

모음에 따른 후두 교호운동 특성

한지연(동신대), 이옥분(위스콘신대)

<차 례>

- | | |
|------------|----------------------------|
| 1. 서론 | 3. 연구 결과 |
| 2. 연구 방법 | 3.1. 모음에 따른 후두 교호운동 속도 특성 |
| 2.1. 실험 대상 | 3.2. 모음에 따른 후두 교호운동 규칙성 특성 |
| 2.2. 발화 자료 | 3.3. 모음에 따른 후두 교호운동 범위 특성 |
| 2.3. 녹음 과정 | 4. 결론 및 제언 |
| 2.4. 분석 절차 | |
| 2.5. 통계 분석 | |

<Abstract>

Effects of Vowel Differences on Laryngeal DDK

Ji Yeon Han, Ok Bun Lee

This study investigated the vowel effect on laryngeal DDK (L-DDK) in terms of rate, regularity, and range. Thirteen normal speakers participated in this experiment. Speakers were asked to repeat the vowels /a, e, i, o, u/ for vocal fold adduction DDK, and /ha, he, hi, ho, hu/ for vocal fold abduction DDK. Acoustic data was analyzed via Motor Speech Profile. There were 6 parameters: DDKavp and DDKavr for rate of L-DDK, DDKcvp and DDKjit for regularity of L-DDK, and DDKavi and DDKcvi for range of L-DDK. Results of MANOVA and Fredman analysis showed no significant vowel effect on rate and regularity of L-DDK. MANOVA revealed significant effects of vowels and vocal fold ab/adduction on range of L-DDK. DDK peak intensity (DDKavi) in vowel /i/ production was lower than in vowels /a, e, o, u/. Variation of DDK peak intensity (DDKcvi) was significantly greater for /ha/ than for /a/ production. The implication of these findings on voice and speech pathology is discussed.

* Keywords: Vowel, Laryngeal DDK, Rate, Regularity, Range, Period, Intensity

1. 서론

후두기능은 기본적으로 자음의 차이를 구분 짓는, 예를 들어 언어학적으로 음운의 유무성 자질을 결정짓는 역할을 하는 조음행위(articulatory behavior)와 음성산출에 직접적인 영향력을 가지는 발성행위(phonatory behavior)로 나뉠 수 있다. 그러나 이 두 개의 관점은 결국 성대 내외전 운동에 근거하고 있으며, 발성행위를 의미하는 기본 후두 교호운동(laryngeal diadochokinesis: L-DDK) 자체가 비구어 활동이기는 하나, 발성 및 발화 조건에 따라 영향을 받게 된다.

후두 교호운동은 성대의 내외전 운동양상을 알아보기 위해 기본적으로 /u/와 /hu/를 빠르게 반복하는 과제를 실시한다([1]). 이 산출과제에서 /u/는 성대의 내전 운동양상과([2]) /hu/는 성대의 외전운동양상을 알아보기 위한 모음들이다. 음소 /h/는 성대가 외전된 상태에서 산출되는 기류음이기 때문이다. 이와 같은 발화 과제를 통하여 후두 교호운동은 후두기능을 파악할 수 있는 기본적인 평가요인이 된다. 성문하압의 기류변화와 근육수축의 동시적 동작으로 인해 양쪽 성대의 개폐의 단순한 반복이 얼마나 빨리(속도), 그리고 얼마나 규칙적인 패턴으로, 어느 정도 범위 내에서 운동하는가를 알아보게 된다. 조음이나 말운동장애 문제로 인한 구어 평가 시, 조음기운동 능력 선별진단을 위해 빈번히 사용되는 구강 교호운동과 마찬가지로 후두 교호운동 평가 또한 말장애로 인한 의사소통 문제를 이해하는 데 중요한 임상정보를 제공한다. 선행 연구에서는 정상 성인 남성의 경우 /u/모음 상황에서 후두 교호운동(내전) 속도는 평균 5.1회/초, 여성은 평균 5.3회/초를 나타내었다([1]). /i/ 모음 조건에서 /i/와 /hi/를 산출하게 하였을 때 성인 여성은 성대내전 교호운동은 평균 4.03회/초, 성대외전 교호운동은 평균 3.86/초를 보였다([3]). 이 연구들에서 보는 바와 같이 후두 교호운동의 속도가 성별과 모음환경에 따라 차이가 있음을 시사하고 있다. 물론 남성과 여성의 성대구조와 다르고, 모음자체가 가지는 성대근의 긴장과 운동패턴이 다르지만, 교호운동 속도자체의 결과에서 차이를 보이는 경향은 흥미로운 사실이다. 구강 운동에 비하면 성대근 운동은 아주 미세한 운동이다. 자연스럽지 못한 인상을 주는 발성 및 발화가 아닐지라도 성대근 운동의 미세한 운동변화가 발화환경, 화자의 감정변화, 연령 차이, 신체건강 조건 등에 따라 쉽게 영향을 받을 수 있다. 더 나아가, 그러한 조건 속에서 변화하는 성대근 운동 양상이 병리적일 수 있는지의 여부를 판단하는 것은 언어병리학적으로 중요한 의미를 가질 수 있다.

파킨슨병 환자의 말장애를 예로 들어 정상인의 후두 교호운동의 연구적 의미를 설명하자면 다음과 같다. 파킨슨병은 기질적으로 성대가 활모양으로 휘어(bowed) 성대내전시에도 성대는 외전된 상태를 보인다([4]), 따라서 목원소리가 발생하고 발화의 속도와 유형에 따라 말명료도가 크게 저하된다([4], [5]). 이러한 임상적인 근거를 바탕으로 구강 교호운동과 후두 교호운동 과제를 실시하여 파킨슨

환자가 두 과제 모두에서 비정상적임을 보였으며([6]), 파킨슨 환자들은 정상 화자에 비해 초당 반복률이 적으며 완전한 성대내전 및 외전을 나타내지 못하였고, 숨이 많이 나타나는 특징을 보였다([7]). 특이할 점은 이 장애군을 대상으로 한 VOT(voice onset time) 연구결과 발화문맥에 따른 비일관된 변화가 나타났다는 점이다([8]). 이외 말더듬 화자는 초당 반복률에서 정상 화자와 유사하였으나 규칙성 측면에서 일탈된 특성을 보였고([9]), 실조형 마비성구어장애 화자는 속도 및 규칙성에서 모두 문제를 나타내었다([10]).

