고주파수 청력손실이 말소리인지에 미치는 영향

박진희 · 이정학
(한림대학교 사회복지대학원 재활학과, 한림대학교 의과대학 이비인후과)

박진희 · 이정학. 고주파수 청력손실이 말소리인지에 미치는 영향. 『언어청각장애연구』, 2001, 제6권, 제1호, 174-190. 청력손실 중 감각신경성 난청은 고주파수의 손실이 가장 보편적이며 그에 따른 말소리인지도도 저조한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 고주파수 난청을 모의실험한 정상군과 실제의 고주파수 난청군을 대상으로 말소리인지도를 검사하여 고주파수 난청이 말소리인지에 미치는 영향을 살펴보았다. 정상인 20명을 대상으로 저음여과기(low-pass filter)를 사용하여 각 절단 주파수 1, 1.5, 2, 3, 4kHz를 기준으로 여과시켜 고주파수 난청을 모의실험하였고 10명의 고주파수 난청인을 대상으로 말소리인지도 검사를 실시하여 자극강도별로 비교하였다. 모의실험군에서는 자극주파수를 여과하지 않은 상태(no- filtering)와 비교할 때 절단주파수 3kHz이상에서는 말소리인지도가 비슷하게 좋았으며 절단 주파수 2kHz이하에서는 자극제시강도가 커져도 고심도의 말소리인지도 손실이 나타났다. 최고의 말소리인지도는 약 40-50dBHL에서 보였으며 70dBHL에서는 모든 주파수대역에서 말소리인지가 저하되어 어음의 왜곡현상을 보였다.

Ⅰ. 서 론

청력손실의 양상에서 고주파수 난청은 가장 보편적인 유형이다. 그 대부분은 노인성 난청이고 소음성 난청, 때론 이독성 약물에 의한 난청등이 대표적인데 난청의 유형은 보통 감각신경성 난청이며 그 정도는 다양하다. 감각신경성 난청의 병변은 주로 와우의 기저부위에서 시작된 것으로 알려져 있고, 주원인으로 고주파수 소리자극에 의한 등골족판(stapedial foot plate)의 움직임 때문에 발생한 압력의 변화, 정원창을 통한 감염이나 독성물질의 침입 또는 충분하지 못한 혈관 분포 등으로 알려져 있다(Hogan & Turner, 1998).

난청환자에게는 순음청력검사를 통해 감각신경성 난청으로 판명되면 다음 단계로 말소리청취역치(speech reception threshold, SRT)와 말소리인지도(word recognition score, WRS) 검사를 시행하게 되는데 정상이나 전음성 난청인 경우는 35-40dBHL에서 최고의 인지도를 보이며 인지도 곡선을 통해서 정상과 전음성, 미로성, 후미로성 난청의 종류를 예측하기도 한다. 최고의 말소리인지도는 전음성 요소의 영향을 크게 받지 않고 내이를 포함한 청각전도로 및 청각중추까지의 병변을 주로 반영한다. 말소리인지도가 감소할수록 반드시 청력역치가 증가하는 것은 아닌데 그 이유는 감각신경성 난청의 원인질환이 많고 장애부위와 정도가 다양하기 때문이다(赤井貞康, 1990; 田知住子, 1990). 특히 감각신경성 난청자중 고주파수의 손실이 두드러진 사람에 있어서 가장 어려운 상황은 대화할 때 알아듣기 힘들고 특히 조용히 말하거나 주변소음이 시끄러울 때 더욱 그렇다. 실제로 이러한 유형의 난청은 수술이나 치료가 불가능하므로 보청기의 착용이 최선책일 수 있다.

보청기 적합(fitting)에 있어서 가장 큰 목표는 말소리신호(speech signal)를 난청이 있는 주파수에서 증폭시켜 주어 청취력을 극대화시키는 것이다. 또한 난청자가 특정 주파수내에 있는 말소

리 정보를 어떻게 잘 이용하는가에 대한 효용성의 척도로 조음지수(articulation index, AI)를 이용하여 각 개인에 따라 청력을 수량화하는 작업을 통해 말소리인지도를 검증해 왔다(ANSI, 1969). Pascoe(1975)는 고주파수 난청자들에게 추가적으로 고주파수 정보를 제공함으로 말소리인지도를 향상시킬 수 있다고 했으며 Skinner(1980)와 Sullivan et al.(1992)은 역치를 호전시켜주고 고주파수 정보를 추가하면 언어인지능력의 향상을 기대할 수 있다고 했다. 이와는 달리 Murray & Byrne(1986)은 추가적인 고주파수 정보제공이 고주파수 난청자들에게 효과가 없는 경우가 있는데 그것은 청각구조 내에서 고주파수를 향상시킬 때 음성신호의 왜곡현상을 경험하기 때문이라고 주장했다. 따라서 더 낮은 주파수를 증폭시키는 것이 더욱 효과적일 수 있다고 제안했다. Van Tasell(1986)은 정상인을 대상으로 여과기와 차폐(masking)를 사용하여 청력손실을 모의실험한 연구에서 정반응과 오반응의 백분율로 언어인지능력을 측정하였는데 피검자 중 약 절반이 감각신경성 난청의 결과와 거의 비슷하였으나, 나머지 반은 다른 결과를 보였다. Zurek & Delhorne(1986)도 청력손실을 모의실험하기 위해 정상인에게 차폐소음(masking noise)을 사용하여 말소리인지도를 측정하였는데 소음상황에서 많은 난청자들의 결과와 비슷하다고 하였다. 이와 관련하여 Turner & Robb(1987)는 정상인과 난청인에 있어서 파열음을 인식하는데 주파수 단서 가청력(spectral cue audibility)이 주는 효과를 조사 하였다. 이 연구에서는 6개의 '파열음 + 모음'을 여과기를 이용하여 각 피검자의 음소마다의 말소리인지능력을 비교하였다. 전반적으로 난청인의 말소리인지력이 정상인보다 낮았는데, 특히 고주파수 난청자가 저주파수 난청자보다 더 낮은 경향을 보였다. Hogan & Turner(1998)는 난청의 정도와 가청어음(audible speech) 정보를 이용할 수 있는 가능성 사이의 관계를 조사하기 위해 고주파수 대역에서 증폭된 말소리정보를 다양한 고주파수 난청자에게 제시하였다. 저음 절단주파수(low-pass cutoff-frequency)의 증가에 따라 말소리인지도를 분석하였는데 특히 3kHz 이상에서 청력역치가 55dBHL을 넘을 때는 고주파수에서 가청력이 높아져도 말소리인지도는 향상되지 않았다. 따라서 그들은 55dBHL의 청력역치가 보청기를 조절하는 데 임상적으로 중요한 지점이라고 주장하였다.

