소음부서 근로자의
선별청력검사로서의
자동화된 변조이음향방사의 유용성

연세대학교 대학원

의 학 과

유 신 영

소음부서 근로자의
선별청력검사로서의
자동화된 변조이음향방사의 유용성

지도교수 이원상

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2004년 6월

연세대학교 대학원
의 학 과
유 신 영

유신영의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2004 년 6월

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 시종일관 세심한 지도와 지극한 관심으로 이끌어 주신 이원상 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

그리고 바쁜 시간 속에서도 지도와 교열의 노고를 베풀어 주신 정명현 교수님, 노재훈 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

또한 연구의 진행에 있어 수고를 아끼지 않은 동료 오정훈에게 감사를 표하며, 여러 배려를 아끼지 않은 연세대학교와 건양대학교 이비인후과 교실원 여러분께도 감사의 마음을 전합니다. 마지막으로 항상 든든한 후원자이신 부모님께 사랑을 표하고 싶습니다.

저 자 씀

차 례

국문요약 ····· 1

Ⅰ. 서론 ····· 2

Ⅱ. 연구방법 ····· 5

Ⅲ. 결과 ····· 7

1. 소음 측정 결과 및 피검자의 일반적 특성 ····· 7

2. 변조이음향방사 및 순음청각검사 시행결과 ····· 7

3. 근로기간에 따른 청각검사결과 ····· 9

4. 추적관찰 후의 청각검사결과 ····· 9

Ⅳ. 고찰 ····· 10

Ⅴ. 결론 ····· 15

참고문헌 ····· 16

영문요약 ····· 19

그 림 차 례

그림 1. 근로기간에 따른 의뢰율(refer rate)의 변화 ····· 9

표 차 례

표 1. 일반적인 난청기준을 적용시 변조이음향방사 결과 ····· 8

표 2. 소음성 난청의 주파수 특성을 고려시 변조이음향방사 결과 ····· 8

국문요약

소음부서 근로자의 선별청력검사로서의 자동화된 변조이음향방사의 유용성

산업화가 진행됨에 따라 소음성 난청 환자는 매년 증가하고 있으며 예방이 최우선인 것은 잘 알려진 사실로 본 연구에서는 소음부서 근로자를 대상으로 자동화된 변조이음향방사를 시행하여 소음성 난청의 선별검사로서의 가능성을 알아보고자 하였다.

소음부서에 근로자 300명을 대상으로 각각 자동화된 변조이음향방사와 순음청각검사를 시행하여 민감도와 특이도를 구하였으며 이중 1년 이상 추적관찰이 가능하였던 40명을 대상으로 동일한 검사를 시행하여 검사결과를 비교하였다.

소음성 난청의 주파수 특성을 고려한 경우 자동화된 변조이음향방사의 민감도와 위음성율은 각각 91%, 9%였으며, 근로기간에 따른 청각변화는 통계학적 유의성을 보였다. 하지만 1년 추적 관찰시 통계학적으로 유의한 변화는 없었다.

소음부서 근로자에게 청각 선별 검사로서의 자동화된 변조이음향방사는 소음성 난청의 주파수 특성을 고려하여 양성 판정 기준을 조절시에 선별검사로서의 가치가 있을 것으로 생각한다.

핵심 되는 말 : 변조이음향방사, 선별검사, 소음성 난청

소음부서 근로자의 선별청력검사로서의 자동화된 변조이음향방사의 유용성

<지도교수 **이 원 상**>

연세대학교 대학원 의학과

유 신 영

I. 서 론

우리나라의 산업보건 실정상 1999년도 특수건강진단 결과 전체 유소견자 1,794명중 소음성 난청 유소견자의 수는 1,056명으로 가장 많은 58.9%를 차지하였으며 작업환경 측정 결과 유해인자별 초과 사업장의 수와 비율을 보면 다른 유해인자에 비해 소음초과 사업장의 수가 매년 월등히 많았으며 2000년 상반기의 측정결과는 기준치 이상의 소음 초과 작업장이 28.8%로 소음성 난청의 발생은 계속 증가할 것으로 사료되어 이에 대한 보다 적극적인 관리가 요구된다고 하겠다.[1]

그러나 소음성 난청은 300인 미만의 제조업에서 주로 발생하기 때문에 소음 감소를 위한 작업공정개선에 자금을 투자하기가 쉽지 않고[1], 보호구 착용지도 관리가 소음성 난청 예방사업의 거의 대부분인 우리

나라 산업보건 실정을 감안하면 소음성 난청의 효율적인 관리를 기대하기란 매우 어려운 상황이다. 따라서 의료인이 예방적인 차원에서 본다면 짧은 시간에 민감도, 특이도가 높은 선별검사를 시행함으로써 소음성 난청의 조기발견을 통한 올바른 지도만이 난청환자의 발생률을 낮출 수 있는 유일한 방법이라 생각한다.

