

한국어 단음절과 문장, 영어 문장을 이용한 장기평균어음스펙트럼 비교 연구

콜로라도 주립대학-보울더, 언어청각학과,¹ 한림국제대학원대학교 청각학과²
진 인 기¹ · 이 재 희²

ABSTRACT

A Comparison of Long-Term Average Speech Spectrum (LTASS) among Korean Monosyllabic Words, Sentences, and English Sentences

In-Ki Jin¹ and Jae Hee Lee²

¹Department of Speech Language and Hearing Sciences, University of Colorado at Boulder, Colorado, USA

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

The purpose of this study was to compare long-term average speech spectrum (LTASS) of Korean monosyllabic words, sentences, and English sentences. For Korean speech material, 200 monosyllabic words and 80 sentences were recorded by 20 native talkers of Korean (10 males, 10 females). As English speech material, 100 IEEE Harvard Psychoacoustic Sentences spoken by 20 native talkers of English (10 males, 10 females) were used. The LTASS was analyzed via one-third octave band filters from 150 Hz to 5,000 Hz. The following results were obtained. 1) LTASS of 10 male talkers showed larger differences at higher frequencies, regardless of speech material whereas LTASS of 10 females had the largest difference at 125 Hz. 2) The male LTASS of three speech materials did not significantly differ at one-third octave scales from 150 Hz to 5,000 Hz, except four frequencies (125 Hz, 160 Hz, 500 Hz, and 4,000 Hz). 3) The female LTASS was also similar at all frequencies from 150 Hz to 5,000 Hz, regardless of speech material. 4) The LTASS averaged across three materials showed a significant difference depending on the target-talker gender, especially the largest difference at 125 Hz. 5) The LTASS of Korean monosyllabic words, sentences, and English sentences did not significantly differ except three frequencies (160, 500, 630 Hz). Those results support previous finding of the universal characteristics of LTASS (Byrne et al., 1994), regardless of language.

KEY WORD : Long-term average speech spectrum (LTASS) of Korean and English speech materials.

INTRODUCTION

장기평균스펙트럼(Long-term average spectrum, LTAS)이란 일정시간 동안 소리의 스펙트럼을 평균화하여 주파수별 강도분포를 보여주는 소리의 음향학적 분석방법이다. 문장과 같이 장시간 동안 발생된 어음의 경우 발생내내 어음강도가 다양하게 변화하므로, 특정지점에서 스펙트럼을 보지 않고 장구간의 발생시간 동안 어음의 주파수별 강

도를 평균화하는 장기평균어음스펙트럼(LTASS)을 통해 주파수 분석을 실시할 수 있다. 음향학과 청각학 분야에서는 어음의 주파수 분석(frequency analysis for speech), 어음인지(speech perception), 청각기기의 적합과 평가(prescription, fitting, and evaluation of hearing devices) 등 다양한 목적 하에 LTASS를 사용하고 있다.⁴⁾⁹⁾¹²⁾

학술자료로 보고된 LTASS 수치가 주로 영어를 기준으로 한 점을 고려하여³⁾⁶⁾ Byrne et al.은 13개의 언어(English, Swedish, Danish, German, French, Japanese, Cantonese, Mandarin, Russian, Welsh, Singhalese, Vietnamese, Arabic)의 LTASS를 비교분석하여 언어 간 LTASS에 유의한 차이가 있는지 혹은 동일한 특성을 가지는지 확인하였다. 어음 발화에 참여한 화자는 언어당 최소 19명(Vietnamese), 최대 32명(English)이었고 모든 언어의 녹음환경 및 분석

논문접수일 : 2010년 10월 31일
논문수정일 : 2010년 11월 27일
심사완료일 : 2010년 12월 10일
교신저자 : 이재희, 135-841 서울 강남구 대치동 907-13
한림국제대학원대학교 청각학과
전화 : (02) 3453-9333 · 전송 : (02) 3453-6618
E-mail : leejahee@hallym.ac.kr

방법은 동일하게 유지하였다. 분석결과 13개의 언어 간 LTASS는 크게 다르지 않아 언어의 종류에 관계없이 LTASS는 보편적인(universal) 특성을 보인다고 보고하였다.⁵⁾ 하지만 이 연구에서 한국어를 비교대상으로 선택하지 않아 한국어도 다른 언어들과 동일한 LTASS를 가지는지 universality에 대한 검증이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 20명의 한국인 화자(남 10명, 여 10명)가 발화한 한국표준 일반용 단음절어표,¹⁾ 문장표,²⁾ 20명의 미국인 화자(남 10명, 여 10명)가 발화한 영어 IE-EE Harvard Psychoacoustic Sentences¹¹⁾를 사용하여 한국 단음절어, 문장, 영어 문장의 LTASS를 비교하고자 한다. 본 연구에서 LTASS 비교분석 시 다음의 사항들을 고려하였다. 첫째, 최소 20명의 화자가 발화한 어음자료를 사용하였다. 그 이유는, 적은 수의 화자들이 발화한 어음을 이용해 LTASS를 분석할 경우 화자 고유의 발성특성이 LTASS에 반영이 되어 그것이 전체적인 LTASS 특징인 것처럼 부각될 수 있기 때문이다. 특히 남, 녀 성별에 따른 음성 특성의 차이를 고려하여 성별에 따른 화자 수를 동등하게 분배하였다(20명 화자의 예시: 남 10명, 여 10명). 둘째, LTASS 분석 시 어떤 scale을 사용하여 분석하였는지에 따라 spectrum 결과가 상이하게 달라질 수 있으므로 본 연구에서는 Byrne 등을 포함하여 대부분의 연구자들이 음향 분석에 주로 사용해 온 1/3 옥타브 단위의 주파수에서 LTASS를 비교분석하였다.

