

컴퓨터 기반 청능훈련 프로그램의 현황

부산가톨릭대학교 보건과학대학 언어청각치료학과

김진동

Current State of Computer-Based Auditory Training Programs

Jin-Dong Kim, PhD

Department of Speech and Hearing Therapy, College of Health Science, Catholic University of Pusan, Busan, Korea

서론

듣기 장치는 청각장애인이 경험하는 의사소통의 어려움을 해결하는 가장 일반적인 방법이다. 그러나 청력손실로 인해 청각 자극을 장기간 전혀 받지 못했거나 또는 감소되어 중추청각신경계의 위축이 발생한 청각장애인의 경우 음성 및 환경음에 대한 기억 표상(memory representation)은 감퇴한다. 따라서 보청기를 통한 증폭 또는 인공와우 이식을 통해 청취할 수 있게 된 소리를 인지하지 못할 수도 있다. 또한 특정 소리에 대한 기억 표상이 강력하게 유지되어 있더라도, 청지각적으로 중요한 음향 단서는 듣기 장치의 신호처리과정 동안 왜곡될 수도 있다. 듣기 장치는 지각적 적응과정을 거친 후 청각장애인의 청취력을 최적으로 향상시킬 수 있지만 정상 청력으로 완벽하게 복원할 수는 없다.

청능훈련은 “개인의 전체 지각 능력에 기여하는 청각 정보의 양을 증가시키도록 고안된 교수법 또는 훈련”으로¹⁾ 청각적 어려움의 자기 관리를 촉진시키고 청지각적 기술을 개발하여 말 이해력의 향상을 목표로 한다. 또한 청능훈련은 보청기나 인공와우와 같은 듣기 장치를 통한 의사소통 혜택을 극대화하고 이러한 장치에 대한 환

자의 만족도를 향상시키기 위해 사용되는 임상적 중재 방법으로²⁾ 새로운 듣기 장치의 적응을 증진시키는데 중요한 역할을 할 수 있으며, 변형된 청각 입력에 반응하는 신경 가소성(neural plasticity)의 변화를 촉진시킬 수도 있다. 즉, 청능훈련을 동반하지 않고 단순히 듣기 장치만 착용하는 경우 청각 시스템의 재적응과 청지각 기술은 최적으로 진전되지 않을 가능성이 높다. 청능훈련은 일반적으로 환자에게 체계적으로 제시되는 소리 간의 지각적 차이점을 학습시키지만, 듣기 장치에 대한 적응 기간 동안 청각(hearing)과 듣기(listening)와의 차이점을 교육시키고, 자신감을 심어주고, 의사소통 전략 또는 조언을 제공하는데 사용될 수 있으며, 듣기 재훈련 또는 분석적 듣기 훈련 또는 음량에 대한 환자의 내성을 증가시키는데 집중될 수 있다. 이러한 훈련은 보청기의 반납 뿐 아니라 재방문을 감소시키는 수단이 될 수 있다.^{3,30)}

청능훈련의 성공 여부는 새로운 반응 양상을 배우기 위해 중추청각신경계 자체를 변화시키는 신경 가소성 능력을 전제로 한다. 신경 가소성은 대부분 어린 시절에 형성되지만, 청능훈련을 통해 청각신경계에 적절한 자극을 제공하는 경우 성인의 인생 전반에서도 청지각적 기술이 향상될 수 있으며,⁴⁾ 청지각적 학습은 신경 가소성을 형성시킬 수 있는 강력한 능력을 가지고 있다고 제안하고 있다.^{5,6)}

전통적으로 구어 이해를 상향식 감각 통제와 하향식 감각 개선으로 구분하였기 때문에 청능훈련의 가장 일반적인 훈련 유형은 음성 과제이지만 그 외 다양한 형태

교신저자 : 김진동, 46252 부산광역시 금정구 오륜대로 57
부산가톨릭대학교 보건과학대학 언어청각치료학과
전화 : (051) 510-0844 · 전송 : (051) 510-0848
E-mail : jdkim@cup.ac.kr

의 음향 정보에 대한 탐지, 변별, 확인, 이해 과제를 포함할 수도 있으며 때로는 음악 및 심리음향 자극도 포함될 수 있다.⁷⁾ 청능훈련은 낮은 수준의 음성 및 음향적 특징을 탐지할 수 있도록 연습시켜 청지각의 상향식 정보 처리 능력을 개선하는데 도움을 주는 분석적 훈련(analytic training)과 하향식 정보처리 측면을 개선하는데 도움을 주는 인지 과정의 향상에 초점을 둔 종합적 훈련(synthetic training)으로 구분할 수 있다. 단기 기억 또는 작업 기억, 주의력 및 처리 속도 등을 포함하는 인지 과정은 청각장애를 가진 성인의 음성 지각 능력에 영향을 미치는 것으로 나타났다.^{8,9)} 대뇌 피질의 다양한 메커니즘은 잡음하에서 말 지각을 용이하게 할 수도 있으며, 청각장애를 가진 노인의 경우에는 인지 기능에 중점을 둔 청능훈련 프로그램이 더 유용할 가능성이 있다.^{5,10)} 또한 인지 과정에 중점을 청능훈련 프로그램을 포함하여 대부분의 청능훈련 프로그램은 학습장애 아동과 인공와우를 사용하는 아동에게 도움이 되는 것으로 나타났다.^{11,12)}

청력손실을 가진 성인을 대상으로 개별 청능훈련 프로그램의 효용성을 평가한 연구에 관한 문헌 고찰에서 저자들은 특히 종합적 훈련으로 잡음하 말 인지 기술은 향상되지만, 분석적 훈련의 효과는 불확실하다고 결론 내렸다.¹³⁾ 그러나 최근 연구에 의하면 음소 변별을 이용한 상향식 청능훈련에서도 또한 하향식 인지 처리의 향상이 나타났으며,¹⁴⁾ 이는 특히 어려운 청취 상황에서 청력손실을 가지고 있는 사람에게 부가적인 혜택을 제공할 수도 있음을 의미한다.

상담, 개별적 및 집단 재활을 포함하는 대부분의 청능훈련은 환자의 전반적인 청각 재활의 한 영역으로 숙련된 임상가가 종종 실시한다. 일대일 기반의 청능훈련은 시간과 비용 집약적인 훈련이 될 수 있다. 그러나 개인용 컴퓨터의 성능이 급속도로 발전하고 접근성이 용이해졌기 때문에 청능훈련 분야에서도 컴퓨터 기반 청능훈련(computer-based auditory training, CBAT)에 대해 큰 관심을 가지게 되었다.

CBAT는 청각장애인이 직접 독립적으로 사용할 수도 있고, 청각전문가 또는 청력이 정상인 다른 사람의 도움을 받아 사용할 수 있으므로 환자가 상황에 맞게 편안하게 생각하는 환경에서 훈련을 실시할 수 있다. 또한 위험성이 낮고 저렴한 비용으로 의사소통 기술을 향상시

킬 수 있는 기회를 제공하며 개인별 요구에 따라 훈련을 조절할 수 있는 점, 원격 모니터링 및 인터넷을 통해 훈련생의 데이터를 가져올 수 있는 기능을 포함하고 있다. 따라서 CBAT는 시간, 자원, 비용 측면에서 효율적이며 사용자가 편리하게 접근할 수 있는 중재법이다.¹⁵⁾

청각장애인을 위한 중재법으로 개별 CBAT의 효용성을 조사한 최근 문헌 고찰 연구에서는 출판된 문헌의 증거를 기반으로 훈련 자극에 대한 과제상 학습(on-task learning)과 훈련하지 않은 말 이해력, 인지기능 및 의사소통 등의 향상에 대한 학습의 일반화에 대해 평가하였다.¹⁶⁾ 또한 청능훈련과 관련된 수행력 향상의 장기 유지력과 CBAT 프로그램의 순응도 수준을 검토하여 개별 CBAT의 타당성을 검토하였다. 이들은 연구 선정을 위해 참여자, 통제군, 중재 및 연구 설계 전략을 이용하여 엄격한 기준을 적용하였으며, 최종적으로 선정된 13개 연구의 증거의 수준을 조사하기 위해 질 평가 점수에 따라 분류하였다. 연구의 질은 상당히 다양하였음에도 불구하고 모든 연구는 전문가 검토 저널에 발표되었다. 따라서 저자들은 CBAT 프로그램의 잠재력을 평가하기에 곤란하다고 하였다.

또 다른 문헌 고찰 연구에서는 대중들이 손쉽게 이용할 수 있는 CBAT 프로그램을 기반으로 실시된 연구만을 포함하여 그 효과를 평가하였다.¹⁷⁾ 이 연구에 선정된 9개의 논문들은 각각 청각장애 성인에서 훈련 후 말지각 능력의 변화를 조사하기 위해 특정한 CBAT 프로그램을 사용하였고, 훈련 자극(예, 말, 음악 또는 청각 단독조건 vs. 청시각 조건), 훈련 요법(예, 기간 및 빈도), 및 훈련 상황(예, 실험실 또는 병원 기반 vs. 가정 기반)의 측면에서 차이가 있었다. 그러나 이 연구에 포함된 9개 연구 모두에서 CBAT가 청각장애인의 말 지각 정확도를 향상시키는 것으로 나타났다. 또한 훈련 효과는 훈련이 종료된 후 종종 유지되었다. 이러한 결과는 논문 선정 기준 및 연구 방법이 다름에도 불구하고 다른 연구자의 문헌 고찰 연구 결과¹⁶⁾와 매우 일치한다고 보고하였다.