그러나 이상의 선행연구에서 후두 교호운동 과제에 사용한 모음종류를 주목할 필요가 있다. 모음환경에 따른 성대진동의 차이를 밝히고자 최빈성구와 성대 프라이(vocal fry) 발성 상태에서 각각 /i, a, u, e/에 따른 차이가 나타날 것인가에 관한 연구에서는 모음에 따른 경향은 발견하였으나 의미있는 차이가 나타나지 않았다([11]). 또 다른 연구에서 모음 효과는 턱개방의 변화와 FO(fundamental frequency), 속력지수(speed quotient)에 대해서는 차이가 나타났으나 개방지수(open quotient)에서는 그 차이를 볼 수 없었다([12]). 마비성구어장애 및 말더듬 화자의 후두 교호운동과제에서 모음에 따라 교호운동의 속도 및 규칙성이 정상 화자와 다른 점을 보인다는 사실은 음성언어병리를 다루는 언어치료분야에서 모음에 따른 발성 메커니즘의 차이를 밝힐 필요가 있음을 시사한다.

구강 교호운동을 과제로 하여 정상 화자와 구어 문제가 있는 화자를 대상으로 한 연구들은 이미 이러한 변수들을 사용하여 그 결과를 비교하였으며, 이를 토대로 운동구어장애(motor speech disorder) 및 관련 진단평가 영역에서 활발히 사용되고 있다([13]). 그러나 이 구강 교호운동은 원래의 평가초점이 다르기 때문에 어디까지나 구강(예, 안면근육, 입술, 턱, 그리고 혀)의 조음관련기능에 국한 되어 있어서 후두의 미세한 기능이상으로 인한 패턴을 파악하기에는 제한이 있다. /파, 타, 카/ 반복발화로 측정되는 구강 교호운동의 경우, 교호운동의 문제가 있을 때, 모음을 반복발화하는 후두 교호운동의 문제가 구강 교호운동의 문제에 영향을 미칠 수 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지의 연구는 구강 교호운동에만 한정되어 왔다. 그리고 VOT와 같이 언어학적인 자질의 미세한 변화에 까지 영향을 미칠 수 있는 후두 기능의 근본적인 운동특성에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 또한 구강 교호운동이 말산출 과제 유형에 따라 영향을 받기 때문에([14], 이와 관련하여 후두 교호운동 또한 발성과제(예, 모음유형)에 따라 변화할 것이다.

따라서 이 연구는 성대기능 평가에서 후두 교호운동 측면에 대한 연구 필요성에 따라 발성 메커니즘의 활동성에 차이가 있는 모음에 따른 차이점을 후두 교호운동의 속도, 규칙성 및 운동범위와 관련된 매개변수를 사용하여 밝히고자 하는데 의의가 있다. 이 연구에서는 정상 화자를 대상으로 모음에 따른 후두 교호운동 특성을 알아보려고 하며, 연구 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 모음환경에 따른 후두 교호운동 속도에 차이가 있는가?
 둘째, 모음환경에 따른 후두 교호운동 규칙성에 차이가 있는가?
 셋째, 모음환경에 따른 후두 교호운동 범위에 차이가 있는가?

2. 연구 방법

2.1. 실험 대상

20~21세 범위(평균 21세, 표준편차 7개월)에 이르는 정상 성인 여성 13명 실험에 참여하였다. 1급 언어치료사 2명이 실험 대상자들의 자발화에 대한 청지각적 판단과 대상자들에게 직접 발화의 문제점 여부를 질문한 결과 구어산출시스템, 호흡, 발성, 공명, 그리고 조음에 문제가 전혀 없었으며, 청각기능에도 아무런 문제가 없었다. 또한 개인적으로 음성피로(vocal fatigue)나, 어떤 심리적인 문제로 인한 음성이상을 호소하지 않았다.

2.2. 발화 자료

발화 자료로 후두의 성대내전 교호운동을 알아보기 위하여 5개의 모음 /a/, /e/, /i/, /o/, /u/를 사용하였다. /a/, /e/, /i/, /o/, /u/는 기본 모음으로, 성대진동 평가 시 사용되는 주요 모음이기 때문이다. 그리고 후두의 성대외전 교호운동을 알아보기 위하여 각 모음의 초성에 성문마찰음 /h/가 있는 /ha/, /he/, /hi/, /ho/, /hu/를 발화하도록 하였다.

2.3. 녹음 과정

피험자의 발성 녹음을 위해 Sound Forge 프로그램(Sonic Foundary, Inc.)을 사용하였다. 녹음할 때 마이크는 피험자의 입과 10~15cm의 거리를 두었으며, 샘플링은 44kHz, 16bit 으로 설정하였다. 피험자에게 최대 흡기 이후 숨이 멈춰 발화를 지속하기 힘들 때까지 최대한 빠르고 안정적으로 음절을 분리하여 발화하도록 지시하였다. 그리고 검사자는 피험자가 발화하기 전에 모음 /i/와 /hi/의 시범을 제시하여 과제의 이해에 어려움이 없도록 하였다.

2.4. 분석 절차

Kay Elemetrics의 Motor Speech Profile(Model 5141)를 사용하여 발화 자료를 분

석하였다. 각 발화에서 가장 안정적으로 음절이 반복되는 4초 정도 길이의 구간을 설정하여 분석하였다. 분석 시 윈도우 길이는 20ms, 5ms씩 중복되게 하였으며, 스무딩(smoothing)을 높게 설정하여 /h/에서 나오는 강한 에너지로 인하여 /h/가 모음과 같은 별개의 음절 산출로 분석되지 않도록 하였다. 또한 음절반복을 개별적으로 분리하는 데 사용되는 에너지 기준선은 피험자의 발화에 따라 55~60dB 사이에서 조정하였다. 이 때 에너지 기준선의 수치는 음절반복에 따른 파형의 수와 분석창에 나타난 에너지 곡선의 수가 동일하도록 하여 결정하였다.

