

Diagnosis of Middle Ear Effusion in Neonate and Infant: Pitfalls of Conventional Impedance Audiometry Using 226 Hz Probe Tone

Kyu-Hee Han and Jun Ho Lee

Department of Otorhinolaryngology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

영유아 삼출성 중이염의 진단: 226 Hz 음을 이용한 통상적인 임피던스 청력검사의 함정

한 규 희 · 이 준 호

서울대학교 의과대학 이비인후과학교실

Received April 15, 2012

Accepted June 20, 2012

Address for correspondence

Jun Ho Lee, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology,
Seoul National University

College of Medicine,

101 Daehak-ro, Jongno-gu,

Seoul 110-744, Korea

Tel +82-2-2072-2445

Fax +82-2-745-2387

E-mail junlee@snu.ac.kr

Middle ear effusion is one of the most common causes which results in refer on hearing screening of infants. Evaluation of middle ear state has been emphasized because the causes and severity of hearing impairment determine the manner of rehabilitation. As a complimentary diagnostic method of middle ear effusion, tympanometry using 226 Hz probe tone has been most commonly used in adult and older children. However, recent reports have indicated obviously that the use of a 1000 Hz tympanometry is more reliable in younger infants and neonates than 226 Hz. This attributes to the developmental changes in acoustic properties and anatomic changes of middle ear structures and ear canal. Given the data reported up to the present, 1000 Hz tympanometry is recommended to diagnose middle ear effusion in children younger than 6 months.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2012;55:410-4

Key Words Impedance audiometry · Infants · Middle ear · Neonate · Tympanometry.

서 론

삼출성 중이염을 진단하는 데 있어 여러 가지 방법이 쓰이고 있으나 가장 중요한 것은 역시 이경 혹은 현미경 등을 이용하여 육안으로 직접 확인하는 것이다. 외이도가 좁아 귀지 등이 시야를 가리는 경우가 많으므로 가능한 귀지를 완전히 제거하고 고막을 관찰하는 것이 중요하다. 전통적으로 통기 이경(pneumatic otoscope)이 gold standard로 여겨지지만 협조가 잘 되지 않는 영유아에서는 현실적으로 사용하기가 쉽지 않다. 특히 신생아에서 이경 검사는 관찰자마다 결과에 차이가 많아 27%에서 많게는 85%까지 일치하지 않는 결과가 나올 수 있다.^{1,2)} 그 이유는 실제로 신생아의 고막 소견은 운동성이 감소되어 있고, 흐릿하며, 고막의 색깔도 붉거나 회색이며, 고막의 두께 또한 두꺼우며, 광추(cone of light)도 흐릿하다는 점이 일반적인 삼출성 중이염의 소견과 구분이 잘 안 될 수 있

다는 점이다.³⁾

이를 보완하기 위하여 통상적으로 중이 내 상태 평가를 위해 임피던스 청력검사(impedance Audiometry)를 종종 체크하게 된다. 성인과 소아에서는 226 Hz를 이용한 고실도(tympanometry)가 확립된 방법으로 널리 쓰여왔다. 그러나 신생아나 영유아에서는 외이도와 중이가 성인과는 다른 물리학적 특성을 보이기 때문에 저주파인 226 Hz를 이용한 고실도가 중이 상태를 정확히 평가하지 못한다는 보고들이 많다. 예를 들어, 6개월 이전의 어린 유아에서는 검진상 삼출성 중이염이 확인 되었어도 226 Hz probe tone을 사용해서 고실도를 측정할 경우 정상소견인 type A가 나오는 경우(위양성)가 대부분이며,⁴⁻⁶⁾ 반대로 정상 귀임에도 불구하고 고실도에서 비정상 패턴을 보이는 경우(위양성)도 있다.⁷⁾ 따라서, 영유아에서 중이의 상태를 평가할 때 226 Hz probe tone을 이용한 통상적인 고실도 검사 결과에 의존하는 데에 특히 주의가 필요하 다 하겠다.

