

연령에 따른 순음청력역치와 어음인지역치의 변화

한림국제대학원대학교 청각학과¹ · 한림국제대학원대학교 청각언어연구소² · 어드밴스드바이오토크리아³

허영록^{1,3} · 이정학^{1,2} · 이경원^{1,2}

ABSTRACT

Effects of Age on Pure Tone Hearing Thresholds and Speech Recognition Thresholds

Young Rock Huh^{1,3}, Junghak Lee^{1,2} and Kyoung Won Lee^{1,2}

¹Department of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

²Institute of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

³Advanced Bionics Korea, Seoul, Korea

Pure-tone sensitivity and speech recognition measurements in quiet are vital components in audiologic evaluation. Pure-tone hearing threshold level increases in proportion to ages and affects speech recognition threshold (SRT). The purpose of this study was to find out the relationship between changes in pure-tone threshold averages (PTAs) and SRTs as a function of ages. Sixty adults (120 ears) with normal hearing, aged 20 to 69 years, were participated. SRTs were performed by IEC 60645-2, and used with Korean Standard bisyllabic word list for adults (KS-BWL-A). As a results, there were significantly correlated PTAs and SRTs. SRT, 0.49 dB/year, increased more fast compare to PTA, 0.34 dB/year. These finding suggested to be used as reference data for determining reliability of pure-tone audiometry for the elderly.

KEY WORDS : Pure-tone threshold average (PTA), Speech recognition threshold (SRT). Hearing threshold level, Aging effect, Audiologic evaluation

INTRODUCTION

현대 사회에서는 주로 귀의 해부학적 이상이나 병인적 이유, 직업성 소음 및 비직업적인 일상생활 내의 소음, 그리고 연령의 증가 등이 원인이 되어 난청이 발생한다. 통계청의 고령자통계자료(2011)에 따르면, 한국 사회가 빠르게 고령화되고 있어서 연령 증가에 따른 노인성 난청에 대해서 관심이 높아지고 있다. 노인성 난청은 연령이 증가함에 따라 청력역치(hearing threshold level, HTL)가 증가하는 현상을 의미하지만 피검자의 배경정보 및 청력평가만으로는 사회적 난청(social hearing loss)과의 구분이

어려우며, 이는 이전의 연구(Jerger et al., 1993; 원종욱 외, 1995; 이정학 외, 2003; 김성희 외, 2005)에서도 언급하였다.

건청인의 HTL이 연령에 따라 변화하는 것을 표준역치 이동(standard threshold shift)이라고 하며, 국제표준기구(ISO, International Organization for Standardization)에서는 연령과 소음노출 기간에 따른 HTL의 증가 정도를 표준화하여 소음성 난청의 판정 시 보정값으로 사용하고 있지만 연령의 증가에 따른 HTL의 변화는 인종에 따라 다르게 나타날 수 있다. 한국에서는 노화에 따른 HTL의 변화에 대해서 정태인(1969)을 시작으로 다양한 연구가 있었다. 하지만 원종욱 외(1995)의 연구에서 남성만을 대상으로 연구하였으며, 김성희 외(2005)의 연구에서는 성별, 연령별 그리고 지역적인 분포를 고려하지 않았다. 이정학 외(2003)의 연구에서는 남녀의 성비를 동일하게 구성하였고 연령은 1세 간격으로 HTL을 2 dB 단위로 측정하였으나 지역별 분포가 고르지 못하였다. 노화에 따른 HTL

논문접수일: 2012년 11월 03일

논문수정일: 2012년 12월 05일

게재확정일: 2012년 12월 11일

교신저자: 이경원, 135-841 서울 강남구 대치동 906-18

한림국제대학원대학교 청각학과

전화: (02) 2051-4951, 전송: (02) 3453-7833

E-mail: leekw@hallym.ac.kr

은 성별에 따라 다른 양상으로 나타나는데 Jerger et al.(1993)은 미국 내의 횡단적 HTL 자료 5개를 포함한 세계의 11개 자료를 분석했을 때 1000 Hz를 기준으로 여성은 저주파수, 남성은 고주파의 HTL이 상대적으로 높게 나타난다고 보고하였다. 이는 국내 연구(정태인, 1969; 라기양 & 박찬일, 1982; 김성희 외, 2005)와 일치하는 결과를 보였으나 이정학 외(2003)의 연구에서는 전반적으로 남성보다 여성의 HTL이 낮게 나타났다고 보고하여 차이를 나타냈다.