본 연구에서는 언어 간(한국어, 영어), 어음종류 간(단음절어, 문장), 화자의 성별 간 LTASS를 비교분석하여 Byrne 등이 보고한 LTASS의 보편성(universality) 여부를 검증하고자 하였다. 본 연구 결과는 향후 한국표준 단음절어표 및 문장표를 통해 어음명료도지수(speech intelligibility index, SII)를 구할 때 유용한 지표로 사용할 수 있고, 더 나아가 영어를 기준하여 고안된 청각기기를 사용하여 적합 및 평가를 시행할 때 도움이 되므로 임상적 의의가 있다고 생각한다.

MATERIALS AND METHODS

Participants and speech materials

본 연구에서는 20대의 한국성인 20명(남 10명, 여 10명, 평균연령 24.5세)이 한국표준 일반용 단음절어 및 문장표의 녹음화자로 참여하였다. 20명의 화자 모두 표준어를 사용하고 있었고 음성 및 언어적 질병, 난청, 기타 다른 이과적 병력을 가지고 있지 않았다. 4개의 단음절어표,¹⁾ 총 200개의 단음절어 녹음 시 강조된 조음현상이 발생할 수 있으므로 “나는 ○○라 합니다”의 유도구(carrier phrase) 속에

서 단어를 발화하였다. 목표단어를 저장할 때 유도구 내 목표단어만을 저장하였다(22,050 Hz의 sample rate, 16 bit, mono type, 5,000 Hz cutoff frequency). 10개의 문장표,²⁾ 총 80개의 문장 발화 시 보통 속도로 편안하게 입도록 하였다. 단음절과 문장 녹음 시 Computerized Speech Lab (K-AY Pentax, Model 4150)과 SHURE사의 마이크(Model SM 48)를 이용하여 방음실(Industrial Acoustics Company, IAC)에서 녹음을 시행하였다. 본 연구의 녹음환경이 Byrne 등이 사용한 녹음환경과 유사하도록 화자의 입과 마이크 간 거리는 약 25 cm, 45도의 각도를 유지하도록 하였고, 참여자의 피로상태를 고려하여 녹음 간에 충분한 휴식을 취하면서 녹음을 진행하였다.

IEEE Harvard Psychoacoustic Sentences의 LTASS 분석을 위해 총 20명의 미국성인(남 10명, 여 10명) 각각 100개의 IEEE Harvard Psychoacoustic Sentences를 녹음한 Indiana University Sentence Database (online speech/corpora archive and analysis resource)을 사용하였다. IEEE 문장 녹음에 참여한 20명의 화자 모두 녹음 시 보통 속도로 문장을 발화하였다.

LTASS and Statistical analysis

한국 단음절어와 문장, 영어 문장의 LTASS를 비교분석하기 위해 Adobe Audition (adobe systems, version 3.0)을 사용하였다. Adobe Audition을 통해 각 단어와 문장의 평균 RMS (root-mean-square) 강도를 동일하게 조정된 뒤 모든 단어 혹은 문장이 하나로 통합된 concatenated wavefile을 생성하였다. 140 ms 이상의 휴지기간(silence)이 존재하는 경우 단어 간 혹은 문장 간 휴지기간으로 인정하고 이를 삭제하였다. 녹음 시 5,000 Hz cutoff frequency가 사용되었으므로 Adobe audition을 통한 주파수 분석 결과 중 125 Hz부터 5,000 Hz까지 1/3 옥타브단위의 주파수에 해당하는 결과를 LTASS 분석에 사용하였다.

통계분석은 SPSS (Version 15.0)을 통해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 혹은 독립표본 *t* 검정을 시행하였다. 125~5,000 Hz범위 내 1/3 옥타브 주파수 별 강도를 종속변수로, 세 가지 어음자료(한국표준 일반용 단음절어, 문장, IEEE 문장) 혹은 남녀성별을 분석 시 독립변수로 사용하였다. 앞에서 언급한바와 같이 남, 녀 성별이 LTASS 특징이 미치는 요소를 배제하기 위해, 1) 남/녀 10명 화자 개개인의 LTASS 분석결과를 먼저 제시하였고, 2) 어음자료에 상관없이 화자성별에 따른 평균 LTASS 결과를 보고하였고, 3) 마지막으로 화자성별에 상관없이 어음자료에 따라 LTASS가 유의하게 달랐는지 분석결과를 제시하겠다.

RESULTS

LTASS of 10 male talkers

10명의 한국남성 각각이 발화한 단음절어(200개)의 LTASS는 <Fig. 1>에 10개의 회색 실선으로, 10명의 평균값은 검정 점선으로 굵게 표시하였다. 단음절어 분석결과, 10명 화자 간 LTASS 강도 편차범위는 3.8~12.3 dB이었다. 3.8 dB의 최소 강도편차를 보인 주파수는 160 Hz이었고, 12.3 dB의 최대 편차를 보인 주파수는 1,250 Hz이었다. 10 dB 이상의 강도편차를 보인 주파수는 1,000, 1,250, 2,500, 3,200 Hz로 주로 1,000 Hz 이상의 고주파수임을 알 수 있었다. 10명 화자의 평균 LTASS 결과<Fig. 1-검정 점선>, 125~5,000 Hz 범위에서 최대의 에너지를 보인 세 주파수는 125, 160, 200 Hz이었다.