영유아에서 226 Hz probe tone을 이용한 통상적인 고실도 검사로 인한 위음성의 경우 다음과 같은 문제점들을 야기할 수 있고, 실제로 저자들은 임상 현장에서 그러한 문제점들을 경험해 왔다. 첫째, 영유아에서 삼출성 중이염의 존재가 신생아청각 선별검사의 위양성률을 높이는 주원인인 것은 잘 알려진 사실이다. 따라서, 세계적으로 각 나라에서도 신생아청각선별검사가 활성화되면서 refer되어 오는 영유아에 대한 정확한 진단은 매우 중요하며, 필수적인 사항이 되어가고 있다는 점이다. 둘째, 영유아에서 청력 감소가 의심되어 시행된 통상적인 고실도 검사 결과가 위음성이면서(A형), 기도 청성유발반응(air conduction auditory brainstem response)으로 난청이 발견되었을 때에, 난청의 원인이 태어날 때부터 갖고 있었던 감각신경성 난청이라는 잘못된 검진 결과를 영유아 부모에게 전달할 수 있고, 그로 인한 보호자의 스트레스 또한 상당할 수 있다. 또한, 난청의 정도가 심한 경우 실제로는 환기관 삽입 혹은 보청기로 재활이 가능한 범위인 혼합성 난청임에도 불구하고, 추후 와우 이식 등의 조언을 듣게 될 수 있다. 따라서, 정확한 중이 상태의 진단은 매우 중요하며, 영유아 환자의 청력 재활 방법의 선택에 많은 영향을 미치게 된다.

고주파 임피던스 청력검사의 유용성

신생아나 어린 유아에서는 외이도와 중이의 다른 물리학적 특성으로 정확한 평가가 어려워, 연구자에 따라 대상은 다르나 4개월에서 7개월 이하의 유아에서는 226 Hz 고실도 유용성이 떨어지고, 1000 Hz tympanometry가 더 효율적이라는 결과들이 나와 있다.

Paradise 등⁹⁾은 10일부터 5세까지 280명의 소아를 대상으로 한 연구 결과를 발표하면서 처음으로 7개월 미만의 소아에서 고실도의 사용에 대해 의문을 제시하였다. Keefe와 Levi⁷⁾ 역시 7개월 미만에서 226 Hz 고실도의 유용성이 떨어진다고 하였다. 그러나 이 연령대 이하에서 이뤄진 연구는 드물다. Baldwin 등⁸⁾은 5개월 미만의 유아에서 226 Hz를 이용한 임피던스 청력검사의 가치가 떨어지고 1000 Hz를 시행해야 한다는 결론을 내렸고, Kei 등¹⁰⁾과 Margolis 등⁹⁾은 신생아에서 1000 Hz 고실도가 유용하다는 결과를 보여 주었다. 그러나 이들 연구들 역시 나이에 따른 추적관찰 결과를 보여주지는 않고 있어, 신생아부터 2세까지 연령에서 나이에 따른 가이드라인은 아직 명확하게 마련되어 있지 않다.

연령에 따른 결과를 보여준 최근의 연구로서, Alaerts 등¹¹⁾에 의한 보고에서는 3개월 이내에는 1000 Hz를 사용하는 것이 좋으며, 9개월까지도 임상적으로 유용성이 있다고 하였다. 이에 따라 3개월보다 어린 소아에서는 항상 1000 Hz 고실도를, 3개

월에서 9개월 사이에는 1000 Hz 고실도를 먼저 시행하고 fail 결과를 보이는 경우에는 226 Hz를 다시 시행하는 두 단계 검사 방법을, 9개월 이후에는 항상 226 Hz 고실도를 이용하는 가이드라인을 제안하였다.

