

구개상의 두께에 따른 한국어 자음의 발음 변화에 관한 컴퓨터 분석

— 치조음, 경구개음 —

경희대학교 치과대학 보철학교실

우이형 · 최대균 · 최부병 · 박남수

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 연구자료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

보철치료의 목적은 저작기능, 심미성, 발음의 회복에 있으나 지금까지는 주로 저작과 심미성의 개선에 중점을 두고 있었다. 그러나 발음 즉 언어는 사회생활에 있어서 의사전달의 가장 기본이 되는 수단으로서 문화의 발달과 함께 사회생활을 영위하는데 필요불가결한 요소로서 언어 인식의 중요성이 점차 증대되어서 음향학, 이비인후과학등 여러분야에서 활발한 연구가 진행되고 있다.^{4,5,8-10,13,15-18,20-32,66,74-76,95,105,114)}

음성학의 연구는 19세기 초의 Sound spectrogram의 개발과 함께 급진적으로 발전하여 이 부분에 관한 많은 연구가 있었으며 현재 음성 연구에 주로 사용되는 Sonagraph는 음성주파수의 성분과 강도의 변화를 경시적으로 기록함으로써 음성의 물리적 성질을 객관적으로 쉽게 관찰할 수 있다.^{74-76,86,95,105,114)}

지금까지 알려진 모음의 음향학적 연구 중에서 가장 중요한 음향지표는 포만트(Formant)로서 이는 구강과 비강의 거름작용에 의한 어느 특정한 범위의 배음들이 특히 강조되는 것으로 이 위치의 주파수를 음형 주파수(formant frequency)라고 한다.^{3,33-35,75)} 치과 분야에서의 발음의 연구로서는 구강 외과 수술 전후의 발음 비교^{34,38,41,43,48,50,54,57,58,63,72,73,77,79,87,88,92,94,99,100,104,108,113,117)}와 교정 치료 전후의 발음개선도에 관한 보고^{1,51-53,55,70)} 등이 있으며 보철분야에서는 주로 교합 고경, 전치부의 배열 위치, 상하악 전치의 피개도, 구개부 형태에 관한 문헌 보고가 있다.^{33,39,40,42,44-47,49,54,56,59-61,64,67-69,71,78,80-85,89-91,96-98,101-103,107,109-112,115,116,118,120,121)}

Silverman¹¹⁸⁾은 의치의 교합고경과 발음에 관한 연구에서 /s/ 발음이 관련이 깊다고 하였고, Pound¹⁰⁹⁻¹¹¹⁾, Mehringer¹⁰²⁾, Schwartz¹¹⁶⁾, Murrell¹⁰³⁾은 /f/ 음을 상악전치부의 배열에, /s/ 는 하악 전치의 배열에 기준으로 사용하였다.

Kaires⁹⁰⁾는 무치악에서는 전반적인 스펙트럼(Spectrum)상에서 고주파의 농도가 낮아진다고 하였는데 이는 포만트가 증가됨을 말하며 /t/, /sh/는 장착기간의 증가시 확실히 개선이 되나 /s/는 크게 개선되지 않고 /th/는 전혀 개선되지 않았다고 하였다.

Tanaka¹²⁰⁾는 무치악 환자에게 의치를 장착한 후 시간경과와 함께 발음이 개선된다고 하였으며 가장 잘못 발음되는 음은 치찰음으로 구개부의 형태와 관련이 있다고 하였으며 전방 구개부에 변곡점의 형성

을 주장하였고, Allen⁶⁴⁾은 이 부위가 /s/, /sh/의 발음에 중요한 부위로 이 부분의 회복을 강조하였고 이 부위가 정상회복이 안된 경우에는 /th/는 개선이 안된다고 하였다.

Martone과 Black^{97,97)}, Martone⁹⁸⁾은 노인은 의치장착 후에 발음개선이 어렵다고 하였고 Ghi와 McGiveny⁷⁹⁾는 의치장착 후에 약간의 자음의 변형과 포만트(formant)의 증가는 구강용적의 변화와 치아의 자기수용기(proprioception)의 상실과 이로 인하여 조음시 혀의 위치 변화에 의한 것이라고 하였다.

성¹¹⁾은 의치의 조건에 따른 발음의 변화에 관한 보고를, 김¹⁾은 의치상 후경의 변화가 한국어 모음에 미치는 영향을, 이¹⁹⁾는 Palatal bar와 한국어 모음 및 경구개음에 대한 관계를 각각 Sonagraph를 이용한 포만트의 변화를, 김⁷⁾은 포만트와 조음평면의 분석으로 모음의 변화 정도를 분석 하였고, 이⁸⁹⁾는 한국어 발음과 하악의 위치관계를 연구 보고하였다.

일반적으로 음성신호는 음성제공자의 복합기능과 환경에 따른다. 그러므로, 이런점이 정적이고 고정적인 물리적 특성을 가진 지문과 동적이며 가변적인 음성인식은 차이가 있어 이의 비교 분석등의 어려움이 많이 있으며 종래의 분석 방법으로는 객관적인 설명이 곤란하며 Stevens¹¹⁹⁾는 청각 분석은 6%, 성문의 분석은 21%의 분석오차가 나타남을 보고하였으며 최근에는 computer에 의한 음성인식의 중요성이 강조되고 있다.

음성 신호의 조음은 성도등 물리적, 구조적 특성과 뇌와 조음 근육의 조절 정보에 의하여 조음이 되므로 나이, 성별, 정신상태등의 차이에 따라서 변화될 수 있다.¹⁰⁵⁾

Atal⁶⁶⁾은 선형 예측 계수 또는 그것으로부터 추출된 파라메터가 자동 음성 인식(Automatic speech recognition)의 가장 효과적인 수단이며 이 방법이 Pitch, 음성신호의 intensity function의 분석보다 우수하다고 보고하였다.

현재 치과 분야의 음성 연구는 대부분이 외국에서 이루어졌고 한국어에 대한 분석은 미미한 편이고 대부분의 국내의 연구가 Sonagraph를 이용하여 모음의 포만트를 비교분석하는 것에 한정되어 있었고 자음의 분석도 주로 전, 후의 모음의 포만트 변화를 관찰하는 방법이 대부분이었다.

이에 저자는 치경부와 경구개에 조음점을 갖는 한

글 자음을 computer를 이용하여 구개상 장착 전후 및 구개상의 두께의 변화에 따른 변화를 자음의 지속 시간, 후속 모음의 포만트의 비교, 선형 예측 방법에 의한 자음부분, 후속 모음부분의 분석을 통하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구자료 및방법

A. 연구자료

1. 검사어음

치경부와 경구개에서 조음이 되는 한국어 자음중에서 /ㄴ/, /ㄷ/, /ㄹ/, /ㅈ/, /ㅊ/, /ㅌ/의 6 자음을 후속 /아/모음과 함께 발음시켜서 이를 검사어음으로 이용하였다.^{3,12)}

2. 피검자

K 대학교 재학생 중에서 서울 태생으로 표준말을 사용하며 교합이 정상이고 보철 및 교정치료의 경험이 없고 청각 및 발음 장애가 없는 남학생 2명을 대상으로 하였다.

3. 구개상의 제작

통법에 따라 Alginate로 상악인상을 채득 후 총의 치의 구개상과 유사한 형태로 즉시 중합 Resin을 이용하여 구개상의 두께가 약 1.0mm, 2.5mm의 균일한 형태와, 치경부위의 약 10mm는 2.5mm 두께로 그외의 부위는 1.0mm 두께의 불균일한 3종류의 구개상을 제작하였으며 유지를 위하여 제2소구치와 제1대구치 사이에 ball clasp를 정착하였다.

장착 전의 상태를 A, 1.0mm 두께의 구개상을 B, 2.5mm 구개상을 C, 치경부 이외의 부위가 1.0mm인 경우를 D라고 명 하였다.

4. 녹음

일정한 발음을 위하여 장착전에 발음훈련을 시켜서 비교적 일정한 세기와 길이로 발음하도록 하였다.

녹음조건은 구개상의 장착전, 후에 각각 2회씩 발음 하였으며 발음시의 조건을 일정한 상태로 하기 위하여 구개상을 제작하여 적합 유무만을 확인 후에 즉시 녹음을 하였다.

녹음은 경희대학교 방속국의 녹음실에서 마이크로로부터 25cm 거리에서 발음과 발음사이를 3초 간격으로 일정한 간격으로 발음 하도록 하였다.⁴⁾

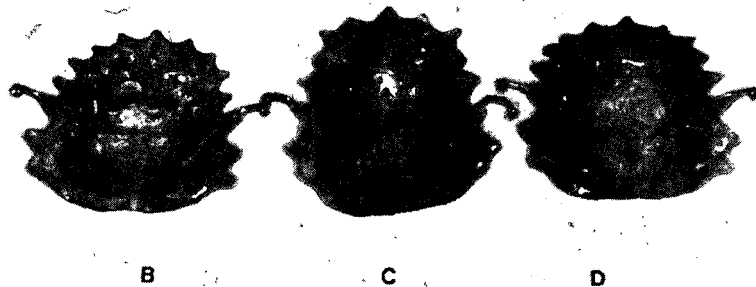


Fig. 1. An example of tested palatal plates.
 left: 1mm thickness plate (B-type), center: 2.5mm thickness plate (C-type),
 right: combination type (D-type)

B. 연구방법

분석의 편의를 위하여 피검자를 각각 L, M이라 명하고 /나/, /다/, /라/, /자/, /차/, /타/의 검사음을 2회씩 발음하여 각각 1, 11, 2, 12, 3, 13, 4, 14, 5, 15, 6, 16으로 임의로 명하였다. (Tab.1)

음성 Analog 신호를 Digital 신호로 변환하기 위하여 A/D 변환기(Signal Technology Inc., U.S.A.)를 이용하여 10KHz의 sampling rate로 16 Bit IBM PC/XT Computer에 입력을 하였으며 이때 Anti-aliasing을 위해 4.7KHz 까지만 통과시키는 Low pass filter(Kronhite Co. U.S.A)를 사용 하였다.

Digital 음성은 ILS/PC1 Software(Signal Technology Inc., U.S.A)를 이용하여 음성부분을 검출한 후, 3차원 spectrum과, waveform display로 음의 변화를 확인하였다. (Fig.2, 3, 4)

또한 음의 지속 시간을 분석하기 위하여 자음, 모음의 이행부를 확인하고, 선형 예측 계수(Linear Prediction Coefficient)와, 포먼트 측정 위한 Program을 제작하여 분석하였다. ^{66,74-76,95,105)}

a. 발음의 지속 시간.

각 Waveform display는 100 frame으로 구성되어 있고 sampling시간은 0.64초이다. 즉, 1 frame은 0.0064초를 나타내므로 발음의 지속시간은 Fig.5와 같

Table 1. Arbitrary classification of the test sounds.