기본적인 HTL의 측정방법은 순음청력(pure-tone audiometry, PA) 검사와 어음인지역치(speech recognition threshold, SRT) 검사로 나눌 수 있다. PA 검사는 순음을 이용하여 50% 인지하는 가장 작은 소리의 크기를 의미하며, SRT 검사는 강강격 이음절어(spondee word)를 제시했을 때의 결과를 심리측정기능곡선(psychometric function curve)으로 나타냈을 때 50%를 인지하는 수치 또는 중앙치(median)의 값을 의미한다(IEC 60645-2, 1993). PA 검사의 결과는 각 레벨에서 제시되는 자극음의 강도를 제외하고는 순음이 갖는 모든 변수와 동일하다(Wilson & Strouse, 1999)는 보고에 의해 순음청력검사의 음압레벨(sound pressure level)은 국가 또는 인종의 특색에 따라 큰 차이를 보이지 않을 것으로 추정한다. 그리고 SRT 검사는 청각적 평가뿐 만 아니라 언어를 이해하는 의사소통 능력을 평가하기 위한 중요한 진단도구로써 사용할 수 있다. 그러나 SRT는 HTL과는 달리 제시하는 자극음으로 어음을 사용하고 있는데 서로 다른 국가에서 사용하는 어음의 주파수 스펙트럼은 그 차이가 유의미한 것으로 보고하지는 않았지만 서로 다른 특징(Byrne et al., 1994; von Hapsburg & Bahng, 2006; 이경원 외, 2008; 진인기 & 이재희, 2010)을 보이기 때문에 실제로 측정되는 SRT의 음압레벨은 국가마다 서로 다를 수 있다. 그리고 PA와 SRT 검사는 자극음의 차이만 존재하므로 매우 상관관계가 높게 나타난다. Katz(2002)에 의하면 500, 1000, 2000 Hz의 순음역치평균(pure-tone threshold average, PTA)과 SRT의 차이가 ± 6 dB 이내이면 검사의 신뢰도가 우수, $\pm 7-12$ dB이면 보통, ± 13 dB 이상이면 저조한 것으로 해석한다고 하였다. 영어권에서는 건청인의 경우 PTA보다 SRT가 8-10 dB 정도 낮은 결과를 보였고(Chaiklin & Ventry, 1964), 500, 1000 Hz의 평균과 SRT의 차이가 8-10 dB 라는 연구(Jahner et al., 1994)가 있어서 PTA와 SRT의 상관관계를 통해 HTL 검사 결과에 대한 신뢰도를 찾기 위한 노력이 있었다. 하지만 한국의 경우 연령에 따른 HTL, 그리고

SRT의 변화에 대한 연구가 부족한 실정이 이어서, 연령 증가에 따른 순음청력검사의 신뢰도를 판정할 때 어려움을 주고 있다.

PA 검사는 순음을 귀로 듣고 반응하는 것에 반해, SRT 검사는 어음을 귀로 듣고 뇌에서 뜻을 인지하여 따라 말하는 좀 더 중추신경계에 가까운 검사이다. 또한 세포나 신경이 노화되어 나타나는 노인성 난청은 순음을 탐지하는 것에 비해 어음을 인지하는 검사에 많은 영향을 준다. 이에 본 연구에서는 20세 이상 한국 성인의 성별, 연령 별 HTL과 SRT를 측정하여 연령이 증가함에 따라 발생하는 HTL과 SRT의 변화 추이를 알아보려고 하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상

연구대상은 한국에 거주하고 한국어를 모국어로 사용하는 20대(평균; 26.3세, 표준편차; 1.92), 30-40대(평균; 37.9세, 표준편차; 5.45), 50대 이상(평균; 58.8세, 표준편차; 5.04)에서 각각 20명(남: 10, 여: 10)을 포함하여 총 60명, 120 귀를 대상으로 하였다. 모든 피검자들은 설문지를 통하여 현재 및 과거의 이과적, 신경학적 병력사항이 없음을 확인하였고, 직업적으로 소음에 노출된 경험이 없음을 확인하였다. 순음청력 검사 결과 500, 1000, 2000 Hz의 평균인 PTA는 모두 20 dB HL 이하, 고막운동도 검사에서 모두 A-Type이었으며, 이경검사를 통해 외이 및 중이에 이상이 없음을 확인하였다.

