



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

성대구증 환자의 음성에 대한  
캡스트럼 및 스펙트럼 분석의 유용성  
: CPP, L/H ratio, mean CPP F0 index

연세대학교 대학원

언어병리학협동과정

홍 슬 기

성대구증 환자의 음성에 대한  
캡스트럼 및 스펙트럼 분석의 유용성  
: CPP, L/H ratio, mean CPP F0 index

지도교수 이 석 재

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2025 년 06 월

연세대학교 대학원

언어병리학협동과정

홍 슬 기

성대구증 환자의 음성에 대한  
캡스트럼 및 스펙트럼 분석의 유용성  
: CPP, L/H ratio, mean CPP F0 index

홍슬기의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ 김 향 희

심사위원 \_\_\_\_\_ 이 석 재

심사위원 \_\_\_\_\_ 주 영 훈

연세대학교 대학원  
언어병리학협동과정

2025 년 06 월

## 차 례

표 차례	iv
그림 차례	v
국문요약	vi
제1장 서론	1
1.1. 연구의 필요성	1
1.2. 연구의 목적	5
1.3. 연구 문제	6
제2장 이론적 배경	7
2.1. 성대구증(sulcus vocalis)	7
2.1.1. 성대구증의 정의	7
2.1.2. 성대구증의 음성특징	9
2.1.3. 성대구증의 치료	9
2.2. 캡스트럼 및 스펙트럼 분석	11
제3장 연구 방법	12
3.1. 연구 대상	12
3.2. 연구 절차	14

3.2.1. 자료 수집 . . . . .	14
3.2.2. 음성검사 도구 . . . . .	15
3.2.2.1. ADSV(Analysis of Dysphonia in Speech and Voice) . . . . .	15
3.2.2.2. MDVP(Multiple-Dimensional Voice Program) . . . . .	18
3.3. 통계 분석 . . . . .	20
제4장 결과 . . . . .	21
4.1. 모음연장발성 및 연결발화 과제에서 성대구증군과 정상대조군의 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치 비교 . . . . .	21
4.1.1. 모음연장발성에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치 비교 . . . . .	21
4.1.2. 연결발화 과제에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치 비교 . . . . .	24
4.2. 발화과제(모음연장발성vs연결발화) 및 MDVP 수치와 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계 비교 . . . . .	27
4.2.1. 발화과제 간 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관 관계 . . . . .	28
4.2.2. 발화과제에 따른 MDVP 측정치와 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계 . . . . .	28
4.3. 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 음성장애 예측 가능성 . . . . .	30
4.3.1. 모음연장발성의 ROC 곡선 분석 및 민감도와 특이도 . . . . .	30
4.3.2. 연결발화 과제의 ROC 곡선 분석 및 민감도와 특이도 . . . . .	33
제5장 고찰 . . . . .	36
제6장 결론 . . . . .	40

참고문헌 · · · · ·	43
ABSTRACT · · · · ·	48

## 표 차례

표 1. 연구대상자 . . . . .	13
표 2. ADSV 측정치 . . . . .	16
표 3. MDVP의 대표적인 음성지표 . . . . .	19
표 4. 모음연장발성에서 썬스트럼 및 스펙트럼 측정치 . . . . .	22
표 5. 연결발화 과제에서 썬스트럼 및 스펙트럼 측정치 . . . . .	24
표 6. 성대구증군과 정상대조군의 MDVP 평균 . . . . .	27
표 7. 발화과제 간 및 MDVP 수치와 썬스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계 . . . . .	29
표 8. 모음연장발성에서 썬스트럼 및 스펙트럼 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도 . . . . .	31
표 9. 연결발화 과제에서 썬스트럼 및 스펙트럼 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도 . . . . .	33



## 그림 차례

그림 1. 후두내시경으로 본 성대구증 . . . . .	8
그림 2. ADSV 검사 화면 예시 . . . . .	17
그림 3. MDVP 검사 화면 예시 . . . . .	19
그림 4. 모음연장발성에서 그룹별 CPP 분석치의 평균과 표준편차 . . . . .	22
그림 5. 모음연장발성에서 그룹별 L/H ratio 분석치의 평균과 표준편차 . . . . .	23
그림 6. 모음연장발성에서 그룹별 mean CPP F0 분석치의 평균과 표준편차 . . . . .	23
그림 7. 연결발화 과제에서 그룹별 CPP 분석치의 평균과 표준편차 . . . . .	25
그림 8. 모음연장발성에서 그룹별 L/H ratio 분석치의 평균과 표준편차 . . . . .	25
그림 9. 모음연장발성에서 그룹별 mean CPP F0 분석치의 평균과 표준편차 . . . . .	26
그림 10. 모음연장발성에서 CPP의 민감도와 특이도 . . . . .	31
그림 11. 모음연장발성에서 L/H ratio의 민감도와 특이도 . . . . .	32
그림 12. 모음연장발성에서 mean CPP F0의 민감도와 특이도 . . . . .	32
그림 13. 연결발화 과제에서 CPP의 민감도와 특이도 . . . . .	33
그림 14. 연결발화 과제에서 L/H ratio의 민감도와 특이도 . . . . .	33
그림 15. 연결발화 과제에서 mean CPP F0의 민감도와 특이도 . . . . .	34

## 국 문 요 약

### 성대구증 환자의 음성에 대한 캡스트럼 및 스펙트럼 분석의 유용성 : CPP, L/H ratio, mean CPP F0 index

캡스트럼 및 스펙트럼 수치는 음성 신호의 주기성에 대한 정보를 분석하는데 유용하고, 정확한 기본주파수 검출이 필요하지 않기 때문에 모음뿐 아니라 연결발화의 분석도 가능하며 중증도가 심한 음성, 매우 비주기적인 음성 신호도 분석이 가능하다. 성대구증은 현재 임상에서 청지각적 평가, 음성검사기기를 사용한 음성평가와 후두내시경 검사를 통해 진단되지만, 간혹 subglottic edema 증상을 보이거나 노인성 후두 등의 질환을 보이는 환자와 혼동되어 진단의 어려움을 겪는 경우가 있다. 따라서 캡스트럼 및 스펙트럼의 분석이 성대구증 환자를 감별하고 평가하는데 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 성대구증으로 진단받은 환자 120 명(남:여=70:50; 연령= 65.2 세)과 정상대조군 56(남:여=28:28; 연령=62.8 세)명 총 176 명을 대상으로 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 실시하여 어떠한 음향학적 특징을 보이는지 알아보고, 기존 임상에서 많이 사용되고 있는 MDVP 의 검사 수치와는 어떠한 상관관계가 있는지, 그리고 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 있는지를 알아보았다. 연구 결과는 다음과 같다.

1. 성대구증군과 정상대조군의 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치는 모음연장발성과 연결발화 과제에서 모두 유의한 차이를 보였으며, 성대구증 환자가 정상

성인보다 CPP 와 L/H ratio 가 낮았고, mean CPP F0 는 보다 높은 값을 보였다.

2. 모음연장발성과 연결발화 과제 간 CPP 와 L/H ratio 상관 관계는 중간 수준의 상관관계를 보였고, mean CPP F0는 높은 수준의 상관 관계를 보였다. MDVP 와 상관관계를 살펴보았을 때, 두 발화과제에서 CPP 와 L/H ratio 는 Jitter, Shimmer 와 중간 수준의 부적 상관 관계를 보였고, NHR 과는 낮은-중간 수준의 부적 상관 관계를 보였다. Mean CPP F0 와 F0 는 높은 수준의 정적 상관 관계를 보였다.
3. 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치에서 CPP 는 모음연장발성과 연결발화 과제에서 모두 높은 정확도로 성대구증군과 정상대조군의 음성을 감별할 수 있었다.

이상의 결과에 따라, 본 연구를 통해 성대구증 환자의 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치를 알아보았고, 캡스트럼 및 스펙트럼 분석의 활용 가능성과 성대구증 환자의 음성에 대한 객관적인 평가측정치로 유용함을 알 수 있었다. 이는 성대구증 음성의 대한 더 넓은 이해와 감별 진단에 도움을 줄 것이다.

---

핵심되는 말: 성대구증, 음향학적 평가, 캡스트럼, 스펙트럼, CPP, L/H ratio, mean CPP F0

# 성대구증 환자의 음성에 대한 캡스트럼 및 스펙트럼 분석의 유용성 : CPP, L/H ratio, mean CPP F0 index

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 필요성

성대구증(sulcus vocalis)이란 성대의 유리연을 따라 고랑처럼 구(sulcus) 또는 홈으로 인해 음성장애가 발생한 음성 질환을 말한다.<sup>1</sup> 성대 점막하 조직의 섬유화에 의해 성대 내연의 진동 운동 감소와 궁형 변형이 생겨 성문 폐쇄 부전이 나타난다.<sup>2</sup> 이로 인해 기식성 음성, 조조성 음성, 음역 및 음성 크기의 감소, 최대발성시간의 감소, 음성피로 등과 같은 증상과 징후를 유발시키며, 이의 보상작용으로 발성 시 가성대가 과도하게 내전되는 모습을 보이기도 한다.<sup>3, 4</sup> 이 같은 음성 특징을 보이는 질환으로는 성대마비, 성대위축, 궁형성대, 노인성 후두가 있으며 성대위축 및 궁형성대 질환은 연령에 따라 노화로 인한 변화로 간주되기도 한다.<sup>5, 6</sup> 노인성 후두와 성문하 부종으로 인한 가성구증(pseudo-sulcus)은 간혹 성대구증과 비슷한 형태로 보여지기도 한다.

성대구증 환자의 음성분석 및 전기성문파형 검사에 대한 선행연구에서는 공기역학적 검사 결과 증상이 심할수록 음성효율이 떨어지고, 음향학적 분석 결과 주파수변동률(Jitter)와 배음대 소음비(Harmonic to Noise: HNR) 역시

성대구가 심할수록 음질의 악화를 보였으며, 전기성문파형 검사에서도 불규칙성이 심하게 나타나는 경향을 보인다고 하였다.<sup>7</sup> 또한 성대구증의 형태에 따른 음향학적 분석에 대한 연구에서는 후두스트로보검사를 이용하여 성대구증을 생리적 성대구와 병리적 성대구로 분류하였으며, 청지각적 평가인 GRBAS 점수가 병리적 성대구에서 높은 수치를 보였다고 하였다.<sup>2</sup> 이렇듯 성대구증은 시각적, 청지각적, 음향학적, 공기역학적 평가 등의 다양한 방법을 통해 종합적으로 분석하고 평가한다.

현재 임상에서 음성장애 환자의 음성검사에 가장 많이 사용되고 있는 음향학적 평가 도구는 Computerized Speech Lab (CSL; model 4150B, KayPENTAX Elemetrics, Lincoln Park, NJ, USA)의 Multiple-Dimensional Voice Program(MDVP)로 기본주파수(F0), 주파수변동률(Jitter), 진폭변동률(Shimmer), 소음대 배음비(Noise to Harmonic: NHR) 등의 지표로 음성을 측정하고 평가한다.<sup>8</sup> 하지만 기본주파수를 바탕으로 분석이 이루어지기 때문에 주기적인 음성을 분석하는 데는 문제가 발생하지 않지만, 기본주파수와 성대진동양상의 변화가 많은 연결발화 혹은 성대 진동이 매우 불규칙하거나 정도가 심한 병리적 음성의 경우에는 주기성을 찾기 어려워 검사의 신뢰도가 떨어질 수 있다.<sup>9, 10</sup>

최근 이 같은 점을 보완하고자 미국언어청각협회(ASHA)에서는 음향학적평가에서 음질을 측정할 때 전통적인 시간 기반의 분석보다는 캡스트럼 기반 측정치를 사용하도록 권고하였다.<sup>11</sup> 캡스트럼 및 스펙트럼 분석치들은 주파수 영역에서 성도의 공명주파수와 성대의 진동 신호를 분리하여 정확한 기본주파수 검출이 필요하지 않기 때문에 모음뿐 아니라 연결발화의 분석도 가능하며 중증도가 심한 음성, 매우 비주기적인 음성 신호도 분석이 가능하다.<sup>12</sup> 이 같은 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 수행할 수 있는 여러 음향학적 분석 프로그램이 있는데, 최근 연구에는 Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV)

프로그램이 활발하게 이용되어 왔다.<sup>13</sup> 음성장애 평가 시 ADSV의 유용성에 대한 선행연구결과에 따르면 모음 연장 발생과 연결발화 간의 상관성이 낮은 경우 ADSV를 이용하여 평가를 실시한다면 더욱 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있다고 하였다.<sup>14</sup> 그리고 음성질환의 치료 환자를 대상으로 캡스트럼 분석을 실시하였을 때, 캡스트럼 수치는 음성질환의 치료 전후를 비교하는 음성지표로 효과적이고 유용하다고 하였다.<sup>15</sup> 또한 모음과 연결발화에서 캡스트럼 음향 지표의 정상 및 음성장애 예측가능성을 알아본 연구에서는 캡스트럼최고정점(Cepstral Peak Prominence: CPP)과 저주파수 대 고주파수 스펙트럼 에너지 비율(Low/High spectral ratio: L/H ratio)이 음성 장애군과 정상대조군 간 유의한 차이를 보였으며, 특히 CPP 값은 발화과제와 상관없이 높은 정확도로 장애음성과 정상 음성을 변별할 수 있었다.<sup>16</sup>

ADSV 검사의 캡스트럼 및 스펙트럼 수치에 대한 국내의 선행 연구는 정상 청·장년층을 대상으로 한 연구<sup>12, 13, 17</sup>, 정상여성 노년층을 대상으로 한 연구<sup>18</sup>, 그리고 음성 장애군에서는 장애군을 분류하지 않은 음성장애환자에 대한 연구<sup>15, 16</sup>, 노인성 음성장애 환자<sup>19</sup>, 성대마비 환자<sup>20</sup>, 근긴장성 발성장애와 내전형 연축성 발성장애 환자<sup>21, 22</sup>, 성문암과 후두백반증 환자<sup>23</sup>, 파킨슨병 환자<sup>24</sup>, 식도발성화자<sup>25</sup> 등을 대상으로 한 연구들이 있다. 하지만 성대구증의 캡스트럼 및 스펙트럼 분석에 대한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 성대구증 환자의 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 통해 그 수치를 제시하는 데에 의의가 있다.