나	다	라	자	차	타
LA1,LA11	LA2,LA12	LA3,LA13	LA4,LA14	LA5,LA15	LA6,LA16
LB1,LB11	LB2,LB12	LB3,LB13	LB4,LB14	LB5,LB15	LB6,LB16
LC1,LC11	LC2,LC12	LC3,LC13	LC4,LC14	LC5,LC15	LC6,LC16
LD1,LD11	LD2,LD12	LD3,LD13	LD4,LD14	LD5,LD15	LD6,LD16
MA1,MA11	MA2,MA12	MA3,MA13	MA4,MA14	MA5,MA15	MA6,MA16
MB1,MB11	MB2,MB12	MB3,MB13	MB4,MB14	MB5,MB15	MB6,MB16
MC1,MC11	MC2,MC12	MC3,MC13	MC4,MC14	MC5,MC15	MC6,MC16
MD1,MD11	MD2,MD12	MD3,MD13	MD4,MD14	MD5,MD15	MD6,MD16

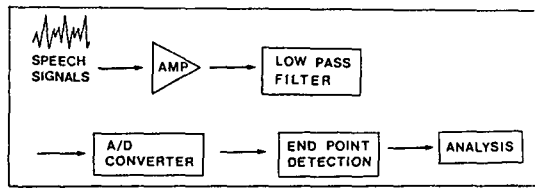
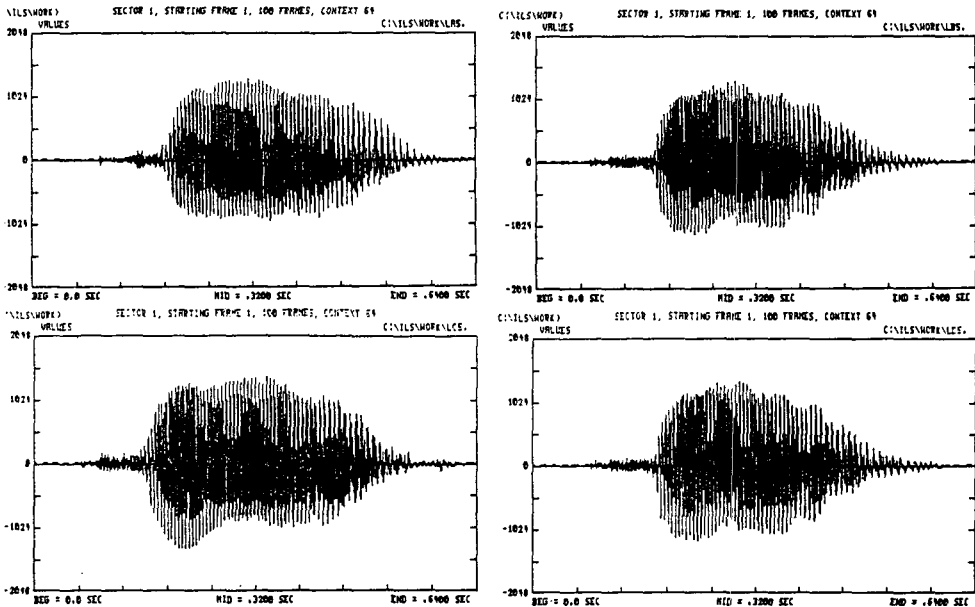
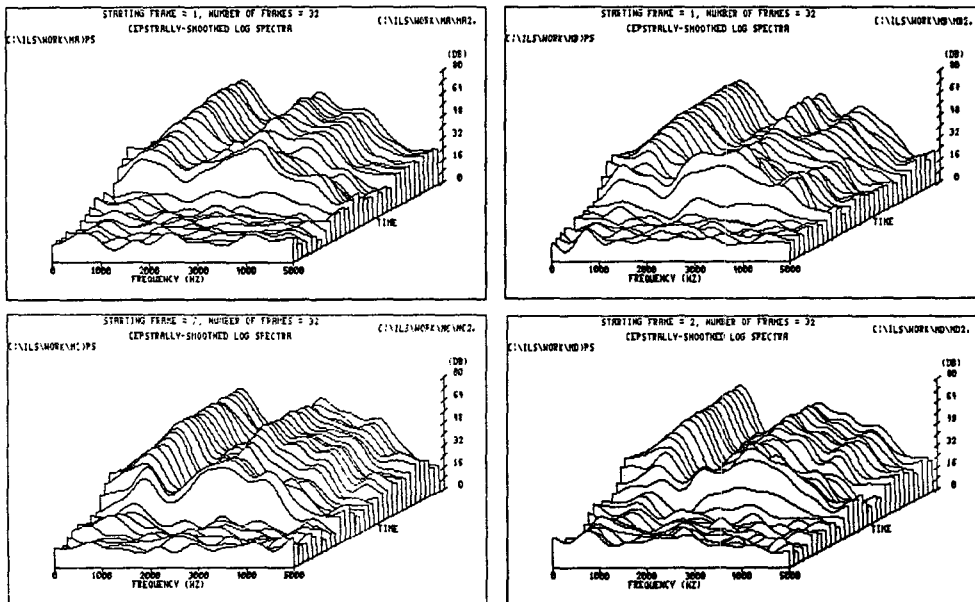


Fig. 2. Diagram of speech analysis procedure.



270105-f003 Fig. 3. Spectrographic view of the tested sound in 4 conditions.
(informant; L, consonant; cha (차))



270105-f004 Fig. 4. Log magnitude spectral display in 4 conditions.
(informant; M, consonant; da (다))

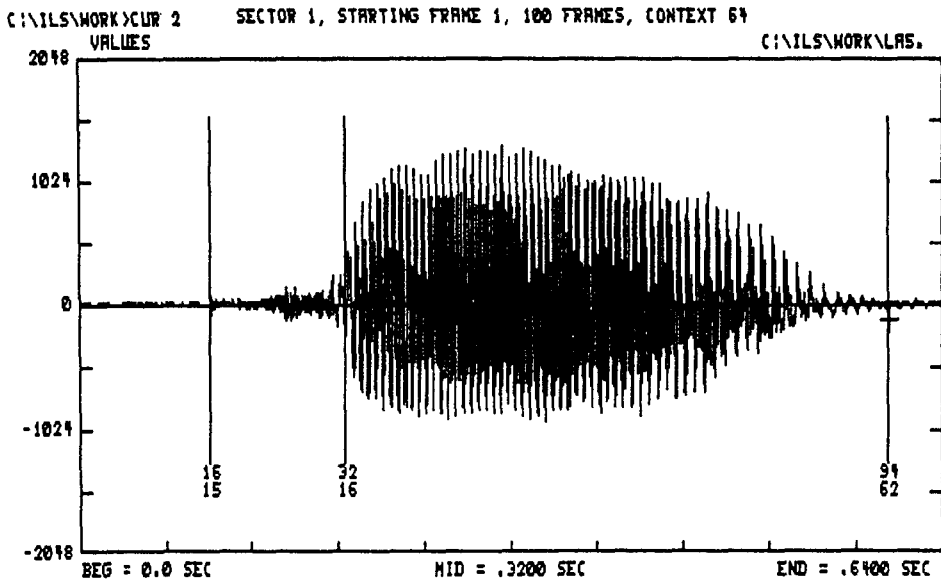


Fig. 5. An example shows the use of the CUR command for marking off data.

이 스프레드시트에서 시점, 모음부위를 분리하고 분리된 자음의 frame 수로부터 시간으로 환산 하였다.

b. 선형 예측 계수(Linear Prediction Coefficient Correlation)

분리된 자음, 모음 부위를 Fig.6와 같은 방법에 의하여 분석하였다.

Preemphasis는 고주파 성분이 저주파 성분에 비해 상대적으로 약화되는 것을 보상하기 위한 것으로 다음과 같이 시행 하였다.

$$S(n) = S(n) - 0.95S(n-1)$$

Hamming window의 길이는 모음 부분은 20ms (200 Sample)로 하였고 window는 10ms씩 이동하였다. 자음 부분은 10ms(100 sample)씩 분석하였으며 5ms씩 이동하였다.

Hamming window는 다음과 같이 취하였다.

$$S(n) = S(n) \times (0.54 - 0.46) \times \cos(2\pi(n-1)/N)$$

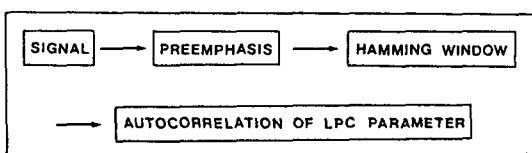


Fig. 6. LPC parameter extraction procedure.

선형 예측 계수(Linear Prediction Correlation)는 수집된 음성 파형 S는 P개의 과거 sample로부터 선형예측에 의하여 근사화 된다는 이론에 의해 음성 신호를 S라 하면

$$S_n = \sum_{k=1}^P A_k S_{n-k}$$

$$E = 1/N \sum_1^W (S_n - S_n)^2 = 1/N \sum_1^W (S_n - \sum_{k=1}^P A_k S_{n-k})^2$$

A_k 는 S의 N개의 sample을 통한 S_n 와 S_{n-k} 사이의 오차(E)의 평균 제곱 차를 최소법에 의하여 결정된다. Distance 즉 자음 부분의 차이를 측정하기 위하여 LPC parameter의 차이를 계산하였으며 Itakura-Saito의 Loglikelihood ratio를 사용하였다.⁹⁵⁾

각 선형 예측 계수의 비교는 대상부위 전체를 균일하게 비교한 경우와 전방부에 중점적인 비교를 하는 경우, 후방부에 중점을 둔 세가지 방법으로 분석하였으며 이를 각각 Without weighting, Pre-weighting, Post-weighting으로 명하였다. 비교 분석은 구개상 장착전인 A를 기준으로 하여 이것에 대한 B, C, D의 각 type을 비교하였으며 동일 음을 2회 발음하였으므로 상호 교차비교 분석한 평균치를 각

각의 선형 예측 계수로 하였다.

각 선형예측 계수간의 거리 측정 공식은 다음과 같다.

$$\text{DIST} = \text{LOG} \left| \frac{\text{Ar} \cdot \text{Rmt} \cdot \text{Ar}'}{\text{Ar} \cdot \text{Rmt} \cdot \text{At}'} \right|$$

INPUT: At: LPC COEFFICIENT OF TEST PATTERN
 Ar: LPC COEFFICIENT OF REFERENCE PATTERN
 Rt: AUTOCORRELATION COEFF. OF TEST PATTERN
 Rmt=AUTOCORELATION MATRIX OF A
 At · Rmt · At': RESIDUAL ERROR OF TEST PATTERN

c. 포먼트 분석.

LPC spectrum의 peak 부분을 포먼트로 간주하여 분석하였다.

LPC spectrum의 peak 다음과 같이 구하였다. (Fig.7)

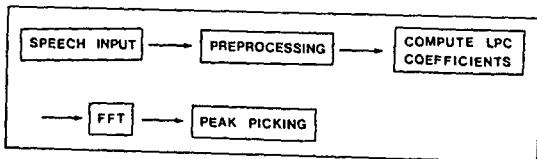


Fig 7. Block diagram of the procedure for determining formant frequencies and amplitudes.

Formant 주파수는 LPC Spectrum을 추출한 후 이를 이용하여 구하였다.

Formant의 분석 구간은 모음시작 부분의 waveform을 editing하여 각 포먼트를 구하였다.

d. 쌍체 비교(Paired comparison)

각 피검자의 두개의 실험 단위를 비교하기 위하여 양 실험 단위에 대한 반응 측정값의 차이를 택하여, 양 단위간에 공통으로 나타나는 요인을 제거할 수 있고, 이차를 처리 효과간의 차이와 우연성에 의한 관측값으로 생각하여 검정하였다.

