

정상인의 교합 만곡 분석에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보철학교실

최명식 · 계기성 · 강동완

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
 - 참고문헌
 - 영문초록
 - 도·표 목 차
 - 사진부도

I. 서 론

측두 악관절을 중심으로 발생하는 측두악 장애는 교합, 근신경, 심리적 요인 등이 복합적으로 작용하여 발생되지만^{2,12)} 교합안정 장치와 교합조정에 의해서도 증상이 완화되기 때문에 측두악 장애환자의 교합적 특성을 고려한 치료계획의 수립이 필요하다고 하였다^{6,14,34,42,43,44,45,51,58)}.

Weinberg^{57,58)}는 임상검사와 근전도 검사를 통하여 교합이 측두악 장애발생의 유일한 요소가 아니지만 가장 중요한 요소라고 보고하였고 De Latt²⁰⁾ 등은 역학검사를 통하여 교합변수는 측두악 장애유발의 매우 의미있는 원인이라고 하였고 또 다른 연구에 의하면 측두악 장애발생에 기여하는 교합요소인 치아의 수^{19,29)}, 치아 접촉의 형태^{4,38,47,61)} 및 교합장애^{15,44,60)} 등이 고려되어야 한다고 하였다.

Egermark-Eriksson^등²²⁾은 교합장애로는 최후방

교합시 편측접촉, 최후방 교합위와 중심위간 전후방 거리, 최후방 교합위에서의 측방변위, 기능적 측방운동시 균형측 장애, 최대 측방 운동시 균형측 장애등이 있다 하였으나 교합장애 중 균형측 교합장애에 대한 측두악 장애와의 관련성에 대해 많은 보고가 있었다^{2,21,38,47)}. Abram²⁾은 균형측 교합장애는 균형측의 과도한 Spee만곡 및 Wilson만곡, 직업측의 부족한 절치절단로, 개교교합, 과도하거나 부족한 수평이개, 교차 및 절단교합 등에 따라 발생된다고 보고하였다. 특히 균형측 교합장애에 영향을 미치는 요소인 Spee만곡과 Wilson만곡은 자연치열의 경우 균형측의 과도한 Spee만곡과 Wilson만곡에 따른 골격적응과 관련되고, 구치부 상실의 있는 경우 인접차이의 회전, 경사 및 대합치의 정출후 정상적 Spee만곡이 파괴되어 균형측 교합장애를 유발하기 때문에 측두악 장애가 발생된다고 하였다.

치열궁에 대한 최초 개념을 제공한 Blackwall⁹⁾은 치열궁은 하악 과도운동과 관련되어 있기 때문에 전방 교합시 구치부가 이개된다고 하였고, Angle³⁾은 치아는 형태 및 위치와 조화를 이루는 어떤 기능적인 선상으로 맹출하여 정상교합이 된다고 하였다.

교합만곡에 의한 치열궁 형태는 교정학 분야에서는 상하악 치아의 기능적인 면과 치료후의 치열과 교합의 안정성 유지에 대한 정보를 얻기 위해 연구가 진행되어 왔으며¹⁾ 보철학분야에서는 Pankey-Mann-Schuyler(P.M.S) 학파에 의해 적용되었던 평균 4인치 구면설에 입각하여 하악 구치 배열⁴⁾ 과 의치 제작시 교두각이나 높이를 재현하는 기

준선으로 이용되어 왔다^{16,17)}.

교합만곡중 수평면상의 치열궁 선은 전치부의 반원형 곡선과 구치부의 직선으로 이뤄진다는 Lasher³¹⁾, Sved⁵⁴⁾의 연구와 6전치의 폭경으로 치열궁선을 기하학적 형태로 설명하려는 Bonwill¹⁰⁾, Hawley²⁵⁾ 등의 연구가 있고, Scott⁵⁰⁾, Brader¹¹⁾, Mills³⁹⁾, Pepe⁴¹⁾, Begole⁷⁾, Sampson^{등은}⁴⁸⁾ 치열궁 형태에 대한 선계측을 수학적으로 응용하여 치열궁의 신장도, 대칭성, 만곡도 등에 관한 일반적이고 직접적인 정보를 얻어 교정치료에 이용하고자 하였다.

그러나 이러한 연구는 교정치료시 수평면상 이상적인 치열궁 형태를 얻고자 하는 2차원적인 분석으로서 보철학적으로 인공구치 재현시 필요한 Spee만곡의 반경크기와 측두악 장애의 유발요인으로써 균형측 교합장애를 유발시키는 형태적 요소의 하나인 Spee만곡⁵²⁾과 Wilson만곡 등이 고려되지 않아 기능적 교합형성에 필요한 정보를 얻을 수 없었다.

이러한 측면에서 저자는 교합만곡이 교합형태와 위치에 기능적으로 영향을 미칠 수 있을 것이라는 가정하에 교합만곡을 3차원적으로 분석하고자 최소자승법(least square method)에 의한 알고리즘을 고안하여 교합만곡을 분석한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

하악 개폐구 운동시 좌우 변위가 없고 안모의 심한 비대칭 및 심리적 장애가 없는 성인 남녀중 근육압통 및 근저항검사, 중심위교합 및 측방운동장애검사 등을 통하여 측두악 관절 및 교합상태가 임상적으로 정상이라고 판단되는 22~25세의 남녀를 대상으로 채득한 모형 중에서 치아 배열이 양호하며 제 3대구치를 제외한 모든 치아는 결손과 형태이상 없이 상하악 치아의 교두교합이 양호한 정상인 남녀 43명과 측두악 장애의 기왕증이 있었거나 현재 측두악 장애증상을 가지고 있는 남녀 17명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 연구대상 분류

대상자에 따라 상악 견치와 하악 견치의 교두정이 접촉될 때까지 측방 운동시 교합접촉 상태와 측두악 장애 증상유무를 Table-1에서와 같이 대상자의 특성으로 분류하였다.

2) 악태 모형 제작

연구모형은 대상자에게 구강 청정을 시행한 후 알지네이트 인상재로 통법에 따라 인상을 채득하고 경석고를 부어 제작하였다.

제작된 모형은 Whip-Mix 교합기 사용법에 따라 안궁 등을 이용하여(Fig. 1)교합기에 부착시켜 악태 모형을 제작하여 교합기 상에서 대상자의 axisorbital plane에 따른 교합 평면이 얻어지도록 하였다(Fig. 2).

3) 악태 모형 제작

하악 모형을 기준으로 치열궁 곡선을 분석하기 위해 하악 기능 교두점인 Fig. 3에서와 같이 협측 교두정, 전치부 절단면 중심점 및 설측 교두정 위에 연필로 계측점을 표시하였다.

4) 교합면 X, Y, Z 좌표 계측

모형의 교합면 복제

악태 모형의 교합평면이 필름과 평행이 되게 한 후 Color Kit SK-700을 이용하여 교합면을 복제하고 계측 순서를 위해 Fig. 4에서와 같이 협측 교두정과 전치 절단면 중심점에 고유번호(No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18)를 부여하였고 설측 교두점도 동일한 방법으로 고유번호(No. 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30)를 부여하였다.

X, Y 좌표 계측

얻어진 교합평면 사진 상에서 18Bit AT computer와 summagraphic digitizer를 이용하여 교합평면상 표시된 교두정 점 중 좌우 제 2대구치의 원심 설측 교두정을 연결한 선을 X축으로 하고 좌우 중절치의 근심 우각부가 만나는 점에서 X축에 수직으로 연결한 선을 Y축으로 하여 고유번호 순으로 digitizing하여 X, Y 좌표를 설정하였다(Fig. 5).

X, Z 좌표 계측

0.01mm 측정 가능한 caliper를 이용하여 Whip Mix 교합기의 하방 mounting plate하부에서 교두정의 계측점까지의 Z좌표를 계측하고(Fig. 6) digitizing하여 얻어진 Y좌표를 이용하여 Y, Z좌표를 설정하였다.

5) 교합곡선 분석

- (1) 치열궁 곡선 분석을 위한 계측점 번호의 좌표 지정
교합평면상 협측 교두정 곡선 분석을 위해 계

측점 No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 설측 교두정 곡선 분석에는 계측점 No. 19, 20, 21, 22, 9, 10, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30 전치부 곡선 분석을 위해서 계측점 No. 7, 8, 9, 10, 11, 12의 X, Y 좌표를 이용하였다.

Spee만곡 분석을 위해 좌측의 경우 계측점 No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7과 우측의 경우 계측점 No. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18의 Y, Z좌표를 이용하였다.

Wilson만곡 분석을 위해서는 하악 제 2대구치의

Table 1. Classification of characteristics according to sex difference, type of lateral occlusal contact on laterotrusion and absence or presence of temporomandibular disorders

No	R	C	H·T	No	R	L	H·T	No	R	L	H·T	No	R	L	H·T
M-1	C	C		M-21	C	C		F-1	G	G	*L	F-21	C	C	
M-2	C	C		M-22	G	G	*R·L	F-2	C	C	*R	F-22	C	C	
M-3	C	C		M-23	G	G		F-3	C	C	*R·L	F-23	G	G	*R·L
M-4	C	C	*R	M-24	G	G		F-4	C	C		F-24	C	C	
M-5	C	C		M-25	C	C		F-5	C	C	*L	F-25	G	C	
M-6	C	C		M-26	C	C		F-6	C	C		F-26	C	C	
M-7	C	C		M-27	C	C	*L	F-7	C	C		F-27	C	C	
M-8	C	C		M-28	C	G		F-8	C	C		F-28	G	G	
M-9	G	G		M-29	C	C		F-9	C	G	*R	F-29	G	C	
M-10	C	C	*R·L					F-10	C	C		F-30	C	C	
M-11	C	G	*L					F-11	G	C	*L	F-31	C	C	
M-12	G	G						F-12	C	C					
M-13	G	G						F-13	C	C					
M-14	G	G						F-14	C	C					
M-15	G	G						F-15	G	G					
M-16	G	C						F-16	C	C					
M-17	G	G	*R					F-17	G	G					
M-18	C	C						F-18	G	G					
M-19	G	G	*R·L					F-19	G	G	*R·L				
M-20	C	C	*L					F-20	C	C	*R·L				

R : Right side on laterotrusion

L : Left side on laterotrusion

H·T : History of temporomandibular disorders

C : Canine guided occlusion

G : Group functioned occlusion

*R : Subject with history of temporomandibular disorders on right T.M.J.

*L : Subject with history of temporomandibular disorders on left T.M.J.

M : Male

F : Female

여자의 경우에서도 $y = -1.31x_2$ 의 포물선 식을 나타냈으나 오차 적합도에서 남자에서와 같이 포물선 식에 적합되기 보다는 개인에 따라 B, F 값의 차이로서 크기가 다르지만 모든 대상자가 타원형에 더욱 적합된 양상을 나타냈다.

2. 설측 교두정 치열궁 곡선

남자의 설측 교두정 곡선의 경우에도 Table 3에서와 같이 협측 교두정에 비해 대상자 1, 3, 5, 12, 16, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29에서 평균 $y = -1.22x^2$ 의 포물선 식에 적합하는 경우가 증가하였고 여자의 경우에도 대상자 2, 9, 15, 16, 17, 18, 20, 24, 26, 27, 31에서 평균 $y = -1.38x^2$ 값을 나타냈으나 타원형이 남자 대상자의 58%, 여자 대상자의 64%에서 적합하였으며 Fig. 8에서와 같이 A값과 F 값을 변수로 하는 형태의 적합도를 나타냈다.

3. 전치 치열궁 곡선

남자의 전치 치열궁 곡선의 경우 Table 4에서와 같이 대상자 3, 10, 12, 13, 15, 24, 27의 경우는 평균 $y = -0.3x^2$ 의 포물선 식에 적합하였고 여자의 경우 대상자 3, 6, 7, 8, 18, 20, 22, 25, 27, 28, 30, 31에서 평균 $y = -3.5x^2$ 값을 나타냈으나 원형이 남자 대상자의 74%, 여자 대상자의 61%에서 적합하여 Fig. 9과 같은 형태의 적합도를 나타냈다.

남자의 경우 반경 R은 $15mm > R$ 은 10%, $15mm < R < 20mm$ 은 27.6%, $20mm < R < 25mm$ 은 31%, $25mm < R < 30mm$ 은 20.7%, $30mm < R$ 은 10%의 범주로 평균 $22.18mm$ 였으나 여자의 경우 $15mm < R$ 은 9.7%, $15mm < R < 20mm$ 은 61.2%, $20mm < R < 25mm$ 은 25.8%, $25mm < R < 30mm$ 은 35.5%로 평균 $18.48mm$ 였다(Table 4).

전치 교두간 거리의 반에 대한 전치 곡선 반경 R의 대비에서 남자는 1.63(분산 0.09, S.D. 0.31), 여자는 1.41(분산 0.05, S.D. 0.23)로 유의있는 차이를 나타냈다(Table 5).

