자 : 목지선, 좋은문화병원 소아과

Correspondence : Ji Sun Mok, M.D.

Tel : 051)630-0714 Fax : 051)633-8552

E-mail : bara4726@naver.com

아기에 발생한다³⁾. 특히 신생아 집중 치료실에 입원하였던 경우에는 100명당 2-4명의 발생을 보고하고 있다. 신생아 난청은 현재 모든 신생아에서 선별검사가 시행되고 있는 선천성 대사이상 질환들을 포함한 것보다도 높은 유행률을 보이나, 신생아 난청에 대한 선별검사는 체계적으로 이루어지지 못하고 있다⁴⁾.

소아과와 이비인후과 전문의, 청각사 등 다양한 분야의 전문가들로 구성된 Joint Committee on Infant Hearing(JCIH)은 생후 3개월까지 모든 신생아들에 대한 선별 검사를 시행하고 청력 소실 환아들에 대해서는 생후 6개월까지는 진단을 위한 추가적 검사를 완결하고 상담 및 재활을 시작하도록 권고하고 있다⁵⁾.

1993년에 발표한 National Institutes of Health(NIH)에 의해 발표된 합의문에 의하면 모든 신생아에 대하여 생후 3개월 전에 청력 선별 검사를 시행하도록 권고하고 있다. 선별검사는 유발이 음향방사검사(evoked otoacoustic emission, EOAE)와 뇌간유발반응검사(auditory brainstem response, ABR)를 이용한 두 단계의 방법을 권유하고 있다⁶⁾.

저자들은 좋은 문화병원 신생아실에서 2003년 5월 20일부터 시작하여 2004년 5월 19일까지 1년간 신생아 1,718명에 대한 신생아 청력 선별검사에 대한 결과를 평가하여 보고한다.

대상 및 방법

1. 대상

2003년 5월 20일부터 2004년 5월 19일까지 본원 신생아실에 출생한 신생아 2,755명 중 보호자의 동의하에 신생아 선별 청력 검사를 실시한 1,718명의 신생아를 대상으로 하였다.

2. 방법

Natus사의 ALGO-3를 이용하여 자동뇌간유발반응검사를 시행하였다. 검사결과의 정확성과 표준화를 위해 1명의 담당 간호사가 전담하여 실시하였다. 건강한 신생아는 집으로 가기 직전에 시행하였으며, 신생아실에 입원한 환아는 질환이 회복되어 퇴원하기 1-3일 전에 시행하였다. 35 dB를 이용하여 검사를 하고 검사결과 통과한 경우는 'pass', 통과하지 못한 경우는 'refer'라고 하고 첫 번째 검사에서 'refer'가 나온 경우 1개월 뒤에 재검사를 시행하였다. 재검사에서 'refer'가 나온 경우에는 동아대학교병원 난청클리닉에 진원하여 정밀검사를 통해 난청을 확인하였다.

3. 통계분석

난청의 위험요소가 있는 집단과 없는 집단 사이에 'refer'가 나올 확률의 차이는 SPSS 10.0으로 분석하였고 chi square test를 사용하였다. P값이 0.05 이하인 경우를 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

1. 자동뇌간유발반응검사를 시행한 전체 신생아의 결과

전체 대상아 1,718명 중 'pass'군과 'refer'군 사이의 분만형태, 출생체중, 임신주수는 차이가 없었다(Table 1). 첫 번째 검사에서 1,673명이 'pass' 되었고, 45명은 'refer'가 나왔으며 'refer'가 나온 경우는 전체 검사 건수의 2.6%에 해당되었다.

2. 'refer'가 나온 신생아의 결과

난청의 위험요소가 있는 신생아는 총 273명(16%)이었으며 이중 첫 번째 검사에서 'refer'가 나온 경우는 10명이었다. 위험요소의 분포로는 안면부 기형이 2례, 저출생체중아가 3례, 고빌리루빈혈증이 6례 그리고 청각에 영향을 미칠 수 있는 약제의 투여가 7례에 해당되었다. 반면 난청의 위험요소가 없는 신생아는 총 1,445명(84%)이었으며 이중 35명이 첫 번째 검사에서 'refer'가 나왔다. 난청의 위험요소가 있는 집단이 없는 집단과 비교하여 'refer'가 나올 확률이 통계학적으로 의미가 없었다($P=0.3317$) (Table 2).

