

개교환자의 발성에 관한 언어 음성학적 연구

서울대학교 치과대학 치과교정학교실

김 기 달 · 양 원 식

목 차

- I. 서 론
- II. 연구 자료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 영문 초록

I. 서 론

현대임상의학은 인체 각 기관의 정상적인 기능회복과 유지를 목표로 하고 있다. 치과 교정학은 부정교합을 정상교합이 되도록 해줌으로써 기능적 회복(저작, 발음)과 심미적 개선등을 목표로 한다.

언어의 목적은 사람들 서로간의 의사전달에 있으며 이에 따라 사회생활이 이루어 지고, 인류의 문화발전 또한 이루어져 왔다. 따라서 언어를 명확하게 구사하고, 정확하게 청취하여 이해하는 것은 매우 중요하며, 개인의 사회 생활에 있어서의 성패를 좌우할 수도 있다²⁸⁾.

언어 장애가 있는 사람에게는 의사소통의 장애는 물론 열등감, 정서장애, 성격이상, 사회 부적응 등을 일으키며 심지어는 인격형성에 까지 심각한 문제를 야기시키게 된다²⁹⁾.

음성학에서는 말하는 사람과 듣는 사람 사이에서 이루어지는 언어 성립 과정을 발성 및 조음 기관의 움직임과 역할에 대한 연구(조음음성학)와 공기중의 음파가 갖는 성질의 연구(음향음성학) 및 청각기관의 기능에 대한 연구(청음음성학)등 3단계로 나누어 고찰하고 있다^{5,10)}.

이들 조음, 음향, 청음의 3자 사이에는 긴밀한 상호 연관이 존재한다. 이중 조음, 음향 음성학 분야는 과학의 눈부신 발전에 따라 괄목할 만한 연구결과들이 많이 발표되고 있으나, 의사소통의 최종수단이라고 할 수 있는 언어에 대한 청각기관의 기능과 인지작용(perception)에 대한 연구 즉 청음음성학 영역은 아직 미개척 분야로 남아 있다.

인간의 음성기관은 발동기관(폐, 후두, 후부구강), 발성기관(성대), 조음기관(식도, 인두, 목젖, 치아, 치은, 구개, 혀, 입술) 및 공명기관(구강, 비강, 부비강)으로 구성된다.

폐로 흡입된 공기는 호기(expiration)가 되어 기관지와 기관을 거쳐 후두로 보내져서 성문(glottis)을 지나면 소밀파가 되고 이것이 구음(articulation)과 공명의 영향을 받아 비로소 우리 귀에 들려오는 음성 즉 말로서 감지된다¹⁾.

따라서 구음기관의 한 구성물인 치아의 배열에 이상이 있는 부정교합자는 일반적으로 교합장애 및 발음 장애를 갖고 있음이 여러 학자들

에 의해 보고된 바 있다⁵⁰⁾.

Graber는 발음장애가 호발되는 부정교합으로서 전치부의 개교, II급 1류 부정교합중 구강주위근의 이상을 수반하는 심한 overbite, overjet를 가진 경우, III급 부정교합중 전치부 접촉이 없고, 하순의 기능저하 및 설기능의 이상이 있는 경우라고 한 바 있으며 이들 부정교합에서의 발음 장애로는 개교의 경우 치찰음 /s/, /z/, /f/ 및 양순음 /p/, /b/, /m/ 에서 보이며, II급 1류 부정교합에서도 치찰음 및 양순음에서, III급 부정교합의 경우 치찰, 파열음 /p/, /t/, /b/, /d/, /g/ 에서 이상이 있다고 하였다⁴⁶⁾.

음성에 관한 음향학적 연구로 1947년 Potter 등이 "Visible Speech"란 단행본을 발간하여 음성연구의 기초를 이루는데 크게 공헌한 바 있고, 그에 따른 sonagraph의 개발로 물리음향학적 연구는 급진적으로 발전하게 되었다.

이 sonagraph는 복잡한 음성을 객관적으로 관찰할 수 있도록 고안된 기계로서, 음성을 전기적 에너지로 바꾸어 전감지에 음의 강약에 따른 음의 강도가 명암(darkness)으로 나타나며, 종축엔 주파수, 횡축엔 시간이 기록되므로 이를 쉽게 관찰할 수 있다²⁷⁾. 현재까지의 모음에 대한 음향학적 연구 가운데 가장 중요한 음향지표는 formant(어근결정소)로 나타나는 주파수상의 분포상태인데, formant라는 것은 유사주기 복잡파(quasi-periodic complex wave)를 배음분석(Fourier analysis, harmonic analysis) 했을 때, 에너지 분포가 특정한 어느 주파수를 중심으로 밀집된 배음 주파대를 말한다^{4,59)}. 이에 따라 나타난 첫번째 배음 주파대를 제1 formant라 하고 F_1 이라고 표기하며, 두번째 배음 주파대는 제2 formant라 하고 F_2 라 표기하며 세번째 및 네번째의 formant는 통상적으로 F_3 , F_4 로 표기하고 있다⁶⁾.

Fisher-Jørgensen은 청음인지에 제 1, 2 formant가 결정적인 역할을 한다고 하여 two formant설을, Peterson은 제3 formant를 포함시켜 three formant설을 주장한 바 있다.^{42,54)}

최근 전자산업의 눈부신 발전에 따라 이같은

formant frequency 분석에 computer를 사용하게 되었으며, 이에 따라 현재까지 선형예측계수 (Linear Prediction Correlation; LPC) 또는 그로부터 추출된 파라미터가 자동음성인식에 가장 효과적인 수단으로 알려져 있다^{18,22,49)}.

이에 따라 부정교합자의 발음이상을 컴퓨터를 사용하여 LPC 및 three dimensional sound spectrograph를 이용한 음향검사를 시행하여 연구 분석하였다.

아울러 청음음성학 측면에선 발음 이상이 청음자에게는 어떻게 들리는지의 어음 명료도 검사를 시행하였고 조음 음성학적 측면에선 조음 기관 중 일부인 구강 주위근육(perioral muscle)의 근전도 및 혀의 힘 측정을 통한 기능검사를 시행하였다.

부정 교합자 중 특히 개교 환자의 발성에 대하여 이상과 같은 다각적인 조사, 분석을 하고 정상 교합자의 발성과 비교 검토한 바, 흥미 있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 자료 및 방법

(1) 연구 자료

A. 대조군

1. 보철 치료의 경험 및 결손치가 없이 비교적 양호한 교합상태를 가진자
2. 과거력 및 현 병력상 청음 및 발성에 관여하는 기관에 이상이 없는자
3. 발음 검사를 통과한 자

표준말을 사용하는 한국인 중 위와 같은 일련의 예비검사를 통하여 선택한 22-26세의 여자 6명³⁾

B. 참조군

표준 발음을 구사하는 것으로 사료되는 방송국 여자 아나운서 6명

C. 부정교합자군

전방부 개교환자로서 18-25세의 여자 6명
(표 1 참조)

표 1. 부정교합자의 두부방사선 규격사진 계측 항목

Patients	A	B	C	D	E	F
Overbite (mm)	-1.0	-3.0	-6.5	-3.0	-4.0	-4.0
Overjet (°)	1.0	2.0	0	2.0	4.0	1.5
SNA (°)	82.0	75.0	76.5	78.0	79.0	71.4
SNB (°)	80.5	77.0	79.0	77.5	77.0	73.3
ANB (°)	1.5	-2.0	-2.5	0.5	2.0	-1.9
ODI (°)	50.0	56.5	61.0	75.0	68.0	46.0
APDI (°)	89.0	78.0	92.5	90.0	84.5	84.0
U-1 to FH (°)	113.5	116.0	122.5	114.0	112.5	124.6
IMPA (°)	76.0	91.5	88.0	93.0	79.0	75.2

(2) 연구방법

A. 사용기재

1. 음성분석

1. ILS / PC 1 software, IBM PC /386
2. A/D, D/A converter (Signal Technology Inc. U.S.A.)
3. Low pass filter
4. Teac cassette tape recorder (Model : V909RX)
5. Shure microphone
6. Anechoic chamber

2. EMG 및 Strain 측정 (그림1)

1. Integrated EMG 용 physiograph ; MK-IV Narcobiosystems

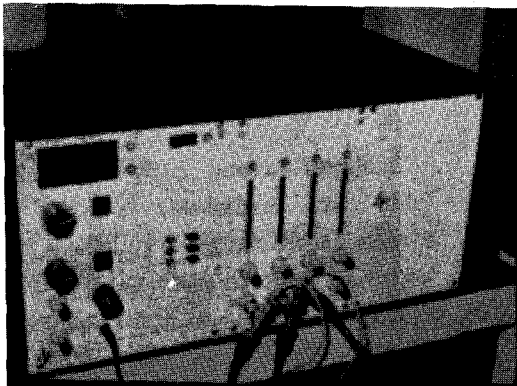
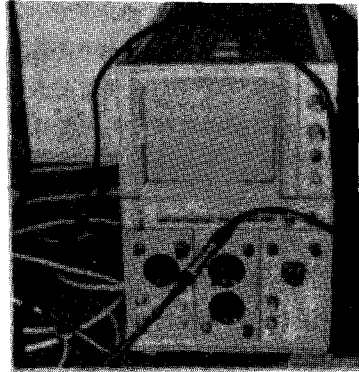
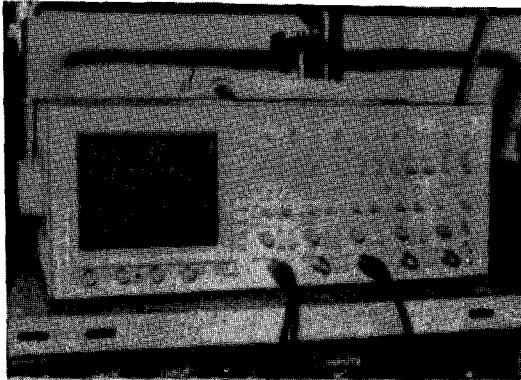