<Fig. 2>에 표시된 10개의 회색 실선은 남성화자 10명의 문장(80개) LTASS를, 검정 굵은 점선은 10명의 평균 LTASS값을 나타낸다. 문장 분석결과, 10명 화자 간 LTASS 강도 편차범위는 2.2~11.9 dB이었다. 2.2 dB의 최소 편차를 보인 주파수는 125 Hz이었고 11.9 dB의 최대 강도 편차를 보인 주파수는 4,000 Hz이었다. 800, 1,000, 1,600, 3,200, 4,000, 5,000 Hz의 6개의 주파수에서 10 dB 이상

의 강도편차를 보였으므로, 단음절과 마찬가지로 주로 1,000 Hz 이상에서 10명의 화자간 LTASS 차이가 더 컸음을 확인하였다. 단음절과 마찬가지로 10명의 평균 문장 LTASS 결과에서도<Fig. 2-검정 점선>, 125, 160, 200 Hz에서 최대 에너지를 보였다.

10명의 미국남성이 발화한 IEEE 문장(100개)의 LTASS는 <Fig. 3>에 10개의 회색 실선으로, 평균 LTASS는 굵은 검정 점선으로 제시하였다. 영어문장 LTASS 분석결과 10명 화자 간 LTASS 강도 편차범위는 4.5~18.6 dB이었다. 10명의 화자 간 4.5 dB의 최소 편차를 보인 주파수는 250 Hz이었고, 18.6 dB의 최대 편차를 보인 주파수는 5,000 Hz이었다. 10 dB 이상의 강도편차를 보인 주파수는 1,600, 4,000, 5,000 Hz로 미국남성화자 역시 고주파수에서 더 큰 강도차이를 보였다. 10명의 평균 영어문장 LTASS 분석결과<Fig. 3-검정 점선>, 앞의 한국어 어음분석결과와 마찬가지로 125~250 Hz의 저주파수에서 최대 에너지를 가졌다. 따라서 어음의 종류, 언어에 상관없이 본 연구에서 분석된 남성화자의 어음 sample 모두 160, 200, 250 Hz에서 최대강도를 보이는 유사한 유형을 보였다.

어음목록 종류에 따라 10명 화자의 평균 LTASS 유형에 큰 차이가 있었는지 알아보려고 10명 남성화자의 LT-

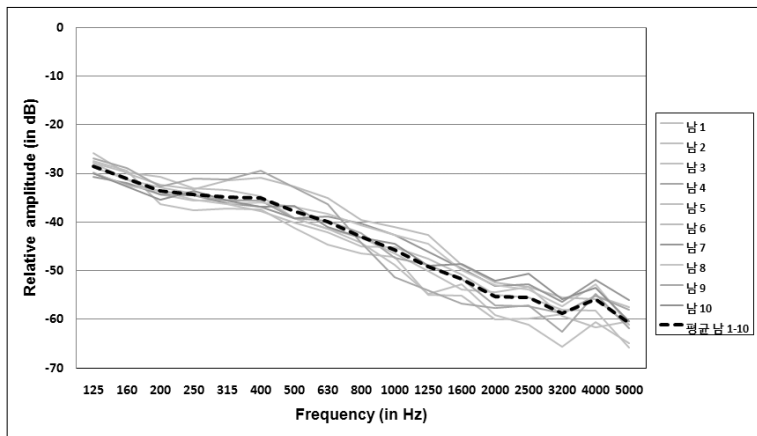


Fig. 1. LTASS of monosyllabic words spoken by 10 Korean male talkers.

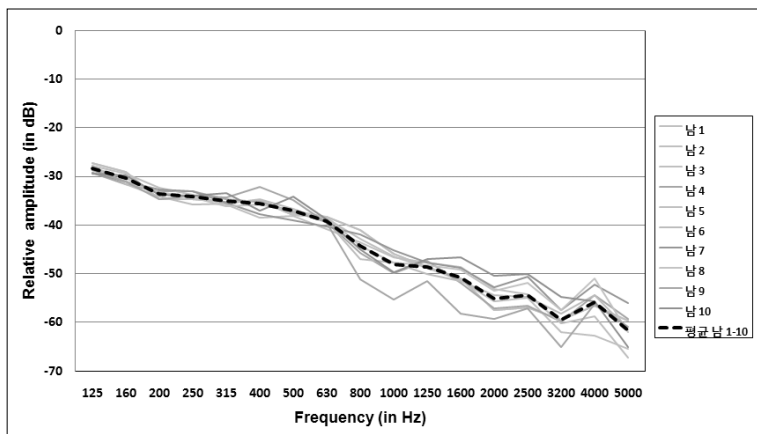


Fig. 2. LTASS of sentences spoken by 10 Korean male talkers.

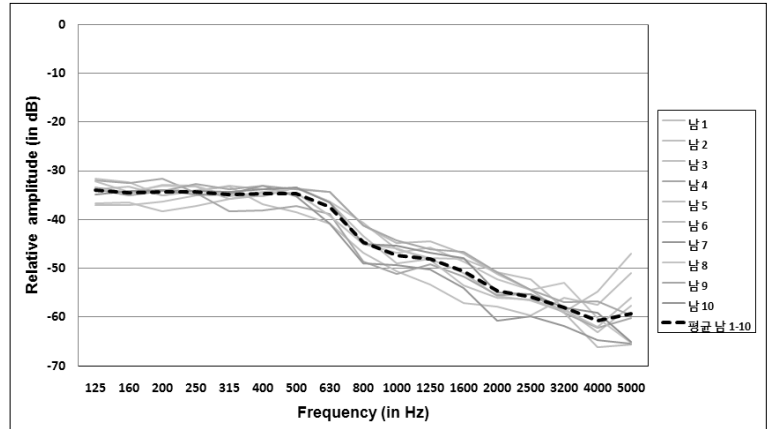


Fig. 3. LTASS of English sentences spoken by 10 American male talkers.