3. 1개월 뒤 재검사에 대한 결과

'refer'가 나온 경우 1개월 뒤 재검사를 권유하였고, 이중 78%인 35명이 재검사를 받았으며 10명은 재검사를 거절하였다. 재검사를 받은 35명 중 29명(82.9%)은 'pass' 되었고, 6명(17.1%)은 재검사에도 'refer'가 나왔다. 재검사에서 'refer'가 나온 경우

Table 1. Distribution of Mode of Delivery, Body Weight and Gestational Age of Screening Test between Refer Group and Pass Group

	Pass group No(%)	Refer group No(%)
Mode of delivery		
Cesarean section	686(41)	16(36)
Vaginal delivery	987(59)	29(64)
Total	1,673	45
Body weight*	3,152±598 (1,036-4,920)	3,063±562 (1,350-4,040)
Gestational age*	38±2 (26-41)	38±2 (28-41)

*Data expressed as mean ± standard deviation (median)

Table 2. Comparison of Screening Test between Risk Group and Non-Risk Group

	Risk group, No(%)	Non-risk group, No(%)
Pass group	263(96.3)	1,410(99.6)
Refer group	10(3.7)*	35(2.4)
Total	273	1,445

*P value : 0.3317 compared with non-risk

Table 3. High - Risk Indicator for Hearing Loss

Checklist of high-risk indicators for hearing loss in children from birth to 24 mo of age. These indicators are red flags and may assist physicians in referring children for audiologic testing

Birth to 28 d

- Family history of sensorineural hearing loss(SNHL), presumably congenital
- In utero infection associated with SNHL(eg. toxoplasmosis, rubella, cytomegalovirus, herpes, syphilis)
- Ear and other craniofacial anomalies
- Hyperbilirubinemia at levels requiring exchange transfusion
- Birth weight less than 1,500 g
- Bacterial meningitis
- Low Apgar scores : 0-3 at 5 min; 0-6 at 10 min
- Respiratory distress(eg. meconium aspiration)
- Prolonged mechanical ventilation for more than 10 d
- Ototoxic medication(eg, gentamicin) administered for more than 5 d or used in combination with loop diuretics
- Physical features or other stigmata associated with a syndrome known to include SNHL(eg, Down syndrome, Waardengurg syndrome)

29 d to 24 mo

- parental or caregiver concern about hearing, speech or language, and/or developmental delay
- Any of the newborn risk factors listed above
- Recurrent or persistent OME for at least 3 mo
- Head trauma with fracture of temporal bone
- Childhood infectious disease associated with SNHL(eg, meningitis mumps, measles)
- Neurodegenerative disorders(eg, Hunter syndrome) or demyelinating diseases(eg, Friedreich ataxia, Charcot-Marie-Tooth syndrome)

Adapted with permission from Joint Committee on Infant Hearing Year 2000 position statement : principles and guidelines for early hearing detection and intervention

난청 클리닉에 의뢰하여 정밀검사를 시행한 결과 6명 모두 난청으로 진단되었으며, 이는 전체 신생아 1,718명 중 0.35%(1,000명당 3.5명)에 해당되었다.

고 찰

정상 유아들의 사회화 과정 속에 우선적으로 중요한 역할을 하는 것은 언어이다. 이를 통해 자신의 의사와 감정의 표현과 함께 상대방의 음성언어를 반복하여 청취함으로써 화자의 말의 뜻을 이해하고 깨닫게 된다.

선천성 난청이나 신생아기에 발생한 청력장애는 신생아 1,000명당 1-6명이 발생한다고 보고가 있으며, 특히 신생아 집중치료실의 입원하였던 경우에는 100명당 2-4명에 해당한다는 보고도 있다⁷⁾. 또한 난청의 가족력이 있는 경우에는 50%에서 난청이 발생한다고 한다⁸⁾. 선천성 대사장애질환 중 정부에서 이미 신생

아 선별검사 항목으로 지정된 선천성 갑상선 기능저하증과 페닐케톤유리아(PKU)는 각각 약 4,000명당 1명과 7,000명당 1명 정도 발생하는 것으로 알려져 있는데, 선천성 난청이나 신생아기에 발생한 청력장애는 모든 선천성 대사 장애 질환을 합한 것 보다 20배 이상 발생빈도가 높으나⁹⁾, 신생아 난청에 대한 선별검사는 체계적으로 이루어지지 못하고 있다.