영유아와 성인 귀의 차이점

중이 시스템은 외부 공기와 내이 림프액 사이의 임피던스 변환기로써 작용한다. 임피던스 측정은 바로 정량의 소리에너지가 제대로 중이로 전달되거나 반사되는지를 분석하여 중이강 내의 기능 상태를 평가하는 것이다. 고실도의 진폭과 위상은 중이의 각 부분과 서로 다른 성질들이 특정 소리의 전달 및 반사에 얼마나 기여했는지에 따라 달라진다.

1000 Hz 고실도가 영유아에서 중이 상태를 더 민감하게 반영하는 기전에 대해서는 아직까지 뚜렷하게 밝혀지지 않았다. 성인과 신생아의 중이 시스템은 해부학적 그리고 음향학적 차이가 있는데, 생후 수개월 동안 중이와 외이도에 일어나는 발달 상의 변화가 영향을 미치는 것으로 생각된다.

어드미턴스(admittance, Y, 임피던스의 역수)는 컨덕턴스(conductance, G)와 서셉턴스(susceptance, B)에 의해 결정된다($Y=G-jB$). 컨덕턴스는 시스템의 마찰 성분을 의미한다. 서셉턴스는 컴플라이언스(compliance)와 질량(mass) 성분의 상호작용으로 스프링에 매달린 추와 같은 시스템으로 작용한다. 고막, 정원창, 이소골 인대, 중이 근육, 외이도, 중이 내의 공기는 컴플라이언스, 즉 경직성(stiffness)에 해당하는 요소로 스프링과 같은 움직임으로 압축과 팽창을 하면서 진동을 전달하는 반면, 이소골, 중이 유양동 내 공기는 질량(mass)에 해당하는 요소로 압축, 팽창 없이 덩어리로서 움직인다. 중이 시스템은 공명주파수보다 낮은 주파수에서는 경직성에 좌우되는(stiffness-controlled) 시스템이 되며, 이보다 높은 주파수에서는 질량에 좌우되는(mass-controlled) 시스템이 된다.¹²⁾

성인 중이의 평균 공명 주파수는 약 900 Hz로 650~1400 Hz 사이의 공명주파수를 가진다. 226 Hz probe-tone을 이용할 경우 성인의 귀는 경직성에 좌우되는 시스템이 되고, 질량과 마찰의 효과는 무시할 정도가 되어 중이의 어드미턴스는 컴플라이언스와 거의 같아진다. 즉 컴플라이언스를 잘 반영할 수 있게 되며 정상인 경우 전형적으로 단일 정점을 가지는 고실도 결과를 보인다.

신생아 중이의 공명주파수는 성인보다 훨씬 낮으며, 약 4개월 경에 성인과 같은 수치에 도달한다.⁶⁾ 생후 초기 수개월 동안 일어나는 변화로 인해 중이 시스템은 질량에 주로 좌우되는 시스템에서 경직성에 좌우되는 시스템으로 변화한다. 초기의 연구들은 이러한 음향학적 특성의 차이 때문에 저주파 이용시

중이 상태를 평가하기 어려울 것이라 예상하였다.

생후 초기의 중이 시스템은 여러 가지 해부학적인 요인에 의해 질량에 주로 영향을 받는 시스템이 되는데, 그 요인으로는 미성숙한 연골 상태의 이소골과 고막륜(annulus fiber), 연골성의 외이도, 중이 강 내의 간엽조직, 고막과 와우 사이의 이소골 연결이 덜 단단한 점 등이다.^{6,7)} 시간이 지남에 따라 외이도와 중이강의 크기가 증가하고, 고막륜의 융합, 뼈의 밀도변화와 간엽 조직의 소실로 인한 전체적인 중이 질량의 감소, 이소골 연쇄 관절의 조임(tightening), 등골과 고막륜의 긴밀한 결합, 골성 외이도 형성 등의 변화가 일어나게 된다.