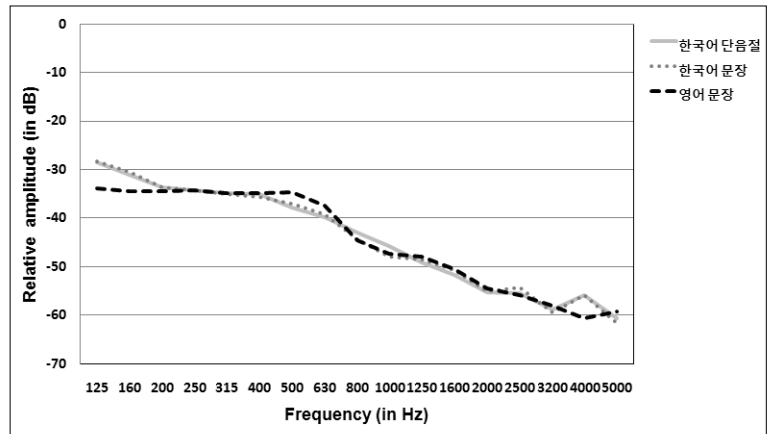


Fig. 4. Comparison of averaged LTASS for Korean monosyllabic words, sentences, and English sentences spoken by males.

Table 1. One-way ANOVA result of male-talker LTASS among three speech materials

LTASS 분석 주파수	df, error	F	p
125 Hz	2, 27	44.30	.00*
160 Hz	2, 27	26.03	.00*
200 Hz	2, 27	0.85	.44
250 Hz	2, 27	0.03	.97
315 Hz	2, 27	0.08	.93
400 Hz	2, 27	0.38	.69
500 Hz	2, 27	5.62	.01*
630 Hz	2, 27	3.38	.05
800 Hz	2, 27	1.01	.38
1,000 Hz	2, 27	1.68	.21
1,250 Hz	2, 27	0.44	.65
1,600 Hz	2, 27	0.43	.66
2,000 Hz	2, 27	0.44	.65
2,500 Hz	2, 27	0.73	.49
3,200 Hz	2, 27	0.70	.51
4,000 Hz	2, 27	6.62	.01*
5,000 Hz	2, 27	0.70	.51

*: $p < .05$

ASS 결과를 평균화하여 <Fig. 4>에 제시하였다. 그림에 나타나듯이, 125~5,000 Hz 이내 1/3 옥타브 주파수에서 0.14~5.52 dB의 강도편차를 보였다. 최대 편차, 약 5 dB

의 차이를 보인 주파수는 125 Hz이었고, 최소 편차를 보인 주파수는 250 Hz이었다. 평균 LTASS 결과상 125~5,000 Hz 범위 내 1 dB 미만의 강도차이를 보인 주파수는 200, 250, 315, 400, 2,000 Hz이었으므로, 200~500 Hz의 저 주파수에서 세가지 어음자료의 평균 LTASS가 더욱 유사했음을 확인하였다.

세가지 어음 sample의 종류에 따라 남성화자의 LTASS가 유의하게 달랐는지 알아보고자 일원배치 분산분석을 시행하였다. 분석결과, 125, 160, 500, 4,000 Hz에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였으나($p < .05$) 그 외의 1/3 옥타브 주파수에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$) (Table 1). 유의미한 차이를 보인 125, 160, 500, 4,000 Hz에서의 LTASS 결과를 통해 Bonferroni 사후분석을 시행하였다. 125 Hz와 160 Hz에서 한국 단음절어와 문장의 강도는 유의하게 다르지 않았으나 한국 단음절어와 문장에 비해 IEEE 영어 문장의 강도가 약 3~5 dB 가량 유의하게 더 작았다. 500 Hz에서는 영어 IEEE 문장 강도가 한국 단음절 강도보다 약 3 dB 정도 유의하게 컸으나, 한국 단음절어와 문장 간, 한국 문장과 영어 문장 간 강도는 유사하였다. 마지막으로 4,000 Hz에서는 IEEE 영어 문장의 강도가 한국어 단음절 및 문장에 비해 약 5 dB 가량 유의하게 더 작

았으나, 한국 단음절어와 문장 간 강도는 유사하였다.

LTASS of 10 female talkers

<Fig. 5>의 회색실선과 굵은 검정점선은 10명의 한국여성화자 각각이 발화한 단음절어(200개) LTASS 결과와 10명의 평균값을 보여준다. 단음절어 LTASS 분석결과 10명의 여성화자 간 LTASS 강도 편차범위는 5.2~14.4 dB이었다. 5.2 dB의 최소 강도편차를 보인 주파수는 250 Hz이었고, 14.4 dB의 최대 차이를 보인 주파수는 125 Hz이었다. 125~5,000 Hz범위의 1/3 옥타브단위 주파수 중 10 dB 이상의 강도차이를 보인 주파수는 125, 160, 400, 800, 1,600, 2,500 Hz으로 보다 다양한 주파수 대역에 분포하였다. 평균 단음절어 LTASS 결과<Fig. 5-검정 점선> 최대 강도를 보인 주파수들은 160, 200, 250 Hz로 남성화자의 결과에 비해 125 Hz에서 감소된 에너지를 보였다.