2. 검사장비

대부분의 연구는 한림국제대학원대학교의 방음부스에서 시행하였지만, 50대 이상 5명은 일반 주택의 방에서 검사를 진행했다. 방음부스 내 주변소음은 소음계(Sound Level Meter; Bruel & Kjaer, Type-2260)로 1회 측정하였을 때 소음수준은 21.2 dBA이었다. 일반 주택의 경우, 집안 내 모든 가전기기의 코드를 뽑고, 매 검사 전 소음계로 측정하였을 때 3회 평균 소음 수준은 27.2 dBA이었다. 순음청력 검사에 사용된 청력검사기는 GSI-61(Gradson-Stadler), AA30 (Interacoustic), 헤드폰은 TDH-50을 사용하였으며 검사를 실시하기 전에 소음계(Bruel & Kjaer, Type-4152)와 인공 귀(artificial ear)를 이용하여 검사기 및 헤드폰의 보정을 실시하였다. 외이와 중이에 현재 이상이 없는지 확인하기 위해 이경검사기(Welch Allyn, 22860)와 고막운동도 검사기(Interacoustic, AT235h), SRT 검사는 한국산업표준 일반용 이음절어표

(KS-BWL-A) (조수진 외, 2008; 한국산업표준, 2009)를 녹음한 CD를 사용하였다.

3. 연구절차

1) 기본 청각검사

설문지 및 실험 동의서 작성 후 이경검사, 중이검사, PA 검사의 순으로 진행하였다. 설문지는 본인이 작성하도록 하였으며, 이경검사는 이상유무만 판단하여 이상이 없는 경우에만 중이 검사를 진행하였다. 중이검사는 고막운동도 검사기를 통하여 실시하였고, PA 검사를 통하여 청력역치와 쾌적역치(most comfortable level)를 측정 후 검사 결과지에 기록하였다. 검사 결과지에 있는 기준 역치는 PA 검사에서 나온 PTA를 5 dB 단위로 올림을 한 값으로 정의하였다.

2) SRT 검사

SRT 검사에서 사용한 연구 절차는 국제표준 IEC 60645-2(1993)에서 제안한 방법을 사용하였다. 첫 번째, 장비의 보정(calibration)을 실시하기 위하여 KS-BWL-A에 들어있는 1000 Hz 보정음을 사용하여 청력검사기의 VU 미터에 눈금을 0으로 일치시켜 KSA 이음절 강강격 단어의 크기를 보정하였다. 두 번째, 선별 과정으로 한국산업표준 일반용 이음절어표(KS-BWL-A, 조수진 외, 2008; 한국산업표준, 2009)의 목록을 임의대로 결정하여 쾌적수준에서 친숙화 과정을 진행하였다. 친숙화 과정을 마친 목록의 12개 단어 중 2개를 무작위로 지정하여 기준 역치를 기준으로 20 dB SL의 크기에서 들려주고, 정반응과 오반응을 O, X로 표기 하였다. 2개의 단어 중 한개 이상 맞으면 5 dB를 낮추어 목록 내 사용하지 않은 단어로 다시 들려주었다. 2개의 단어를 모두 오반응을 보이면 검사를 종료하고 해당 음압레벨을 기록하였다. 세 번째, SRT는 KSA 한국표준 이음절어표의 목록 중 임의대로 결정하여 쾌적수준에서 친숙화 과정을 진행하였다. 어음역치 선별과정에서 나온 음압레벨을 사용하여 친숙화 과정을 마친 목록의 12개 단어를 무작위로 들려주고 정반응 수를 검사지에 표기하였다. 이전 검사의 정반응률이 다음 검사 방식을 결정하는 방법을 사용하였으며, 정반응이 50%를 보인 경우 검사는 바로 종료하였다. 정반응이 50% 미만일 경우 본 과정에서 검사한 음압레벨보다 5 dB를 높이고, 50% 초과일 경우 5 dB를 낮추어 친숙화 과정을 포함한 세 번째 단계를 다른 목록으로 재검사 하였다. 50%의 경계를 찾는 것이므로 이전 검사의 결과와 재검사의 정반응률이 50%를 기준으로 이전 검사와 다르게 나오면 검사를

종료하고 결과를 검사지에 기록하였다. 마지막으로 검사지에 기록된 결과를 도대로 선형보간법(linear interpolation)을 사용하여 50%의 정반응을 나타내는 SRT를 계산하였다.