4. Spee 만곡 곡선

견치에서 제 2대구치까지의 협측 교두정 좌표(Y, Z)를 기준으로 한 Spee 곡선 분석에서 남자의 경우 Table 6과 7에서와 같이 반경 R은 좌측의 경우 $80mm < R < 90mm$ 은 24%, $90mm < R < 110mm$ 은 52%, $110mm < R$ 은 14% 범주로 평균 $94.3mm$ 이고

우측의 경우 $80mm < R < 90mm$ 은 6%, $90mm < R < 110mm$ 은 76%, $110mm < R$ 은 18%의 범주로 평균 $103.23mm$ 였으나 S.D. 15.18 우측 S.D. 11.10으로 개인에 따른 차이가 커 통계학적 의의를 찾을 수 없으나 좌우 제 1대구치의 원심 협측 교두간 거리의 반에 대한 Spee 곡선 반경의 대비에서 좌측은 평균 3.67(분산 0.33 S.D. 0.57) 우측은 4.03(분산 0.21 S.D. 0.46)이며 견치간 거리의 반에 대한 대비에서 변이계수가 가장 적었다(Table 7).

남자의 좌우측 Spee 곡선의 실제 반경 R과 radius/m에서 $0.01 < P < 0.005$ 로 통계학적 의의가 있어 비대칭적이었다(Table 10).

여자의 경우 반경 R은 Table 8과 9에서와 같이 좌측의 경우 $80mm < R < 90mm$ 은 29%, $90 < R < 110mm$ 은 42%, $110mm < R$ 은 16%의 범주로 평균 $92.54mm$ 이고 우측의 경우 $80mm < R < 90mm$ 은 61%, $90mm < R < 110mm$ 은 16%로 평균 $94.82mm$ 였으나 좌측 S.D. 16.5 우측 S.D. 17.9 개인에 따른 차이가 커 통계학적 의의를 찾을 수 없으나 견치간 거리의 반에 대한 대비에서 변이계수가 가장 적었다(Table 9).

여자의 Spee 곡선 좌우측 비교에서 남자의 경우와 달리 좌우측 Spee 곡선은 통계학적 의의가 없는 대칭적인 반경을 나타냈다(Table 10).

5. 측방 교합 접촉 형태와 Spee 만곡 비교

남자에서 군기능 교합을 지닌 경우 견치 유도군 Spee 곡선은 반경의 경우 $0.05 < P < 0.01$ 로 통계학적인 의의를 찾을 수 있었으나 견치 유도군과 군기능 교합과의 의미있는 차이를 얻을 수 없었다.

여자 우측 및 좌측 군기능 교합을 지닌 경우에도 남자에서와 같이 군기능 교합의 Spee 곡선 반경은 견치 유도군 교합에 비해 통계학적인 차이를 얻을 수 없었다(Table 11).

6. 측두악 장애와 Spee 곡선 분석

현재 측두악 장애 증상의 일부인 관절 잡음을 가지고 있거나 기왕증을 지녔던 남자 대상자의 경우 장애 증상이 없는 대상자와 통계학적인 차이를 얻을 수 없었다. 여자 대상자의 경우에서도 남자에서와 같이 Spee 곡선 반경은 측두악 장애 증상의 경우와 정상 대상자에서 통계학적인 차이를 얻을 수 없었다(Table 12).

Table 2. The reliability of conic arcs fit to the measured points on buccal cusp tips in male and female subjects.

Sex	ellipse				parabola				X_m	X_c	Y_m	X/Y	Y/X_c	X_m/X_c
	A	B	f	er	A	f	er							
M- 1	1.3	3.3	3.0	.0457	-1.3	-0.3	.0700	45	23	39	0.87	1.70	1.96	
M- 2	1.2	1.9	1.5	.0780	-1.1	-0.3	.0876	54	28	36	0.67	1.29	1.93	
M- 3	1.2	2.0	1.6	.0890	-1.1	-0.3	.1109	54	28	40	0.74	1.43	1.93	
M- 4	1.2	2.7	2.5	.0806	-1.3	-0.3	.0918	50	27	40	0.80	1.48	1.85	
M- 5	1.6	5.0	4.7	.0421	-1.2	-0.3	.0497	46	24	36	0.78	1.50	1.92	
M- 6	1.1	1.6	1.1	.0865	-1.1	-0.3	.1094	57	28	38	0.67	1.36	2.04	
M- 7	1.2	2.3	2.0	.1106	-1.2	-0.3	.1072	53	27	40	0.75	1.48	1.96	
M- 8	1.1	1.9	1.6	.1211	-1.2	-0.3	.1158	50	30	36	0.72	1.20	1.67	
M- 9	1.2	2.8	2.5	.0704	-1.3	-0.3	.0976	50	28	42	0.84	1.50	1.79	
M-10	1.1	1.5	1.1	.0807	-1.1	-0.3	.1073	56	27	38	0.68	1.41	2.07	
M-11	1.7	5.0	6.3	.1041	-1.4	-0.3	.1116	50	31	43	0.86	1.39	1.61	
M-12	1.6	6.5	4.7	.0649	-1.1	-0.3	.0738	51	28	38	0.75	1.36	1.82	
M-13	1.2	5.0	2.7	.0699	-1.4	-0.3	.0931	53	30	45	0.85	1.50	1.77	
M-14	1.4	2.9	3.4	.0672	-1.2	-0.3	.0703	52	27	36	0.69	1.33	1.93	
M-15	1.1	3.7	1.8	.0440	-1.2	-0.3	.0832	51	25	39	0.76	1.56	2.04	
M-16	1.1	2.2	1.1	.1162	-1.2	-0.3	.1277	57	28	41	0.72	1.46	2.04	
M-17	1.2	1.5	2.0	.0573	-1.2	-0.3	.0799	52	28	38	0.73	1.36	1.86	
M-18	1.2	2.3	1.9	.0354	-1.1	-0.3	.0749	51	26	37	0.73	1.42	1.96	
M-19	1.3	3.2	2.9	.0700	-1.2	-0.3	.0796	52	25	40	0.77	1.60	2.08	
M-20	1.2	2.9	2.6	.0832	-1.3	-0.3	.1049	45	24	39	0.87	1.63	1.88	
M-21	1.5	4.1	3.8	.0821	-1.2	-0.3	.0824	52	26	41	0.79	1.58	2.00	
M-22	1.3	3.2	2.9	.0976	-1.4	-0.4	.1081	49	29	44	0.90	1.52	1.69	
M-23	1.4	4.1	3.8	.0687	-1.2	-0.3	.0725	50	25	38	0.76	1.52	2.00	
M-24	1.3	3.5	3.2	.1052	-1.3	-0.3	.1165	48	28	41	0.85	1.46	1.71	
M-25	1.3	2.9	2.6	.0818	-1.2	-0.3	.0989	49	27	36	0.73	1.33	1.81	
M-26	1.1	1.9	1.5	.0977	-1.2	-0.3	.0993	54	27	39	0.72	1.44	2.00	
M-27	1.2	2.5	2.2	.0680	-1.3	-0.3	.0965	49	27	40	0.82	1.48	1.81	
M-28	1.3	2.5	2.2	.0413	-1.0	-0.2	.0592	57	29	36	0.63	1.24	1.97	
M-29	1.6	4.9	4.6	.0456	-1.1	-0.3	.0526	54	26	40	0.74	1.54	2.08	

Table 3. The reliability of conic arcs fit to the measured point on lingual cusps in male and female subjects.

Sex	ellipse				parabola				X_m	X_c	Y_m	Y/X	Y/X_c	X_m/X_c
	A	B	f	er	A	f	er							
M- 1	1.3	6.3	6.1	.0815	-2.1	-0.5	0.792	45	23	39	0.87	1.70	1.96	
M- 2	0.9	2.1	1.9	.0942	-1.8	-0.5	0.1034	54	28	38	0.70	1.36	1.93	
M- 3	1.0	2.9	2.7	.1018	-1.8	-0.5	.1016	54	28	41	0.76	1.46	1.93	
M- 4	1.0	3.3	3.2	.0723	-2.2	-0.5	.0894	50	27	42	0.84	1.56	1.85	
M- 5	6.0	5.0	4.7	.0939	-1.9	-0.5	.0937	46	24	38	0.83	1.58	1.92	
M- 6	0.9	2.0	1.8	.0800	-1.9	-0.5	.1057	57	28	42	0.74	1.50	2.04	
M- 7	1.2	5.1	4.9	.0733	-2.0	-0.5	.0748	53	27	42	0.79	1.56	1.96	
M- 8	0.9	2.3	2.1	.0728	-2.0	-0.5	.0855	50	30	36	0.72	1.20	1.67	
M- 9	0.9	2.9	2.7	.0811	-2.3	-0.6	.1057	50	28	44	0.88	1.57	1/79	
M-10	0.8	1.4	1.2	0.784	-1.9	-0.5	.1387	56	27	40	0.71	1.48	2.07	
M-11	1.2	5.2	5.1	.1398	-2.3	-0.6	1.423	50	31	46	0.92	1.48	1.61	
M-12	2.1	15.6	15.5	.0854	-1.9	-0.5	.0852	51	28	40	0.78	1.43	1.82	
M-13	1.0	3.2	3.1	.1053	-2.3	-0.6	.1098	53	30	47	0.89	1.57	1.77	
M-14	1.3	5.5	5.3	.0543	-1.9	-0.5	.0549	52	27	38	0.73	1.41	1.93	
M-15	1.0	3.2	3.0	.0355	-2.1	-0.5	.0629	51	25	42	0.82	1.68	2.04	
M-16	1.0	2.5	2.3	.0855	-1.9	-0.5	.0840	57	28	42	0.74	1.50	2.04	
M-17	1.0	3.0	2.9	.0967	-1.9	-0.5	.1080	52	28	41	0.79	1.46	1.86	
M-18	1.3	5.0	4.8	.0485	-1.8	-0.5	.0550	51	26	39	0.76	1.50	1.96	
M-19	1.7	11.8	11.6	.0573	-2.1	-0.5	.0581	52	25	41	0.79	1.64	2.08	
M-20	1.4	7.3	7.2	.0773	-2.2	-0.5	.0793	45	24	40	0.89	1.67	1.88	
M-21	3.8	53.1	53.0	.0736	-1.9	-0.5	.0733	52	26	42	0.81	1.62	2.00	
M-22	1.3	6.5	6.3	.1491	-2.2	-0.6	.1466	49	29	47	0.96	1.62	1.69	
M-23	1.2	4.6	4.4	.0452	-2.1	-0.5	.0533	50	25	39	0.78	1.56	2.00	
M-24	1.0	3.7	3.6	.1509	-2.2	-0.6	.1408	48	28	42	0.88	1.50	1.71	
M-25	1.5	8.4	8.3	.6399	-1.7	-0.4	.0591	49	27	38	0.78	1.41	1.81	
M-26	1.0	2.5	2.3	.1010	-1.9	-0.5	.0941	54	27	41	0.76	1.52	2. 00	
M-27	1.1	3.4	3.3	.0885	-2.1	-0.5	.0871	49	27	42	0.86	1.56	1.81	
M-28	9.4	2.6	2.6	.0370	-1.5	-0.4	.0370	57	29	38	0.67	1.31	1.97	
M-29	3.8	48.9	48.8	.0709	-1.8	-0.4	.0706	54	26	41	0.76	1.58	2.08	

Sex	ellipse			parabola			X_m	X_c	Y_m	Y/X	Y/ X_c	X_m/X_c	
	A	B	f	er	A	f							er
F- 1	1.2	2.9	2.6	.1157	-1.3	-0.3	.1268	44	22	39	0.89	1.77	2.00
F- 2	1.4	4.9	4.7	.0824	-1.4	-0.4	.0919	49	26	43	0.88	1.65	1.88
F- 3	1.1	1.7	1.3	.0574	-1.1	-0.3	.0930	43	26	37	0.70	1.42	2.04
F- 4	1.0	1.7	1.4	.1956	-1.5	-0.4	.1994	46	24	41	0.89	1.71	1.92
F- 5	1.2	2.7	2.4	.0653	-1.4	-0.3	.0904	49	27	42	0.86	1.56	1.81
F- 6	1.2	2.6	2.3	.0865	-1.2	-0.3	.1045	51	27	40	0.78	1.48	1.89
F- 7	1.2	2.9	2.7	.0678	-1.4	-0.3	.0944	48	28	42	0.88	1.50	1.71
F- 8	1.1	1.8	1.5	.0860	-1.4	-0.4	.1434	48	29	42	0.88	1.45	1.66
F- 9	1.2	2.4	2.1	.1257	-1.3	-0.3	.1315	43	24	39	0.91	1.63	1.79
F-10	1.1	1.9	1.6	.0786	-1.3	-0.3	.1113	50	26	39	0.78	1.50	1.92
F-11	1.2	2.7	2.4	.0752	-1.2	-0.3	.0927	48	26	39	0.81	1.50	1.85
F-12	1.0	1.6	1.2	.1251	-1.3	-0.3	.1556	50	27	39	0.78	1.44	1.85
F-13	1.1	1.8	1.4	.1085	-1.3	-0.3	.1372	51	27	41	0.80	1.52	1.89
F-14	1.5	4.6	4.3	.0559	-1.2	-0.3	.0611	48	24	37	0.77	1.54	2.00
F-15	1.1	1.9	1.5	.0704	-1.4	-0.4	.1296	51	29	42	0.82	1.45	1.76
F-16	1.1	2.3	2.0	.1079	-1.5	-0.4	.1456	47	28	42	0.89	1.50	1.68
F-17	1.3	3.3	3.1	.0610	-1.2	-0.3	.0712	48	24	37	0.77	1.54	2.00
F-18	1.4	3.5	3.3	.0986	-1.2	-0.3	.1005	49	26	39	0.80	1.50	1.88
F-19	1.1	2.1	1.7	.0613	-1.3	-0.3	.1026	49	27	39	0.80	1.44	1.81
F-20	1.2	2.9	2.7	.1372	-1.5	-0.4	.1466	45	25	41	0.91	1.64	1.80
F-21	1.1	1.9	1.6	.0971	-1.4	-0.4	.1511	45	26	39	0.87	1.50	1.73
F-22	1.3	3.0	2.7	.0582	-1.3	-0.3	.0793	48	25	40	0.83	1.60	1.92
F-23	1.0	1.8	1.4	.1093	-1.4	-0.4	.1417	48	26	40	0.83	1.50	.185
F-24	1.1	2.2	1.8	.0994	-1.3	-0.3	.1312	42	22	35	0.83	1.60	1.91
F-25	1.1	1.7	1.3	.0771	-1.2	-0.3	.1146	55	29	41	0.75	1.54	1.90
F-26	1.2	2.2	1.9	.0419	-1.2	-0.3	.0851	48	26	36	0.75	1.59	1.85
F-27	1.1	2.1	1.7	.0720	-1.3	-0.3	.1067	51	28	42	0.82	1.41	1.82
F-28	1.2	2.2	2.9	.0643	-1.2	-0.3	.0878	50	24	38	0.76	1.38	2.08
F-29	1.2	2.6	2.3	.0675	-1.2	-0.3	.0840	50	27	38	0.76	1.41	1.85
F-30	1.1	2.0	1.7	.0787	-1.3	-0.3	.1181	46	25	38	0.83	1.52	1.84
F-31	1.2	2.9	2.7	.1054	-1.4	-0.4	.1314	46	27	42	0.91	1.56	1.70

X_m : the distance between distobuccal cusp tips of both 1st molars.