한국여성 10명이 발화한 문장(80개)의 LTASS는 <Fig. 6>의 10개 회색 실선으로, 10명의 평균 LTASS 값은 검정 굵은 점선으로 제시하였다. 분석결과, 10명 화자 간 LTASS 강도 편차범위는 5.7~11.7 dB이었다. 5.7 dB의 최소 강도차이를 보인 주파수는 1,000 Hz이었고, 11.7 dB의 최

대 편차를 보인 주파수는 단음절어와 마찬가지로 125 Hz이었다. 10 dB 이상의 편차를 보인 주파수는 5개로, 125, 800, 2,000, 2,500 Hz이었으며, 평균 LTASS 결과<Fig. 6-검정 점선>, 160, 200, 250 Hz에서 가장 큰 에너지를 강도를 확인할 수 있었다.

10명의 미국여성화자가 발화한 IEEE 문장(100개)의 LTASS 분석 결과를 <Fig. 7>에 제시하였다. 회색 실선으로 제시한 개개인의 문장 LTASS, 굵은 검정 점선으로 제시한 평균 LTASS를 통해 알 수 있듯이, 화자 간 LTASS 강도 편차범위가 5.9~20.7 dB로 앞의 한국어음의 LTASS 보다 더 큰 강도편차를 보였다. 5.9 dB의 최소 편차를 보인 주파수는 315 Hz이었고, 20.7 dB의 최대 강도차이를 보인 주파수는 125 Hz이었다. 이는 125 Hz에서 10명의 여성화자간 최대 강도편차를 보인 한국어 단음절, 문장 LTASS 결과와 유사하였다. 10 dB 이상의 강도차이를 보인 주파수는 125, 160, 2,000, 2,500, 3,200, 5,000 Hz로 화자 간 강도편차가 고주파수에서 다소 증가하였다. 미국 여성화자의 평균 LTASS 결과<Fig. 7-검정 점선> 한국어 LTASS와 마찬가지로 160, 200, 250 Hz에서 가장 큰 에너지를 가졌다.

어음목록에 따라 10명 여성화자의 평균 LTASS를 확인

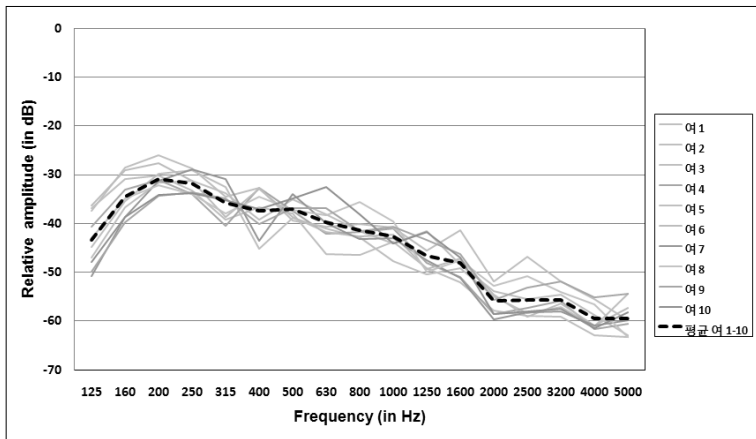


Fig. 5. LTASS of monosyllabic words spoken by 10 Korean female talkers.

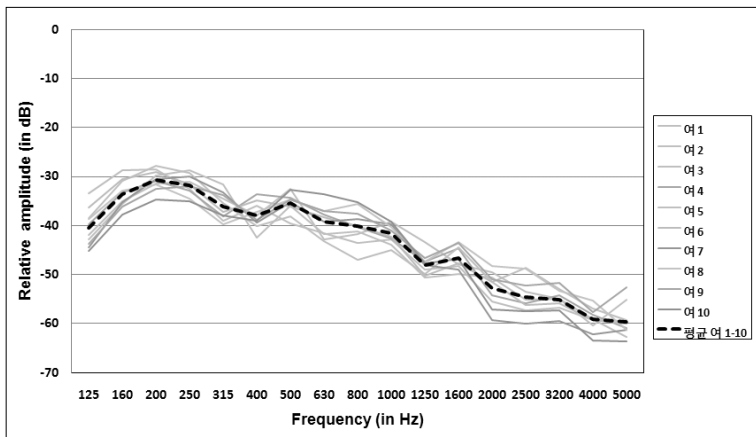


Fig. 6. LTASS of sentences spoken by 10 Korean female talkers.

한 결과, 125~5,000 Hz 범위 1/3 옥타브 주파수에서 0.54~3.95 dB이내의 강도편차를 보였다(Fig. 8). 화자 간 3.95 dB의 최대편차를 보인 주파수는 2,000 Hz이었고, 0.54 dB의 최소 편차를 보인 주파수는 315 Hz이었다. 평균 LTA-SS 결과상 160 Hz 역시 1 dB 미만의 강도 편차를 가졌다.

어음 종류에 따라 125~5,000 Hz이내 LTASS가 유의하게 달랐는지 일원배치 분산분석을 시행한 결과, 전 주파수에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$) (Table 2). 따라서 여성화자가 발화한 어음목록의 경우 어음의 종류, 언어에 상관없이 유사한 LTASS 유형을 가짐을 확인하였다.