4. 분석방법

자료의 통계는 Windows용 SPSS(version 18.0)를 사용하였다. 성별과 연령에 따른 PTA와 SRT의 분석은 각각에 대해 반복측정 이원분산분석(2-way ANOVA with repeated measures)를 사용하였으며, 사후분석은 Bonferroni를 사용하였다. SRT와 PTA의 상관관계(correlation)를 보기 위해서 이변량상관계수로 분석하였다. 그리고 PTA 및 SRT의 연령에 따른 변화량과 성별과 연령에 따른 주파수별 HTL의 변화를 보기위해 각각에 대하여 회기분석(regression)을 사용하였다.

RESULTS

본 연구에서는 PTA 검사와 SRT 검사 방식을 통하여 성별과 연령의 분포를 고려한 60명, 120 귀에 대해 검사를 하고, 그에 따른 차이를 살펴보았다.

1. 성별과 연령에 따른 SRT

SRT는 20대(남; 1.0, 여; 2.5)에서 남성, 30-40대(남; 7.7, 여; 4.8)와 50대 이상(남; 17.2, 여; 16.9)에서 여성이 낮은 역치를 보였으며, 나이에 따라서 남녀 모두 연령에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 성별과 연령에 따른 SRT의 분산분석결과에서 성별에 따른 효과는 유의한 차이를 보이지 않았으나[F(1, 114) = 0.425, $p > .05$], 연령에 따른 효과는 유의한 차이를 나타냈으며[F(2, 114) = 108.758, $p < .05$], 성별과 연령에 따른 상호작용은 없었다[F(2, 114) = 2.135, $p > .05$]. 연령에 따른 효과가 유의미하게 나타나 사후분석을 실시한 결과, 20대, 30-40대, 그리고 50대 이상 모두 상호 간에 유의미한 차이를 보여($p < .001$) 연령이 증가함에 따라 SRT가 변화하는 것을 확인하였다. 연령대 별 SRT의 평균과 표준편차는 Fig. 1에 나타났다.

2. 성별과 연령에 따른 PTA

PTA는 20대(남; 2.3, 여; 2.8)와 50대 이상(남; 12.9, 여; 13.3)에서 남성, 30-40대(남; 6.3, 여; 4.4)에서 여성이 낮은 역치를 보였으며, 나이에 따라서는 남녀 모두 연령에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 성별과 연령에 따

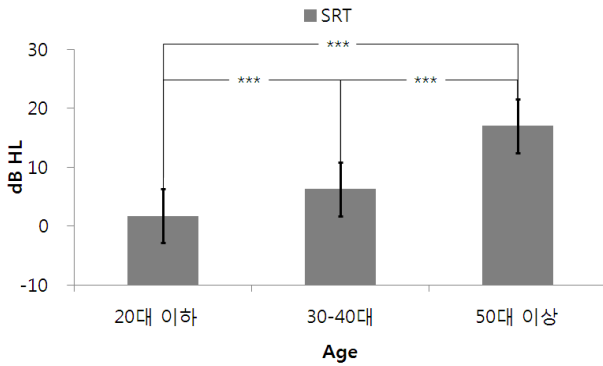


Figure 1. 연령대별 SRT의 평균과 표준편차(*** : $p < .001$)

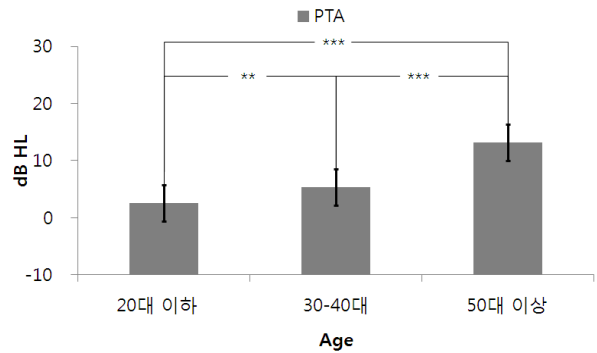


Figure 2. 연령대별 PTA의 평균과 표준편차(** : $p < .01$, *** : $p < .001$)

른 PTA의 분산분석 결과에서 유의확률 .05에서 성별에 따른 효과는 유의한 차이가 나타나지 않았으며 [$F(1, 114) = 0.149, p > .05$], 연령에 따른 효과는 유의한 차이를 나타냈으며 [$F(2, 114) = 77.556, p < .05$], 성별과 연령에 따른 상호작용은 없었다 [$F(2, 114) = 1.174, p > .05$]. 연령에 따른 효과가 유의미하게 나타나 사후분석을 실시한 결과, 20대와 30-40대 사이에서는 유의확률 .01에서 유의미한 차이를 보였으며 ($p < .01$), 20대와 50대 이상, 30-40대와 50대 이상에서는 유의확률 .001에서 상호간에 유의미한 차이를 나타냈다 ($p < .001$). 연령대 별 PTA의 평균과 표준편차는 Fig. 2에 나타내었다.