후두 교호운동 속도와 관련한 종속변수는 DDK_{avp} 와 DDK_{avr} 이며, 규칙성은 DDK_{cvp} 와 DDK_{jit} , 그리고 운동범위에 관한 종속변수는 DDK_{avi} 와 DDK_{cvi} 이며, 구체적인 의미는 아래와 같다.

(1) 평균 후두 교호운동 시간(DDK_{avp} ; average DDK Period) - DDK 주기의 평균 시간(ms)으로 이 연구에서는 한 번의 성대내전 혹은 외전이 이루어지는 데 소요되는 시간을 의미한다.

(2) 평균 후두 교호운동 속도(DDK_{avr} ; average DDK Rate) - DDK 평균 반복 속도(s)로 1초 동안 성대내전 혹은 외전이 반복된 평균 회수를 나타낸다.

(3) 후두 교호운동 주기 변동계수(DDK_{cvp} ; Coefficient of Variation of DDK Period) - DDK 주기의 변동계수(%)로서, 교호운동의 규칙성 측면에서 반복주기가 일정하게 유지되는지를 알아볼 수 있다. 예를 들어 /a/의 반복발성이 규칙적인 시간간격으로 반복되는지를 반영한다. 그래서 반복주기가 불규칙할수록 DDK_{cvp} 수치는 높아진다.

(4) 후두 교호운동 주기 변화율 (DDK_{jit} ; Perturbation of DDK period) - DDK 주기에서의 사이클 대 사이클 변화율(%)로, DDK_{cvp} 와 마찬가지로 주기가 불규칙해지면 DDK_{jit} 수치는 높아진다.

(5) 평균 후두 교호운동 최대강도(DDK_{avi} ; Average DDK Peak Intensity) - DDK 최대 강도의 평균(dB)으로, /a/ 반복 발생시 측정된 평균 최대 강도 수치를 의미한다.

(6) 후두 교호운동 최대강도 변동계수(DDK_{cvi} ; Coefficient of Variation of DDK Peak Intensity) - DDK 최대 강도의 변동계수(%)로서, 교호운동의 최대 강도가 일정하게 유지되는지를 나타낸다. /a/의 반복발성에서 일정한 강도로 반복되는지를 알 수 있으며, 일정한 강도로 반복되지 않으면 DDK_{cvi} 수치는 높아진다.

2.5. 통계 분석

모음(/a, e, i, o, u/)과 후두 교호운동(내전 및 외전) 요인에 따른 속도, 규칙, 범위 각각에 대하여 두 개의 종속변수, DDK_{avp} 와 DDK_{avr} , DDK_{cvp} 와 DDK_{jit} ,

DDKavi와 DDKcvi가 있으므로 다변량분석(MANOVA) 사용을 결정하기 위해 종속 변수 간 상관관계 있는지를 피어슨(Pearson) 상관계수를 사용하여 알아보았다. 그 결과 후두 교호운동의 속도의 종속변수가 되는 DDKavp와 DDKavr의 경우 $r = -.99$, 후두 교호운동의 규칙성의 종속변수가 되는 DDKcvp와 DDKjit는 상관계수가 $r = .82$, 그리고 후두 교호운동의 범위의 종속변수가 되는 DDKavi와 DDKcvi는 상관계수가 $r = .81$ 로 상관성이 있는 것으로 나타났다. 그래서 모음환경에 따른 후두 교호운동 속도에 차이가 있는지 알아보기 위하여, DDKavp와 DDKavr에 대해 이원다변량분석(two-way MANOVA)을 실시하였다. 그러나 후두 교호운동 규칙성의 종속변수인 DDKcvp와 DDKjit의 경우 상관성을 가지고 있었으나 정규분포를 나타내지 않았으므로 DDKcvp와 DDKjit 각각에 대하여 모음과 성대 내외전 교호운동을 요인으로 하는 프리드만(Friedman) 분석을 사용하였다. 그리고 모음환경에 따른 후두 교호운동 범위에 차이가 있는지 알아보기 위하여 후두 교호운동 범위의 종속변수가 되는 DDKavi와 DDKcvi에 대해 이원다변량분석을 실시하였다. 주효과가 있는 것으로 나타난 경우, 이에 대한 사후검정으로 모음에 대해서는 요인이 5개 이상이므로 Tukey검정을 실시하였으며, 성대 내외전에 대해서는 t검정을 실시하였다.

3. 연구 결과

3.1. 모음에 따른 후두 교호운동의 속도 특성(DDKavp와 DDKavr)

<표 1>에 제시된 평균 후두교호운동 시간(DDKavp)과 속도(DDKavr) 결과를 종합해 보면, 성대내전 교호운동 속도는 평균 253.17ms마다 반복되며 그 횟수는 초당 4회 정도이며, 성대외전 교호운동 속도는 평균 260.63ms마다 반복되며 초당 4회였다. 모음에 따른 반복속도 비교에서 /he/가 4.12회/초로 빠르며, /ho/가 3.67초/회로 느린 경향을 보였다. 모음별 성대 내외전에 따른 속도의 차이를 확인해 보면 모음 /o/ 반복발화와 /ho/ 반복발화 간 교호운동 속도의 차이가 크며, 모음 /a/에서 성대 내외전 간 교호운동 속도의 차이가 상대적으로 작은 경향을 나타내었다.

또한 이 연구에서 모음 및 성대내외전에 따른 후두교호운동 시간과 속도 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(<표 2>).