일반적으로 저주파수는 거의 정상이나 고주파수 대역에서 손상이 있는 난청인은 고주파수성 가청조건을 최대로 해준다 하여도 그것이 최고의 말소리인지도를 제공하지 못하며 주파수변별력도 반드시 향상되는 것은 아니다. 특히 60dBHL이상의 청력손실이 있는 감각신경성 난청자들에 있어서 말소리인지에 대한 어려움이 더욱 크게 나타나는 것으로 알려져 있다. 그것은 와우의 손상이 외모세포에 국한된 것이 아니라 내모세포에도 영향을 주기 때문에 역치상 강도에서의 주파수 변별력이 감소하고 청력역치와 불쾌수준의 차이, 즉 역동범위(dynamic range)가 좁아지는 음량누가현상(loudness recruitment phenomenon)으로 인해 가청력(audibility)이 저하되기 때문이다(Rankovic, 1991). 이는 실제로 고주파수 난청자들이 보청기를 착용할 경우 고주파수에서 큰 이득을 제공하여도 반드시 말소리인지도가 향상되지 않는 경우를 설명해 주고 있다.

이러한 연구들은 보청기를 적합할 때 소리의 질과 말소리인지도의 측면에서 최적 증폭정도를 처방하는 근거를 제시하고 있다. 그러나 상기의 결과들은 영어말소리에 근거한 것이기 때문에 한국어말소리에 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 그러므로 본 연구는 고주파수 대역에 난청이 한국어의 말소리인지도에 미치는 영향을 주파수별 여과기를 이용하여 모의 실험으로 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

정상인 20귀와 고주파수 난청인 10귀를 대상으로 하였다. 정상인은 남자 10명, 여자 10명이며 연령대는 20세에서 45세로 평균 30세이고 청력역치가 모든 주파수에서 20dBHL 이하이다. 고주파수성난청자 10명은 고막운동성 검사에서 정상이고 기도와 골도 청력역치의

<표 - 1> 난청군의 청력평균, 표준편차 및 범위

(n=10)

주파수(Hz)	평균(dBHL)	표준편차(dBHL)	범위
500	16	5	15
1000	18	9	25
2000	33	17	50
4000	72	11	40

차이가 10dBHL 이하인 감각신경성 난청으로 중추신경병변을 가진 대상은 제외되었다. 이들의 주파수별 청력역치의 평균과 표준편차는 <표 - 1>과 같다.

<표 - 2>와 같이 고주파수 난청인은 남자 8명, 여자 2명이고 연령대는 35-80세로 평균 53세 였다. 1kHz 이하에서는 대부분 정상이나 2000Hz에서는 정상 또는 경중도의 청력손실을 보이다가 4kHz이상에서는 중고도의 청력손실을 보였다. 또한 말소리청취역치는 모든 대상자가 20dBHL 이하였으며, 말소리인지도는 보통 대화음의 강도인 50dBHL에서 제시하였을 때 평균 88%(SD 12.53)로 나타났다.

<표 - 2> 난청인의 주파수별 청각역치, 말소리청취역치 및 말소리인지도

피험자	성별	연령	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	SRT	WRS
S1	M	51	20	35	40	75	NR	15	75
S2	M	54	10	10	60	75	80	15	90
S3	M	62	20	25	30	50	90	20	90
S4	M	38	10	10	10	65	90	10	100
S5	M	39	10	10	55	60	90	10	100
S6	M	62	15	10	10	50	60	10	95
S7	M	35	15	20	35	95	90	20	60
S8	M	42	15	10	35	55	60	20	80
S9	F	80	20	25	25	70	80	15	90
S10	F	65	25	25	20	70	80	15	95