X_c : the distance bwtween both canine tips.

Y_m : the distance between contact point of both central incisor and X_m

X : the distance between distobuccal cusp tips of both 2nd molars.

Y : the distance between contact point of both central incisor and X.

A : X/X_m : on the ellipse.

B : Y/X_m : on the ellipse.

F : focus on the ellipse.

er : error adaptability.

Sex	ellipse			parabola				X_m	X_c	Y_m	Y/X	Y/X_c	X_m/X_c
	A	B	f	er	A	f	er						
F- 1	0.9	2.2	2.0	.1659	-2.3	-0.6	.1905	44	22	40	0.91	1.82	2.00
F- 2	0.9	4.6	4.5	.6132	-2.4	-0.6	.1119	49	26	46	0.94	1.77	1.88
F- 3	1.0	2.6	2.4	.0765	-1.8	-0.5	.0798	54	26	38	0.72	1.46	2.04
F- 4	0.8	2.2	2.0	.1366	-2.6	-0.7	.1745	46	24	42	0.91	1.75	1.92
F- 5	1.0	3.5	3.3	.0784	-2.3	-0.6	.0926	49	27	44	0.90	1.63	1.81
F- 6	1.0	2.6	2.4	.1419	-2.1	-0.5	.1459	51	27	42	0.82	1.56	1.89
F- 7	1.1	4.1	3.9	.0974	-2.3	-0.6	.0983	48	28	43	0.90	1.54	1.71
F- 8	0.8	2.1	1.9	.1236	-2.4	-0.6	.1388	48	29	42	0.88	1.45	.166
F- 9	1.1	4.2	4.0	.1345	-2.3	-0.6	.1314	43	24	40	0.93	1.67	1.79
F-10	0.9	2.4	2.2	.0898	-2.3	-0.6	.1083	50	26	39	0.78	1.50	1.92
F-11	1.0	2.6	2.4	.1049	-2.0	-0.5	.1120	48	26	40	0.83	1.54	1.85
F-12	0.9	1.6	1.4	.0977	-2.0	-0.5	.1543	50	27	40	0.80	1.48	1.85
F-13	0.9	2.0	1.8	.0969	-2.2	-0.5	.1408	51	27	42	0.82	1.56	1.89
F-14	2.1	17.6	17.5	.0535	-2.0	-0.5	.0536	38	24	40	0.83	1.67	2.00
F-15	0.8	2.2	2.0	.1295	-2.5	-0.6	.1277	51	29	43	0.84	1.48	1.76
F-16	1.0	3.6	3.4	.1927	-2.3	-0.6	.1802	47	28	42	0.89	1.50	1.68
F-17	1.2	4.9	4.8	.0892	-2.1	-0.5	.0872	48	24	39	0.81	1.63	2.00
F-18	1.2	5.1	5.0	.1061	-2.2	-0.5	.1022	49	26	40	0.82	1.54	1.88
F-19	1.0	3.4	3.3	.0915	-2.1	-0.5	.0936	49	27	40	0.82	1.48	1.81
F-20	1.0	4.2	4.1	.1573	-2.5	-0.6	.1568	45	25	43	0.96	1.74	1.80
F-21	0.9	2.7	2.5	.1649	-2.5	-0.6	.1750	45	26	41	0.91	1.58	1.73
F-22	1.0	3.1	2.9	.1011	-2.3	-0.6	.1091	48	25	42	0.88	1.68	1.92
F-23	0.9	2.8	2.6	.0548	-2.3	-0.6	.0886	49	26	41	0.85	1.58	1.85
F-24	1.1	4.2	4.0	.1470	-2.1	-0.5	.1388	42	22	36	0.86	1.64	1.91
F-25	1.0	3.0	2.9	.0972	-2.0	-0.5	.1062	55	29	42	0.76	1.45	1.90
F-26	1.1	4.1	3.9	.0844	-1.9	-0.5	.0822	48	26	38	0.79	1.40	1.85
F-27	1.0	3.3	3.2	.1097	-2.2	-0.6	.1093	51	28	43	0.84	1.54	1.82
F-28	1.3	5.8	5.7	.0574	-2.1	-0.5	.0580	50	24	40	0.80	1.67	2.08
F-29	1.1	4.1	3.9	.0787	-2.0	-0.5	.0829	50	27	39	0.78	1.44	1.85
F-30	0.8	1.9	1.7	.1353	-2.3	-0.6	.1744	46	25	40	0.87	1.60	1.84
F-31	1.0	3.4	3.2	.1794	-2.4	-0.6	.1787	46	27	43	0.93	1.59	1.70

Table 4. The reliability of conic arcs fit to the measured point on anterior teeth in male and female subjects.

		circle					parabola							circle					parabola											
Sex	r	er	A	f	er	Xm	Xc	Ym	R	Sex	r	er	A	f	er	Xm	Xc	Ym	R	Sex	r	er	A	f	er	Xm	Xc	Ym	R	
M-1	1.2	.0106	-0.6	-0.1	.0232	45	23	39	13.65	F-1	1.1	.0726	-0.6	-0.1	.1120	44	22	91	11.83											
M-2	2.0	.0241	-0.3	-0.1	.0247	54	28	38	27.70	F-2	1.2	.0346	-0.5	-0.1	.0510	49	26	96	16.05											
M-3	1.8	.0183	-0.3	-0.1	.0179	54	28	40	24.95	F-3	1.5	.0193	-0.4	-0.1	.0191	53	26	89	20.10											
M-4	1.5	.0286	-0.4	-0.1	.0292	50	27	42	20.19	F-4	1.4	.0463	-0.4	-0.1	.0441	46	24	92	17.02											
M-5	1.2	.0355	-0.5	-0.1	.0529	46	24	38	14.96	F-5	1.3	.0311	-0.5	-0.1	.0322	49	27	94	17.49											
M-6	1.6	.0117	-0.3	-0.1	.0160	57	28	41	23.11	F-6	1.5	.0590	-0.3	-0.1	.0585	51	27	93	20.21											
M-7	1.4	.0225	-0.4	-0.1	.0262	53	27	42	19.57	F-7	1.4	.0311	-0.4	-0.1	.0301	48	28	94	19.80											
M-8	2.1	.0267	-0.2	-0.1	.0318	50	30	36	31.53	F-8	1.3	.0333	-0.5	-0.1	.0327	48	29	93	18.41											
M-9	1.4	.0423	-0.4	-0.1	.0484	50	28	43	20.20	F-9	1.1	.0455	-0.6	-0.1	.0480	43	24	91	13.77											
M-10	2.3	.0461	-0.2	-0.0	.0412	56	27	40	30.72	F-10	1.4	.0177	-0.4	-0.1	.0256	50	26	90	18.32											
M-11	1.5	.0207	-0.4	-0.1	.0273	50	31	46	23.24	F-11	1.6	.0341	-0.3	-0.1	.0363	48	26	91	20.82											
M-12	2.0	.0614	-0.2	-0.0	.0503	51	28	39	28.24	F-12	1.4	.0305	-0.4	-0.1	.0335	50	27	90	19.50											
M-13	1.4	.0242	-0.4	-0.1	.0221	53	30	47	21.18	F-13	1.1	.0663	-0.5	-0.1	.0709	51	27	93	15.34											
M-14	1.6	.0190	-0.4	-0.1	.0246	52	27	38	21.18	F-14	1.3	.0582	-0.5	-0.1	.0708	48	24	91	15.04											
M-15	1.3	.0350	-0.4	-0.1	.0341	51	25	40	18.60	F-15	1.4	.0178	-0.4	-0.1	.0254	51	29	94	20.75											
M-16	1.4	.0553	-0.4	-0.1	.0620	57	28	41	19.56	F-16	1.6	.0357	-0.3	-0.1	.0381	47	28	93	21.79											
M-17	1.8	.0204	-0.3	-0.1	.0201	52	28	41	25.56	F-17	1.3	.0346	-0.4	-0.1	.0500	48	24	89	15.85											
M-18	1.9	.0277	-0.3	-0.1	.0281	51	26	38	24.33	F-18	2.4	.0325	-0.2	-0.0	.0305	49	26	91	30.95											
M-19	1.4	.0523	-0.4	-0.1	.0545	52	25	42	17.96	F-19	1.4	.0221	-0.4	-0.1	.0246	49	27	91	18.62											
M-20	1.2	.0120	-0.5	-0.1	.0155	45	24	39	14.70	F-20	1.2	.0350	-0.5	-0.1	.0300	45	25	93	15.38											
M-21	1.4	.0239	-0.4	-0.1	.0258	52	26	42	18.65	F-21	1.5	.0328	-0.4	-0.1	.0395	45	26	91	19.76											
M-22	1.3	.0292	-0.4	-0.1	.0378	49	29	46	19.46	F-22	1.2	.0465	-0.5	-0.1	.0409	48	25	92	14.79											
M-23	1.3	.0113	-0.5	-0.1	.0156	50	25	39	16.53	F-23	1.4	.0209	-0.4	-0.1	.0229	48	26	91	18.46											
M-24	1.4	.0871	-0.3	-0.1	.0774	48	28	42	20.01	F-24	1.5	.0159	-0.4	-0.1	.0229	42	22	86	16.44											
M-25	1.9	.0185	0.3	-0.1	.0199	49	27	38	25.84	F-25	1.7	.0436	-0.3	-0.1	.0425	55	29	92	24.77											
M-26	2.0	.0164	-0.3	-0.1	.0175	54	27	41	26.80	F-26	1.5	.0399	-0.3	-0.1	.0442	48	26	88	20.01											
M-27	1.9	.0309	-0.3	-0.1	.0311	49	27	42	25.28	F-27	1.5	.0272	-0.4	-0.1	.0243	51	28	93	21.26											
M-28	2.3	.0239	-0.2	-0.1	.0243	57	29	38	32.88	F-28	1.6	.0453	-0.3	-0.1	.0427	50	24	90	18.98											
M-29	1.3	.0059	-0.5	-0.1	.0060	54	26	41	16.76	F-29	1.4	.0095	-0.4	-0.1	.0119	50	27	82	18.91											
										F-30	1.3	.0562	-0.4	-0.1	.0530	46	25	90	16.01											
										F-31	1.2	.0790	-0.4	-0.1	.0722	46	27	93	16.45											

r : radius/c (radius proportional to the half of the distance of measured points(No. 7,12) on both canines

er : error

f : focus on the parabola

R : real radius(mm)

Table 5. Mean radial analysis of curve on anterior teeth in male and female subjects

	male		female	
	radius/c	real radius(mm)	radius/c	real radius(mm)
average	1.63	22.18	1.42	16.48
variance	0.09	25.27	0.05	12.21
S.D.	0.31	5.03	0.23	3.49
C.V.	0.19	0.22	0.16	0.19

radius/c : radius proportional to the half of the distance of measured points (No. 7, 12) on both canines.

C.V : coefficient of variation.

Table 6 .Radial analysis of Spee's curve on left side(No. 1-7) and right side (No, 12-18) in female subjects.