또한, 이 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 현재 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 MDVP의 음성 파라미터와는 어떠한 상관관계를 보이는지 확인하여 그 활용성과 유용성을 살펴보고, 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 있는지를 알아보고자 한다. 이를 통해 캡스트럼 및 스펙트럼 수치 분석의 중요성을 다시 한 번 강조하고, 임상 현장에서 성대구증 환자의 감별

진단에 유용하게 사용될 수 있도록 하는 근거 자료를 제시하여 도움을 주고자 한다.

## 1.2. 연구의 목적

본 연구는 성대구증 환자를 대상으로 한 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 통해 그 수치를 제시하고, 연령대를 일치시킨 정상대조군과 비교하였을 때 어떠한 차이를 보이는지를 비교하여 임상 현장에서 유용하게 사용될 수 있도록 하는 근거 자료를 제공하고자 한다.

따라서 성대구증 환자 및 정상대조군을 대상으로 ADSV 검사 프로그램을 이용한 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 통해 CPP, L/H ratio, mean CPP F0 의 수치를 알아보고, MDVP 검사의 F0, Jitter, Shimmer, NHR 수치와는 어떠한 상관관계를 보이는지 살펴보았다.

또한 이렇게 알아본 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 성대구증 환자의 음질문제에 대해 감별 진단적 가능성이 있는지, 어떤 수치가 가장 높은 정확도를 보이는지를 알아보았다.



### 1.3. 연구 문제

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

- 가. 모음연장발성 및 연결발화 과제에서 성대구증군과 정상대조군의 캡스트럼 및 스펙트럼은 어떠한 차이가 있는가?
- 나. 발화과제 간 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계 및 MDVP 검사수치와의 상관관계는 어떠한가?
- 다. 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 있는가?

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 성대구증(sulcus vocalis)

#### 2.1.1. 성대구증의 정의

구(sulcus)는 흠, 고랑, 함입을 의미하는 일반적인 해부학적 용어이다.<sup>7</sup> 성대구증은 편측 혹은 양측 성대의 유리연에 흠이 생긴 것으로 이 흠이 얇을 때에는 성대의 덮개층에, 깊을 때에는 성대인대까지도 이어진다.<sup>4</sup> 성대구증은 흠의 형태나 깊이에 따라 유형이 나뉘기도 하는데, 한 선행연구에서는 성대구증을 제 1 형 생리적 구증(physiological sulcus), 제 2 형 열성 구증(sulcus vergetuer), 제 3 형 성대구증(sulcus vocalis)으로 분류하였다.<sup>26</sup> 제 1 형은 노화의 과정으로 발생하며, 정상의 성대 고유층을 갖고 있으나 점막파동에서 매우 미약한 정도의 문제를 보이는 상태이다. 제 2 형은 고유층 중 표층의 손실이 나타나 성대의 유리연을 따라 직선 모양의 패인 혹은 갈라진 부분이 보인다. 그 결과 상피층과 성대인대 사이 조직이 비정상적으로 얇아진 상태이다.<sup>27</sup> 제 3 형은 고유층의 손실이 성대인대에서 심할 경우 갑상피열근까지 이어질 정도로 성대 상피층이 깊게 패여 있는 상태이다.<sup>27</sup> 제 2 형과 제 3 형은 병리적 성대구(pathologic sulcus)로 분류하였고<sup>26</sup>, 병리적 성대구는 성대 고유층 기능의 손상으로 인해 성대의 점막 파동에 문제가 생겨 발성에 문제가 생기는 음성장애를 보이는 특징이 있다.<sup>28</sup> 후두내시경으로 본 성대구증의 모습은 <그림 1>에 제시하였다.

성대구증의 발생원인은 명확히 정의되지 않았지만 주로 선천적이거나 후천적이며, 특발성(unknown etiology)인 경우도 있다.<sup>29</sup> 선천적 구증 환자는 대개 평생 동안 음성 문제가 지속된다.<sup>30</sup> 후천적 구증 환자는 노화, 성대 양성 질환의 퇴행, 후두 수술, 반복적인 염증 재발 등으로 나타난다.<sup>27</sup>

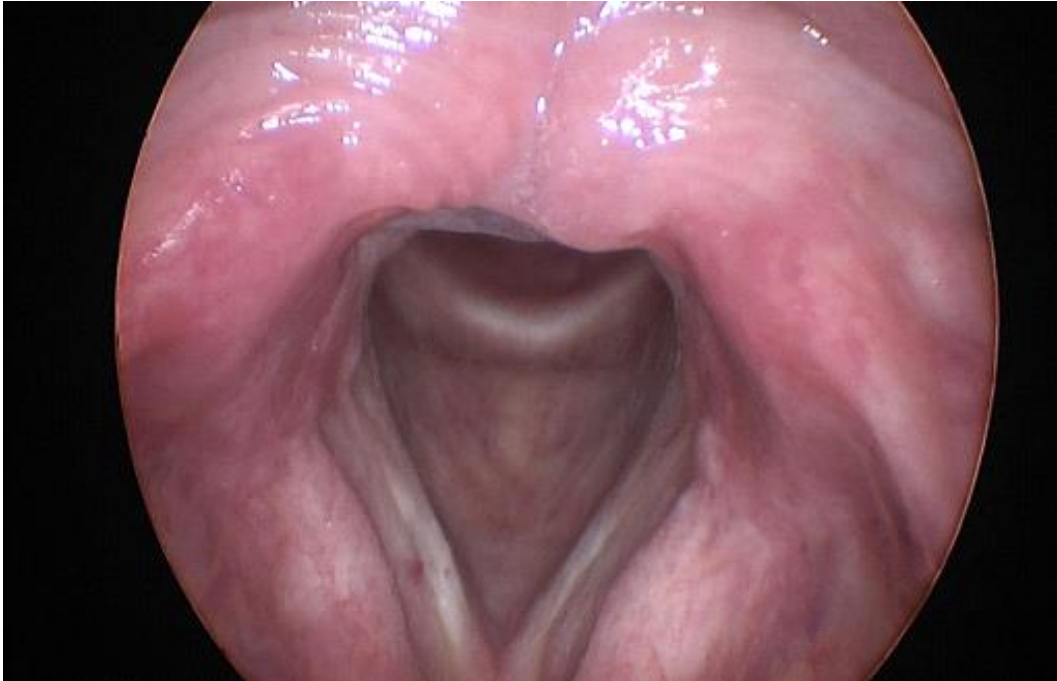


그림 1. 후두내시경으로 본 성대구증

### 2.1.2. 성대구증의 음성 특징

성대구증은 성문폐쇄부전으로 인해 성대의 진동과 진폭의 감소 및 성대구 부위에서 점막 파동이 단절되는 소견을 보인다.<sup>31</sup> 이로 인해 기식성 음성, 조조성 음성, 음역 및 음성 크기의 감소, 음성피로, 최대 발성 시간의 감소 등과 같은 증상과 징후를 유발시키며 보상작용으로 발성 시 가성대가 과도하게 내전되는 모습을 보이기도 한다.<sup>3, 4</sup> 이와 비슷한 음성 특징을 보이는 음성 질환으로는 성대마비, 노인성 후두, 성대위축, 궁형성대가 있으며 성대위축 및 궁형성대는 연령에 따라 노화로 인한 변화로 간주되기도 한다.<sup>5, 6</sup> 성대마비 173 명(평균 57.5 세)과 정상대조군 129 명(평균 59.3 세)을 대상으로 한 캡스트럼 및 스펙트럼 연구에서는 성대마비군이 정상대조군보다 모음연장발성과 연결발화 과제 모두에서 CPP 와 L/H ratio 값이 더 낮게 산출되었고 유의한 차이를 보였으며, CPP 가 L/H ratio 보다 더 높은 감별 능력을 가진 것으로 나타났다.<sup>20</sup> 또한, 노인성 음성장애 환자 263 명(평균 52.9 세)과 정상대조군 118 명(평균 58.0 세)을 대상으로 한 캡스트럼 및 스펙트럼 연구에서는 모음연장발성에서의 L/H ratio 를 제외한 모든 변수에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 노인성 음성장애군이 정상대조군에 비해 더 낮은 수치를 보였다.<sup>19</sup>

### 2.1.3. 성대구증의 치료

성대구증에 대한 치료는 음성 치료, 수술적 치료, 혹은 두가지의 병행으로 이루어지며<sup>4</sup>, 음성 치료와 수술적 치료를 통해 부적절한 보상기전과 형태학적 이상을 교정할 수 있다.<sup>32</sup> 음성 치료는 성문틈을 줄여 성대 접촉을 유도하기 위한 기법으로 성대기능 훈련(vocal function exercises), 반폐쇄성도훈련 (semi occluded vocal tract exercises), 리실버만 음성치료(Lee Silverman voice therapy)등이 사용되고 있으며 많은 연구에서 그 효과 및 효율성을 보고하고 있다.<sup>33</sup> 또한 기본적인 음성 위생 프로그램과 더불어 성문폐쇄부전 으로 인해 2 차적으로 가성대의 과내전이 온 환자에게는 후두마사지를 진행할 수 있으며<sup>4</sup>,

한 연구에서는 MTD 가 동반된 성대구증 환자에게 먼저 선행적으로 성대접촉 훈련을 시행하였을 때 성문틈의 개선과 함께 MTD 도 개선되었다고 하였다.<sup>6</sup> 수술적 치료로는 콜라겐, 히알루론산, 자가지방, 자신의 섬유아세포 등의 물질을 주입하거나<sup>4</sup> 성대를 내전시키기 위한 갑상성형술 I 형, 성대 점막을 직접적으로 복구시키기 위한 성대구절제술(sulcussectomy) 등 여러 방법이 시도되고 있다.<sup>1</sup> 최근에는 양성 후두 질환자에게 사용되었던 Pulsed Dye Laser(PDL) 혹은 Potassium-Titanyl Phosphate(KTP) 레이저 수술을 성대구증 환자에게 시행하였고, 음성개선의 효과가 있다고 하였다.<sup>34, 35</sup>

## 2.2. 캡스트럼 및 스펙트럼 분석

캡스트럼 분석은 음성 스펙트럼에 로그 함수를 취한 로그 스펙트럼을 역푸리에 변환한 것으로 음성 신호의 주기성에 대한 정보를 분석하는데 유용하며, 주요 분석 수치는 캡스트럼최고정점(CPP)이다.<sup>36</sup> CPP 는 캡스트럼 그래프에서 얻어진 캡스트럼 정점과 캡스트럼의 소리에너지 평균을 나타내는 회귀선 사이의 거리를 의미하는 것으로<sup>1</sup>, 비주기적 음성신호보다 주기적 음성신호에서 peak 가 더 두드러진다.<sup>8</sup> 즉, 정상음성은 주기적 음성신호에서 배음의 구조가 잘 나타나기 때문에 높은 CPP 를 보이고, 반대로 심각한 음질의 문제를 보이는 음성의 경우에는 낮은 CPP 를 보인다.<sup>16</sup> 또한 발성하는 모음의 종류 및 성별, 문장 내에 구성된 음소, 쉼의 길이 등이 CPP 에 영향을 미칠 수 있다.<sup>36, 37</sup>

저주파수 대 고주파수 스펙트럼 에너지비율(L/H ratio)은 4kHz 이하의 낮은 주파수와 4kHz 이상의 높은 주파수 스펙트럼 에너지의 비율을 나타낸 것이다.<sup>10</sup> 일반적인 정상음성의 주파수 영역은 1000~4000Hz 로 이 이상의 주파수 영역을 소음으로 구분하는데<sup>8</sup>, 정상음성은 저주파수 영역의 에너지가 고주파수에 비해 많으므로 L/H ratio 가 높게 나타나고, 기식의 정도가 높은 음성일수록 낮게 나타난다.<sup>16</sup> 그러나 음성장애의 중증도를 평가하는데 있어 CPP 에 비해 상대적으로 기여도가 떨어져 CPP 를 보조하는 수단으로서의 의미가 더 크다고 볼 수 있다.<sup>10</sup>

Mean CPP F0는 선택된 유성음 데이터 프레임의 60~300Hz 범위에서 CPP 를 통해 구한 평균 기본주파수를 의미한다.<sup>10</sup>

### 3. 연구 방법

본 연구는 가톨릭대학교 부천성모병원 임상연구심사위원회의 승인을 받고 시행된 후향적 연구(IRB 과제번호: HC25RASI0011)이다.