회기분석을 기준으로 PTA의 증가율은 0.34 dB/year의 증가율을 보이는 반면, SRT의 증가율은 0.49 dB/year의 증가를 보여 SRT가 PTA의 증가율보다 높게 나타났다. 또한 Fig. 3에서 알 수 있듯이 연령이 높을수록 증가율은 더욱 가파르게 상승하였다.

3. 주파수별 HTL과 SRT의 상관관계

SRT와 주파수별 HTL의 상관관계는 20대 ($r = .824, p < .001$)와 30-40대 ($r = .925, p < .001$)는 PTA와, 50대 이상은 4000 Hz ($r = .915, p < .001$)와 가장 상관관계가 높게 나타났다. 하지만 SRT와의 상관관계를 전체적으로 살펴보았을 때에는 PTA와 가장 높게 나타났다 ($r = .952, p < .001$). 주파수별 HTL과 SRT의 상관관계는 Table 1에 정리하였다.

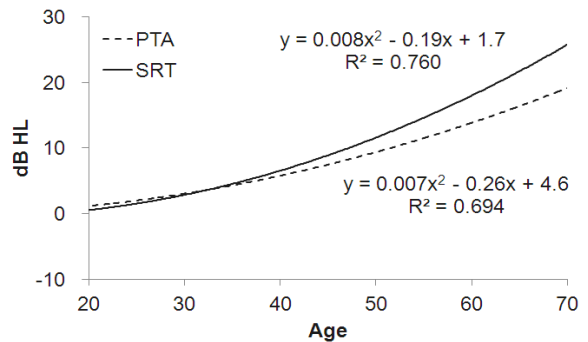


Figure 3. 연령의 증가에 따른 PTA와 SRT의 증가율

4. PTA와 SRT의 증가율

PTA와 SRT의 증가율은 Fig. 3과 같이 나타났다. 선형

5. 성별과 연령에 따른 주파수별 HTL의 증가율

성별과 연령에 따른 주파수별 HTL의 증가율은 Fig. 4와 같이 나타났다. 주파수별 HTL의 증가 형태는 남자와 여성 모두에게서 고주파수인 8,000 Hz의 증가가 가장 뚜렷하게 나타났으며 다음 4,000 Hz 순으로 나타났다. 성별

Table 1. 주파수별 HTL과 SRT의 상관관계

		250	500	1000	2000	4000	8000	PTA
S R T	20대	**	***	***	***	**		***
	30-40대	***	***	***	***	***	**	***
	50대 이상	**	**	***	***	***	***	***
	전체	***	***	***	***	***	***	***