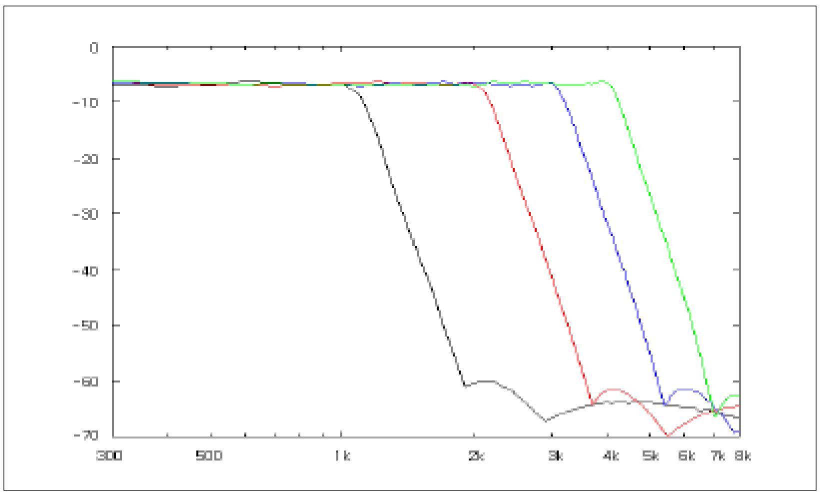
2. 검사절차

고주파수 난청을 모의 실험한 정상인과 실제 고주파수 난청인의 말소리인지도를 비교하기 위해 유의미 단음절어 4개의 표 200단어(함태영, 1962)를 사용하였다. 한 개의 표당 단어가 50개씩 구성되어 있는데 각 실험조건에서 사용되는 말소리표 마다의 중복을 피하고 학습으로 인해 정답을 예측할 수 있는 부분을 줄이기 위해 각 표의 말소리를 무작위로 배열하여 16개의 표로 다시 작성하였다. 말소리검사에 필요한 음성 데이터는 29세의 여성 목소리를 청력검사기(Grason Stadler, GSI 10)의 음성모드를 통해서 직접 노트북 컴퓨터에 44.1kHz sampling rate와 16 bit digital form을 이용하여 기록하였다.

실험에 있어서 기본적으로 어음청취역치와 말소리인지도 검사를 실시하게 되는데 정상인에게 고주파수 난청의 모의실험을 위해 사용된 주파수별 여과과정은 다음과 같다. 먼저 녹음된 검사음은 60dB/octave의 rejection slope를 이용하여 저음통과여과기(low-pass filter: Maltab, version 5.2)를 사용하여 5개 절단주파수(cutoff-frequency: 1, 1.5, 2, 3, 4kHz)에서 실시하였다. 이렇게 4kHz이하의 각 주파수에서 여과된 말소리표들은 다시 MP3로 sample rate 128 kbit/sec mono로 저장하였다. 이는 정상인에게 1kHz이상의 대역에서 있을 수 있는 고주파수 청력손실을 모의 실험한 과정이다. <그림 - 1>은 저음통과여과기를 사용하여 절단주파수별로 여과된 반응을 그래프로 보여주고 있다. 여과된 자극소리에 검사표 16개를 컴퓨터에 입력하여 Madsen사의 청력검

사기로 헤드폰(TDH39)을 통해 대상자에게 제시되었다.

20명의 정상인 피검자들은 소음이 29dBA인 방음실에서 검사가 실시되었으며 먼저 말소리청취역치를 구하고 말소리인지도는 절단주파수에 따른 6개의 실험조건(no-filtering, 4kHz이하, 3kHz이하, 2kHz이하, 1.5kHz이하, 1kHz이하)에서 각각 단음절을 들려주고 따라 말하도록 지시한 후 맞는 수의 백분율을 구하였다. 10명의 난청자들은 여과하지 않은 조건에서만 실시하였으며 과정은 정상인과 동일하게 실시하였다. 자료처리를 위해 먼저 모의 실험군의 no-filtering 조건과 5개 filtering 조건의 평균을 분석(*t*-test) 하였으며 또한 난청군과 모의실험군의 6개 조건을 각각 비교(*t*-test) 하였다.



<그림 - 1> 절단주파수가 1, 2, 3, 4kHz일 때 제시된 자극소리의 형태

III. 결 과

1. 모의실험군에서 자극강도에 따른 절단주파수별 말소리인지도 비교

모의실험군의 자극강도에 따른 6개 실험조건의 결과는 <표 - 3>에 나타난 바와 같다. 주파수를 여과하지 않은 상태와 절단 주파수가 1, 1.5, 2, 3, 4kHz인 조건에서 자극강도를 20-70dBHL로 조정하였을 때 말소리인지도를 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다.

<표 - 3> 모의실험군의 자극강도와 절단주파수에 따른 말소리인지도의 평균과 표준편차

자극강도 \ 절단주파수	no filtering	4kHz	3kHz	2kHz	1.5kHz	1kHz
20dBHL	99 (1.57)	85 (8.78)	82 (7.56)	62 (10.74)	46 (9.78)	27 (7.34)
30dBHL	99 (1.11)	93 (5.35)	91 (5.50)	75 (8.89)	55 (7.69)	29 (7.94)
40dBHL	99 (0.61)	97 (4.55)	96 (4.88)	86 (4.47)	61 (6.86)	38 (7.79)
50dBHL	99 (0.61)	94 (5.05)	97 (4.49)	84 (6.59)	67 (8.92)	35 (12.72)
60dBHL	100 (0.00)	94 (5.15)	90 (7.11)	85 (7.36)	66 (18.40)	32 (13.58)
70dBHL	97 (3.15)	90 (5.94)	88 (5.40)	79 (8.34)	62 10.42)	25 (6.11)

자극강도 20-30dBHL에서 여과하지 않는 상태와 비교하여 보면, 절단주파수 1kHz와 1.5kHz에서 많은 차이를 보이나, 2kHz에서는 약간의 상승을 보이다가 3kHz와 4kHz에서는 다시 인지도가 높아졌다. 자극강도 40-50dBHL에서는 여과하지 않은 상태와 비교할 때 절단주파수 1kHz와 1.5kHz에서 역시 큰 차이를 보이고 2kHz에서는 많이 향상되었으며, 3kHz와 4kHz에서는 여과하지 않은 상태와 비슷하게 인지도가 높아졌다. 자극강도 60-70dBHL에서도 여과하지 않은 상태에 비하여 1kHz와 1.5kHz에서 인지도가 크게 떨어졌으며 2kHz이상에서는 점차 향상되었다.