<표 1> 모음 및 성대 내외전에 따른 후두교호운동 시간과 속도에 관한 기술통계

| | | 모음 | 내외전 | 평균 | 표준편차 | | | 모음 | 내외전 | 평균 | 표준편차 |
|------|------|-----|-----|--------|-------|------|------|-----|-----|------|------|
| 후두교호 | 운동시간 | /a/ | 내전 | 248.08 | 29.51 | 후두교호 | 운동속도 | /a/ | 내전 | 4.09 | 0.49 |
| | | | 외전 | 248.71 | 24.87 | | | | 외전 | 4.06 | 0.39 |
| | | | 합계 | 248.40 | 26.74 | | | | 합계 | 4.08 | 0.44 |
| | | /e/ | 내전 | 259.59 | 34.90 | | | /e/ | 내전 | 3.91 | 0.49 |
| | | | 외전 | 247.69 | 35.71 | | | | 외전 | 4.12 | 0.62 |
| | | | 합계 | 253.64 | 35.12 | | | | 합계 | 4.02 | 0.56 |
| | | /i/ | 내전 | 252.43 | 33.51 | | | /i/ | 내전 | 4.03 | 0.53 |
| | | | 외전 | 266.50 | 46.78 | | | | 외전 | 3.86 | 0.64 |
| | | | 합계 | 259.46 | 40.51 | | | | 합계 | 3.94 | 0.58 |
| | | /o/ | 내전 | 251.04 | 33.30 | | | /o/ | 내전 | 4.06 | 0.59 |
| | | | 외전 | 276.23 | 32.76 | | | | 외전 | 3.67 | 0.46 |
| | | | 합계 | 263.63 | 34.82 | | | | 합계 | 3.86 | 0.56 |
| | | /u/ | 내전 | 254.71 | 32.83 | | | /u/ | 내전 | 3.99 | 0.54 |
| | | | 외전 | 264.02 | 26.45 | | | | 외전 | 3.83 | 0.40 |
| | | | 합계 | 259.37 | 29.59 | | | | 합계 | 3.91 | 0.48 |
| 합계 | | | 내전 | 253.17 | 32.05 | | | 합계 | 내전 | 4.02 | 0.52 |
| | | | 외전 | 260.63 | 34.92 | | | | 외전 | 3.91 | 0.52 |

<표 2> 모음 및 성대 내외전에 따른 후두교호운동 시간과 속도에 관한 다변량 검정

| 소스 | 종속변수 | 제 III 유형 제공합 | 자유도 | 평균제공 | F | 유의확률 |
|-----------|--------|-----------------|-----|------------|---------|------|
| 수정모형 | DDKavp | 5475.01 | 5 | 1095.00 | .96 | .44 |
| | DDKavr | 1.14 | 5 | .22 | .83 | .53 |
| Intercept | DDKavp | 8579714.99 | 1 | 8579714.99 | 7592.42 | .00 |
| | DDKavr | 2039.32 | 1 | 2039.32 | 7423.92 | .00 |
| 모음 | DDKavp | 3664.62 | 4 | 916.15 | .81 | .52 |
| | DDKavr | .74 | 4 | .18 | .68 | .60 |
| 성대 내외전 | DDKavp | 1810.39 | 1 | 1810.39 | 1.60 | .20 |
| | DDKavr | .39 | 1 | .39 | 1.44 | .23 |
| 오차 | DDKavp | 140124.57 | 124 | 1130.03 | | |
| | DDKavr | 34.06 | 124 | .27 | | |
| 합계 | DDKavp | 8725314.58 | 130 | | | |
| | DDKavr | 2074.52 | 130 | | | |
| 수정 합계 | DDKavp | 145599.59 | 129 | | | |
| | DDKavr | 35.20 | 129 | | | |

3.2 모음에 따른 후두 교호운동의 규칙성 특성(DDKcvp와 DDKjit)

성대 내외전이 규칙적인 시간간격으로 반복되는가를 의미하는 교호운동 규칙

성에 관한 종속변수인 주기변동계수(DDKcvp)와 주기변화율(DDKjit)을 모음별 비교한 결과, 성대 내전시 모음 /e/에서 높은 수치(7.96%, 2.77%), 상대적으로 /a/에서 낮은 수치(6.59%, 2.21%)를 보이는 경향을 나타내었다(<표 3>). 그러나 성대 외전시에는 /a/의 후두 주기변동계수가 7.80%, 후두 주기변화율은 2.48%로 높은 수치를 보였으며, 반면 모음 /e/는 외전 과제에서 각각 7.16%와 2.30%로 낮은 수치를 보였다. 모음별 성대 내전과 성대 외전시 규칙성 차이를 보면 /a/ 모음은 성대 내전이 더 규칙적이며, /e/는 성대 외전이 더 규칙적이다. 그리고 /i/의 경우 거의 차이가 없는 경향을 나타내었다.

<표 3> 모음 및 성대 내외전에 따른 후두 주기변동계수와 변화율의 기술통계

| | | 모음 | 내외전 | 평균 | 표준편차 | | | 모음 | 내외전 | 평균 | 표준편차 | |
|----------------------|-----|----|-----|------|------|---------------------|-----|----|-----|------|------|------|
| 주기 변동계수 DDKcvp | /a/ | 내전 | | 6.59 | 1.97 | 주기 변화율 DDKjit | /a/ | 내전 | | 2.21 | 0.79 | |
| | | | | 7.80 | 2.17 | | | | 외전 | | 2.48 | 1.38 |
| | | | 합계 | 7.19 | 2.12 | | | | | 합계 | 2.35 | 1.11 |
| | /e/ | 내전 | | 7.96 | 3.99 | | /e/ | 내전 | | | 2.77 | 1.64 |
| | | | | 7.16 | 2.66 | | | | 외전 | | 2.30 | 1.30 |
| | | | 합계 | 7.56 | 3.35 | | | | | 합계 | 2.54 | 1.47 |
| | /i/ | 내전 | | 7.11 | 2.52 | | /i/ | 내전 | | | 2.27 | 0.74 |
| | | | | 7.20 | 2.65 | | | | 외전 | | 2.30 | 0.94 |
| | | | 합계 | 7.16 | 2.53 | | | | | 합계 | 2.29 | 0.83 |
| | /o/ | 내전 | | 7.56 | 2.81 | | /o/ | 내전 | | | 2.49 | 0.96 |
| | | | | 6.84 | 3.30 | | | | 외전 | | 2.33 | 1.01 |
| | | | 합계 | 7.20 | 3.03 | | | | | 합계 | 2.41 | 0.97 |
| | /u/ | 내전 | | 7.01 | 2.00 | | /u/ | 내전 | | | 2.39 | 0.64 |
| | | | | 7.43 | 1.98 | | | | 외전 | | 2.60 | 0.87 |
| | | | 합계 | 7.22 | 1.96 | | | | | 합계 | 2.50 | 0.76 |
| | 합계 | 내전 | | 7.25 | 2.71 | | 합계 | 내전 | | | 2.43 | 1.01 |
| | | | | 7.29 | 2.53 | | | | 외전 | | 2.40 | 1.09 |
| | | | 합계 | 7.27 | 2.61 | | | | | 합계 | 2.41 | 1.05 |