III. 연구성적

a. 발음의 지속 시간.

자음의 지속시간은 /차/, /타/, /나/, /라/, /자/, /다/순으로 짧았고, 구개상 장착에 의한 지속시간의

변화는 C, D-type에서 짧아졌으나, /자/, /차/는 장착에 따른 변화가 적었고 피검자간의 발음의 지속시간에는 약간의 차이를 나타냈다. (Tab.2), (Fig.8)

Table 2. Duration of the consonants. (unit: msec)

	L	ㄷ	ㄹ	ㅈ	ㅊ	ㅌ
LA	76.8	38.4	57.6	51.2	96.0	57.6
LB	67.2	28.8	51.2	44.8	96.0	67.2
LC	48.0	32.0	41.6	48.0	92.8	51.2
LD	67.2	32.0	51.2	48.0	92.8	70.4
MA	80.0	48.0	57.6	51.2	105.6	80.0
MB	86.4	48.0	57.6	51.2	92.8	83.2
MC	51.2	35.2	38.4	51.2	83.2	57.6
MD	76.8	32.0	35.2	54.4	99.2	80.0

b. LPC 분석.

선형 예측 분석은 자음, 모음부를 구개상 장착전(A-type)에 대한 각 구개상 장착후를 without weight, pre-weighting, post-weighting의 3 방법으로 비교 분석하였다.

1. 자음부분.

구개상 장착전(A)에 대한 각각의 구개상의 장착후(B, C, D)의 선형 예측 계수는 Tab.3과 같다.

L은 /자/, /차/발음시에 C, D-type에서 가장 큰 계수를 보였고 전반적으로 C, D-type이 B-type보다 큰 계수를 보였다. L은 B-type이 C, D-type보다 적은 계수를 보였으나 M은 B, C, D-type간의 차이가 없었고 전반적으로 L보다 낮은 계수를 보였고 L에 비하여 불규칙한 변화를 보였다. 또한 각각의 구개상의 장착시의 계수에 대한 통계학적 유의성 검증에서 L, M공히 구개상의 종류에 관계없이 높은 유의성을 보였다(Tab. 4).

장착전에 대한 각 구개상의 장착후의 선형예측 계수의 차이를 각각 상호 비교한 결과는 다음과 같다. (Tab.5-a, b, c)

a. Without weighting :

L은 D, B-type간에 가장 큰 차이를 보였고 D, C-type간에 가장 적은 차이를 보였으며 D-type이

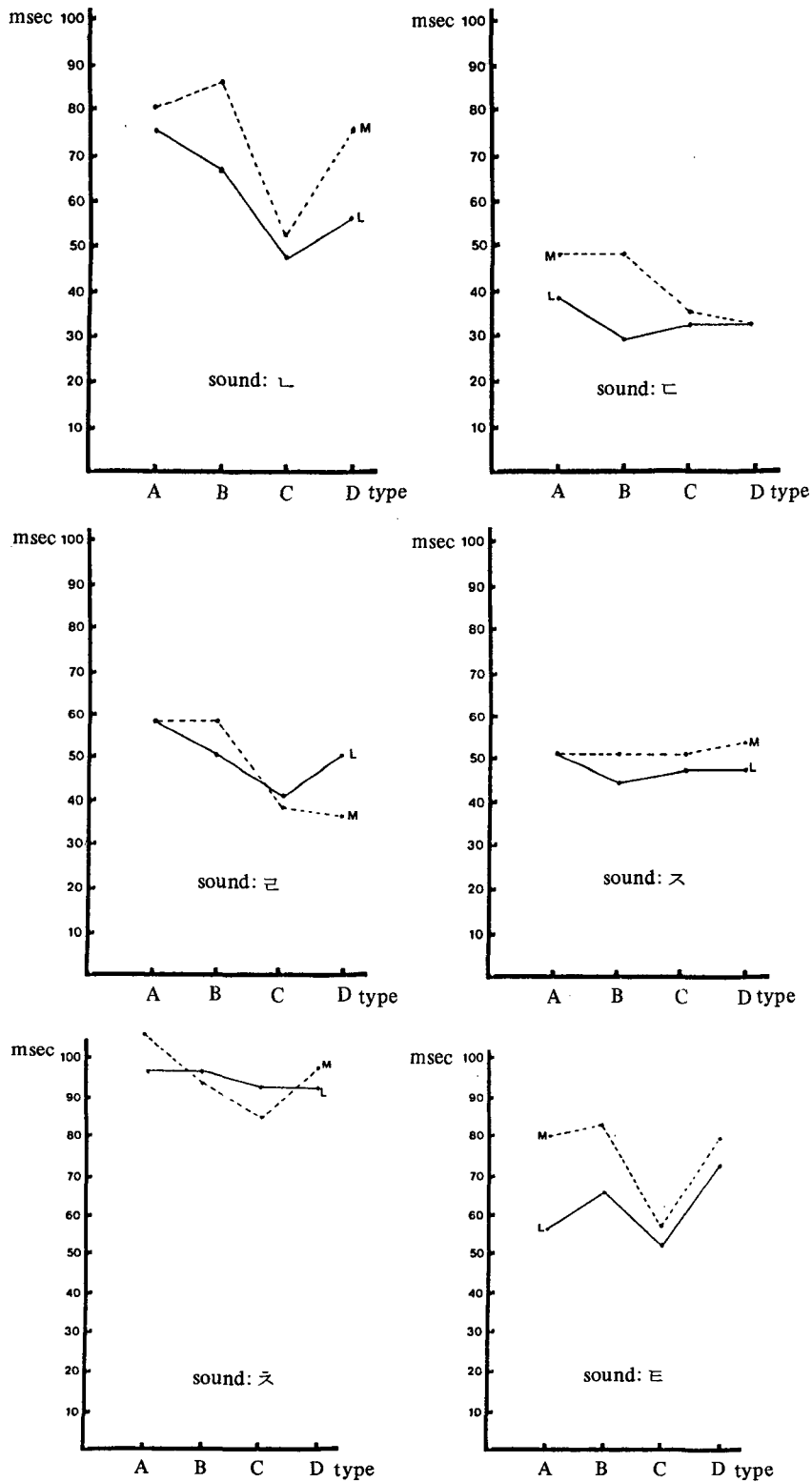


Fig. 8. Changes of word duration in 4 conditions.

270105f028

가장 큰 선형 예측 계수를 보였으나 C-type과의 차이는 적었다. M은 전체적으로 L에 비하여 낮은 계수를 보였고, D, B-type간에 가장 큰 차이를 보였다.

b. Pre-weighting :

L은 without weighting과 유사한 차이를 보였으나 M은 각 구개상간의 차이가 L에 비하여 현저히 적고 C-type에서 가장 큰 선형 예측 계수를 보였다.

c. Post-weighting :

without weighting과 유사한 결과를 보여 B, D-type의 차이가 가장 컸다.

이상이 결과에서 L은 모든 방법에서 모두 D-type이 가장 컸고, M은 pre-weighting을 제외하고는 D, B간의 차가 가장 컸다. 즉 불균일한 경우(D-type)에서 큰 계수를 나타냈다.

2. 모음 부분

L의 선형 예측 계수는 B-type에 비하여 C, D-type에서 공히 큰 계수차를 나타냈으며 M은 L에 비하여 B-type에서 높은 계수를 나타냈고 C, D-type과 유사한 차이를 보였다. (Tab. 6, 7)

a. Without weighting :

L은 B, C와, B, D간에는 큰 차이를 보였으나 C, D-type간에는 차이가 거의 없었다. M은 전체적으로 큰 차이를 보이지 않았고 C-type에서 가장 큰 계수를 보였다.

b, Pre-weighting :

without weighting과 유사한 차이를 보였다.

c, Post-weighting :

L, M 공히 위의 2 방법과 유사한 차이를 보였으나 그 차이는 비교적 적었고, L은 C-type이 큰 계수를, M은 D-type이 C-type보다 약간 큰 계수를 보였다.

통계학적 유의성 검증에서는 weighting의 유무와 방법에 관계없이 공히 $p < 0.001$ 수준에서 통계학적 유의성을 보였다. (Tab. 8)

3. 포만트의 분석 결과.

포만트의 결과는 Tab. 9과 같다.

통계학적 유의성 검증에서 제1포만트, 제2포만트는 구개상의 장착 유무에 관계없이 유의성이 없었고 제3포만트에서 M은 A, B 사이에서 $p < 0.01$ 에서 유의성을 보였고 제4포만트에서 M은 A, D간에 $p < 0.01$ 에서 유의성이 있었다.

L, M의 상호 비교에서는 제2포만트에서 A, D와, A, B, 제3포만트에서 A, C, 제4포만트에서 A, C 사이에 $p < 0.01$ 에서 유의성이 있었다. (Tab. 10)

formant peak tracking상에서는 장착 후에 제2포만트가 불규칙하고 발생 빈도가 현저히 감소됨을 보였다. (Fig. 9)

Table 3. LPC Coefficients of the Consonants

	a	b	c		a	b	c		a	b	c
LA1LB1	8	5	17	LA2LB2	11	10	7	LA3LB3	13	10	6
LA1LC1	11	11	16	LA2LC2	31	27	23	LA3LC3	15	15	11
LA1LD1	12	13	19	LA2LD2	38	28	27	LA3LD3	21	23	12
LA4LB4	13	12	13	LA5LB5	21	19	18	LA6LB6	14	16	22
LA4LC4	28	22	29	LA5LC5	52	40	58	LA6LC6	36	36	40
LA4LD4	27	27	36	LA5LD5	51	51	67	LA6LD6	45	38	45
MA1MB1	14	13	17	MA2MB2	9	6	16	MA3MB3	6	9	17
MA1MC1	11	10	10	MA2MC2	14	9	22	MA3MC3	11	18	23
MA1MD1	15	14	17	MA2MD2	13	7	18	MA3MD3	7	15	24
MA4MB4	13	13	12	MA5MB5	11	12	12	MA6MB6	7	9	13
MA4MC4	14	12	15	MA5MC5	13	11	19	MA6MC6	6	11	15
MA4MD4	14	14	29	MA5MD5	17	11	20	MA6MD6	13	7	22

a: without weighting. b: pre-weighting. c: post-weighting.

Table 4. T-Value of the LPC coefficients of the consonants.