현재 국외에서는 다양한 종류의 CBAT 프로그램을 청각장애인에게 사용할 수 있으며,¹⁷⁾ 대부분의 성인용 CBAT 프로그램은 변형된 청각 입력에 대한 재학습을 향상시키고 듣기 기술을 최적화시키기 위해 설계되었다. 일부 CBAT 프로그램은 청각적 말 지각 측면에 초점

을 맞추고 있는 반면 다른 프로그램은 프로그램들 전반에 걸쳐 방법론적으로 중복되는 다양한 유형의 지각 및 인지 훈련을 제공한다. 이러한 CBAT 프로그램 중 일부는 전문가에 의해 검토가 이루어져 잘 알려져 있으나 [예, LACE(Listening And Communication Enhancement)],^{2,3)} 대부분의 다른 프로그램은 청각장애인에 대한 혜택을 확인하기 위한 엄격한 평가를 독립적으로 시행하지 않았으며 전문가 검토 연구는 현재까지 부족하다. 또한 대부분의 연구에서 훈련은 자체적으로 개발한 CBAT 프로그램으로 실험실에서 시행되어 일반 대중은 이용할 수 없었기 때문에 이들 연구 결과의 임상 적용은 제한적이며, 일반대중에게 제공되는 대부분 훈련 프로그램은 평가 연구 없이 판매되고 있다.

현 시점에서 청능재활 분야의 컴퓨터 기반 시스템은 국외에 몇몇 존재하지만 국내에는 공식적인 도구가 없는 실정이다. 본 연구는 현재 국외에서 이용 중인 CBAT 프로그램 중 전문가 검토를 거쳐 그 효과가 증명된 소프트웨어를 중심으로 분석하여 국내에 적합한 청능훈련 프로그램의 개발 방향을 모색하는 것이다.

본 론

본 연구는 CBAT 프로그램을 선정하기 위해 다음과 같은 기준을 적용하였다. 첫째, 환자가 독립적으로 사용할 수 있으며, 유료 또는 무료로 제공되는 CBAT 프로그램만을 포함하였다. 이러한 기준을 이용하여 대중들이 손쉽게 이용할 수 있는 CBAT에 대한 문헌 고찰 연구¹⁷⁾에 포함된 7개의 프로그램[LACE, SPATS(Speech Perception Assessment and Training System), Read My Quips, I Hear What You Mean, Seeing and Hearing Speech, CAST(Computer-Assisted Speech Training), SEAT(Sound Express Auditory Training)]을 선정하였다. 둘째, 청각장애인의 말 지각에 CBAT 프로그램이 미치는 영향에 대한 문헌 고찰 연구¹⁶⁾에서 분석한 증거의 질을 기반으로 선정하였다. 저자들은 전문가 검토 연구에서 발견된 CBAT 프로그램에 대한 증거의 질이 매우 낮은 수준에서 중간 정도 수준에 머물러 있다고 하였기 때문에 증거의 수준이 비교적 높은 세 연구^{3,18,19)}에서 사용한 청능훈련 프로그램(LACE, CAST)을 선정하였다.

셋째, 신규 훈련 프로그램이 출시될 당시에는 이 훈련 프로그램의 효용성을 판단할 수 있는 증거가 불충분한 경우가 종종 있다. 특정 CBAT 프로그램의 효용성에 대한 증거가 부족할 경우 해당 프로그램 자체 또는 프로그램의 구성 요소가 검사되었고 그 결과가 출판되었는지 여부를 확인하기 위해 프로그램의 개발에 관한 이용 가능한 정보를 조사해야 한다. 이러한 문제는 신규 훈련 프로그램에 사전 검사를 진행하였던 이전 프로그램의 구성 요소를 포함하고 있다면 부분적으로 해결될 수 있을 것이다. Angel Sound, Sound and Way Beyond (Sound and Beyond upgrade version), SEAT는 CAST의 많은 구성 요소를 도입한 청능훈련 프로그램이므로 이들 프로그램 중 가장 기능을 많이 제공하는 SEAT를 본 연구에 포함시켰다.

상기 선정된 CBAT 프로그램은 음소 기반(phoneme-based), 단어 기반(word-based), 문장 기반(sentence-based), 인지기술 기반(cognitive-skill-based) 훈련 등으로 구성되어 있으며 두 가지 이상의 훈련을 제공한다. 음소 기반 청능훈련은 상향식 정보처리과정을 연마하는 것으로, 초성, 음절핵(모음), 종성과 같은 음절의 구성요소를 인식하기 위한 능력이다. 음소 기반 청능훈련이 하위 어휘요소를 중시하지만 단어 기반 청능훈련은 언어적으로 의미를 가지고 있는 말소리의 구성 단위를 강조한다. 문장기반 청능훈련은 훈련자극으로 문장을 제시하며 환자는 문장을 들은 후 해당 문장이나 목표 단어를 선택한다. 문장 기반 청능훈련은 상향식 정보처리와 하향식 정보처리 기술 둘 모두를 사용하게 하는데, 이것은 일상적인 말 인식 동안 청각장애인이 수행해야만 하는 일이다. 말 인지에 관한 측면에서 하향식 정보처리과정은 청자가 문장을 확인하기 위해 문맥적 증거를 기반으로 한 예상 뿐 아니라 사회적 지식 및 언어적 지식을 사용하는 것을 포함하며, 감각적 증거 및 상향식 처리과정은 조화를 이루게 하는 것을 포함한다. 인지능력은 지각력, 기억력 및 사고력에 사용되는 정신 과정을 포함하고 있다. 인지기술 기반 청능훈련은 작업 기억 및 선택적 주의력 같은 인지 능력 개발을 강조한다. 작업 기억은 유입되고 있는 정보를 능동적으로 조작할 수 있게 하는 임시 저장기전이다.²⁰⁾ 보다 큰 작업 기억은 연속 담화를 더 잘 이해하게 할 수 있다.²¹⁾ 각 프로그램의 기본 특성을 Table 1

에 요약하였으며, 자세한 세부 특성은 다음과 같다.

CAST(Computer-Assisted Speech Training)

CAST 프로그램²²⁾은 인공와우 환자의 청각 재활 과정을 가속화하기 위해 House Ear Institute에서 개발한 소프트웨어로 가정에 있는 컴퓨터를 통해 자기주도적 청능재활을 실시할 수 있는 기회를 제공한다. CAST는 인지/발달 학습을 주 목표로 하기보다는 인공와우 사용자에서 특별히 문제가 되고 있는 음향 대조(acoustic contrasts)를 목표로 하는 상향식 정보처리 능력의 향상에 초점이 맞추어져 있다.

CAST는 단지 말에 거치지 않고 수많은 종류의 소리에 대한 인지를 훈련시킬 수 있는 광범위한 훈련 자료를 제공한다. 훈련 자료에는 단순한 순음, 환경음, 단음절 단어, 자음 훈련용 자극(모음/자음, 모음/자음/모음, 자음/모음), 친숙한 단어, 단순 선율, 친숙한 선율에 대한 순서화 등을 포함하고 있다. 이를 통해 CAST는 광범위한 폐쇄형 응답방식의 변별 및 확인 과제(closed-set discrimination identification tasks)와 청각 해상력 훈련(auditory resolution training)을 실시할 수 있다. 목표로 하는 음성 대조 훈련(phonetic contrast training)의 경우 4명의 서로 다른 화자가 말한 1,000개의 새로운 단음절 단어(초기의 경우 중간 및 마지막 모음 및 자음 훈련) 및 무의미 단어(초기의 경우 중간 마지막 자음 훈련)로 구성되어 있으며, 훈련 결과를 극대화시키기 위해 개별 환자에게 추가 훈련 자료 및 훈련 모듈을 쉽게 통합시킬

수 있다. CAST는 또한 고급 사용자에게 배경 잡음 또는 실시간으로 제공되는 경쟁 어음을 추가하여 더 어려운 듣기 환경으로 모방시킬 수 있다.