프리드만 검정 결과, 후두 주기변동계수와 변화율 모두 모음 및 성대 내외전에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다(<표 4>).

<표 4> 모음 및 성대 내외전에 따른 후두 주기변동계수와 변화율에서의 차이

| | DDKcvp | DDKjit |
|---------|--------|--------|
| 카이제곱 | 4.618 | 6.444 |
| 자유도 | 9 | 9 |
| 근사 유의확률 | .866 | .695 |

3.3 모음에 따른 후두 교호운동의 범위 특성(DDKavi와 DDKcvi)

후두 교호운동 범위에서 성대 내외전에 따른 차이가 /u/는 70.30dB, /hu/는 65.74dB로 성대내전 교호운동 /u/의 평균 후두 교호운동 최대강도(DDKavi)가 높은 경향을 보이며, /e/가 71.09dB, /he/가 68.57dB로 성대내전 교호운동 /e/가 성대외전 교호운동 /he/보다 운동최대강도(DDKavi) 수치가 상대적으로 높은 경향을 나타내었다. 모음에 따른 최대 운동범위는 /i/와 /a/가 작으며, 성대 내외전에 따른 최대 운동범위는 /e/와 /he/, /u/와 /hu/에서 상대적으로 차이가 있다고 할 수 있다. 후두 교호운동 범위에서 나타난 경향성을 정리해보면, /i/의 경우 운동범위의 크기 및 일정성이 성대 내전과 외전 간에 차이를 보이지 않으나, /a/는 성대 내외전 간 운동범위 크기 및 변동률에 다른 모음과 비교해 볼 때 상대적 차이를 나타내었다.

<표 5> 모음 및 성대 내외전에 따른 평균 후두교호운동 최대강도와 최대강도의 변동계수의 기술통계

| | | 모음 | 내외전 | Mean | Std. | | | 모음 | 내외전 | Mean | Std. |
|--------|-----|----|-----|-------|------|--------|-----|----|-----|------|------|
| 평균 | /a/ | 내전 | | 68.20 | 3.56 | 최대강도의 | /a/ | 내전 | | 2.65 | 1.31 |
| | | | 외전 | 65.72 | 4.94 | | | | 외전 | 3.67 | 0.93 |
| 최대강도 | /e/ | 내전 | | 71.09 | 2.42 | 변동계수 | /e/ | 내전 | | 2.61 | 0.85 |
| | | | 외전 | 68.57 | 4.02 | | | | 외전 | 3.06 | 0.86 |
| DDKavi | /i/ | 내전 | | 64.53 | 4.60 | DDKcvi | /i/ | 내전 | | 2.87 | 1.06 |
| | | | 외전 | 63.41 | 4.32 | | | | 외전 | 3.07 | 1.02 |
| | /u/ | 내전 | | 70.30 | 4.14 | | /u/ | 내전 | | 2.54 | 0.93 |
| | | | 외전 | 65.74 | 5.15 | | | | 외전 | 3.47 | 2.24 |
| | /o/ | 내전 | | 69.35 | 4.66 | | /o/ | 내전 | | 2.90 | 1.91 |
| | | | 외전 | 68.34 | 4.96 | | | | 외전 | 3.31 | 1.49 |
| | 합계 | 내전 | | 68.69 | 4.48 | | 합계 | 내전 | | 2.71 | 1.24 |
| | | | 외전 | 66.36 | 4.94 | | | | 외전 | 3.32 | 1.38 |
| | | | 합계 | 67.53 | 4.84 | | | | 합계 | 3.02 | 1.34 |

다변량 검정 결과(<표 6>) 모음 요인 및 성대 내외전의 Wilks 람다 값은 각각 0.80과 0.90으로 이 때, 유의확률은 0.00으로 모음 및 성대 내외전의 효과가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 그러나 모음과 내외전 간의 상호작용은 유의하지 않았다($p > .05$). <표 7>을 보면 개체 간 효과 검정에서 후두교호운동 최대강도에서는 모음 및 내외전에 의한 차이는 유의하였으나($p < .05$) 최대강도 변동계수에서는 모

음에 따른 차이는 유의하지 않았으며($p > .05$) 성대 내외전에 따른 차이는 유의하였다($p < .05$).

<표 6> 모음 및 성대 내외전에 따른 평균 후두 교호운동 최대강도와 최대강도의 변동계수에 대한 다변량 검정

| 효과 | | 값 | F | 가설 자유도 | 오차 자유도 | 유의확률 |
|-----------|-----------|------|----------|--------|--------|-------|
| Intercept | Wilks의 랏다 | 0.00 | 17982.31 | 2 | 119 | 0.00 |
| 모음 | Wilks의 랏다 | 0.80 | 3.55 | 8 | 238 | 0.00* |
| 내외전 | Wilks의 랏다 | 0.90 | 6.40 | 2 | 119 | 0.00* |
| 모음*내외전 | Wilks의 랏다 | 0.97 | 0.50 | 8 | 238 | 0.85 |

* $p < .05$

개체 간 효과 검정 결과(<표 7>), 최대 운동범위(DDKavi)에서 모음($F = 6.98$, $df = 4$, $p < .05$)과 성대 내외전($F = 9.39$, $df = 1$, $p < .05$)의 효과가 나타났다.