이러한 영향으로 인해, 중이 소리 전달 시스템은 질량(mass)에 주로 영향을 받는 시스템에서 성인과 같이 경직성(stiffness)에 주로 좌우되는 시스템으로 변화하게 된다.^{6,13)} 이에 따라 중이 공명주파수는 초기에 저주파였다가 성숙에 따라 점차 고주파로 변화하게 된다. 질량과 경직성에 대한 주파수 반응이 차이가 나기 때문에 질량 부분은 고주파 probe tone을, 경직성 부분은 저주파 probe tone을 더 민감하게 평가할 수 있는 것이다.⁶⁾

신생아나 영아의 외이도가 성인에 비해 신축성이 훨씬 크기 때문에 생기는 현상이라고 설명하기도 한다. 골성 외이도는 약 1세 경까지 완전히 완성되지 않기 때문에 성인보다 컴플라이언스가 크고 말랑말랑하다. 통기 이경을 사용하거나 고실도를 측정할 때 가하는 압력이 고막 뿐만 아니라 외이도 벽도 움직이게 할 수 있기 때문에 중이의 상태를 정확하게 반영하기 어렵다는 것이다. 또한 220 Hz에서 660 Hz 주파수 범위에서는 외이도가 움직일 뿐만 아니라 공명에 의해 증폭되기 때문에 중이의 공명과 외이도의 공명이 구분이 어려워진다.⁷⁾ 그러나 생후 한 달 정도면 압력에 의한 외이도 내경의 변화가 미미하고, 압력에 의한 외이도의 움직임과 저주파로 측정했을 때 성인과 다르게 복잡하게 나타나는 고실도의 모양이 서로 상관관계가 없어 외이도의 특성만으로 고실도의 차이를 설명하기는 충분하지 않다는 연구도 있다.¹³⁾

고주파 임피던스 청력검사의 적용

현재까지의 연구들은 주로 정상치에 대한 데이터를 모으는 단계로 영유아 연령에서 1000 Hz 고실도의 유용성에 대해서는 이견이 없으나 삼출성 중이염 진단의 민감도와 특이도에 대해서는 아직 좀 더 많은 자료가 필요하다.

가장 초기의 연구로 1986년 Marchant 등¹⁾은 660 Hz probe tone을 이용하여 5개월 미만의 유아를 대상으로 서셉턴스 고실도를 측정하였으며, 서셉턴스의 정점이 0 mmho 이하일 경우를 삼출성 중이염이 있는 것으로 판단하였을 때 0.94 이상의 민감도를 보인다고 하였다. Harris 등¹⁴⁾은 1세부터 10세까지 중

이 삼출물이 의심되는 21명의 환자들을 대상으로 통상적인 저주파 고실도와 multi-frequency tympanometry를 시행하여 비교하였으며, gold standard로 통기 이경 검사 소견과 고막 절개술을 시행한 결과를 보았다. 226 Hz의 저주파 고실도는 80%의 민감도를 보였으나 1000 Hz에서는 100%의 민감도를 보였으며, 특이도는 각각 100%, 54%였다.

좀 더 많은 수를 대상으로 한 연구로는 TEOAE, 골도/기도 청성유발반응검사, 청력검사의 추적관찰 등을 종합하여 일시적 전음성 난청(즉, 중이 삼출물로 인한 전음성 난청)이라고 판단된 그룹과 그렇지 않은 그룹에서 고실도 결과를 비교한 것으로서 2주부터 21주의 영유아 200여 명을 대상으로 하였다.¹⁴⁾ 226 Hz를 사용하였을 때 두 그룹 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았으며 대부분 정상인 A형 결과를 보여 중이 삼출물 진단에 민감도는 약 2%에 지나지 않았다. 반면 678 Hz와 1000 Hz를 이용하였을 때 중이 삼출물이 있다고 판단된 그룹에서는 대부분 “Trough-shaped”(음의 peak admittance)를 보였으며 민감도는 각각 95%, 99%였고, 특이도는 83%, 89%였다.