변조이음향방사는(DPOAE) 음자극에 의해 와우 내의 외유모세포의 수축, 진동의 능동적 기전에 의해 발생되는 음 에너지로서 청신경으로 전달될 뿐 아니라 중이를 거쳐 외이도로 전달되어 나타난다. 또한 와우의 기능을 객관적으로 관찰할 수 있고 검사가 신속하며 표준순음청각검사보다 청력의 변동에 민감하여 매우 작은 음향적 손상도 측정할 수 있는 검사이며 정상 청력인 에서 DPOAE는 90%이상 발현된다.[2,3,4,5,6]

더구나 초기 소음성 난청 환자의 대부분은 고음역대의 특이 주파수가 조기에 저하되는 특징이 있으므로 DPOAE의 주파수 특성은 난청환자의 조기 선별검사에 있어서 어떤 역할을 할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

최근 자동화된 변조이음향방사 검사기기가 시판되어 이를 이용한 신생아의 청각선별검사가 시행되고 있으며[7,8] 이 기기를 이용하면 단순화된 조작을 통하여 검사과정을 단축시킬 수 있고 숙련된 검사 자가 아니더라도 검사를 시행할 수 있는 장점이 있다. 따라서 이 기기를 사용하여 소음성 난청의 위험이 높은 작업장에 근무하는 근로자의 조기 선별검사로서 가치가 있을 것이다.

본 연구의 목적은 소음성 난청 환자에 대한 DPOAE의 특징을 파악

하고 결과를 순음청각검사와 비교하여 소음성 난청환자의 선별검사로서의 가능성을 알아보기 위해 시행하였다.

II. 연 구 방 법

예비조사를 통하여 배경소음이 80dB Sound pressure level(SPL) 이상 노출될 가능성이 있는 충청지역 모 정비공장의 근로자 300명을 대상으로 근로기간 등의 설문지 조사를 시행하였으며, 이들을 대상으로 순음청각검사와 자동화된 변조이음향방사를 동시에 시행하였다.

소음측정에 사용된 기기는 보통소음계로 소음측정값은 등가소음레벨방법을 적용하여 다음의 (식1)에 따라 산출한 값으로 하였다.

(식1) $\mathrm{Log[dB(A)]}=16.61\log \frac{n1\times 10^{\frac{LA1}{16.61}}+n2\times 10^{\frac{LA2}{16.61}}....na\times 10^{\frac{LAa}{16.61}}}{T}$

단, T : 각 소음레벨 측정시의 발생시간 합

LAa : 각 소음레벨 측정치[dB(A)]

n : 각 소음레벨 측정치의 발생시간(분)

검사대상 근로자들은 이경 검사 에서 전음성 난청의 소견이 없는 정상고막을 가진 사람이어야 하며, 과거력 에서 중이염 또는 귀와 관련된 수술을 받지 않은 사람을 대상으로 하였으며 또한 변조이음향방사와 순음청각검사를 동시에 시행 받은 사람만을 결과에 포함시켰다.

순음청각검사기기는 Grason Stadler Institute(GSI)사 61 Clinical audiometer Model No. 1761이고, 변조이음향방사기기는 GSI사

AudioScreener이며 150명씩 나누어 각각의 group은 2, 4, 5kHz와 3, 4, 5kHz에서 검사를 시행하여 2kHz와 3kHz중 어느 주파수가 소음성 난청의 선별검사주파수로서 의미가 더 있는지 알아보았으며[9], 자극음으로는 Click음을 208회주었고, f1:f2의 비율은 1.2로 하였고 Signal to Noise ratio가 2또는 3kH에서는 7, 4kHz에서는 8, 5kHz에서는 5 이상이면 비정상으로 판정하여 3개의 주파수에서 2개 이상 비정상으로 판정시 최종 판정이 정밀 검사 의뢰(refer)로 판정되도록 설정하였다.[10,11,12]

이후 1년 후에 동일한 장소에서 동일한 기계와 동일한 검사자로 추적관찰이 가능하였던 40명의 피검자를 대상으로 순음청각검사와 변조이음향방사를 시행하여 1년 전과의 검사결과를 비교하였다.

