

下顎前突症患者의 顎矯正手術後 音聲變化에 關한 研究

慶熙大學校 齒科大學 口腔顎顏面外科學敎室

金炳住 · 金屬甲

THE STUDY OF PHONETIC CHANGE AFTER THE ORTHOGNATHIC SURGERY FOR THE PATIENT OF MANDIBULAR PROGNATHISM

Kim, Byung Ju, Kim, Yeo Gab

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Kyung Hee University

This study was done to analyze phonetic dysfunction and the effect of orthognathic surgery to phonation in the patients of mandibular prognathism. 20 persons were chosen as normal group and 20 patients of mandibular prognathism as abnormal for this study. 5 vowel sounds- 'ㅏ(a)', 'ㅓ(e)', 'ㅣ(i)', 'ㅑ(o)', 'ㅓ(u)' and 14 consonant sounds- 'ㄱ(g)', 'ㄴ(n)', 'ㄷ(d)', 'ㄹ(l)', 'ㅁ(m)', 'ㅂ(b)', 'ㅅ(s)', 'ㅇ(ng)', 'ㅈ(j)', 'ㅊ(ch)', 'ㅋ(k)', 'ㅌ(t)', 'ㅍ(p)', 'ㅎ(h)', were checked. We recorded these sounds in the period of preopration, postop. 12 months, postop. 24 months.

A Formant ratio and a length of consonant time were studied with discriminant analysis.

As a result of the study, the following conclusion were gained.

- 1. As a result of the analysis on vowel dysfunction patients of mandibular prognathism, more than 80% of men patients showed the dysfunction in prelingual sound 'ㅓ(e)' and 'ㅣ(i)'. More than 70% of women patients showed the dysfunction in all vowel.*
- 2. One year later from the orthognathic surgery, men patients showed a marked improvement in 'ㅏ(a)'. The next were 'ㅑ(o)', 'ㅓ(u)' and 'ㅣ(i)'. Women patients showed a marked improvement in 'ㅓ(u)'.*
- 3. Two year later from the orthognathic surgery, men patients showed a marked improvement in prelingual sound 'ㅓ(e)' and postlingual sound 'ㅑ(o)'. Women patients showed a marked improvement in 'ㅏ(a)'. More than 20% of patients showed the phonetic improvement compared with the condition of the postop. 12 months.*
- 4. As a result of the analysis on consonant dysfunction patient of mandibular prognathism, more than 80% of men patients showed the dysfunction in lingual sound 'ㅅ(s)'. Most women patients showed the dysfunction in labial sound 'ㅁ(m)' and lingual sound 'ㄴ(n)'. More than 50% of patients showed the dysfunction in labial sound and lingual sound.*
- 5. One year later from the orthognathic surgery, men patients showed a complete improvement in hard palatal sound 'ㅈ(j)'. The next were labial sound 'ㅂ(b)', lingual sound 'ㅅ(s)', soft palatal sound*

'ㄱ(g)' and 'ㅋ(k)'. Women patients showed a marked improvement in soft palatal sound 'ㅇ(ng)' and 'ㄱ(g)'.

6. Two year later from the orthognathic surgery, all patients showed remarkable improvement in consonant sounds. except for labial sound 'ㅁ(m)', 'ㅍ(p)' and lingual sound 'ㄴ(n)'. The improvement ratio was increased as the time was going on compared with the condition of postop 12 months.

I. 緒 論

口腔은 音聲 發生 器官의 重要 部分으로써 齒牙 喪失이나 不正咬合으로 인한 顎間關係의 異常 또는 口腔組織의 變形등으로 인하여 發音에 變化가 나타날 수 있다. 顎矯正手術의 目的은 咀嚼과 發音機能의 增進 및 審美的 回復에 있지만 咀嚼機能 및 審美的 回復에 관한 研究에 비하여 發音의 回復에 관한 研究는 比較的 적은 상태이다.

McWilliams 등은 發音에 影響을 주는 要素로 先天的 遺傳, 環境의 要素, 解剖學的 要素등으로 大別하였는데, 顎顏面畸形患者는 遺傳的 性向이 강하며, 聽覺障礙, 筋神經係異常, 또는 知的障礙가 있는 사람은 發音이나 言語障礙가 있을 可能性이 높다고 하였다.¹⁾ 環境의 要素는 어린이들의 表現能力이나 自我認識등의 발달에 결정적인 影響을 미친다고 하였다. 解剖學的 要素중 嘴唇은 口唇裂이 있다든지, 腦神經 分布에 異常이 있으면 發音에 影響을 미친다고 하였으며, 3급 不正咬合者들중 下唇이 上顎 前齒에 닿지 않으면 唇齒音이 影響을 받게되고 兩唇音의 調音에도 影響을 주게 된다고 하였다. 前齒部에 공간이 있거나 喪失齒, 심한 回轉이 있을때 發音에 影響을 미치게 되며, 이런 患者들은 특히 's','z' 와 같은 舌齒槽音에 影響을 미친다고 하였다. 齒間空隙이 크면 말하는 동안 혀가 그 사이로 빠져나오게 되며 聽音者들에게 혼란을 주게 된다. 上顎 前齒部가 唇側 傾斜 되었을 경우 上下 嘴唇이 닿기 어렵기 때문에 兩唇音을 發音하기 어려운 唇齒音을 내게된다. 空氣의 흐름이 직접 前方으로 쉽게 전달되지 못하면 齒擦摩音이 變形된다.^{2,4)} Subtelny등³⁾은 Class II, Division 1 不正咬合患者들이 下顎 前齒위로 혀를 내밀어 's'音에서 變形이 온 경우를 보고하였다.

Guay등⁴⁾은 水平性 被蓋咬合이 심한 下顎前 突症患者의 경우에는 上唇과 下顎前齒와의 關係 變化로 'v'등과 같은 唇齒音을 내는데 障礙가 생기며, 혀의 位置가 낮거나 後方 位置되거나 收縮이 제대로 되지 못하면 舌口蓋音인 's'나 'z' 發音이 변하게 된다고 하였으며, Apert syndrome이나 Crouzon's disease시 혀를 正常 調音位置인 後方으로 움직이지 못하여 'r'과 'l'音에 異常이 나타난다고 하였다. 上顎骨의 垂直的 過成長이나 劣成長이 있을 경우에도 兩唇音, 唇齒音, 舌齒槽音 및 舌齒音의 異常이 초래된다. 이는 주로 嘴唇과 혀의 位置 變化로 인한다.⁴⁾

Kawamura등⁵⁾은 顎骨과 혀의 운동은 腦機轉이 이를 조절한다고 하였으며, Mikell등⁶⁾은 顎顏面 筋肉의 不調和, 巨大舌, 齒列異常의 原因이 되는 舌龔症과 이를 일으킨 舌癒着症등이 非正常的인 嚥下習慣과 함께 發音障礙를 일으킨다고한 반면 黃등⁷⁾은 舌癒着症治療를 위한 舌小帶成形術時 혀의 운동이 자유롭게 되어 發音機能이 改善되었다고 하였다.

Subtelny등⁸⁾은 非正常的인 扁桃增大時 口呼吸을 일으키고 혀를 앞쪽으로 내밀어 舌齒音 및 舌齒槽音에 異常을 일으키며 聲帶의 형태에 異常이 있을 경우 전체 發音에 變化를 보인다고 하였다.

音聲에 관한 音響學的 研究는 19세기 초 sound spectrogram이 개발된 후 1947년 Potter 등에 의하여 音聲研究의 기초가 이루어 졌으며, 현재 音聲研究에 주로 사용되는 Sonograph는 音聲周波數의 成分과 強度의 變化를 經時的으로 기록함으로써 音聲의 물리적 성질을 객관적으로 쉽게 관찰할 수 있다.⁹⁾ 이 sonograph는 音聲을 전기적 에너지로 바꾸어 電感紙에 音의 強약에 따른 音의 強도가 明暗으로 나타나며, 종축엔 周

波數, 횡축에는 時間이 기록되므로 이를 쉽게 관찰할 수 있다.²⁷⁾

發音 障碍의 研究 方法으로는 口蓋圖를 이용하는법¹⁰⁾, sound spectrograph의 이용법¹¹⁾, 컴퓨터 및 이를 이용한 線形豫測法¹²⁾, cepstrum법¹³⁾, 人工電氣口蓋圖¹⁴⁾ 및 音聲合成法¹⁵⁾ 등이 소개되고 있으며, Atal¹⁶⁾은 이 중 線形豫測法에 의한 研究가 音聲認識에 가장 신뢰할 만한 方法이라고 하였으나, Flanagan¹⁷⁾은 여러가지 方法을 사용하여야만 한 方法에 의한 오류를 줄일 수 있다고 하였다.