LTASS comparison of male versus female talkers

앞서 남녀성별차이가 LTASS에 미치는 영향을 배제하기 위해 각 어음종류별로 남녀화자의 LTASS 결과를 각기 제시하였고, 분석 결과 화자 10명 간 큰 강도편차를 보이는 주파수가 남녀화자에 따라 달랐다. 따라서 어음종류에 상관없이 남녀간 LTASS 평균결과에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 단음절, 문장, IEEE 문장의 LTASS 수치를 평균화하여 남녀 화자 간 차이를 알아보았다(Fig. 9). <Table 3>에서 제시한 독립 *t* 검정결과, 125 Hz와 160 Hz에서 남성화자의 어음강도가 여성화자의 어음강도에 비해 약 11.42

dB, 2.27 dB 가량 유의하게 컸다. 그 외 200, 250, 315, 400, 800, 1,000, 1,600, 3,200 Hz에서 남녀 화자 간 ± 4 dB의 강도편차를 보였고, 이 차이 역시 유의하였다.

Table 2. One-way ANOVA result of female-talker LTASS among three speech materials

LTASS 분석 주파수	df, error	F	p
125 Hz	2, 27	0.89	.42
160 Hz	2, 27	0.24	.79
200 Hz	2, 27	1.01	.38
250 Hz	2, 27	1.51	.24
315 Hz	2, 27	0.11	.90
400 Hz	2, 27	0.24	.79
500 Hz	2, 27	1.68	.21
630 Hz	2, 27	1.94	.16
800 Hz	2, 27	1.33	.28
1,000 Hz	2, 27	1.62	.22
1,250 Hz	2, 27	0.55	.59
1,600 Hz	2, 27	1.41	.26
2,000 Hz	2, 27	3.09	.06
2,500 Hz	2, 27	0.23	.80
3,200 Hz	2, 27	1.28	.30
4,000 Hz	2, 27	1.65	.21
5,000 Hz	2, 27	0.17	.85

*: $p < .05$

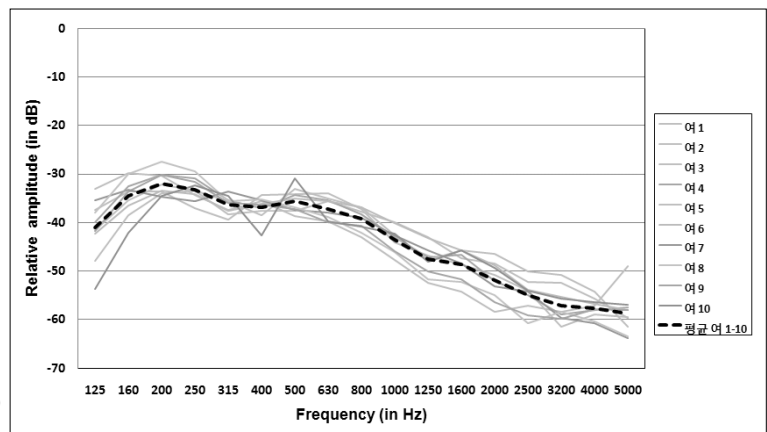


Fig. 7. LTASS of English sentences spoken by 10 American female talkers.

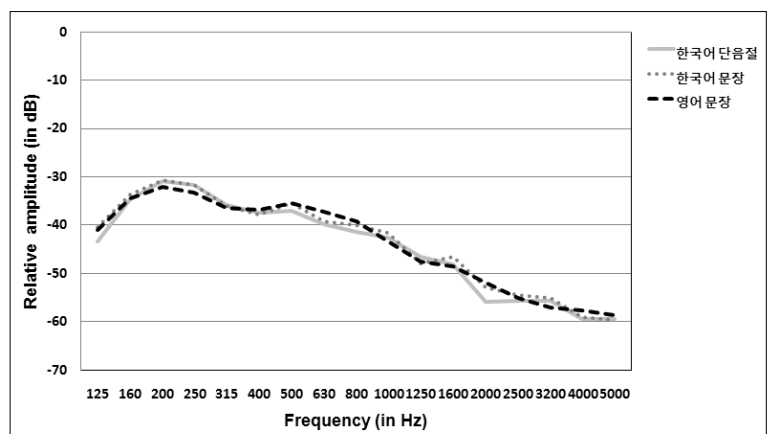


Fig. 8. Comparison of averaged LTASS for Korean monosyllabic words, sentences, and English sentences spoken by females.

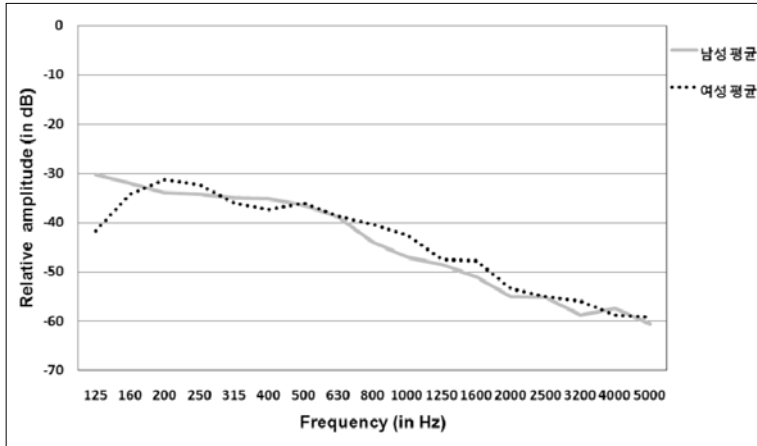


Fig. 9. Comparison of averaged LTASS depending on talker gender.