부천성모병원의 전자의무기록시스템(Electronic Medical Recording, EMR)에 기록된 자료를 통해 연구대상자의 정보 및 데이터를 수집하였고, 후향적 연구이기 때문에 환자의 동의는 받지 않았다.

#### 3.1. 연구 대상

먼저 G\*Power 프로그램을 사용하여 유의수준 0.05, 중간정도의 효과크기 0.5, 검정력 0.95 를 기준으로 설정하여 최소의 표본 수를 산정한 결과, 176 명이였다.<sup>38</sup> 이에, 본 연구의 대상자는 2016 년 1 월부터 2024 년 12 월까지 이비인후과에 내원하여 성대구증으로 진단받은 환자 120 명과 검사일로부터 3 개월 이전까지 성대 내 불편한 증상 및 성대질환을 진단받지 않았고, 흡연경력이 없는 정상대조군 56 명으로 하였다.

대상자의 성별은 남 70 명, 여 50 명으로 평균 연령은 65.2( $\pm$ 7.05)세이다. 성대구증 환자는 Ford et al. (1996)이 분류한 3 가지 유형 중 정상적인 성대 인대로 분류되는 제 1 형을 제외하고, 병리적 성대구로 분류되는 제 2 형과 제 3 형의 환자를 대상으로 하였다.<sup>5, 26</sup> 또한 현재 말-언어 산출에 영향을 주는 신경언어장애 혹은 의사소통장애를 보이거나 흡연 경력이 있는 환자는 연구대상에서 제외하였다. 연구대상자에 대한 정보는 <표 1>에 기술되었다.

표 1. 연구대상자 (N=176)

	성별	대상자 수 (N)	평균±표준편차	연령대
성대구증	남	70	66.93±6.889	50-80
	여	50	62.8±6.621	50-76
	전체	120	65.21±7.053	50-80
정상대조군	남	28	63.61±7.177	50-80
	여	28	62.14±5.694	51-73
	전체	56	62.88±6.461	50-80



## 3.2. 연구 절차

### 3.2.1. 자료 수집

음성 검사는 Computerized Speech Lab (CSL; model 4150B, KayPENTAX Elemetrics, Lincoln Park, NJ, USA) 의 ADSV (Analysis of Dysphonia in Speech and Voice) 와 MDVP (Multiple-Dimensional Voice Program) 소프트웨어를 이용하여 진행하였고, ADSV 에서는 CPP, L/H ratio, mean CPP F0 를, MDVP 에서는 F0, Jitter, Shimmer, NHR 의 수치를 산출하여 확인하였다. 이렇게 산출된 수치를 EMR 에 그대로 입력하고, EMR 에 입력된 수치들을 확인하여 데이터를 수집하였다.

음성 녹음은 소음이 40dB 이하인 검사실에서 대상자의 측면에 앉아 일대일로 실시하였으며, 마이크는 45 도 각도로 환자 입과의 거리 10-15cm 에서 녹음하였다. 모음연장발성 과제는 모음 /아/, 연결발화 과제는 정옥란의 '산책'<sup>39</sup> 문단으로 모두 편안하고 자연스러운 음도와 강도로 발성하게 하였다. 녹음된 환자의 음성 데이터는 모두 CSL 검사 컴퓨터에 저장되어 있어 필요 시 대상자의 음성을 다시 들어보거나 해당 수치를 다시 확인해볼 수 있다.

### 3.2.2. 음성검사 도구

#### 3.2.2.1. ADSV(Analysis of Dysphonia in Speech and Voice)

Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV) 분석 프로그램은 음성의 주기성과 밀접한 관련이 있는 주파수 기반의 캡스트럼 및 스펙트럼 수치 분석을 위한 음향학적 평가 도구이다.<sup>40</sup> 캡스트럼 및 스펙트럼 수치들은 주파수 영역에서 성도의 공명주파수와 성대의 진동 신호를 분리하여 정확한 기본주파수 검출이 필요하지 않기 때문에 모음뿐 아니라 연결발화의 분석도 가능하며 중증도가 심한 음성, 매우 비주기적인 음성 신호도 분석 가능하다.<sup>12</sup> 이는 연결발화의 분석과 모음이라도 그 중증도가 심해 매우 비주기적인 음성은 분석이 어려웠던 MDVP 검사의 한계점을 보완해주므로 최근 ADSV 는 임상에서 많이 쓰이고 있으며, 관련 연구도 활발히 진행되고 있다.<sup>13</sup> ADSV 에서 측정할 수 있는 측정치와 검사화면 예시는 <표 2>과 <그림 2>에 제시하였다.

본 연구에서는 캡스트럼 및 스펙트럼 수치 분석을 위해 ADSV 를 이용하여 CPP, L/H ratio, mean CPP F0 값을 확인하였다. 모음연장발성 과제는 모음 /아/를 4 초간 발성하게 하였고, 발성의 시작과 끝의 1sec 는 음도와 강도가 일정하지 않을 수 있어 이를 제외한 구간 2 초를 분석하였다. 연결발화 과제는 전체 문단 수준의 긴 연결발화보다는 비교적 짧은 문장 샘플이 캡스트럼 분석에 더 적절하다는 선행연구에 따라 '산책' 문단의 두번째 문단까지 분석하였다.<sup>41</sup>

표 2. ADSV 측정치

측정치	단위	설명
CPP	sec	전체 캡스트럼의 회귀선과 cepstral peak 간 강도의 차이
CPP SD	sec	CPP의 표준편차 값
CPP Max	dB	CPP의 최댓값
CPP Min	dB	CPP의 최솟값
L/H Ratio	dB	4000Hz를 기점으로 위/아래 평균 에너지 비율
L/H SD	dB	L/H ratio의 표준편차 값
L/H Ratio Max	dB	L/H ratio의 최댓값
L/H Ratio Min	dB	L/H ratio의 최솟값
Mean CPP F0	Hz	선택된 유성음 데이터 프레임의 60~300Hz 범위에서 CPP를 통해 구한 평균 F0 주파수
Mean CPP F0 SD	Hz	Mean CPP F0의 표준편차 값

\*고도홍 (2015)에서 인용

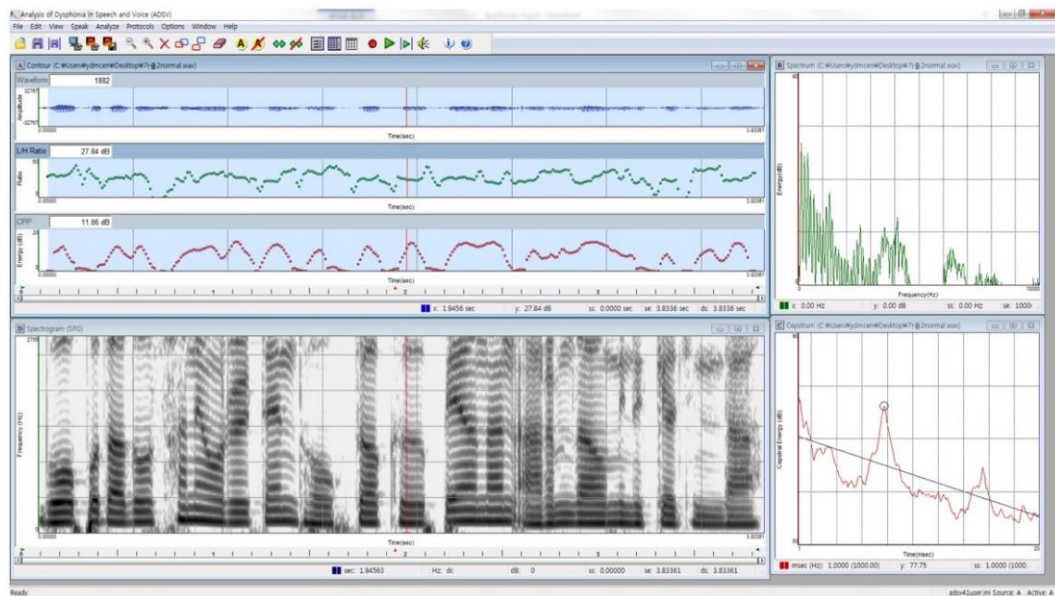


그림 2. ADSV 검사 화면 예시

### 3.2.2.2. MDVP(Multiple-Dimensional Voice Program)

Multiple-Dimensional Voice Program(MDVP)는 대부분의 임상현장에서 사용되는 검사 프로그램으로 음성의 분석과 치료에 유용하게 활용되고 있다.<sup>42</sup> 정상 음성과 병리적 음성을 광범위하게 분석하여 음성을 정밀하게 평가할 수 있으며, 음질의 특징을 보다 쉽고 빠르게 파악할 수 있다. 분석할 수 있는 변수는 기본주파수 정보, 장-단기 기본주파수 변이, 장-단기 음성 강도 변이, 잡음, 진전, sub-Harmonics, 음성의 불규칙정 관련에 대해 총 8 개군의 34 개 변수를 측정할 수 있고, 주로 기본주파수(F0), 주파수변동률(Jitter), 진폭변동률(Shimmer), 소음대 배음비(Noise to Harmonic: NHR) 등의 지표를 대표적으로 확인한다. 이렇게 분석된 변수들이 정상 기준치와 함께 원 모양의 다이어그램으로 나타나 병리 정도를 시각화하여 확인할 수 있다.<sup>10, 43</sup> 하지만 기본 주파수를 바탕으로 분석이 이루어지기 때문에 모음연장발성과 같은 주기적인 음성을 분석하는 데는 문제가 발생하지 않지만, 연결발화 혹은 성대 진동이 매우 불규칙하거나 정도가 심한 병리적 음성의 경우에는 주기성을 찾기 어려워 검사의 신뢰도가 떨어질 수 있다. MDVP 의 대표적인 음성 지표와 검사화면 예시는 <표 3>과 <그림 3>에 제시하였다.

본 연구에서는 MDVP 에서 기본주파수(F0), 주파수변동률(Jitter), 진폭변동률(Shimmer), 소음대배음비(Noise to Harmonic ratio, NHR) 값을 확인하였다. MDVP 는 연결발화 과제의 분석은 어렵고 그 신뢰도가 떨어지기 때문에 모음연장발성 검사만 진행하였고, ADSV 검사와 마찬가지로 모음연장발성 /아/ 모음을 4 초간 발성한 음성표본의 시작과 끝의 1sec 를 제외한 구간 2 초를 분석하였다.