통계학적 유의성 검증은 Paired t-test와 χ^2-test, ANOVA로 하였다.

III. 결　　과

1. 소음 측정 결과 및 피검자의 일반적 특성

작업장에서 소음 측정기를 이용하여 측정한 평균 소음은 82dB SPL 이었으며, 최대 측정치는 132dB SPL 까지 측정되었다. 피검자 300명의 평균 연령은 32.5±9.6세로서 19세부터 69세까지 분포하였고, 이들의 평균 근로기간은 9.2±8.1년으로서 대부분이 1일 평균 8시간을 근무하고 있었다.

2. 변조이음향방사(DPOAE) 및 순음청각검사(PTA) 시행결과

가. 일반적인 난청 기준으로 분석한 경우

총 300명, 600귀의 검사를 시행하였으며, DPOAE검사에서 451귀(75.2%)에서 pass, 149귀(24.8%)에서 refer되는 결과를 보였다.

이들에게 PTA를 시행하였을 때 25dB이상의 청력감소를 보인 경우는 32귀(5.3%)로서 이 경우에서 DPOAE의 민감도는 100%, 특이도 79.4%, 위양성율 20.6%, 위음성율 0%결과를 보였다. 좌·우측의 pass rate는 각각 75.7%와 75.0%로 양측이 유의한 차이가 없었다. (표1.)

표 1. 일반적인 난청기준을 적용시의 DPOAE의 결과

구 분	민감도	특이도	위양성율	위음성율
백분율	100%	79.4%	20.6%	0%

나. 소음성 난청의 주파수 특성을 고려하여 분석한 경우

4kHz에서 40dB 이상의 청력감소를 보인 것이 600귀중 77귀로 이중 DPOAE에서 pass가 된 것은 7귀(9.1%), refer가 된 것은 70귀(90.9%)였으며 pass가 되었던 7귀는 순음청각역치가 25dB이하의 정상 판정을 받았던 귀였으며 DPOAE상 한개의 주파수에서는 모두 refer로 나타났던 경우였다. (표2.)

분석 주파수를 2,3,4 kHz, 3,4,5kHz로 설정하여 어느 주파수가 보다 선별검사로서의 의미가 있는지를 알아보고자 했던 항목은 통계적으로는 유의한 차이가 없었다.

표 2. 소음성 난청의 주파수 특성을 고려한 경우

구 분	민감도	특이도	위양성율	위음성율
백분율	90.9%	100%	0%	9.1%

3. 근로기간에 따른 청각검사결과

근로기간이 길어질수록 평균 청각 역치, 4kHz에서의 청각역치, 변조 이음향방사에서의 refer rate 가 모두 통계적으로 유의하게 증가하였다.

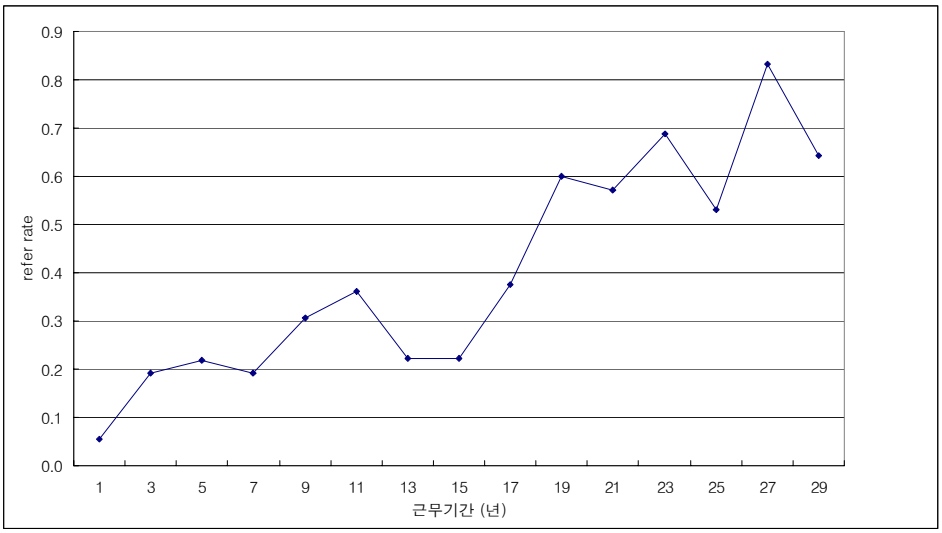

그림 1. 근로기간에 따른 의뢰율 (refer rate)의 변화(근무기간은 1년을 단위로 하였으며 통계적 분석은 x^2-test를 이용하였고 그 결과는 유의하였다.)