** : $p < .01$, *** : $p < .001$

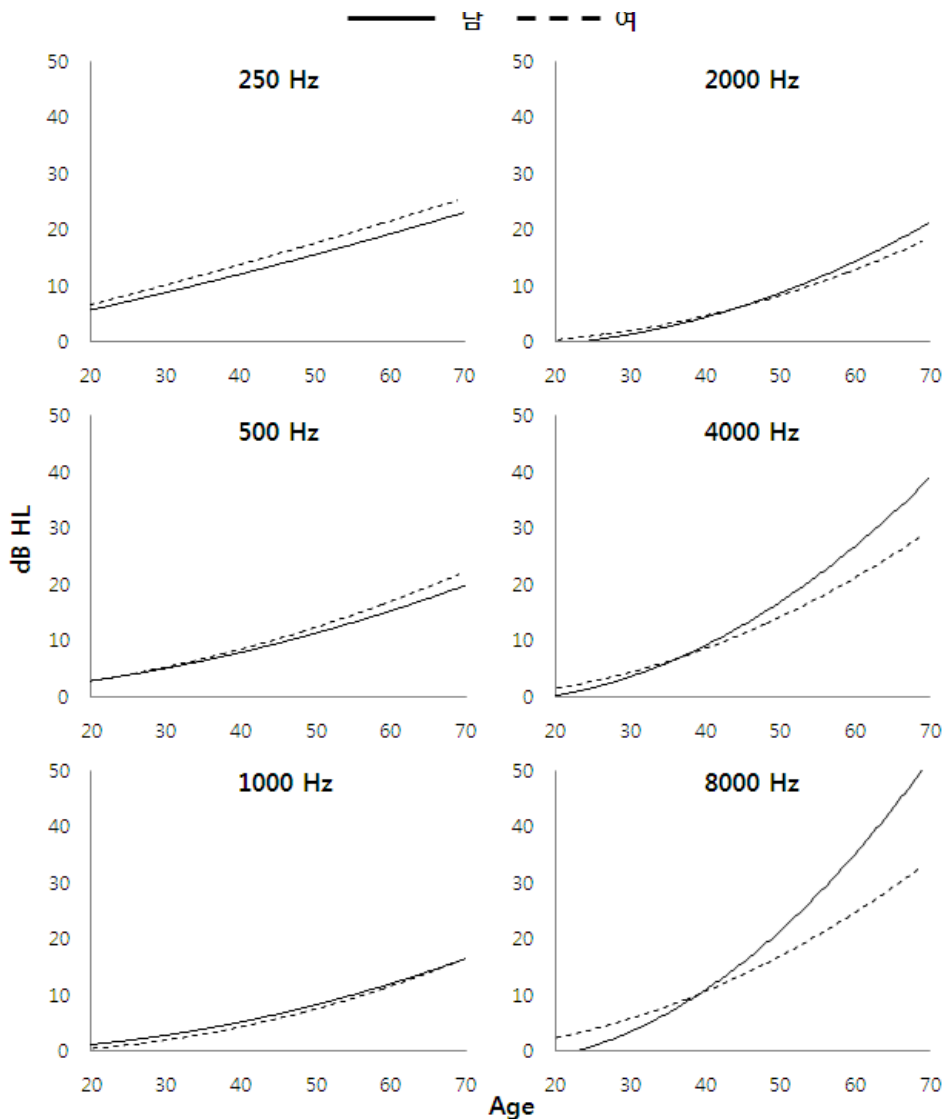


Figure 4. 성별과 연령에 따른 주파수별 HTL의 증가율

에 따른 차이에서는 250 Hz(남; .32 dB/year, 여; .37 dB/year), 500 Hz(남; .33 dB/year, 여; .38 dB/year)에서 여성이 남성보다 빠른 증가 형태를 보였고, 1,000 Hz(남; .30 dB/year, 여; .29 dB/year), 2,000 Hz(남; .43 dB/year, 여; .33 dB/year), 4,000 Hz(남; .78 dB/year, 여; .53 dB/year), 8,000 Hz(남; 1.05 dB/year, 여; .59 dB/year)에서는 남성이 여성보다 빠른 증가 형태를 보였다. 성별에 따른 증가율은 1,000 Hz를 기준으로 여성은 저주파수, 남성은 고주파수의 증가가 상대적으로 높게 나타났다.

DISCUSSIONS

본 연구에서는 PTA와 SRT가 성별과 연령에 따라 변화하는 정도를 구하였다. 연령에 따른 PTA와 SRT의 증가는 30대에서부터 지속적으로 나타났으며, PTA보다 SRT의 증가율이 더 높게 나타났다. 이 결과는 Enrietto et al. (1999)의 노인을 대상으로 한 종단 연구에서 1년마다 PTA가 1 dB, SRT는 2 dB의 증가를 보인다는 점에서 본 연구의 PTA보다 SRT가 빨리 증가한다는 결과와 일치하는 면을 보였다. 또한, Patterson et al.(1982)의 연구에서는 조용한 상황이 아닌 소음 하 SRT 결과였으나, 연령에 의한 PTA의 이동보다 SRT의 이동이 매우 빠르게 진행되는 것으로 나타나 본 연구와 일치하는 결과를 보였다. PTA보다 SRT의 변화가 빠른 이유로는 PTA는 소리가 들리면 반응