<표 7> 평균 후두 교호운동 최대강도와 최대강도의 변동계수에서의 개체 간 효과 검정

| 소스 | 종속변수 | 제 III유형 제공합 | 자유도 | 평균제공 | F | 유의확률 |
|-----------|--------|----------------|--------|-----------|----------|-------|
| 수정 모형 | DDKavi | 757.95 | 9.00 | 84.22 | 4.46 | 0.00 |
| | DDKcvi | 16.69 | 9.00 | 1.85 | 1.03 | 0.42 |
| Intercept | DDKavi | 592767.67 | 1.00 | 592767.67 | 31378.81 | 0.00 |
| | DDKcvi | 1181.86 | 1.00 | 1181.86 | 656.46 | 0.00 |
| 모음 | DDKavi | 527.10 | 4.00 | 131.77 | 6.98 | 0.00* |
| | DDKcvi | 1.67 | 4.00 | 0.42 | 0.23 | 0.92 |
| 내외전 | DDKavi | 177.32 | 1.00 | 177.32 | 9.39 | 0.00* |
| | DDKcvi | 11.74 | 1.00 | 11.74 | 6.52 | 0.01* |
| 모음*내외전 | DDKavi | 53.53 | 4.00 | 13.38 | 0.71 | 0.59 |
| | DDKcvi | 3.27 | 4.00 | 0.82 | 0.45 | 0.77 |
| 오차 | DDKavi | 2266.88 | 120.00 | 18.89 | | |
| | DDKcvi | 216.04 | 120.00 | 1.80 | | |
| 합계 | DDKavi | 595792.51 | 130.00 | | | |
| | DDKcvi | 1414.59 | 130.00 | | | |
| 수정 합계 | DDKavi | 3024.84 | 129.00 | | | |
| | DDKcvi | 232.73 | 129.00 | | | |

* $p < .05$

이에 대한 사후검정결과(<표 8>), 각 모음 /i/와 /u/, /e/, /o/ 모음 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). <표 5>에서 이 모음들의 평균 후두 교호운동 최대강도(DDKavi)와 최대강도 변동계수(DDKcvi)를 살펴보면, /i/가 가장 낮고, 가 다음은 /u/, /e/, /o/ 순으로 높아지는 경향을 보였다.

<표 8> 모음에 따른 평균 후두 교호운동 최대강도에 대한 사후검정

| 모음 | 모음 | 평균차 | 오차편차 | 유의확률 | 모음 | 모음 | 평균차 | 오차편차 | 유의확률 |
|-----|-----|-------|------|-------|-----|-----|-------|------|-------|
| /a/ | /i/ | 2.99 | 1.21 | 0.10 | /e/ | /a/ | 2.87 | 1.21 | 0.13 |
| | /u/ | -1.06 | 1.21 | 0.90 | | /i/ | 5.86 | 1.21 | 0.00* |
| | /e/ | -2.87 | 1.21 | 0.13 | | /u/ | 1.81 | 1.21 | 0.56 |
| | /o/ | -1.88 | 1.21 | 0.52 | | /o/ | 0.99 | 1.21 | 0.92 |
| /i/ | /a/ | -2.99 | 1.21 | 0.10 | /o/ | /a/ | 1.88 | 1.21 | 0.52 |
| | /u/ | -4.05 | 1.21 | 0.01* | | /i/ | 4.88 | 1.21 | 0.00* |
| | /e/ | -5.86 | 1.21 | 0.00* | | /u/ | 0.82 | 1.21 | 0.96 |
| | /o/ | -4.88 | 1.21 | 0.00* | | /e/ | -0.99 | 1.21 | 0.92 |
| /u/ | /a/ | 1.06 | 1.21 | 0.90 | | | | | |
| | /i/ | 4.05 | 1.21 | 0.01* | | | | | |
| | /e/ | -1.81 | 1.21 | 0.56 | | | | | |
| | /o/ | -0.82 | 1.21 | 0.96 | | | | | |

* $p < .05$

평균 후두 교호운동 최대강도의 성대 내외전에 따른 차이에 대한 사후검정(<표 9>) 결과, /u/와 /hu/, /e/와 /he/에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

<표 9> 성대 내외전에 따른 평균 후두 교호운동 최대강도에 대한 사후검정

| 성대내전 | 성대외전 | 평균차 | 표준편차 | 오차편차 | t | 자유도 | 유의확률 |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| /a/ | /ha/ | 2.48 | 5.14 | 1.42 | 1.74 | 12.00 | 0.11 |
| /e/ | /he/ | 2.52 | 3.77 | 1.05 | 2.41 | 12.00 | 0.03* |
| /i/ | /hi/ | 1.12 | 4.18 | 1.16 | 0.96 | 12.00 | 0.36 |
| /u/ | /hu/ | 4.56 | 6.44 | 1.79 | 2.55 | 12.00 | 0.03* |
| /o/ | /ho/ | 1.01 | 4.02 | 1.11 | 0.91 | 12.00 | 0.38 |

* $p < .05$

운동범위의 규칙성을 의미하는 후두 교호운동 최대강도의 변동계수(DDKcvi)의 결과를 보면, 개체 간 효과 검정에서 모음 변화가 후두 교호운동 범위의 규칙성에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 성대 내외전에 따른 유의한 차이가 있었다. 사후검정 결과 <표 10>에서와 같이 모음 /a/(내전운동)와 /ha/(외전운동)간의 유의한 차이($p < .01$)를 보였으며, /a/는 2.65%, /ha/는 3.67%로 모음 /a/의 성대 내전에서의 DDKcvi가 유의하게 낮은 것으로 나타났다.