Table 3. Independent *t*-test results of male-versus female-talker LTASS, regardless of speech material

LTASS 분석 주파수	df	<i>t</i>	<i>p</i>
125 Hz	58	10.46	.00*
160 Hz	58	3.02	.00*
200 Hz	58	-5.30	.00*
250 Hz	58	-4.32	.00*
315 Hz	58	2.07	.04*
400 Hz	58	3.22	.00*
500 Hz	58	-0.83	.41
630 Hz	58	-0.11	.91
800 Hz	58	-4.93	.00*
1,000 Hz	58	-6.40	.00*
1,250 Hz	58	-1.57	.12
1,600 Hz	58	-4.22	.00*
2,000 Hz	58	-1.79	.08
2,500 Hz	58	-0.19	.85
3,200 Hz	58	-3.89	.00*
4,000 Hz	58	1.50	.14
5,000 Hz	58	-1.23	.22

*: *p*<.05

LTASS comparison by speech materials

남녀 성별 상관없이, 한국인 화자 20명이 발화한 단음절어와 문장의 LTASS 평균수치와 미국인 화자 20명이 발화한 IEEE 문장의 LTASS 평균수치를 <Fig. 10>에 제시하였다. 세가지 LTASS 결과<Table 4>, 160, 500, 630 Hz를 제외한 125~5,000 Hz이내 1/3 옥타브 단위의 모든 주파수에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (*p*>.05). Bonferroni 사후분석 결과, 160 Hz에서 영어 LTASS 문장이 한국 문장 LTASS보다 평균 2.5 dB 가량 유의하게 작았고, 500, 630 Hz에서는 영어 LTASS가 한국 단음절어 LTASS보다 대략 2~3 dB 유의하게 더 컸음을 확인하였다. 그 외 대부분의 주파수에서 세가지 어음자료의 평균 LTASS는 1.5 dB 미만의 차이를 보여 세자료간 LT-

ASS 특성이 크게 다르지 않음을 확인하였다.

DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

청각학의 다양한 연구 및 임상분야에서 LTASS와 청자의 청력상태를 비교하여 어음의 가청도, 즉 speech audibility를 계산하여 어음인지를 예측하는데 사용해왔다. 이때 다양한 언어 간 LTASS의 보편성을 전제로 주로 영어 LTASS 수치를 기준으로 사용해왔으므로 실제로 다양한 언어 간 LTASS가 보편적인 특징을 가지는지 알아보는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 한국성인 20명(남 10명, 여 10명)이 발화한 단음절어 200개, 문장 80개, 미국성인 20명(남 10명, 여 10명)이 발화한 100개의 IEEE 문장을 사용하여 한국어와 영어 간 LTASS를 비교분석하였다. 분석결과, 몇몇 저주파수를 제외하고 125~5,000 Hz이내 대부분의 1/3 옥타브 단위의 주파수에서 LTASS는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 영어를 포함하여 13개국의 언어를 사용하여 언어 간 LTASS를 비교분석한 Byrne et al.⁵⁾ 또한 언어의 종류에 상관없이 대부분의 주파수에서 LTASS가 통계적으로 유의한 차이가 없어 Universal LTASS의 가능성을 보고하였다. von Hapsburg & Bahng⁸⁾ 역시 한국어와 영어의 LTASS간 유사성을 보고한 바 있다.

Byrne et al.⁵⁾의 다국어 연구자료에 한국어가 배제되어 영어를 제외한 12개국 언어와 한국어의 LTASS를 직접적으로 비교분석할 수는 없으나 한국어와 영어 간 LTASS가 유사했던 점, 영어와 기타 12개국 언어 간 LTASS가 유사했던 점을 고려해볼 때 다양한 외국어 간 LTASS의 universality에 대한 가정을 지지할 수 있다. Dunn & White⁷⁾는 같은 모국어를 사용하는 화자일지라도 개개인간 LTASS에 큰 차이를 가진다고 보고하였기에, LTASS 분석 시 많은

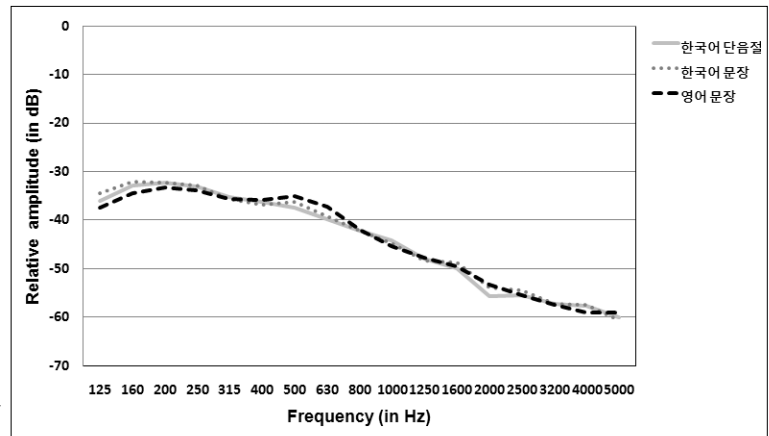


Fig. 10. Comparison of averaged LTASS depending on speech material.

Table 4. One-way ANOVA result for LTASS of three speech materials

LTASS 분석 주파수	df, error	F	p
125 Hz	2, 57	0.92	.41
160 Hz	2, 57	3.54	.04*
200 Hz	2, 57	1.24	.30
250 Hz	2, 57	0.94	.40
315 Hz	2, 57	0.10	.90
400 Hz	2, 57	0.50	.61
500 Hz	2, 57	5.44	.01*
630 Hz	2, 57	5.11	.01*
800 Hz	2, 57	0.04	.97
1,000 Hz	2, 57	0.59	.56
1,250 Hz	2, 57	0.14	.87
1,600 Hz	2, 57	0.74	.48
2,000 Hz	2, 57	2.72	.08
2,500 Hz	2, 57	0.71	.50
3,200 Hz	2, 57	0.05	.95
4,000 Hz	2, 57	1.44	.25
5,000 Hz	2, 57	0.83	.44

*: p<.05

수의 화자가 녹음한 어음 LTASS를 분석하는 것이 중요하다. 본 연구 뿐 아니라 Byrne et al.⁵⁾의 연구에서도 언어 당 최소 19명, 최대 32의 화자가 녹음한 발화자료를 사용하여 분석한 점을 고려해볼 때, 위 LTASS 분석결과는 특정 화자 몇몇의 LTASS 특징이라기보다 각 언어의 LTASS를 잘 반영한다고 볼 수 있다.