표 3. MDVP 의 대표적인 음성 지표

	남(M±SD)	여(M±SD)	Threshold
F0 (Hz)	117.808±18.914	219.795±17.896	—
Jitter (%)	0.583±0.300	0.816±0.444	1.040
Shimmer (%)	2.719±0.774	2.973±0.803	3.810
NHR	0.131±0.021	0.122±0.016	0.190

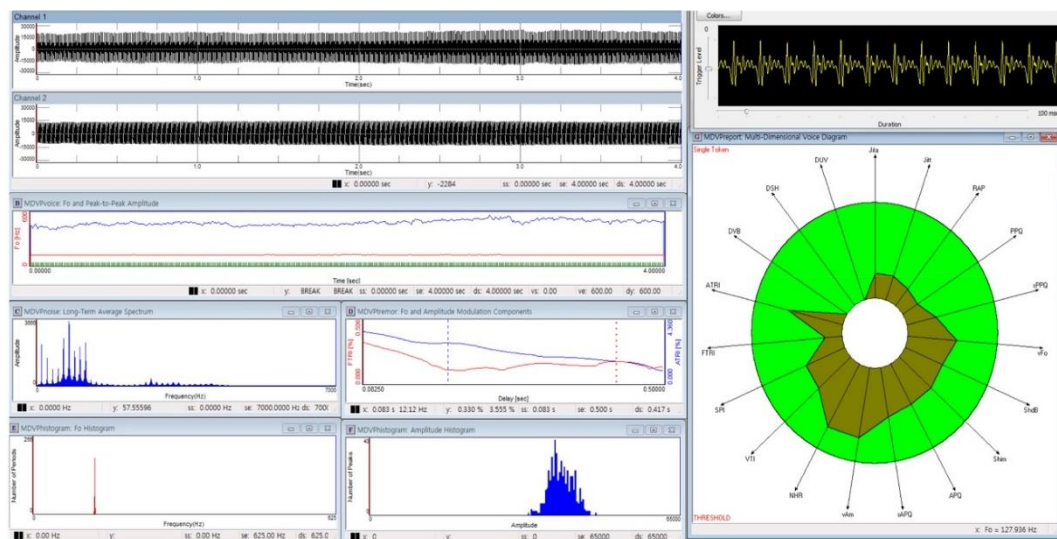


그림 3. MDVP 검사 화면 예시

### 3.3. 통계 분석

통계처리는 SPSS 30.0 프로그램(IBM) Korean Version 을 이용하여 다음과 같이 분석하였고, 유의 수준은 0.05 로 하였다.

- 가. 독립표본 t-검정(Independent sample t-test)으로 성대구증군과 정상 대조군의 캡스트럼(CPP, mean CPP F0) 및 스펙트럼(L/H ratio)의 평균 수치를 비교하여 두 수치가 그룹 간 유의하게 차이가 있는지 그 유의성을 검증한다.
- 나. 피어슨 상관분석(Pearson correlation analysis)으로 발화과제 (모음연장 발성 vs 연결발화) 간 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 상관관계가 있는지, 또 현재 임상현장에서 가장 많이 쓰이고 있는 MDVP 의 F0, jitter, shimmer, NHR 수치와는 어떠한 상관관계를 보이고 있는지를 알아본다.
- 다. 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 성대구증환자의 음질문제에 대한 감별 진단적 가능성이 있는지를 알아보기 위해 수신자 조작 특성 곡선 분석(Receiver-Operating Characteristic analysis)을 실시하고, Youden 의 Index 를 이용하여 각 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도를 알아본다.

## 4. 결과

### 4.1. 모음연장발성 및 연결발화 과제에서 성대구증군과 정상대조군의 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치 비교

#### 4.1.1. 모음연장발성에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치 비교

ADSV 프로그램을 이용하여 분석한 모음연장발성에 대한 성대구증군과 정상대조군의 캡스트럼 분석치의 평균과 표준편차는 <표 4>와 <그림 4-6>과 같다.

성대구증군의 CPP는  $8.901 \pm 2.898\text{dB}$ , L/H ratio는  $32.893 \pm 6.708\text{dB}$ 로 두 수치 모두 정상대조군보다 더 낮은 값을 보였다. 또한 성대구증군의 mean CPP F0는  $173 \pm 37.61\text{dB}$ 로 정상대조군보다 더 높은 값을 보였다.

모음연장발성에서 두 그룹 간 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 차이가 있는지 알아보기 위하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과, 세 가지의 측정치 모두 유의한 차이를 보였다.



표 4. 모음연장발성에서 켈스트럼 및 스펙트럼 측정치

		N	평균 (M)	표준편차 (SD)	t
CPP (dB)	성대구증	120	8.901	2.898	-10.295***
	정상대조군	56	12.96	2.186	
L/H ratio (dB)	성대구증	120	32.893	6.708	-2.716**
	정상대조군	56	35.328	4.901	
mean CPP F0 (Hz)	성대구증	120	173	37.61	3.102**
	정상대조군	56	154	36.044	

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

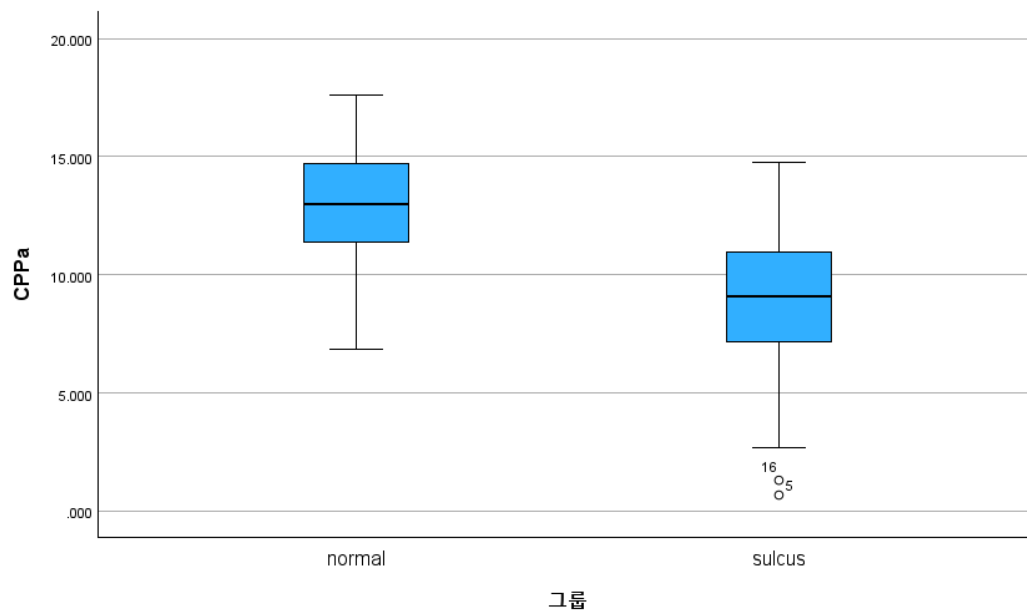


그림 4. 모음연장발성에서 그룹별 CPP 분석치의 평균과 표준편차

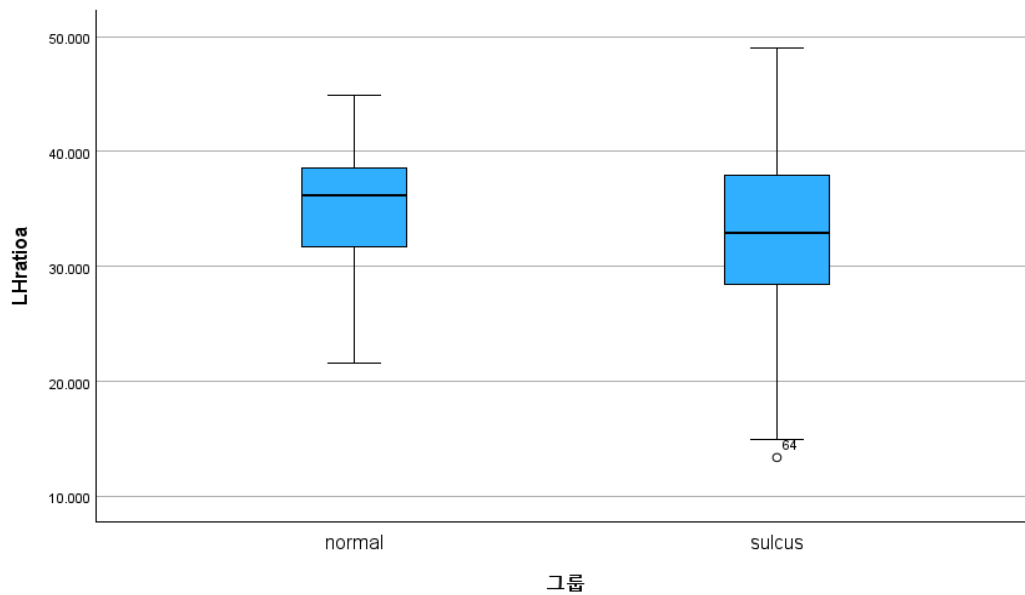


그림 5. 모음연장발성에서 그룹별 L/H ratio 분석치의 평균과 표준편차

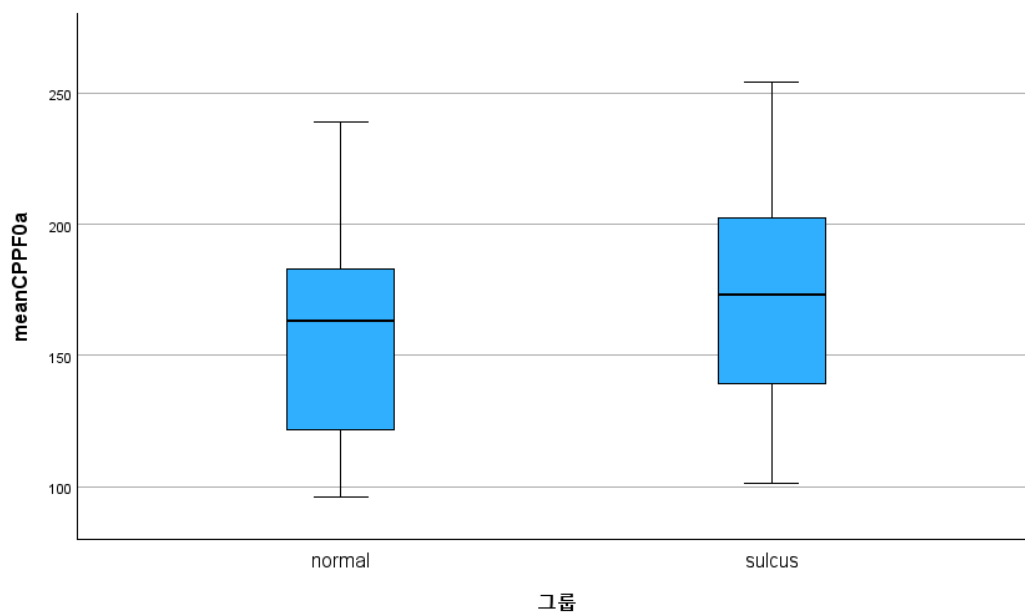


그림 6. 모음연장발성에서 mean CPP F0 수치의 평균과 표준편차

#### 4.1.2. 연결발화에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치 비교

ADSV 프로그램을 이용하여 분석한 연결발화 과제에 대한 성대구증군과 정상대조군의 캡스트럼 분석치의 평균과 표준편차는 <표 6>과 <그림 7-9>과 같다.

성대구증군의 CPP는  $5.183 \pm 1.228$ dB, L/H ratio는  $30.526 \pm 3.179$ dB로 두 수치 모두 정상대조군보다 더 낮은 값을 보였다. 또한 성대구증군의 mean CPP F0는  $185 \pm 25.255$ dB로 정상대조군보다 더 높은 값을 보였다.