또한 각 절단주파수에서 말소리인지도가 최고인 자극강도를 살펴보았는데 1, 2, 4kHz에서는 40dBHL이었으며, 1.5와 3kHz에서는 50dBHL이었다. 대체적으로 40-50dBHL에서 최고의 말소리인지도가 나타났으며 자극강도가 70dBHL로 증가되었을 때는 모는 주파수에서 어음인지도가 감소하였다.

통계적 검증을 하기 위하여 여과하지 않은 조건과 각 절단주파수의 말소리이해도를 모든 자극강도에서 *t*-test로 분석하였다. 20-30dBHL과 60-70dBHL에서는 모든 주파수에서 유의한 차이를 보였지만, 40-50dBHL에서는 2kHz 이하에서만 유의한 차이를 보였다(<표 - 4> 참조).

<표 - 4> 자극강도에 따라서 모의실험군의 여과하지 않은 조건에 대한 각 절단주파수별

말소리인지도의 비교

	4kHz	3kHz	2kHz	1.5kHz	1kHz
20dBHL	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
30dBHL	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
40dBHL	0.036	0.012	0.000*	0.000*	0.000*
50dBHL	0.089	0.015	0.000*	0.000*	0.000*
60dBHL	0.001*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
70dBHL	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*

*$p <$ 0.01

2. 모의실험군과 난청군의 비교

보통 대화음의 강도인 50dBHL에서 난청군의 말소리인지도(88%)를 각 절단주파수에서 모의실험군의 말소리인지도와 비교하기 위하여 t-test를 실시하였다(<표 - 5> 참조). 모의실험군의 절단주파수 1.5kHz와 2kHz를 제외하고는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

<표 -5> 자극강도 50 dBHL에서 난청군과 절단주파수별 모의실험군의 말소리인지도

	난청군	모의실험군					
		no filtering	4kHz	3kHz	2kHz	1.5kHz	1kHz
Mean(%)	88	99	94	97	85	67	32
SD(%)	12.53	0.61	5.05	4.49	6.59	8.92	12.72
P-value		0.012*	0.001*	0.046*	0.537	0.052	0.002*

*$p <$0.05

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 고주파수 난청을 모의실험한 정상군과 실제 고주파수 난청군을 대상으로 말소리인지도를 검사하여 고주파수 난청이 말소리인지에 미치는 영향을 알아보았다. 모의실험군의 결과에 의하면 속삭이는 소리에 해당하는 20-30dBHL의 제시강도에서는 3-4kHz 이상의 정보를 여과하면 말소리인지의 저하를 보였으나, 보통 대화음 강도인 40-50dBHL에서는 3-4kHz 이상의 정보를 여과하여도 말소리인지가 거의 저하되질 않았고, 제시강도가 비교적 큰 60-70dBHL에서는 3-4kHz이상의 정보를 여과하면 여과하지 않은 상황의 말소리인지와 다소 차이를 보였다. 즉 3kHz 이상의 고주파수에서 난청이 있을 때 보통의 대화음에서는 말소리인지도에 영향을 미치지 않지만, 속삭이는 소리 또는 주변배경이 시끄러운 상황에서는 어느 정도 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 절단주파수가 2kHz이하일 때는 제시강도에 상관없이 전반적으로 말소리인지에 상당한 영향을 주고 있다.

Goetzinger(1978)는 말소리인지도에 근거한 장애정도를 90-100%는 정상, 75-90%는 경도(slight)장애, 60-70%는 중도(moderate)장애, 50-60%는 고도(severe)장애로 50% 미만은 심도(profoundly)장애로 구분하였다. 그의 구분을 본 연구의 모의실험 결과에 응용하면, 보통 말소리 강도(40-50dBHL)에서 절단주파수가 2kHz이면, 즉 2kHz이상의 정보를 제공받지 못하면 경도장애를 보이기 시작하고, 1.5kHz이상의 정보가 유실되면 중도장애, 1kHz이상의 정보가 유실되면 심도장애로 구분할 수 있다. 이와 같은 사실은 고주파수 특히 2kHz이상의 정보가 말소리인지에 미치는 영향이 크다는 것을 시사하고 있다.

자극강도 50dBHL 일 때 절단주파수 4kHz(94%)와 1kHz(35%)에서 모의실험군의 말소리인지도가 큰 차이(60%)를 나타내었는데, 이는 말소리인지의 주파수 의존 성향을 보여주고 있다. 특히, 보통 대화음의 크기(40-50dBHL)에서는 3-4kHz이상의 정보를 여과하여도 여과하지 않은 경우와 유의한 차이가 없었다는 점은 Parkins & Newall(1990)의 보고에서와 마찬가지로 고주파수 난청자의 보청기 적합시 3kHz 이상 주파수의 증폭을 억제해도 말소리인지에 크게 영향을 미치지는 않을 것이라고 생각한다. 하지만 대화음의 크기가 작거나(20-30dBHL) 클때는(60-70dBHL) 3kHz 이상의 정보가 말소리인지에 상당한 영향을 미치기 때문에 소리의 왜곡 또는 피드백 문제가 없다면 3kHz 이상의 주파수 대역에서도 증폭을 하는 것이 청각장애인에게 도움이 될 것이다.