本 研究에서는 下顎骨前突症을 가진 顎顔面畸形患者의 發音障碍 여부와 顎矯正手術로 下顎骨을 後退시킨후 時間 經過에 따른 發音의 變化를 母音의 Formant 分析 方法과 子音持續時間의 變化를 研究하여 다소의 知見을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 研究對象 및 方法

1. 研究對象

(1) 對象者

1) 正常群

過去歷 및 現 病歷에서 聽音 및 發聲에 關여하는 器官의 異常이 없으며 補綴治療 및 矯正治療의 經驗이 없고 缺損齒가 없이 比較의 양호한 咬合狀態를 가진 21세에서 25세의 남녀 각각 10명씩으로 平均年齡은 22세 였다

2) 下顎前突症群

下顎前突症의 治療를 위하여 顎矯正手術을 받은 患者中 手術을 前後하여 音聲分析을 시행하여 2年 以上 추적가능한 骨格性 不正咬合患者로서 16세에서 26세 까지 남녀 각각 10명씩 총 20명을 대상으로 하였다. 이들의 平均年齡은 23세 였다.

(2) 分析音

1) 母音

前舌母音 : ㅏ, ㅓ, ㅣ

後舌母音 : ㅗ, ㅛ

2) 子音

唇音 : ㅍ, ㅂ, ㅃ

舌音 : ㄴ, ㄷ, ㄸ, ㅌ

軟口蓋音 : ㄱ, ㅋ, ㅇ

硬口蓋音 : ㅈ, ㅊ

喉音 : ㅎ

(3) 手術方法

下顎前突症의 治療를 위하여 下顎枝垂直骨切斷術과 下顎枝矢狀分割骨切斷術을 시행하였으며 이들중 頤部 成形術을 병행한 경우도 있다.

2. 研究方法

下顎前突症患者에서 手術前, 그리고 手術後 12個月 및 24個月 以上 經過후 각각 5회씩 錄音한 후 分析하였다.

(1) 錄音

32 Bit IBM-PC/AT에 직접 연결한 마이크를 이용해서 分析對象音을 직접 컴퓨터에 入力하였다. 錄音은 防音 시설이 된 錄音室에서 피검자에게 研究內容을 설명하고 평소 대화시의 發音으로 하도록 훈련을 시킨 후 마이크와 25 cm거리를 두고 일정한 간격과 크기로 發音시켰다. 錄音은 同一音을 5회씩 시행하였다.

音聲 信號인 analog signal을 digital signal로 변환시켜서 동시에 컴퓨터에 入力이 가능한 Speech work station 프로그램(Loughbrough Sound Images Co., England)을 이용하였다. 이때 音聲 信號가 충분히 入力되도록 하기위해 일반적인 音聲의 最大周波數. 보다 2배 以上 크게 채취하여 12KHz로 音聲 信號를 入力하였다.

(2) Formant 分析

컴퓨터에 入力된 각 피검자의 手術 前後의 각 分析音을 화면상에서 차례로 나타내어 5개의 同一音 中 入力狀態가 양호한 音을 선택하여 Formant 分析 하였다. 同一 分析音에 대하여 각각 5회씩 分析하여 그 平均值를 分析音의 Formant로 하였으며, 각 分析音의 Formant는 제 2 Formant 까지를 구하였다.(Fig.1)

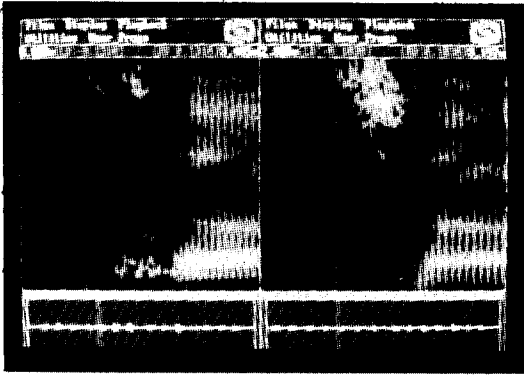


Fig.1 Spectrogram describing Formant of tested vowel sound

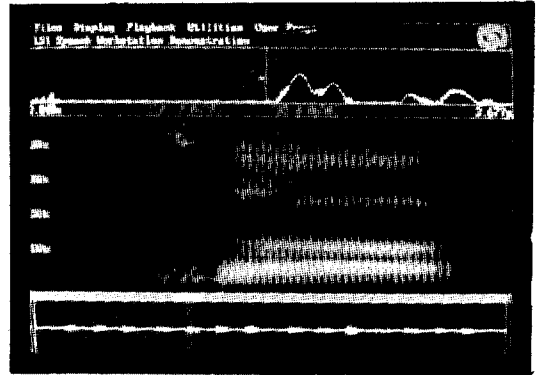


Fig.2 Spectrogram describing consonant portion and durations marked as vertical parallel line.

(3) 子音 持續 時間

화면상에音を 하나씩 나타내어 子音의 시작 부분에서 母音으로 이행하는 부위까지를 추출하여서 이 부분만을 스피커로 확인하였다. 추출된 부분의 持續時間은 내장된 프로그램에 의하여 連算하여 구하였으며, Formant의 경우와 같은 방법으로 계산하여 平均値를 구하였다.(Fig.2)

나타났으며 ‘ㄱ’은 남성 4명, 여성 7명 총 11명으로 55%에서 異常이 나타났으며 ‘ㄷ’은 남성 2명, 여성 9명 총 11명으로 55%에서 異常이 나타났다.

각 測定値를 判別分析한 결과 남성에서는 주로 前舌母音중 ‘ㄱ’, ‘ㄷ’등에서 發音障擧가 나타났으며, 여성에서는 전반적으로 모든 母音에서 障擧가 나타났다.(Fig.3)

III. 研究成績

1. 正常群의 母音 Formant 값 平均値

F2-F1의 平均値中 前舌母音 ‘ㄱ’, ‘ㄷ’, ‘ㄴ’등이 後舌母音 ‘ㄱ’, ‘ㄷ’ 보다 크게 나타났으며, 性別比較에서는 전체 Formant 값이 남자 보다 여자에게서 20% 이상 높게 나타났다.(Table 1)

2. 正常群의 子音持續時間 平均値

子音持續時間의 比較에서 ‘ㄱ’音에서는 남자가 여자보다 길게 나타났으며, 그 밖의 다른 子音에서는 유의할 만한 차이가 없었다.(Table 2)

3. 下顎前突症群중 母音 發音 異常者

‘ㄱ’은 남성 3명, 여성 9명 총 12명으로 60%에서 異常이 나타났으며 ‘ㄷ’은 남성 8명, 여성 8명 총 16명으로 80%에서 異常이 나타났으며 ‘ㄴ’은 남성 8명, 여성 7명 총 15명으로 75%에서 異常이

Table 1. Mean Formant Rate of the Normal Group.