가장 최근의 연구는 Zhiqi 등¹⁵⁾이 시행한 것으로 multi-frequency tympanometry와 전산화단층촬영 소견을 비교한 연구이다. 생후 42일부터 6개월까지의 영아 52명을 대상으로 하여 영상 소견과 226 Hz, 1000 Hz 고실도 결과를 비교하였다. 1000 Hz는 중이삼출물 진단에 있어 무려 98.08%의 일치율을 보였으나, 226 Hz는 25%에 그치는 결과를 보였다. 특히 전산화단층촬영에서 중이염 소견을 보이는 군에서 226 Hz 고실도는 77%에서 A형을 나타냈고, 겨우 3.51%에서만 B형으로 중이 삼출물을 진단해 내는 결과를 보여 이 연령군에서 226 Hz는 유용하지 못하고, 1000 Hz를 사용하는 것이 가장 적합한 선택이라는 결론을 내렸다.

어느 연령까지 고주파 probe tone을 사용하여야 하는지는 아직 자료가 부족한 상태이다. 중이 공명주파수가 성인 수치에 이르는 시기는 약 4개월 경이며,⁶⁾ 신생아와 성인 귀의 소리 에너지 전달이나 어드미턴스 측정치의 차이는 4개월까지 뚜렷하고 6개월 정도에는 차이가 없어지는 것으로 알려졌다.^{7,13)} 그러나 6개월 이후의 연령에서는 226 Hz probe tone의 유효성을 확인하기 위해 좀 더 추적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

위와 같은 연구 결과를 종합하여 영국의 newborn hearing screening에서는 6개월 이하에서 1000 Hz의 고주파를 이용한 어드미턴스 고실도(admittance tympanometry)를 사용할 것을 권고하고 있으며, Joint committee on infant hearing 2007에서 역시 선별검사에서 재검 결과를 받은 6개월 미만의 유아에서 1000 Hz의 고주파를 이용한 고실도를 시행할 권고안을 발표한 바 있다.

결론

영유아 삼출성 중이염의 진단에 있어 검진만으로 진단이 어려운 경우 226 Hz보다는 1000 Hz probe tone을 이용한 고주파 임피던스 청력검사가 진단에 도움이 된다. 아직 병변이 있는 귀를 대상으로 한 연구와 유용하게 쓰일 수 있는 연령대의 상한선에 대한 자료가 부족하지만, 적어도 6개월 이하의 영유아에서는 반드시 고려되어야 한다. 현재 우리 나라의 많은 의원, 종합병원, 특히 대학병원에서도 이러한 조건이 갖추어져 있지 않은 현실을 감안할 때 영유아에서 통상적인 226 Hz 저주파 고실도를 이용한 중이 상태의 진단 결과 해석에 주의하여야 할 것이다.

서울대학교병원의 경험

서울대학교 어린이병원에 내원한 1개월에서 25개월 연령의 영유아 총 41명(81귀)을 대상으로 226 Hz, 1000 Hz 고실도를 시행하였다. 평균 나이는 8.12 ± 5.76 개월이었으며 이들을 3개월 간격으로 5개의 그룹으로 나누어 비교하였다(0~3, 4~6, 7~9, 10~12, 13개월 이상). 이내시경 검사, TEOAE, DPOAE, 골도/기도 청성유발반응검사 소견을 종합적으로 평가하여 중이와 고막 상태의 정상, 비정상 여부를 판단하였으며, 77귀에서 가능

하였고, 정상여부를 판단할 수 없거나 고막천공이 있는 귀는 제외하였다. 61귀(79.2%)는 정상, 16귀(20.8%)는 비정상으로 판단되었다. 고실도는 통상적인 226 Hz 임피던스 청력검사에서는 사용하는 visual admittance 분류법(Liden and Jerger)(Table 1)¹⁰⁾과 Marchant(modified by Baldwin)의 분류법에 따라 각각 평가하였으며, 이를 중이 상태와 나이에 따라 비교, 분석하였다. 변형된 Marchant의 방법은 그래프의 -400에서 +200 daPa 사이에 기저선을 그은 다음 정점의 방향이 기저선의 위, 아래에 오는가에 따라 정상, 비정상을 구분하는 방법이다(Fig. 1).⁸⁾