미국 로드아일랜드주의 Vohr⁹⁾가 미국에서 처음으로 신생아 청력 선별검사의 중요성을 알리고 시행한 이후로 여러 조기진단 프로그램이 개발되어왔다. 1993년 NIH에 의해 발표된 합의문에 의하면 신생아 집중치료실에 입원한 신생아는 퇴원 전에 그리고 모든 신생아는 생후 첫 3개월 전에 반드시 신생아 청각 선별검사를 시행하여야 한다고 규정하였고¹⁾, 1994년 JCIH에서도 비슷한 규정을 언급하였다¹⁰⁾. 1997년 American Speech-Language-Hearing Association에서는 모든 신생아는 생후 3개월 전에 청각선별검사를 시행 받아야 하는 것에 추가하여 청각 장애가 발견된 아이들이 생후 6개월 이전에 치료를 받아야 한다고 규정하였고 또한 청각 선별검사를 통과하였다고 하더라도 난청의 고위험군에서는 만 3세에 청각에 대한 재평가를 받아야 한다고 규정하고 있다⁵⁾.

1999년 미국 소아과학회에서는 모든 신생아에게 신생아 청각 선별검사를 시행하도록 규정하였고, 35 dB 이상의 청각장애를 걸러내야 하며, 위양성률을 3% 이하로 위음성률을 0%가 되도록 하며, 확진을 위해 정밀검사를 하는 referral rate를 4%가 넘지 않도록 선별검사를 시행하도록 지시하였다^{8, 11)}. 본 연구에서도 'refer' 비율이 2.6%였으며 1개월 뒤 재검사에서 'refer'가 나와 정밀검사를 의뢰한 경우가 총 1,718명 중 6명으로 0.35%였으며, 앞에서 언급한대로 위양성률은 3% 이하, 청각장애를 확진받기 위해 정밀검사를 의뢰하는 경우 4% 이하가 되어야 한다는 조건에 합당한 결과를 얻었다.

2000년 JCIH서는 생후 3개월까지 모든 신생아들에 대한 선별검사를 시행하고 청력소실 환아들에 대해서는 생후 6개월까지는 진단을 위한 추가적 검사를 완결하고 상담 및 재활을 시작하도록 권고하고 있고 난청의 위험인자를 제시하였다^{5, 6)}(Table 3). 본 연구에서 난청의 고위험 요소는 난청의 가족력이 있거나, TORCH 감염 등 주산기 감염이 있는 경우, 안면부 기형이 있는 경우, 저출생체중아, 고빌리루빈혈증, 세균성내막염, 청각에 영향을 미칠 수 있는 약제의 투여, 청각 장애를 동반하는 선천성 기형, 장기간 기계적 환기요법을 받은 경우, 출생 시 중증의 신생아 가사가 있었던 경우이다. 선천성 청력장애가 있는 신생아들 중 50%는 위험 인자를 보이지 않고 있어 위험인자를 근거로만 선별검사를 시행할 경우 많은 수를 놓칠 가능성이 높다^{12, 13)}. 본 연구에서도 위험요소가 있는 군과 없는 군 사이에 'refer'가 나올 확률이 통계학적으로 의미가 없었다. 또한 신생아 청각 선별검사를 통하여 양측 혹은 한쪽의 영구적 난청여부, 전도성 난청 또는 감각성 난청 여부, 30-40 dB 이상의 난청을 발견하는데 목표를 두고 있다¹⁵⁾.