Byrne et al.⁵⁾은 160 Hz 이하의 주파수에서 남성화자의 어음강도가 여성화자보다 더 컸으나 나머지 주파수에서 화자성별차이가 LTASS에 유의한 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. Pavlovic et al.¹⁰⁾ 역시 다양한 외국어 간 LTASS가 유의하게 다르지 않았고 화자성별 역시 LTASS에 큰 영향을 주지 않았다고 보고한바 있다. 본 연구에서 단음절, 문장, IEEE 문장의 LTASS 수치를 평균화하여 화자성별에 따른 영향을 확인한 결과, Byrne et al.⁵⁾과 유사하

게 125 Hz에서 남성화자의 어음강도가 여성보다 약 11 dB 가량 컸고 이는 통계적으로 유사했다. 그러나 125 Hz 이외 다수의 1/3 옥타브 단위 주파수에서도 4 dB 이내의 작은 강도편차가 확인되었고 이 차이는 통계적으로 유의하였다. 본 연구에서는 총 40명(남성 20명, 여성 20명) 화자의 어음자료를 사용하였고, Byrne et al.⁵⁾의 경우 총 423명이 13개 언어의 화자로 참여하였으므로 본 연구결과로 화자성별에 따른 영향을 일반화하는 데는 한계가 있다. 따라서 지속적인 자료수집을 통해 화자성별 및 화자연령에 따른 LTASS 비교연구가 이루어져야겠다.

본 연구의 또 다른 한계점은 LTASS 분석 결과가 주파수별 강도를 측정된 음향학적 결과이므로 이를 청자의 언어인지결과와 직접적으로 연결 지을 수 없다는 점이다. 즉, 한국어와 영어, 기타 외국어 간 LTASS가 유사하였다 하더라도 이는 주파수당 강도분포가 유사하다는 것을 의미하는 것이지 언어인지 시 청자가 가지는 주파수당 중요가중치(importance function)는 다를 수 있음에 주의해야 한다. 다양한 언어를 구성하고 있는 음소의 개수 및 특성이 제각각이고, 각 음소마다 듣기상황에 따라, 어음의 종류(단음절어, 이음절어, 문장)에 따라 주파수당 중요가중치가 다를 수 있으므로 이에 관련한 향후 연구가 지속되어야 할 것으로 생각한다.

중심 단어 : 한국어와 영어의 장기평균어음스펙트럼 비교.

REFERENCES

1. 김진숙, 홍하나, 신현욱, 이기도, 홍빛나, 이정학. 한국표준 일 반용 단음절어표 개발. 청능재활. 2008;4(2):126-140.
2. 장현숙, 이정학, 임덕환, 이경원, 전아름, 정은조. 문장인지검사를 위한 한국표준 문장표개발. 청능재활. 2008;4(2):161-177.
3. Benson RW, Hirsh IJ. Some variables in audio spectrometry. J Acoust Soc Am. 1953;25:499-505.
4. Byrne D, Dillon H. The National Acoustic Laboratories' (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing-

- impaired listeners. *Ear Hear.* 1986;7(4):257-265.
5. Byrne D, Dillon H, Tran K, Arlinger S, Wilbraham K, Cox R, Hagerman B, Hetu R, Kei J, Lui C, Kiessling J, Kotby MN, Nasser HA, Kholly WAHE, Nakanishi Y, Oyer H, Powell R, Stephens D, Meredith R, Sirimanna T, Tavartkiladze G, Frolenkov GI, Westerman S, Ludvigsen C. An international comparison of long-term average speech spectra. *J Acoust Soc Am.* 1994;96(4):2108-2120.
 6. Cox RM, Moore JN. Composite speech spectrum for hearing aid gain prescriptions. *J Speech Hear Res.* 1988;31:102-107.
 7. Dunn HK, White SD. Statistical measurements on conversational speech. *J Acoust Soc Am.* 1940;11:278-289.
 8. von Hapsburg D, Bahng JH. Acceptance of background noise levels in bilingual (Korean-English) listeners. *J Am Acad Audiol.* 2006;17:649-658.
 9. Pavlovic CV. Speech spectrum considerations and speech intelligibility predictions in hearing aid evaluations. *J Speech Hear Disord.* 1989;54(1):3-8.
 10. Pavlovic CV, Rossi M, Espesser R. Perceived spectral energy distributions for EUROM. of speech and for some synthetic speech. *Proceedings of the XII International Congress on Phonetic Science.* 1991; 5(5):418-421.
 11. Rothauser EH, Chapman WD, Guttman N, Hecker MHL, Nordby KS, Silbiger HR, Urbanek GE, Weinstock M. IEEE recommended practice for speech quality measurements. *IEEE Trans. Audio Electroacous.* 1969;17:225-246.
 12. Seewald RC, Ross M, Spiro MK. Selecting amplification characteristics for young hearing-impaired children. *Ear Hear.* 1985;6(1):48-53.