4. 추적 관찰 후의 청각검사결과

1년 후에 추적관찰이 가능하였던 피검자 40명에서 시행한 순음청각검사와 변조이음향방사를 1년 전과 각각 비교하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Ⅳ. 고 찰

변조이음향방사(DPOAE)를 이용한 선별검사도 일반적인 선별검사의 조건을 갖추어야 하며, 이는 검사의 민감도와 특이도가 좋아야하고 또한 결과판단기준이 객관적이야 하며 일정해야하고 짧은 검사 소요시간과 저렴한 비용 등이 그것이다.

이정학 등[11]에 의하면 DPOAE 측정시 소음 또는 약물중독과 관련하여 고주파수 영역에서의 와우기능을 평가하거나 집단 선별 검사가 목적이라면 방음실이 아니라도 조용한 방이면 측정이 가능하다고 하였으며, 이는 소음성 환경에서 검사의 효율성을 높이기 위한 근거가 된다고 하였으며 본 검사의 시행장소도 조용한 방에서 시행되었다.

정상인을 대상으로 각종 선별검사의 민감도, 특이도를 구하는 것은 쉽지 않아 본 연구에서는 작업장의 소음강도가 80dB SPL 이상으로 소음성 난청의 유병률이 높을 가능성이 큰 집단을 대상으로 하였으며 우훈영 등[12]에 의하면 Probe fitting 의 문제에 주의하면서 너무 낮지 않은 자극강도를 사용하면 동일 개체내 반복측정은 높은 신뢰도를 보이므로 외유모세포의 손상에 기인하는 선별검사의 경우 DPOAE 이용은 임상적 의의가 있다고 하였다.

이음향방사에 의해 청력역치를 알아보고자하는 여러 연구가 시도되었으며 DPOAE 강도는 상관관계가 일반적으로 높지 않지만 청각역치와 반비례하는 것으로 알려져 있으며 특히 청각 역치의 10%이내의

변화를 잘 반영하는 것으로 알려져 있다.

그러나 현재까지는 이음향방사만으로는 청각역치를 측정하는 것에는 문제점이 있으며 따라서 선별검사로 이용하는 경우 순음청각검사 검사대상자를 선정하기위한 효율적인 방법이라고 생각한다.

본 연구에서 측정한 주파수 분석점의 수는 3개였으며 분석점의 경우 검사의 민감도와 특이도에 큰 영향을 주지 않고 검사 효율성을 높일 수 있는 분석점의 수는 어느 정도인가 하는 문제가 대두되는데, Melnick[13]은 와우의 미세 변화까지 관찰하기 위해서는 최소한 4개 이상의 분석점의 수가 필요하다고 보고하였다.

본 연구는 기계장치 상 3개의 분석점을 설정하였는데, 3개의 분석점을 이용하여 시행한 신생아에게 있어 청력선별검사의 결과가 기존의 연구 결과와 차이가 없었으며 본 연구에서 각각 3kHz, 4kHz, 5kHz 또는 2kHz, 4kHz, 5kHz를 비교시 3kHz와 2kHz간의 차이는 발견되지 않았으므로 선별검사시 3개의 분석점을 이용하는 것에는 문제가 없다고 생각한다.

다음으로 민감도와 특이도를 살펴보면, 3개의 주파수에서 환자의 통과기준을 2개 이상의 주파수에서 이상소견이 나올 경우 정밀 검사 의뢰(refer)로 판정한 결과에서 일반적인 난청의 기준에 맞추어 시행한 민감도는 100%, 특이도 79.4%, 위양성율 20.6%, 위음성율 0% 이었으며, 4KHz 주파수 특성을 고려한 분석에서는 민감도 91%, 위음성율 9%로 나타났다.

DPOAE의 민감도와 특이도에 대한 다른 문헌 등을 살펴보면, 서영일[14]등은 감음신경성 난청에서 시행한 연구에서 민감도와 특이도를

1kHz에서 각각 96%, 75%, 4kHz에서 97%, 81%로 보고하였으며, 장선오[9]등은 신생아 중환자실 환아에서 입출력곡선을 이용한 연구에서 민감도와 특이도를 각각 100%, 63%로 보고하였으며, 다른 논문들도 이와 비슷한 결과를 보고하였다.[15]

이와 같은 결과를 볼 때 일반적인 난청의 기준에서 본다면 이 DPOAE기기는 민감도와 특이도면에서는 비록 조건을 달리한 상황 이였으나 DPOAE에 대한 기존의 연구결과에 뒤지지 않는 결과를 나타내어 선별검사로서의 가치가 있다고 판단한다.