실제 난청군은 2kHz에서 정상 또는 경도의 청력손실로 시작되어 4kHz에서 고도의 청력손실을 가지므로 가청범위가 유사한 모의실험군의 절단주파수 3-4kHz 조건이었다. 그러나 난청군의 말소리인지도가 모의실험군보다 낮았으며, 절단주파수 2kHz의 결과와 비슷하였다. 이것은 가청범위가 유사해도 난청인의 말소리인지 능력이 건청인보다 떨어지므로 모의실험군보다 말소리인지도가 떨어지는 것으로 생각된다.

모의실험군에서 대부분의 실험조건에서 자극강도 40-50dBHL일 때 최고명료도를 보이다가 70dBHL 상황에서 말소리인지의 저하를 보이는데 이는 고주파수에서 고심도의 청력손실이 있는 경우 보청기의 증폭이득으로 말소리정보를 제공하여도 실질적으로 말소리인지도가 향상하지 않는 이유를 설명하고 있다(van Tasell, 1993). 특히 청력손실정도가 60dBHL이상이면 와우의 손상이

외모세포에 국한 된 것이 아니라 내모세포에도 영향을 줄 수 있기 때문에 그러한 현상이 나타나는 것으로 추정할 수 있다. 또한 고심도의 난청은 음성신호의 작은 크기 변화에도 민감하게 반응하는 음량누가현상 때문에 반드시 증폭기의 물리적 이득이 말소리인지도의 향상으로 연결되지 못한다.

절단주파수 1과 1.5kHz의 실험조건은 일반적으로 500Hz까지는 정상이나 그 이후의 주파수에서 고심도의 난청을 수반하는 고주파수 급경사형(steeply sloping) 난청을 모의 실험한 경우이다. 말소리인지도에서 중도 및 심도의 심각한 손실을 보였고 실제 난청인의 말소리인지 상황을 추정해 볼 수 있었다. 이러한 청력손실 형태는 필요에 따라 보청기를 착용해야 할 경우 많은 어려움을 겪게 된다. 보청기를 통해 난청이 있는 주파수만을 증폭하기는 상당히 어려워서 보청기 조절과 관련된 난청자의 불편이 빈번하다. 그러나 최근 디지털 보청기의 개발은 다채널 방식으로 이러한 불편을 줄이고 말소리인지도를 향상시킬 수 있는 계기가 되었다. 더 나아가 감각신경성 난청인에게 보다 듣기 편하고 말소리인지도가 높아지는 보청기의 개발을 위해 선행되어야 할 것은 감각신경성이 가지는 여러 가지 특성에 대한 파악이라고 생각한다. 난청의 현상을 정확히 모의하기는 매우 어려운 작업이지만 말소리인지도 측면에서 증폭의 잇점이 주파수 의존적인지, 아니면 기타 증폭압축비, 주파수 압축비, 회로입력수준 등의 영향을 받는지에 대한 다각적인 연구가 필요하다고 본다.

V. 결 론

정상인을 대상으로 고주파수 난청을 모의실험하기 위해 절단주파수 1, 1.5, 2, 3, 4kHz에서 말소리인지도를 자극강도별로 분석하였으며 실제 고주파수 난청군의 말소리인지도와 비교하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 첫째, 여과하지 않은 상태와 절단 주파수별로 여과한 경우의 말소리인지를 비교하면 절단주파수 2kHz 이하에서는 모든 말소리 강도에서 유의한 차이를 보였으나, 절단주파수 3-4kHz에서는 작거나 큰 말소리 강도에서만 유의한 차이를 보였다. 즉 보통 대화음에서는 3kHz 이상의 고주파수 정보가 말소리이해도에 큰 영향을 주지 않았으나, 작거나 큰소리일 때는 상당한 영향을 주었다. 둘째, 모의실험군의 최고 말소리이해도는 40-50dBHL에서 나타났으며 70dBHL에서는 모든 실험조건에서 말소리인지가 저하되었다. 셋째, 보통 대화음의 강도인 50dBHL에서 난청군과 모의실험군의 비교에서 절단주파수 1.5와 2kHz 제외하고 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉 고주파수 난청군과 유사한 모의실험군은 절단주파수 1.5-2kHz로 나타났다.

이러한 결과로 고주파수 난청이 자극음의 강도에 따라서 말소리인지에 어떠한 영향을 미치는지를 알 수 있었다. 이는 보청기 적합시 난청인의 주파수대역에 따른 청력손실 특성과 최적증폭정도를 예측하는데 중요한 자료가 될 것이다. 하지만 모의실험군과 유사한 난청군의 자료를 충분히 구한 다음 비교하면 더 유용한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

함태영(1963). 난청환자의 한국어음에 대한 명료도에 관한 연구. 『대한이비인후과학회지』, *6*, 2-12.

赤井 貞康, 小等 一興 今一子, 前田知佳子(1990). 感音性 難聽者に おげる 聽力閾値 ど 語音明 瞭度の 關係. *Audioigy Japan*, *33*, 215-219.