<표 10> 성대 내외전에 따른 후두교호운동 최대강도의 변동계수에 대한 사후검정

| 성대내전 | 성대외전 | 평균차 | 표준편차 | 오차편차 | t | 자유도 | 유의확률 |
|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| /a/ | /ha/ | 1.01 | 1.05 | 0.29 | 3.48 | 12.00 | 0.00** |
| /e/ | /he/ | 0.45 | 1.21 | 0.34 | 1.35 | 12.00 | 0.20 |
| /i/ | /hi/ | 0.20 | 1.08 | 0.30 | 0.65 | 12.00 | 0.53 |
| /u/ | /hu/ | 0.93 | 2.55 | 0.71 | 1.32 | 12.00 | 0.21 |
| /o/ | /ho/ | 0.41 | 1.78 | 0.49 | 0.83 | 12.00 | 0.42 |

** $p < .01$

4. 결론 및 제언

모음 따른 후두 교호운동의 특성을 알아보고자 이 연구에서는 교호운동의 음향 신호를 바탕으로 모음과 성대 내외전에 따른 후두 교호운동의 속도, 규칙성 및 운동범위를 알아보았다. 비록 이 연구가 실험 대상자 수가 제한적이라는 한계가 있으나, 연구 결과에 따른 결론과 임상적 의의, 그리고 제언은 다음과 같다.

첫째, 모음에 따른 후두 교호운동 속도의 특징을 알아본 결과, DDK 주기가 반복되는 시간에 관한 종속변수인 후두 교호운동의 평균시간(DDK_{avp})에서 모음 및 성대 내외전에 따른 유의한 차이는 없었다. 그러나 이 연구결과에 따르자면 한국 정상 여성화자의 경우 성대내전 교호운동 속도는 평균 253.17ms마다 반복되며 성대외전 교호운동 속도는 평균 260.63ms마다 반복되는 경향을 알 수 있다. 또한 DDK 주기의 초당 반복 횟수인 후두 교호운동 평균속도(DDK_{avr})에서도 모음과 성대 내외전 효과는 유의하지 않았으나, 모음에 상관없이 후두 교호운동 횟수는 초당 4회 반복속도를 보이는 경향을 나타내었다. 이 결과는 영어권 화자의 정상 성인 남성의 경우 평균 5.1회/초, 여성은 평균 5.3회/초를 나타낸 연구결과([2])와 비교해 볼 때 이 연구에서는 한국어 화자가 1회 정도 느린 것으로 나타났다. 또한 후두 교호운동의 결과를 구강 교호운동의 결과와 비교해 보면, MSP에서 제시하고 있는 정상 기준치에서([15]) 후두 교호운동의 평균시간은 171.18ms, 평균속도는 5.89회로 후두 교호운동의 속도가 구강 교호운동에 비해 느린 경향을 보이는데, 추후 좀더 세밀한 비교연구가 요구되는 부분이다.

둘째, 모음에 따른 후두 교호운동 규칙성의 특징을 알아본 결과 후두 교호운동의 평균주기변동계수(DDK_{cvp})와 주기변화율(DDK_{jit})에서 모음 및 성대 내외전에 따른 차이가 없었다. 이에 따라 성대 운동의 규칙성 측면에서 모음과 내전 및 외전운동에 따른 차이는 없다고 할 수 있다. 후두 교호운동의 규칙성을 의미하는 평균 주기변동계수와 주기변화율에서 모음 /e/가 다른 모음군에 비해 높은 수치를 보였는데, 이는 성대내외전 속도 측면에서 불규칙성이 다른 모음에 비해 상대적으로 높은 경향을 보이는 것 같다. 이러한 결과가 시사하는 바에 비추어보면 모음

/a/가 가장 안정된 발성이 유도되는 음운임을 다시 확인하게 되며, 이에 반해, 모음 /e/가 다른 모음군에 비해 성대 내전 운동의 규칙적인 측면에서 안정성이 다소 낮음을 알 수 있다. 구강 교호운동 결과([15])와 비교해 보면, 구강 교호운동의 경우 평균 주기변동계수와 주기변화율은 각각 6.0%와 1.23%로 이 연구결과의 7.27%, 2.41%에 비해 낮다. 이와 같은 결과의 차이는 구강 교호운동에 비해 후두 교호운동 과제 수행 시 일정한 규칙성을 유지하는데 어려움이 있음을 시사한다.

셋째, 모음에 따른 후두 교호운동 범위의 특징을 알아본 결과, DDK의 규칙성과는 달리 운동범위에서는 모음과 성대 내외전에 따른 유의한 차이가 나타났다. 모음 중 /i/와 /a/의 최대운동범위가 가장 작았고, 최대 운동범위 변화는 /a/에서 가장 일정하게 유지되며 /ha/에서 가장 범위가 일정하지 않았다. 이는 /a/ 반복 발화에서 가장 일정한 운동범위가 유지되며, /ha/에서 운동 범위가 불규칙하다는 사실을 나타낸다. 구강 교호운동의 경우([15]), 평균 최대강도(DDK_{avi})와 최대강도에 대한 변동계수(DDK_{cvi})가 각각 평균 71.48dB, 1.91%와 비교했을 때, 이 연구결과인 후두 교호운동의 경우 평균최대강도와 변동계수의 전체 평균은 각각 67.53dB과 3.02%로써 결과적으로 후두 교호운동의 운동범위가 구강 교호운동에 비해 더 작고, 더 불규칙하다.

이상에서 논의된 후두 교호운동의 속도, 규칙성, 운동범위 측면에서의 모음 효과를 종합해 볼 때, 모음 /a/가 가장 빠른 속도와 규칙성을 가지고 있으며, 운동범위 또한 가장 일정하게 유지되는 경향이 있음을 알 수 있었다. 그리고 상대적으로 모음 /e/ 자체가 다른 모음에 비해 후두운동의 불규칙성이 높으며, 이는 성대 내외전의 운동폭이 다름이 제시되었다. 그러므로 구강 교호운동 과제 시 즉, 말운동장애 환자들에게 최대한 안정된 상태에서 교호운동을 평가해야하는 과제에서 모음 /a/음소가 다른 모음에 비해 성대의 불규칙성이 작으므로 /pa/와 같은 발화과제가 가장 적절하다고 볼 수 있다.