		Male	Female	Mean
ㄱ	F1	0.738	1.045	0.892
	F2	1.189	1.502	0.964
	F2-F1	0.451	0.457	0.454
ㄷ	F1	0.521	2.385	0.554
	F2	1.874	1.799	2.129
	F2-F1	1.351	0.311	1.575
ㄴ	F1	0.255	2.812	0.283
	F2	2.222	2.051	2.517
	F2-F1	1.966	0.458	2.234
ㄱ	F1	0.410	0.755	0.434
	F2	0.710	0.297	0.733
	F2-F1	0.300	0.352	0.299
ㄷ	F1	0.307	0.352	0.329
	F2	0.736	0.642	0.689
	F2-F1	0.429	0.290	0.359

(KHz)

Table 2. Mean Consonant Duration of the Normal Group

	Maie	Femaie	Mean
ㄱ	0.0531	0.0562	0.0547
ㄴ	0.0494	0.0466	0.0513
ㄷ	0.0392	0.0380	0.0386
ㄹ	0.0363	0.0395	0.0379
ㅁ	0.0445	0.0487	0.0466
ㅂ	0.0264	0.0397	0.0330
ㅅ	0.0630	0.0369	0.0499
ㅇ	0.0208	0.0282	0.0245
ㅈ	0.0475	0.0489	0.0482
ㅊ	0.0701	0.0643	0.0672
ㅋ	0.0603	0.0513	0.0558
ㅌ	0.0476	0.0418	0.0447
ㅍ	0.0477	0.0482	0.0479
ㅎ	0.0486	0.0434	0.0460

(sec.)

4. 下顎前突症群중 子音 發音 異常者

1) 唇音

‘ㅁ’ 은 남성 5 명, 여성 8 명으로 총 65 %
 ‘ㅂ’ 은 남성 3 명, 여성 7 명으로 총 50 %
 ‘ㅍ’ 은 남성 2 명, 여성 3 명으로 총 25 %

2) 舌音

‘ㄴ’ 은 남성 7 명, 여성 8 명으로 총 75 %
 ‘ㄷ’ 은 남성 5 명, 여성 6 명으로 총 55 %
 ‘ㄹ’ 은 남성 5 명, 여성 6 명으로 총 55 %
 ‘ㄱ’ 은 남성 8 명, 여성 4 명으로 총 60 %

3) 軟口蓋音

‘ㄱ’ 은 남성 3 명, 여성 6 명으로 총 45 %
 ‘ㅋ’ 은 남성 6 명, 여성 4 명으로 총 50 %
 ‘ㅇ’ 은 남성 2 명, 여성 3 명으로 총 25 %

4) 硬口蓋音

‘ㅈ’ 은 남성 3 명, 여성 6 명으로 총 45 %
 ‘ㅊ’ 은 남성 7 명, 여성 4 명으로 총 55 %

子音의 發音異常을 각 音別로 判別分析한 결과 남성은 舌音 ‘ㄴ’에서 8명으로 發音 異常者가 가장 많았으며, 여성에서는 唇音 ‘ㅁ’과 舌音 ‘ㄴ’에서 가장 많았다.

전반적으로 唇音과 舌音에서 發音異常이 많아서 50% 以上이 나타났다. (Fig.4)

5. 顎矯正手術 1年 經過時 母音發音의 改善率

1) 前舌 母音

‘ㅏ’ 는 남성 66.7 %, 여성 44.4%로써 평균 50 %
 ‘ㅑ’ 는 남성 37.5 %, 여성 12.5%로써 평균 25 %

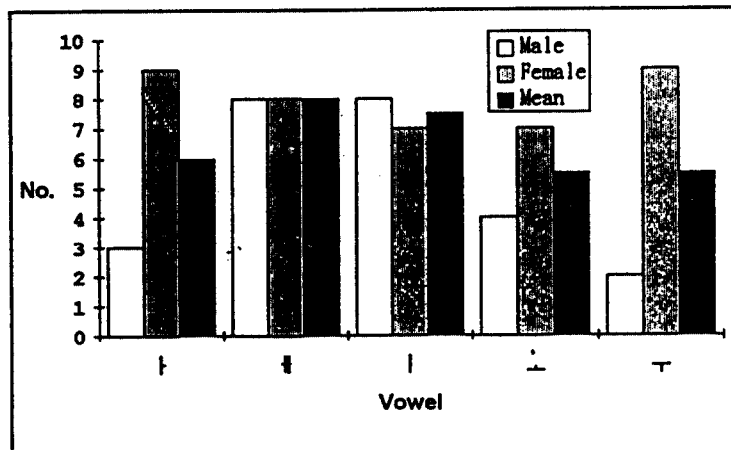


Fig.3 Number of vowel sound dysfunction (by discriminant analysis)

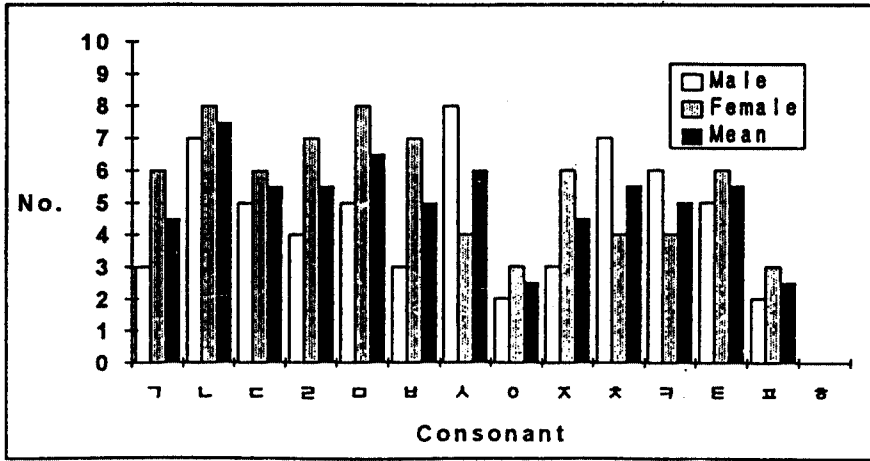


Fig.4 Number of consonant dysfunction
(by discriminant analysis)

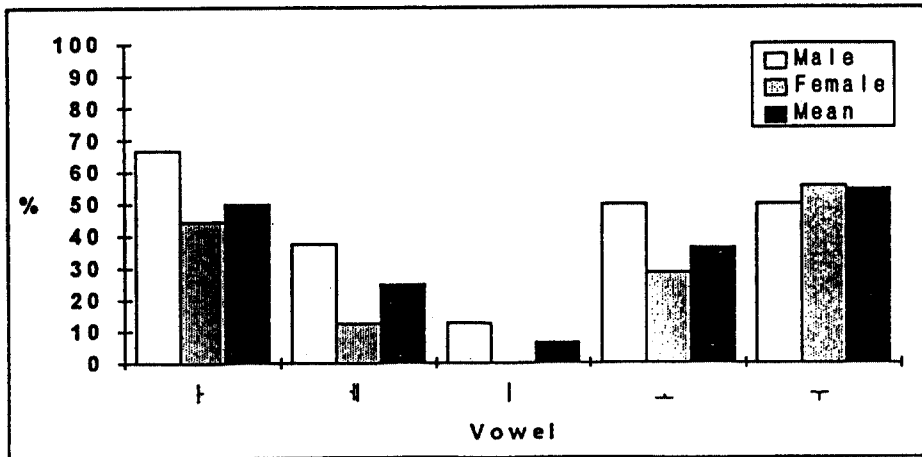


Fig.5 Improvement ratio of vowel, 1 year after surgery
(by discriminant analysis)

‘ㅣ’는 남성 12.5%, 여성 0%로써 평균 6.7%

2) 後舌 母音

‘ㅓ’는 남성 50%, 여성 28.5%로써 평균 36.3%

‘ㅕ’는 남성 50%, 여성 55.6%로써 평균 54.5%

顎矯正手術後 1年 經過時 母音發音의 改善率을 각 音別 判別分析한 結果 男性은 前舌母音중 ‘ㅏ’에서 가장 높았고, 後舌母音 ‘ㅓ’와 ‘ㅕ’ 및 前舌母音 ‘ㅣ’의 순이었다.

여성의 경우에는 後舌母音 ‘ㅕ’에서 가장 높은 반면 다른 母音에서는 改善率이 낮았다.