		AB	AC	AD	AB	AC	AD
WITHOUT WEIGHT	L	7.56(***)	4.76(**)	5.31(**)	10.03(***)	5.12(***)	5.49(***)
	M	7.60(***)	9.34(***)	9.57(***)			
PRE-WEIGHT	L	5.95(**)	5.39(**)	5.62(**)	9.85(***)	6.04(***)	5.35(***)
	M	9.02(***)	9.09(***)	7.68(***)			
POST-WEIGHT	L	5.32(**)	4.19(**)	4.24(**)	10.65(***)	5.93(***)	6.37(***)
	M	14.62(***)	8.62(***)	12.03(***)			

*: P < 0.5 **: P < 0.01 ***: P < 0.001

8/20/05 EKF

Table 5. Difference of the LPC coefficients. (consonants)

a. Without weighting:

	L	ㄷ	ㄹ	ㅌ	ㅍ	ㅑ	TOTAL	MEAN
LALC-LALB	3	20	2	15	31	22	93	15.5
LALD-LALB	4	27	8	14	30	31	114	19.0
LALD-LALC	1	7	6	-1	-1	9	21	3.5
MAMC-MAMB	-3	5	5	1	2	-1	9	1.5
MAMD-MAMB	1	4	1	1	6	6	19	3.2
MAMD-MAMC	4	-1	-4	0	4	7	10	1.7

b. Pre-weighting:

	L	ㄷ	ㄹ	ㅌ	ㅍ	ㅑ	TOTAL	MEAN
LALC-LALB	6	17	5	10	21	20	79	13.2
LALD-LALB	8	18	13	15	32	22	108	18.0
LALD-LALC	2	1	8	5	11	2	29	4.8
MAMC-MAMB	3	3	9	-1	-1	2	15	2.5
MAMD-MAMB	1	1	6	1	-1	-2	6	1.0
MAMD-MAMC	4	-2	-3	2	0	-4	-3	-0.5

c. Post-weighting:

	ㄌ	ㄐ	ㄑ	ㄒ	ㄓ	ㄔ	TOTAL	MEAN
LALC-LALB	-1	16	5	16	40	18	34	15.7
LALD-LALB	2	20	6	23	49	23	123	20.5
LALD-LALC	3	4	1	7	9	5	29	4.8
MAMC-MAMB	-7	6	6	3	7	2	17	2.8
MAMD-MAMB	0	2	7	17	8	9	43	7.2
MAMD-MAMC	7	-4	1	14	1	7	26	4.3

Table 6. LPC Coefficients of the Vowels

	a	b	c		a	b	c		a	b	c
LA1LB1	30	25	47	LA2LB2	28	23	35	LA3LB3	33	29	39
LA1LC1	134	144	102	LA2LC2	115	133	88	LA3LC3	133	140	116
LA1LD1	123	136	85	LA2LD2	150	178	97	LA3LD3	102	114	84
LA4LB4	41	29	43	LA5LB5	22	24	29	LA6LB6	20	17	25
LA4LC4	155	168	113	LA5LC5	115	133	106	LA6LC6	114	140	107
LA4LD4	134	144	102	LA5LD5	150	178	97	LA6LD6	102	114	84
MA1MB1	53	41	77	MA2MB2	69	56	90	MA3MB3	48	35	77
MA1MC1	55	41	69	MA2MC2	57	50	81	MA3MC3	57	43	76
MA1MD1	59	39	85	MA2MD2	47	38	63	MA3MD3	48	33	65
MA4MB4	48	34	62	MA5MB5	37	28	54	MA6MB6	48	38	67
MA4MC4	45	31	62	MA5MC5	49	34	61	MA6MC6	43	32	65
MA4MD4	52	42	76	MA5MD5	46	33	72	MA6MD6	47	36	64

a: without weighting. b: pre-weighting. c: post-weighting.

Table 7. Differences of the LPC coefficients. (vowel).

a. Without weighting:

	ㄌ	ㄐ	ㄑ	ㄒ	ㄓ	ㄔ	TOTAL	MEAN
LALC-LALB	104	87	100	114	93	94	592	98.7
LALD-LALB	93	122	69	93	128	82	587	97.8
LALD-LALC	-11	45	-31	-21	45	-12	15	2.5
MAMC-MAMB	2	-12	9	-3	12	-5	-9	-1.5
MAMD-MAMB	6	-22	0	4	9	-1	-4	-0.7
MAMD-MAMC	4	-10	-9	7	-3	4	-37	-6.2

b. Pre-weighting:

	ㄌ	ㄐ	ㄑ	ㄒ	ㄒ̄	ㄎ	TOTAL	MEAN
LALC-LALB	119	110	111	139	109	123	711	118.5
LALD-LALB	111	155	85	115	154	97	828	138.0
LALD-LALC	-8	45	-26	-24	45	26	58	9.7
MAMC-MAMB	0	-6	8	-3	6	-6	-1	-0.2
MAMD-MAMB	-2	-18	-2	8	5	-2	-11	-1.8
MAMD-MAMC	-2	-12	-10	9	-1	4	-12	-2.0

c. Post-weighting:

	ㄌ	ㄐ	ㄑ	ㄒ	ㄒ̄	ㄎ	TOTAL	MEAN
LALC-LALB	55	53	77	70	77	82	414	69.0
LALD-LALB	38	62	45	59	68	59	331	55.2
LALD-LALC	-17	9	-32	-11	-9	-23	-83	-13.8
MAMC-MAMB	-8	-9	-1	0	7	-2	-13	-2.2
MAMD-MAMB	8	-27	-12	6	18	-3	-10	-1.7
MAMD-MAMC	16	-18	-11	14	11	-1	11	1.8

Table 8. T-Value of the Vowels.

		AB	AC	AD	AB	AC	AD
WITHOUT WEIGHT	L	9.30(***)	19.22(***)	14.26(***)	9.67(***)	7.42(***)	7.13(***)
	M	11.80(***)	20.16(***)	24.63(***)			
PRE-WEIGHT	L	13.45(***)	26.96(***)	12.21(**)	10.67(***)	5.66(***)	5.28(***)
	M	9.83(***)	12.66(***)	25.45(***)			
POST-WEIGHT	L	10.65(***)	26.13(***)	27.78(***)	8.91(***)	14.50(***)	20.97(***)
	M	13.62(***)	21.06(***)	20.15(***)			

*: P < 0.5 **: P < 0.01 ***: P < 0.001

Table 9. Formants of the Vowels.

	F1	F2	F3	F4		F1	F2	F3	F4
LA1	857	1227	2391	3015	MA1	831	1423	2516	3308
LB1	871	1227	2349	3303	MB1	872	1470	2632	3630
LC1	858	1288	2470	3284	MC1	843	1272	2481	3337
LD1	867	1266	2400	3065	MD1	843	1271	2481	3337
LA2	855	1255	2458	3065	MA2	866	1309	2509	3272
LB2	865	1233	2533	3295	MB2	848	1209	2537	3382
LC2	858	1317	2492	3306	MC2	845	1297	2517	3171
LD2	872	1268	2506	3343	MD2	841	1178	2499	3168
LA3	852	1455	2463	3080	MA3	856	1274	2333	3164
LB3	835	1273	2435	3181	MB3	850	1259	2484	3324
LC3	852	1404	2487	3209	MC3	796	1191	2331	3166
LD3	858	1377	2485	3187	MD3	791	1175	2330	3020
LA4	844	1361	2475	3266	MA4	855	1207	2508	3279
LB4	856	1292	2367	3162	MB4	864	1206	2517	3396
LC4	841	1322	2468	3176	MC4	851	1282	2529	3367
LD4	844	1420	2480	3299	MD4	824	1231	2490	3161
LA5	818	1511	2467	3172	MA5	831	1232	2487	3248
LB5	814	1145	2360	3089	MB5	805	1181	2653	3437
LC5	837	1277	2614	3244	MC5	818	1233	2502	3311
LD5	816	1269	2439	3164	MD5	815	1182	2412	3040
LA6	895	1291	2488	3068	MA6	858	1177	2455	3220
LB6	856	1113	2454	3157	MB6	834	1164	2508	3351
LC6	887	1351	2588	3182	MC6	812	1267	2522	3345
LD6	863	1097	2402	3053	MD6	826	1175	2476	3092

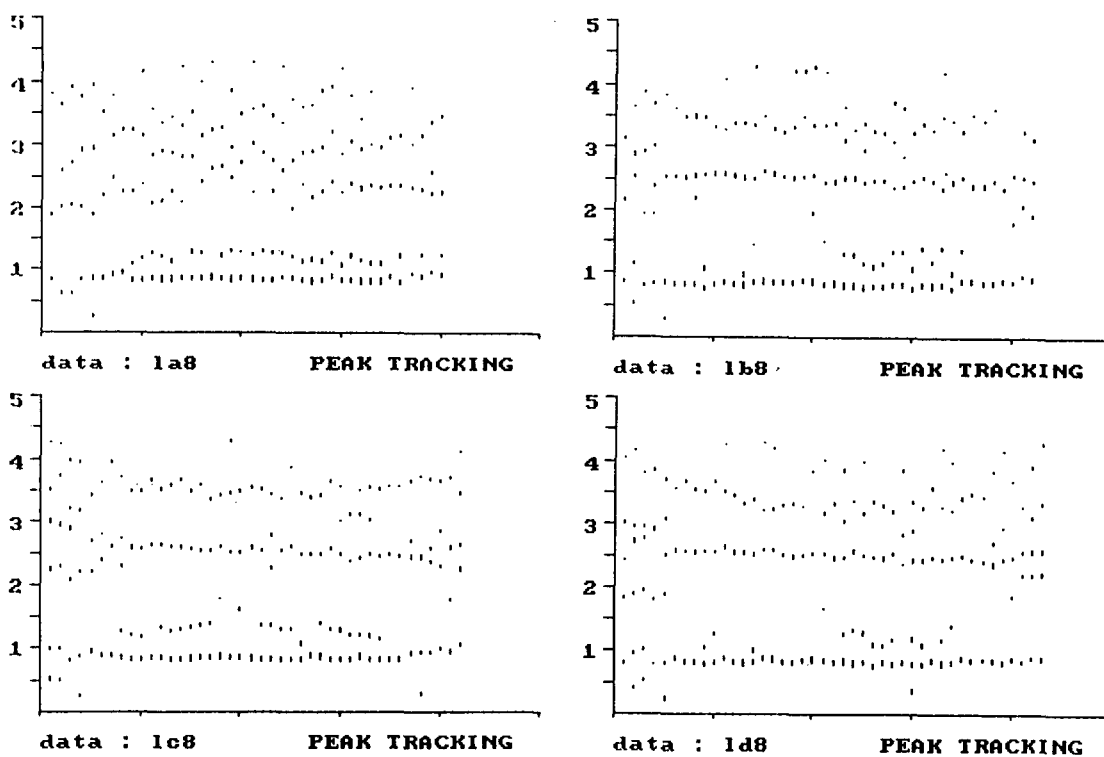


Fig. 9. A view of peak tracking of a tested sound in 4 conditions.
(informant: M, sound;/la(라))

Table 10. T-Value of the Formants.

		AB	AC	AD	AB	AC	AD
F1	L.	-0.47	0.53	-0.02	-0.62	-1.33	-1.86
	M.	-0.38	-1.69	-2.56			
F2	L.	-2.43	-0.46	-1.27	-2.39(**)	-0.74	-2.37(*)
	M.	-1.10	-0.53	-2.36			
F3	L.	-1.48	1.74	-0.26	0.87	2.64(*)	1.10
	M.	3.23(*)	2.42	-1.50			
F4	L.	1.34	2.32	1.66	1.29	2.77(*)	-0.50
	M.	1.20	1.47	-3.52(*)			

*: $P < 0.5$ **: $P < 0.01$

IV. 총괄 및 고안

보철처치와 관련된 발음기능의 검사에서 가장 중요한 것은 발음의 장애가 구강내의 이상에 의한 것인지 또는 전신적인 이상에 의한 것인지의 구별이다. 발음기능에는 여러 요소가 관련되므로 이를 정확하게 판정하는 것은 곤란한 경우가 많으며 음성학적인 훈련을 받지 않은 자의 귀에는 모국어의 발음에 없는 음이나 같은 음소에 속하는 음의 차이 등을 식별하는 것이 어렵다.