그러나 4kHz에 가중을 둔 분석에서는 비록 청력이 정상 범위에 있다고는 하나 9%의 고주파수 영역의 난청 환자는 이 검사기기로는 판별하지 못하는 것으로 성인에서 주로 발생하는 난청초기의 변화를 기존의 방법으로는 모두 판별하지 못하는 한계점을 나타내었다. 따라서 소음성 난청에서의 주파수 특성을 고려하여 3 또는 4kHz 경우 어느 하나만이라도 이상소견이 나올 경우 양성 판정으로 하는 것이 검사의 민감도를 높일 수 있을 것이며 이와 함께 생기는 문제점인 효율성을 높이기 위한 여러 가지 방법들이 고안되어야 할 것이다.

소음성 난청의 발생에 있어 소음의 강도와 소음에 노출된 시간이 가장 중요한 요소로 작용한다는 것은 잘 알려진 사실이다.

일반적으로 소음에는 주로 와우의 코티기가 가장 민감한데 그 중 외유모세포의 입체선모(stereocillia)의 변성이 잘 유발된다. 이러한 변성은 소음의 강도와 기간에 영향을 많이 받는데 Lonsbury-Martin 등[4]에 의해 초기에는 대개 3kHz와 6kHz사이의 중주파수 범위에서 영향을 받고 진행할수록 저주파수와 고주파수 대역으로 파급된다고 알려

져 있다. 또한 소음성 난청이 근로기간이 길수록 위험성이 높아진다는 것은 잘 알려진 사실이다.

Cody 등[16]은 소음에 노출된 후 발생하는 와우의 변화는 개인 간에 차이가 있으며 주로 입체세포의 변성을 초래하고 일시적인 청력소실이 영구적인 청력소실보다 흔하다고 보고하였으며, Rachel Fraenkel 등[17]은 rat을 이용한 동물실험에서 Permanent threshold shift(PTS)에 대한 감수성은 연령에 차이가 없다고 하였다.

근로기간에 따른 발생 빈도에 대한 기존의 연구를 보면 Chung등[18]은 소음성 난청이 근로기간 1-2년 내에 대부분 발생한 다고 하였으나 Chon[19]은 9년 까지 급격히 증가하고 그 이후 경미한 증가를 보인다고 하였다.

본 연구에서는 DPOAE가 순음청각검사에는 나타나지 않는 소음성 난청의 초기변화를 발견할 수 있을 것인가를 알아보고자 소음성 난청의 가능성이 있는 환자의 전향적 관찰을 통하여 근로기간에 따른 청력의 손상정도와의 상관관계를 측정하려 하였으나, 300명의 대상자 중 12개월 후의 측정에서는 40명의 환자가 동일한 직장에 근무를 하여 그 대상자의 수가 급격히 감소하였으며 청각검사결과 또한 별다른 차이를 나타내지 못하여 그 상관관계를 밝히는 데는 미흡하였다.

하지만 추적 관찰 기간을 최소한 1년이 경과한 후에 하는 것이 바람직하다는 것을 추정할 수는 있을 것이다.

또한 Bob Davis 등[20]은 chinchilla를 이용한 동물실험에서 소음 노출후 외유모세포의 손상정도가 40%이상이 되어야 DPOAE의 결과가 일정하게 양성으로 나온다고 하였는데 최근 소음성 난청에 의한 청력

손상에 대한 인지도가 높아짐에 따라 보호구등의 각종 청력보존대책이 시행되면서 피검자들에 대한 청력소실이 발생하지 않은 것이 기존의 연구결과와 다르게 나온 것으로 해석할 수 있다.

V. 결　　론

소음부서 근로자의 청각 선별 검사로서의 자동화된 변조이음향방사는 소음성 난청의 주파수 특성을 고려하여 양성 판정 기준을 조절 시에 선별검사로서의 가치가 있을 것으로 생각한다.