총 44명의 환자에서 87귀가 포함되었으며, 남녀 비율은 같았다. 평균 나이는 7.9개월로 최소 1개월부터 최대 30개월까지 포함되었으며, 3개월 간격으로 그룹을 나누어 분석하였다. 삼출성 중이염의 판정은 83귀에서 가능하였고, 삼출성 중이염이 없는 정상귀 64귀, 삼출성 중이염이 있는 19예의 귀가 포함되었다. 두 환자에서는 감각신경성 난청의 동반, 검진기록의 부족으로 삼출성 중이염 여부를 판단할 수 없어 분석에서 제외되었다.

Visual admittance 분류법과 Marchant 방법에 따라 고실도를 분석하였을 때 226 Hz에서는 두 방법 간에 차이가 없었고, 1000 Hz에서는 비정형으로 분류된 2예 중 1예만이 비정상으로 재분류되었고 나머지는 역시 두 분류법에서 동일한 결과를 보였다. 여기서 1000 Hz에서는 Marchant 방법에서 indeterminate로 분류된 한 예를 제외하고 다음 분석을 진행하였다.

Table 1. Tympanogram types according to the visual admittance classification system¹¹⁾

226 Hz	1000 Hz	Description
A	1	Tympanogram with a single peak and TPP around 0 daPa
B	2	Flat sloping tympanogram (no distinct peak, $Y_{ME} < 0.2$ mmho and/or $TW \geq 200$ daPa)
C	3	Tympanogram with a single peak and $TPP < -150$ daPa
D	4	Double-peaked tympanogram with TPP around 0 daPa
Du	4u	Double-peaked tympanogram with $TPP < -150$ daPa (under pressure)

TPP: tympanometric peak pressure

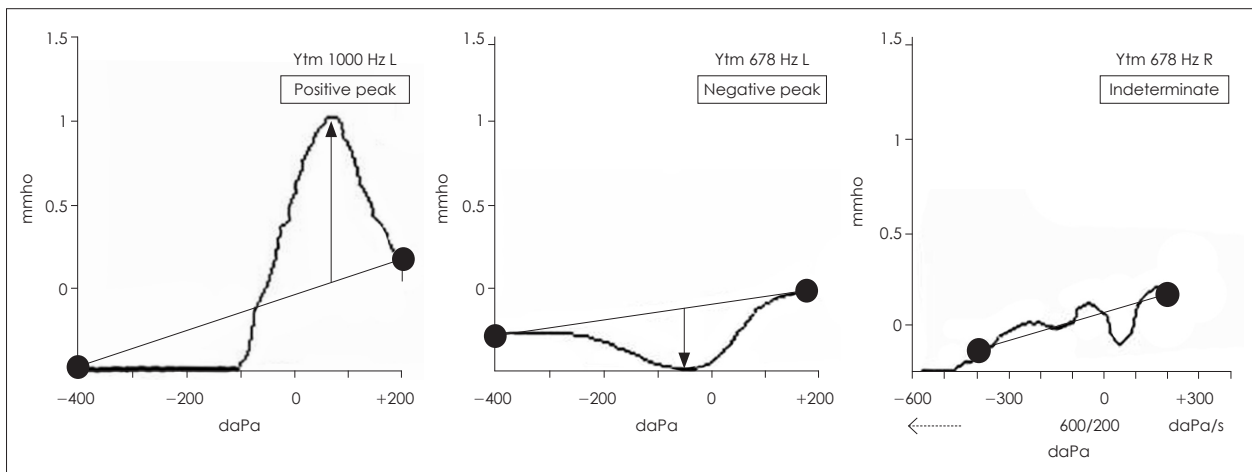


Fig. 1. Tympanogram classified by method adapted from Marchant, et al. The positive peak is classified as normal and negative peak is abnormal.^{1,8)}

비정상적으로 진단된 귀는 모든 연령군이 1000 Hz에서는 100%의 민감도를 보였으나, 226 Hz에서는 31.6%로 낮은 민감도를 보였다. 나이에 따라 분석하였을 때, 나이가 어릴수록 비정상임에도 불구하고 정상 결과로 나타나는 비율이 높은 경향을 보였다 ($p=0.046$).