Sex	date	No	Xm	Xc	r/m	r/c	R	Sex	date	No	r/m	r/c	R
M- 1	1-7	45	23	4.52	8.9	101.78	M- 1	12-18	4.89	9.6	110.01		
M- 2	1-7	54	28	4.48	8.6	12.1.06	M- 2	12-18	3.42	6.6	92.32		
M- 3	1-7	54	28	3.75	7.2	101.12	M- 3	12-18	4.44	8.6	119.86		
M- 4	1-7	50	27	3.62	6.7	90.56	M- 4	12-18	3.90	7.2	97.40		
M- 5	1-7	46	24	3.58	6.9	82.56	M- 5	12-18	3.73	7.2	85.89		
M- 6	1-7	57	28	3.65	7.4	104.09	M- 6	12-18	3.61	7.3	102.81		
M- 7	1-7	53	27	3.05	6.0	80.93	M- 7	12-18	3.93	7.7	104.12		
M- 8	1-7	50	30	3.33	5.6	83.34	M- 8	12-18	4.10	6.8	102.58		
M- 9	1-7	50	28	3.98	7.1	99.38	M- 9	12-18	4.25	7.6	106.19		
M-10	1-7	56	27	3.52	7.3	98.43	M-10	12-18	3.70	7.7	103.57		
M-11	1-7	50	31	4.50	7.3	112.44	M-11	12-18	5.37	8.7	132.26		
M-12	1-7	51	28	3.80	6.9	96.86	M-12	12-18	3.52	6.4	89.82		
M-13	1-7	53	30	3.77	6.7	99.98	M-13	12-18	3.93	6.9	104.93		
M-14	1-7	52	27	3.16	6.1	82.27	M-14	12-18	3.78	7.3	98.19		
M-15	1-7	51	25	1.51	7.2	89.53	M-15	12-18	5.04	10.3	128.62		
M-16	1-7	57	28	4.26	8.7	121.32	M-16	12-18	3.79	7.7	107.88		
M-17	1-7	52	28	3.48	6.5	90.38	M-17	12-18	3.76	7.0	97.79		
M-18	1-7	51	26	2.61	5.1	66.55	M-18	12-18	4.29	8.4	109.31		
M-19	1-7	52	25	4.30	8.9	111.73	M-19	12-18	3.57	7.4	92.86		
M-20	1-7	45	24	2.53	4.7	56.86	M-20	12-18	4.46	8.4	100.30		
M-21	1-7	52	26	3.56	7.1	92.53	M-21	12-18	3.80	7.6	98.87		
M-22	1-7	49	29	4.39	7.4	107.65	M-22	12-18	3.76	6.4	92.03		
M-23	1-7	50	25	3.79	7.6	94.82	M-23	12-18	3.68	7.4	91.92		
M-24	1-7	48	28	4.61	7.9	110.57	M-24	12-18	4.00	6.9	95.97		
M-25	1-7	49	27	3.83	6.9	93.78	M-25	12-18	3.87	7.0	94.89		
M-26	1-7	54	27	2.38	4.8	64.36	M-26	12-18	4.06	8.1	109.71		
M-27	1-7	49	27	3.58	6.5	87.73	M-27	12-18	4.43	8.0	108.66		
M-28	1-7	57	29	3.65	7.2	104.05	M-28	12-18	4.16	8.2	118.64		
M-29	1-7	54	26	3.27	6.8	88.39	M-29	12-18	3.52	7.3	94.94		

r/c : radius/c r/m : radius/m R : real radius(mm)

Table 7 . Mean radial analysis of Spee's curve in male subjects.

	measured points(1-7)			measured points(12-18)		
	radius/m	radius/c	real radius(mm)	radius/m	radius/c	real radius
average \bar{x}	3.65	6.96	94.31	4.03	7.64	103.23
variance	0.33	1.13	230.46	0.21	0.76	123.30
S.D.	0.57	1.06	15.18	0.46	0.87	11.10
C.V.	0.16	0.15	0.16	0.11	0.11	0.11

radius/c : radius proportional to the half of the distance measured points(No. 12, 18) on both canines.

radius/c : radius proportional to the half of the distance measured points(No. 3, 16) on both 1st molars

C.V. : coefficient of variation

Table 8 .Radial analysis of Spee's curve on left side(No. 1-7) and right side (No. 12-18) in female subjects.

Sex	data No.	Xm	Xc	r/m	r/c	R	Sex	data No.	r/m	r/c	R
F- 1	1-7	44	22	4.73	9.5	103.99	F- 1	12-18	3.83	7.7	84.35
F- 2	1-7	49	26	4.31	8.1	105.53	F- 2	12-18	3.98	7.5	97.61
F- 3	1-7	53	26	3.38	6.9	89.66	F- 3	12-18	3.38	6.9	89.69
F- 4	1-7	46	24	5.14	9.9	118.26	F- 4	12-18	4.32	8.3	99.44
F- 5	1-7	49	27	4.98	9.0	121.98	F- 5	12-18	5.25	9.5	128.68
F- 6	1-7	51	27	2.44	4.6	62.33	F- 6	12-18	5.72	10.8	145.93
F- 7	1-7	48	28	3.79	6.5	91.01	F- 7	12-18	3.82	6.6	91.80
F- 8	1-7	48	29	3.41	5.6	81.92	F- 8	12-18	3.70	6.1	88.69
F- 9	1-7	43	24	3.95	7.1	85.01	F- 9	12-18	3.69	6.6	79.40
F-10	1-7	50	26	3.36	6.5	84.03	F-10	12-18	3.49	6.7	87.21
F-11	1-7	48	26	3.78	7.0	90.61	F-11	12-18	4.53	8.4	108.64
F-12	1-7	50	27	4.26	7.9	106.57	F-12	12-18	4.52	8.4	113.05
F-13	1-7	51	27	2.37	4.5	60.39	F-13	12-18	1.97	3.7	50.19
F-14	1-7	48	24	3.41	6.8	81.82	F-14	12-18	3.16	6.3	75.73
F-15	1-7	51	29	3.67	6.5	93.56	F-15	12-18	3.73	6.6	95.06
F-16	1-7	47	28	4.01	6.7	94.32	F-16	12-18	3.87	6.5	90.98
F-17	1-7	48	24	4.64	9.3	111.99	F-17	12-18	3.87	7.7	92.92
F-18	1-7	49	26	4.03	7.6	98.72	F-18	12-18	3.67	6.9	89.97
F-19	1-7	49	27	3.77	6.8	92.36	F-19	12-18	3.29	6.0	80.68
F-20	1-7	45	25	4.06	7.3	91.27	F-20	12-18	4.38	7.9	98.50
F-21	1-7	45	26	2.37	4.1	53.33	F-21	12-18	4.92	8.5	110.75
F-22	1-7	48	25	3.82	7.3	91.75	F-22	12-18	3.62	7.0	86.97
F-23	1-7	48	26	3.85	7.1	92.39	F-23	12-18	3.58	6.6	85.97
F-24	1-7	42	22	3.58	6.8	75.12	F-24	12-18	3.71	7.1	77.86
F-25	1-7	55	29	4.54	8.6	124.82	F-25	12-18	3.85	7.3	105.77
F-26	1-7	48	26	3.56	6.6	85.44	F-26	12-18	3.61	6.7	86.64
F-27	1-7	51	28	4.22	7.7	107.63	F-27	12-18	4.78	8.7	121.79
F-28	1-7	50	24	4.34	7.1	85.67	F-28	12-18	3.38	7.0	84.57
F-29	1-7	50	27	4.59	8.5	114.67	F-29	12-18	4.81	8.9	120.16
F-30	1-7	46	25	3.78	7.0	86.91	F-30	12-18	3.64	6.7	83.66
F-31	1-7	46	27	3.75	6.4	86.21	F-31	12-18	3.77	6.4	86.71

r/c : radius/c r/m : radius/m R : real radius(mm)

Table 9 .Mean radial analysis of Spee's curve in female subjects.

	measured points(1-7)			measured points(12-18)		
	radius/m	radius/c	real radius(mm)	radius/m	radius/c	real radius(mm)
average	3.84	7.14	92.54	3.93	7.29	94.82
variance	0.44	1.77	274.60	0.48	1.59	320.48
S.D.	0.66	1.33	16.57	0.69	1.26	17.90
C.V.	0.17	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18

radius/c : radius proportional to the half of the distance of measured points(No. 7,12) on both canine.

radius/m : radius proportional to the half of the distance of measured: points(No. 3,16) on both 1st molars.

C.V : coefficient of variation.

Table 10. Mean radial analysis of Spee's curve between right and left side in male and female subjects.

	radius /m			radius/c			real radius		
	L(Mean)	R(Mean)	t value	L(Mean)	R(Mean)	t value	L(Mean)	R(Mean)	t value
male	3.67	4.03	*2.55(56)	6.96	7.64	*2.59(56)	94.30	103.23	*2.51(56)
female	3.84	3.39	0.55(60)	7.14	7.29	0.40(60)	92.54	94.82	0.99(60)

Table 11. Statistical analysis of the radius of Spee's curve according to canine guided occlusion and group functioned occlusion on lateral movements in male and female subjects.

male	df	radius/m		radius/c		real radius	
		t value	p	t value	p	t value	p
Left side(No. 1-7)	27	1.96	0.35<p<0.025	1.12	N-S	1.71	0.05<p<0.025
Right side(No. 12-18)	27	0.98	N-S	1.20	N-S	2.01	0.05<p<0.01

female	df	radius/m		radius/c		real radius	
		t value	p	t value	p	t value	p
Left side(No. 1-7)	29	1.18	N-S	1.46	0.1<p<0.05	0.98	N-S
Right side(No. 12-18)	29	0.41	N-S	0.06	N-S	0.01	N-S

df : degree of freedom N-S : non significant P : probability

Table 12. Statistical analysis of the radius of Spee's curve according to absence or presence of temporomandibular disorder in male and female subjects.

male	df	radius/m		radius/c		real radius	
		t value	p	t value	p	t value	p
Left side(No. 1-7)	27	0.98	N-S	0.55	N-S	0.22	N-S
Right side(No. 12-18)	27	1.39	N-S	0.70	N-S	0.27	N-S

female	df	radius/m		radius/c		real radius	
		t value	p	t value	p	t value	p
Left side(No. 1-7)	29	1.20	N-S	0.49	N-S	0.66	N-S
Right side(No. 12-18)	29	0.12	N-S	0.14	N-S	0.39	N-S

f : degree of freedom N-S : non significant p : probability

Table 13. Radial analysis of Wilson's curve on each tooth in male and female subjects.

Sex	NO.	r/m	r/c	R($\pi\pi$)	Sex	NO.	r/m	r/c	R($\pi\pi$)
M-1	1	6.47	6.3	145.58	M- 7	1	16.64	16.3	440.87
M-1	2	3.58	3.5	80.51	M- 7	2	15.01	14.7	397.82
M-1	3	5.45	5.3	122.66	M- 7	3	20.00	19.6	530.00
M-1	4	7.56	7.4	170.16	M- 7	4	20.00	19.6	530.00
M-1	5	2.36	2.3	53.09	M- 7	5	20.00	19.6	530.00
M-1	6	1.22	1.2	27.50	M- 7	6	1.56	1.5	41.40
M-2	1	16.36	15.8	441.82	M- 8	1	3.13	2.6	78.30
M-2	2	1.80	1.7	48.59	M- 8	2	3.43	2.9	85.75
M-2	3	4.41	4.2	118.94	M- 8	3	3.66	3.1	91.58
M-2	4	6.04	5.8	163.21	M- 8	4	5.39	4.5	134.71
M-2	5	1.17	1.1	31.52	M- 8	5	3.03	2.5	75.74
M-2	6	0.79	0.8	21.22	M- 8	6	1.87	1.6	46.72
M-3	1	5.52	5.3	149.05	M- 9	1	4.15	3.7	103.65
M-3	2	4.63	4.5	124.97	M- 9	2	3.32	3.0	83.10
M-3	3	10.17	9.8	274.63	M- 9	3	4.62	4.1	115.49
M-3	4	4.70	4.5	126.99	M- 9	4	13.47	12.0	336.67
M-3	5	2.83	2.7	76.52	M- 9	5	2.44	2.2	61.09
M-3	6	1.82	1.8	49.09	M- 9	6	1.48	1.3	37.01
M-4	1	8.06	7.5	201.59	M-10	1	4.94	5.1	138.21
M-4	2	3.16	2.9	78.92	M-10	2	6.54	6.8	183.23
M-4	3	18.51	17.1	462.81	M-10	3	4.35	4.5	121.77
M-4	4	9.69	9.0	242.15	M-10	4	20.00	20.7	560.00
M-4	5	7.00	6.5	175.08	M-10	5	10.30	10.7	288.47
M-4	6	3.80	3.5	94.92	M-10	6	2.18	2.3	60.94
M-5	1	3.04	2.9	69.83	M-11	1	8.06	6.5	201.40
M-5	2	3.66	3.5	84.18	M-11	2	8.12	6.5	203.00
M-5	3	3.79	3.6	87.13	M-11	3	8.38	6.8	209.38
M-5	4	5.59	5.4	128.52	M-11	4	7.77	6.3	194.22
M-5	5	2.34	2.2	53.74	M-11	5	2.08	1.7	52.06
M-5	6	1.02	1.0	23.48	M-11	6	1.63	1.3	40.86
M-6	1	3.29	3.4	93.86	M-12	1	16.71	15.2	426.21
M-6	2	2.47	2.5	70.49	M-12	2	16.72	15.2	426.33
M-6	3	3.68	3.7	104.95	M-12	3	20.00	18.2	510.00
M-6	4	8.19	8.3	233.40	M-12	4	6.14	5.6	156.60
M-6	5	2.35	2.4	67.04	M-12	5	3.50	3.2	89.12
M-6	6	1.56	1.6	44.59	M-12	6	2.47	2.3	63.06