그림 1. Oscilloscope ; 20MHZ(DSO)1604 Tektronix 5223 digitizing oscilloscope

2. Oscilloscope : 20 MHZ (DSO) 1604
Tektronix 5223 digitizing oscilloscope
3. VTR
4. Strain gauge (일본 Kyowa electronic instrument Co. Ltd., PS-2KA (2 Kg/cm² 용량))

B. 어음 재료

1. 모음 : 한국어 단모음(ㅏ, ㅓ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ, ㅡ, ㅣ)
2. 자음 : 마찰음 (ㅅ, ㅎ)
파찰음 (ㅈ, ㅊ)
3. 회화 어음 중 빈도가 많은 400단음절²⁷⁾

이요어가그지다는아니하나고을은에서
만구게안도일시기까해한사말자야들으
거내일갯면의보업오두마테무수췌여길
주인업감정생군제대네세건저모할했신
집부우알에되소실전죽원결좀더금간못
각장상십너방누부테선님뵤음앗난애때
미봐섯차계잘입디든왜드버와머음진문
히잔을늘심치당물날단살애경웠쳐나조
동순참남들엄학바적씨뫼비갈함먹터식
화직만반새언운찬손됐결유교던날셔통
또스행돼변위계달돈성얼병마박질혼길
형피불씀작점편관양재쪽과느절중긴연
잡감너속노글용천곰뵤반습잠감져찾개
끼불엔망겨괘늦희배세위취문담국든쓰
죽체명별영은울뵤발약타호골질허뵤텐
겹늬집담친격된함물목역열골곳본순틀
눈뫼뫼엿밤삼압책강근매의닉겼간빠벌
개막부출판뵤산죄태꼭노민석설임췌머
뵤젠큼닌뵤엿웅출날대맘울회백본씨
칭네늘다픈먼째키팔견귀급년덕쳐격구
덜싸준채충떡맘왕웬짜적첼타토편나달
몸어활특뫼저악출첼특큰파쉬택후집넌
뫼뵤뵤송쇼현려힘섯금독뵤뵤때찰추켜
표확글넛뵤뵤뵤뵤뵤

* 녹 음

일정한 발음을 위하여 녹음 전에 발음 훈련을 시행하여 일정한 세기와 길이로 발성할 수 있도록 하였다.

녹음은 방음된 녹음실에서 피검자로 하여금 마이크 전방 약 20cm 거리에 편안히 앉게 하고, VU meter로 0~+3dB 범위내로 발성되도록 하였다(그림 2).

미리 작성된 어음표에 따라 발성시키어 녹음하되, 한 음절 발성후 약 2-3초 정도의 간격을 둔 후 다음 음절을 발성케 하였으며, 녹음은 고음질의 자기 tape를 사용하였다.



그림 2. 방음실에서의 녹음 장면

* 분 석

녹음범위는 12 KHz까지 하였고, anti-aliasing을 위해 elliptic function filter로써 5 KHz까지 data를 한정시켰다.

또한 analog signal을 digital signal로 전환시키기 위해 A/D, D/A converter를 사용하여 음성부분을 입력하였다.

digital signal은 ILS / PC-1 software (Siganl Technology Inc, U.S.A)를 이용하여 IBM PC 386에서 LPC로 분석한 후 3차원 spcctrum과 (ILS PC-1, SPC Command)과 formant picking을 수행하여 자음의 발성 지속시간과 모음의 formant를 구하였다 (ILS PC-1, RSO Command)⁴⁹⁾.

C. EMG 검사

Netsell등⁵¹⁾의 방법에 따라 피검자로 하여금 편안한 자세를 취하게 한 후 구강주위근에서 상순에는 비익 (ala of nose) 하방 5mm 쯤에 좌·우 한개씩, 하순에는 견치를 덮는 부위쯤에 표면전극을 잘 고정시키고 (그림 3) 피검자를 안정시킨 후 /마/음을 5회, /바/, /파/, /사/도 5회 발성시켜서 EMG를 기록하였다.

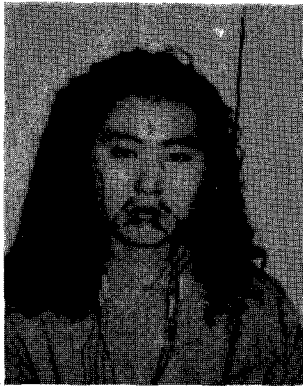


그림 3. 표면전극의 부착 위치

D. Strain gauge 검사

plastic rod 끝에 strain gauge를 고정시키고, 이 rod를 상·하악 중절치 사이에 치아의 절단면과 수직으로 놓이도록 손으로 잡고, 혀로 이 rod 끝에 부착된 strain gauge를 7초간 최대로 밀어내도록 하되, 충분히 쉬어가며 3회를 실시하였다³⁹⁾.

이때 oscilloscope상에 나타난 상을 기록하였다.

동일한 방법으로 좌측 상·하악 견치와 제 1 소구치 사이에서도 측정하고 우측 상·하악 견치·제 1 소구치 사이에서도 측정하였다.

일정한 무게를 같은 strain gauge에 올려

놓았을 때의 oscilloscope 상의 변위를 참고로 하여 각 부위의 혀의 힘을 환산하였다.

E. 어음 명료도 측정

우리의 일상 생활 중에 가장 흔히 사용되는 회화어음 400단음절을 기록한 어음표를 전과 같은 방법에 따라 녹음하였다.

이를 정상인 5명을 하나의 청취군으로 하여 개교군, 대조군, 참조군 (아나운서)의 각각의 발음에 대하여 들리는 대로 기록시킨 후 오청의 수를 구하여 오청율을 조사하였다¹¹⁾.

III. 연구성적

1. 모 음

한국어 단모음 8개에 대한 대조군과 개교군의 모음 formant frequency를 분석, 조사한 결과 /ㅏ/, /ㅓ/, /ㅗ/, /ㅜ/의 F₂가 낮아지고 (표2) /ㅓ/, /ㅗ/의 F₁도 이상을 보였다 (그림 4, 5 및 표2 참조).

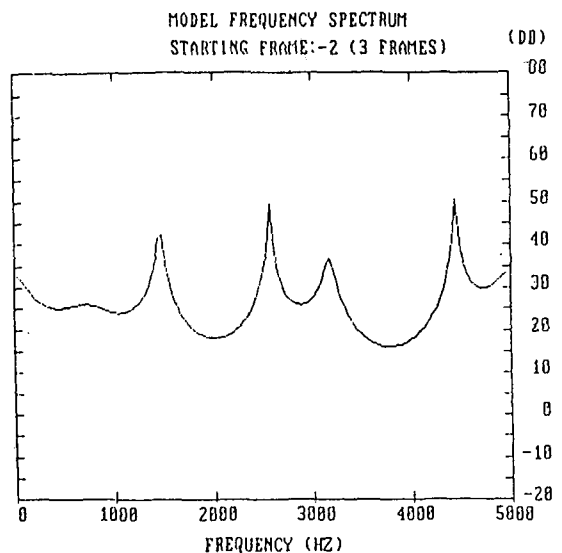


그림 4. /ㅏ/의 formant picking

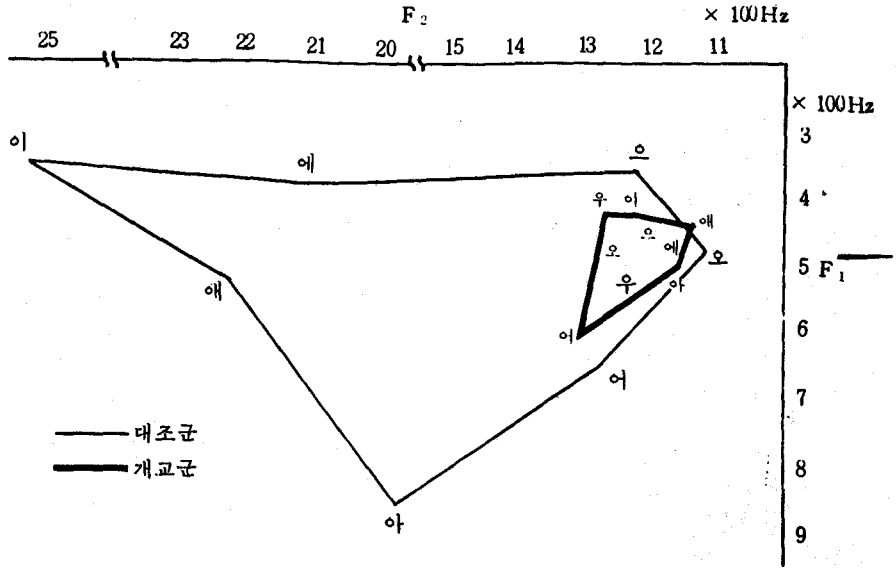


그림 5. 대조군과 개교군의 모음 formant도표

표2. 모음 FORMANT FREQUENCY

(단위 : Hz)

	대조군		개교군			대조군		개교군		
	평균	표준편차	평균	표준편차		평균	표준편차	평균	표준편차	
ㅣ	F ₁	857	153	510*	225	F ₁	479	205	468	86
	F ₂	1576	147	1171*	254	F ₂	1119	266	1248	253
	F ₃	2877	252	2090**	401	F ₃	3087	281	2195**	306
	F ₄	3504	353	2974	557	F ₄	3799	466	3142	419
ㅁ	F ₁	526	183	437	133	F ₁	498	150	418	150
	F ₂	2262	289	1138***	126	F ₂	1204	259	1272	208
	F ₃	3225	263	2147***	210	F ₃	2598	479	2245	308
	F ₄	4088	195	3106***	318	F ₄	3505	360	3206	393
ㅣ	F ₁	668	71	609	123	F ₁	360	87	452	141
	F ₂	1278	277	1304	234	F ₂	1235	245	1229	252
	F ₃	3084	331	2254**	389	F ₃	2876	382	2127**	370
	F ₄	3982	130	3247	583	F ₄	3758	454	3188	486
ㅣ	F ₁	385	84	498**	50	F ₁	356	106	419	102
	F ₂	2105	69	1153*	279	F ₂	2521	269	1226***	206
	F ₃	2882	170	2820	330	F ₃	3278	277	2093**	358
	F ₄	3399	216	3282	291	F ₄	3946	303	3067*	523

** : P < 0.01

* : P < 0.05

2. 자음의 발생지속시간.

three dimensional spectrum - magnitude squared mode를 이용하여 대조군과 개교군의

일부 자음의 발생지속시간을 조사한 결과 /ㅎ/, /ㅈ/에서는 유의한 수준으로 길어졌고 /ㅅ/, /ㅆ/의 발생지속시간도 길어지는 경향을 보였다(그림 6, 7 및 표3 참조).