田知佳子, 廣田 (1990). 感音性 難聽者に おげる 語音明瞭度の 補聽器 使用の 年齡別 檢討. *Audiology Japan*, *33*, 215-219.

American National Standards Institute(1969). *American National Standard Methods for the Calculation of the Articuration Index*. ANSI S3.5-1969, New York.

Goetzinger, C. P.(1978). Word discrimination testing. In J. Katz(Ed.), *Handbook of Clinical Audiology*. Baltimore: Williams & Wilkins.

Hogan, C. A. & Turner, C. W.(1998). High frequency audibility: Benefits for hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America, 104,* 432-441.

Murray, N. & Byrne, D.(1986). Performance of hearing-impaired and normal hearing listeners with various high-frequency cut-off in hearing aids. *Australian Journal of Audiology*, *8,* 21-28.

Parkinson, A. & Newell, P.(1990). Hearing aid gain frequency response requirement for the severe/profoundly hearing impaired. *Ear and Hearing, 11,* 17-36.

Pascoe, D. P.(1975). Frequency response of hearing aids and their effects on the speech perception of hearing-impaired subject. *Journal of the Acoustical Society of America, 82,* 1548-1559.

Rankovic, C. M.(1991). An application of the articulation index to hearing aid fitting. *Journal of the Acoustical Society of America, 67,* 306-317.

Skinner, M. W.(1980). Speech intelligibility in noise-induced hearing loss: Effects of high-frequency compensation. *Journal of the Acoustical Society of America, 67,* 306-317.

Sullivan, J. A., Allsman, C. S., Nielson, L. B. & Mobley, J. P.(1992). Amplification for listeners with steeply sloping, high frequency hearing loss. *Ear and Hearing, 13,* 35-45.

Turner, C. W. & Robb, M. K.(1987). Audibility and recognition of stop consonants in normal and hearing-impaired subjects. *Journal of the Acoustical Society of America, 81,* 1566-1673.

Van Tasell, D. J.(1986). Masked filtered simulation of hearing loss: Effects on consonant recognition. *Journal of Speech and Hearing Research*, *29,* 170-178.

Van Tasell, D. J.(1993). Hearing loss, speech, hearing aid. *Journal of Speech and Hearing Research*, *36,* 228-244.

Zurek, P. & Delhorne, L. A.(1986). Consonants reception noise by listeners with mild and moderate sensorineural hearing impairment. *Journal of the Acoustical Society of America, 82,* 1548-1559.

<부록 - 1> 유의미 단음절어표 16개 리스트

표 1				표 2				표 3				표 4			
1.	귀	26.	향	1.	혀	26.	굼	1.	눈	26.	힘	1.	글	26.	밭
2.	힘	27.	법	2.	독	27.	흉	2.	공	27.	귤	2.	집	27.	깨
3.	논	28.	산	3.	잠	28.	뇌	3.	길	28.	면	3.	꿈	28.	연
4.	맛	29.	골	4.	복	29.	역	4.	옷	39.	농	4.	선	29.	못
5.	솔	30.	짐	5.	운	30.	멍	5.	밥	30.	삽	5.	목	30.	절
6.	잔	31	녹	6.	갓	31.	쌀	6.	섬	31.	무	6.	앞	31.	광
7.	국	32	끌	7.	쉰	32.	범	7.	돈	32.	암	7.	넷	32.	서
8.	솜	33	통	8.	납	33.	코	8.	장	33.	굿	8.	벽	33.	달
9.	닭	34	삼	9.	문	34.	깃	9.	극	34.	틀	9.	상	34.	젓
10.	옆	35	뽕	10.	곳	35.	발	10.	춤	35.	떡	10.	돌	35.	쌈
11.	불	36	되	11.	숲	36.	등	11.	먹	36.	매	11.	틈	36.	묵
12.	남	37	폴	12.	종	37.	질	12.	솟	37.	엿	12.	겹	37.	뱀
13.	숫	38	설	13.	답	38.	터	13.	방	38.	죄	13.	육	38.	만
14.	감	39	뜻	14.	책	39.	뜸	14.	적	39.	빚	14.	말	39.	콩
15.	윷	40	명	15.	땀	40.	실	15.	강	40.	담	15.	소	40.	빗
16.	들	41	은	16.	셋	41.	곽	16.	손	41.	시	16.	김	41.	쇠
17.	잣	42	북	17.	망	42.	붓	17.	막	42.	뺨	17.	박	42.	땅
18.	배	43	점	18.	겉	43.	맥	18.	벌	43.	팔	18.	뜰	43.	벗
19.	침	44	밑	19.	알	44.	일	19.	끝	44.	샘	19.	총	44.	님
20.	꿀	45	싹	20.	죽	45.	뼈	20.	칼	45.	뚝	20.	낮	45.	속
21.	반	46	벼	21.	밤	46.	살	21.	숨	46.	잎	21.	술	46.	품
22.	멋	47	황	22.	신	47.	몸	22.	낫	47.	별	22.	단	47.	인
23.	키	48	색	23.	널	48.	불	23.	뒤	48.	씨	23.	쥐	48.	뿔
24.	딸	49	물	24.	새	49.	봄	24.	백	49.	좀	24.	굴	49.	해
25.	겁	50	개	25.	꽃	50.	끈	25.	꼴	50.	활	25.	흙	50.	곰