手術後 남녀간의 改善率의 差가 發生하는 것은 相關關係가 없었으며, 주로 남녀 모두 後舌母音에서 改善率이 높게 나타나고 있다.(Fig.5)

6. 顎矯正手術後 2年 經過時 母音 發音 改善率

1) 前舌 母音

‘ㅏ’는 남성 66.7%, 여성 66.7%로써 평균 66.7%

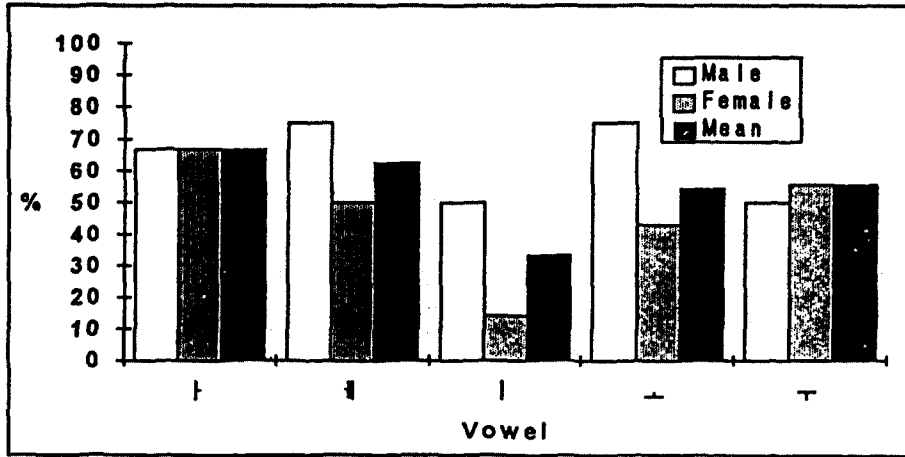


Fig.6 Improvement ratio of vowel, 2 year after surgery
(by discriminant analysis)

‘ㅏ’는 남성 75.0%, 여성 50% 로써 평균 62.5%
 ‘ㅣ’는 남성 50%, 여성 14.2% 로써 평균 33.3%

2) 後舌 母音

‘ㅓ’는 남성 75%, 여성 42.8% 로써 평균 54.5%
 ‘ㅗ’는 남성 50%, 여성 55.6% 로써 평균 54.5%

顎矯正手術後 2年 經過時 母音 發音의 改善率을 각 音別로 判別分析한 결과 남성에서는 前舌母音 ‘ㅏ’와 後舌母音 ‘ㅓ’에서 가장 높은 改善率을 보인 반면 여성에서는 前舌母音 ‘ㅏ’에서 改善率이 가장 높았다.

手術後 1年 經過時와 比較할때 전체적으로 20% 以上の 發音 改善率을 보였다.(Fig.6)

7.顎矯正手術後 1年 經過時 子音 發音의 改善率

1) 唇音

‘ㅁ’은 남성 20%, 여성 12.5% 로써 평균 16.3%
 ‘ㅂ’은 남성 66.7%, 여성 14.2% 로써 평균 40.5%
 ‘ㅍ’은 남성 0%, 여성 33.3% 로써 평균 16.7%

2) 舌音

‘ㄴ’은 남성 14.2%, 여성 0% 로써 평균 7.1%
 ‘ㄷ’은 남성 40%, 여성 16.6% 로써 평균 28.3%
 ‘ㄷ’은 남성 60%, 여성 16.6% 로써 평균 38.3%
 ‘ㅅ’은 남성 66.7%, 여성 50% 로써 평균 58.4%

3) 軟口蓋音

‘ㄱ’은 남성 0%, 여성 66.7% 로써 평균 33.4%
 ‘ㅋ’은 남성 66.7%, 여성 50% 로써 평균 58.4%
 ‘ㅇ’은 남성 50%, 여성 100% 로써 평균 75%

4) 硬口蓋音

‘ㅈ’은 남성 100%, 여성 50% 로써 평균 75%
 ‘ㅊ’은 남성 71.4%, 여성 25% 로써 평균 48.2%

顎矯正手術 1年 經過後 子音 發音 改善率의 각 音別 判別分析에서 남성은 硬口蓋音 ‘ㅈ’의 완전 回復을 보였으며 다음으로 唇音 ‘ㅂ’, 舌音 ‘ㄴ’, 軟口蓋音 ‘ㄱ’, ‘ㅋ’의 순 이었으며, 여성에서는 軟口蓋音 ‘ㅇ’, ‘ㄱ’의 改善率이 높았다.(Fig.7)

8.顎矯正手術 2年 經過時 子音 發音 改善率

1) 唇音

‘ㅁ’은 남성 20%, 여성 25% 로써 평균 22.5%
 ‘ㅂ’은 남성 66.7%, 여성 71.4% 로써 평균 69.1%
 ‘ㅍ’은 남성 0%, 여성 33.3% 로써 평균 16.7%

2) 舌音

‘ㄴ’은 남성 28.5%, 여성 0% 로써 평균 14.3%
 ‘ㄷ’은 남성 80%, 여성 66.7% 로써 평균 73.4%
 ‘ㄷ’은 남성 60%, 여성 50% 로써 평균 55%
 ‘ㅅ’은 남성 87.5%, 여성 75% 로써 평균 81.3%

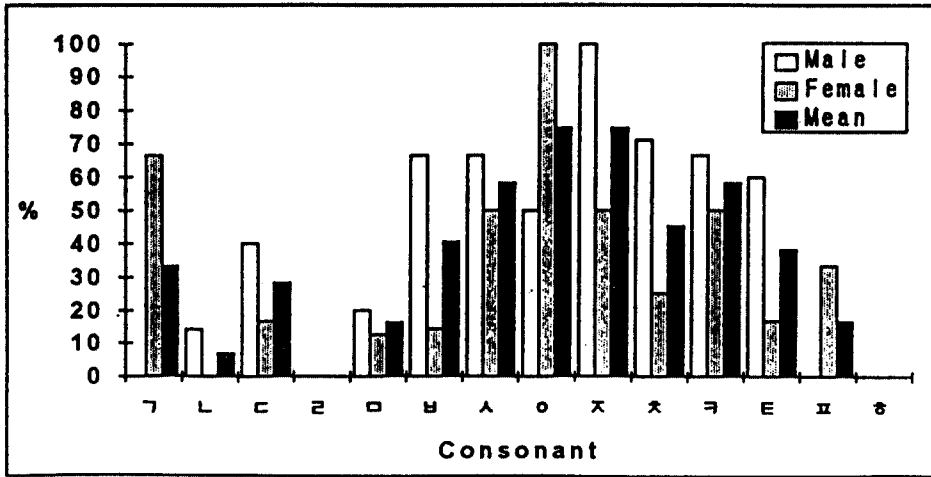


Fig.7 Improvement ratio of consonant, 1 year after surgery
(by discriminant analysis)

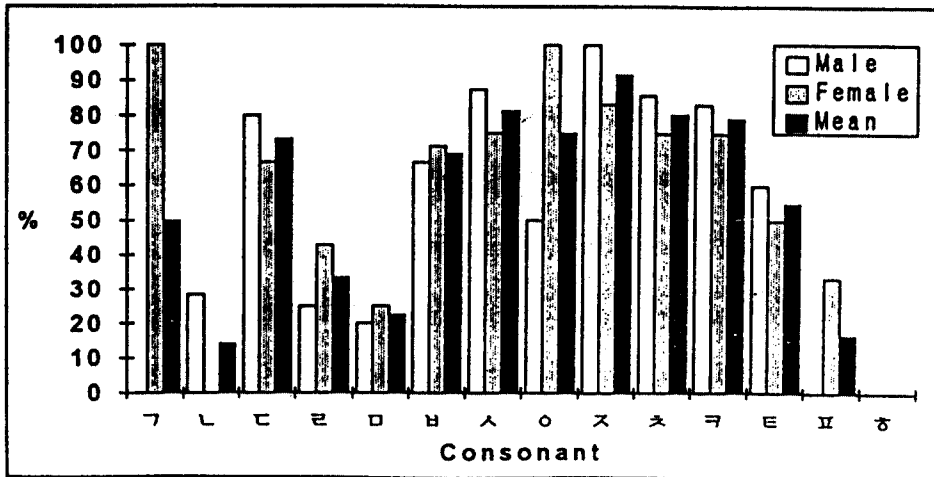


Fig.8 Improvement ratio of consonant, 2 year after surgery
(by discriminant analysis)