Sex	NO.	r/m	r/c	R(\bar{m})	Sex	NO.	r/m	r/c	R(\bar{m})
M-13	1	4.32	3.8	114.49	M-19	1	14.23	14.8	369.98
M-13	2	11.40	10.1	301.98	M-19	2	6.02	6.3	156.58
M-13	3	10.22	9.0	270.90	M-19	3	14.02	14.6	364.59
M-13	4	3.16	2.8	83.87	M-19	4	8.40	8.7	218.50
M-13	5	2.44	2.2	64.57	M-19	5	3.33	3.5	86.52
M-13	6	1.86	1.6	49.36	M-19	6	1.60	1.7	41.66
M-14	1	4.69	4.5	121.83	M-20	1	9.37	8.8	210.86
M-14	2	4.89	4.7	127.25	M-20	2	8.88	8.3	199.71
M-14	3	5.18	5.0	134.68	M-20	3	16.06	15.1	361.40
M-14	4	8.90	8.6	231.41	M-20	4	15.20	14.3	342.03
M-14	5	0.95	0.9	24.60	M-20	5	3.25	3.0	73.06
M-14	6	0.73	0.7	18.88	M-20	6	1.82	1.7	40.94
M-15	1	2.50	2.6	63.84	M-21	1	2.14	2.1	55.62
M-15	2	2.68	2.7	68.37	M-21	2	20.00	20.0	520.00
M-15	3	4.64	4.7	118.21	M-21	3	10.49	10.5	272.986
M-15	4	8.06	8.2	205.45	M-21	4	19.73	19.7	513.06
M-15	5	2.00	2.0	51.02	M-21	5	2.14	2.1	55.52
M-15	6	0.97	1.0	24.77	M-21	6	1.60	1.6	41.65
M-16	1	9.10	9.3	259.41	M-22	1	3.09	2.6	75.73
M-16	2	5.28	5.4	150.52	M-22	2	3.69	3.1	90.49
M-16	3	20.00	20.4	570.00	M-22	3	4.01	3.4	98.21
M-16	4	20.00	20.4	570.00	M-22	4	4.94	4.2	121.13
M-16	5	8.02	8.2	228.57	M-22	5	2.94	2.5	71.99
M-16	6	1.69	1.7	48.23	M-22	6	2.04	1.7	49.89
M-17	1	4.25	3.9	110.57	M-23	1	6.72	6.7	167.00
M-17	2	4.28	4.0	111.36	M-23	2	5.93	5.9	148.36
M-17	3	6.16	5.7	160.15	M-23	3	20.00	20.0	500.00
M-17	4	20.00	18.6	520.00	M-23	4	7.32	7.3	183.11
M-17	5	2.77	2.6	72.93	M-23	5	20.00	20.0	500.00
M-17	6	2.14	2.0	55.63	M-23	6	1.34	1.3	33.43
M-18	1	5.65	5.5	114.13	M-24	1	6.11	5.2	146.62
M-18	2	5.25	5.2	133.96	M-24	2	14.39	12.3	345.39
M-18	3	9.86	9.7	251.54	M-24	3	6.14	5.3	147.24
M-18	4	20.00	19.6	510.00	M-24	4	10.58	9.1	253.94
M-18	5	2.02	2.0	51.43	M-24	5	1.92	1.6	46.18
M-18	6	1.23	1.2	31.39	M-24	6	1.66	1.4	39.91

Sex	NO.	r/m	r/c	R(mm)	Sex	NO.	r/m	r/c	R(mm)
M-25	1	6.70	6.1	164.21	F-2	1	2.68	2.5	164.21
M-25	2	5.05	4.6	123.65	F-2	2	2.32	2.2	123.65
M-25	2	4.89	4.4	119.75	F-2	3	3.08	2.9	119.65
M-25	4	20.00	18.1	490.00	F-2	4	7.81	7.4	490.00
M-25	5	2.84	2.6	69.62	F-2	5	1.82	1.7	69.62
M-25	6	2.40	2.2	58.89	F-2	6	2.43	2.3	58.89
M-26	1	5.26	5.3	141.96	F-3	1	2.38	2.4	141.96
M-26	2	3.77	3.8	101.76	F-3	2	2.82	2.9	101.76
M-26	3	13.90	13.9	375.22	F-3	3	16.41	16.7	375.22
M-26	4	16.21	16.2	437.60	F-3	4	10.72	10.9	437.60
M-26	5	4.30	4.3	116.04	F-3	5	1.88	1.9	116.04
M-26	6	1.62	1.6	43.84	F-3	6	1.38	1.4	43.84
M-27	1	4.34	3.9	106.23	F-4	1	1.93	1.9	106.23
M-27	2	3.71	3.4	90.98	F-4	2	1.67	1.6	90.98
M-27	3	4.03	3.7	98.82	F-4	3	5.26	5.0	98.82
M-27	4	5.14	4.7	125.96	F-4	4	6.36	6.1	125.96
M-27	5	1.54	1.4	37.62	F-4	5	3.54	3.4	37.62
M-27	6	1.00	0.9	24.43	F-4	6	1.71	1.6	24.43
M-28	1	4.07	4.0	115.86	F-5	1	4.01	3.6	115.86
M-28	2	5.25	5.2	149.54	F-5	2	3.40	3.1	149.54
M-28	3	6.92	6.8	197.12	F-5	3	6.97	6.3	197.12
M-28	4	8.15	8.0	232.27	F-5	4	13.56	12.3	232.27
M-28	5	1.53	1.5	43.67	F-5	5	4.22	3.8	43.67
M-28	6	1.22	1.2	34.74	F-5	6	1.35	1.2	34.74
M-29	1	9.59	10.0	258.85	F-6	1	6.54	6.2	258.85
M-29	2	4.36	4.5	117.77	F-6	2	4.98	4.7	117.77
M-29	3	17.11	17.8	461.86	F-6	3	6.08	5.7	461.86
M-29	4	16.27	16.9	439.16	F-6	4	20.00	18.9	439.16
M-29	5	3.03	3.1	81.79	F-6	5	0.91	0.9	81.79
M-29	6	1.50	1.6	40.61	F-6	6	3.06	2.9	40.61
F- 1	1	4.24	4.2	93.30	F-7	1	3.65	3.1	93.30
F- 1	2	3.64	3.6	80.04	F-7	2	4.01	3.4	80.04
F- 1	3	3.96	4.0	87.23	F-7	3	5.00	4.3	87.23
F- 1	4	3.85	3.9	84.80	F-7	4	5.23	4.5	84.80
F- 1	5	1.95	2.0	43.00	F-7	5	2.54	2.2	43.00
F- 1	6	1.64	1.6	35.98	F-7	6	1.28	1.1	35.98

Sex	NO.	r/m	r/c	R($\pi\pi$)	Sex	NO.	r/m	r/c	R($\pi\pi$)
F- 8	1	2.38	2.0	57.20	F-14	1	6.61	6.6	158.73
F- 8	2	3.38	2.8	81.08	F-14	2	3.96	4.0	95.12
F- 8	3	8.56	7.1	205.42	F-14	3	5.33	5.3	128.04
F- 8	4	8.65	7.2	207.51	F-14	4	7.26	7.3	174.16
F- 8	5	3.08	2.5	73.81	F-14	5	2.38	2.4	57.15
F- 8	6	3.98	3.3	95.46	F-14	6	1.34	1.3	32.07
F- 9	1	5.43	4.9	116.76	F-15	1	2.13	1.9	54.38
F- 9	2	5.63	5.0	121.04	F-15	2	2.04	1.8	52.00
F- 9	3	2.55	2.3	54.91	F-15	3	5.30	4.7	135.14
F- 9	4	5.63	5.0	120.98	F-15	4	3.04	2.7	77.42
F- 9	5	5.72	5.1	123.05	F-15	5	2.59	2.3	66.12
F- 9	6	2.39	2.1	51.32	F-15	6	2.12	1.9	53.98
F-10	1	5.10	4.9	127.52	F-16	1	3.24	2.7	76.15
F-10	2	2.57	2.5	64.32	F-16	2	2.98	2.5	70.01
F-10	3	7.43	7.1	185.86	F-16	3	12.22	10.3	287.21
F-10	4	5.66	5.4	141.44	F-16	4	4.14	3.5	97.18
F-10	5	2.60	2.5	65.12	F-16	5	4.14	3.5	97.27
F-10	6	1.01	1.0	25.34	F-16	6	5.88	4.9	138.18
F-11	1	5.84	5.4	140.09	F-17	1	7.45	7.5	178.84
F-11	2	5.01	4.6	120.21	F-17	2	19.29	19.3	462.97
F-11	3	10.10	9.3	242.32	F-17	3	14.39	14.4	345.40
F-11	4	7.19	6.6	172.49	F-17	4	20.00	20.0	480.00
F-11	5	4.64	4.3	111.31	F-17	5	3.75	3.8	90.05
F-11	6	1.40	1.3	33.65	F-17	6	2.10	2.1	50.29
F-12	1	2.27	2.1	56.64	F-18	1	8.71	8.2	213.42
F-12	2	1.93	1.8	48.32	F-18	2	5.75	5.4	140.77
F-12	3	11.14	10.3	270.54	F-18	3	17.31	16.3	424.12
F-12	4	18.27	16.9	456.68	F-18	4	14.92	14.1	365.50
F-12	5	4.81	4.5	120.32	F-18	5	3.36	3.2	82.28
F-12	6	2.25	2.1	56.37	F-18	6	2.14	2.0	52.37
F-13	1	2.41	2.3	61.51	F-19	1	2.81	2.5	68.82
F-13	2	1.12	1.1	28.60	F-19	2	2.66	2.4	65.09
F-13	3	8.14	7.7	207.44	F-19	3	1.33	1.2	32.47
F-13	4	3.52	3.3	89.80	F-19	4	4.37	4.0	107.15
F-13	5	3.10	2.9	79.02	F-19	5	6.82	6.2	167.19
F-13	6	2.06	1.9	52.51	F-19	6	2.15	2.0	52.80

Sex	NO.	r/m	r/c	R($\pi\pi$)	Sex	NO.	r/m	r/c	R($\pi\pi$)
F-20	1	2.79	2.5	62.76	F-26	1	9.4	224.46	0.19
F-20	2	2.59	2.3	58.20	F-26	2	4.3	112.92	4.71
F-20	3	5.32	4.8	119.59	F-26	3	18.5	480.00	20.00
F-20	4	5.09	4.6	114.53	F-26	4	7.6	197.69	8.24
F-20	5	1.69	1.5	38.07	F-26	5	2.5	66.11	2.75
F-20	6	2.11	1.9	47.51	F-26	6	1.6	41.53	1.73
F-21	1	1.84	1.6	41.44	F-27	1	2.9	81.13	3.18
F-21	2	2.43	2.1	54.59	F-27	2	3.2	90.14	3.54
F-21	3	3.10	2.7	69.83	F-27	3	3.2	89.34	3.50
F-21	4	3.35	2.9	75.36	F-27	4	3.4	96.50	3.78
F-21	5	3.18	2.8	71.64	F-27	5	3.7	103.66	4.06
F-21	6	1.49	1.3	33.46	F-27	6	1.2	33.33	1.31
F-22	1	6.13	5.9	147.02	F-28	1	5.9	141.78	5.67
F-22	2	6.07	5.8	145.60	F-28	2	6.5	157.00	6.28
F-22	3	8.11	7.8	194.69	F-28	3	9.8	236.09	9.44
F-22	4	6.47	6./2	155.35	F-28	4	12.9	310.61	12.42
F-22	5	1.73	1.7	41.56	F-28	5	2.5	60.16	2.41
F-22	6	1.65	1.6	39.70	F-28	6	1.1	27.40	1.10
F-23	1	3.10	2.9	74.46	F-29	1	10.6	287.03	11.48
F-23	2	2.31	2.1	55.50	F-29	2	18.5	500.00	20.00
F-23	3	6.03	5.6	144.75	F-29	3	15.3	412.30	16.49
F-23	4	4.73	4.4	113.51	F-29	4	18.5	500.00	20.00
F-23	5	7.84	7.2	188.05	F-29	5	2.8	75.99	3.04
F-23	6	1.73	1.6	41.58	F-29	6	1.2	32.34	1.29
F-24	1	4.25	4.25	89.26	F-30	1	3.4	85.44	3.71
F-24	2	4.08	4.08	85.75	F-30	2	2.5	61.71	2.68
F-24	3	9.88	9.88	207.51	F-30	3	18.4	460.00	20.00
F-24	4	3.42	3.42	71.84	F-30	4	3.0	73.94	3.21
F-24	5	8.24	8.24	173.14	F-30	5	1.8	45.99	2.00
F-24	6	1.87	1.87	39.29	F-30	6	1.2	31.07	1.35
F-25	1	4.2	121.48	4.42	F-31	1	2.4	63.60	2.77
F-25	2	3.4	99.35	3.61	F-31	2	2.0	52.67	2.29
F-25	3	15.9	460.62	16.75	F-31	3	3.4	93.00	4.04
F-25	4	7.2	208.85	7.59	F-31	4	2.8	74.51	3.24
F-25	5	4.7	135.42	4.92	F-31	5	1.4	38.47	1.67
F-25	6	1.6	46.06	1.67	F-31	6	1.7	47.17	2.05

Table 14. Comparison between the mesial and distal radius on each tooth in male and female subjects.