표 5				표 6				표 7				표 8			
1.	향	26.	솟	1.	금	26.	답	1.	힘	26.	방	1.	밭	26.	육
2.	귀	27.	뜻	2.	혀	27.	뜸	2.	눈	27.	빛	2.	글	27.	콩
3.	법	28.	감	3.	흉	28.	책	3.	귤	28.	적	3.	깨	28.	말
4.	힘	29.	명	4.	독	29.	실	4.	공	39.	담	4.	집	29.	빗
5.	산	30.	윷	5.	뇌	30.	땀	5.	면	30.	강	5.	연	30.	소
6.	논	31	은	6.	잠	31.	곽	6.	길	31.	시	6.	꿈	31.	쇠
7.	골	32	들	7.	역	32.	셋	7.	농	32.	손	7.	못	32.	김
8.	맛	33	북	8.	복	33.	붓	8.	옷	33.	뺨	8.	선	33.	땅
9.	김	34	잣	9.	멍	34.	망	9.	삽	34.	막	9.	절	34.	박
10.	솔	35	점	10.	운	35.	맥	10.	밥	35.	팔	10.	목	35.	벗
11.	녹	36	배	11.	쌀	36.	겉	11.	무	36.	벌	11.	광	36.	뜰
12.	잔	37	밑	12.	갓	37.	일	12.	섬	37.	샘	12.	앞	37.	님
13.	글	38	침	13.	범	38.	알	13.	안	38.	끝	13.	서	38.	총
14.	국	39	싹	14.	쉰	39.	뼈	14.	돈	39.	뚝	14.	넷	39.	속
15.	통	40	꿀	15.	코	40.	죽	15.	굿	40.	칼	15.	달	40.	낫
16.	솜	41	벼	16.	납	41.	살	16.	장	41.	잎	16.	벽	41.	품
17.	삼	42	반	17.	깃	42.	밤	17.	틀	42.	숨	17.	젓	42.	술
18.	닭	43	왕	18.	문	43.	몸	18.	극	43.	별	18.	상	43.	인
19.	뽕	44	멋	19.	발	44.	신	19.	떡	44.	낫	19.	쌈	44.	단
20.	엷	45	색	20.	곳	45.	풀	20.	춤	45.	씨	20.	돌	45.	불
21.	되	46	키	21.	등	46.	널	21.	매	46.	뒤	21.	묵	46.	쥐
22.	불	47	물	22.	숲	47.	봄	22.	먹	47.	점	22.	틈	47.	해
23.	폴	48	딸	23.	질	48.	새	23.	엿	48.	백	23.	뱀	48.	굴
24.	남	49	개	24.	종	49.	끈	24.	솟	49.	활	24.	겹	49.	곰
25.	설	50	겁	25.	터	50.	꽃	25.	죄	50.	꼴	25.	만	50.	흙

표 9				표 10				표 11				표 12			
1.	개	26.	겁	1.	끈	26.	꽃	1.	활	26.	꿀	1.	곰	26.	흙
2.	물	27.	딸	2.	봄	27.	새	2.	좀	27.	백	2.	해	27.	굴
3.	색	28.	키	3.	풀	28.	널	3.	씨	28.	뒤	3.	뿔	28.	쥐
4.	왕	29.	멋	4.	몸	29.	신	4.	별	39.	낫	4.	인	29.	단
5.	벼	30.	반	5.	살	30.	밤	5.	잎	30.	숨	5.	품	30.	술
6.	싹	31	꿀	6.	뼈	31.	족	6.	뚝	31.	칼	6.	속	31.	낮
7.	밑	32	침	7.	일	32.	알	7.	샘	32.	끝	7.	님	32.	총
8.	점	33	배	8.	맥	33.	겉	8.	팔	33.	벌	8.	벗	33.	뜰
9.	북	34	잣	9.	붓	34.	망	9.	뺨	34.	막	9.	땅	34.	박
10.	은	35	들	10.	곽	35.	셋	10.	시	35.	손	10.	쇠	35.	김
11.	명	36	윷	11.	실	36.	땀	11.	담	36.	강	11.	빗	36.	소
12.	뜻	37	감	12.	뜸	37.	책	12.	빚	37.	적	12.	콩	37.	말
13.	설	38	솟	13.	터	38.	답	13.	죄	38.	방	13.	만	38.	육
14.	폴	39	남	14.	질	39.	종	14.	엿	39.	솟	14.	뱀	39.	겹
15.	되	40	불	15.	등	40.	숲	15.	매	40.	먹	15.	묵	40.	틈
16.	뽕	41	옆	16.	발	41.	곳	16.	떡	41.	춤	16.	쌈	41.	돌
17.	삼	42	닭	17.	깃	42.	문	17.	틀	42.	극	17.	젓	42.	상
18.	통	43	솜	18.	코	43.	납	18.	굿	43.	장	18.	달	43.	벽
19.	끌	44	국	19.	범	44.	쉰	19.	안	44.	돈	19.	서	44.	넷
20.	녹	45	잔	20.	쌀	45.	갓	20.	무	45.	섬	20.	광	45.	앞
21.	짐	46	솔	21.	멍	46.	운	21.	삽	46.	밥	21.	절	46.	목
22.	골	47	맛	22.	역	47.	복	22.	농	47.	옷	22.	못	47.	선
23.	산	48	논	23.	뇌	48.	잠	23.	면	48.	길	23.	연	48.	꿈
24.	법	49	힘	24.	흉	49.	독	24.	귤	49.	눈	24.	깨	49.	십
25.	향	50	귀	25.	금	50.	혀	25.	힘	50.	공	25.	밭	50.	글