청능훈련 도구로서의 CAST는 기존 현장 접근 청능재활 방식에 비해 몇 가지 매력적인 장점을 제공한다. 인공와우 환자에게 적합하며 쉽게 접근할 수 있고 가격도 저렴한 CAST는 다른 많은 독특한 특징을 가지고 있다. 첫째, 개인별 청능훈련 비용이 병원에서 제공하는 전통적인 청능재활에 비해 상당히 저렴하다. 둘째, 인공와우 환자들이 언제든지 가정에서 컴퓨터에 접근하여 연습할 수 있기 때문에 CAST는 쉽게 접근할 수 있다. CAST는 사용자 친화적 인터페이스를 제공하므로 사용하기 용이하다. HTML 기반의 온라인 도움말은 또한 각 개인별 훈련 과제에 대한 난이도 및 기능에 대한 상세한 지침을 제공한다. 표준 평가 결과를 기반으로 제공되는 훈련 프로토콜 자동 생성 기능은 개인별로 훈련 과제를 쉽게 설계할 수 있게 한다. 또한 이 프로그램은 모든 환자에게 적합한 다중 훈련 프로토콜을 제공한다. 셋째, 환자의 진행 상황을 쉽게 감시할 수 있으며 환자의 임상 실무자들과 그 정보를 공유할 수 있다. CAST는 대상자(예, 이름, 나이, 장치 등), 검사 및 훈련 수행력, 검사 및 훈련 일자 뿐 아니라 훈련 시간을 포함한 많은 정보를 기록하며 시간에 따른 수행력 변화 및 서로 다른 어음처리전략 및 프로그래밍과의 상관관계에 대한 상세한 정보를 제공한다. 게다가 이 프로그램은 검사 및 훈련 데이터를 위해 자기 조절 요약 보고서 뿐 아니라 표 또는 그래픽 형식

Table 1. Characteristics of CBAT programs selected

Program name	Population	Type of training stimuli	Type of task
Computer Assisted Speech Training (CAST)	CI, but can be used with other hearing impairments	Pure tone Environmental sounds Phoneme-based Word-based Sentence-based Music stimuli	Primarily analytic, some synthetic
Sound Express Auditory Training (SEAT)	CI, HA	As above but with additional training modules added	As above
Listening and Communication Enhancement	HA	Phoneme-based Word-based Sentence-based Cognitive-based	Primarily synthetic, some analytic

CI: Cochlear implant, HA: Hearing aid

으로 데이터를 다양하게 관찰할 수 있는 기능을 제공한다. 마지막으로 CAST는 인공와우 개별 환자의 특정한 요구에 맞게 개별 청능훈련 프로토콜을 제공한다. 훈련의 난이도 수준은 개별 환자의 수행력에 따라 응답 선택 항목의 숫자를 증가시키거나 또는 응답 선택 항목 간 음향적 차이점을 감소시켜 자동적으로 조절된다. 훈련 중 부정확한 반응과 정확한 반응을 반복적으로 비교할 수 있는 청각 및 시각적 피드백이 환자에게 제공된다. 수행력이 향상됨에 따라 난이도 수준은 자동적으로 증가되며, 수행력이 향상되지 않는 경우에는 난이도 수준은 감소한다. 또한 각 검사 및 훈련 회기의 종료 시점에 훈련 지침을 제공한다. 예를 들어, 이 프로그램은 검사 또는 훈련 결과에 기초하여 적절한 훈련 수준과 사용자가 더 쉽거나 또는 어려운 훈련 수준으로 이동해야 하는지 여부를 제시한다. 수행력이 향상될 것이라는 긍정적인 효과는 재활 과정 동안 환자가 할 수 있다는 의지를 구축하는데 도움을 주기 때문에 피드백과 격려는 훈련 전반에 걸쳐 제공된다.

SEAT(Sound Express Auditory Training)

이 프로그램은 House Ear Institute 및 TigerSpeech Technology에서 개발한 CAST 기반의 “Sound and Beyond” 및 “Hearing Your Life”를 개량시킨 고급 버전으로 두 프로그램과 유사한 기능을 제공하지만 현재 SEAT는 연구용으로만 이용 가능하다.²³⁾ 이와 동등한 기능을 가진 상업 제품으로는 Cochlear Americas에서 제공하는 “Sound and WAY Beyond”가 있으며 무료 프로그램으로는 Emily Shannon Fu Foundation과 TigerSpeech Technology에서 제공하는 Angel Sound Training가 있다. SEAT는 인공와우 및 보청기 사용자가 자신의 진전 속도와 편의에 맞게 듣기 기술을 연습하고 개발시키기 위해 고안되어 가정에서 독립적으로 듣기 재활을 통제할 수 있는 상호작용형 자음 학습 프로그램이다. 듣기에 초점을 맞춘 SEAT는 일대일 방식의 청각재활 프로그램을 보완하기 위해 설계되었기 때문에 고심도 청력 손실을 가진 성인을 위한 포괄적인 청능훈련 자료를 포함하고 있다. SEAT는 CAST와 동일하게 다양한 난이도를 가진 듣기 과정으로 구성되어 있어 환자의 듣기 기술 발달 단계에 맞게 난이도 수준은 조정된다. 또한

이 프로그램은 환자가 훈련을 계속 실시해야 하는 훈련 분야를 강조하는 피드백을 제공한다. 이러한 피드백은 환자의 재활에 관해 추가적인 조언을 제공하는 임상가 또는 치료사와 공유할 수 있다. 훈련은 크게 기본 모듈과 고급 모듈로 구분할 수 있는데 주로 상향식 정보처리 능력의 향상에 초점이 맞추어져 있다.

기본 모듈의 경우 훈련 자료는 순음, 환경음, 단음절 단어, 문장, 악기 및 친숙한 음악이 포함되어 있으며, 8개 종류의 훈련 모듈로 구성되어 있다. 각 훈련 모듈은 주어진 소리를 다양한 영상, 단어 또는 문장 중 하나와 일치시켜야 하는 다양한 시도를 제공한다. 환자는 듣기 과정의 다양한 측면을 포함하고 있는 일련의 자음 훈련 모듈을 통해 순음의 고저(pitch) 변별, 환경음의 변별 및 확인, 남성과 여성 음성의 변별 및 확인, 모음 및 자음의 변별 및 확인, 단어 변별, 문장 확인, 악기 및 선율 확인을 포함하는 음악 감상에 대한 훈련을 실시할 수 있다.

순음은 가장 기본적인 훈련 모듈로 환자는 서로 다른 순음(20개)을 변별하는 훈련을 실시한다. 훈련 및 인공와우 프로그래밍 동안 순음을 주의깊게 청취하므로써 인공와우에서 제공하는 서로 다른 고저에 대한 감각을 향상시킬 수 있다. 모든 난이도 수준에서 변별 과정이 제시된다. 각 과제에서 3개의 순음이 순차적으로 재생되는 동안 컴퓨터 화면 상에 이에 해당되는 반응 선택항목이 강조되어 표시된다. 두 개의 순음은 동일한 주파수이며, 나머지 다른 순음은 다른 주파수이다. 청취자에게 세 개의 순음 중 다르게 들리는 한 개의 순음을 선택하도록 한다. 답변이 올바르지 않다면 정확한 답변이 화면상에 강조되어 표시되고 순음들이 반복 재생된다. 사용자는 원하는 만큼 올바른 대답을 반복할 수 있다. 우선, 목표 순음의 주파수 간격을 다른 두 개의 순음과 매우 다른 난이도 수준에서 시작하며, 난이도 수준이 증가함에 따라 순음들 간 주파수 간격이 감소되며 다른 두 개의 순음에서 목표 순음을 변별하기가 점점 더 어려워진다. 순음 훈련에서 사용하는 순음은 인공와우 프로그래밍 과정에서 경험한 소리와 유사하다. 이 훈련은 향후 인공와우 프로그래밍을 좀 더 쉽게 만들 뿐 아니라 언어 인지 기술을 개발하는 출발점에서 소리의 고저에 대한 차이점을 들을 수 있는 능력을 개발하는데 도움을 줄 것이다. 고저는 대화의 미묘한 차이를 이해하는 핵심 구성

요소로 구어 단어 및 문장에 선율을 추가한 것이다. 순음의 고저 변별 훈련은 특히 전극의 자극 부위가 넓은 공간 및 좁은 공간에 자극될 때 발생하는 감각의 차이를 비교할 수 있어 인공와우 사용자들에게 유용하다.

환경음은 조류 울음소리, 자동차 경적 소리, 전화 벨소리 등을 구별하고 확인하는 능력을 훈련하기 위해 고안된 훈련 모듈로 환자는 일반적인 일상생활 소리(자극음의 개수 : 100개)를 확인하는 능력을 개발시킬 수 있다. 모든 단계에서 확인 과제가 제시된다. 각 과제에서 소리가 제시되며 환자는 해당 소리와 가장 일치한다고 생각하는 반응 선택항목을 선택해야 한다. 난이도 수준이 증가함에 따라 반응 선택항목의 개수가 증가하며 높은 난이도에서는 배경 잡음이 추가된다. 환경음 훈련은 주변의 사물 또는 사건을 특정 소리와 연관시키는 능력을 향상시킬 수 있으므로 청각적 기억 능력을 개발하는데 도움이 될 수 있다. 말 인지가 어려운 경우에도 인공와우는 자동차 경적 소리 또는 초인종 소리와 같은 주변 세계의 중요한 청각 정보를 제공할 수 있다. 일부 인공와우 사용자는 인공와우를 사용하기 전에 들었던 소리와 현재 소리가 상당히 다르다는 사실을 알아챌 수 있을 것이다. 예를 들어, 전화 벨 울림 소리의 경우 현재에는 좀 더 명확하게, 더 높은 음조로 들려 예전과는 상당히 다르게 들릴 수도 있다. 이 경우 현재 익숙하지 않은 전화 벨 소리를 전화와 다시 연관시켜야 한다. 일단 전화 벨 소리를 다시 재 확인한 후에는 현재 혼돈스럽게 들리는 대부분의 새로운 소리에 대한 기억을 개발할 수 있다.