3)軟口蓋音

'ㄱ'은 남성 0 %, 여성 100% 로써 평균 50 %
'ㅋ'은 남성 83.7%, 여성 75% 로써 평균 79.2%
'ㅇ'은 남성 50 %, 여성 100% 로써 평균 75 %

4)硬口蓋音

'ㅈ'은 남성 100 %, 여성 83.3% 로써 평균 91.7%
'ㅊ'은 남성 85.7% , 여성 75 % 로써 평균 80.4%

顎矯正手術 2年 經過後 子音 發音 改善率의

각 音別 判別分析에서 남성과 여성 모두에서 唇音 'ㄱ', 'ㅋ', 舌音 'ㄴ'을 제외한 모든 子音에서 높은 改善率을 보였다. 手術 1年 經過時와 比較할 때 時間의 經過에 따른 改善率이 더욱 높아짐을 볼 수 있었다.(Fig. 8)

IV.總括 및 考察

言語는 人類와 動物을 구별시키는 가장 복잡한 機能 중의 하나로써 體系化된 單語를 통해 생

각과 느낌의 制御裝置로써 發音의 형태로 표현된다. 비록 單語는 그 자체로써의 각각의 意味를 가지고 있지만 이들이 모여 文法이라는 기본 법칙아래서 文章을 이루게 되고 이들 文章은 인간들간에 상호 關係에서 기본적인 도구인 소위 意思疏通을 위하여 복잡한 意味를 구성하게 된다.

顎顏面畸形患者의 상당수는 審美的 劣等感, 咀嚼障礙 및 發音 障礙를 호소하는 경우가 많다. 口腔은 音聲 發生 器官의 한 부분으로써 顎顏面畸形으로 인한 顎間關係의 異常이나 口腔組織의 變形 또는 齒牙喪失 등으로인하여 發音에 變化가 나타날 수 있다. 顎矯正手術의 目的은 審美性 및 咀嚼, 發音 機能의 回復에 있지만 咀嚼, 審美性的 改善에 관한 研究에 비하여 發音의 回復에 관한 研究는 比較的 적은 상태이다. 따라서 顎顏面畸形에 의하여 생기는 發音障礙를 客觀적으로 파악하고, 障礙의 정도를 定量化하고 顎矯正手術前後의 發音의 變化를 측정하여 그 改善 여부를 파악하는 일은 顎矯正手術의 豫後를 판단하는데 한 尺度로 사용되어질 수 있다.

發音은 여러 解剖學的 構造物의 상호 작용으로 발생하게 되는데, 이들에겐 腹腔, 橫隔膜, 胸壁, 喉頭, 咽頭, 口蓋, 鼻腔, 上顎骨, 下顎骨, 입술 및 齒牙등이 있다. 이러한 解剖學的 構造物을 통해 空氣의 흐름이 발생되며, 이들이 形象化되어서 發音이 생겨나게 된다. 이러한 空氣의 흐름은 聲道(vocal tract) 내에서 일련의 장금장치에 의해 조절되며, 이들 장금장치는 聲帶, 口蓋帆咽頭括約筋, 입술, 혀, 口蓋, 齒牙등의 接觸에 의해 형성된다. 發音은 呼吸으로 부터 시작하는데 呼吸筋이 收縮되면 空氣는 肺로부터 나와서 喉頭的 喉頭蓋를 지나가게 된다. 이때 空氣의 흐름은 聲帶의 운동에 의해 방해받을 수 있다. 聲帶가 排氣時에 接觸하고 있으면 울리게 되며, 空氣의 흐름을 방해하지 않으면 울리지 않게 된다. 여기서 有聲音과 無聲音이 분류된다. 모든 母音은 有聲音 이며, 聲帶가 약간 수축되면서 調音된다. 이는 혀의 높이나 혀의 전위 그리고 입술의 모양에 따라 여러가지 變化가 생기게 된다. 子音은 혀나 입술을 통해 空氣의 흐름이 萎縮되면서 생기며 有聲音 및 無聲音이 모두 존재한다. 소리의 共鳴은 聲門下, 聲門上 共鳴 構造와 腔의 크기,

形態, 그리고 표면에 의해 영향을 받는다. 空氣의 흐름이 咽頭に 들어가서 口蓋帆咽頭 瓣膜에 의해 口腔과 鼻腔으로 전달되는데, 이 口蓋帆咽頭瓣膜의 개폐정도는 子音의 발생과 關係가 깊다. 口腔子音(s,z,p,b,t,d)은 가장 많이 닫혀 있을 경우이고, 鼻子音(m,n,ng)은 이 瓣膜이 가장 많이 열려 있을 때 생긴다. 母音에 대한 개폐 정도는 혀의 위치에 영향을 받는다. 즉 音聲이 발생되는 형태는 口腔, 咽頭腔의 狹小化 정도, 입과 혀, 코등을 통한 空氣 흐름의 방향에 좌우된다.¹⁾

顎顏面畸形患者의 發音障礙 類型을 보면 調音 障礙, 鼻空氣流出, 有聲音異常 및 明瞭度 異常 등으로 대별할 수 있다. 子音의 調音은 口腔組織과 機能의 변이에 매우 민감하기 때문에 顎顏面畸形患者에 있어서 發音障礙의 위험성은 매우 높아서, 이런 患者들은 有聲音化, 調音方法 및 調音位置 등에 있어서 많은 어려움을 갖는다. 대부분의 顎顏面畸形患者들은 調音方法은 유지되고 있으나 調音位置가 變化되어 있다. 調音方法에 문제가 생기면 生成되는 音은 취약하게 된다. 口蓋帆咽頭瓣膜의 閉鎖가 부족하면 空氣의 흐름이 鼻腔으로 빠져나가서 壓縮音을 만들기 위해 口腔으로 빠져나가지 못한다. 調音位置에 문제가 생기면 원하는 音과는 다른 子音이 發音된다.¹⁾ 이는 입을 통해서 放出되어야 하는 空氣가 코를 통해서 새어나가는 것을 말한다. 주로 口蓋帆咽頭瓣膜의 불충분한 閉鎖로 인하여 생기지만 軟口蓋나 硬口蓋에 口蓋裂이 있을 경우에도 생기게 된다. 이런 鼻空氣流出은 말하는 도중에 持續적으로 발생될 수 있으며 調音의 문제점으로는 特定 子音에 한해 발생 된다. 주로 's','z' 音이나 모든 齒擦摩擦音이나 破擦音에서 생기기도 한다. 鼻空氣流出과 過鼻聲音(hypernasality)은 동시에 존재할 수도 있으며, 이들 간에 어느 정도 연관이 있다고 볼 수 있다.²³⁾ 여러 형태의 共鳴異常이 顎顏面畸形患者에서 보여진다. 過鼻聲音은 가장 흔한 共鳴異常으로써 이는 音波가 聲帶에서 生成되어 口腔과 鼻腔으로 동시에 흘러들어와 울림으로써 영향을 주는 것이다. 주로 'l' 이나 'r' 과 같은 有聲音子音과 母音에서 발생하게 된다. 만일 口蓋帆咽頭瓣膜이 聲帶로 부터 音波가 生成되기 이전에 완전히 閉鎖되지 못하면, 音波

중 일부는 鼻腔으로 들어가게 되고 말을 할 때 순간적인 過鼻聲音이나 鼻空氣流出이 생기게 되고, 반면에 말하는 동안 口蓋帆咽頭瓣膜的 閉鎖를 持續할 수 없는 患者의 경우에는 간헐적인 過鼻聲音이나 鼻空氣流出이 생기게 된다. 口蓋裂 患者중 이러한 過鼻聲音의 빈도에 대해서는 여러 학자들이 다양하게 보고하고 있다.²⁴⁾ 어떤 患者 들에서는 低鼻聲音이나 無鼻聲音이 발생되기도 한다. 이런 患者들은 鼻空氣路가 일부 막힌 경우이며, 주로 鼻子音인 'm', 'n', 'ng' 등에 영향을 미치게 된다. 明瞭度는 發聲上的 尺度로써 聽取者들의 發音 聽取 能力에 관한 것이다. 이 明瞭度는 여러 要素에 의해 영향을 받는데 이들 要素에는 調音, 共鳴, 鼻空氣流出, 有聲音과 發音上的 強勢, 抑揚 등이다. 調音障礙와 過鼻聲音에서는 明瞭度가 떨어지며 調音異常에서 더 직접적으로 영향을 받는다.²⁵⁾