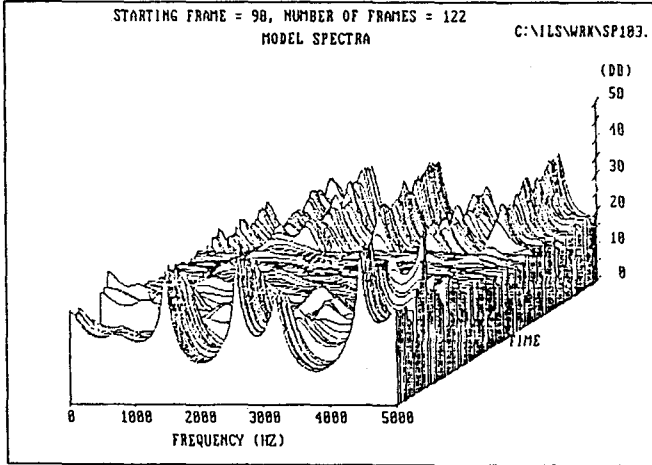


그림 6. /ㅅ/의 3차원 spectrum

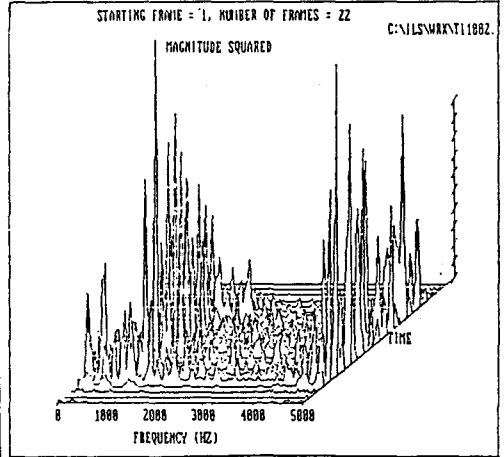


그림 7. 자음 발생 지속 시간 계산을 위한 3차원 spectrum

표3. 자음의 발생지속시간

(단위 : msec)

	대조군		개교군			대조군		개교군	
	평균	표준편차	평균	표준편차		평균	표준편차	평균	표준편차
ㅅ	66.8	13.2	85.3	35.0	ㅆ	35.6	15.5	51.3	0.2
ㅎ	106.5	14.4	72.1*	19.2	ㅈ	92.3	14.2	149.3*	37.8

* : P < 0.05

3. EMG검사

대조군과 개교군의 일부자음의 발생시 상순 및 하순의 근전도를 계측한 결과 특히 상순에서 유의한 수준의 근육활동이 관찰되었다(그림 8 및 표4 참조).

4. Tongue force

strain gauge를 사용하여 대조군과 개교군의 혀의 힘을 측정된 결과 개교군은 대조군보다 비교적 약한 경향의 혀의 힘을 보였다(그림 9 및 표5 참조).

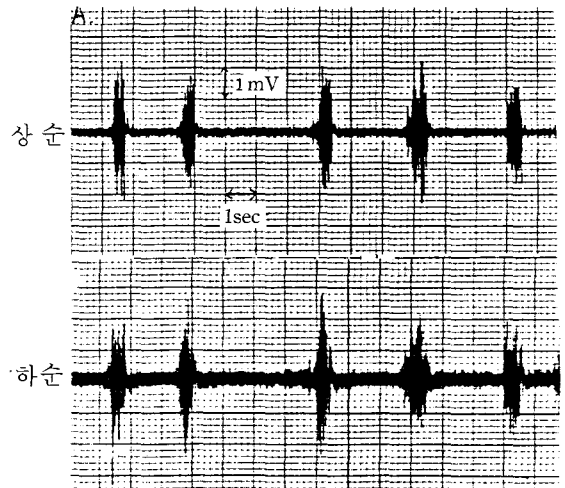


그림 8. /ㅍ/ 발음시 EMG상의 근전도 파형

표4. 자음발성시 상순 및 하순의 근전도

(단위 : mV)

	상 순					하 순			
	대조군		개교군			대조군		개교군	
	평균	표준편차	평균	표준편차		평균	표준편차	평균	표준편차
마	6.6	2.2	10.8**	7.1	마	16.9	10.1	16.3	7.9
바	7.4	2.8	10.5**	6.0	바	15.6	10.1	18.9	7.7
파	7.6	2.2	10.8**	6.4	파	17.9	10.1	18.7	7.1
사	2.9	1.5	1.9*	0.8	사	11.5	7.7	10.6	5.5

** : P < 0.01 * : P < 0.05

표 5. 각 계측 부위별 혀의 힘

(단위 : g)

계측부위 \ 구분	대조군		개교군	
	평균	표준편차	평균	표준편차
상하악 전치사이	632	336	616	168
상하악 좌측 견·소구치사이	816	280	776	352
상하악 우측 견·소구치사이	744	120	616**	168

** : P < 0.01

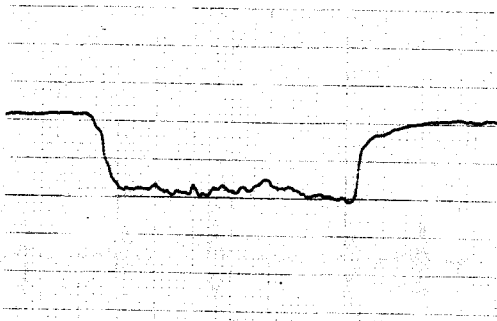


그림 9. strain gauge에 의한 혀의 힘 측정의 예

5. 어음 명료도 검사

참조군(아나운서), 대조군 및 개교군의 발음을 청취군에게 들려준 후 각 군별 오청음절수를 조사한 결과는 다음과 같다^{11,12,25)}(표 6).

표 6. 각 군별 오청 음절수

오청 음절수	참조군(아나운서)	대 조 군	개 교 군	
0	가길드빨실열일찰한 강난돌산써영잘철화 결날또생안온전출환 결나마말신알용졸친후 경논말실야위줄토(77음절) 고느면설아유지통절 교담명손어유통절 그문병수얼은적표절 기두본술연이찬필	가간갈건결견경고 골과교근근근기곡 꺼난교근근근기곡 들발교근근근기곡 성손발교근근근기 열에온와야알용위 이일잔전절정출 짜쪽찰천정출 평표피필하학한	가결견거견경고 글덜던던던던던던 터덜던던던던던던 말서야은하절 어이학	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
1	간근건간 던던던던 별별별별 양양양양 월월월월 참참참참 현현현현	강거겨국굴귀그까간 끌너너누눈노다도 된두드더뎌뎌뎌뎌뎌뎌 된두드더뎌뎌뎌뎌뎌뎌 빈빈빈빈빈빈빈빈 월월월월월월월월 위위위위위위위위 청청청청청청청청	간다도목불원제 망머신진한 손저평 잘평 일편(48음절) 월회	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
2	거된운짜 건될위천 거며일큰 관문잔택 국서장들절 글성접학절 꼭속중합 넙송중회 당을진	격날남너노늘당덕돈 덜떠막만무변복사상 셔섯속송송송송송송 요운울음음음음음음 큰키통과파행허차 후(46음절)	결관군귀기간남너 단담들때뜨면면면 의정죄짜책표행현 후(28음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
3	와별저 단빌주 담소써 덕순추 때스총 막싸터 머약힘 먹으 밤임	관와늘몸미바번보수 순술올왕웠의장조좁 취켜택판혼(23음절)	강구끝꺼난뇨다머 면반분비비상습친 잔잠조찌청총친 타(28음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
4	갈다불팔 간돌섯편 끼떠쇼확 남뎌시(30음절) 나무조 넌민집 너복치 누분키	감금눔독덜먼반백설 쌈약최틀(21음절)	간꼭날누님도덜따 막물유너스손심예 왕울유점점졸최틀 (27음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
5	까늘불빠 늘불빠 디팔땀만몸뒤 웃왔차켜품뒤 (17음절)	넙넙달담든뎌머먹박 별소쉬역음작잠치친 팔(19음절)	각국넌눔와동두목 물박본분불석순술 의합합합(30음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
6	끝나넙눔뎌든등따매 미방백부식씨음작적 제취해(21음절)	긴느될등때빠삼석입 제택해(12음절)	굴넙담몸바번삼쇼수 쉬시식십우운으을임 입작장주좁적참취 켜키백(30음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
7	네닌덜바석서와왕입 째저혀(12음절)	즘물밤본스습악웃질 짐처함(12음절)	갑꿈뎌백벌복봐속씨 역죽째과(13음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
8	갑되배버번법봤새역 읍준특(12음절)	각구꾸닌담적직층큼 (9음절)	금김늘넌될디담밤머 보부빠앗웠인취직짐 해(19음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
9	겁냥발습쌈압잡쯤채 큼(10음절)	냐배심참(4음절)	격꾸되양웃음지쪽 (9음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
10	격금늦담대담반봐십 업외탁(12음절)	겁개업층채추태특품 (9음절)	금당배엿외태(6음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
11	김개꿈목박섯세악왜 응(10음절)	계김늦담디매빨슨시 에엿취(12음절)	덕드무문송쌈업왜탁 특(10음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
12	격계막에최판(6음절)	격계법식세잡짐(7음 절)	매방억적짐채히(7음 절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)
13	각금녁대됐애엿직짐 파(10음절)	갑택되뒤십외외 (7음절)	계개냥녁늦대독담세 얇중품(12음절)	과고 논만 또또 살살 안안 위위 찰찰 하하 (70음절)

표 6.