남성/여성 음성 확인(male/female voice identification)은 서로 다른 화자의 음성을 구별할 수 있는 능력을 연습할 수 있는 훈련 모듈이다. 이 모듈에 사용되는 단어는 had, hod, hawed, head, hayed, heard, hid, heed, hoed, hood, hud, who'd 등이다. 이러한 제한형 단어 세트는 발화되고 있는 단어를 확인하는 것보다는 오히려 서로 다른 화자의 목소리 간 질적인 차이점에 전념시키기 위해 사용된다. 난이도 수준에 따라 서로 다른 두 종류의 훈련 방법이 사용된다. 난이도 수준 1, 2에서는 변별과제가 제시된다. 각 과제에서 3개의 소리(두 명의 화자가 모두 같은 단어를 발화)가 재생되며 해당 반응 선택항목이 강조된다. 난이도 수준 1(서로 다른 성별)의 경우 각 시도에서 남성 화자 및 여성 화자가 동일한 단어

(‘had’ 등)를 각각 발화한다. 난이도 수준 2(동일한 성별)의 경우 두 명의 남성 화자 또는 두 명의 여성 화자가 동일한 단어를 발화할 것이다. 환자는 다른 화자라고 생각되는 반응 선택항목을 선택한다. 난이도 수준 3(다른 성별)은 확인 과제가 제시된다. 단어가 제시되고 환자는 서로 다른 화자(남성-1, 남성-2, 여성-1 여성-2)를 대표하는 4개의 반응 선택항목에서 선택해야 한다. 환자는 해당 단어를 발화하고 있다고 생각하는 화자를 선택한다. 말 인지 능력이 양호한 인공와우 사용자라 할지라도 두 사람의 목소리를 구별하거나 또는 남자 목소리와 여자 목소리를 구별하는 것은 어렵다. 남성/여성 음성 확인 훈련을 통해 환자는 화자 목소리의 특징으로 화자의 성별을 좀 더 잘 확인할 수 있게 될 것이다. 화자의 목소리의 질에 집중함으로써 서로 다른 성별의 화자 간 차이점과 동일한 성별의 화자 간 차이점(좀 더 어려운 과제)도 좀 더 잘 들을 수 있다. 대화에서 말하고 있는 사람을 좀 더 쉽게 인식할 수 있는 능력은 환자가 대화를 좀 더 쉽게 할 수 있게 만들 것이다.

모음 및 자음 인지(vowel & consonant recognition)를 포함한 이후의 훈련 모듈은 직접적인 말 지각 훈련이다. 자음 및 모음 인식은 말 소리 사이의 차이를 모두 음향학적으로 비슷하지 않은 음소에서부터 음향학적으로 비슷한 음소로 진행하면서 제시한다. 이 두 종류의 훈련 모듈은 모두 다섯 단계의 난이도 수준으로 구성되어 있으며, 마지막 단계는 단지 변별 과제가 아니라 좀 더 어려운 작업으로 특별한 모음 또는 자음의 확인을 필요로 한다. 확인 작업의 난이도는 더 낮은 수준에서 높은 수준으로 진행된다(즉 선택 항목의 개수는 2개에서 9개로 변화). 더 높은 난이도 수준으로 진행하기 위해 각 단계에는 특정 수행력의 기준이 설정되어 있다. 다음 수준으로 진행하기 전에 사용자는 이러한 최저 수행력 기준을 초과해야 한다. 이 프로그램은 사용자가 훈련을 통해 수 천 개의 모음 및 자음 자극을 경험할 수 있는 기회를 제공한다.

모음 인지 훈련 모듈에서는 모음 간 차이를 인지하는 훈련(시도 횟수 50회)을 실시한다. 서로 다른 화자(남성 화자 2명, 여성 화자 2명)가 발화한 1,163개 단어(cat, kit, cut 등)(4명의 화자가 발화하므로 자극 횟수는 4,652회)를 훈련함으로써 환자는 모음을 좀 더 잘 확인할 수 있

게 될 것이다. 환자가 각 단어의 중간에 위치한 모음에 집중할 수 있도록 다음절 단어를 선정하였다. 난이도 수준에 따라 다양한 훈련방법이 사용된다. 각 난이도 수준에는 훈련이 점차적으로 어려워도록 만들 수 있는 다수의 단계가 포함되어 있다. 난이도 수준 1(모음 변별)에서는 단순 변별과제를 제시한다. 환자는 소리를 확인하려고 노력하기 보다는 오히려 소리 간의 차이를 구별(반응 선택 항목의 수 : 3개)해야 한다. 난이도 수준 2(모음 변별)에서는 변별과제와 확인 과제가 혼합되어 제시된다. 환자는 어떤 화자가 발화한 두 개의 단어와 다른 화자가 발화한 세 번째 단어를 비교해야 하는데, 세 번째 단어는 이전 두 개의 단어 중 하나와 동일하다(반응 선택 항목 : 2개). 난이도 수준 3(모음 확인)에서 확인과제가 제시된다. 환자는 제시되고 있는 단어와 가장 일치한다고 생각하는 반응 선택항목(16 단계별 난이도 수준에 따라 2, 4, 6, 9개)을 선택한다. 난이도 수준 4(모음 확인)는 제시되는 모음 대조가 좀 더 어렵다는 것을 제외하고는 난이도 수준 3과 유사하다(18 단계별 난이도 수준에 따라 2, 4, 6, 9개의 반응 선택항목). 난이도 수준 3과 동일한 확인 과제가 사용된다. 환자는 제시되는 단어와 가장 일치한다고 생각되는 반응 선택항목을 선택한다. 난이도 수준 5(잡음 하에서의 모음 확인)는 가장 어려운 모음 훈련 연습이다. 난이도 수준 4와 유사하지만 서로 다른 양의 추가적인 배경 잡음의 존재 하에 단어가 재생된다(16 단계). 잡음하에서 단어 인지는 매우 어렵기 때문에 난이도 수준 5 실시의 전제조건으로 환자는 조용한 듣기 조건에서 우수한 단어 인지능력을 가지고 있어야 한다. 난이도 수준 3, 4의 훈련과 유사하게 확인과제가 사용된다. 단어는 배경 잡음이 존재하는 상황에서 제시되며 환자는 해당 단어와 가장 일치한다고 생각되는 반응 선택 항목(4개)을 선택해야 한다.

자음 인지 훈련 모듈은 자음 간의 차이점을 인지할 수 있는 능력을 개발하기 위한 것이다. 난이도 수준에 따라 다양한 훈련 방법이 사용된다. 각 난이도 수준에는 점진적으로 어려워지는 다양한 훈련 단계(난이도 수준 1, 2, 3, 4, 5의 경우 16단계, 난이도 수준 4는 18단계)가 포함되어 있다. 총 시도 횟수는 50회이며, 자극음은 4명의 화자가 발화한 자음/모음/자음으로 구성된 1,163개(4,652개)의 단어와 모음/자음/모음 및 자음/모음으로 구성된

20개씩(각 80개)의 단어로 이루어져 있다. 화자는 남성화자 2명 여성 화자 2명으로 구성된다. 난이도 수준 1(초기/마지막 자음 변별)에서는 단순 변별과제가 제시된다. 환자는 소리를 확인하기보다는 소리들 간의 차이점을 청취해야하며 점점 어려워진다. 세 개의 소리(한명의 화자가 발화한 두 개의 단어)가 제시되며 해당 반응 선택항목(3개)이 강조된다. 두 개의 단어는 최초 자음 또는 마지막 자음이 서로 다르지만 중간에 위치한 모음은 동일하다('pass' and 'pack'). 환자는 다른 단어라고 생각되는 반응 선택항목을 선택한다. 난이도 수준 2(초기/마지막 자음 변별)는 변별과제와 확인과제가 혼합되어 제시된다. 환자는 어떤 화자가 발화한 두 개의 단어와 다른 화자가 발화한 세 번째 단어를 비교해야 하는데, 세 번째 단어는 이전 두 개의 단어 중 하나와 동일하다. 세 개의 단어 중 두 개의 단어는 동일한 화자가 발화하고 나머지 세 번째 단어는 다른 화자가 발화한다. 세 개의 단어는 단지 최초 또는 마지막 자음만 다르게 구성된다. 환자는 두 개의 반응 선택항목 중 세 번째 단어와 일치한다고 생각하는 반응 선택항목을 선택한다. 난이도 수준 3은 확인 과제가 제시된다. 단어는 제시되며 환자는 해당 단어와 가장 일치한다고 생각되는 반응 선택항목을 선택해야 한다. 반응 선택항목 최초 또는 마지막 자음만 다르게 구성된다. 난이도 수준 4는 난이도 수준 3과 유사한 확인과제가 제시되지만 자음/모음(Ba, Da, Sa...) 및 모음/자음/모음 단어(aBa, aDa, aSa...)로 좀 더 어려운 자음 대조가 사용된다. 난이도 수준 3, 4의 반응 선택 항목은 단계에 따라 2, 4, 6, 9개로 구성되어 있다. 난이도 수준 5는 가장 고난도 자음 훈련으로 난이도 수준 4와 유사하지만 서로 다른 양의 추가적인 배경 잡음의 존재하에서 단어가 제시된다. 잡음하에서 단어 인지는 매우 어렵기 때문에 모음 인지 훈련 모듈과 동일하게 난이도 수준 5 실시의 전제조건으로 환자는 조용한 듣기 조건에서 우수한 단어 인지능력을 가지고 있어야 한다. 난이도 수준 3, 4의 훈련과 유사하게 확인 과제가 사용된다. 단어는 배경 잡음의 존재 하에서 제시되며 환자는 해당 단어와 가장 일치한다고 생각되는 반응 선택항목(4개)을 선택해야 한다.