Hufunagle¹⁸⁾는 音聲기관에 變化를 줄 수 있는 口腔顎顔面外科 分野의 手術로 口唇切除術, 鼻構造除去術, 下顎骨切斷術 그리고 舌切除術이 있다고 하였으며 Bowers 등¹⁹⁾과 Dalston 등²⁰⁾ 그리고 Gaber 등²¹⁾은 顎矯正手術後 發音變化에 대하여 언급하였고, McDonald²²⁾는 口蓋破裂 患者의 發音에 대하여 研究하였다. 本 研究에서는 下顎骨後退術이 以上の 發音障礙 改善에 주는 영향, 특히 子音의 調音障礙의 改善 여부, 母音의 共鳴障礙의 改善 여부에 중점을 두었다. 下顎骨의 手術만으로는 口蓋咽頭 閉鎖에 영향을 미친다고 볼 수는 없지만 顎骨 關係나 開咬 등의 改善으로 調音의 개선이 이루어진다고 볼 수 있다. Goodstein 등에 의하면 下顎骨手術後 兩唇音의 發音改善은 없다고 하였으나 Glass 등과 Weimer 등은 齒擦音의 調音에 유의할만한 改善이 되었다고 하였다.²⁶⁾ Vanillo 등은 下顎支矢狀分割骨切斷術을 받은 患者중 13명에서 調音障礙가 확인되었는데 이는 舌齒調音, 舌口蓋音, 兩唇音 등에서 관찰되었고 이들은 모두 發音시 審美性 障礙도 있었다. 手術後에 檢査結果 兩唇音에서의 發音改善이 있었으나 有聲音이나 口蓋咽頭機能에는 영향을 주지 못했다. 이는 下顎骨의 手術時 發音의 변화는 上下顎前齒部の 關係를 改善하여 閉鎖를 원활하게 하므로써 兩唇音의 改善

이 기대되는 것이다.

-母音의 周波數 分析-

母音은 空氣의 흐름이 聲道를 통과할 때 막히지 않고 다만 唇이나 혀의 운동으로 그 통로의 모양이 달라질 때 나오는 소리이다. 母音의 音色을 결정하는 것은 唇모양, 혀의 높낮이, 唇모양에 따라 圓唇母音, 平唇母音으로, 혀의 위치에 따라 高舌, 低舌母音으로 분류한다.²⁸⁾ 母音의 高低는 그 母音이 發聲될 때 혀의 위치에 따라서 구별이 되는 것이 통레이나 턱의 위치 즉 唇이 벌어지는 정도에 따라서 구분할 수도 있다.

韓國語 母音은 發音시 唇의 모양과 혀의 위치에 따라 혀가 높아지는 정도와 그때에 혀의 어느 부위가 높아지는냐를 기준으로 하여 平唇前舌開母音“ㅏ”, 平唇前舌 半閉母音“ㅓ”, 平唇前舌 閉母音“ㅣ”, 圓唇後舌 半閉母音“ㅜ”, 圓唇後舌 閉母音“ㅡ”로 분류된다.^{27,32)}

여러 학자들이 研究 결과 알려진 母音의 가장 중요한 音響指標인 Formant는 喉頭에서 형성된 聲門音이 喉頭上部의 共鳴腔인 咽頭와 口腔 등에 의한 共鳴效果에 의해 그 音의 振動數 成分중 어떤 것은 강화하고 다른 것은 약화시키어 音色, 強度, 周波數가 蒸減되므로써 어느 한 周波數를 중심으로 인근 倍音帶의 에너지가 밀집된 倍音 周波帶라고 정의된다.²⁸⁾

Fisher-Jorgensen은 聽音 認知에 제1, 2 Formant가 결정적인 역할을 한다고 하여 two Formant설을, Peterson은 제3 Formant를 포함시켜 three Formant설을 주장한 바 있다. Ylppo 와 Sovijarvi는 F1은 咽頭腔, F2는 口腔, F3는 前口腔, F4는 喉頭前庭腔과 유관하다고 하였으나 중요한 音響指標는 Fisher-Jorgensen에 따라 F1, F2로 통용되고 있다.^{29,30)}

일반적으로 여성은 남성보다 17% 높은 위치에 Formant가 형성된다고 보고되어 있다. 不正咬合 患者의 發音障礙를 지적할 때 母音 發聲에는 異常이 없는 것으로 간주되어 왔으나 Nunota의 보고에 따르면 'a'의 F1, 'o'의 F2, F3, F2-F1의 異常이 있다고 하며 이중 특히 'o'는 유의한 차를 보인다고 하였다.³¹⁾

正常人에서는 前舌母音은 F1, F2 차가 크고 後舌母音은 F1, F2 차가 적다고 알려져 있으며 前舌母音의 경우 혀의 가장 높은 부위와 입천장까지 간격이 멀수록 F1이 높고 F2는 낮아지며 後舌母音의 경우 咽頭的 간격이 좁혀진 부분이 聲門에서 멀어질수록 F1이 낮아지고 입술이 오무러질수록 F2의 진폭이 줄어든다고 알려져 있다. F1은 입안의 뒤쪽 및 목구멍에서 나는 共鳴에 기인하는데 이것은 咽頭腔의 공간에 기인한다. 咽頭腔은 혀의 높이에 따라 달라지며 혀의 높이가 높을수록 咽頭腔은 넓어지고 F1은 낮아진다. F2는 혀의 가장 높은 부분을 기준으로 입안의 앞쪽의 共鳴에 기인하는데 곧 共鳴室의 길이에 좌우된다는 의미이다.

本 研究에서는 顎顏面畸形患者중 下顎前突症患者만을 對象으로 하되 연령을 16세에서 26세로 제한하였으며 同年輩의 正常 咬合者들을 發音과 比較研究하였다. 本 研究에서는 下顎枝矢狀分割骨切斷術과 下顎枝垂直骨切斷術을 사용하여 下顎骨을 後退 시켰으며, 이럴 경우 咽頭腔의 共鳴室 및 口腔의 共鳴室의 크기가 手術後에는 줄어들게되며 時間이 經過함에 따라 咽頭腔은 원래의 容積으로 돌아가는 경향이 있다.

研究結果 對照群으로 설정한 正常群의 母音 Formant는, 다른 先學들의 研究에서와 같이 前舌母音(ㄱ, ㅋ, ㆁ)의 F2-F1의 값이 後舌母音의 F2-F1의 값보다 유의할만큼 크게 나타났으며, 남녀 별로는 여자의 Formant가 남자보다 20% 이상 높게 나타났다.

顎矯正手術後 1年 經過時 母音 發音의 改善率을 각 音別 判別分析한 결과 남성은 前舌母音중 'ㄱ'에서 가장 높았고, 後舌母音 'ㄱ' 와 'ㄷ' 및 前舌母音 'ㄴ'의 순이었다.

여성의 경우에는 後舌母音 'ㄷ'에서 가장 높은 반면 다른 母音에서는 改善率이 낮았다.

手術後 남녀간의 改善音의 차이가 발생하는 것은 相關關係가 없으며, 주로 남녀 모두 後舌母音에서 改善率이 높게 나타나고 있다.

顎矯正手術後 2年 經過時 母音 發音의 改善率을 각 音별로 判別分析한 결과 남성에서는 前舌母音 'ㄱ'와 後舌母音 'ㄱ'에서 가장 높은 改善率을 보인 반면 여성에서는 前舌母音 'ㄱ'에서 改善

率이 가장 높았다.

手術後 1年 經過時와 比較할때 전체적으로 20% 以上の 發音 改善率을 보였다. 따라서 發音 異常이 관찰된 音에서는 그 改善이 확인되었으나 전반적으로 볼때 下顎前突症患者의 下顎骨後退術로인한 母音의 發音改善은 유의할만한 수준이 아니었다. 이는 下顎骨後退術로 줄어드는 共鳴腔의 크기는 母音 發音에 유의할 만큼 영향을 미치지 못한다는 의미로 볼 수 있다.