또한, 귀에 의한 음성의 관찰방법은 착각이나 억측에 의한 잘못된 결론을 이끌어내기 쉽다는 것도 사실이다. 이와같은 오류를 방지하기 위하여는 보다 객관적인 연구방법이 필요하며 소위 실험 음성학의 존재 이유도 여기있다. ^{4,9,15-17,21,28)}

지금까지의 검사 방법은 환자 자신의 호소나 타각적인 방법으로서 음성의 검사방법으로 명료도 검사와 계측기에 의한 방법이 있고 조음운동의 검사로서 구개도, 동태 구개도, 술자의 관찰, X-선 영화법 등이 있다.

명료도 검사방법은 환자의 음성을 복수의 검사자가 청취하여 표기한 결과를 집계하여 이상음의 출현율을 숫자적으로 표시하는 것이나 실제로는 피검자의 조건과 피검음의 종류에 따라 영향을 받을 수 있으므로 비교에는 문제가 된다.

가장 일반적인 방법으로는 명료도표를 작성하여 발음, 청취후에 이를 백분율로 표현하는 것이다. 이는 보철 처치후의 미세한 발음이나 미묘한 음의 변화를 발표되었으나 표준화된 검사표가 없어서 서로 다른 사람에 의한 분석의 비교에는 아직 문제점이 있다고 볼 수 있으며 계기를 이용한 분석의 보완을 위하여도 한글 명료도 검사표의 표준화가 필요한 상태이다. ^{4,15-17,27,29-32)}

Sound Spectrum 방법은 음성의 물리적 특성의 변화를 인지하는 방법으로 Sonagraph가 대표적인 주파수 분석 장치이다. 이 분석방법의 결과를 성문(voice print)이라고 하여 지문(finger print)에 대응하는 말로서 쓰이며 이를 범죄수사등에 이용하기도

하나 지문의 일정성에 비해 성문은 주의 환경, 발음시의 여러 조건에 따라서 변할 수 있으므로 정확한 방법은 아니다^{75-77,95)}

구개도법은 직접법과 간접법으로 나뉘며 직접법은 피검자의 혀에 먹등을 도포 한 후 발음을 시켜서 구개에 먹의 도포상태로부터 혀의 접촉상태를 인지하는 것이며 간접법은 구개판을 제작하여 구강내에 장착한 후 alginate 인상재를 도포하여 접촉되는 상태를 검사하는 방법이다.

동태 구개도는 구개판에 전극을 설치하여 사용하며 구개도가 계속적인 음의 분석과 혀의 접촉 위치를 분석키 곤란한 점에 비하여 이방법은 지속적인 관찰이 가능하나 저작상의 문제가 있다. ^{33,39,46,47,84)}

X-선을 이용한 검사방법은 발음시 혀, 하악의 위치 및 접촉관계를 설명하는데 적절하나 인접 조직과의 중첩에 의한 판독의 잘못, 장비 및 경비, 방사선의 노출등이 문제가 된다.

음성의 발생시에는 다수의 요인에 의해 좌우되므로 이들을 각각의 요인으로 분해하여 각 요인이 음성의 성질에 어떠한 역할을 하고 있는지, 즉, 하악의 운동, 혀의 전후 상하운동, 입술의 개폐운동등이 어떤 규칙으로 제어되고 있는지는 거의 알려져 있지 않으며, 특히, 혀는 신축성이 큰 근육으로서 그 움직임을 규칙화 하기는 대단히 어렵다.

그러므로 인간의 발생기관의 모형을 통하여 음성기관의 기능을 그대로 재현시킬 수는 없으나 일반적으로 약 19.5cm의 성도를 1cm 또는 0.5cm씩으로 분할하여 각각이 짧은 원통형을 이루고 있다는 가정하에 원통의 단면적을 여러 형태로 변화시켜서 여러 형태의 성도모형(Acoustic model of vocal tract)을 만들어서 음성을 합성하는 방법이 있다. ^{12,75,105)}

성대가 진동할 때 성대음은 기본 주파수의 모든 배음을 갖고 있는데 그 음파가 성대를 통해서 입으로부터 밖으로 내보내질 때 지나온 성도의 전달 특성과 성대음의 주파수 특성이 합쳐져서 성도의 공진 주파수를 중심으로 몇개의 성분이 강해진 주파수대역을 형성하며 이를 포만트라고 하며 제1포만트는 혀의 높이에 의하여 규정되는 공명실의 상태에 기인하고, 제2포만트는 음성의 통로에 의하여 형성되는 공명실의 길이에 의하여 결정되며, 각 모음이 가진 포만트의 수는 여러개이며 이중 제1,2포만트는 결정적으로 음성인식에 중요하다. 일반적으로, 제1포만

트는 혀의 높이가 높을수록 인두강은 넓어지므로 낮아지며 즉, 이것이 낮아지면 고모음을 나타내며 제2포만트는 입안의 앞쪽 공명에 기인하여 공명실의 길이에 좌우된다.

입안의 앞쪽이 넓을수록 즉, 공명실이 길수록 제2포만트는 낮아지며 이는 후설모음을 나타내며 전설모음은 제1,2포만트의 차가 크고 후설모음은 차가 적다.^{36,37)}

본 연구에서는 선행자음의 분석을 위한 후속 모음으로 /아/를 선택하였다. 이는 음의 고저, 장단에 의한 변화가 비교적 적은 모음으로 알려져 있어서 발음 방법의 차이에 의한 오차를 최소로 하고 선행자음의 정확한 분석을 위하여 선택되었다.^{3,12,23)}

O'Shaughnessy¹⁰⁵⁾는 비음의 분석에는 제2포만트의 비교, 모음에는 제2,3,4포만트의 분석이 이용되며 또한, 포만트는 자음에는 거의 나타나지 않으므로 주로 모음의 분석에 사용되며 자음의 분석은 자음 전후의 모음의 변화로 인지한다고 하였다.

Fallside⁷⁵⁾는 포만트는 개인 차이가 크고 성도가 큰 경우는 포만트가 낮고 여성은 인두부의 용적이 작아서 약 17%가 높다고 하였으며 동일 모음의 경우도 사람에 따라서 그 값은 차이가 있으므로 포만트만을 이용한 분석은 정확하지 못하다고 하였고 O'Shaughnessy¹⁰⁵⁾는 spectrogram 분석의 단점은 발음자 상호간의 유사성이 존재하지 않는 경우가 있으며 동일 발음 제공자에서도 시간에 따라서 발음 양상이 다를 수도 있다고 한다. 이 문제는 사람간의 차이보다는 문제가 되지 않으며 이를 *intraspeaker variability*라 한다.

본 연구에서는 자음부, 모음부의 측정을 위하여 비교적 높은 신뢰성이 있는 파라미터 분석 방법인 선형 예측 계수를 이용하였고, 포만트의 비교는 모음 시작부의 10 frame을 추출하여 그 평균치를 구하여 비교하였다.⁶⁰⁾

자각적 발음장애는 전부상의치를 장착한 노년층에서 많이 나타나며 이는 청력 감퇴, 뇌신경장애 등의 기능저하에 의한 언어 장애와 의치에 의한 발음 장애인지를 주의 깊게 관찰하여야 하며 /s/, /f/, /k/, /g/ 등은 쉽게 발음이 개선되지 않는다고 한다.

언어기능이 저하되는 원인중의 하나로 고령에 의한 청각능력의 저하를 들고 있다. 또 연구개는 *velopharyngeal mechanism*의 조음기능에 중요한 요

소는 파열음(/p/, /b/, /t/, /d/, /k/, /g/)이 구내압의 발생이 어려워서 초래된 nasal emission으로 변형되고 일부 환자에서는 /m/, /n/ 등의 비음으로 발음하며 마찰음(/f/, /v/, /th/, /sh/, /s/, /z/)이 특히 변형되기 쉬운 발음으로서 nasal snort(비잡음)이 된다.^{57,84)}

Markel과 Gray⁹⁵⁾는 음성 분석은 그 제공자의 주변 상태, 성도의 물리적 특성, 발음 양상에 따라서 좌우 될 수 있으므로 기본 주파수가 낮은 남자를 대상으로 할 때 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였고 녹음시의 조건의 변화에도 영향을 받으므로 동일 조건하에서의 녹음을 필요로 한다고 하였다.

이에 본 연구는 남자를 대상으로 하여 구개상의 장착 시간에 따른 발음 방법, 습관의 차이에 의한 *intraspeaker, interspeaker variability*를 최소로 하기 위하여 장착 즉시 녹음을 시행하였고, 녹음 간격은 각 음 간에 3초 간격으로 하였으며, 취급한 음은 모두 단독으로 발음된 음을 선택하였는데 이는 각 음소의 물리적 성질은 거의 알려져 있지 않은 상태에서는 가장 단순한 조건하에서의 각 음소의 성질을 비교하기 위하여다.

자음은 성대가 진동하는 것(유성음)과 진동하지 않는 것(무성음)으로 나뉘고 조음 방법에 따라

- 1, 성도내에 폐쇄와 협착이 만들어져 그곳을 호기가 통과할때 이차적인 잡음이 생기는 경우(파열, 마찰음)
- 2, 비강으로 분기로가 열려있는 경우(비음)
- 3, 과도적인 부분이 특징인 경우등 발음기구가 모음과 달리 복잡해서 단순하게 다를수 없는 경우가 많다.

또 자음은 선행, 후속모음의 영향을 많이 받아서 같은 음소라도 물리적으로는 상당히 다른 성분으로 이루어져 있는 경우도 있고, 모음에 비해 지속시간도 짧고, 높이와 강도도 약해서 그 실체를 파악하기 힘들고 이에 관한 연구는 아직까지 초보적인 단계이다.

자음에도 모음의 포만트와 같은 공진 주파수 대역을 갖는 것도 있고 후속모음부의 포만트의 과도상태로부터 그 자음 특유의 주파수 대역을 추정할 수 있는 경우도 있으며 그것들을 모음의 포만트와 구별하여 포만트영역(formant locus)이라고 부르기도 한다.

김⁶¹은 구강내에 의치상을 장착하여 발음한 경우의 Sonagram 분석에서 포만트의 변화는 공명강의 용적 변화, 구개상 개입에 의한 이물감에 의한 설운동의 장애에 의한 것이고 보고하였다.

구개부에 관한 연구에서 Mehringer¹⁰², Allen⁶⁴은 정상적인 혀-구개 관계의 분석에서 동일음의 발음시에 2명이 같은 위치로 접촉하는 경우는 거의 없고 중앙부를 중심으로 좌우가 대칭이 되게 접촉하는 경우도 거의 없다고 보고 하였다.