오청 음절수	참조군(아나운서)	대 조 군	개 교 군
14	뿔 앓 (2음절)	급 좌 집 합 (4음절)	검 권 등 땃 법 석 잡 제 (8음절)
15	네 세 체 회 (4음절)	권 땃 섯 세 앓 억 응 회 히 (9음절)	내 네 땃 땃 든 봤 에 (7음절)
16	게 닷 압 문 손 재 저 찻 취 합 (10음절)	냥 뒤 압 (3음절)	눅 (1음절)
17	권 계 땃 억 인 (5음절)	게 네 닥 벨 새 엔 찻 체 (8)	대 데 뒤 엔 좇 찻 체 (8음절)
18	내 든 처 텐 (4음절)	대 좇 (2음절)	벨 (1음절)
19	넛 돼 좇 히 (4음절)	네 녀 닷 땃 든 애 재 텐 (8)	겨 재 (2음절)
20	닥 데 벨 엔 조 (5음절)	개 메 답 문 봤 (5음절)	건 맘 반 햏 회 (5음절)
21	개 겹 (2음절)	돼 처 (2음절)	네 뿔 본 젠 (4음절)
22	젠 (1음절)	데 뒤 겨 (3음절)	곧 냇 닥 처 조 처 테 (7음절)
23	곧 (1음절)	내 뿔 조 (3음절)	돼 떼 땃 (3음절)
24	햏 (1음절)	햏 (1음절)	언 질 텐 (3음절)
25	뒤 테 (2음절)	곧 냇 젠 테 (4음절)	개 꾀 (2음절)
26	떼 만 반 (3음절)	반 본 질 (3음절)	뒤 겹 (2음절)
27	언 웬 (2음절)	개 꾀 만 언 웬 (5음절)	간 꾀 애 웬 (4음절)
28	간 꾀 건 꾀 땃 본 애 (7음절)	간 건 겹 (3음절)	
29	겹 (1음절)	애 (1음절)	

◇◇ 이를 각군별 오청율로 환산한 결과 표 7과 같으나, 각 군별로 서로 큰 차이를 보이지는 않았다.

표 7. 각 군별 오청율 (단위: %)

참조군(아나운서)	대 조 군	개 교 군
20.16	20.60	21.86

◇◇ 이를 어두자음에 국한하여 그 오청의 수를 분석한 결과 개교군의 /ㄱ/, /ㅍ/, /ㅈ/에서 현저한 오청현상이 보였다.

표 8. 어두자음 오청의 수

		ㄱ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㅁ	ㅂ	ㅅ	ㅈ	ㅊ	ㅋ	ㆁ	ㄷ	ㅌ	ㅍ	ㅎ	계		
참조군 (아나운서)	CV	6	9	18	12	6	8	23	3	8	8	7	1	33	7	7	12	10	158
	CVC	19	13	17	34	7	29	69	0	16	2	8	1	4	4	5	22	6	226
	계	25	22	35	46	13	37	92	3	24	10	15	2	37	11	11	34	16	384
대조군	CV	15	1	17	7	1	8	11	4	31	9	5	1	18	5	5	2	1	141
	CVC	9	7	29	21	3	24	37	11	28	2	18	0	8	3	10	13	0	223
	계	24	8	46	28	4	32	48	15	59	11	23	1	26	8	15	15	1	364
개교군	CV	11	6	13	23	4	6	38	1	15	15	5	7	12	7	10	13	10	196
	CVC	10	4	29	26	9	16	69	5	8	7	8	9	3	2	12	16	2	215
	계	21	10	42	49	13	22	107 ^a	6	23	22 ^a	13	16 ^a	15	9	22 ^a	29	12	411

CV : 자음+모음 a: 오청의 수 단순비교시 특히 큰 오청의 수를 보인 항목
 CVC : 자음+모음+자음

◇◇ 모음의 오청의 수를 각 군별로 조사한 결과 /ㅏ/, /ㅑ/, /ㅓ/, /ㅕ/, /ㅗ/, /ㅛ/, /ㅜ/, /ㅠ/, /ㅡ/, /ㅣ/, /ㅛ/, /ㅝ/, /ㅟ/, /ㅣ/에서 큰 오청현상을 보였다.

표 9. 모음 오청의 수

		아	애	야	얘	어	에	여	예	오	와	왜	외	요	우	위	웨	위	유	으	의	이	계
참조군 (아나운서)	V	0	13	0	28	0	11	0	0	0	1	11	10	0	1	0	0	2	0	3	1	0	81
	CV	6	108	0	0	11	163	32	18	4	0	18	16	22	7	16	0	5	0	0	15	29	470
	VC	0	0	0	0	0	19	0	0	2	6	0	0	0	2	0	27	0	0	8	0	1	65
	CVC	4	51	3	0	14	59	24	0	17	4	13	27	0	17	6	0	0	0	24	0	6	269
	계	10	172	3	28	25	252	56	18	23	11	42	53	22	29	22	27	7	0	35	16	36	885
대조군	V	0	19	0	29	4	11	0	0	0	0	13	13	2	2	0	0	0	0	1	3	0	97
	CV	3	146	0	0	17	160	44	27	5	16	21	15	22	32	39	0	6	0	15	31	0	599
	VC	0	0	1	1	1	0	1	0	3	3	0	0	0	9	2	27	0	2	0	1	0	51
	CVC	11	52	5	0	18	46	29	0	17	22	16	16	32	0	16	0	11	0	11	0	15	317
	계	14	217	6	30	40	217	74	27	25	41	50	44	56	43	57	27	17	2	27	35	15	1064
개교군	V	0	17	0	27	0	15	1	4	0	0	11	10	2	4	0	0	0	4	5	2	0	102
	CV	7	151	0	0	15	180	49	13	9	11	23	15	25	43	38	11	0	0	0	20	32	642
	VC	0	5	0	0	1	16	0	0	4	3	0	7	0	17	3	27	0	0	0	1	0	84
	CVC	24	60	5	0	24	59	32	0	21	17	15	24	56	0	15	0	0	0	21	0	21	395
	계	31 ^㉑	233	5	27	40	270 ^㉒	82 ^㉓	17	34 ^㉔	31	49	58 ^㉕	83 ^㉖	64 ^㉗	56	38 ^㉘	0	4	26	23	53 ^㉙	1223

V : 모음 VC : 모음+자음 ㉑: 오청의 수 단순비교시 특히 큰 오청의 수를 보인 항목
CV : 자음+모음 CVC : 자음+모음+자음 ㉒: 오청의 수 단순비교시 특히 큰 오청의 수를 보인 항목

◇◇ 어미자음의 경우 개교군에서 /ㅇ/의 오청율이 현저하였다.

표 10. 어미 자음 오청의 수

		ㄱ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㅁ	ㅂ	ㅅ	ㅇ	ㅈ	ㅊ	ㅌ	계
참조군 (아나운서)	VC	36	28	27	12	10	32	26	0	18	0	0	189
	CVC	168	68	188	11	84	143	169	64	22	10	29	956
	계	204	96	215	23	94	175	195	64	40	10	29	1145
대조군	VC	33	4	24	1	9	33	27	3	24	0	0	158
	CVC	123	49	197	21	110	164	173	80	34	11	28	990
	계	156	53	221	22	119	197	200	83	58	11	28	1148
개교군	VC	33	16	18	10	14	34	21	6	30	0	0	182
	CVC	194	47	151	16	104	126	151	71	74	13	23	970
	계	227	63	169	26	118	160	172	77	104 ^㉑	13	23	1152

VC : 모음+자음 CVC : 자음+모음+자음
㉑: 오청의 수 단순비교시 특히 큰 오청의 수를 보인 항목

◇◇ 받침으로 쓰이는 어미자음의 경우 개교군에서 /ㄱ/, /ㄴ/, /ㄷ/, /ㄹ/, /ㅁ/, /ㅂ/, /ㅅ/, /ㅆ/이 누락된 채 들리는 오청현상이 보였다.

표 11. 어미 자음의 탈락수

		ㄱ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㅁ	ㅂ	ㅅ	ㅆ	ㅇ	ㅈ	계
참조군 (아나운서)	VC	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	4
	CVC	5	3	0	6	2	4	3	0	3	1	27
	계	6	3	0	6	2	6	3	0	4	1	31
대조군	VC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	CVC	5	3	0	8	0	0	0	0	0	0	16
	계	5	3	0	8	0	0	1	0	0	0	17
개교군	VC	1	2	0	5	0	0	1	1	0	0	10
	CVC	9	8	0	8	5	2	7	1	0	1	41
	계	10 ^{a)}	10 ^{b)}	0	13 ^{a)}	5 ^{a)}	2	8 ^{a)}	2 ^{a)}	0	1	51

VC : 모음+자음 CVC : 자음+모음+자음

a) 오청의 수 단순비교시 특히 큰 오청의 수를 보인 항목

◇◇ 어음구성상 (자음+모음)으로 구성된 어음을 받침의 어미자음이 있는 것으로 듣는 오청현상은 각 군별로 큰 차이를 보이지 않았다.