연결발화 과제에서 두 그룹 간 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 차이가 있는지 알아보기 위하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과, CPP와 mean CPP F0는 유의한 차이를 보였으나 L/H ratio는 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 6. 연결발화 과제에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치

		N	평균 (M)	표준편차 (SD)	T
CPP (dB)	성대구증	120	5.183	1.228	-9.182***
	정상대조군	56	6.917	1.021	
L/H ratio (dB)	성대구증	120	30.526	3.179	-1.179
	정상대조군	56	31.126	3.062	
mean CPP F0 (Hz)	성대구증	120	185	25.255	5.212***
	정상대조군	56	163	27.222	

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

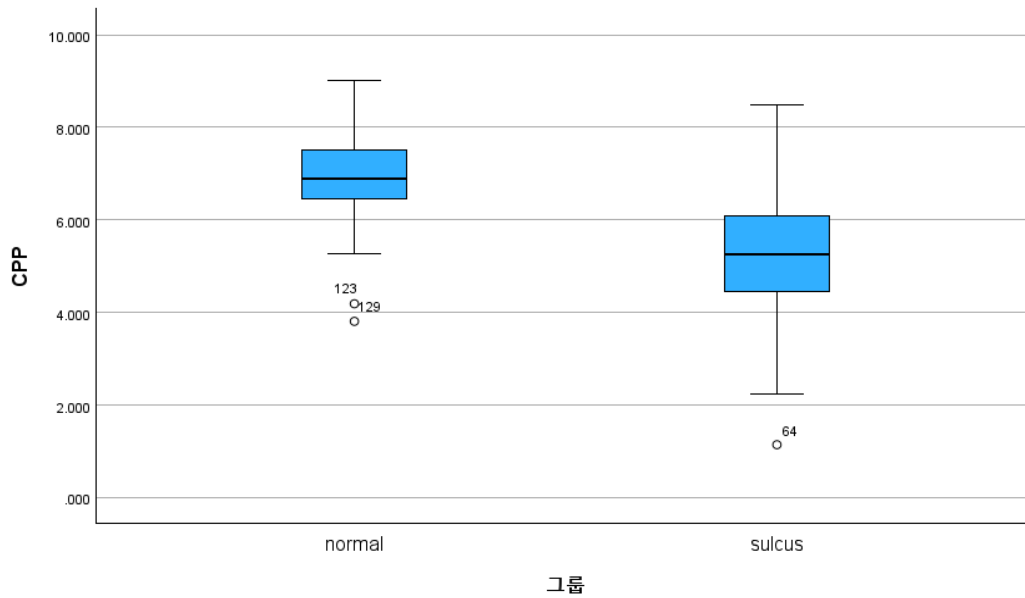


그림 7. 연결발화 과제에서 그룹별 CPP 수치의 평균과 표준편차

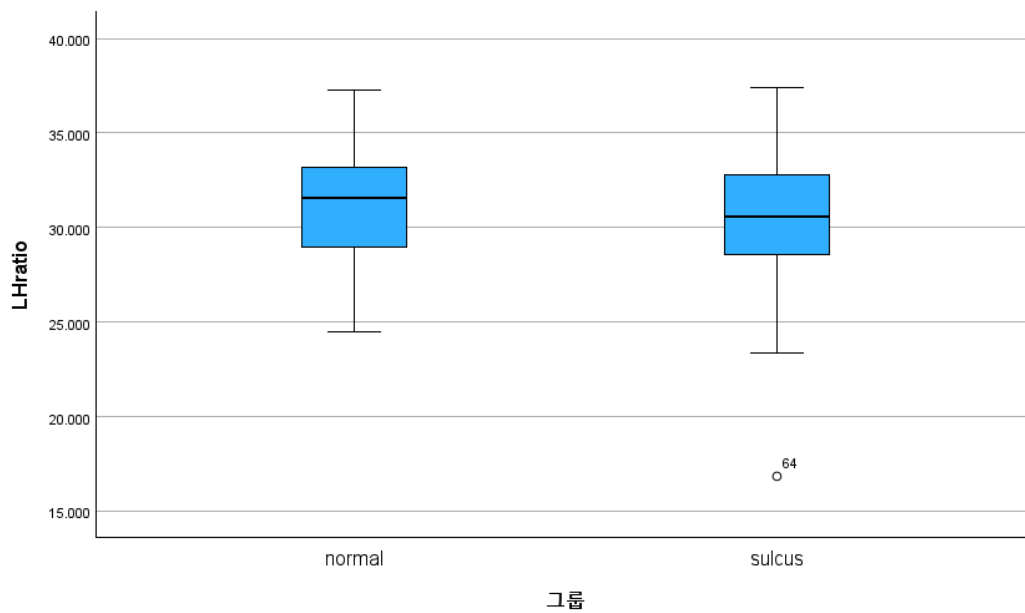


그림 8. 연결발화 과제에서 그룹별 L/H ratio 수치의 평균과 표준편차

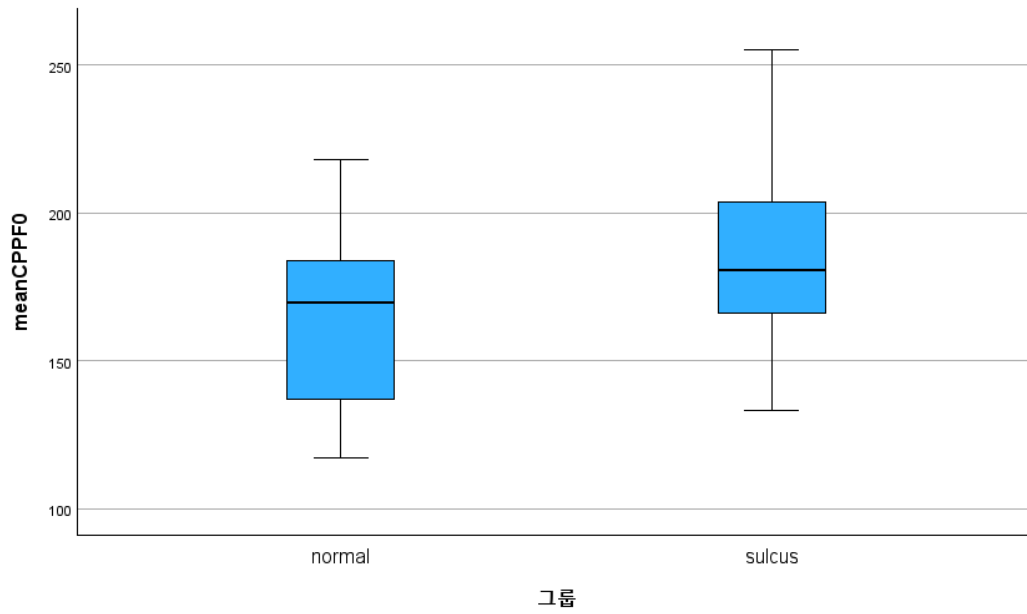


그림 9. 연결발화 과제에서 그룹별 mean CPP F0 수치의 평균과 표준편차

## 4.2. 발화과제(모음연장발성vs연결발화) 및 MDVP 수치와 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계 비교

성대구증군과 정상대조군의 MDVP 평균 수치는 <표 6>, 발화과제(모음연장발성vs연결발화) 및 MDVP 수치와 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계는 <표 7>에 제시하였다.

표 6. 성대구증군과 정상대조군의 MDVP 평균

		N	평균 (M)	표준편차 (SD)	t
F0	성대구증	120	171.95	38.249	3.033**
	정상대조군	56	153.66	35.015	
Jitter	성대구증	120	2.416	1.497	8.497***
	정상대조군	56	0.996	0.72	
Shimmer	성대구증	120	5.815	2.8	10.82***
	정상대조군	56	2.783	0.858	
NHR	성대구증	120	0.146	0.046	4.487***
	정상대조군	56	0.122	0.025	

\*p<.05, \*\* p<.01, \*\*\*p<.001

#### 4.2.1. 발화과제 간 켈스트럼 및 스펙트럼 수치와 상관관계

모음연장발성과 연결발화 과제 간 켈스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계를 분석한 결과, CPP( $r = .608, p < .001$ )와 L/H ratio( $r = .714, p < .001$ )는 중간 수준의 유의한 상관관계를, mean CPP F0는 높은 수준의 유의한 상관관계를 보였다( $r = .814, p < .001$ )

#### 4.2.2. 발화과제에 따른 MDVP 측정치와 켈스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계

발화과제(모음연장발성vs연결발화)에 따른 MDVP의 측정치(F0, Jitter, Shimmer, NHR)와 CPP, L/H ratio, mean CPP F0의 상관관계를 분석한 결과, 대부분의 측정치들 간 유의한 상관관계를 보였다.

측정치들 간의 상관관계에 대해 자세히 살펴보면, 먼저 CPP는 모음연장발성에서 Jitter와 높은 수준의 부적 상관관계를( $r = -.799, p < .001$ ), Shimmer, NHR과는 중간 수준의 부적 상관관계를 보였다(Shimmer= $-.507, p < .001$ ; NHR= $-.402, p < .001$ ). 연결발화 과제에서는 Jitter, Shimmer와 중간 수준의 부적 상관관계를(Jitter= $-.539, p < .001$ ; Shimmer= $-.366, p < .001$ ), NHR과는 낮은 수준의 부적 상관관계를 보였다( $r = -.181, p < .05$ ).

L/H ratio는 모음연장발성에서 Jitter, Shimmer, NHR 모두 중간 수준의 부적 상관관계를 보였다(Jitter= $-.398, p < .001$ ; Shimmer= $-.464, p < .001$ ; NHR= $-.321, p < .001$ ). 연결발화 과제에서는 Jitter, Shimmer와 중간 수준의 부적 상관관계를(Jitter= $-.356, p < .001$ ; Shimmer= $-.395, p < .001$ ), NHR과는 낮은 수준의 부적 상관관계를 보였다( $r = -.280, p < .01$ ).

Mean CPP F0는 두 발화과제에서의 F0와 높은 수준의 정적 상관관계를 보였다(모음= $.909, p < .001$ ; 연결발화= $.849, p < .001$ ).

표 7. 발화과제 간 및 MDVP 수치와 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계

	CPP	CPP a	L/H	L/H a	CPPF0	CPPF0 a	F0	jit	shim	NHR
CPP	1									
CPP a	.608***	1								
L/H	.356***	.286**	1							
L/H a	.329***	.392***	.714***	1						
CPPF0	-.195*	-.034	-.017	-.080	1					
CPPF0 a	-.035	.013	.110	.111	.814***	1				
F0	-.001	.109	.091	.150	.849***	.909***	1			
Jit	-.539***	-.799***	-.356***	-.398***	-.021	-.100	-.163	1		
Shim	-.366***	-.507***	-.395***	-.464***	-.188*	-.291**	-.314***	.509***	1	
NHR	-.181*	-.402***	-.280**	-.321***	-.193*	-.349***	-.345***	.524***	.642***	1

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001



#### 4.3. 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 음성장애 예측 가능성

캡스트럼 및 스펙트럼 측정치가 성대구증환자의 음질 문제에 대한 감별 진단적 가능성이 있는지를 알아보기 위하여 ROC 곡선 분석을 실시하여 각 측정치의 곡선 아래의 면적(area under curve, AUC) 값을 살펴보고, Youden의 Index를 이용하여 각 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도를 알아보았다.

##### 4.3.1. 모음연장발성의 ROC 곡선 분석 및 민감도와 특이도

모음연장발성의 ROC 곡선 아래의 면적(area under curve, AUC) 값을 살펴보면, CPP는 .871, L/H ratio는 .611, mean CPP F0는 .631으로 나타나 세 측정치 중에서는 CPP가 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 매우 높은 유용한 변수임을 살펴볼 수 있었다. Youden Index에 따르면 모음연장발성에서 CPP는 87.5%의 민감도, 75.0% 특이도로 나타났고, 그 기준값은 10.954dB로 산출되었다. L/H ratio는 66.1%의 민감도, 56.7%의 특이도로 나타났고, 그 기준값은 33.841dB로 산출되었다. mean CPP F0는 88.3%의 민감도, 33.9%의 특이도로 나타났고, 그 기준값은 128Hz로 산출되었다. 각 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도의 그래프는 <표 8>과 <그림 10-12>에 제시하였다.