Harley⁶⁴는 구개도는 어느 한 순간의 설-구개 관계만을 알 수 있어 언어의 dynamic activity의 기록에는 어려움이 있으며 동태 구개도를 이용하여 치조음, 경구개음인 /t/, /d/, /l/, /n/, /s/를 /ah/ 모음을 이용한 분석에서 자음의 약 80%가 전방부에서 접촉하는 것으로 알려진 반면에 후방부에서도 많은 접촉이 있음을 밝혔다.

이는 Allen⁶⁴의 구개부 중앙부는 발음과 무관하다는 보고와는 다른 결과를 보였다.

Hamlet⁸⁰은 동태 구개도를 이용한 조사에서 혀의 보상조절에 의하여 정상치열의 경우에 약 2주 장착 후에 정상 발음으로 환원되었음을 보고하였다.

Tanaka¹²⁰는 의치 및 자연치의 분석에서 전치부 13mm 하방에 변곡점이 위치하며 그 상방 6mm 부위와 양 견치의 장축과는 평행이며 대부분의 의치에서 이 변곡점을 무시하고 제작되었음을 발견하였고 Allen⁶⁴은 이 부위의 용기(convexity)가 /s/, /sh/ 발음에 중요하며 구치부의 전두단면(frontal section)상에서 볼 때 자연치궁에는 중앙부에 변곡점이 존재하고 이것이 적절한 발음에 중요하다고 하였으며 이 관계를 무시하고 의치를 제작하여도 발음은 개선되나 비교적 장시간이 요한다고 하였다.

Jordan⁸⁰은 혀의 이물감을 방지하기 위하여 상악 Major connector의 위치를 해부학적 형태와 조화되게 설계 할 것을 주장하였으며, 이¹⁹는 Palatal bar의 형태와 위치에 관한 연구에서 전치부 설측 치경부 4mm에 위치된 경우에서 가장 큰 발음장애가 있음을 보고 하였다.

Yamagata 등^{64, 65}과 Morita⁴⁶, Tanaka¹²⁰, Palmer¹⁰⁶, Shaffer¹¹⁵, Yamagata와 Morita⁵⁹는 상악의치의 구개부에 추벽의 형성을 강조하였고 약 90%가 이부위에서 조음이 된다고 하였고, Harley는⁶⁴ 조음시 중앙부위는 구개의 측면부

(견치-제2대구치), 중앙부는 절치유두 부위만이 관여되며 /s/, /l/, /d/, /n/, /t/의 발음시 추벽에 혀가 접촉치 않는다고 하였다.

Martone과 Black은^{96, 97} 가령에 따라서 의치의 연마면(polished surface)의 양이 증가하나 대개 무관심하게 제작하고 있으며 심미성, 발음, 안정, 유지의 부여를 위하여 적절한 형태와 구개판의 두께도 일정하게 부여하는 것이 중요하다고 하였다.

본 연구에서도 C-type이 D-type보다 전체적으로 구강 용적이 축소된 상태이나 양자간의 포만트의 변화에 관한 유의성은 없었으며 이는 균일한 두께가 발음에 효과적이라는 Martone⁹⁶의 결과와 유사하였다.

일반적으로 총의치 제작시 구개부는 해부학적 구조로 재형성하지 않는 경우가 많으며 대부분의 발음시에 혀가 이 부위에서 약 90%가 접촉을 한다고 하였으며¹⁰⁹, Umeda¹²¹의 한국어 구개도 검사에 의하면 대부분의 발음시 혀는 전치부 및 양 구치부 치경부에 접촉한다고 하였으며, 본 연구에서도 이부위의 발음의 영향을 분석하기 위하여 B-type은 비교적 금속상과 유사한 약 1.0mm로, C-type은 resin상과 유사한 2.5mm 두께로 제작하였고 D-type은 치경부는 C-type으로 나머지 부위는 B-type과 같은 형태로 제작하였으며 선형 예측 분석에서 C, D-type은 B-type에 비하여 큰 계수를 나타냈다. 그러나 본 연구는 자연치열에 구개상을 장착한 상태에서의 분석이므로 총의치 환자에서의 발음의 변화에 관한 비교 분석이 필요할 것으로 사료된다.

Petrovic¹⁰⁷은 0.7mm, 1.2mm, 2.0mm의 구개판을 정상 성인에게 장착한 후의 발음을 computer를 이용한 분석에서 의치 구개판의 변화는 한 단어의 발음시에 다른 음과의 조화가 혼동되고, 성도의 공명강의 변화와 고주파 부위의 energy의 변화를 가져오며 1.2mm 이상의 두께에서 발음의 변화 커지나 환자의 청각 능력이 우수한 경우에는 양호한 발음을 보이며, 무치악 환자의 전치부 배열시에 정상보다 2mm 전방에 배열하면 80%의 변형이 있고 구개판의 1mm의 차이에서 60%의 변형이 있고, 전치부와 소구치 부까지의 두께를 조절(1mm)한 경우는 변형이 50%가 감소하였고 발음시간은 약간 변화가 있었으나 통계학적으로 의미가 없었고 1개월 이내에 정상 발음으로 환원되었음을 보고하였다.

본 연구에서도 구개관의 정착시에 발음의 지속 시간이 감소 되었고 선형 예측 계수의 증가를 보였으며 특히 C-type, D-type간에 큰 유의차를 나타내지 않았는데 이는 치경부의 두께와 관련이 있는 것으로 사료되며 이의 보완적 분석을 위한 Area function 분석¹¹⁶ 등이 필요 할 것으로 생각 된다.

Tobey등¹²¹은 의치 장착 전후의 /e/, /a/음의 비교에서 /a/가 의치 장착 유무에 관계없이 길게 발음되었으며 이는 /a/는 low vowel로서 아마 낮은 위치로 하악이 운동하는 시간이 길기 때문에 나타나는 현상으로 사료되며 /e/, /a/ 모두 의치 장착후 증가 되었다. 제2포만트는 /e/가 /a/보다 장착 전후에 모두 높았는데 이는 상설모음에 의한 것으로 /e/는 장착 후 제2포만트가 증가되고, /a/는 감소되었다.

성¹²²은 의치 장착 전후의 사행 모음의 포만트 분석에서 전체적으로 장착후에 약간의 발음장애를 보였으며 그중 /시/가 가장 변형이 많았으며 무치악 상태에서는 자음세력이 약화되었으나 장착후에는 세력이 강화되었고 모음에는 큰 영향이 없다고 하였다.

Hirota³⁵⁻³⁷는 정상자의 발음을 Sonagram 분석에서 자음의 지속 시간이 파열음인 /p/, /t/, /k/는 0.8-37ms, 유성음인 /b/, /d/, /g/는 0.5-25ms로 일반적으로 무성음이 길다고 하였으며 마찰음 중 무성음 /s/, /f/, /h/는 20-150ms, 유성음 /w/, /z/, /j/는 30-60ms 가량으로 나타남을 보고하였으며 본 연구에서도 무성음이 유성음보다 길게 발음됨을 보였다.

Umeda¹²³의 한국어 자음의 지속시간의 분석에서와 마찬가지로 본 연구에서도 /다/, /타/, /나/, /라/, /차/순으로 증가 되었음을 보였다.

Matsuki^{44,45}는 의치 장착 전, 직후 7일, 30일 후의 발음 명료도 검사에서 마찰음, 파찰음의 술전 장애가 많고 장착후 곧 소실되었으며 경험자, 미경험자군 공히 술전에/s/, /f/가 발음이 불명확하였으며 신의치 장착후 급격히 감소하였고, /s/, /k/, /g/는 신의치 장착후 증가되나 이후 점차 감소 되는 경향을 나타냈으며 연구개음은 신의치 장착후 술전에 비해 증가되었고 전체적으로 /i/, /w/의 장애가 컸다.

본 연구에서는 음성인식 방법중에서 신뢰도가 높은 선형 예측 분석을 자음, 모음부로 나눠서 각각을

발음의 시간에 따른 변화를 보기 위하여 전체를 균일하게, 발음의 시작부분의 변화를 중점적으로 또 발음의 끝 부분의 변화를 중점적으로 분석하기 위하여 Without weighting, Pre-weighting, Post-weighting의 3 방법으로 분석을 시행하였다.

자음부는 weighting의 유무와 방법의 차이에 관계 없이 높은 선형 계수를 보였고 통계학적으로 높은 유의성을 보였으며 양 피검자간에 계수차이가 크게 나타났다. 이는 피검자의 발음 습관과 구개상의 장착에 의한 발음 방법의 차이에 의한 것으로, 장착 기간의 차이나 성, 나이등의 차이에 의한 발음의 변화에 관한 연구가 필요하며 본 분석에 포함되지 않은 자음의 분석도 이 방법을 이용하여 분석 될 수 있을 것으로 생각된다.

자음의 지속 시간은 양 피검자간에 약간의 차이는 있었으나 일반적으로 C, D-type에서 지속 시간이 감소되는데 이는 구강 용적의 감소로 인한 구개상과 혀의 조기 접촉에 의한 것으로 사료 되며 C, D-type간의 시간이 유사한 것은 조음이 대부분 치경부에서 이루어짐을 의미하여 /ㄱ/, /ㄷ/이 장착 유무에 관계없이 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 /ㄱ/은 하악 전치 설측에 혀끝을 접근시켜서 혀와 윗 잇몸사이에 좁은 틈을 만들어서 그곳에서 혀를 마찰 시켜서 소리를 내고, /ㄷ/은 파열음(/t/)보다 좀더 잇몸의 후방에 혀끝을 대고 전설면을 구개로 끌어 올려서 발음을 하므로 혀와 구개의 접촉이 비교적 적은 경우이기 때문에 지속 시간이 큰 변화가 없는 것으로 사료된다.

또한 유성음인 /ㄹ/보다 무성음인 /ㄴ/, /ㄷ/, /ㄸ/이 길었고 /ㅌ/, /ㄷ/이 짧은 것은 이음의 발음은 연구개를 올려서 공기 통로를 폐쇄하고 혀끝을 상악 전치 설면에 대고 공기는 폐로 부터의 압력에 의하여 압축되고 이때 혀끝을 떼면서 공기가 갑자기 흘러나갈때 발성이 되므로 혀의 접촉 시간이 짧으므로 지속 시간도 짧은 것으로 사료된다.

모음은 지금까지는 주로 포만트에서 약간의 변화가 있는 것으로 보고 되었으나 본 연구에서 통계학적 유의성 검증을 한 결과 포만트의 변화는 전반적으로 유의성이 없거나 적게 나타났으며 다만 peak tracking에서 제2포만트의 세력이 약화되고 불분명하게 나타났다.

이의 원인 분석을 위하여 포만트 amplitude의 분

석과 포만트와의 상관 관계의 분석이 필요하리라 생각되며 선형 예측 분석에서 L은 B-type에 비하여 C, D-type에서 큰 변형이 나타남을 볼 수 있었으며 특히 D-type이 C-type보다 전체적인 용적은 적으나 그 변형은 양자간에 유사하게 나타났으며 이는 치경부가 조음에 가장 중요한 부위임을 나타내는 것으로 사료된다.