이상의 결론을 종합하여 정상 화자를 대상으로 한 후두 교호운동의 속도, 규칙성 및 범위에 대한 특성을 적용한 말장애 진단에서의 의의는 다음과 같다. 첫째, 후두 교호운동 속도 측면에서 모음에 따른 유의한 차이는 없었다. 따라서 말장애 화자가 정상 화자와 달리 모음에 따라 후두 교호운동 속도와 관련된 차이를 보인다면 고모음과 저모음, 전설모음과 후설모음, 원순모음과 비원순모음을 산출에 따른 문제점을 파악해야 할 것이다.

이 연구는 말운동장애의 주요 연령대를 벗어난 평균연령이 21세인 정상 여성이라는 점과 적은 대상자 수에서 제한점을 가진다. 따라서 추후 연구에서는 정상 화자 수의 확대 및 연령층을 대상으로 한 연구가 요구된다. 그리고 실험과정 중 몇 명의 피험자들은 후두 교호운동 과제 수행 시 강도를 일정하게 유지하는 데에 어려움을 보여 몇 번의 연습이 있었다. 따라서 이후 강도를 유지할 수 있도록 시각적 피드백을 제시하여 연습효과를 통제할 필요가 있다. 또한 선행연구 결과

((15))와 비교해 볼 때, 후두 교호운동은 구강 교호운동에 비해 속도, 규칙성, 운동 범위 측면에서 모두 감소되었다. 이와 같은 차이에 대한 정확한 논의를 위해서는 구강 교호운동과의 차이에 대한 비교연구가 필요하다. 또한 이 연구를 바탕으로 앞으로 말장애 유형별로 모음 및 성대 내외전에 따른 후두 교호운동에 대한 결과를 통하여 정상 화자와의 비교를 실시할 필요가 있다. 이러한 정상 화자와의 비교를 통하여 말장애의 문제를 성대 내외전근의 운동성 측면에서 조명할 수 있을 것이다. 그리고 후두 교호운동 과제와 연속구어 내에서의 발화 특성과의 관계를 통하여 언어치료 중재가 성대 내외전근에 초점을 두어야 할 지 명확해 질 것이다. 더 나아가 전기성문도(EGG) 검사를 사용한 측정변수와 후두 교호운동 간의 상관관계에 관한 연구가 진행된다면 성대진동의 접촉 특징과 성대 내외전근의 활동성을 나타내는 교호운동 간의 특징을 바탕으로 후두조음 메커니즘을 밝힐 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] K. Verdolini, P. M. Palmer, "Assessment of a 'profiles' approach to voice screening", *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, Vol. 5, No. 4, pp. 217-232, 1997.
- [2] P. Ptacek, E. Sander, W. Maloney, C. Jackson, "Phonatory and related changes with advanced age", *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 9, pp. 353-360, 1996.
- [3] 한지연, 이옥분. "연속구어 내 발성 종결-개시의 음향학적 특징", *음성과학*, 13권, 2호, pp. 19-33, 2006.
- [4] L. O. Ramig, S. Sapir, S. Countryman, A. A. Pawlas, C. O'Brien, M. Hoehn, L. L. Thompson, "Intensiv voice treatment (LSVT®) for patients with Parkinson's disease: a 2 year follow up", *Journal of Neurol Neurosurg Psychiatry*, Vol. 71, pp. 493-498, 2001.
- [5] S. Sapir, J. L. Spielman, L. O. Ramig, B. H. Story, C. Fox, "Effects of intensive voice treatment (the Lee Silverman Voice Treatment [LSVT]) on vowel articulation in dysarthric individuals with idiopathic Parkinson disease: Acoustic and perceptual findings", *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, Vol. 50, pp. 899-912, 2007.
- [6] H. Akermann, J. Konczak, J. Hertrich, "The temporal control of repetition articulatory movements in Parkinson's disease", *Brain and Language*, Vol. 56, No. 2, pp. 312-319, 1997.
- [7] C. Bassich-Zeren, "Vocal dysfunction I young-onset Parkinson's disease", Unpublished doctoral dissertation, University of Maryland, 2004.
- [8] K. Forrest, G. Weismer, G. Turner. "Kinematic, acoustic and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric males", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 85, pp. 2608-2622, 1989.
- [9] 한지연, 임혜진, 박희준, 이옥분. "말더듬 화자의 후두 교호운동 특성", *대한음성학회 가*

- 을 학술대회 발표논문집, pp. 151-154, 2006.
- [10] 한지연, 박희준, 임혜진, 이옥분, “실조형 마비성구어장애 화자의 후두 교호운동 특성”, 제18회 음성과학회 학술대회, pp. 195-201, 2006.
- [11] Y. Chen, M. P. Robb, H. R. Gilbert, “Electroglottographic evaluation of gender and vowel effects during modal and vocal fry phonation”, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 45, pp. 821-829, 2002
- [12] M. Lim, E. Lin, P. Bones, “Vowel effect on glottal parameters and the magnitude of jaw opening”, *Journal of Voice*, Vol. 20, No. 1, pp. 46-54, 2005.
- [13] F. L. Darley, A. Aronson, J. R. Brown, *Motor Speech Disorders*, London: WB Saunders, 1975.
- [14] W. Ziegler, “Task-related factors in oral motor control: Speech and oral diad-ochokinesis in dysarthria and apraxia of speech”, *Brain and Language*, Vol. 80, pp. 556-575, 2002.
- [15] K. Bakker, H. Arkebauer, F. Boutsen, “Computer-assisted determination of diadochokinetic rate and variability”, Mini-seminar presented at the American Speech-Language-Hearing Association Convention, Anaheim, CA. 1993.

접수일자: 2008년 11월 10일

게재결정: 2008년 12월 21일

▶ 한지연(Ji Yeon Han)

주소: 전남 나주시 대호동 252번지

소속: 동신대학교 보건복지대학 언어치료학과

전화: 061) 330-3473

E-mail: lotus73@dreamwiz.com

▶ 이옥분(Ok Bun Lee) : 교신저자

소속: Waisman Center, University of Wisconsin-Madison

Speech Intelligibility & AAC lab, Post-doc. 연구원

전화: +1-608-236-2877

E-mail: olee2@wisc.edu