현재 미국에서는 37개주에서 태어나는 모든 신생아에게 청력 선별검사를 시행하도록 법으로 규정하고 있고, 선진국에서도 점차 증가추세이다⁵⁾. 중등도 이상의 난청이 유소아에서 처음으로 진단되는 나이는 평균 2.5세로 이러한 진단시기의 지연은 대부분의 경우에서 난청이 있음에도 어느 정도의 큰소리에도 반응을 보이므로 부모들이 아이의 행동이나 언어 표현의 이상을 민감하게 감지하지 못하는 것이 원인중 하나이다^{13, 14)}. 최근 동물 실험 결과에 따르면 말초성 청력 소실이 중추청각신경계의 비정상적인 발달을 초래한다고 보고하고 있다¹⁵⁾. Yoshinaga-Itano²⁾에 의하면 선천성 난청을 가진 유아들 중 생후 6개월 이전에 진단되어 청력 재활 훈련을 시작한 경우 그 이후에 진단된 경우보다 의사소통의 형태에 관계없이 언어와 인지 능력의 발달이 우월하다고 하였다.

선별검사로 이용되기 위해서는 5가지 조건을 만족하여야 한다. 첫째, 방법이 간단하면서 민감도 및 특이도가 높아야 하고 둘째, 다른 임상 소견으로는 진단이 불가능하며 셋째, 진단된 후에는 적절한 처치가 가능하고 넷째, 조기 진단 및 처치로 인하여 최종결과와 호전이 있으면서 마지막으로 비용-효율적으로 합당하여야 한다⁸⁾. 현재 일반적으로 사용되는 신생아 난청검사방법으로는 유발이음향방사검사와 뇌간유발반응검사가 있다. 유발이음향방사검사는 비침습적으로 와우의 외유모세포의 기능을 측정하는 방법으로 내이 및 와우에서 발생하는 음향을 외이도에 설치한 소형의 마이크로폰으로 받아내어 측정하므로 주변소음, 외이나 중이의 귀지나 이물, 중이병변, 삼출물이 차 있는 경우 영향을 받을 수가 있고, 생후 첫 24시간에 시행할 경우 referral rate가 5-20%에 해당된다. 또한 이 검사는 외유모세포 기능장애의 동반이 없는 청각신경병증이나 신경전도장애는 알아낼 수 없다¹⁹⁾. 선천성 난청으로 진단받은 아이들의 3.5% 정도가 청각신경병증으로 알려져 있다⁴⁾. 반면 뇌간유발반응검사는 이어폰에서 나오는 소리로부터 만들어진 뇌파를 두피에 부착한 세 개의 전극으로 받아내어 검사하는 것으로 아기가 조용한 상태이거나 잠을 자는 상태에서 검사를 해야지만 중이나 외이의 이물질에는 영향을 받지 않는다. 또한 결과분석을 위한 전문가가 필요치 않고 특이도가 거의 100%로 선별검사에서 통과되면 검사 당시 심한 청력소실이 없다고 할 수 있는 점과 검사시간이 짧고 비침습적이며 이동성이 있는 장점이 있다^{17, 18)}. 뇌간유발반응검사는 내이, 청신경, 청각뇌간경로를 모두 선별할 수 있어 말초성 청력 소실이 동반되지 않는 청각신경병증이나 신경전도장애를 알아낼 수 있다¹⁹⁾. 뇌간유발반응검사를 이용할 경우 referral rate는 4% 미만이다²⁰⁻²²⁾. 반면 제한점으로는 저주파수 대역이나 매우 높은 주파수에서의 청력 소실에는 민감도가 떨어지고 청각 신경장애의 진단을 위해서는 유발이음향방사검사를 같이 시행해야 한다는 것이다¹⁷⁾.

감각신경성 난청으로 진단되면 바로 보청기와 언어재활 치료를 시작해야 한다. 25 dB 이상 정도의 난청도 보청기로 도움을 받을 수 있으며 보통 어린이에게는 귀걸이형이 가장 보편적으로

쓰이고 있다. 보청기로 청력개선이 어려운 경우에는 인공와우이식술을 고려하여야 한다. 최근 연구에 따르면 인공와우이식술을 시행받은 환자 중 80%가 구술적 방법으로 의사소통이 가능하였으며, 3세 이전에 와우 이식술을 받은 경우가 그 이후보다 언어 능력의 발달에 있어서 더 좋은 결과를 보였다고 한다^{23, 24)}.