-子音의 發聲 持續時間-

子音은 口腔의 여러 부위에서 호기가 차단되며 破裂 또는 摩擦등에 의하여 발생하는 音이다. 子音은 혀나 입술을 통해 空氣의 흐름이 위축되면서 생기며 有聲音, 無聲音이 모두 존재한다. 空氣의 흐름이 咽頭에 들어가서 口蓋帆咽頭瓣膜에 의해 口腔과 鼻腔으로 전달되는데, 이 口蓋帆咽頭瓣膜의 開閉 程度는 子音의 발생과 關係가 깊다.

子音의 音響 指標는 母音과 다르며 그 특성에 따라 研究方法이 다른데 일반적으로 周波數를 중심으로 그 존재 범위에 대한 研究와 發聲 持續時間의 研究 및 후속 母音의 Formant 周波數의 변이를 研究하는 方法등이 있으며, 최근에는 컴퓨터를 이용한 線形豫測係數를 사용하는 方法이 소개되고있다.¹²⁾

한글 子音을 분류하여 보면, 먼저 發音되는 位置에 따라서 唇音(ㄱ, ㅋ, ㆁ, ㆁ), 舌音(ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㄷ, ㄱ, ㆁ), 軟口蓋音(ㄱ, ㅋ, ㆁ, ㆁ), 硬口蓋音(ㄱ, ㅋ, ㆁ), 喉音(ㅎ)등으로 나눌 수 있고 發音 방식에 따라서 子音을 나누어 보면, 破裂音 - 口蓋帆이 올라가서 鼻腔 통로를 막고 숨이 口腔內의 어느 부위에서 완전히 閉鎖되거나 그것이 破裂되면서 나는 소리(ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅋ, ㅌ, ㅍ), 摩擦音 - 口腔內의 어느 부위에서 만들어진 틈을 공기가 빠져나가면서 摩擦을 일으켜 나는 소리(ㄹ, ㄴ, ㅎ), 鼻音 - 口腔內의 어느 부위가 閉鎖되고 口蓋帆이 내려가 공기가 鼻腔으로 流出되면서 나는 소리(ㅇ)등으로 나눌 수 있다.²⁷⁾

子音은 先行 또는 後續 母音의 영향을 많이 받아서 같은 音素라 하여도 물리적으로 다른 成分으로 이루어져 있는 경우도 있고, 母音에 비하여

持續時間이 짧고 높이와 強度도 약해서 그 實體를 파악하기 힘들기 때문에 이에 대한 研究가 比較적 적다.

本 研究에서 對象으로한 下顎前突症患者들은 下唇이 上顎 前齒에 닿지 않아서 唇音의 調音에 영향을 주게 된다. 上顎 前齒部가 唇側 傾斜 되었을 경우가 대부분이기 때문에 양 입술이 닿기 어려워서 兩唇音을 發音할 수 없어서 唇齒音을 내게된다.

空氣의 흐름이 직접 전방으로 쉽게 전달되지 못하면 齒擦摩擦音이 變形되게된다.^{2,4)} 下顎前突症이 있으면서 水平性被蓋咬合이 과도한 患者의 경우에는 上唇에 대해 下顎 前齒가 부정확하게 位置하고 있어 'v'등과 같은 唇齒音을 내는데 障礙가 생기며, 審美的 變形도 있다. 혀의 位置가 낮거나 後方位置 되거나 수축이 제대로 되지 못하면, 舌口蓋音인 's'나 'z'도 때로 變形된다.⁴⁾

Palmer, Martin등은 II, III급 不正咬合 및 開咬에서 혀짜래기소리(lisping)가 생김을 지적하였고, III급 不正咬合의 경우 兩唇音인 'p','b','m', 齒擦音인 's','z', 齒槽音인 'f','t','d','n'의 發音에 異常을 보인다고 하였다. 특히 's' 發音시 下顎이 뒤로 당기어져 전치부 관계가 切端대 切端 狀態가 되어야 하는데, 이것이 불가능한 경우 혀를 上顎前齒의 切端에 대고 發音하기 때문에 혀짜래기 소리가 난다. Subtelný는 臼齒部 開咬의 경우 舌側前衛形 혀짜래기소리가 隋伴된다고 하였다.^{32,33)}

보다 精確한 分析을 위해서 本 研究에서는 컴퓨터에 직접 아날로그 신호를 入力하여서 자동으로 디지털신호로 變化 시키게 되므로 종래의 分析 보다 훨씬 時間이 절약되고 分析의 오차를 최소로 할 수 있는 잇점이 있었다. 子音의 發聲 持續時間이란 完全 閉鎖의 持續 時間과 그에 잇따른 子音 효과의 持續時間을 말한다.³⁾ 本 研究에서는 子音의 持續時間은 화면상에서 추출하여 즉시 스피커를 통해 精確한 추출여부를 확인할 수 있었다. 그 결과 男女間의 子音持續時間의 차이는 's'音에서 남자가 유의할 만큼 길게 나타났으며 다른 音에서는 유의할만한 차이는 없었다. 正常, 非正常을 보는 判別分析 결과 남성에서는 'ㄴ','ㅅ','ㅈ','ㅋ'音에서 유의할만큼 非正常이 보였

으며, 여성에서는 'ㄴ','ㄹ','ㅁ','ㅂ','ㅌ'音에서 非正常이 많았다. 顎矯正手術 1年 經過後 子音 發音 改善率의 각 音別 判別分析에서 남성은 硬口蓋音 'ㄷ'의 完全 改善을 보였으며 다음으로 唇音 'ㅂ', 舌音 'ㅅ', 軟口蓋音 'ㄱ','ㅋ'의 順 이었으며, 여성에서는 軟口蓋音 'ㅇ','ㄱ'의 改善率이 높았다. 顎矯正手術 2年 經過後 子音 發音 改善率의 각 音別 判別分析에서 남성과 여성 모두에서 唇音 'ㅁ','ㅇ', 舌音 'ㄴ'을 제외한 모든 子音에서 높은 改善率을 보였다. 手術 1年 經過時와 比較할 때 時間의 經過에 따른 改善率이 더욱 높아짐을 볼 수 있었다.

이는 下顎前突症患者가 이들 音의 發音時 正常群 보다 혀를 오랫동안 上顎 前齒 切端에 대고 發音해야만 正常人과 유사한 發音이 나올 수 있다고 여겨지므로, 이들 子音의 發聲 持續時間이 길어지게 된 것으로 사료되며, 手術後에는 이러한 문제점들이 해결됨으로써 그 持續時間이 正常群에 가까운 수준으로 줄어든 것으로 생각된다.

以上の 결과에서도 보았듯이 下顎前突症患者를 비롯한 顎顔面畸形患者의 顎矯正手術時 審美的 增進뿐만 아니라 機能的 改善이 중요한데 이를 機能的으로 평가할 수 있는 方法이 제한되어 있으며, 그 중 한 方法으로 sound sonography를 이용한 母音의 Formant 變化和 子音持續時間을 測定하여 發音의 變化를 研究하였다. 앞으로 持續的인 研究를 위하여 필요한 것은 研究 對象者의 數를 더하여 正常人의 發音標準化는 물론 顎顔面畸形患者의 數를 더하여, 發生될 수 있는 誤差를 가능한 한 줄이는 것이 무엇보다도 중요하다고 본다. 本 研究에서 2年 동안 계속적으로 檢査하였으나 患者의 追跡에 어려움이 많았다. 또한 저자들은 檢査시 方法의 標準化를 위해 노력하였으나 研究 對象者의 통일된 협조가 필요하고 錄音을 위한 완전한 防音室의 구비 및 경험의 축적이 필요하며 기계의 효율성이 단순한 단계에 있으므로 이를 보충하는 작업이 필요하리라 생각된다.