모음은 상당히 많은 음성 정보를 제공하기 때문에 음성의 가장 중요한 구성성분 중 하나이다. 모음은 화자가

사용하는 단어와 문장의 미묘한 의미 변화 뿐 아니라 화자의 목소리에 감정과 선율을 담을 수 있다. 모음 인지 훈련을 통해 환자의 모음 인지 능력이 향상시킬 수 있으므로 단어나 문장 이해력 또한 향상될 것이다. 자음은 일반적으로 모음에 비해 지속시간이 더 짧고 강도가 더 작음에도 불구하고 말의 매우 중요한 요소이다. 환자가 인공와우 이식 전 약한 자음 소리를 청취하는데 어려움을 경험하였다면 말 인지가 어렵게 될 수 있다. 인공와우를 통해 자음을 더 잘 청취할 수 있게 될 수 있지만, 여전히 확인하는데는 어려움을 가질 것이다. 사실상 자음은 모음에 비해 종종 확인하기 훨씬 어렵다. 자음인지 훈련을 통해 환자는 특히 입술 움직임은 비슷하지만 소리가 다르게 들리는 자음(예, pat, bat, mat)의 인식을 향상시켜 말 인지에 도움을 받을 수 있다. 서로 다른 화자가 발화한 서로 다른 많은 자음('aBa', 'aDa', 'aSa' 등)을 훈련함으로써, 자음 확인 능력을 향상시킬 수 있을 것이다. 이것은 환자의 단어 및 문장 이해력을 향상시킬 것이다. 대부분의 인공와우 사용자의 경우 심지어 조용한 상황에서 우수한 말 인지능력을 보유한 인공와우 사용자라 할지라도 시끄러운 배경 잡음하에서 말을 이해하기란 매우 어렵다. 불행하게도 대부분의 실생활 듣기 조건은 어느 정도의 배경 잡음을 포함하고 있다. 어음처리기의 잡음억제 기능이 배경 잡음을 어느 정도 제거하는데 도움을 주지만 완벽하지는 않다. 잡음의 존재 하에서 말 훈련을 통해 환자는 배경 잡음에서 단어를 구별하는 능력을 향상시킬 수 있다.

단어 변별(word discrimination) 모듈은 4명의 서로 다른 화자(두 명은 여성 화자, 두 명은 남성 화자)가 말하는 단어에 대한 듣기 연습과 확인 훈련을 제공한다. 단어들은 음향적 유사성이 아니라 범주별로 분류되어 있다. 총 훈련 시도 횟수는 25회이며, 자극의 개수는 6개 범주별(동물, 음식, 색깔, 가족, 숫자, 시간)로 구성된 각 100개의 단어를 4명의 화자가 발화한 총 2,400개로 이루어져 있다. 훈련 방법은 확인 과제이며 반응 선택항목의 개수는 4개이다. 단어 훈련 모듈은 모음 또는 자음 인지 모듈과 달리 난이도가 증가하지 않는다. 모든 훈련은 단순 확인 과제가 사용된다. 단어가 제시되고 환자는 해당 소리와 가장 일치한다고 생각되는 반응 선택항목을 선택해야 한다. 단어 변별 훈련 모듈은 일상 생활에

사용되는 일반적인 단어(동물, 음식, 색깔 등)를 들을 수 있도록 돕는다. 다른 훈련 모듈과 마찬가지로 단어를 반복하고 화자의 발음과 환자의 발음을 비교하여 훈련할 수 있는 좋은 방법이다. 단어 변별 훈련 모듈의 단어는 범주별 또는 일반적인 주제에 따라 구성되어 있으나 모음 인지 훈련 모듈의 단어는 음향적 유사성 및 차이점에 따라 엄격하게 분류시킨 단어를 이용하기 때문에 두 훈련 모듈은 다르다. 환자는 단어 간 아주 작은 차이점을 듣는 훈련하는 것이 아니라 단어 훈련 모듈을 통해 단어의 어휘(하나 또는 둘 이상의 음절)를 구축할 수 있을 것이다. 환자는 이전에 들었던 일부 단어를 들을 수 없을 수도 있다. 훈련을 통해 환자는 주로 사용했던 단어와 일상생활에서 발생할 수 있는 단어의 일부를 더 잘 이해하게 될 것이다.

일상생활 문장(everyday sentences) 훈련 모듈은 일상 대화에서 사용되는 일반적인 문장을 제시한다. 총 시도 횟수는 25회이며 두명의 화자(남성 1명, 여성 1명)가 각각 720개의 문장을 발화하여 총 1,440개 문장으로 구성되어 있다. 훈련 방법은 모든 난이도 수준에서 확인 과제가 제시되며, 문장이 제시되면 환자는 해당 문장과 가장 일치한다고 생각되는 반응 선택항목을 선택해야 한다. 반응 선택 항목은 4개이다. 난이도는 수준 1에서 4까지로, 난이도 수준 1은 잡음을 제시하지 않고 수행되며, 난이도 수준 2, 3, 4는 각각 15 dB, 10 dB, 5 dB 신호대잡음비에서 실시된다. 환자는 다른 훈련의 고립 단어, 모음 또는 자음 확인보다 4 종류의 선택 항목 중 정확한 문장 형태를 좀 더 쉽게 확인할 수도 있다. 반응 선택항목과 함께 문자를 읽는 것은 매우 유용하며, 이러한 관점에서 독순과 유사하다. 그러나 독순 또는 문자 자막의 도움이 없는 상황에서의 문장 인지는 전화 상 대화처럼 매우 어려울 수 있다. 일상 생활 문장 훈련 모듈은 환자가 소리와 자연스런 말의 리듬에 익숙해지게 하는 것이다. 단어 변별에 대한 환자의 이전 경험은 문장의 문맥에 사용된 단어를 더 잘 들을 수 있게 도움을 줄 것이다. 환자가 문장의 모든 단어를 들을 수 없을 수도 있지만 친숙한 단어를 청취하여 누락된 단어를 유추할 수 있을 것이다. 환자가 확인할 수 있는 단어의 양이 많아질수록 완전한 문장을 듣고 이해하는 능력이 향상될 것이다. 이 훈련 모듈은 또한 문장에 배경 잡음을 추가하여 재생할 수 있

다. 이것은 대화가 주로 다른 경쟁 잡음이 존재하는 상황에서 발생하는 경향이 있기 때문이다. 실생활 듣기 상황을 위해 배경 잡음을 제거하고 구어 문장을 분리하는 능력을 개발하는 훈련을 실시해야 한다. 조용한 듣기 조건에서 우수한 문장 인지능력을 보유한 인공와우 사용자라 할지라도 때로는 배경 잡음하에서 많은 어려움을 겪을 수도 있다. 따라서 이 훈련 모듈에서 환자는 고립 단어(isolated words)를 인지하는 단어 훈련 또는 단어 간 작은 차이를 인지하는 모음 또는 자음 인지 훈련과는 달리 말의 가장 자연스러운 형태에서 훈련을 실시한다.

음악 감상(music appreciation) 모듈은 일반적인 악기 및 선율을 듣고 비교하는 확인 과제로 제시된다. 악기 확인 훈련의 시도 횟수는 총 18회이며, 훈련 자극의 개수는 9개, 반응 선택 항목은 4개로 구성되어 있다. 선율은 화면에 나타나 있는 4개의 악기 중 하나에서 재생된다. 청취자는 적절한 악기를 선택한다. 선율 확인의 시도 횟수는 16회이며 검사 자극으로 16개의 익숙한 선율이 재생되고 청취자는 올바른 하나를 선택한다. 이 훈련 모듈의 난이도 수준은 증가되지 않는다. 대부분의 인공와우 사용자는 구어를 들을 수 있게 된 후 음악을 즐길 수 있기를 기대한다. 대부분의 인공와우 사용자는 자신의 음악 감상 능력이 다른 사람들과 다르다고 표현하며, 일반적으로 음의 고저, 음색(timbre), 또는 선율(melody)을 아주 잘 지각하거나 평가할 수는 없다.^{24,25)} 때로는 음악의 종류 또는 음악 청취 환경이 인공와우 사용자의 경험에 상당한 영향을 줄 수도 있다. 선율 지각은 환자가 음의 고저의 변화, 두 개의 연속적인 음 사이의 간격(interval distance), 연속적인 음의 전반적인 윤곽(contour)를 지각할 수 있도록 환자의 능력을 구축하는 것이다. 음악 감상 훈련 모듈은 음악 감상을 시작하는 시점이나 또는 음악 듣기 경험을 재 설정하는 과정에서 음악 감상 능력을 향상시킬 수 있는 훈련이다.