표 8. 모음연장발성에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도

		기준값	민감도	특이도	AUC	95& CI
	CPP	10.954	87.5	75.0	.871***	.817-.925
모음연장 발성	L/H ratio	33.841	66.1	56.7	.611**	.526-.695
	CPP F0	128.50	88.3	33.9	.631**	.542-.719

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

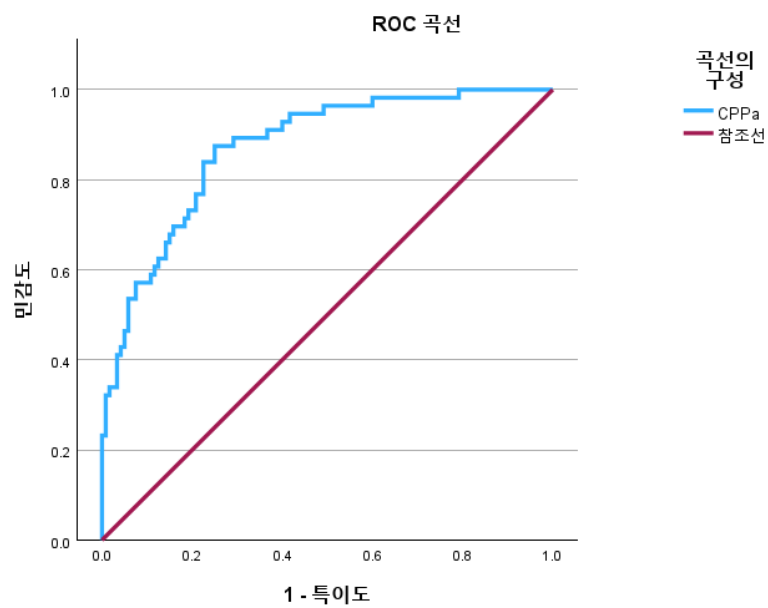


그림 10. 모음연장발성에서 CPP의 민감도와 특이도

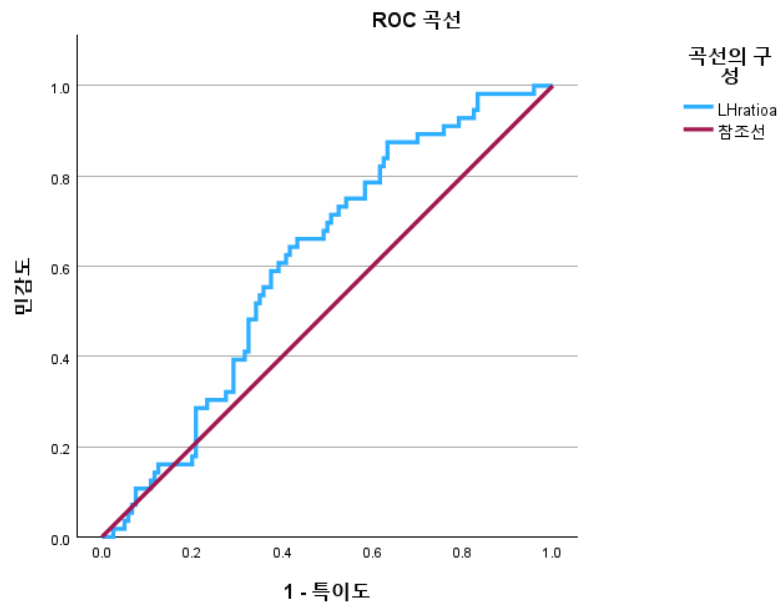


그림 11. 모음연장발성에서 L/H ratio의 민감도와 특이도

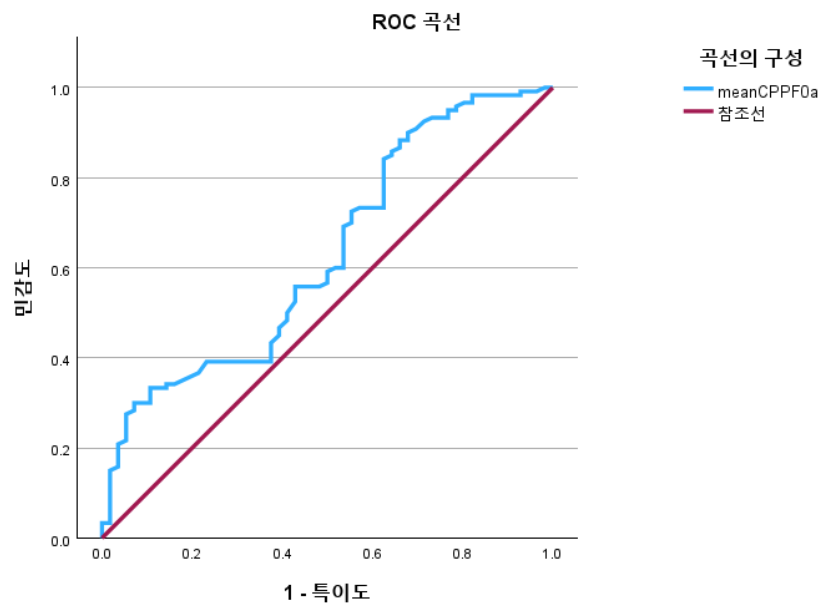


그림 12. 모음연장발성에서 mean CPP F0의 민감도와 특이도

#### 4.3.2. 연결발화 과제의 ROC 곡선 분석 및 민감도와 특이도

연결발화 과제의 ROC 곡선 아래의 면적(area under curve, AUC) 값을 살펴보면, CPP는 .879, L/H ratio는 .547, mean CPP F0는 .698으로 세 측정치 중에서는 CPP가 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 매우 높은 유용한 변수임을 살펴볼 수 있었다. Youden Index에 따르면 연결발화 과제에서 CPP는 78.6%의 민감도, 87.5% 특이도로 나타났고, 그 기준값은 6.372dB로 산출되었다. L/H ratio는 55.4%의 민감도, 58.3%의 특이도로 나타났고, 그 기준값은 31.215dB로 산출되었다. mean CPP F0는 92.5%의 민감도, 39.3%의 특이도로 나타났고, 그 기준값은 154Hz로 산출되었다. 각 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도의 그래프는 <표 9>과 <그림 13-15>에 제시하였다.

표 9. 연결발화 과제에서 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 기준값과 민감도 및 특이도

		기준값	민감도	특이도	AUC	95& CI
연결발화	CPP	6.372	78.6	87.5	.879***	.822-.935
	L/H ratio	31.215	55.4	58.3	.547	.455-.638
	CPP F0	154.50	92.5	39.3	.698***	.614-.781

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

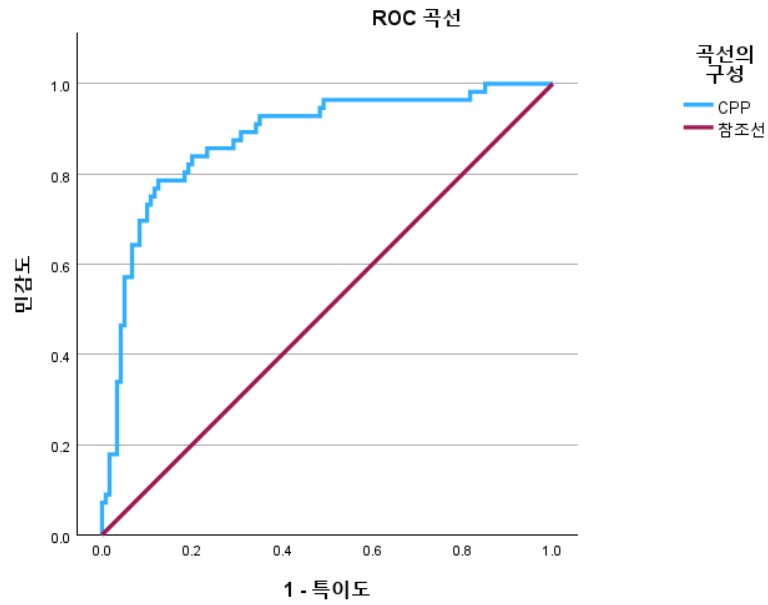


그림 13. 연결발화 과제에서 CPP의 민감도와 특이도

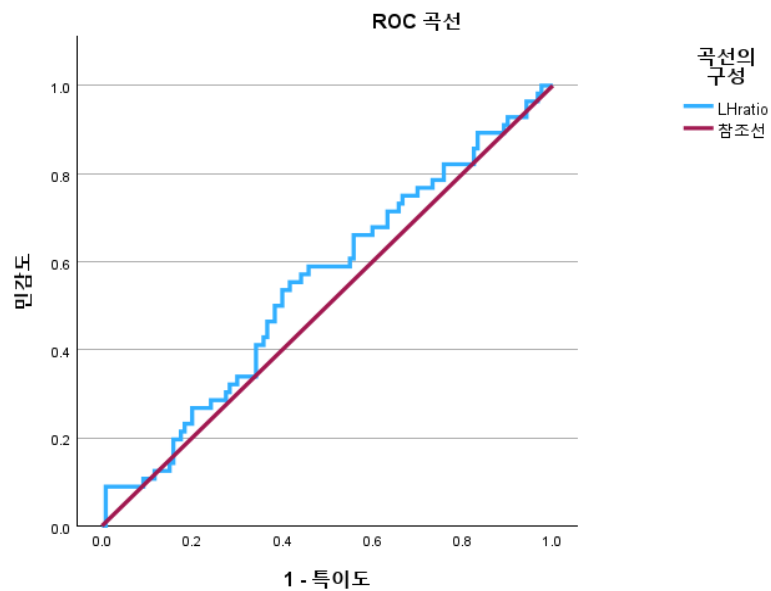


그림 14. 연결발화 과제에서 L/H ratio의 민감도와 특이도

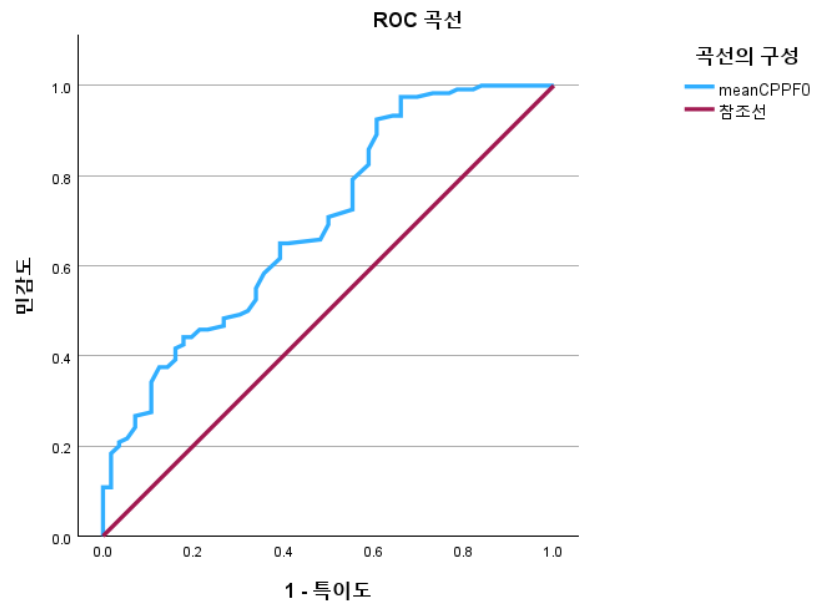


그림 15. 연결발화 과제에서 mean CPP F0의 민감도와 특이도

## 5. 고찰

캡스트럼 및 스펙트럼 분석은 모음뿐 아니라 연결발화의 분석도 가능하며 중증도가 심한 음성, 매우 비주기적인 음성 신호도 분석이 가능하다.<sup>12</sup> 이 같은 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 수행할 수 있는 여러 음향학적 분석 프로그램이 있는데, 최근 연구에는 Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV) 프로그램이 활발하게 이용되어 왔다.<sup>13</sup> ADSV는 음성의 주기성과 밀접한 관련이 있는 주파수 기반의 캡스트럼 및 스펙트럼 수치 분석을 위한 음향학적 평가 도구로<sup>40</sup> 현재 임상에서 많이 쓰이고 있으며, 관련 연구도 활발히 진행되고 있다.<sup>12, 13</sup> 그러나 성대구증 환자를 대상으로 한 연구는 미비한 실정이었다.

성대구증은 성대의 유리연을 따라 고랑처럼 구(sulcus) 또는 홈으로 인해 음성장애가 발생한 질환으로<sup>1</sup> 기식성 음성, 조조성 음성, 음역 및 음성 크기의 감소, 음성피로, 최대발성시간의 감소와 함께 가성대가 과도하게 내전되는 모습을 보이기도 한다.<sup>3, 4</sup> 노인성 후두와 성문하 부종으로 인한 가성구증(pseudo-sulcus)은 간혹 성대구증과 비슷한 형태로 보여지기도 하여 진단에 어려움이 생기기도 한다.

따라서 본 연구에서는 성대구증 환자와 정상대조군을 대상으로 모음 /ㅏ/의 연장 발성과 표준문단 읽기의 연결발화 과제를 시행하여 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 평균값과 그 차이를 알아보고, 모음연장발성과 연결발화 과제 간 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계는 어떠한지, 기존 임상에서 많이 사용하는 MDVP 음성 파라미터와는 어떠한 상관관계가 있는지를 알아보고자 하였다. 마지막으로 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 있는지 확인하기 위해 각 측정치의 진단적 기준점과 민감도, 특이도를 확인하고 진단 가능성이 가장 높은 표본은 무엇인지 확인한다. 이를 통해 가변적인 성대구증 환자의 음성분석에 대한 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 활용 가능성과 유용성을 살펴보고, 성대구증 환자의 음성에 대한 이해와 감별 진단에 도움을 주고자 하였다.