표 12. 어음구성 CV (자음+모음)에서의 자음 첨가의 수

	ㄱ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㄱ	ㅂ	ㅅ	ㅆ	ㅇ	ㅈ	ㅊ	ㅎ	계
참조군(아나운서)	49	2	1	8	4	13	20	22	4	1	1	1	126
대조군	13	3	0	3	0	4	1	1	4	0	0	0	39
개교군	9	1	0	6	0	4	2	3	1	0	0	0	26

IV. 총괄 및 고안

부정교합자의 상당수는 심미적인 불만, 저작장애는 물론 발음장애를 호소하는 경우가 많다. 따라서 부정교합에 의하여 생기는 발음장애를 객관적으로 파악하고, 장애의 정도를 정량화하는 일은 교정치료의 목표를 설정하는데도 도움이 된다.

음성의 생성은 단어, 문장을 구축하는 언어학적 단계, 성대, 혀, 상·하악을 제어하는 생리학 단계, 음파의 발생과 발생된 음파의 전파가 이루어지는 물리학적 단계들을 통하여 이루어지는 것이다.

부정교합을 원인으로 하는 발음장애의 대부분은 주로 물리학적 단계에서의 문제로서, 구체적으로는 치아의 배열이 극도로 나빠 혀의 움직임에 장애가 있는 경우 또는 상·하악의 크기의 부조화가 있거나, 구강과 비강간의 불

완전한 폐쇄로 인한 구음기관의 음향특성에 현저한 변화가 있기 때문인 것으로 사료된다.

교정치료는 일반적으로 장기간을 요하므로, 성장발육에 따라 치료를 통하여 발음을 포함한 여러기능의 향상을 가져오지만, 이를 정량화하는것은 상당한 어려움을 내포하고 있다. 그러나 단기간에 걸친 악교정 수술이나 보철치치와 같은 경우, 이같은 발음장애의 개선 또는 변화에 대한 연구가 다수 보고되어 있다^{7,9,15,17,36}).

발음장애의 연구방법으로는 구개도를 이용하는 법^{23,24}), sound spectrograph의 이용법^{1,2,3,13,14}), 컴퓨터 및 이를 이용한 선형예측법²²), cepstrum법¹⁸), 인공 전기 구개도^{21,35,37}) 및 음성합성법^{43,44,47}) 등이 소개되고 있으며 이중 선형예측법에 의한 연구가 음성인식에 가장 신뢰할만한 방법이라는 점이 인정되고 있다.

한편 부정교합자가 스스로는 정확히 발음한다고 하였으나 청취자에게는 다른 음으로 들리는 경우가 많은데 이는 부정교합자의 발음은 일반적으로 왜곡(distortion), 치환(substitution) 및 생략(omission)이 나타나고 있기 때문이며 이로인해 의사소통에 장애를 야기하게 된다⁶⁰).

상대방에게 자신의 의사를 전달하는데는 문자라는 다른 수단이 있기는 하지만 문자 이전에 언어가 있으며 일상생활에서는 주로 언어에 의하여 의사교환이 이루어지기 때문에, 명확한 의사소통을 위해서는 정확한 발음과 청음이 필수적이라 하겠다.

이 발음과 청취에 관한 학문이 음성학과 청각학이며, 이들은 상호 밀접한 관계를 가지고 있다.

청력검사는 이들 학문의 일부분이며 또 가장 중요한 부분을 차지하고 있다.

청력 측정 방법으로는 순음과 어음에 의한 것이 있으며 순음 청력검사는 그 역사가 길지 않으나 물리적 방법론과 기계적 발달에 힘입어 급진적 발전을 하여 왔다. 그러나 순음에 의한 청력검사로는 단일한 주파수만으로 구성된 것이 아닌 언어의 이해도를 속단하기가 어렵고 그에 따른 청력검사 결과가 언어이해도를 논함

에 있어서나 사회생활에의 적응등을 언급하기 미흡하므로, 어음을 이용한 어음 청력검사를 통하여 청력검사 성적을 논하는 것이 타당하리라 본다²⁵).

한편 조음과정에 관여하는 기관중 혀와 입술의 기능을 조사해 봄으로서 발음장애의 원인규명을 다각적으로 해볼 수 있다고 사료되는 바 혀의 기능과 연관해서는 각기 다른 세 부위에서의 혀의 힘을 측정하였고, 입술의 기능과 연관해서는 각기 다른 네 곳에 표면전극을 부착하고 발성시의 EMG를 조사해 보았다.

==음 성분 식==

-모음의 주파수 분석-

음성을 자음과 모음으로 양분하여 연구하는 것은 음성학자나 언어학자들의 일반적인 경향이며, 이들을 구분하고 정의하는데는 그 목적에 따라 약간의 차이가 있을 수 있다. 어느 나라 언어에서든지 단어를 형성하는데 자음은 없어도 되지만 모음은 반드시 들어 있어 하나의 독립된 단어를 형성할 수 있는 독자성을 가지고 있기 때문에 그 본태가 자음에 비하여 쉽게 인식된다.

모음은 공기의 흐름이 성도를 통과할때 막히지 않고 다만 입술이나 혀의 운동으로 그 통로의 모양이 달라질 때 나오는 소리이다²⁸).

모음의 음색을 결정하는 것은 입술모양, 혀의 높낮이, 조음부로서 입술의 모양에 따라 원순모음.평순모음으로, 조음부의 위치에 따라 전설.후설모음으로, 혀의 높낮이에 따라 고설.저설모음으로 분류한다⁵).

또한 모음의 고저(vowel height)는 그 모음이 발성될 때 혀의 위치에 따라서 구별이 되는 것이 통레이나 턱의 위치 즉 입이 벌어지는 정도에 따라서 구분할 수도 있다.

여러 학자들의 연구결과 알려진 모음의 가장 중요한 음향지표인 formant는 후두에서 형성된 성문음(glottal sound)이 후두상부의 공명강인 인두와 구강등에 의해 공명효과(또는 여파작용; dampfer)에 의해 그 음의 진동수

성분중 어떤 것은 강화하고 다른 것은 약화시키어 음색, 강도, 주파수가 증명되므로써 어느 한 주파수를 중심으로 인근 배음대의 에너지가 밀집된 배음주파대라고 정의된다.

Ylppö 와 Sovijärvi는 F_1 , 은 인두강, F_2 은 구강, F_3 는 전구강, F_4 는 후두전정강과 유관하다고 하였으나 실상 중요한 음향지표는 Fisher-Jørgensen에 따라 F_1, F_2 로 통용되고 있다.

그러나 이에따라 측정된 F_1, F_2, F_3 등의 각각의 값은 음운성 매개변수 (parameter)로서 큰 의미를 갖지 못하며, F_2 를 횡축에, F_1 을 종축에 놓고 그래프를 작성하였을 때 조음 음성학적인 모음도형과 거의 일치함이 보고되어 있다.^{6,16,19,20}.

일반적으로 여성은 남성보다 17% 높은 위치에 formant가 형성되며, 소아는 성인보다 25% 높은 위치에 formant가 형성된다고 보고되어 있다⁴².

중모음의 경우는 단모음과 달리 formant의 위치보다는 formant의 전이가 음운성 매개변수로서 중요하며 그중에서도 가장 중요한 음향효과를 가져오는 것은 F_2 의 전이라고 보고되어 있다. 본 연구에서는 연구어음을 단모음에 한정시키었고, 음운론에서는 단모음으로 취급하나 대다수의 한국인이 중모음으로 발음하는 /너/, /니/ 는 음성분석용의 sampling에서는 제외하였다.

부정교합자의 발음장애를 지적할 때 모음 발성에는 이상이 없는 것으로 간주되어 왔으나 Nunata의 보고에 따르면 /a/의 F_1 , /o/의 F_2, F_3, F_2-F_1 의 이상이 있다고 하며 이중 특히 /o/는 유의한 차를 보인다고 하였다. 그러나 그의 연구는 일반적인 부정교합자를 총괄하여 정상발음자인 아나운서의 발음과 비교한 점과, 피검자의 연령을 14세에 33세까지 광범위하게 잡았다는 점이 결점으로 지적된다^{32,33,34}.

본 연구에서는 개교환자만을 대상으로 하되 연령도 18세에서 25세까지의 여성으로 제한하여 동년배의 정상교합자들의 발음과 비교연구하였다.

그 결과 개교환자에서는 /ㅏ/, /ㅓ/, /ㅕ/, /ㅣ/의 formant에서 이상이 발견되었다.

전설모음은 F_1, F_2 차가 크고 후설모음은 F_1, F_2 차가 작다고 알려져 있으며 전설모음의 경우 혀의 가장 높은 부위와 입천장까지 간격이 멀수록 F_1 이 높고 F_2 는 낮아지며 후설모음의 경우 인두의 간격이 좁혀진 부분이 성문에서 멀어질수록 F_1 이 낮아지고 입술이 오무러 질수록 F_2 의 진폭이 줄어든다고 알려져 있다. 바꾸어 말해서 F_1 은 입안의 뒤쪽 및 목구멍에서 나는 공명에 기인하는데 이것은 인두강의 공간에 기인한다는 말과 같다. 인두강은 혀의 높이에 따라 달라지며 혀의 높이가 높을수록 인두강은 넓어지고 F_1 은 낮아진다. F_2 는 혀의 가장 높은 부분을 기준으로 입안의 앞쪽의 공명에 기인하는데 곧 공명실의 길이에 좌우된다는 말과 같다.

입안의 앞쪽이 넓을수록 즉 공명실의 길이가 길수록 F_2 는 낮아진다. 이는 F_2 는 모음의 전후방자질과 관계가 깊다는 지적으로 대체로 F_2 가 낮을수록 후설모음이다.