Radius of Wilson curve	male	female
distal Radius > mesial Radius in 2nd molars	17	22
mesial Radius > distal Radius in 2nd molars	12	9
distal Radius > mesial Radius in 1st molars	10	16
mesial Radius > distal Radius in 1st molars	19	15
Radius of 2nd premolars > Radius of 1st premolars	27	26
Radius of 1st premolars > Radius of 2nd premolars	2	5

Table 15. Mean radius of Wilson's curve on each tooth in male and female subjects.

Male			r/m			r/c			R/(mm)		
No	Mean	S.D	C.V	Mean	S.D	C.V	Mean	S.D	C.V		
1	6.84	4.18	0.61	6.54	4.10	0.63	176.50	110.35	0.63		
2	6.45	4.55	0.70	6.11	4.30	0.70	165.67	116.75	0.70		
3	9.68	5.91	0.61	9.31	5.89	0.63	250.07	155.48	0.62		
4	11.26	5.85	0.52	10.85	5.89	0.54	291.52	157.36	0.54		
5	4.29	4.72	1.10	4.16	4.73	1.14	111.30	423.41	1.11		
6	1.65	0.60	0.36	1.56	0.54	0.36	42.38	15.21	0.36		

Female			r/m			r/c			R/(mm)		
No	Mean	S.D	C.V	Mean	S.D	C.V	Mean	S.D	C.V		
1	4.50	2.41	0.54	4.21	2.32	0.55	108.66	59.49	0.55		
2	4.51	4.19	0.93	4.24	4.07	0.96	109.02	102.95	0.94		
3	8.81	5.31	0.60	8.25	5.06	0.61	214.81	133.00	0.62		
4	8.12	5.34	0.66	7.63	5.16	0.68	198.61	135.00	0.68		
5	3.47	1.76	0.51	3.21	1.63	0.51	83.14	40.78	0.49		
6	1.97	0.93	0.47	1.81	0.76	0.42	47.34	22.04	0.47		

- 1 : radius on distal cusps of right and left 2nd molars.
 - 2 : radius on mesial cusps of right and left 2nd molars.
 - 3 : radius on distal cusps of right and left 1st molars.
 - 4 : radius on mesial cusps of right and left 1st molars.
 - 5 : radius on buccal and lingual cusps of 2nd premolars.
 - 6 : radius on buccal and lingual cusps of 1st premolars.
- S.C : Standard deviation.
C.V : coefficient of variation.

7. Wilson 만곡 곡선

좌우 원심 교두측 및 근심 교두 Wilson 곡선 분석에서 대상자에 따라 제 1대구치 원심 협측 교두간 거리의 반을 1로 한 비, 견치간 거리를 1로 한 비, 및 실제로 곡선 반경 R은 개인에 따라 많은 차이를 나타내(Table 13) Table 15에서와 같이 평균을 얻을 수 있었으나 남녀 공히 제 1대구치 원심 협측 교두간 거리의 반에 대한 대비에서 변이계수가 가장 적었다.

각 대상자의 차이에 따른 실제 곡선 반경 R은 Table 14에서 보는 바와 같이 제 2대구치의 경우 남녀 공히 근심 반경에 비해 원심 반경이 남자 58%, 여자 70%로 컸으며 제 1대구치의 경우 여자의 경우 근심, 원심 반경의 크기 정도가 유사했으나 남자의 경우 근심 반경이 65%로 컸다. 제 1, 2소구치의 대비에서 남녀 공히 제 2소구치 반경이 유의있게 컸으며 치아의 교두별 반경의 크기는 남녀 공히 제 1소구치 반경이 가장 작았고 제 2소구치, 제 2대구치의 근심, 원심 순이었으나 제 1대구치의 경우 남자는 원심, 근심 순이었으나 여자는 근심, 원심 순이었다(Table 15).

IV. 총괄 및 고안

치열곡곡선에 대한 기하학적인 연구로 Lasher³¹⁾와 Sved⁵⁴⁾는 치열곡선이 곡선과 직선으로 이뤄진다 하였고 Bonwil¹⁰⁾, Broomell¹²⁾, Hawley²⁵⁾는 6전치 폭경의 합을 반지름으로 하는 원호상에 6전치가 위치하며 소구치와 대구치는 견치 후방에 직선으로 배열된다 하였다.

치열곡 선에 대한 수학적인 서술로 협측 교두정과 절단면을 기준으로 $y = ax^n \pm e^{a(x-\beta)}$ 의 지수곡선으로 치열궁 형태를 설명한 Hayash²⁴⁾의 연구와 $(x^2/b^2) + (y^2/a^2) = 1$ 의 타원형식을 기본으로 한 Izard²⁸⁾, Biggerstaff⁸⁾, Currier¹⁸⁾의 연구, $x^2 = -2py$ 의 포물선식을 이용한 Hechter²⁶⁾, Mills등³⁹⁾의 연구가 있으며 Begole⁷⁾는 3차 곡선 Spline으로 Biggerstaff⁸⁾는 2차 방정식으로 Sampson⁴⁸⁾은 원추곡선, Lu³⁵⁾는 4차 다항식, Pepe⁴¹⁾는 6차 다항식으로 치열궁 형태를 연구하여 왔다.

치열궁 곡선을 분석하기 위한 계측점 설정으로

교정 영역에서는 외측 치열궁곡 선을 주로 분석하였고 Currier¹⁸⁾는 구치의 협측 교두와 절치의 절단면을 연결한 외측치열궁곡선, 치아의 최내방점을 연결한 내측 치열궁선으로 분류하여 연구하였고 MacConail³⁷⁾ 등은 상·하악 치열궁의 교합 접촉점을 일반적 교합곡선으로 생각하여 연구하였으나 본 연구에서는 치열궁의 형태와 크기는 대구치 및 소구치의 협측 교두, 견치 교두정 절치의 절단면에 의해 결정된다는 Herren²⁷⁾의 연구에 따라 보철학적으로 기능적 교합에 적용되는 기능교두를 주요 분석 계측점으로 설정하였다.

본 연구의 하악 치열궁선의 최소 자승법(least square method)에 의한 통계학적 분석에 따르면 남, 녀 공히 하악 협측측 치열궁 선은 개인에 따라 Table 2, 3에서와 같이 대상자에 따라 값의 차이를 나타내고 있으나 최소 오차 발생에 의하면 포물선 보다는 타원형에 적합한 형태를 보여 주었다.

교정학 분야에서 정상 교합자의 최외방 치열궁선을 분석하므로써 이상적인 악궁 형태에 따른 preformed arch wire 제작에 이용하기 위하여 연구가 진행되었던 바 Pepe⁴¹⁾는 포물선이 비교적 접합도가 좋다고 하였고 Mills등³⁹⁾, Lavelle³²⁾는 scale과 축을 쉽게 정할 수 있다고 한 수학적인 장점때문에 포물선 식이 최소 91% 이상 설명 가능하다 하였고 최외방 치열궁선이 포물선식에 가장 적합되는 것으로 보고 하였다.

그러나 본 연구와 다른 선학들의 연구 결과의 차이는 본 연구의 경우 교정학 분야에서 주로 이용한 최외방 치열궁선 보다는 저작 기능에 직접 간여하는 협측 교두정을 이용했던 차이인 것으로 사료되었고 Currier¹⁸⁾가 주장한 타원형과 비슷한 결과를 나타냈다.

치열궁선의 기능적인 측면에서 Blackwall⁹⁾은 치열궁에 대한 최근 개념의 기초를 제공하여 하악이 전방으로 활주하고 절치가 절단 교합이 될때 구치부가 이개됨에 따라 공간이 발생된다고 하여 치열궁선의 형태는 기능운동과 밀접한 관련이 있다고 보고하여 치열궁선 분석시 단순한 형태보다는 기능적인 측면이 보다 강조되어야 한다고 하였다.

Bonwill¹⁰⁾에 의하면 하악은 특이한 삼각형의 배열로써 이등변 삼각형을 구성한다하여 양측 과

두 중심에서 하악 중심치 절단부까지는 4인치 삼각형이고 개인에 따라 1/4인치 이상의 차이는 없다고 하여 치열궁선과 과두와의 관계에서 악골 및 치아의 형태가 삼각형의 발육에 따른다고 하였다.

또한 Bonwill¹⁰⁾은 이상적인 하악 치열궁은 양측 과두와 증절치 절단간 거리의 삼각형 형태에서 얻어지는 원형의 반경에서 또 다른 삼각형이 과두를 중심으로 얻어져 결정된 삼각형의 반경이 6전치 원형 곡선을 그리며 양측견치를 중심으로 과두에 직선으로 연결된 선상에 구치부가 배열한다고 하였다.

따라서 Bonwil¹⁰⁾은 치열궁선의 형태에 영향을 미치는 요소로 양측 과두간 거리와 과두와 증절치 절단 간거리를 변수로 고려하였다. 치열궁 형태를 미리 예측하고 도식하고자 선계측의 많은 변수를 이용하였다⁴⁹⁾.

치열궁 선의 형태를 포물선 식으로 연구하였던 조등¹⁾은 치열궁선을 결정하는 선계측은 oblique molar height와 molar width라고 보고하였다.

본 연구에서의 치열궁 분석은 보철학적으로 치아와 치조제 상실후 치아 배열을 위한 정보를 얻기 위함이고 또한 구치부 상실후 기능적 치아배열을 위한 곡선 제공에 있으므로 치열궁 곡선을 예측하는 것은 임상적인 의의가 크다. 그러나 치열궁의 형태를 3개의 촛점을 지닌 타원형으로 설명한 Brader⁸⁾의 연구와는 달리 본 연구의 치열궁선 분석에서 타원형은 개인에 따른 다양한 촛점의 크기로 타원형의 크기 차이를 나타내고 있으며 치열궁의 곡선으로의 분석에서 영향을 미치는 변수를 선계측에서 추적하였던 바 통계학적으로 유의있는 변수를 찾아내지 못하였다.

전치부 곡선의 경우 포물선 식에 적합하기 보다는 남, 녀 대상자의 74%, 61%에서 원형에 적합하여 반경을 구할 수 있었던 바 이는 Hawley²⁵⁾가 Bonwill¹⁰⁾의 가정을 이용하여 6전치 근원심의 합을 반지름으로 하는 원상에 6전치가 배열된다는 점과 일치하였다.

본 연구의 남녀 설측 교두정 곡선의 경우에도 포물선 식에 적합되는 경우 협측 교두정 곡선에 비해 증가되었으나, 타원형의 경우가 오차가 적고 적합하였다.

Van Reenen⁵⁵⁾은 내외 치열궁선 분석에서 치아

크기의 변화가 길이에 영향을 미치지 않지만 곡선의 기본형태에 영향을 미치지 않는다고 하였고 내외 치열궁 곡선 모두 현수선 형태를 지니게 된다고 하여 본 연구의 협측 교두정과 설측 교두정에서 만들어진 치열궁 곡선은 타원형으로 의의있는 차이가 없었다. 또한 Scott⁵⁰⁾는 보통의 교합선은 최소한 외력에 작용되는 선에 위치하는 현 수선이라 하였고 Fish²³⁾는 내측에서의 혀와 외측에서 입술과 뺨에 의한 힘 사이의 중립적인 선상에 위치하며 이를 근거로 Van Reenen⁵⁵⁾은 내부적 혀의 힘과 외부적 입술 및 뺨의 힘 사이의 중립적 위치에 외부적인 치열궁 곡선 부위가 있고 이상적인 악궁 곡선은 상하악 치아 모두에서 유사하지만 사람에 따라 길이의 차이가 있다고 결론지었다.

위와 같은 Van Reenen⁵⁵⁾의 결론으로 보아 본 연구에서 치열궁 선은 공통적으로 타원형이며 개인에 따른 형태의 차이는 A, B값의 길이 차이에 의한 촛점의 다양성에 따른 타원형의 크기 차이인 것으로 사료되며 치아를 중심으로 한 선 계측보다 근육등 기능적 작용에 영향을 받을 수 있으리라 생각되는 골격의 요소에 의해 치열궁 형태가 예측 가능하도록 치열궁 형태와 골격요소에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

Spee 곡선의 반경에 대해 Monson⁴⁰⁾은 101.6mm를 Bolje¹³⁾는 127mm를 주장했으나 본 연구의 Spee 곡선 분석에서 반경 R은 남자의 경우 좌측은 $90 < R < 110$ 은 52%, 우측은 $90 < R < 110$ 은 76%의 높은 빈도로써 평균 94.3mm과 103.2mm를 나타냈으나 좌우측의 Spee 곡선 반경 R은 비대칭적이다.

골격요소 발육과 치아발육에 대해 Lundstrom³⁶⁾은 치열모형과 Williamson⁶⁰⁾은 골격사진을 통하여 좌우측의 비대칭에 대해 연구하여 두개골과 치열의 성장 발육이 대칭적으로 발육되는 것은 어렵다고 보고하였고 특히 치열궁 발육에 있어 Van Reenen⁵⁵⁾이 보고한 바와 같이 힘의 작용의 중립적인 선상에 위치하는 것으로 보아 기능적인 측면에서 치열궁 선이 대칭적으로 발육되기는 어려우며 특히 편측 저작⁵²⁾과 편측 수면 위치³³⁾ 등이 성장기 중에 발생하는 경우에는 기능의 비대칭에 따른 형태의 비대칭이^{36,52,60)} 발생되리라 사료되나 Lundstrom³⁶⁾ 등은 이러한 비대칭이 측두악 장애 유발과 상관은 없다고 하였다.