본 연구에서는 성대구증으로 진단받은 120명과 정상대조군 56명의 총 176명을 대상으로 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 실시하였고, 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, CPP와 L/H ratio는 성대구증군이 정상대조군보다 그 값이 낮았는데, 이는 정상음성은 음향신호가 주기적으로 나타나 스펙트럼 내에서 배음의 구조가 잘 나타나므로 현저한 CPP 값을 나타낸다는 선행 연구와 일치하였다.<sup>44</sup> 또한 성문에서 발생하는 난기류의 소음과 관련이 있는 L/H ratio값이 음성장애군에서 더 낮은 비율로 관찰되었다는 선행 연구와도 일치하였다.<sup>16</sup> 정상대조군의 음성은 일반적으로 높은 CPP 값을 보이는데, 성대구증 환자는 성문폐쇄부전으로 인한 기식성 음성을 보이며 성대 진동과 운동성이 불규칙하여 비주기적인 음성 신호가 두드러지기 때문에 CPP 값이 낮은 것으로 볼 수 있다.<sup>45</sup> 하지만 연결발화에서의 L/H ratio는 정상대조군과 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 중·장년층에서 노화의 영향으로 성대의 신경조직 및 근육이 감소하고 탄성이 떨어져 성대는 위축의 형태를 보이거나 궁형성대를 보인다.<sup>18</sup> 이로 인해 성문폐쇄부전이 생겨 기식음이 증가된 경향을 보일 수 있는데, L/H ratio는 난기류의 소음, 즉 기식음에 영향을 받기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있겠다.<sup>16</sup> 또한 두 수치 모두 연결발화 과제보다 모음발성과제에서 더 높은 값을 보였는데, 이는 모음연장발성이 연결발화 과제보다 유성음 구간이 더 많이 포함되어 있으며, 연결발화가 성대 진동이 없는 분절음 부분과 파열음, 파찰음, 마찰음과 같은 음소로 구성되어 있는 부분이 많기 때문이라고 보고한 선행 연구와 일치하였다.<sup>12, 13</sup>

둘째, 집단 간 mean CPP F0 값의 차이를 비교한 결과 모음연장발성과 연결발화 과제에서 모두 성대구증군이 더 높은 값을 보였다. 국외의 한 선행 연구에 따르면, 조조성 음성과 정상 음성의 CPP F0값을 비교하였을 때 조조성 음성에서 현저히 높은 값을 보였다고 하였으며, 긴장성 음성에서도 CPP F0값이 증가된 패턴을 보인다고 하였다.<sup>46</sup> 성대구증 환자 역시 조조성 음성과 함께 2차적으로 가성대가 과내전되어 긴장성 음성을 보이기도 하므로 본 연구에서 역시 성대구증군에게서 높은 CPP F0를 보인 것으로 볼 수 있겠다.



셋째, 모음연장발성과 연결발화 과제 간 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 상관관계를 살펴보았을 때, CPP와 L/H ratio값은 중간 수준의 상관관계를 보였다. 두 발화 과제 간 CPP는 0.608, L/H ratio는 0.714로 산출되었는데, 이는 한국 정상화자를 대상으로 캡스트럼과 스펙트럼 측정치를 비교한 연구의 결과와 일부 일치한다.<sup>12</sup> 국외의 한 연구에서는 발성하는 모음의 종류 및 성별, 음성 강도가 CPP 값에 영향을 미친다 하였고<sup>37</sup>, 음성장애 환자를 대상으로 모음 유형과 표준문단 '가을'의 문장 위치에 따른 캡스트럼 측정치를 알아본 연구에서는 모음 /아/를 비롯해서 /이/, /에/, 그리고 '가을' 문단의 두 번째 문단이 각 모음과 가장 높은 상관성을 보인다고 하였다.<sup>47</sup> 본 연구에서는 모음 /아/와 '산책'문단의 두 번째 문장까지 분석하였으며, 두 발화 과제 간 측정치들의 상관관계가 중간 수준의 상관관계로 높은 수준으로 나타나지 않았기 때문에 여러 모음과 다양한 문맥의 연결발화 과제를 통한 캡스트럼 및 스펙트럼 평가의 필요성을 시사하는 결과로 볼 수 있다.<sup>12, 13</sup>

한편, MDVP와 ADSV의 측정치 상관관계를 살펴보았을 때, 두 발화과제에서 CPP와 L/H ratio는 Jitter, Shimmer와 대부분 중간 수준의 부적 상관 관계를, NHR과는 낮은-중간 수준의 부적 상관 관계를 보였다. Mean CPP F0와 F0는 높은 수준의 정적 상관 관계를 보였다. 이는 20대 정상 성인을 대상으로 ADSV와 MDVP의 상관 관계를 보았던 연구 결과와 일치하였고<sup>8</sup>, 식도발성화자를 대상으로 두 측정치의 상관 관계를 보았던 연구 결과와 일부 일치하였다.<sup>25</sup> CPP와 L/H ratio 중에서는 상대적으로 CPP 수치가 더 높은 상관 관계를 보였는데, CPP는 음성신호의 주기성의 정도를 나타내는 변수로 주기적인 신호일 경우 배음의 구조가 잘 나타나게 되며, MDVP의 Jitter, Shimmer, NHR 역시 기본 주기에 기초한 변수이므로<sup>10</sup> CPP와 상대적으로 더 높은 상관 관계를 보였다고 할 수 있을 것이다. 식도발성화자를 대상으로 두 측정치의 상관 관계를 보았던 연구에서는 CPP와 Jitter, Shimmer, NHR의 수치가 모두 매우 높은 부적 상관 관계를 보인다고 하였는데<sup>25</sup>, 본 연구와는 대상자의 수 및 대상군에서의 차이가 있었고 그에 따라

나타나는 음성의 특징과 그 중증도도 다르기 때문일 것으로 사료된다. 마지막으로 mean CPP F0는 F0와 높은 상관 관계를 보였는데, 이는 mean CPP F0가 F0 수치만큼 유용하다고 볼 수 있다.

넷째, 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치의 ROC 곡선 분석 결과, CPP는 모음연장발성과 연결발화 과제에서 모두 높은 정확도로 성대구증군과 정상대조군의 음성을 감별할 수 있었고, 연결발화 과제에서 상대적으로 더 높은 정확도를 보였다. 이는 음성장애군을 대상으로 캡스트럼 지표의 예측가능성을 알아본 연구 결과와 일치하였다.<sup>16</sup> L/H ratio는 CPP보다는 낮은 정확도를 보였고, 연결발화 과제에서는 정상집단과 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 L/H ratio는 특히 연결발화 과제에서, 유성음/무성음에 따라서도 그 수치가 CPP에 비해 상대적으로 일관성이 떨어진다는 보고가 있고<sup>46</sup>, CPP에 비해서는 L/H ratio가 음성장애 중증도 평가에 상대적인 기여도가 떨어진다고 하였으므로<sup>10</sup> 이에 따른 결과라고 볼 수 있겠다.

## 6. 결론

본 연구는 성대구증 환자의 캡스트럼 및 스펙트럼 수치 분석을 진행하였고, 이 수치가 MDVP의 측정치들과는 어떠한 상관관계를 보이는지 알아보았다. 그리고 캡스트럼 및 스펙트럼 수치가 성대구증 환자의 음성에 대한 감별 진단적 가능성이 있는지를 알아보았다.

이에 따라, 본 연구가 갖는 임상적 의의는 다음과 같이 생각해 볼 수 있다.

첫째, 성대구증 환자를 대상으로 캡스트럼 및 스펙트럼의 수치를 알아본 최초의 연구이다. 성대구증 환자가 정상대조군보다 CPP와 L/H ratio은 더 낮았고 mean CPP F0는 보다 높은 값을 보였는데 이는 성대구증 환자는 성대구로 인한 성문폐쇄부전으로 성대 진동이 불규칙하면서 음성 신호가 주기적이지 못해 배음의 정도가 낮고, 기식성 음성과 조조성 음성, 긴장성 음성의 특징을 보인 결과라고 볼 수 있다. 이러한 결과는 성대구증 음성에 대한 더 깊은 이해와 다른 질환과의 감별 진단이 까다로웠던 성대구증 진단에 도움을 주는 자료가 되어 줄 것으로 사료된다.

둘째, MDVP 측정치와의 상관 관계를 확인하였다. 임상에서 가장 많이 쓰이고 있는 MDVP 측정치와 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치는 유의한 상관 관계를 보였는데, 이는 불규칙한 주기성을 보이고, 기식성, 조조성, 긴장성 등의 특징을 보이는 성대구증 음성의 분석에도 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치가 MDVP 측정치만큼이나 유용하다고 볼 수 있음을 시사한다.

셋째, 성대구증 환자에 대한 캡스트럼 및 스펙트럼 수치의 감별 진단적 가능성을 확인하였다. CPP가 모음연장발성과 연결발화 과제 모두에서 가장 높은 정확도를 보였고, 이는 성대구증 환자 음성의 객관적인 평가측정치로도 유용함을 알 수

있었다.

본 연구가 갖는 제한점과 그에 따른 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 성대구증 환자의 캡스트럼 및 스펙트럼의 객관적인 수치를 제공하고 싶었으나 50-80대 까지의 중·장년층이 그 대상이었으며, 대상자의 연령에 따른 분포와 성별을 고려하지 못하였다. 정상대조군 역시 성대구증군과 연령대와 평균연령은 최대한 일치하도록 구성하였으나 성별 및 그 수는 일치시키지 못하였다. 더 다양한 연령대와 성별을 고려하고, 대조군 역시 대상자의 연령과 성별과 일치시켜 연구를 진행한다면 보다 더 객관적인 성대구증 환자의 캡스트럼 및 스펙트럼 수치를 제공할 수 있을 것이다.

둘째, 여러 모음과 다양한 문맥의 연결발화 과제에서의 차이는 확인하지 못하였다. CPP는 성별, 모음의 종류와 문장을 구성하는 음소들의 비율에 따라서도 영향을 받을 수 있고, L/H ratio는 기식성 음성에 가장 큰 영향을 받는데, 일반적으로 여성이 남성에 비해 기식성 음성의 특징을 갖고 있으므로 성별이나 여러 모음과 다양한 문맥의 연결발화 과제가 고려되어야 할 것이다.

마지막으로 성대구증과 형태적으로 비슷하거나 공통적인 음성 특징을 보이는 노인성 후두 혹은 성문하 부종으로 인한 가성구증 질환자와 그 수치를 비교해본다면 성대구증의 감별 진단에 더 도움이 될 것이다.

본 연구는 성대구증 환자의 음성에 대한 캡스트럼 및 스펙트럼 수치를 분석하여 그 특징을 알아보았다. 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 통한 성대구증 환자의 음향학적 특징을 종합해보면, 성대구증 환자가 정상 성인에 비해 CPP, L/H ratio 값이 더 낮고 mean CPP F0 값은 높은 양상을 보였으며, MDVP 측정치와 유의한 상관 관계가 있음을 알았다. ROC 곡선 분석을 통해 캡스트럼 및 스펙트럼, 특히 캡스트럼 분석치인 CPP가 성대구증 음성과 정상 음성을 구분하는 높은 감별 진

단적 가능성을 갖고 있음을 확인하였고, 그에 따른 기준치를 제시하면서 성대구증 환자 음성의 객관적인 평가측정치로도 유용함을 알 수 있었다. 이 같은 결과는 성대구증 음성의 대한 더 넓은 이해와 감별 진단에 도움을 줄 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

1. 대한후두음성언어의학회, 후두음성언어의학: 발성의 이해와 음성치료. 2 ed. 2016, 서울: 범문에듀케이션.
2. 양호철, 정병서, 김동영, and 우주현, 성대구증의 형태에 따른 음향학적 분석 및 치료 결과. 대한후두음성언어의학회지, 2012. 23(2): p. 119-123.
3. Giovanni, A., C. Chanteret, and A. Lagier, Sulcus vocalis: a review. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2007. 264(4): p. 337-44.
4. Ferrand, C.T., 음성장애: 이론과 실제. 2014, 서울: 박학사.
5. 최재남, 김향희, 남정모, and 최홍식, 일측성 성대마비와성대구증의 성문면적 파형과 발성 특성 비교. Communication Sciences and Disorders, 2007. 12(3): p. 487-507.
6. Jung, D.-Y., M.-R. Shim, Y.-S. Hwang, G.-J. Kim, and D.-I. Sun, Effects of Voice Therapy Using Gliding and Humming in Dysphonic Patients With Glottal Gap. Journal of The Korean Society of Laryngology, Phoniatrics and Logopedics, 2021. 32(2): p. 81-86.
7. 임재열, 성대구 질환군에서 음성분석 및 전기성문파형 검사의 임상적 이용. 2006, 연세대학교. 석사학위논문.
8. Han, D.B., S.R. Ju, and J.Y. Yoo, A Study of Correlation Between ADSV and MDVP Voice Parameter. Journal of speech-language & hearing disorders, 2019. 28(4): p. 65-72.
9. Park, M.C., M.K. Mun, S.H. Lee, and S.M. Jin, Clinical Usefulness of Cepstral Analysis in Dysphonia Evaluation. Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, 2013. 56(9).
10. 고도홍, 음성언어의 측정, 분석 및 평가. 2015, 서울: 학지사.
11. Patel, R.R., S.N. Awan, J. Barkmeier-Kraemer, M. Courey, D. Deliyiski, T.