/ㅏ/, /ㅓ/, /ㅣ/는 전설모음인데 이들의 F_2 가 대조군보다 낮아졌고, 중설 모음의 /ㅑ/의 F_2 도 낮아졌다. 이는 개교환자의 경우 이들 모음 발성시 조음위치가 대조군보다 후방에서 형성됨을 의미한다고 사료된다. 여러 학자들의 개교환자 발성에 관한 연구에서는 대부분 자음 중 치찰음의 조음시 혀를 전방으로 내미는 혀내밀기에 의한 혀짜래기 말(lingual protrusion lisp)이 있다고 지적하였는데 모음의 조음위치에 관한 언급은 없었다^{45, 56}. 본 연구의 결과 모음의 경우 개교 환자에서는 대조군 보다 후방에서 조음점이 형성된다고 사료된다. 일반적으로 모음의 formant를 F_1 을 종축에 F_2 를 횡축에 그려볼때 조음 음성학적인 모음도형과 거의 일치함이 보고되어 있다. 이에 따라 개교환자의 모음위치를 조사해 보면 그림 5에서와 같이 후방에서 조음이 되며 여러 모음이 거의 한 곳에서 조음이 됨을 보여주고 있다. 이에 따라 개교 환자의 발성에서는 모음 상호간의 구별에 어려움이 있다고 추정해 볼 수 있다. 오청을 검사에서도 개교 환자의 경우 자음에서 보다 모음에서 현저히 큰 오청을 나타냈은 이들의 모음 발성이 대조군과 비교하여 조음 위치상

이상이 있고 그에 따른 왜곡이 심하여 다른 음으로의 오청 현상이 심하여 졌다고 여겨진다.

그러나 이같은 formant 분석이 언제나 조음 현상을 그대로 반영하는 것은 아님을 항상 염두에 두어야 한다.

Fant는 formant는 개인차이가 크고 성도가 큰 경우 formant가 낮고 여성은 인후부의 용적이 작아 남성보다 약 17%가 높다고 하였으며⁴⁰⁾, 동일모음의 경우에도 사람에 따라 그 값은 차이가 있으므로 formant만을 이용한 분석은 정확하지 못하다는 점을 지적 하였다¹⁰⁾.

O'Shaughnessy는 spectrum 분석의 단점은 발음자 상호간의 유사성이 존재하지 않는 경우가 있으며 (interspeaker variability), 동일 발음제공자에서도 시간에 따라서 또는 조건에 따라서 발음양상이 다를 수 있음을 지적하였다⁵²⁾ (intraspeaker variability). 그러나 이 intraspeaker variability는 interspeaker variability보다는 문제가 되지 않는다고 하였다²⁶⁾.

발음 분석을 위하여 채택한 어음은 모두 단음절로서 문장중에서 채택하지 않고 단독으로 발음된 음을 선택하였는데, 이는 음소를 가장 단순한 조건하에서 각 음소의 성질을 비교하기 위해서였다.

- 자음의 발성 지속시간 -

자음은 구강의 여러부위에서 호기가 차단되며 파열 또는 마찰등에 의하여 발생하는 음이다. 즉 폐로부터 공기의 흐름이 음성과 발생의 에너지를 공급하고, 성대가 이 에너지를 귀에 들릴 수 있는 후두원음을 만든다음 혀, 입술, 입천장, 치아등에 의하여 변화를 주고 공명강의 역할에 힘입어 후두원음을 개개의 특색있는 언어음으로 변화시키는 것이다.

이처럼 언어음을 구성하기까지의 기류의 변화를 변조(modulation)라고 하는데 여기에는 혀나 입술등으로 기도를 차단하여 공기의 흐름을 일순간 완전히 차단시키었다가 방출하는 개폐변조(start-stop modulation), 성대진동이 주기적으로 호기류를 차단하는 성대변조(vocal

cord modulation), 구음기관이나 공명강 협착부위의 위치 및 형태를 변화시키어 좁은 곳을 호기류가 지나가게하는 마찰변조(frictional modulation) 그리고 공명강의 형태변화로써 성대음 또는 마찰에 의해 생긴 음이나 그 배음에 공명을 주어 특정한 배음을 강화시키는 공명강 변조(cavity modulation)등이 있다.

자음의 음향지표는 모음과 다르며 그 특성에 따라 연구방법이 다른데 일반적으로 주파수를 중심으로 그 존재범위를 연구하는 것, 발성 지속시간의 연구 및 후속모음의 formant 주파수의 변이를 연구하는 방법등이 있으며, 최근에는 컴퓨터를 이용한 선형예측계수를 사용하는 방법이 소개되고 있다. 자음은 성대의 진동유무에 따라 유성음과 무성음으로 나뉘고, 그 조음방법에 따라 (mode of articulation) 조음에 의한 좁힘을 지속적으로 유지하여 난류원음을 발생시키는 마찰음, 성도를 완전히 폐쇄한 후 이것을 파열시켜 급히 여는 파열음, 파열에서 마찰로의 중간인 파찰음, 구강을 폐쇄하고 비강을 성도의 일부로 관여시키는 비음, 성도가 설첨(tongue tip)에 의해 부분적으로 폐쇄되는 축음, 조음양상은 모음과 유사하나 지속되지 않고 이행적으로 변화하는 반모음등으로 구분된다⁶⁾.

자음은 선행 또는 후속모음의 영향을 많이 받아서 같은 음소라 하여도 물리적으로 다른 성분으로 이루어져 있는 경우도 있고, 모음에 비하여 지속시간이 짧고 높기와 강도도 약해서 그 실체를 파악하기 힘들기 때문에, 이에대한 연구가 비교적 적다.

부정교합과 관련된 자음의 발음 이상 중 가장 흔한 것이 /s/의 경우이다.

치찰음의 조음시 치아사이에 혀가 다가오고 치아는 약음기(dampfer)로 작용하여 소리를 변화시키므로 전치부 치아위치에 이상이 있는 경우 치찰음인 /s/, /z/의 발음 장애를 가져오는 자명하다. 좌우 혀끝은 어금니에 대고, 전설면은 경구개를 향하여 다소 올라가고, 혀끝과 잇몸사이틈은 아주 좁혀지고 연구개는 올라가나 성대는 진동하지 않는다. 이때 입안을 통하여 나오는 소리는 공기가 혀끝과 잇몸사이

의 좁은 틈으로 와류를 이루며 나오게 되는데 이로써 /s/음이 형성되며 이 소리는 무성 혀끝 잇몸 마찰음(breathed blade-alveolar fricative)이라 불리운다⁵⁾.

Palmer, Martin은 II, III급 부정교합 및 개교에서 혀짜래기소리(lisping)가 생김을 지적하였고⁶³⁾, Frank⁴⁵⁾는 II, III급 부정교합의 경우 lisping의 기전을 자세히 설명 하였다. II급 부정교합의 경우 하악의 퇴축으로 인하여 혀의 공간이 부족하여 /f/, /v/가 /th/로 발음된다. 또 /s/, /z/를 발음할 때 올바르게 발음할 목적으로 하악을 전방이동시키기 때문에 구치부에 공간이 생기는데 이를 혀로 막으려 하나 불완전하여 호기가 누출됨에 따라 측방 혀짜래기말(lateral lisping)이 생긴다. 혀의 위치 설정이 어려운 /t/, /d/, /n/의 발음도 곤란하며, 구순근의 긴장도가 낮기 때문에 /p/, /b/, /m/의 발음도 어렵다고 했다.

III급 부정교합의 경우 양순모음인 /p/, /b/, /m/ 치찰음인 /s/, /z/ 치조음인 /f/, /v/, /t/, /d/, /n/의 발음에 이상이 보인다. 특히 /s/ 발음시 하악을 뒤로 당기어 절단대 절단 상태로 이동시키려 하지만 불가능한 경우 혀를 상악 전치의 절단에 대고 발음하기 때문에 혀짜래기 소리가 생긴다. Subtelny는 구치부 개교의 경우 측방누출(lateral emission)이, 전치부 개교의 경우 lingual protrusion lisping이 수반된다고 하였다⁵⁷⁾.

자음의 경우 주파수 분석을 하여도 concentration이 잘 안되고, 그 주파수역이 너무 넓어 모음과 같지 못하지만 자음 특유의 공진 주파수 대역을 추정할 수 있는데 이를 모음의 formant와 구별하여 formant locus라고 부르기도 한다.

보다 정확한 분석을 위하여 본 연구에서는 마찰음과 파찰음에 한하여, LPC로 분석한 후 3차원 spectrum을 display시켜 자음의 발생 지속시간을 살펴 보았다.

자음의 발생 지속시간이란 완전 폐쇄의 지속 시간과 그에 잇따른 자음 효과의 지속시간을 말한다^{48,58)} LPC 분석후 wave form 형태에서는 자음과 모음이 경계 부위를 찾기에 문제

점이 많아서, 3차원 spectrum으로 display 한 후 모음 개시부 이전까지의 frame을 세어서 계산하는 방법으로 지속시간을 추출하였다.

그 결과 /ㅎ/, /ㅈ/에서는 개교 환자의 경우 자음의 발생 지속시간이 유의한 수준으로 길어졌고, /ㅅ/, /ㅆ/의 경우도 길어지는 경향을 보이고 있다. 이는 개교 환자가 이들 음의 발음시 대조군보다 혀를 오랫동안 상악 전치 절단에 대고 발음 해야만 정상인과 유사한 발음이 나올 수 있다고 여겨지므로, 이들 자음의 발생 지속시간이 길어지게 된 것으로 사료된다.

-구강 주위근 근전도 및 혀의 힘 측정-

개교 환자의 발음장애는 앞서 기술한 바와 같은 단순한 조음 위치의 이상에서 초래되는 현상만으로 해석할 수는 없다.