본 연구는 종래의 포만트에 의한 분석에 선형 예측 분석 방법을 도입하여 단음절의 분석을 보다 객관적으로 비교 분석하였으며 본 연구에 이용된 program의 보완과 cepstrum, area function test, 명료도 검사등을 이용하면 보다 객관적인 단음절, 다음절, 문장의 분석이 가능할 것으로 사료된다.

V. 결 론

서울 태생으로 표준말을 사용하며 발음 기관에 이상이 없는 K대학교 남학생 2명을 대상으로 치조음, 경구개음 중 /나/, /다/, /라/, /자/, /차/, /타/, 의 6 음을 구개상 장착전과 각 구개상의 두께가 약 1mm, 2.5mm, 치경부는 2.5mm 그외의 부위는 1mm로 제작한 3 종류(B, C, D-type)를 각각 장착한 후의 발음의 변화를 비교하기 위하여 자음부, 모음부의 선형 예측 분석, 모음부의 포만트 분석과 자음의 지속 시간을 컴퓨터를 이용한 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 피검자 양자간의 발음의 변화 정도는 차이가 있었다.

2. 모음 부위의 포만트는 구개상의 두께의 변화에 따른 영향을 받지 않으나 선형 예측 분석에서 많은 변화를 보였으며, 특히 C, D-type에서 변화가 컸다.

3. 자음부는 현저한 변화가 있었으며 특히, C, D-type에서 변화가 컸다.

4. 구개상의 장착 후, peak tracking상에서 제2포만트의 세력이 약화되었고 불분명하게 나타났다.

5. /자/, /차/를 제외한 모든 자음부는 구개상 장착후에 자음의 지속 시간이 감소되었고, C, D-type에서 가장 지속 시간이 짧았다.

6. 경구개, 치조음은 구개상의 장착후 발음의 변

화가 컸고 특히 치경부의 두께가 발음의 변형에 큰 영향을 주었다.

7. 구개상의 두께 변화에 따른 자음의 변화를 확인하였다.

REFERENCES

1. 김기달, 양원식 : Sound spectrograph를 이용한 개교환자의 한국어 자모음의 발성에 관한 연구. 대한치과교정학회지, 15 : 55, 1985.
2. Kim, B.W. : Studies on Korean phonology (Part II). Physiological production mechanisms of Korean stop consonants. 대치협회지, 10 : 605, 1972.
3. 김승곤 : 음성학. 정음사. 1983.
4. 김영명 외3인 : 어음 청력 검사 단음절표의 규격화에 대한 연구. -정상인에 있어서- 한이인지, 21 : 831, 1978.
5. 김종민 : 어음명료도 검사를 위한 우리말 어음표의 규격화에 대한 연구. 한이인지, 18 : 29, 1975.
6. 김지수 : Sonagraph에 의한 의치상 후경과 한국어 모음에 관한 실험적 연구. 최신의학, 13 : 523, 1970.
7. 김학대 : 의치상후경이 한국어 음운에 미치는 영향에 관한 실험적 연구-모음에 관하여- 최신의학, 16 : 99, 1973.
8. 김희남 외 : 한국어 어음에 관한 음성언어학적 연구. 한이인지, 23 : 53, 1980.
9. 박주현 : 대학생의 영어모음 청취 및 발음능력 조상연구. -영어 전설모음을 중심으로 하여- 말소리, 5 : 4, 1982.
10. 박찬일 : 한국어 회화어음의 청각학적 연구. 한이인지, 14 : 9, 1979.
11. 성영환 : 총의치장착환자에 있어서 후경별로 본 한국어음에 관한 실험적 연구. 대치협회지, 11 : 801, 1973.
12. Umeda, H. : 한국어의 음성학적 연구. 일본어와의 대조를 중심으로, 형성출판사. 1983.
13. 이규식, 권도하, 백준기 : 유아의 조음발달 (I) : 자음종류에 따라. 한이인지, 19 : 167, 1976.

14. 이 재봉 : 한글의 첫소리, 가운데 소리, 끝소리의 발성과 하악 안정위에 관한 연구. 대한치과보철학회지, 23 : 1, 1985.
15. 이 중담 : 한국 어음청력검사 어집에 관한 기초적 연구. 제1편 ; 오청에 관하여. 한이인지, 19 ; 1, 1976.
16. _____ : 한국 어음청력검사 어집에 관한 기초적 연구. 제2 편 : 명료도에 있어서. 한이인지, 19 : 17, 1976.
17. _____ : 각종 사청검사법의 임상적 연구. 한이인지, 24 : 533, 1981.
18. 이 중원 : 음성장애에 대한 음성검사의 고찰. 한이인지, 23 : 408, 1980.
19. 이 철훈 : Palatal bar의 위치가 한국어 모음 및 경구개음에 미치는 영향에 관한 실험적연구. 최신의학, 16 : 107, 1973.
20. 이 현복 : 한국어의 모음음가. 말소리, 1 : 56, 1980.
21. 이 현복 : 우리말 소리의 듣기 조사. 말소리, 2 : 29, 1981.
22. 이 현복 : 로마자 표기법의 음성학적 실상과 허상. 말소리, 6 : 28, 1983.
23. Lee, H.B. & Zhi, M.J. : A spectrographic study of korean vowels. 말소리, 6 : 4, 1983.
24. 이 현복, 안 수길 : 음성을 이용한 computer 입력장치의 개발에 관한 연구. 말소리, 5 : 39, 1982.
25. _____ : 유아의 조음발달(II) : 음형태 및 자음위치에 따라. 한이인지, 19 : 179, 1976.
26. 한 미자 외 3인 : 구음장애자에 대한 임상적 고찰. 한이인지, 16 : 23, 1973.
27. 한 태희, 박 찬일 : 한국어 어음청력검사 단음절 어음표의 규격화에 대한 연구. ; 정상인에 있어서 : 한이인지, 24 : 265, 1981.
28. 차 일보 : 우리말 단음절의 구성과 출현 빈도 및 방언 사용자의 발음 명료도와 오청상에 관한 연구. 고대의대지, 10 : 17, 1973.
29. 최 진태 : 명료도 측정에 관한 연구(제2편 1호) 전기통신연구소보, 10 : 15, 1969.
30. _____ : 명료도 측정에 관한 연구(2 호) 전기통신 연구소보, 10 : 20, 1969.
31. _____ : 명료도 측정에 관한 연구(3 호) 전기통신 연구소보, 10 : 30, 1969.
32. _____ : 주파수 분석에 의한 한글 음성 특성. 전기통신연구소보, 11 : 81, 1970.
33. Fukai, H., et al. : Videofluorographic analysis of nasopharyngeal closure mechanism during various functions. Part. I. On normal subjects. 口病誌, 3 : 16, 1978.
34. Fukuda, T., et al. : Factors on the articulation improvement in adult patients with cleft of the palate. 日口蓋誌, 3 : 69, 1978.
35. Hirota, J. : ソナグラフによる發音の研究, Part I, 齒學會報, 56 : 224, 1956.
36. _____ : ソナグラフによる發音の研究, Part II, 齒科學報, 56 : 300, 1956.
37. _____ : ソナグラフによる發音の研究, Part III, 齒科學報, 56 : 353, 1956.
38. Hamamura, Y., et al. : Facilitation of velopharyngeal movement by palatal lift prosthesis. 日口外誌, 24 : 253, 1978.
39. Itoh, H., & Nemoto, K. : A basic study of characteristics of lingual articulation by use of electropalatography and shape of the palates—Japanese monosyllables— J Jpn Prosthodont Soc., 22:580, 1978.
40. Kato, N., et al. : A case of utilizing phonetic records at arrangement of anterior teeth. 新潟齒學會誌, 8 : 17, 1978.
41. Kobayashi, T., Clinical studies on speech improvement of cleft palate patients by speech aid. 口病誌, 39: 383, 1972.
42. Kurachi, M. et al. : 齒槽の吸収を伴う 2 症例の前歯部ポンテック下部形態と發音に関する考察. 補綴臨床, 19 : 131, 1986.
43. Machida, J., et al. : Statistical and descriptive analysis of patients with cleft and/or palate treated in the department of oral surgery II, Matsumoto dental college. 日口蓋誌, 3:77, 1978.
44. Matsuki, N. : Speech disorders in complete denture wearers. Part 1: Subjective disorders, 口病誌, 38: 253, 1971.

45. Matsuki, N.: Speech disorders in complete denture wearers. Part 2: Objective disorders, 口病誌, 38: 333, 1971.
46. Morita, K.: Normal pattern of palatogram. 口病誌, 34:279, 1967.
47. Morita, Y.: An X-ray TV cinematographical study on the movements of lip during functions 齒科學報, 79:37, 1979.
48. Motomura, T., et al.: A longitudinal study of the palatopharyngeal sphinter's mechanism after the resection of the soft palate. 日口蓋誌, 3:90, 1978.
49. Motomura, T., et al.: The mechanisms of velopharyngeal closure on vowels. 日口蓋誌, 4: 1, 1979.
50. Mushimoto, K.: A studies of facial muscle coordination during phonation. Part 3. The influence of phonation after wearing of the experimental full palatal plate and bite raising metal overlay or plate. J Jpn Prosthodontic Soc., 22: 96, 1978.
51. Nunota, E.: A study on speech by persons with malocclusion; Part 1. On the vowels and the "S" series in Japanese. 口病誌, 32: 392, 1965.
52. _____: A study on speech by persons with malocclusion; Part 2. On the articulation test in pronunciation. 口病誌, 32: 405, 1965.
53. _____: A study on speech by persons with malocclusion; Part 3. On the "g", "d", "b" series. 口病誌, 32:412, 1965.
54. Ohmura, T.: The experience of speech therapy in our speech therapy room. Part I: Statical observation. 東北醫誌, 92: 100, 1979.
55. Shimojima, K.: Analysis of voices produced by individuals with reversed occlusion. 日矯齒誌, 38: 308, 1979.
56. Tateiwa, T.: Anterior occlusion and phonetics. J Jpn Prosthodontic Soc., 22:113, 1978.
57. Terashima, Y.: Acoustic studies of nasal snort in cleft palate patients; An acoustic investigation. 日口蓋誌, 4: 46, 1979.
58. Uchiyama, T., et al.: A case of large epidermoid cyst in the mouth floor. 日口外誌, 25: 1153, 1979.
59. Yamagata, K., Morita, K.: 發音からみた歯肉形成, 補綴臨床, 6: 321, 1973.
60. Yamagata, K., et al.: Speech of the denture wearer analysed phonetically (Case report). J Jpn Prosthodontic Soc., 22:580, 1978.
61. Yamagata, K., et al.: Speech of the denture werare analysed phonetically (Case report). Part 2.: Partial denture for anterior teeth J Jpn Prosthodontic Soc., 10:205, 1966.
62. Yamami, T., Hoshino, S., & Kurihara, Y.: A study on the pronunciation in patients with progressive muscular dystrophy. 廣大齒誌, 10:206, 1978.
63. Yoshida, H., et al.: Efficiency of prosthetic speech aid appliance. 昭和醫學會雜誌, 39: 507, 1979.
64. Allen, L.R.: Improved phonetics in denture construction. J. Pros. Dent, 8:753, 1958.
65. Angello, J.G., Wictorin, L.: A study of phonetic changes in edentulous patients following complete denture treatment. J. Pros. Dent., 27:133, 1972.
66. Atal, B.S.: Effectiveness of linear prediction characteristics of the speech wave for automatic speaker identification and verification. J. Acoust. Soc. Am., 55:1304, 1974.
67. Chaney, S.A., Moffler, K.T., & Goodkind, R.J.: Effects of immediate dentures on certain structural and perceptual parameters of speech. J. Pros. Dent., 40: 8, 1978.
68. Chierici, G., Lawson, L.: Clinical speech