- Eadie, D. Paul, J.G. Svec, and R. Hillman, Recommended Protocols for Instrumental Assessment of Voice: American Speech–Language–Hearing Association Expert Panel to Develop a Protocol for Instrumental Assessment of Vocal Function. *Am J Speech Lang Pathol*, 2018. 27(3): p. 887–905.
12. Choi, S.H. and C.-H. Choi, The Effect of Gender and Speech Task on Cepstral– and Spectral–Measures of Korean Normal Speakers. *Audiology and Speech Research*, 2016. 12(3): p. 157–163.
  13. Lee, S.J., H.Y. Pyo, and H.-S. Choi, Normative Data of Cepstral and Spectral Measures in Korean Adults Using Vowel Phonation and Passage Reading Tasks. *Communication Sciences & Disorders*, 2018. 23(1): p. 208–217.
  14. Lee, D.-H. and S.-H. Choe. 음성평가 시 ADSV (*Analysis of Dysphonia in Speech and Voice*) 의 유용성. in *Proceedings of the KSLP Conference*. 2015. The Korean Society of Laryngology, Phoniatics and Logopedics.
  15. 배인호, K. Soon-Bok, 박희준, G. Wang Soo, K. Geun-Hyo, and L. Yeon Woo, Clinical Application of Cepstral Peak Prominence for Treatment Outcomes Assessment in Voice Disorders: Comparing ADSV, Speechtool, and PNU\_CPP. *Journal of speech–language & hearing disorders*, 2016. 25(2): p. 93–102.
  16. Yu, M., S.H. Choi, C.-H. Choi, and B. Choi, Predicting Normal and Pathological Voice using a Cepstral Based Acoustic Index in Sustained Vowels versus Connected Speech. *Communication Sciences & Disorders*, 2018. 23(4): p. 1055–1064.
  17. 손기욱, 심희정, and 고도홍, 성별과 연령에 따른 노인 음성의 캡스트럼 · 스펙트럼 분석. *언어치료연구*, 2018. 27(2): p. 23–32.
  18. 김두은, 정상 여성 노년층의 발화과제에 따른 캡스트럼 및 스펙트럼 측정치. 2019, 대구가톨릭대학교 대학원.

19. 김근효, 이연우, 배인호, 박희준, 이창윤, and 권순복, 노인성 음성장애에 대한 캡스트럼 분석에서의 무성음 분절 영향. *임상이비인후과*, 2019. 30(1): p. 68–76.
20. 김근효, 이연우, 차원재, 이병주, and 권순복, 성대마비 음성에 대한 유성음 분절 추출의 영향: 캡스트럼 분석 위주. *대한이비인후과학회지 두경부외과학*, 2020. 63(3): p. 114–122.
21. 심희정, 근긴장성 발성장애와 내전형 연축성 발성장애의 판별에 대한 캡스트럼과 스펙트럼 분석의 유용성: Diagnostic effectiveness of cepstral and spectral analysis in understanding of muscle tension dysphonia and adductor spasmodic dysphonia. 2016.
22. Shim, H.J., H. Jung, S.A. Lee, B.H. Choi, J.H. Heo, and D.-H. Ko, Cepstral and spectral analysis of voices with adductor spasmodic dysphonia. *Journal of the Korean society of speech sciences*, 2016. 8(2): p. 73–80.
23. Geun-Hyo, K., 배인호, K. Soon-Bok, 이재석, G. Wang Soo, L. Yeon Woo, and 박희준, A Cepstral Analysis of Voices with Glottic Cancer and Laryngeal Leukoplakia : Sustained Vowels and Continuous Speech. *Journal of speech-language & hearing disorders*, 2016. 25(3): p. 135–145.
24. Shin, H.-B., H.-J. Shim, H. Jung, and D.-H. Ko, Characteristics of voice quality on clear versus casual speech in individuals with Parkinson' s disease. *Phonetics and Speech Sciences*, 2018. 10(2): p. 77–84.
25. Shim, H.-J., H.-R. Jang, H.-B. Shin, and D.-H. Ko, Spectral and Cepstral Analyses of Esophageal Speakers. *Phonetics and Speech Sciences*, 2014. 6(2): p. 47–54.
26. Ford, C.N., K. Inagi, A. Khidr, D.M. Bless, and K.W. Gilchrist, Sulcus vocalis: a rational analytical approach to diagnosis and management. *Annals of otology, rhinology & laryngology*, 1996. 105(3): p. 189–200.
27. Hsiung, M.-W., B.-H. Kang, W.-F. Su, L. Pai, and Y.-H. Lin, Combination of fascia transplantation and fat injection into the vocal fold for sulcus



- vocalis: long-term results. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 2004. 113(5): p. 359-366.
28. 이승연, 성대구증 환자의 검사 방법에 따른 치료 전과 후 공기역학적 평가 비교: Comparison of Aerodynamic Analysis Before and After Treatment According to Examination Methods for Patients with Sulcus Vocalis. 2023.
  29. Choi, S., H.-S. Choi, J. Kim, and Y. Choi, 성대마비와 성대구증의 강도 변화에 따른 최대발성지속시간 비교. 2012.
  30. Schweinfurth, J.M. and R.H. Ossoff, Current endoscopic treatment of dysphonia. *Diagnostic and Therapeutic Endoscopy*, 2000. 6(2): p. 87-90.
  31. Nam, D.-H., S.-H. Choi, J.-N. Choi, and H.-S. Choi, Treatment Effect of Voice Therapy for Sulcus Vocalis and Vocal Bowing-4 Case Reports. *Journal of The Korean Society of Laryngology, Phoniatics and Logopedics*, 2005. 16(1): p. 68-75.
  32. 한경열 and 남순열, 성대구증에서 Slicing 기법을 시행한 후의 음성 및 화상 회선 분석. *대한이비인후-두경부외과학회지*, 2000. 43(11): p. 1127-1131.
  33. Kaneko M. Voice therapy for the elderly. In: Makiyama K, H.S., editors, *Aging Voice*. 2017, Singapore: Spring Nature.
  34. 정찬민, 김지형, 임재열, and 최홍식, 성대구증에서 KTP Laser 를 사용한 수술적 치료 1 례. *대한후두음성언어의학회지*, 2017. 28(2): p. 131-134.
  35. Cho, J.-H., Clinical Applications of Office-Based Laryngeal Surgery With KTP Laser. *Journal of The Korean Society of Laryngology, Phoniatics and Logopedics*, 2021. 32(3): p. 118-123.
  36. 김근효, 이연우, 박희준, 배인호, and 권순복, ADSV, SpeechTool, Praat 간의 CPP 특성 연구. *언어치료연구*, 2017. 26(3): p. 99-111.
  37. Awan, S.N., A. Giovinco, and J. Owens, Effects of vocal intensity and vowel type on cepstral analysis of voice. *Journal of voice*, 2012. 26(5): p. 670.e15-670.e20.
  38. Faul, F., E. Erdfelder, A. Buchner, and A.G. Lang, Statistical power

- analyses using G\*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*, 2009. 41(4): p. 1149–60.
39. 정옥란, 음성총괄평가. *대한음성언어의학회지*, 1994. 5(2): p. 19–27.
  40. Maryn, Y., N. Roy, M. De Bodt, P. Van Cauwenberge, and P. Corthals, Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *J Acoust Soc Am*, 2009. 126(5): p. 2619–34.
  41. Lee, S.J., S.E. Lim, and H.-S. Choi, A Comparison of Cepstral and Spectral Measures according to Measurement Position in a Reading Passage. *Communication Sciences & Disorders*, 2017. 22(4): p. 818–826.
  42. Choi, S.H., Speech-Language Pathologists' Voice Assessment and Voice Therapy Practices: A Survey for Standard Clinical Guideline and Evidence-Based Practice. *Communication Sciences & Disorders*, 2013. 18(4): p. 473–485.
  43. 김재욱, 성별에 따른 한국 정상 성인 음성의 음향학적 평가 기준치. *말소리와 음성과학*, 2009. 1(4): p. 147–157.
  44. Choi, S.H. and C.-H. Choi, The utility of perturbation, non-linear dynamic, and cepstrum measures of dysphonia according to signal typing. *Phonetics and Speech Sciences*, 2014. 6(3): p. 63–72.
  45. Heman-Ackah, Y.D., D.D. Michael, and G.S. Goding Jr, The relationship between cepstral peak prominence and selected parameters of dysphonia. *Journal of voice*, 2002. 16(1): p. 20–27.
  46. Lowell, S.Y., R.T. Kelley, S.N. Awan, R.H. Colton, and N.H. Chan, Spectral-and cepstral-based acoustic features of dysphonic, strained voice quality. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 2012. 121(8): p. 539–548.
  47. Choi, M.-H. and S.H. Choi, Effects of vowel types and sentence positions in standard passage on auditory and cepstral and spectral measures in patients with voice disorders. *Phonetics and Speech Sciences*, 2023. 15(4):

p. 81–90.

## ABSTRACT

### **The usefulness Cepstral and spectral analysis of voices with Sulcus vocalis : CPP, L/H ratio, mean CPP F0 index**

The cepstrum and spectral values are useful for analyzing information on the periodicity of voice signals and do not require accurate detection of fundamental frequencies, it is possible to analyze not only vowels but also connected speech, and to analyze severe and very aperiodic voice signals. Although sulcus vocalis is currently diagnosed in clinical practice through auditory perceptual evaluation, negative evaluation using a negative test device, and laryngoscopy, it is sometimes confused with patients who show symptoms of subglottic edema or show diseases such as presbylarynx, making diagnosis difficult. Therefore, it is believed that the analysis of the cepstrum and spectrum will be of great help in the differentiation and evaluation of patients with sulcus vocalis.

Therefore, in this study, we conducted a cepstrum and spectrum analysis on a total of 176 patients diagnosed with 120 sulcus vocalis (male: female = 70:50; age = 65.2 years) and a total of 56 normal controls (male: female = 28:28; age = 62.8 years) to determine what acoustic features they show, and to determine how the correlation is with the test levels of MDVP, which are widely used in existing clinical practice, and whether the cepstrum and spectrum levels have differential diagnostic potential for sound quality problems in patients with sulcus vocalis. The results of the study are as follows.

1. The cepstrum and spectral measurements of the sulcus vocalis group and the normal control group showed significant differences in both vowel extension and connection utterance tasks, and patients with sulcus vocalis had lower CPP and L/H ratios than normal adults, and mean CPP F0 showed higher values.
2. The correlation between CPP and L/H ratio between vowel extension and connection utterance tasks showed a moderate correlation, and mean CPP F0 showed a high level of correlation. When examining the correlation with MDVP, CPP and L/H ratio showed a moderate negative correlation with Jitter and Shimmer in the two utterance tasks, and a low-medium negative correlation with NHR. Mean CPP F0 and F0 showed a high level of static correlation.
3. In the cepstrum and spectral measurements, CPP was able to distinguish the voices of the sulcus vocalis group and normal control groups with high accuracy in both vowel extension and connection speech tasks.

According to the above results, the measurement values of the cepstrum and spectrum of patients with sulcus vocalis were investigated through this study, and it was found that the possibility of using cepstrum and spectrum analysis and the objective evaluation measurement of the voice of patients with sulcus vocalis were also useful. This will help a broader understanding of the voice of sulcus vocalis and differential diagnosis.

---

**Key Words:** Sulcus vocalis, Acoustic analysis, Cepstrum, Spectrum, CPP, L/H ratio, mean CPP F0