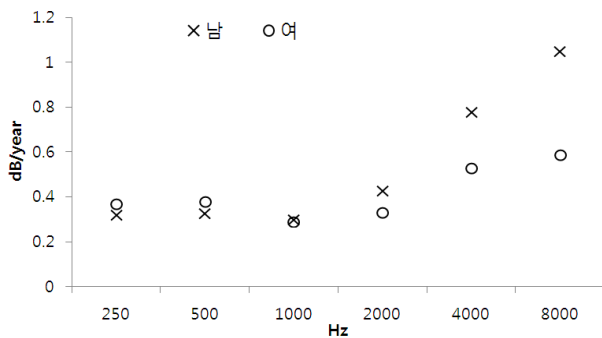


Figure 5. 성별에 따른 주파수별 HTL의 증가율(dB/year)

하는 탐지의 개념이며, SRT는 강강력의 이음절어를 듣고 이해하여 다시 말하는 중추신경계에 좀 더 가까운 개념이다. 따라서 노인성 난청의 경우 말초 신경뿐만 아니라 중추신경의 노화에 의해 의한 역치 차이가 있을 것으로 보인다.

성별과 따른 HTL은 Fig. 5와 같은 결과를 보여, 남성과 여성 모두 연령이 높아질수록 고주파수의 청력손실이 큰 것으로 나타났으나, 1,000 Hz를 기준으로 여성은 남성보다 저주파의 손실이, 남성은 여성에 비해 고주파의 손실이 더 많이 나타나 성별에 따른 차이를 보였다. 이 결과는 Jerger et al.(1993), 정태인(1969), 라기양 & 박찬일(1982), 김성희 외(2005)의 연구와 일치하는 결과를 보였다. Jerger et al.(1993)의 연구에서는 대규모로 진행한 횡단적 순음청력검사 결과를 기초로 하여, 900명을 대상으로 실험한 결과 성별에 따른 차이가 있음을 보였다. 김성희 외(2005)의 연구에서는 30세 이후 남성이 여성보다 고주파수 손실이 높은 것으로 나타났으며, 그 원인으로 성별 차이에 대해 해부학적 구조와 성호르몬의 차이에 대한 언급을 하였다. 그러나 최익수 외(1997)의 연구에서는 성별에 따른 차이가 없는 것으로 나타나 본 연구와는 다른 결과를 보였다.

본 연구에서의 측정한 연령에 따른 PTA는 이전 연구(원종욱 외, 1995; 이원철, 1995; 김성희 외, 2005)와 역치의 절대 값에서는 차이를 보이지만, 연령에 의한 증가량은 비슷한 추세를 보였다. Fig. 6은 연령에 따른 PTA를 이정학 외(2003)의 연구와 비교한 것으로 연령이 낮을수록 차이가 나타났다. 그 이유는 청력검사 시 주변 소음의 강도가 약한 검사실을 차폐하여 나타난 것으로 생각한다. 그리고 본 연구에서는 연구 대상자의 거주지가 서울과 경기 지역으로 한정되어 있으므로 후속연구에서는 지역적 분포를 고려하여 서울/경기 지역을 포함한 전국적인 연구가 필요하다. 또한 본 연구의 대상자는 노인에 대한 HTL과

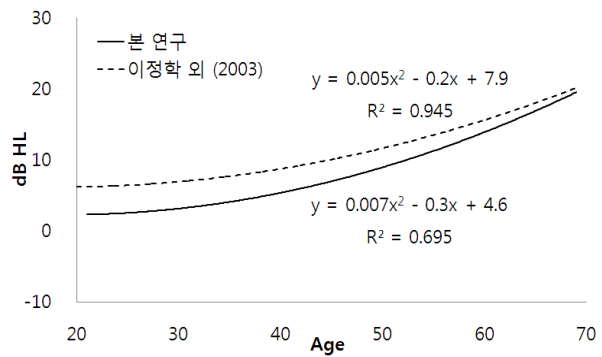


Figure 6. 이정학 외(2003)와 본 연구의 연령에 따른 PTA의 변화

SRT의 변화를 보기에는 다소 낮은 연령대에 분포하고 있다. 따라서 본 연구에 포함되지 않은 연령대인 70대에서 90대까지 포함하여 연령에 따른 효과를 추가적으로 볼 수 있는 후속 연구가 필요하다고 생각한다.