표 13				표 14				표 15				표 16			
1.	솜	26.	잣	1.	잠	26.	등	1.	끝	26.	춤	1.	육	26.	님
2.	끌	27.	뜻	2.	범	27.	일	2.	뚝	27.	엿	2.	땅	27.	술
3.	논	28.	닭	3.	납	28.	풀	3.	먹	28.	뺨	3.	김	28.	곰
4.	되	29.	녹	4.	깃	29.	망	4.	매	39.	샘	4.	낫	29.	쥐
5.	향	30.	벼	5.	곳	30.	알	5.	안	30.	막	5.	뱀	30.	쇠
6.	귀	31	반	6.	실	31.	맥	6.	섬	31.	방	6.	박	31.	앞
7.	옆	32	북	7.	땀	32.	새	7.	면	32.	좀	7.	인	32.	못
8.	설	33	왕	8.	뼈	33.	금	8.	눈	33.	장	8.	뜰	33.	벽
9.	숫	34	감	9.	밤	34.	운	9.	별	34.	삽	9.	절	34.	묵
10.	뽕	35	통	10.	붓	35.	쌀	10.	낮	35.	밥	10.	선	35.	말
11.	은	36	법	11.	꽃	36.	독	11.	시	36.	떡	11.	빛	36.	해
12.	배	37	솔	12.	뜸	37.	뇌	12.	손	37.	빚	12.	글	37.	빗
13.	싹	38	힘	13.	날	38.	문	13.	활	38.	극	13.	젓	38.	흙
14.	꿀	39	짐	14.	살	39.	흉	14.	벌	39.	농	14.	돌	39.	상
15.	명	40	불	15.	정	40.	답	15.	죄	40.	잎	15.	서	40.	겹
16.	윷	41	잔	16.	발	41.	역	16.	틀	41.	뒤	16.	넷	41.	목
17.	삼	42	색	17.	숲	42.	끈	17.	공	42.	씨	17.	콩	42.	광
18.	맛	43	키	18.	터	43.	멍	18.	솟	43.	백	18.	소	43.	품
19.	골	44	개	19.	셋	44.	복	19.	담	44.	팔	19.	벗	44.	단
20.	점	45	멋	20.	몸	45.	갓	20.	강	45.	꼴	20.	속	45.	총
21.	남	46	들	21.	신	46.	질	21.	굿	46.	돈	21.	틈	46.	뿔
22.	폴	47	물	22.	곽	47.	쉰	22.	흠	47.	팥	22.	달	47.	만
23.	국	48	겁	23.	책	48.	혀	23.	옷	48.	귤	23.	꿈	48.	쌈
24.	산	49	딸	24.	코	49.	겉	24.	무	49.	숨	24.	연	49.	깨
25.	밑	50	침	25.	봄	50.	죽	25.	길	50.	적	25.	굴	50.	집

ABSTRACT

Effects of High-Frequency Hearing Loss on Speech Recognition Ability

Jinhee Park(Dept. of Rehabilitation, Hallym University, Graduate School of Social Welfare)

Junghak Lee*(Dept. of Otorhinolaryngology, Hallym University, College of Medicine)

In the case of high frequency hearing loss, the primary goal of hearing aid fitting strategies is to make the speech signal audible through providing high-frequency amplification. However, an increase in audibility does not always provide a complete restoration of speech recognition for all hearing-impaired listeners. The purpose of this study was to determine the optimal frequency response characteristics of speech recognition ability for the listeners with high-frequency hearing loss. Twenty adults with normal hearing and ten adults with high-frequency sensorineural hearing loss participated in this study. Twenty normal subjects consisted of ten males and ten females with a mean age of 30 years(ranging from 25 to 45 years). Ten hearing-impaired adults consisted of eight males and two females with a mean age of 53 years(ranging from 35 to 80 years). For the normal hearing group, high-frequency hearing losses were simulated. The speech stimuli were presented to the subjects under the low-pass filtered conditions with no-filtering and five cut-off frequencies of 1, 1.5, 2, 3, and 4kHz. The presentation levels were varied from 20dBHL to 70dBHL. Word recognition scores(WRSs) were obtained with six conditions at each presentation level. For the hearing impared group, WRSs were obtained at the regular conversation level of 50dBHL. Generally, the simulated hearing impaired group showed high WRSs at the condition of no filtering than at the conditions of various filtering. When the condition of no filtering was compared with each filtering condition, the difference was statistically significant ($p<.01$) at all presentation levels for the cut-off frequency below 2kHz. For the cut-off frequencies at 3 and 4kHz, the difference was statistically significant ($p<.01$) at all

*e-mail: leejh@sun.hallym.ac.kr

presentation levels except 40 and 50dBHL. As the cut-off frequency increased, WRSs were increased at all presentation levels. At the presentation levels of 40-50dBHL, however, the WRSs at the condition without filtering were not significantly different from those at the condition filtering at 3-4kHz. The WRSs for the simulated hearing loss group were similar to those for the hearing impaired group at the presentation level of 50dBHL with the cut-off frequency of 2kHz. These results suggest that although the acoustic information above 3kHz may not be as critical as that below 3kHz at the normal conversation level(40-50dBHL), it may be important to understand whispering or loud voices. For the generalization of the results, more data from the hearing-impared should be collected.