Kuroda는 개교환자의 구순근의 근전도에 관한 연구에서 구강 주위근의 위축이 있다고 보고 하였고³¹⁾, 다른 연구자들도 개교환자는 구강주위근의 이상을 수반한다고 추정한 바 있으나, 이를 정량화한 경우는 드물었다⁵⁵⁾.

또한 혀의 기능에 어떠한 이상이 있으리라는 추정도 많이 있으나 이것 역시 정량화하여 대조군과 비교한 경우가 없었다.

구강 주위근과 혀의 기능 이상을 조사해 보기 위하여 구강주위근에 surface electrode를 부착하여 발음시 EMG를 측정하였고, 혀를 전방으로 최대한 밀 때와 좌, 우 측방으로 최대한 밀 때의 혀의 힘을 strain gauge를 이용하여 측정해 보았다.

strain gauge의 stability를 위해 rod를 준비하고 그 끝에 gauge를 붙여 동요도를 제거한 채 실험을 진행하였다.

근전도는 피검자로 하여금 resting을 하게 하고 EMG를 기록하였으며 양순음인 /ㅁ/, /ㅂ/, /ㅍ/와 치찰음인 /ㅅ/을 발음시키되 각음을 5회씩 발음케하여 EMG를 기록하였다.

Strain gauge측정은 전방 부위는 상하악 중 절치 사이에 rod를 물고 혀가 이 gauge에 직교하도록 rod를 손으로 고정시킨후 최대 force로 7초간 누르게 하였으며 적당한 휴식후 다시

7초간 누르게 하여 총 3회를 시행하였으며, 상·하악의 좌, 우측 견치와 제1소구치 사이에 rod를 고정하고 이와 동일한 방법으로 시행하여 그 force를 측정하였다.

EMG결과 resting potential은 대조군, 부정교합자군에서 서로 차이가 없었다. 그러나 /ㅁ/, /ㅂ/, /ㅍ/과 같은 양순음의 발음시 특히 상순에서 개교환자의 경우 대조군보다 큰 폭의 근육운동을 감지할 수 있었다. 이것은 양순음의 발음을 위하여 개교환자의 경우 상순에 큰 힘을 주어야만 대조군과 같은 발음을 할 수 있기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 하순의 경우는 큰 차이가 없는 것으로 나타난바 개교환자의 구강주위 근육의 이상은 하순보다는 상순에서 현저하다고 사료된다.

혀의 기능 저하가 발음장애의 원인의 하나로 거론되고 있으나 혀는 동적이고 시간에 따라 가변적이어서 기능 검사에는 많은 난점이 따른다. 따라서 혀의 힘을 측정하여 간접적으로 혀의 기능을 평가해 보고자 하여 strain gauge를 이용한 혀의 힘을 측정한 결과, 개교환자의 혀의 힘이 대조군에 비하여 비교적 약한 경향을 보였다. 이는 개교환자의 구강주위근육의 위축과 혀의 기능 저하라는 일반적인 평가와 같은 맥락의 결과라고 사료된다.

-어음 명료도 검사-

우리말 어음 청력 검사에 대하여는 많은 연구가 보고되어 있다. 명료도 검사용 어음은 단음절 특히 무의단음절이 적합한데, 일어의 경우 무의단음절을 사용하고 있고 우리말의 경우에도 그러하다. 그러나 각 나라 언어의 특성 때문에 구미 각국에서는 유의단음절을 사용하고 있다.

검사 용어로 단음절 어음이 사용되는 것은 다른 어음보다 명료도에 대한 감수도와 신뢰도가 높기 때문이다. 즉 단음절 어음은 다음절 어음보다 기억력의 영향을 적게 받으므로 명료도 검사에 적당하다.

명료도 측정을 위한 검사 용어는 Fournier가 최초로 사용 가능한 어음표를 작성하였으

며, 미국에서는 P B Lists (Phonetically ballanced words. lists)라는 명료도 검사용의 단어표가 Harvard 대학 음향심리연구소와 Central Institute for the Deaf에 의해 작성되었고, 일상 회화에서의 출현 빈도에 가까운 자·모음 분포를 갖는 유의단음절 50개를 각표에 포함하고 있다. 독일에서는 Sprachverständnistest 용어로서 400개 단음절어가 사용되고 불어에 있어서도 50개 단음절어로 구성된 4개의 표가 이용되고 있다¹¹⁾.

그러나 현재 우리나라의 경우 사용되는 검사어표의 표준화가 되어 있지 않은 점이 문제점으로 지적되고 있다⁸⁾.

이에 본 연구에서는 우리의 일상 생활에서 가장 흔히 사용되는 회화어음 400단음절을 이용하여 검사에 임하였다.

검사어음은 CV(자음+모음) 122음절, CVC(자음+모음+자음) 218음절, V(모음) 20음절, VC(모음+자음) 40음절로 구성되어 있다.

녹음은 방음 녹음실을 이용하였고, 단음절 사이는 2-3초의 간격을 두어 녹음을 하여 청취자로 하여금 발음을 듣고 기록할 충분한 시간을 부여하였다.

대조군과 부정교합자군의 발성을 녹음하고 표준발음을 가진 아나운서군을 참조군으로 녹음하여 3군(group)의 녹음을 청취자에게 들려주고 청음되는대로 기록하도록 하였다. 검사중 청취자의 청각 피로를 피하기 위하여 1회 50단음절을 청취시킨뒤 충분한 휴식 시간을 주면서 시행하였다.

표 6은 검사어음별 오청수이며 표 7는 각 군(group)별 오청율이다.

부정교합자의 발음의 오청율은 예상과 달리 아나운서나 대조군과 비슷한 정도였다. 이것을 자모음별로 분리하여 분석해 본 결과는 개교환자의 경우 어두 자음중에서 /ㅂ/, /ㅃ/, /ㅍ/에서 현저하게 오청율이 증가하였고, 모음의 경우에는 /ㅏ/, /ㅑ/, /ㅓ/, /ㅕ/, /ㅛ/, /ㅜ/, /ㅡ/, /ㅗ/, /ㅛ/, /ㅜ/, /ㅡ/ 등의 음에서는 큰 오청율을 보였으며, 어미 자음의 경우 /ㅇ/에서 오청율이 가장 컸다.

또한 이들 개교 환자의 경우 어미 자음 중

특히 /ㄱ/, /ㄴ/, /ㄹ/, /ㅁ/, /ㅂ/, /ㅅ/, /ㅆ/의 탈락을 관찰할 수 있었다.

발음 장애의 일반적인 양상은 왜곡(distortion) 치환(substitution) 및 생략(omission)으로 나타난다고 보고 되어 있다.

표 7의 각 군별 오청율 표에 따르면 각 군별 오청율은 서로 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

개교환자의 경우, 특히 이 연구의 대상이 된 20대 초반의 여성들의 경우 자기 훈련과 노력을 통하여 그들의 발음장애가 타인에게는 정상에 가까운 발음으로 들리도록 발음상 적응을 한 것으로 보인다⁴¹⁾.

많은 이들이 개교환자를 포함한 부정교합자의 발음 이상을 논할 때 대부분 치찰음을 다루는 것이 보통이다^{15, 32)} 그러나 본 연구 결과 물론 치찰음의 왜곡은 인정되지만 다른 음으로 들릴 만큼 심하지는 않다고 할 수 있으며 따라서 발음의 질은 떨어지나 청취하여 식별하는데는 큰 문제가 없는 것으로 사료된다.

그러나 모음의 경우 심한 왜곡, 치환등이 있어서 다른 음으로 들리는 경우가 현저하였고 어미 자음의 경우 탈락(생략)이 심하여 발음 장애의 특징이 그대로 표출되고 있음을 알 수 있었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 개교 환자의 발음 장애는 구조적인 부정 교합의 형태에서만 오는 결과가 아니고 생리적, 기능적인 결함들 동시에 수반하는 경우가 많다고 할 수 있다.

V. 결 론

한국어 모음 및 자음에 대하여 개교환자 6명과 정상 교합을 가진 대조군 6명을 대상으로 하여 발성시에 어떤 음에 장애가 있는지를 컴퓨터를 이용하여 조사, 분석 및 비교 연구하였으며, 발성시 구강 주위 근육과 혀의 기능을 근전도와 strain gauge로 측정하였다. 또 이들의 발음을 청취군에게 들려주어 오청율을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

개교군은

1. 모음(단모음)중

/ㅏ/, /ㅓ/, /ㅗ/, /ㅜ/의 F₂는 낮아지

고. /ㅓ/, /ㅗ/의 F₁도 이상을 보였다.

2. 자음(마찰, 파찰음)의 경우

발성 지속시간이 /ㅎ/, /ㅈ/에서 유의한 수준으로 길어졌고 /ㅅ/, /ㅆ/의 발성 지속시간도 길어지는 경향을 보였다.

3. 발성시 구강 주위근의 EMG상에서

특히 상순에서 유의한 수준의 근육 활동이 관찰되었다.

4. 혀의 힘 측정시

대조군보다 비교적 약한 혀의 힘이 관찰되었다.