CONCLUSIONS

본 연구에서는 20-60대의 건청 성인을 대상으로 성별 및 연령에 따른 PTA와 SRT의 차이와 상관관계를 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, PTA와 SRT 모두 연령이 높아짐에 따라 상승하였으며, 연령이 높아짐에 따라 PTA의 증가보다 SRT의 증가율이 더 높게 나타났다. 둘째, PTA와 SRT는 성별에 의한 차이가 없었으나 HTL을 주파수별로 살펴보면 연령이 높아짐에 따라 1,000 Hz를 기준으로 여성은 저주파수, 남성은 고주파수가 상대적으로 많은 역치의 변화를 보였다.

위의 결과와 같이 연령이 증가함에 따라 PTA와 SRT는 차이가 날 수 있으며, 이러한 차이는 순음청력검사의 신뢰도를 판정함에 있어서 오류를 범할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과는 향후 성인 또는 노인에 대한 순음청력검사의 신뢰성을 판정할 수 있는 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

중심단어 : 평균순음청력역치(PTA), 어음인지역치(SRT), 청력역치, 연령효과, 청각평가

REFERENCES

김성희, 장순석, 신종현, 여창기, 한영경, & 이증기 (2005). 한국인의 정상적인 노화에 의한 성별 연령별 순음청력에 의한 기준청

- 력. *한국음향학회지*, 24(6), 353-357.
- 라기양 & 박찬일 (1982). 노인성난청의 청각학적 고찰. *두경부의 과학*, 25(4), 632-640.
- 원종욱, 안연순, & 노재훈 (1995). 소음성 난청 진단에 있어 연령 보정의 효과. *예방의학회지*, 28(3), 651-662.
- 이경원, 이재희, & 이정학 (2008). 한국어음을 이용한 다화자잡음의 개발 시안. *청능재활*, 4(1), 24-27.
- 이정학, 김진숙, 오상용, 김규상, & 조수진 (2003). 정상 성인의 연령에 따른 청력역치의 변화. *대한청각학회*, 7(1), 15-23.
- 정태인 (1969). 노인성난청의 청각학적 고찰. *두경부의과학*, 12(3), 31-40.
- 조수진, 임덕환, 이경원, 한희경, & 이정학 (2008). 어음인지역치 검사를 위한 한국표준 일반용 이음절어표 개발. *청능재활*, 4(1), 28-36.
- 진인기 & 이재희 (2010). 한국어 단음절과 문장, 영어 문장을 이용한 장기평균어음스펙트럼 비교 연구. *청능재활*, 6(2), 164-172.
- 통계청 (2011). *고령자 통계 보도자료*.
- 한국산업표준 (2009). *음향학-청력검사방법-제3부: 어음청각검사(KS I ISO 8253-3)*. 지식경제부 기술표준원.
- Byrne, D., Dillon, H., Tran, K., Arlinger, S., Wilbraham, K., Cox, R., et al. (1994). An international comparison of long-term average speech spectra. *Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4), 2108-2120.
- Chaiklin, J. B. & Ventry, I. M. (1964). Spondee threshold measurement: a comparison of 2- and 5-dB methods. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 29, 47-59.
- Enrietto, J. A., Jacobson, K. M., & Baloh, R. W. (1999). Aging effects on auditory and vestibular responses: A longitudinal study. *American Journal of Otolaryngology*, 20(6), 371-378.
- International Electrotechnical Commission (1993). *Audiometers-Part 2: Equipment for Speech Audiometry*. (IEC 60645-2).
- Jahner, J. A., Schlauch, R. A., & Doyle, T. (1994). A comparison of American Speech-Language Hearing Association guidelines for obtaining speech-recognition thresholds. *Ear and Hearing*, 15(4), 324-329.
- Jerger, J., Chmiel, R., Stach, B., & Spretnjak, M. (1993). Gender affects audiometric shape in presbycusis. *Journal of the American Academy of Audiology*, 4(1), 42-49.
- Katz, J. (2002). *Handbook of clinical audiology*. Lippincott & Williams.
- Patterson, R. D., Nimmo-Smith, I., Weber, D. L., & Milroy, R. (1982). The deterioration of hearing with age: frequency selectivity, the critical ratio, the audiogram, and speech threshold. *Journal of the Acoustical Society of America*, 72(6), 1788-1803.
- von Hapsburg, D. & Bahng, J. (2006). Acceptance of background noise levels in bilingual (Korean-English) listeners. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 649-658.
- Wilson, R. H. & Strouse, A. (1999). Psychometrically equivalent spondaic words spoken by a female speaker. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 1336-1346.