- considerations in prosthodontics; Perspectives of the prosthodontist and speech pathologist. *J. Pros. Dent.*, 29:39, 1973.
69. Chierici, G., Parker, M.L., & Hemphill, C.D.: Influence of immediate dentures on oral motor skill and speech. *J. Pros. Dent.*, 39: 21, 1978.
 70. Cottingham, L.L.: Myofunctional therapy; Orthodontics-Tongue thrusting-Speech therapy. *Am.J.Orthod.*, 69:679, 1976.
 71. Crum, R.J., Loisselle, R.J.: Oral perception and proprioception: A review of the literature and its significance in prosthodontics. *J. Pros. Dent.*, 28:215, 1972.
 72. Dalston, R.M.: Prosthodontic management of the cleft-palate patient; A speech pathologist's view. *J. Pros. Dent.*, 37:190, 1977.
 73. Desjardins, R.P.: Prosthodontic management of the cleft-palate patient. *J. Pros. Dent.*, 33: 655, 1975.
 74. Doddington, G.R.: Speaker recognition--Identifying people by their voices. *Proceedings of the IEE*, 73: 1651, 1985.
 75. Fallside, F., & Woods, W.A.: Computer speech processing. Prentice Hall International, 1983.
 76. Flanagan, J.L.: Speech analysis synthesis and perception. Second ed. Springer-Verlag, 1972.
 77. Gillis, R.E., Leonard, R.J.: Prosthetic treatment for speech and swallowing in patients with total glossectomy. *J.Pros.Dent.*,50: 808, 1983.
 78. Ghi, H., McGivney, G.P.: Influence of tooth proprioception on speech articulation. *J. Pros. Dent.*, 42: 609, 1979.
 79. Graber, S.R., & Speidal, T.M., & Marse, G.: The effects on speech of surgical premaxillary ostectomy. *Am.J.Orthod.*, 79: 54, 1981.
 80. Goyal, B.K., Greenstein, P.: Functional contouring of the palatal vault for improving speech with complete dentures. *J.Pros. Dent.*, 48:640, 1982.
 81. Hamlet, S., Stone, M., & McCarty, T.: Conditioning prostheses viewed from the standpoint of speech adaptation. *J. Pros. Dent.* 40:60, 1978.
 82. Hamlet, L., Stone, M.: Speech adaptation to dental prostheses: the former lisper. *J. Pros. Dent.* 47: 564, 1982.
 83. Hansen, C.A.: Phonetic considerations of chromium alloy palates for complete dentures, *J. Pros. Dent.*, 34:620, 1975.
 84. Harley, W.T.: Dynamic palatography-A study of linguopalatal contacts during the production of selected consonant sounds. *J. Pros. Dent.*, 27:367, 1972.
 85. Henderson, D., McGivney, G.P., & Castberry, D.J.: Mackreken's removable partial prosthodontics. The C.V. Mosby Co., 1980.
 86. Hickey, J.C., Zarb, G.A. & Bolender, C.L.: Boucer's prosthodontic treatment for edentulous patients, 9th ed. Mosby Co., 1980.
 87. Hufnagle, J., & Hufnagle, K.: Speech considerations in oral surgery. Part I. Speech physiology. *Oral Surg.*, 46: 349, 1978.
 88. Hufnagle, J., Pullon, P., & Hufnagle, K.: Speech considerations in oral surgery. Part II. Speech characteristics of patients following surgery for oral malignancies. *Oral Surg.*, 46:354, 1978.
 89. Jordan, L.G.: Designing removable partial dentures with external attachments (clasps). *J. Pros. Dent.*, 2:716, 1952.
 90. Karies, A.K.: Palatal pressures of the tongue in phonetics and deglutition. *J. Pros. Dent.*, 7: 305, 1957.
 91. Knowles, J.C., Chalian, V.A. & Shanks,

- J.C.: Speech patterns of edentulous patients and morphology of the palate in relation to phonetics. *J. Pros. Dent.*, 29: 16, 1973.
92. Knowles, J.C., Chalian, V.A. and Shanks, J.C.: Fabricating maxillary speech prosthesis. *J.Pros.Dent.*, 51:232, 1984.
 93. Leonard, M. & Howe, G.L.: Palatal vault ostectomy. *Oral Surg.* 46: 344, 1978.
 94. Light, J., Silverman, S.I. & Garfinkel, L.: The use of an intraoral-training aid in the speech rehabilitation of laryngectomy patients. *J.Pros.Dent.*, 33:430, 1976.
 95. Markel, J.D., & Gray, A.H. Jr.: *Linear prediction of speech.* Springer-Verlag, 1976.
 96. Martone, A.L., & Black, J.W.: An approach to prosthodontics through speech science: Part IV. Speech science research of prosthodontic significance. *J. Pros. Dent.* 12: 409, 1962.
 97. _____. An approach to prosthodontics through speech science: Part V. Speech science research of prosthodontic significance. *J.Pros.Dent.*, 12:629, 1962.
 98. Martone, A.L.: Clinical applications of concepts of functional anatomy and speech science to complete denture prosthodontics: Part VIII. The final phase of denture consideration. *J.Pros.Dent.*, 13:204, 1963.
 99. Mason, R., Turvey, T.A., & Warren, D.W.: Speech considerations with maxillary advancement procedures. *J. Oral surg.*, 38:752, 1980.
 100. McDonald, E.T.: Speech considerations in cleft palate prosthesis. *J.Pros.Dent.*, 1:629, 1951.
 101. Mehnert, T.: Investigations on the relation of dysgnathias and S-sound pronunciation. *J. Oral Rehab.*, 14.96, 1987.
 102. Mehringer, E.J.: The use of speech patterns as an aid in prosthodontic reconstruction. *J. Pros. Dent.*, 13:825, 1963.
 103. Murrell, G.A.: Phonetics, function, and anterior occlusion. *J. Pros. Dent.*, 32: 23, 1974.
 104. Oral, K., Aramany, M.A., & McWilliams, B.J.: Speech intelligibility with the buccal flange obturator. *J.Pros.Dent.*, 40:8, 1979. 1979.
 105. O'Shaughnessy, D.: Speaker recognition. *IEEE ASSP Magazine* Oct. p. 4, 1986.
 106. Palmer, J.M.: Analysis of speech in prosthodontic practice. *J. Pros. Dent.* 31: 605, 1974.
 107. Petrovic, A.: Speech sound distortions caused by changes in complete denture morphology. *J. Oral Rehab.*, 12:69, 1985.
 108. Plank, D.M., Weinberg, B., & Chalian, V.A.: Evaluation of speech following prosthetic obturation of surgically acquired maxillary defects. *J.Pros.Dent.*, 45:626, 1981.
 109. Pound, E.: Esthetic dentures and their phonetic values. *J. Pros. Dent.*, 1: 98, 1951.
 110. _____. Let /S/ be your guide. *J. Pros. Dent.*, 38:482, 1977.
 111. _____. Controlling anomalies of vertical dimension and speech. *J.Pros.Dent.*, 36: 124, 1976.
 112. _____. The mandibular movements of speech and their seven related values. *J. Pros. Dent.*, 16.835, 1966.
 113. Rentschle, G.J., Arbor, A., & Mann, M.B.: The effects of glossectomy on intelligibility of perceptual discrimination. *J. Oral Surg.* 38: 348, 1980.
 114. Rex Dixon, N., & Martin, T.B.: Automatic speech & speaker recognition. *IEEE Press.* 1979.
 115. Shaffer, F.W., Kutz, R.A.: Phonetics and swallowing to determine palatal contours

- of dentures. *J. Pros. Dent.*, 28:360, 1972.
116. Schwartz, H.: Determinants of anterior tooth form and position in oral rehabilitation; Proceedings of the second international prosthodontics congress, 180, 1979.
117. Shedd, D.P., Schaaf, N.G. & Kielich, M.: A prosthetic device for air-tunnel speech rehabilitation of laryngectomy patients. *J. Pros. Dent.* 36: 82, 1976.
118. Silverman, M.M.: The whistle and swish sound in denture patients. *J. Pros. Dent.*, 17: 144, 1967.
119. Stevens, K.N. et al: Speaker authentication and identification: A comparison of spectrographic and auditory presentations of speech material. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 44: 1596, 1968.
120. Tanaka, H.: Speech patterns of edentulous patients and morphology of the palate in relation to phonetics. *J. Pros. Dent.* 29: 16, 1973.
121. Tobey, E.A., et al.: Active vs. passive adaptation: An acoustic study of vowels produced with and without dentures. *J. Pros. Dent.* 49:314, 1973.
-

– Abstract –

A COMPUTER ANALYSIS ON THE KOREAN CONSONANT SOUND DISTORTION IN RELATION TO THE PALATAL PLATE THICKNESS

– Dentoalveolar and hard palatal consonant –

Yi Hyung Woo, D.S.S., M.S.D., Dae Kyun Choi, D.D.S., M.S.D.,
Boo Byung Choi, D.D.S., D.D.Sc., Nam Soo Park, D.S.S., Ph.D.

– Dentoalveolar and hard palatal consonant –

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Kyung Hee University

This study was carried out to investigate the sound distortion following the alternation of the palatal plate thickness.

For this study, 2 healthy male subjects (24-year-old) were selected.

Born in Seoul, they both spoke Seoul dialect.

First, their sounds of /na(나)/, /da(다)/, /la(라)/, /ja(자)/, /cha(차)/, /ta(타)/, without inserting plates were recorded, and then the sounds with palatal plates of different thickness were recorded, successively. The plate was fabricated in 3 types, each palatal thickness being 1.0mm, 2.5mm, dentoalveolar portion 2.5mm, other residual portion was 1.0mm, successively. Each type plates named B, C, D-type, in succession. Series of analysis were administered through Computer (16 bit) to analyze the sound distortions.

These experiments were analyzed by the LPC (without weighting, pre-weighting, post-weighting) of the consonants, vowels portion, formant frequency of the vowels and word duration of the consonants.

The findings led to the following conclusions:

1. There was no correlation of the distortion rate on the 2 informants.
2. Generally, vowels were not affected by the palatal plate thickness in the formant analysis, however, more distortion was detected in the LPC analysis, especially C, D-type plates.
3. Consonants distortion was more evident in the C, D-type plate.
4. The second formant was most disturbed and reduced in the all consonants with insertion of the palatal plate, especially C, D-type plate.
5. Word duration was shortened in the plate inserted (except /ja/, /cha/), especially C, D-type.
6. It was found that dentoalveolar, hard palatal sounds were severely distorted in plate inserted, and they were mainly affected by the dentoalveolar portion thickness.
7. There was correlation between palatal thickness and consonants quality.