본원에서 검사한 전체 신생아 1,718명 중 6명이 선천성 난청 또는 신생아기에 발생한 청력 장애로 확진되었으며, 이는 신생아 1,000명당 3.5명에 해당된다. 선천성 난청 또는 신생아기에 발생한 청력장애가 이렇게 흔하게 발생하는 질환임에도 불구하고, 겉으로는 증상이 나타나지 않기 때문에 일상생활에서나 정기적인 진찰에서는 발견하기 어렵고 치료시기를 놓치기 쉬운 질환이다. 따라서 본 연구가 신생아 청각 선별검사의 필요성과 난청의 조기발견에 관심을 기울일 수 있는 계기가 되어 향후 신생아 청각 선별검사가 신생아의 필수 검사가 될 수 있도록 법적 제도적 근거가 마련되기를 바란다.

요 약

목적 : 출생 후 3세까지는 언어와 청각신경로의 발달의 가장 중요한 시기로 신생아 청력 선별검사를 통해서 선천성 난청의 조기 진단은 청력 손실로 인한 언어장애를 최소화 하고 언어 발달을 위한 재활 교육의 기회를 제공하여 정상적인 언어 생활을 하는데 중요한 역할을 하게 된다. 우리나라에는 아직 충분한 통계가 없지만 미국의 경우 정상 신생아의 1,000명당 2-7명이 선천성 영구적 난청을 가지고 태어나는 것으로 알려져 있고, 2세 이전에 난청이 발견되어 치료하지 않는다면 언어발달의 중요한 시기를 놓치게 되어 행동장애나 학습장애를 초래하게 된다. 이 연구는 신생아 청력 선별검사를 통해 신생아 난청의 빈도를 파악하여 신생아 청력검사의 중요성을 알리고자 한다.

방법 : 2003년 5월 20일부터 2004년 5월 19일까지 좋은문화병원에서 출생한 신생아 2,755명 중 부모의 동의를 얻은 1,718명을 대상으로 생후 1개월 이내 내간유발반응검사(AABR, ALGO-3)를 이용하여 35 dB의 소리를 주어 시행하였다. 난청의 위험요소가 있는 군과 위험요소가 없는 군으로 구분하였고 1차 청력검사에서 통과된 경우 'pass'군 통과되지 않는 경우 'refer'군으로 하였다. 생후 1개월내 청력검사에서 'pass'되지 않았으면 1개월 뒤에 재검사를 받도록 하였고 재검사에서 'refer'가 나온 경우 난청 클리닉에 의뢰하여 난청을 확진하였다.

결과 : 총 1,718명 중 'pass'군과 'refer'군 사이의 분만형태 출생체중 재태연령에는 차이가 없었다. 1차 검사에서 'refer'가 나온 경우는 총 45명(2.6%)이었으며 이중 35명이 재검사를 받았으며 10명은 재검사를 거절하였다. 재검사한 35명 중 6명(17.0%)이 재검사를 통과하지 못하였고 모두 선천성 난청으로 진단되었다. 이는 전체 검사자 1,718명의 0.35%(1,000명당 3.5명) 해당되었다. 'refer'군에서 한 가지 이상 위험요소가 동반되는 경우는 45명 중 10명(22.2%) 'pass'군에서 위험요소가 있는 경우는

1,673명 중 263명(15.7%)으로, 위험 요소가 있으면서 'refer'가 나온 군이 위험요소가 없으면서 'refer'가 나온 군과 비교했을 때 통계적으로 의미가 없었다.

결론 : 본 연구의 결과는 신생아기의 난청의 빈도가 1,000명당 3.5명으로 외국 통계와 비슷한 것으로 나타났으며, 이는 선천성 대사질환보다 월등히 빈도가 높으며, 태어나는 신생아에서 반드시 신생아 청력선별검사를 해야 할 것으로 사료된다.