V. 結 論

著者は顎顔面畸形患者中 下顎前突症患者 남녀 각각 10명씩 총20명을 대상으로 發音障礙 여부와 顎矯正手術後 그 改善 여부를 分析하기 위하여 正常咬合者 남녀 각각 10명씩 총20명을 正常群으로 설정하고, 正常群과 下顎前突症群의 術前, 術後 12個月, 24個月을 기준으로 發音을 錄音 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 下顎前突症群의 母音 發音異常者數를 각 音別 判別分析한 結果 남성은 前舌母音중 '기'와 '이'의 發音異常이 80%로 가장 높았으며, 여성은 전체 母音에서 70% 以上이 發音異常을 보였다.
2. 顎矯正手術後 1年 經過時 母音 發音의 改善率을 각 音別 判別分析한 結果 남성은 前舌母音중 'ㅏ'에서 가장 높았고, 後舌母音 'ㅓ'와 'ㅕ' 및 前舌母音 '이'의 순이었다. 여성의 경우에는 後舌母音 'ㅕ'에서 가장 높은 반면 다른 母音에서는 改善率이 낮았다. 手術後 男女間의 改善音의 차이가 발생하는 것은 相關關係가 없었으며, 주로 남녀 모두 後舌母音에서 改善率이 높게 나타났다.
3. 顎矯正手術後 2年 經過時 母音 發音의 改善率을 각 音別로 判別分析한 結果 남성에서는 前舌母音 '기'와 後舌母音 'ㅓ'에서 가장 높은 改善率을 보인 반면 여성에서는 前舌母音 'ㅏ'에서 改善率이 가장 높았다. 手術後 1年 經過時와 比較할 때 전체적으로 20% 以上の 發音 改善率을 보였다.
4. 子音의 發音異常을 각 音別로 判別分析한 結果 남성은 舌音 'ㅅ'에서 發音 異常者가 8명으로 가장 많았으며, 여성에서는 唇音 'ㅍ'과 舌音 'ㄴ'에서 가장 많았다. 전반적으로 唇音과 舌音에서 發音異常이 많아서 50% 以上을 차지했다.
5. 顎矯正手術 1年 經過後 子音 發音 改善率의 각 音別 判別分析에서 남성은 硬口蓋音 'ㅈ'의 完全 回復을 보였으며 다음으로 唇音 'ㅍ', 舌音 'ㅅ', 軟口蓋音 'ㄱ', 'ㅋ'의 順 이었으며, 여성에서는 軟口蓋音 'ㅇ', 'ㄱ'의 改善率이 높았다.

6. 顎矯正手術 2年 經過後 子音 發音 改善率의 각 音別 判別分析에서 남성과 여성 모두에서 唇音 'ㅍ', 'ㅌ', 舌音 'ㄴ'을 제외한 모든 子音에서 높은 改善率을 보였다. 手術 1年 經過時와 比較할 때 時間의 經過에 따른 改善率이 더욱 높아짐을 볼 수 있었다.

參考文獻

1. Bell, W.H.: Modern practice in orthognathic and reconstructive surgery 1st ed. Vol. 2, 1687-1734 W.B. Saunders Co. Philadelphia 1992.
2. Witzel, M.A., Ross, R.B. and Munro, I.R.: Articulation before and after facial osteotomy. J. Maxillofac. Surg., 8:195-202, 1980.
3. Subtelny, J.D., Sakuda, M.: Open bite: Diagnosis and treatment. Am. J. Orthod. 50:337-358, 1964.
4. Guay, A.H., Maxwell, D.L. and Beecher, R.: A radiographic study of tongue posture at rest and during the phonation of /s/ in Class III malocclusion. Angle Orthod. 48:10-22, 1978.
5. Kawamura, Y.: Neuromuscular mechanisms of jaw and tongue movement. JADA, 62:545-551, 1961.
6. Mikell, B.R.: Recognizing tongue related malocclusion. Int. J. Orofacial Myology, 10:3-7, 1985.
7. 황선용, 이상철, 류동목: 설소대 성형술이 발음 및 혀의 운동에 미치는 영향에 관한 연구. 경희치대는문집, 13:2:785-799, 1991.
8. Subtelny, J.D., Koepf-Baker, H.: The significance of adenoid tissue in velopharyngeal function. Plast. Reconstr. Surg., 17:235-250, 1956
9. 김기달: 개교환자의 발성에 관한 언어 음성학적 연구. 대한치과교정학회지, 21:287-307, 1991.
10. 임철중: 구개도에 의한 부정교합자의 마찰음에 관한 연구, 대한치과보철학회지, 8:1: 56-64, 1968.
11. 김기달, 양원식: Sound spectrograph를 이용한 개교환자의 한국어 자,모음의 발성에 관한 연구. 대한치과교정학회지, 15:55-66, 1985.
12. 우이형, 최대균, 박남수, 최부영: 구개상이 발음에 미치는 영향에 관한 컴퓨터 분석. 경희의학, 4:1:34-42, 1988.
13. 최창규, 우이형, 박남수: 구개상의 형태 변화가 발음에 미치는 영향에 관한 음향학적 연구. 경희치대 논문집, 11:143-162, 1989.
14. 이현복: 전기인공구개도에 의한 우리말의 음성학적 연구와 언어장애자 치료. 한글 170:1-47, 1980.
15. Flanagan, J.L.: Voice of men and machines. J. of Acous. Soc.Am. 51: 1375-1381, 1972.

16. Atal, B.S.: Effectiveness of linear prediction characteristics of the speech wave for automatic speaker identification and verification. *J. Acoust. Soc. Am.*, 55: 1304-1312, 1974.
17. Flanagan, J.L.: *Speech analysis synthesis and perception*. 2nd ed. Springer-Verlag: 205-276, 1972.
18. Hufnagle, J. and Pullon, P.: Speech considerations in oral surgery: Part II. Speech characteristics of patients following surgery for oral malignancies. *Oral Surg.*, 46:354-361, 1978.
19. Bowers, J., Tobey, E.A. and Shaye, R.: An acoustic speech study of patients who received orthognathic surgery. *Am. J. Orthod.*, 88:373-378, 1986.
20. Dalston, R.M., Vig, P.S. : Effects of orthognathic surgery on speech : A prospective study. *Am. J. Orthod.*, 86:291-298, 1984.
21. Garber, S.R., Speidel, T.M. and Marse, G.M.: The effects on speech of surgical premaxillary osteotomy. *Am. J. Orthod.*, 79:54-62, 1981.
22. McDonald, E.T.: Speech considerations in cleft palate prosthesis. *J. Pros. Dent.*, 1:637-639, 1951.
23. Trost, J.E.: Articulatory additions to the classical description of the speech of persons with cleft palate. *Cleft Palate J.*, 18:193-203, 1981.
24. Morris, H.L.: Velopharyngeal competence and primary cleft palate surgery. 1960-1971: A critical review. *Cleft Palate J.*, 10:62-71, 1973.
25. Subtelny, J.D., Van Hattum, R.J. and Meyers, B.B.: Ratings and measures of cleft palate speech. *Cleft Palate J.*, 9:18-27, 1972.
26. Glass, L., Knapp, J. and Bloomer, H.H.: Speech and lingual behavior before and after mandibular osteotomy. *J. Oral Surg.* 35: 104-109, 1977.
27. 최진태 : 주파수 분석에 의한 한글 음성 특성. 전기 통신 연구소보: 11:22-49, 1970.
28. 김종민 : 어음명료도 검사를 위한 우리말 어음표의 규격화에 대한 연구. *한이인지*, 18:4:347-354, 1978.
29. Fisher-Jørgensen, E.: What can the new techniques of acoustic phonetics contribute to linguistics? *Proceedings of the VIII International Congress of linguists, Oslo.* 433-478, 1958(cited from 1).
30. Peterson, G.E., Barney, H.L.: Control methods used in a study of Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 24:175-184, 1952(cited from 1).
31. Nunota, E.: Study on speech by person with malocclusion. Part 1: On the vowels and the "s" series in Japanese. *日口病誌* 32:392-404, 1965.
32. Frank, B.: A rationale for closer cooperation between the orthodontist and the speech and hearing therapist. *Am. J. Orthod.*, 41:571-582, 1955.
33. Subtelny, D. and Subtelny, J.: Malocclusion, speech and deglutition. *Am. J. Orthod.*, 48:685-697, 1962.