이러한 측면에서 남자의 경우 비대칭 측면에서 반경의 차이는 인정되나 그러한 차이가 기능적 장애를 유발하는 요소인지는 확인할 수 없었다. 즉 측두악 장애 증상의 일부를 지녔던 대상자의 경우나 정상인 모두에게도 좌우간에 차이를 나타내고 있기 때문에 반경의 차이만으로는 임상적인 의의를 발견할 수 없었다.

Spee⁵³⁾는 곡선화된 교합 평면은 관절 돌기의 존재와 관련되어 있다고 하여 측두악 관절부의 활주운동이 없다면 이러한 교합 곡선은 없을 것이라고 하였고 과두로 경사가 커질수록 Spee 곡선은 보다 현저해 진다고 보고하였다.

또한 Monson⁴⁰⁾은 치열궁은 3차원적인 측면에서 관찰하여 교합평면은 4인치의 피마리드의 근저를 형성하는 것으로 최상부는 미간 부위에 있고 미간은 Bonwill¹⁰⁾ 삼각형의 3점을 통과하는 구의 중심 위치라고 하였다.

Boyle¹³⁾는 자연치열의 후방 곡선은 곡선화되어 있으며 원심 협측 교두정과 견치의 교두정을 연결한 선에 직각으로 놓인 점에서 한 원으로 그려지며 중심은 사골의 계관에 위치한다고 하였다. 그러나 본 연구에서 Spee 곡선의 반경은 구할 수 있었으나 반경이 해부학적으로 어떠한 위치에 존재하는지를 찾을 수 없었다.

이러한 Monson⁴⁰⁾과 Boyle¹³⁾의 보고와 본 연구에 따르면 하악 치아의 교합면은 이 구의 면에 맞고 모든 치아의 장축은 구의 중심 방향으로 합하기 때문에 구치부 교합시 힘의 작용방향이 구의 중심방향으로 작용될 것으로 예측할 수 있었으며 이에 대해 Kirk³⁰⁾는 교합평면의 구형의 원인은 치아 맹출시기에 유발된 힘의 속도, 치아의 저항, 힘의 방향 사이의 각도에 따라 발생된다 하였고 Rickett⁴⁶⁾는 근육의 작용 하에서 incline plane 작용에 따라 치아의 발육 방향이 결정된다 하였다.

Spee 곡선 반경의 개인적 차이에 따라 Spee 만곡 반경이 어떠한 요소에 영향을 받는가를 관찰하는 것은 Spee 곡선 반경의 보철학적 적용시 고려되어야 한다.

P.M.S. 개념을 이용하였던 Dawson⁴⁾은 하악 구치부 협측 교두정은 4인치 반경에 맞도록 조절하는 것이 바람직하다 하여 교합 평면 분석에 교합 곡선의 하나인 Spee 만곡의 분석과 F.G.P. technic에

의한 보철물 제작을 추천하였다.

그러나 본 연구의 결과에 따르면 Spee 만곡 반경이 다양하기 때문에 평균적 4인치 반경을 적용하는 것보다는 개개인의 치열궁 형태에 맞는 반경을 적용하는 것이 임상적으로 더욱 의의가 있다는 점에서 협측 치열궁 곡선의 F값, 6전치 원호 반경, 견치간 반 거리, 제 1대구치 원심 협측 교두간 반 거리 및 중절치 간과 제 2대구치간 거리의 수직거리 등에 대한 분산과 표준편차를 고려하여 Spee 만곡 반경을 예측하는 것이 의의가 있었다.

이에 대해 Monson⁴⁰⁾은 치열궁이 길면 길수록 Spee 만곡의 풍용도가 커져 반경이 작아진다고 하였고 Wadsworth⁵⁶⁾는 교합 곡선의 반경은 과두 중심에서 절단 중앙부까지의 거리라 하였고 Bolye¹³⁾은 제 2대구치의 원심 협측 교두와 견치까지의 거리의 3배에 해당된다고 하였으나 본 연구에서 견치간 거리와는 상관 관계를 통계학적으로 확인할 수 없었던 바 추후 Spee 만곡 반경에 영향을 미치는 요소에 대해 더욱 연구가 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

Spee 만곡 분석의 임상적 의의의 하나로써 Abram²⁾은 측두악 장애를 유발하는 교합장애로써 비대칭적인 Spee 만곡을 지적하였고 또한 편측의 심한 Spee 만곡은 균형측 교합장애를 유발한다고 하였다.

본 연구의 측방 운동시 교합형태에 따른 요소로써 Spee 만곡 반경 분석에서 의의있는 차이가 나타나지 않는 것으로 보아 측방 운동시 교합 형태의 차이에 따른 Spee 만곡 반경의 직접적 차이이기 보다는 과두 경사로, 전방 경사로 및 작업측의 기능 유도면 결여에 의한 것으로 보아 추후 Spee 만곡과 과두 경사로, 전방 경사로 등의 상관관계가 연구되어야 할 것으로 사료되었다.

Wilson 만곡 분석에서 모든 구치는 설측으로 경사되어 있으며 제 1소구치는 제 2소구치에 비해 반경이 작은 것으로 나타났다.

이러한 점은 Wheeler⁵⁹⁾가 보고한 바와 같이 소구치의 설측 교두 해부학적인 차이인 것으로 사료되었다. 대구치의 설측 경사도에서 근심 교두는 원심 교두에 비해 반경이 작은 것으로 나타났다.

Monson은 치열궁이 후방으로 이개될수록 하악

대구치의 설측 경사가 커진다고 보고하였으나 개인에 따른 다양한 차이를 보였으며 제 1대구치간 거리를 변수로 하였을 때 Wilson 만곡 반경의 변이계수가 가장 적은 것으로 나타났다.

설치 경사에 대해 Monson⁴⁰⁾은 치아 발육시 혀의 기능에 따른 내압형성으로 유발된다 하였고 발음 형태와 저작 습관도 영향을 미친다고 하였던 바 개인에 따른 다양한 악 습관은 치열궁 곡선의 반경 및 형태에 영향을 미칠 것으로 사료된 바 치열궁 곡선 분석이에는 기능과 관련하여 골격 요소 및 기능적 습관도 고려된 연구가 추후 진행되어야 할 것이다.

IV. 결 론

교정 및 보철 치료시 교합안정에 영향을 미치는 요소의 하나인 교합만곡을 분석하기 위하여 정상인과 측두악장애 증상의 일부를 지닌 대상자의 교합 검사를 통하여 치열의 배열이 정상적이라고 판단되는 60명을 연구대상자로 하여 악태모형을 제작하였다.

제작된 하악 악태모형의 교합 평면은 Color Kit SK-700을 이용하여 복제한 다음 협설 교두정과 전치 절단 중간점의 X, Y 좌표를 Summargraphic digitizer와 18AT 컴퓨터시스템을 이용하여 digitizing하고 하악 악태모형의 교두 높이인 Z좌표를 측정하여 얻은 X, Y, Z 좌표에 대한 최소자승법에 의한 컴퓨터프로그램으로 교합만곡을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 원추 분할분석에서 남녀의 협설 치열궁 선은 타원형으로 남녀 전치 치열궁 선은 원형의 일부로 적합되었다.

2. Spee 만곡의 반경은 개인에 따라 차이가 있었으나 남자의 98.7mm이고 여자는 93.7mm였다.

3. Spee 만곡의 반경은 견치간 거리의 반에 가장 적은 변이계수를 나타냈다.

4. 측방 교합 형태와 측두악 장애는 Spee 곡선 반경의 크기와 상관관계를 나타내지 못하였다.

5. Wilson 만곡 변경은 개인별, 치아별 차이를 나타냈으나 반경의 크기는 제 1소구치, 제 2소구치, 제 1대구치, 제 1대구치 순이었다.

REFERENCES

1. 조준환·이기수 : 정상교합의 치열궁 형태에 관한 연구, 「대한치과 교정학회지」, 14(2) 249, 1984.
2. Abrams, L : Occlusal adjustment of the natural dentition, Quintessence 1981.
3. Angle, E.H : Treatment of the teeth, ed. 7, Philadelphia, S.S. White, 1907.
4. Dawson, P.E. : Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. St. Louis, The C.v. Mosby Co., 1989.
5. Maron, M.J. : Numerical analysis : A practical approach, Macmillan Publishing Co., Inc. 202, 1982.
6. Zarb, G.A. and Carlsson, G.E. : Temporomandibular joint, function and dysfunction, Copenhagen : Munksgaard, 1979.
7. Begole, E.A. : "Application of the cubic spline function in the discription of dental arch form", J. Dent. Res., 59 : 1549, 1980.
8. Biggerstaff, R.H. : "Three variation in dental arch form estimated by a quadratic equation", J. Dent. Res., 51 : 5, 1972.
9. Blackwall, F.H. : "The best form and arrangement of artificial teeth for mastication", Trans-Odont, Soc. GB., 5 : 137, 1866.
10. Bonwill, W.G.A. : "Geometrical and mechanical laws of articulation", Tr. Odontol. Soc. Penn. 119, 1884-1885.
11. Brader, A.G. : "Dental arch form related with intraoral forces : PR=C", Am. J. Orthod., 61 : 541, 1972.
12. Broomell, I.N. : "Anatomy and histology of the mouth and teeth", Philidelphia : Blakiston, 19 02.
13. Boyle, H.H. : "Design of the natural dentition", London, Staples Press.
14. Cararro, J., Quirch, J., and Albano, E. : "Analysis of patients with temporomandibular joint

- pain", J.P.D., 21 : 639, 1969.
15. Carlsson, G.E. and Droukas, B.C. : "Dental occlusion and the health of the stomatognathic system, A literature review", *J. Craniomandib. Pract.*, 2 : 141, 1984.
 16. Christensen, F.T. : "Blackwall's angle for complete denture", J.P.D., 1 : 95, 1960.
 17. Christensen, F.T. : "Cusp angulation for complete denture", J.P.D., 8 : 910, 1958.
 18. Currier, J.H. : "A computerized geometric analysis of human dental arch form", *Am. J. Orthod.*, 56, 164, 1969.
 19. De Boever, J.A., and Adriaes, P.A. : "Occlusal relationship in patients with pain-dysfunction in the temporomandibular joints", *J. Oral Rehabi.*, 10 : 1, 1983.
 20. De Laat, A., Van Steenberghe, D., and Lesaffre, E. : "Occlusal relationship and temporomandibular joint dysfunction. Part II : correlations between occlusal and articular parameter and symptoms of TMJ dysfunction by means of stepwise logistic regression", J.P.D., 55, 116, 1986.
 21. Droukas, B., Lindee, C., and Carlsson, G.E. : "Occlusion and mandibular dysfunction : A clinical study of patients referred for functional disturbances of the masticatory system", J.P.D. 53 : 402, 1985.
 22. Egermark-Eriksson, I. and Ingervall, B. : "Anomalies of occlusion predisposing to occlusal interference in children", *The Angle Orthod.*, 52 : 293, 1982.
 23. Fish, E.W. : "Principles of full denture prosthesis", London, 5th Ed., Staples Press.
 24. Hayashi, T. : "A mathematical analysis of the curve of the dental arch", *Bull Tokyo Med Dent Univ.* 3 : 175, 1962.
 25. Hawley, G.A. : "Determination of the normal arch and its application to orthodontia", *Dental cosmos*, 47 : 541, 1905.
 26. Hechter, F.J. : "Symmetry and dental arch form of orthodontically treated patients, *J. Can Dent Assn.*, 44 : 173, 1978.
 27. Herren, P. : "Prediction of arch size and shape in the occlusal plane", in McNamara, J.A., Jr. (editor) : *The biology of human occlusal development, craniofacial growth series*, J. Ann Arbor, Mi., 1977, Center for Human Growth and Development.
 28. Izard, G. : "Shortened dental arches and oral function", *J. Oral Rehabi.*, 8 : 457, 1981.
 29. Kirk, E.C. : "A study of the dynamics involved in the evolution human dentures in the relation of centric occlusion", *Dental Cosmos*, 72 : 671, 1930.
 30. Lasher, M.C. : "A consideration of the principles of mechanical arches as applied to the dental arch", *Angle Orthod.*, 4 : 248, 1934.
 31. Lasher, M.C. : "A consideration of the principles of mechanical arches as applied to the dental arch" *Angle Orthod.*, 4 : 248, 1934.
 32. Lavelle, C.L.B. : "The shape of the dental arch", *Am. J. Orthod.* 67 : 176, 1975.
 33. Lear C.S.C. : "Variability of head posture during sleep and consideration relating to palate and dental arch form", *Arch. Oral Biol.*, 12 : 1229, 1967.
 34. Lindloom, G. : "Disorders of the temporomandibular joint : Casual factors and the value of temporomandibular radiograph in their diagnosis and therapy", *Acta Odontol Scand*, 11 : 61, 1953.
 35. Lu, K.H. : "An orthogonal analysis the form, symmetry and asymmetry of the dental arch", *Arch Oral Biol.*, 11 : 1057, 1966.
 36. Lundstrom, A. : "Some asymmetries of the dental arches, jaws, and skull and their etiological significance", *Am. J. Orthod.*, 46 : 81, 1961.
 37. MacConail, M.A., and Sicher, E.A. : "Sign and symptoms of mandibular dysfunction after addition of balancing side interferences", *Acta Odontol. Scand.*, 42 : 129, 1984.
 38. Magnusson, T., and Enbom, L. : "Sign and symptoms of mandibular dysfunction after addi-