References

- 1) National Institutes of Health. NIH Consensus Statement. Early identification of hearing impairment in infants and young children. Washington, DC: National Institutes of Health; 1993:1-24.
- 2) Yoshinaga-Itano C. Efficacy of early identification and early intervention. *Semin Hear* 1995;16:115-23.
- 3) Denoyelle F, Marlin S, Weil D, Moatti L, Chauvin P, Garabedian EN, et al. Clinical features of the prevalent form of childhood deafness, DFNB1, due to a connexin-26 gene defect: implications for genetic counselling. *Lancet* 1999;17:1298-303.
- 4) Mehl AL, Thomson V. The Colorado Newborn Hearing Screening project, 1992-1999: On the Threshold of Universal Newborn Hearing Screening. *Pediatrics* 2002;109:1-8.
- 5) Joint Committee on Infant Hearing. Year 2000 Position Statement: Principles and Guidelines for Early Hearing Detection and Intervention Programs. *Pediatrics* 2000;106:798-817.
- 6) Cunningham M, Cox EO. Hearing assessment in infants and children: recommendations beyond neonatal screening. *Pediatric* 2003;111:4-36-40.
- 7) Arehart KH, Yoshinaga-Itano C, Thomson V, Gabbard SA, Brown AS. State of the states: the status of universal newborn screening, assessment, and intervention systems in 16 states. *Am J Audiol* 1998;7:101-4.
- 8) American Academy of Pediatrics Task Force on Newborn and Infant Hearing. Newborn and infant hearing loss: detection and intervention. *Pediatrics* 1999;103:527-30.
- 9) Vohr BR, Carty LM, Moore PE, Letourneau K. The Rhode Island Hearing Assessment Program: experience with statewide hearing screening(1993-1996). *J Pediatr* 1998;133:353-7.
- 10) Joint Committee on Infant Hearing. 1994 position statement. *Pediatrics* 1995;95:152-6.
- 11) Erenberg A, Lemons J, Sia C, Trunkel D, Ziring P. Newborn and infant hearing loss: detection and intervention Academy of pediatrics Task Force on Newborn and Infant Hearing, 1998-1999. *Pediatrics* 1999;103:527-30.
- 12) Mauk GW, White KR, Mortenson LB. The effectiveness of screening programs based on high-risk characteristics in early identification of hearing impairment. *Ear Hear* 1991;12:312-9.
- 13) Harrison M, Roush J. Age of suspicion, identification and intervention for infants and young children with hearing loss: a national study. *Ear & Hearing* 1996;17:55-62.
- 14) Mehl AL, Thomson V. Newborn hearing screening: the great omission. *Pediatrics* 1998;101:1-6.
- 15) Moore DR. Postnatal development of the mammalian central auditory system and the neural consequences of auditory deprivation. *Acta Otolaryngol Suppl* 1985;421:19-30.
- 16) Vohr BR, Oh W, Stewart EJ, Bentkover JD, Gabbard S, Lemons J, et al. Comparison of costs and referral rates of 3 universal newborn hearing screening protocols. *J pediatr* 2001;139:238-44.
- 17) Erenberg S. Automated auditory brainstem response testing for universal newborn hearing screening. *Otolaryngol Clin North Am* 1999;32:999-1007.
- 18) Van Straatan HL, Groote ME, Oudesluys-Murphy AM. Evaluation of an automated auditory brainstem response infant hearing screening method in at risk neonates. *Eur J Pediatr* 1996;155:702-5.
- 19) Shimizu H, Walters RJ, Kennedy DW, Allen MC, Markowitz RK, Luebker FR. Crib-o-gram vs. auditory brain stem response for infant hearing screening. *Laryngoscope* 1985;95:806-10.
- 20) Kerschner JE, Meurer JR, Conway AE, Fleischfresser S, Cowell MH, Seeliger E, et al. Voluntary progress toward universal newborn hearing screening in Wisconsin. Presented at the SENTAC Annual Meeting. New Orleans 2004; 68:165-74.
- 21) Clemens CJ, Davis SA, Bailey AR. The false-positive in universal newborn hearing screening. *Pediatrics* 2000;106:1-5.
- 22) Stewart DL, Mehl DL, Hall JW, Thomson V, Hamlett J. Universal Newborn Hearing Screening with Automated Auditory Brainstem Response: A multisite Investigation. *J Perinatol* 2000;20:S128-31.
- 23) Waltzman SB, Cohen NL, Green J. Long-term effects of cochlear implants in children. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;126:505-11.
- 24) Hassanzadeh S, Farhadi M, Daneshi A. The effects of age on auditory speech perception development in cochlear-implanted prelingually deaf children. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;126:524-7.