VI. 참 고 문 헌

1) 오상용. 소음성난청 예방 프로그램 개발 . 한국산업안전공단 2002

2) 장선오,정하원,동헌종,정필상,노관택 정상청력인의 Click음에 대한 유발이음향방사. 대한 이비인후과학회지 1992;35(1):43-49

3) Avan P, Bonfils P. Frequency specificity of human distortion product otoacoustic emissions. Audio 1993;32:12-26

4) Martin GK, Ohlms LA, Franklin DJ, Harris FP, Lonsbury-Martin BL. distortion product emissions in humans.III. Influence of sensorineural hearing loss. Ann Otol Rhinol Laryngol 1990; 99(suppl 147):30-42

5) Lasky R, Perlman J, Hecox K. Distortion-product otoacoustic emissions in human newborn and adults. Ear Hear 1992;13(6): 430-441

6) Subramaniam M, Salvi RJ, Sponger VP. Change in distortion product otoacoustic emissions and outer hair cells following interrupted noise exposure. Hear Res 1994;74:204-16

7) 박홍준, 박기현, 오정훈, 이진석. TEOAE를 이용한 신생아 청각선별검사. 대한이비인후과 학회지 1999;42:565-9

8) Salata JA, Jacobson JT, Strasnick B. Distortion-product otoacoustic emissions hearing screening in high-risk newborns. Otolaryngol-

Head neck Surg 1998;118:37-43

9) 장선오, 최병윤, 황찬호, 안순현, 이명철. 신생아 중환자실의 고위험 난청군 환아를 대상으로 한 변조이음향방사의 3 kHz에서의 입/출력 곡선의 선별검사로서의 유용성. 대한이비인후과회지 2002;45:322-7

10) Martin GK, Franklin DJ, Harris FP, Ohlms LA, Lonsbury-Martin BL. Distortion-product emission in humans:III. Influence of hearing pathology. Ann Otol Rhinol Laryngol 1990;99(suppl 147):30-42

11) 이정학, 최정호, 신연재, 김용복, 박문서. 변조이음향방사의 측정과 관련된 청각외적 요인. 대한 이비인후과학회지 1997;40(1):49-55

12) 우훈영, 김영민, 김인범, 이종엽, 장혁기, 엄상화. 이음향방사에서의 검사/재검사 신뢰도분석. 대한이비인후과학회지 1998;41(12):1536-1539

13) Melnick W. Industrial hearing conservation. In:Katz J. Handbook of clinical audiology. 3rd ed. Baltimore: Waverly press ; 1985 :721-41

14) 서영일, 윤태현, 원준연, 정종우, 이광선. 정상 청력인과 감각신경성 난청 환자에서의 DPOAE의 측정. 대한이비인후과학회지 1997; 40(8):1197-1204

15) Sutton LA, Lonsbury-martin BL, Martin GK, Whitehead ML. Sensitivity of distortion product otoacoustic emissions in humans to tonal over-exposure: Time course of recovery and effects of lowering L2. Hear Res 1994;75:161-74

16) Cody AR, Robertson D. Variability of noise-induced damage in the guinea pig cochlea: Electrophysiological and morphological correlates after strictly controlled exposures. Hear Res 1983;9: 55-70

17) Rachel Fraenkel, Sharon Freeman, Haim Sohmer. Susceptibility of young Adult and Old Rats to noise-induced hering loss. Audiology neuro-otology 2003;8:129-139

18) Chung DK. Audiological evaluation of noise induced hearing loss. korean J Otolaryngol 1976;19:258-65

19) Chon KM. Noise-induced hearing loss and the individual susceptibility to the noise. Seoul Symposium 1995;5:201-24

20) Bob Davis, Qiu W, Roger P. The use of DPOAE in the estimation of hearing and sensory cell loss in noise-damaged cochleas. Hearing research. 2004;187:12-24

Abstract

The feasibility of automated Distortion product otoacoustic emission (DPOAE) as a screening auditory funtion test of workers under noisy enviroment

Shin-Young Yoo

Department of medicine

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Won-Sang Lee)

Object : Automated DPOAE was undertaken on the workers exposed to noisy enviroment to determined the feasibility of noise induced hearing loss as a screening test.

Method : Sensitivity and Specificity were analyzed by the experiments of both automated DPOAE and Pure tone audiometry conducting on the subject of 300 people work in noisy enviroment. Same experiments were examined and compared the results conducting on the subgroup of 40 workers in whom follow up study were available out of the 300 people.

Results : When considered the attributes of frequncy, sensitivity of automated DPOAE and false positive rate each were 91%, 9%.

Pass rete according to the period of service showed statistical significance although 1 year follow up period did not show the change of statistical significance.

Conclusion : Automated DPOAE appears to be feasible as a screening test when considered the atteributes of frequency and adjusted refer criteria.

Key words : automated DPOAE, screening test,
noise induced hearing loss.