5. 어음 명료도 측정 결과

어두자음에서는 /ㅂ/, /ㅃ/의 오청율이 높았고, 모음에서는 /ㅏ/, /ㅓ/, /ㅗ/, /ㅜ/, /ㅡ/, /ㅣ/, /ㅛ/, /ㅜ/, /ㅝ/, /ㅞ/, /ㅟ/의 오청율이 높았으며 어미자음의 경우 /ㅇ/의 오청이 현저하게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김광문, 김기령; 음성검사의 실제. 한이인지 제25권 2호: 345-350, 1982.
2. 김기령, 김광문, 오혜경, 이경재; 한국인의 발성능력에 관한 검사. 한이인지 제25권 2호: 341-344, 1982.
3. 김병욱; Studies on Korean Phonology (Part II) Physiological production mechanisms of Korean Stop consonants. 대치협회 제10권 9호: 605-625, 1972.
4. 김상진; 신호처리입문. 도서출판 대림: 81-176, 1988.
5. 김승곤; 음성학, 정음사; 22-97, 1983.
6. 김영송; 우리말소리의 연구-고친판. 과학사: 104, 1981.
7. 김지수; Sonograph에 의한 의치상후경과 한국어모음에 관한 실험적 연구. 최신의학 제13권 5호: 523-539, 1970.
8. 김종민; 어음명료도검사를 위한 우리말 어음표의 규격화에 대한 연구. 한이인지 18권 4호: 29-36, 1975.
9. 김학대; 의치상후경이 한국어음운에 미치는 영향에 관한 연구-모음에 관하여.

- 최신의학 제16권 5호 : 99-107, 1973.
10. 김희남, 박인용, 김기령, 심상열, 최홍식 : 한국어 어음에 관한 음성언어 의학적연구, 한이인지 제23권 1호 : 53-73, 1980.
 11. 박찬일 : 한국어 회화어음의 청각학적연구 한국어 회화어음의 음운별 출현빈도와 구성에 관한 연구. 한이인지 14권 1호 : 1-7, 1971.
 12. 박찬일 : 한국어 회화어음의 청각학적 연구-한국어 회화어음에 대한 명료도와 오청상에 관한 연구. 한이인지 14권 1호 : 9-22, 1971.
 13. 문영일 : Sonagraph에 의한 정상음성분석. 한이인지 제16권 : 25-32, 1973.
 14. 문영일 : Sonagraph에 의한 한국어 정상자음분석, 한이인지 제16권 : 257-262, 1973.
 15. 성영환 : 총의치 장착환자에 있어서 후경별 로본 한국어음에 관한 실험적 연구-모음 및 사행 자음. 대치협회지 제11권 12호 : 801-809, 1973.
 16. 양동휘 : 음향음성학. 범한서적주식회사 : 53-68, 1975.
 17. 이철훈 : Palatal Bar의 위치가 한국어모음 및 경구개음에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 최신의학 제16권 5호 : 107-117, 1973.
 18. 은종관 : 음성신호의 digital화와 대역폭 축소의 방법에 관하여. 한국과학원지 : 16-1~16-13, 1978.
 19. 이현복 : 한국어의 모음음가. 말소리 1호 : 56-70, 1980.
 20. 이현복, 지민제 : 한국어 모음의 음향 음성학적 연구. 말소리 6호 : 4-12, 1983.
 21. 이현복 : 전기인공구개도에 의한 우리말의 음성학적 연구와 언어장애자 치료. 한글 170호 : 1-47, 1980.
 22. 이현복, 안수길 : 음성을 이용한 computer 입력 장치의 개발에 관한 연구. 말소리 5호 : 39-48, 1982.
 23. 임철중 : 구개도에 의한 부정교합자의 마찰음에 관한 연구. 대한치과보철학회지 제8권1호 : 56-64, 1968.
 24. 진용환 : 구개도에 의한 한국인 발음에 관한 실험적 연구. 최신의학 제6권 10호 : 1107-1121, 1963.
 25. 차일보 : 우리말 단음절의 구성과 출현 빈도 및 방언 사용자의 발음 명료도와 오청상에 관한 연구. 고대의대지 10 : 17-43, 1973.
 26. 차일환 : 음성개인식별에 관한 연구. 내무부국립과학수사연구소 : 1-37, 1983.
 27. 최생이, 최홍식, 김희남, 김영명, 김기령 : 한국인 사상에 대한 음성의학적연구. 한이인지 제24권 2호 : 201-224, 1981.
 28. 한국어문학회 : 국어학개론. 형성출판사 : 51-71, 1977.
 29. 한미자 외3인 : 구음장애자에 대한 임상학 고찰. 한이인지 16 : 23-31, 1973.
 30. 함기선, 표진이, 김선희 : 언어장애자발음 검사표. 언어장애자 치료 연구회 : 143-154, 1976.
 31. Kuroda Takayuki : 개교환자의 근전도 소견에 관하여. 日本矯正齒科學會 發表, 1965.
 32. Nunota Eisaku : 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.
 33. Nunota Eisaku : Part 2 : On the articulation test in pronunciation. 日口病誌 32 : 405-411, 1965.
 34. Nunota Eisaku : Part 3 : On the "g, d, b" series, 日口病誌 33 : 82-89, 1966.
 35. Kawachi Mitsuhiko : Development of functional examination system of pronunciation by Dento-Palatography and analysis of articulatory movements and speech sounds in mandibular prognathism. 日矯齒誌 46 : 71-92, 1987.
 36. Shimojima Keiji : Analysis of voices produced by individuals with reversed occlusion. 日矯齒誌 38 : 308-321, 1979.
 37. Umeda hiroyuki : 한국어의 음성학적 연구. 형성출판사 : 159-173, 1983.

38. Bloomer, H.H.: Speech defects in relation to orthodontics. *Am. J. Orthod.*, 49: 920-927, 1963.
39. Dworkin James P. Aronson Arnold E. & Mulder Donald W.: Tongue force in normals and in disarthric patients with amyotrophic lateral sclerosis. *J. of Speech and Hearing Research*. 23:828-837, 1980.
40. Fant Gunnar: Speech sounds and features. MIT press: 44-46, 1973.
41. Feldman, E.W.: Speech articulation problems associated with placement of orthodontic appliances. *JSHD (Journal of Speech and Hearing Disorders)* 21:34-38, 1956.
42. Fisher-Jørgen E.: What can the new techniques of acoustic phonetics contribute to linguistics? *Proceedings of the VIII International Congress of linguists, Oslo*. 433-478, 1958.
43. Flanagan J.L.: Voices of men and machines. *JASA (Journal of Acoustic Society of America)* 51:1375-1381, 1972.
44. Flanagan J.L.: Speech analysis synthesis and perception. 2nd edi. Springer-Verlag: 205-276, 1972.
45. Frank Barnett: A rationale for closer cooperation between the orthodontist and the speech and hearing therapist. *Am. J. Orthod.*, 41:571-582, 1955.
46. Graber, T.M.: Orthodontics, principles and practice: 466-467, Saunders, 1966.
47. Holmes, J.N.: Speech synthesis. Mills & Bone Limited: 23-61, 1972.
48. Klatt Dennis, H.: Voice onset time, friction and aspiration in word-initial consonant cluster., *J.S.H.R.* 18:686-706, 1975.
49. Markel J.D., Gray A.H. Jr.: Linear Prediction of Speech. Springer-Verlag: 178, 1972.
50. McDowell Elizabeth: The rôle of speech training in a program of orthodontic treatment. *Int. J. Orthod.*, 22:105-113, 1936.
51. Netsell Ronald and Cleeland Charles S.: Modification of lip hypertonia in dysarthria using EMG feedback. *J. of Speech and Hearing Disorders* 37:131-139, 1972.
52. Oshaughnessy, D.: Speaker recognition; *IEEE ASSP Magazine*. Oct. 4, 1986.
53. Palmer, M.E.: Orthodontists and the disorder of speech. *Am. J. Orthod.*, 34: 579-588, 1948.
54. Peterson G.E. and Barney H.L.: Control methods used in a study of Vowels. *J. Acoustic Soc. Am.* 24:175-184, 1952.
55. Proffit R. William, Gamble W.J. and Christiansen L.R.: Generalized muscular weakness with openbite. *Am. J. Orthod.*, 54, 2: 104-110, 1968.
56. Sassouni Viken: A classification of skeletal facial types. *Am. J. Orthod.*, 55:109-123, 1969.
57. Subtelny, D. and Subtelny, J.: Malocclusion, speech and deglutition. *Am. J. Orthod.*, 48: 685-697, 1962.
58. Sweetin Patricia M. and Baken: VOT in normalized population. *J. of Speech and Hearing Research* 25:129-134, 1982.
59. Travis Lee Edward: Handbook of speech pathology and audiology. A.C.C.: 3-182, 1971.
60. Weinberg Bernd: Dentistry for the child and adolescent - Pedodontics and speech pathology, Mosby: 448-464, 1984.

– ABSTRACT –

A SPEECH-PHONETIC STUDY ON THE PRONUNCIATION OF THE OPENBITE PATIENTS

Ki-Dal Kim, D.D.S., M.S.D., Won Sik Yang, D.D.S., M.S.D., Ph. D.

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

This study aimed at examining speech defects of openbite patients, which were analyzed in terms of formant frequency for vowels and word pronunciation length for consonants. In addition, the upper and lower lip (perioral m.) activity was tested by the EMG. The tongue force was measured by the strain gauge, and the speech discrimination test was carried out.

One experimental group and one control group were used for this study and they were respectively composed of six female openbite patients and six normal-occlusion females. Eight monophthongs, two fricatives and two affricatives were chosen for speech analysis. Speeches of the above-mentioned groups were recorded and then analyzed by the ILS/PC-1 software. Four hundred most frequently used monosyllables were also chosen for discrimination score.

Openbite patients showed the following characteristics:

1. Abnormality in case of /a/, /ε/, /e/, /i/ F₂ and /e/, /a/ F₁.
2. Significantly elongated length in their pronunciation of /h/ and /C^h/ and somewhat elongated length also in their pronunciation of /s/ and /c/.
3. Significant upper lip activity according to the EMG test during pronunciation of the bilabial consonants.
4. Relatively weak tongue force according to the strain gauge measurement.
5. According to the speech discrimination test, high rate of misarticulation in case of
 - (a) initial /p/ /s'/ and /ts'/,
 - (b) /a/, /ε/, /e/, /je/, /o/, /φ/, /jo/, /u/, /we/, and /i/
 - (c) final /ŋ/.