정상적으로 진단한 귀에서는 226 Hz, 1000 Hz 각각 98.4%, 86.9%의 특이도를 보여 두 주파수 모두 대부분 정상으로 판단하였으나 226 Hz에서 좀 더 우수한 결과를 보였다.

민감도와 특이도를 연령군에 따라 나누어 구해 보았을 때, 1000 Hz 고실도는 12개월까지 높은 민감도와 특이도를 유지하였으며, 13개월 이후의 나이군에서는 226 Hz가 1000 Hz보다 높은 민감도와 특이도를 보였다. 10~12개월의 군에서는 두 주파수 모두 만족할 만한 민감도와 특이도를 보였다.

REFERENCES

- 1) Marchant CD, McMillan PM, Shurin PA, Johnson CE, Turczyk VA, Feinstein JC, et al. Objective diagnosis of otitis media in early infancy by tympanometry and ipsilateral acoustic reflex thresholds. *J Pediatr* 1986; 109(4):590-5.
- 2) LaRossa MM, Mitchell S, Cardinal JW. Tympanometry as a screening tool in the NICU: is it effective? *Neonatal Netw* 1993;12(8):33-5.
- 3) Cavanaugh RM Jr. Pneumatic otoscopy in healthy full-term infants. *Pediatrics* 1987;79(4):520-3.
- 4) Paradise JL, Smith CG, Bluestone CD. Tympanometric detection of middle ear effusion in infants and young children. *Pediatrics* 1976;58(2):198-210.
- 5) Shurin PA, Pelton SI, Klein JO. Otitis media in the newborn infant. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85(2 Suppl 25 Pt 2):216-22.
- 6) Meyer SE, Jardine CA, Deverson W. Developmental changes in tympanometry: a case study. *Br J Audiol* 1997;31(3):189-95.
- 7) Keefe DH, Levi E. Maturation of the middle and external ears: acoustic power-based responses and reflectance tympanometry. *Ear Hear* 1996;17(5):361-73.
- 8) Baldwin M. Choice of probe tone and classification of trace patterns in tympanometry undertaken in early infancy. *Int J Audiol* 2006;45(7): 417-27.
- 9) Margolis RH, Bass-Ringdahl S, Hanks WD, Holte L, Zapala DA. Tympanometry in newborn infants--1 kHz norms. *J Am Acad Audiol* 2003;14(7):383-92.
- 10) Kei J, Mazlan R, Hickson L, Gavranich J, Linning R. Measuring middle ear admittance in newborns using 1000 Hz tympanometry: a comparison of methodologies. *J Am Acad Audiol* 2007;18(9):739-48.
- 11) Alaerts J, Luts H, Wouters J. Evaluation of middle ear function in young children: clinical guidelines for the use of 226- and 1,000-Hz tympanometry. *Otol Neurotol* 2007;28(6):727-32.
- 12) Lantz J, Petrak M, Prigge L. Using the 1000-Hz probe tone to measure immittance in infants. *Hearing Journal* 2004;57(10):34-42.
- 13) Holte L, Margolis RH, Cavanaugh RM Jr. Developmental changes in multifrequency tympanograms. *Audiology* 1991;30(1):1-24.
- 14) Harris PK, Hutchinson KM, Moravec J. The use of tympanometry and pneumatic otoscopy for predicting middle ear disease. *Am J Audiol* 2005;14(1):3-13.
- 15) Zhiqi L, Kun Y, Zhiwu H. Tympanometry in infants with middle ear effusion having been identified using spiral computerized tomography. *Am J Otolaryngol* 2010;31(2):96-103.