SEAT의 고급 훈련 모듈에는 개방형 응답방식의 말 및 음악 인지 훈련(openset speech and music recognition training module), 전화 훈련(telephone speech training module), 표준화된 말 평가 모듈(standardized speech evaluation test module), 선율 윤곽 확인 훈련(MIDI-based melodic contour identification training module) 잡음하 말 적응 훈련 모듈(adaptive speech in

noise training module)으로 구성되어 있다.

LACE(Listening and Communication Enhancement)

LACE^{3,26)} 프로그램은 비용 대비 효율적이며(cost effective), 재택 기반의 상호 작용적인 컴퓨터 기반 청능재활 프로그램을 만들기 위한 시도로 샌프란시스코 캘리포니아 대학의 Robert Sweetow의 의해 개발되어 NeuroTone, Inc.(Redwood City, CA)에서 판매되고 있다. 성인을 위한 청능훈련을 제공하는 LACE의 주요 목표는 듣기 기술 및 의사소통 기술을 향상시키고, 치료 과정에 환자를 참여시키고, 신뢰 수준을 향상시키며 의사소통 전략을 제공하고 불필요한 방문을 줄이는 것이며 환자에게 보청기가 청각을 해결하지만 듣기 및 의사소통 기술을 교정시킬 수 없다는 것을 인지할 수 있도록 도움을 주는 것이다. LACE 프로그램의 재활 목표가 환자의 의사소통 능력을 향상시키는 것이기 때문에 듣기 기술을 향상시키는 것이 필수적인 단계이다. 듣기 기술을 향상시키기 위해서 환자는 청각, 듣기, 이해 및 의사소통을 통합해야 한다.^{2,27)} 이 프로그램은 보청기 적합 과정에 성인 청각장애인 청자를 참여시켜 듣기 전략을 제공하고 신뢰를 쌓고 효과적인 의사소통을 방해할 수도 있는 노화 과정으로 인한 특징적인 인지적 변화를 해결하도록 설계하였다. LACE는 인지 기술과 듣기 기술을 강화시키기 위해 현실적인 말 자극을 활용하는 기본적으로 하향식 훈련 프로그램이다. 자극에는 학습의 일반화를 촉진시키기 위해 남성 여성, 아동 화자의 음성이 포함되어 있다.

LACE는 4주 동안 일주일에 5일, 하루에 30분 동안 훈련을 실시할 것을 권장한다. 훈련은 훈련자의 쾌적 수준에서 실시되며 보청기를 착용한 청자의 경우 보청기의 음량 또는 이득을 사용자 수준으로 설정하여 실시해야 한다. LACE는 다양한 상호 작용 과제 및 적응형 과제를 질을 저하시킨 어음(degraded speech), 인지 기술(cognitive skills), 의사소통 전략(communication strategies)과 같은 세 가지 종류의 주요 범주로 구분시켜 제공한다. 이 프로그램에 선정된 훈련은 예비연구에서 접근성, 사용자 용이성, 환자의 피드백으로 선정하였다. 훈련은 주제별(건강 문제, 돈 문제, 운동 등)로 구성하여 훈련

생은 각 훈련 회기의 시작시점에서 훈련생이 선택할 수 있게 하였다. 이것은 청취할 때 일반적인 주제를 염두하고 듣게 함으로써 문맥적 단서 사용의 중요성을 강화한다. 음향적 변화를 제공하기 위해 남성, 여성, 아동 화자의 음성을 녹음하여 자극음으로 이용한다. 시험판 훈련 연습용 프로그램을 무료로 다운로드 받을 수 있으며,²⁸⁾ 듣기 과제는 다음과 같다.

질을 저하시킨 어음 훈련은 훈련의 거의 70%를 차지하고 있으며, 배경 잡음으로 다화자 잡음(speech babble noise) 또는 단일 경쟁 화자(single competing speaker) 잡음을 제시한 상황에서 어음청취 훈련 과제(다화자 잡음하 어음 또는 경쟁화자 과제), 빠른 말소리를 모방하기 위한 시간 압축 어음(time compressed speech)에 대한 어음청취 훈련 과제(시간압축 어음 과제)로 구성되어 있다. 환자는 해당 신호를 듣고 확인한 후 정확한 반응을 화면에서 찾는다. 이것을 정확하게 이해한 경우 다음 문장은 좀 더 어려워 질 것이며, 정확하게 이해하지 못한 경우 다음 문장은 좀 더 쉬워 질 것이다. 즉, 과제의 난이도 수준은 이전 과제에 대한 환자의 반응 정확도에 근거하여 변화된다. 예를 들어, 잡음하 말소리(speech in noise) 또는 경쟁 말소리(competing speech) 연습에서 대상자가 +2 dB 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)에서 제시되는 문장을 정확하게 확인할 수 있다면 다음 문장은 0 dB SNR로 제시될 것이다. 대상자가 +2 dB SNR의 자극을 정확하게 확인할 수 없는 경우 다음 문장은 +4 dB SNR로 제시될 것이다. 빠른 말소리의 경우, 시간 압축 비율은 유사한 적응 방식으로 변경된다. 이러한 방식으로 지루함 및 좌절감을 최소화된다.

다화자 잡음 하 어음 훈련 모듈은 다화자 잡음의 존재 하에서 특정 주제(건강 문제, 돈 문제 등)와 관련된 문장으로 구성되어 있다. 이 모듈의 시작부분에서 문장은 배경 잡음 이상의 강도로 명확하게 청취할 수 있는 강도로 제시된다. 청취자는 조용한 크기 또는 크지 않게 가능한 문장의 많은 부분을 반복해야 한다. 다음 화면에서는 문장을 시각적으로 제시한다. 만약 문장을 이해하였다면(화면의 “yes” 및 “no” 반응 선택항목 선택), 그 다음 문장은 좀 더 듣기 어렵게 제시된다. 만약 문장을 이해하지 못한 경우 듣기 과제를 좀 더 쉽게 만든 후 정답이 제시되고 다시 재생된다. 훈련 모듈이 진행됨에 따라 이

듣기 작업 뿐 아니라 다른 듣기 과제의 난이도의 수준을 증가시켜 훈련생에게 제시된다. 이 방법은 불리한 조건 하에서 훈련생의 듣기 기술을 증가시키기 위한 의도지만, 동시에 몇몇 성공적인 확인 또한 가능하다는 것을 보장한다.

경쟁화자 훈련 모듈은 단 한명의 화자가 경쟁에 포함되는 것을 제외하고는 다화자 잡음 하 어음 훈련과 유사하다. 이 훈련의 과제는 주요 화자가 남성, 여성 또는 어린이가 될 수 있으며 경쟁 화자 또한 이들 세 목소리 중 하나가 될 수 있다. 훈련생은 이들 화자의 말소리만 집중하고 경쟁 화자의 목소리를 무시해야 한다. 선택적 주의력은 목표 신호에 주의를 기울이고 처리하는 동안 경쟁 신호를 무시하거나 또는 감쇠시키는 능력이다. 청력 손실을 가지고 있는 사람은 자신의 청각 시스템이 주파수 단서, 지속 시간 단서, 강도 단서를 완벽하게 부호화하지 못하기 때문에 종종 선택적 주의력이 손상된다. 이것은 결국 청각적 객체 형성(auditory object formation)을 방해할 수도 있다. 예를 들어, 청각손실을 가진 환자가 어떤 한 문장을 인식하려고 시도하는 동안 다른 문장이 동시에 발화되는 경우 경쟁 문장을 걸러내 제거할 수 없을 수도 있기 때문에 어떤 단어들이 어떤 문장에 속하는지 분별할 수 없거나 또는 동시에 구어된 단어의 소리에서 한 단어의 소리를 해독할 수 없다(Shinn-Cunningham & Best, 2008).²⁹⁾ 선택적 청취 주의력을 훈련하기 위해 LACE 프로그램의 경쟁화자 훈련(Competing Speaker exercise)에서 청각장애인은 배경 경쟁 목소리를 무시하면서 남성 목소리, 여성 목소리 또는 아동의 목소리에 집중할 필요가 있다.

시간압축 어음(Time Compressed Speech, TC) 훈련 모듈은 빠른 말소리를 복제하도록 의도된 것이다. 이 방법은 시간 압축의 정도를 변경하는 것을 제외하고는 다화자 잡음 하 어음 훈련과 동일한 방법으로 진행된다. 훈련 목표는 빠른 말소리를 이해하는 능력을 증가시키는 것이다.