- tion of balancing side interferences", *Acta Odontol. Scand.*, 42 : 129, 1984.
39. Mills, L.F. and Hamilton, P.M. : "Epidemiological studies of malalignment, a method for computing dental arch circumference", *Angle Orthod.*, 35 : 244, 1965.
 40. Monson, F.S. : "Occlusion as applied to crown and bridgework", *J. Mat. Dent. A.*, 7 : 399, cited by Boyle(1952).
 41. Pepe, S.H. : "Polynomial and catenary curve fits of human dental arch", *J. Dent. Res.*, 54 : 1124, 1975.
 42. Perry, H. : "Muscular changes associated with temporomandibular joint dysfunction", *J.A.D.A.*, 54 : 644, 1957.
 43. Posselt, U. : "The temporomandibular joint syndrome and occlusion", *J.P.D.*, 24 : 432 : 1971.
 44. Posselt, U. : "Temporomandibular joint syndrome and occlusion : research committee report", *American Equilibration Society Compendium* 7 : 51, 1963-64.
 45. Ramfjord, S. : "Bruxism, A clinical and electromyographic study", *J.A.D.A.*, 62 : 21, 1961.
 46. Ricketts, R.M. : "A detailed consideration of the line of occlusion", *Angle Orthod.*, 48 : 274, 1978.
 47. Riise, C., and Sheikholeslam, "A. : the influence of experimental interfering occlusal contacts on the postural activity of the anterior temporal and masseter muscles in young adults", *J. Oral Rehabi.*, 9 : 419, 1982.
 48. Sampson, P.D. : "Dental arch shape : A statistical analysis using conic section", *Am. J. Orthod.*, 79 : 535, 1981.
 49. Schulhof, R. : *Data-Bits*, No. 3, Rocky Mountain Data Systems, 1975.
 50. Scott, J.H. : "The shape of the dental arches", *J. Dent. Res.*, 36 : 996, 1957.
 51. Shore, N.A. : "Temporomandibular joint dysfunction : Diagnosis and treatment", *NY State Dent. J.*, 34 : 5, 1968.
 52. Smith, R.J. and Bailit, H.L. : "Prevalence and etiology of asymmetries in occlusion", *Angle Orthod.*, 49 : 199, 1979.
 53. Spee, F.G. : "Die verschiebungsbahn des unterkeifers am schadel", *Arch. F. Anat. u. Physiol. Ant. Abt.*, 285, cited by Nagao(1919)
 54. Sved, A. : "The application of engineering methods to orthodontics", *Am. J. Orthod.* 38 : 399, 1952.
 55. Van Reenen, J.F. : "The dental arch", *The Journal of the D.A.S.A.*, 19 : 109, 1964.
 56. Wadsworth, F.M. : "A practical system of denture prosthesis including the restoration of anatomical articulation", *Dental Cosmos*, 67 : 670, 1925.
 57. Weinberg, L.A. : "An evaluation of occlusal factors in TMJ dysfunctionpain syndrome", *J.P.D.*, 41 : 198, 1979.
 58. Weinberg, L.A. : "Anterior condylar displacement : Its diagnosis and treatment", *J.P.D.*, 34 : 195, 1975.
 59. Wheeler, R.C. : *Dental anatomy, physisology and occlusion.*
 60. Williamson, E.H. : "mandibular asymmetry and its relation to pain dysfunction", *Am. J. Orthod.*, 76 : 613, 1979.
 61. Woda, A., Vigneron, P., and Kay, D. : "Nonfunctional and functional occlusal contacts, : A review of the literature", *J.P.D.*, 42 : 335, 1979.

— Abstract —

A STUDY ON THE ANALYSIS OF OCCLUSAL CURVE OF THE NORMAL SUBJECTS

Choi, Myung-Sik, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Kay, Kee-Sung, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Kang, Dong-Wan, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University

This study was done to analyze the occlusal curve as one of the factors to be considered for maintenance of occlusal stability in the orthodontic and prosthodontic treatments.

Sixty gnathological casts were obtained from 43 subjects with normal occlusion and 17 subjects with some of temporomandibular disorders.

The occlusal surfaces of gnathologic casts were duplicated by using a Color kit SK-700 and the reference points of X, Y coordinates were digitized by using the Summagraphic digitizer and 18AT computer system.

The Z coordinates of cusp height were measured by 0.01mm measurable caliper. The mathematical computer program of least square method was used to analyze the occlusal curve arranged by three dimensional coordinates of X, Y, Z.

The following results were obtained :

1. The occlusal curve of buccal and lingual cusp tips was fitted to the ellipse, and the occlusal curve of anterior teeth was fitted to a part of the circle in the analysis of conic sections.
2. The radius of Spee's curve showed individual differences, but was average 98.7mm in male subjects and 93.7mm in female subjects.
3. The radius of Spee's curve according to the half of canine width showed the least coefficient of variation.
4. The radius of Spee's curve was not significantly relative to the lateral occlusal contacts on laterotrusion and the absence or presence of temporomandibular disorders.
5. The radius of Wilson's curve showed individual difference and the size of radius was followed by the order of 1st premolar, 2nd premolar, 2nd molar and 1st molar.

논문사진부도 및 설명 ①

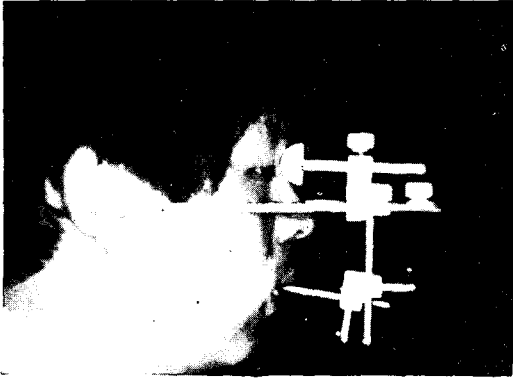


Fig. 1 Setting of Whip Mix face-bow on the subject.

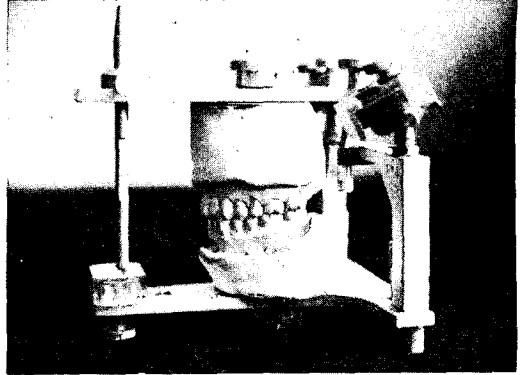


Fig. 2 Construction of gnathological cast by articulator mounting.

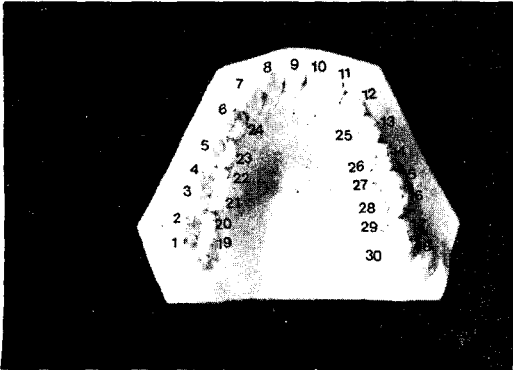


Fig. 3 Pencil-marking of the measured points on the buccal and lingual cusp tips of posterior teeth and central points of incisal edge of anterior teeth.



Fig. 4 Measured points on the duplicated occlusal surface.

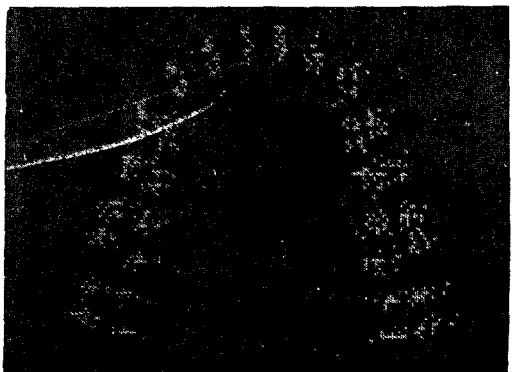


Fig. 5 X, Y coordinates on the screen by Summagraphic digitizing.

》논문사진부도 및 설명 ②《

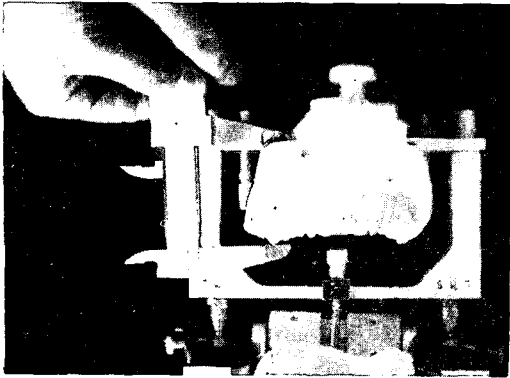


Fig. 6 Measuring of Z point by 0.01mm measurable caliper.

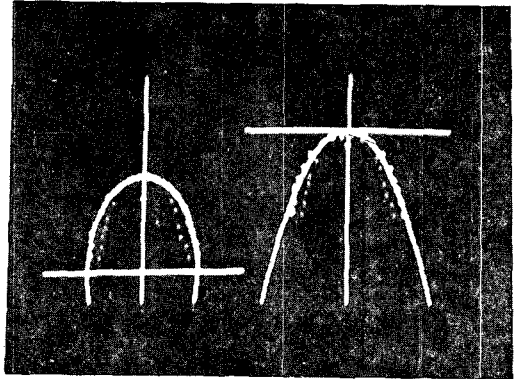


Fig. 7 Ellipses and parabola fit to the measured points on buccal cusp tips.

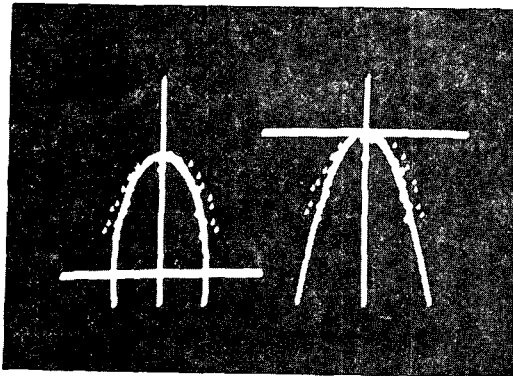


Fig. 8 Ellipses and parabola fit to the measured points on lingual cusp tips.

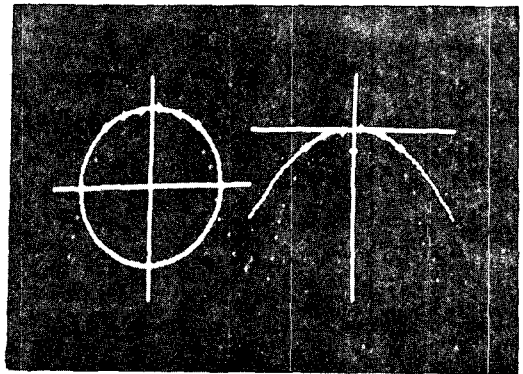


Fig. 9 Circle and parabola fit to the measured points on anterior teeth.

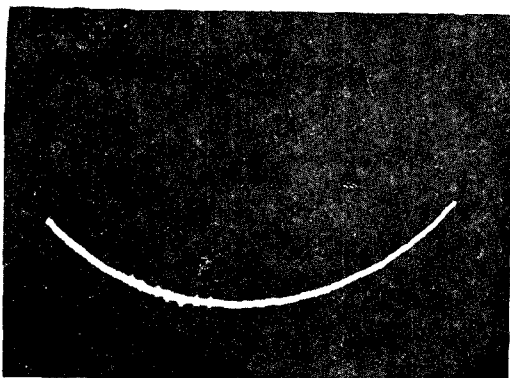


Fig. 10 Fit of Spee's curve according to the buccal cusp tips. (No. 1-7, or 12-18)

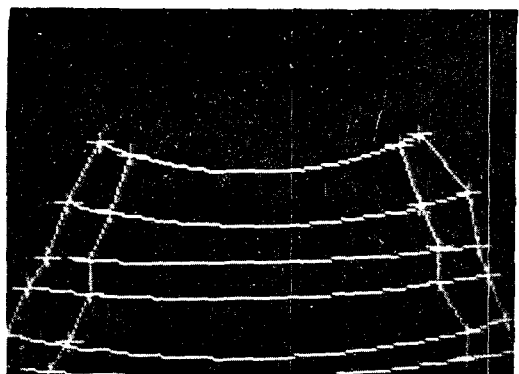


Fig. 11 Fit of Wilson's curve according to the mean radius