LACE는 또한 두 가지 종류의 인지 훈련 즉, 누락 단어(missing word, MW) 및 단어 기억(word memory) 훈련이 포함되어 있다. 인지 기술 훈련은 약 20%를 차지하고 있다. 단어 기억 훈련 모듈은 대상자에서 단일 목표 단어(target word)를 부여하는데 이 목표 단어는 향후 문

장에 포함되어 나타나게 된다. 이 훈련에서 과제는 목표 단어와 함께 시각적으로 제시되며 조용한 상황에서 문장을 청취하라는 메시지가 표시된다. 문장을 청각적으로 제시한 이후 훈련생에게 다시 선택형 옵션을 통해 문장 내의 목표 단어 바로 앞에 출현한 단어를 선택하여 반응하도록 요구한다. 그 후 시각적 화면 상에 정확한 단어에 밑줄이 그어진 문장이 시각적으로 제시된다. 환자가 연속적인 제시에 올바르게 대답하는 경우 프로그램의 알고리즘은 과제의 난이도를 증가시킨다. 과제의 난이도는 문장 길이에 따라 달라질 뿐 아니라 과제가 제시되는 순서에 의해서도 달라진다. 예를 들어, 두 번째 난이도 수준에서는 문장이 제시하기 전까지 목표 단어를 공개하지 않기 때문에(문장이 제시되고 난 후 목표 단어를 공개하기 때문에), 대상자는 과제를 완료할 때까지 단기 기억에 문장을 간직해야 한다. 훈련생이 두 개의 연속적 자극에 성공적으로 반응하는 경우 해당 프로그램은 두 개의 목표 단어나 두 개의 문장을 제시하여 좀 더 어려워지게 된다. 이 프로그램의 난이도 수준은 6까지이다. 훈련생이 두 개의 연속적 제시에 부정확하게 반응하는 경우 과제의 난이도는 반대 방식으로 감소된다. 각각의 연속적인 훈련 회기는 이전 단계의 평균 수행력보다 더 쉬운 난이도 수준에서 시작된다.

LACE 프로그램의 목표 단어 훈련(Target Word exercise)은 청각적 작업 기억과 처리 속도를 모두 통합시킨 인지 훈련 과제이다.³⁾ LACE 프로그램의 목표 단어 초기 훈련과정에서, 목표 단어는 조용한 상황에서 문장이 재생되기 전에 시각적으로 제시된다. 청취자는 문장을 청취한 후 해당 문장의 목표 단어 바로 앞 또는 뒤의 단어를 확인하기 위해 다시 선다형 반응 화면에서 선택해야 한다. 환자가 연속 2회 정확하게 단어를 선택한 경우 목표 단어를 나타내기 전에 문장을 제시하여 난이도의 수준이 증가시키므로 청취자는 전체 문장을 단기 기억해야 한다. 문장 및 목표 단어 사이의 시간을 연장시키거나 두개의 문장을 나타내기 전 두 개 목표 단어를 제시하거나, 또는 두 개의 목표 단어를 나타내기 전 두 문장을 제시하는 방법으로 과제의 난이도를 증가시켜 단기 기억을 훈련시킨다. 또한 환자에게 세 개의 문장을 듣게 한 후 목표 단어를 제시하며, 환자는 첫 번째 문장으로 되돌아가 기억해 내고 목표 단어 전에 발생했던 단

어를 회상해야 한다.

누락 단어 과제는 조용한 상황에서 문장을 듣고, 자동차 경적 또는 전화 벨 소리와 같은 임의의 소리에 의해 한 개의 단어가 완전히 차폐된 문장을 듣게 된다. 훈련생의 과제는 누락된 단어가 포함되어 있는 문장에서 논리적으로 적합한 단어를 신속하게 선택하는 것으로 화면에 나타낸 4개의 선택 항목 중 올바른 단어(동의를 포함하여)를 선택하도록 요구한다. 3개는 가능성 있는 답변이고 나머지 하나는 잘못된 것이다. 이 훈련의 목적은 언어는 잉여성을 가지고 있으며, 환자에게 문장을 이해하기 위해서 모든 단어를 들을 필요는 없다는 사실을 인지하도록 하는 것으로 의사소통 상황에서 듣지 못한 단어에 신경쓰지 말고 신속하게 판단하는 것이 중요하다는 사실을 강조한다.

LACE™ 훈련의 나머지 15%는 약 200개의 의사소통 전략을 “유용한 도움말(helpful hints)”의 형태로 제시한다. 상호 적용형 의사소통 전략[Interactive communicative(IC) strategies]에는 음향적 환경(acoustical environment) 관리, 확신에 찬 듣기 기술(assertive listening skills) 및 의사소통 전략과 같은 항목에 제한을 두지 않고 보청기의 관리 및 유지보수, 보조청취장치 및 현실적인 기대감 등을 포함한다. 각 연습 과정 동안 주기적으로 그리고 마지막 부분에 화면 색깔이 바뀌면서 훈련이 잠깐 중지된다.

LACE는 환자에게 각각의 과제에 대한 즉각적인 피드백 제공하는 것 이외에도 훈련 개시일 부터 매일 매일의 진전과 향상을 나타내는 그래프를 제공한다. 또한 청각 재활 전문가가 환자의 진전 상황을 모니터링 할 수 있도록 훈련 결과 볼 수 있는 기능을 제공한다.

결론

청능훈련을 특정 전문가에게 1개월 또는 수개월 동안 주당 3일에서 5일 정도 개인적으로 받기란 현실적으로 매우 어렵다. 비용도 엄청날 뿐 아니라 이런 유형의 시간 약속을 잡을 수 있는 전문가 또한 드물다. 이것이 청능재활 전문가가 청각 재활에 중요한 역할을 하지 않는다는 사실을 의미하는 것은 아니다. 청능재활 전문가는 환자의 개인적 목표를 바탕으로 청각 재활 계획을 설정

하고 적절한 컴퓨터 기반 훈련 프로그램을 선택하여 훈련 진행 및 수행력 진전 상황을 점검하는 역할을 해야한다. 최상의 CBAT는 청능재활 전문가와 청각장애인 사이의 공동체 정신으로 조명되어야 한다. 공동체 정신 또는 협력은 관련된 당사자 모두에 대한 보상을 의미한다. 청각재활 전문가는 청력손실을 가지고 있는 많은 사람들인 실제 그들이 수행할 수 있는 수준 이하로 기능을 하고 있다는 사실을 알고 있다. CBAT 프로그램은 이러한 사람들의 의사소통 기술을 향상시키는데 도움을 줄 수 있으며, 따라서 청각장애인의 삶에 있어 청력손실의 부정적인 영향을 일부 완화시킬 수 있다.

CBAT을 통해 아동은 인공와우 이식 후 가정에서 가족의 참여와 함께 구어 개발 훈련을 스스로 실시하고 진정 과정을 추적관찰할 수 있기 때문에 청능재활 전문가에게 방문하는 환자 당 방문 횟수를 감소시킬 수 있으며, 이러한 점은 특히 청능재활 치료의 수요 증가로 인해 고통받고 있는 종합병원의 경우 청능재활 치료에 참여하려는 잠재적인 자에게 보다 많은 기회를 제공한다.

현재 청각장애인이 이용할 수 있는 CBAT는 훈련 자료 및 훈련의 프로토콜 측면에서 서로 다른 새로운 접근 방식으로 집중적인 의사소통 기술 훈련을 제공한다. 일부 프로그램은 시각적 독서 단서(예, Read My Quips, Seeing and Hearing Speech)를 통합하고 있지만 다른 프로그램은 주로 청각적 단서에 초점을 맞추고 있다. 일부 프로그램은 상향식 음소 변별 훈련을 주로 사용하지만, 다른 프로그램은 청각적 작업 기억 훈련 뿐 아니라 맥락적 의미 단서의 사용을 증가시키고 환자들이 더 재미있어 하는 의미가 더 많이 포함되어 있는 구어 문구를 통합하고 있다.⁹⁾

현 시점에서 청능재활 분야의 CBAT는 다수 존재하지만 대부분 영어를 모국어어로 하는 사람을 위해 개발된 프로그램으로 한국어를 사용하는 우리 국민을 위해 개발된 공식적인 도구는 없는 실정이다. 각 나라마다 사용하는 언어의 주파수 스펙트럼 특성이 상이하기 때문에 영어권 국가에서 개발된 프로그램을 국내에 적용하기에는 제한점이 있다. 청능훈련은 듣기 기술을 향상시켜 의사소통 능력을 극대화하는 것이 최종 목표이기 때문에 각 국가의 언어적 차이를 고려할 때 한국어가 모국어인 청각장애인의 경우 한국어의 언어적 특성을 고려

한 청능재활 프로그램을 개발해야 한다. 또한 영어로 개발된 CBAT도 훈련 설계 방식이 다르고 이용할 수 있는 질 높은 연구가 부족하기 때문에 어떤 종류의 접근방식과 프로그램이 가장 효과적인지를 확실하게 단언할 수 없으며 CBAT로 가장 혜택을 받을 가능성이 높은 환자의 특성(청력손실의 유형 및 중재 장치의 종류 또는 인구학적 요인 등)이 알려져 있지 않다.

따라서 한국어 기반의 CBAT를 개발할 경우 청력손실로 인한 의사소통의 부정적 영향을 완화시킬 수 있는 가장 효과적인 접근 방식을 우선적으로 확인한 후 프로그램을 설계해야 하며, 자기 보고식 혜택을 평가하는 설문지와 행동학적 결과를 조합시킨 듣기 능력이 청력손실을 가진 사람의 일상생활 듣기 능력과 인지능력 측면에서 임상적으로 어느 정도 유의하게 향상되었는지를 나타낼 있도록 결과 측정법에 대한 표준화가 선행되어야 한다.

개발된 CBAT의 효용성을 적절하게 평가하기 위해서는 통계적 검증력 분석을 통해 연구 참여자 수를 결정해야 하며, 위약 효과에 영향을 받지 않도록 보장하기 위해 무작위 할당 또는 눈가림 방식으로 연구를 수행해야 한다. 또한 검증된 훈련 환경, 수행력과 관련된 피드백, 장기적인 혜택을 확인하는 추적관찰 평가, 순응도 등의 훈련중재 연구와 관련된 주요 요인과 CBAT로 가장 혜택을 많이 받을 수 있는 환자를 확인하는 방법을 포함하여 프로그램의 비용, 노력, 환자의 동기, 지각 가능한 혜택, 컴퓨터 사용의 친숙함 등의 요인도 고려되어야 한다. 더불어 구현된 CBAT가 다양한 연령층의 청각장애인에게 폭넓게 사용되기 위해서는 1) 비용 대비 효율적(cost effective)이어야 하며, 2) 실용적이며 쉽게 접근 가능해야 하며, 3) 상호작용적이며, 4) 흥미와 주의력을 유지시킬 정도로 충분히 어려워야 하지만 피로를 최소화시킬 수 있도록 상당히 다루기 쉬워야 하며, 5) 청각장애인에게 빠르고 적절하고 강화를 제공해야 하며, 6) 훈련은 청각장애인의 듣기 기술 임계치(skill threshold) 근처에서 제공해야 하며, 7) 청각장애인의 최적 속도로 진행되어야 하며 8) 진전 또는 진전 상의 부족에 관한 피드백을 제공해야 하며, 9) 원격 접속을 통해 검증 가능한 특정 값과 피드백을 전문가에게 제공해야 하며, 10) 최종 목표에 대한 환자의 책임이 어느 정도인지 환자가 추측할

수 있도록 해야한다.

이러한 시스템은 각 환자의 진행 상황을 추적하고 이 정보를 기반으로 모든 환자의 요구 조건에 맞게 훈련 자료 및 피드백을 제공하기 위해 인공지능 기법을 도입할 수도 있다. 음성 인식기술을 적용할 경우 환자, 부모, 청능훈련 전문가가 환자의 음소 발음의 장단점을 파악하는데 도움을 줄 수도 있다. 또한 인간 컴퓨터 상호 작용 기법(human computer interaction) 및 e-learning 기법, 증강현실 기술을 적용할 경우 훨씬 쉬운 방식의 치료에 참여시킬 수 있도록 아동을 격려하고 동기를 부여할 수 있을 것이다.

중심 단어 : 청각재활 · 컴퓨터 기반 청능훈련 · CAST · SEAT · LACE.

이 논문은 2015년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5B6037281).

REFERENCES

- 1) Blamey PJ, Alcántara JI. *Research in auditory training. J Acad Rehabil Audiol 1994;27(Mono Suppl):161-91.*
- 2) Sweetow RW, Sabes JH. *The case for LACE: Listening and auditory communication enhancement training. Hear J 2004;57(3):32-5.*
- 3) Sweetow RW, Sabes JH. *The need for and development of an adaptive listening and communication enhancement (LACE™) program. J Am Acad Audiol 2006;17(8):538-58.*
- 4) Wright BA, Zhang Y. *A review of the generalization of auditory learning. Phil. Trans. R. Soc. B: Biological Sciences, 2009;364(1515):301-11.*
- 5) Anderson S, White-Schwoch T, Parbery-Clark A, Kraus N. *Reversal of age-related neural timing delays with training. Proceedings of the National Academy of Sciences 2013;110(11):4357-62.*
- 6) Song JH, Skoe E, Wong PC, Kraus N. *Plasticity in the adult human auditory brainstem following short-term linguistic training. J Cogn Neurosci 2008;20(10):1892-902.*
- 7) Alpiner JG, McCarthy PA. *History of adult audiologic rehabilitation: The past as prologue. In: Adult audiologic rehabilitation, Montano JJ, Spitzer JB editors. San Diego; Plural Publishing;2009. p.3-24.*
- 8) Lunner T. *Cognitive function in relation to hearing aid use. Int J Audiol 2003;42:S49-58.*
- 9) Pichora-Fuller MK, Levitt H. *Speech comprehension training and auditory and cognitive processing in older adults. Am J Audiol 2012;21(2):351-7.*
- 10) Wong PC, Ettliger M, Sheppard JP, Gunasekera GM, Dhar S. *Neuroanatomical characteristics and speech perception in noise in older adults. Ear Hear 2010;31(4):471-9.*
- 11) Hayes EA, Warrier CM, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. *Neural plasticity following auditory training in children with learning problems. Clin Neurophysiol 2003;114(4):673-84.*
- 12) Kronenberger WG, Pisoni DB, Henning SC, Colson BG, Hazzard LM. *Working memory training for children with cochlear implants: A pilot study. J Speech Lang Hear Res 2011;54(4):1182-96.*
- 13) Sweetow RW, Palmer CV. *Efficacy of individual auditory training in adults: A systematic review of the evidence. J Am Acad Audiol 2005;16(7):494-504.*
- 14) Ferguson MA, Henshaw H. *Auditory training can improve working memory, attention, and communication in adverse conditions for adults with hearing loss. Front Psychol 2015;6:556.*
- 15) Henshaw H, Clark DP, Kang S, Ferguson MA. *Computer skills and Internet use in adults aged 50-74 years: influence of hearing difficulties. J Med Internet Res 2012;14(4):e113.*
- 16) Henshaw H, Ferguson MA. *Efficacy of individual computer-based auditory training for people with hearing loss: a systematic review of the evidence. PLoS One 2013;8(5):e62836.*
- 17) Pizarek R, Shafiro V, McCarthy P. *Effect of computerized auditory training on speech perception of adults with hearing impairment. SIG 7 Perspectives 2013;20(3):91-106.*
- 18) Oba SI, Fu QJ, Galvin JJ. *Digit training in noise can improve cochlear implant users' speech understanding in noise. Ear Hear 2011;32(5):573-81.*
- 19) Zhang T, Dorman MF, Fu QJ, Spahr AJ. *Auditory training in patients with unilateral cochlear implant and contralateral acoustic stimulation. Ear Hear 2012;33(6):e70-9.*
- 20) Baddeley A. *Working memory. Science 1992;255(5044):556-9.*
- 21) Caplan D, Waters G. *Verbal working memory and sentence comprehension. Behav Brain Sci 1999;22(1):77-94.*
- 22) Tigerspeech technology. *Innovative speech software: Computer-Assisted Speech Training. Retrieved from http://www.tigerspeech.com/tst_cast.html.*
- 23) Tigerspeech technology. *Innovative speech software: Sound Express Auditory Training. Retrieved from http://www.tigerspeech.com/tst_soundex.html.*
- 24) Gfeller K, Jiang D, Oleson J, Driscoll V, Knutson JF. *Temporal stability of music perception and appraisal scores of adult cochlear implant recipients. J Am Acad Audiol 2010;21(1):28-34.*
- 25) Macherey O, Delpierre A. *Perception of musical timbre by cochlear implant listeners: a multidimensional scaling study. Ear Hear 2013;34(4):426-36.*
- 26) Sweetow RW, Sabes JH. *Listening and communication enhancement (LACE). In Seminars in Hearing 2007;28(2):133-41.*
- 27) Kiessling J, Pichora-Fuller MK, Gatehouse S, Stephens D, Arlinger S, Chisolm T, et al. *Candidature for and delivery of audiological services: Special needs of older people. Int J Audiol 2003;42(2):2S92-101.*
- 28) Neurotone Inc. *LACE demonstration. Retrieved from <http://www.neurotone.com/lace-demonstration-download>. 2016.*
- 29) Shinn-Cunningham BG, Best V. *Selective attention in normal and impaired hearing. Trends Amplif 2008;12(4):283-99.*
- 30) Kim YJ, Jung SD, Lee TW, Cho TH, Seong CS. *Spontaneous otoacoustic emissions of normal hearers with tinnitus with tinnitus in the anechoic chamber. J Clinical Otolaryngol 1993;4:276-81.*