

# 순간 회전 중심 결정과 하악골 운동에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보철학교실

김청규 · 강동완 · 정재현

## — 목 차 —

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

## I. 서 론

관절 운동학은 관절부의 정상 운동을 생체공학적  
적으로 분석하므로써 관절 장애의 진단 및 처치시  
이용되는 학문으로서 정형외과 의사와 기계 공학  
자들에 의해 이용되었고 특히 슬관절과 고관절 분  
야에서 많이 이용되어 왔다<sup>7, 26)</sup>. 관절 운동학의  
연구방법으로는 관절 원판과 과두의 생체공학에  
따른 회전과 활주 운동의 동시적 발생에 의해 나  
타나는 순간 회전 중심을 결정, 분석해 왔는데<sup>4)</sup>  
정상적인 순간 회전 중심을 갖는 경우는 과두가 관  
절부의 접촉면에 압박을 주지 않고 운동의 방향이  
결정되어 원활히 활주하는데 비해 비정상적인 순간  
회전 중심이 발생하는 경우는 관절부의 접촉면에

압박을 일으켜 관절 조직의 병리적 상태를 야기하  
므로 이러한 조직 장애를 진단하는데 순간 회전  
중심이 이용되어 왔다<sup>14, 26)</sup>. 순간 회전 중심 결  
정을 위해 Cine radiogram, Roentgenogram, Ci-  
nephography 등을 이용하여 설정해 놓은 두점  
의 해부학적 위치의 이동에 따른 두점의 수직 이  
등분선 교점을 이용하는 Rouleaux 방법<sup>37)</sup>과 pl-  
aner rigid body model<sup>40)</sup>, Moire pattern<sup>19)</sup>,  
X-ray photogrammetry<sup>23, 27)</sup> 등이 이용되고  
있다.

인체 관절의 하나인 측두하악 관절에서의 하악  
골 운동도 회전과 활주 운동의 복합체로 인식되고  
있으며<sup>33)</sup> 최근 악관절 장애 환자가 증가하여 하  
악골 운동 장애가 발생됨에 따라<sup>2)</sup> 정상적인 하악  
골 운동에 대한 생체 공학적 분석이 필요하게 되  
었다. 따라서 Collet<sup>10)</sup>, McLean<sup>24)</sup> 등은 하악  
골 운동시의 기본 위치로서 종말 접번축의 결정  
은 교합기의 조절, 교합 수복 및 관절의 이상 여  
부 진단 등에 이용될 수 있다 했으며, Kornfeld<sup>20)</sup>  
도 이러한 종말 접번축의 결정은 저작계 질환  
연구 및 치료에 필요하다 하였다. 그러나 이러한  
종말 접번축의 결정은 악골의 회전 운동만을 중  
심으로 이루어지고 있으므로 활주 운동과 관련된  
악골 운동의 중요성도 날로 강조되고 있다. Bennet<sup>5)</sup>  
은 과두의 순간 회전축은 악골의 활주에 의해  
발생된다고 하여 순간 회전축과 활주 운동의 관련  
성을 주장한 이후 Grant<sup>16)</sup>는 회전축이 순간 이  
동하므로써 하악골 운동이 근육의 개폐기능과 합  
치된다고 하여 특히 악관절 분야의 연구에선 이러

한 순간 회전축의 결정이 더욱 중요하다고 했으며 Dolwick 등<sup>12)</sup>은 악관절 장애 증상 중 하악골 운동 제한으로 나타나는 동통, 저작 장애, 개구 장애 등은 활주운동의 제한에 따른 증상으로 특히 관절 원판의 변위가 그 하나의 원인인데 이러한 관절 원판의 변위는 비정상적 순간 회전축을 발생시켜 관절 접촉부에 비정상적 압박을 야기하므로 순간 회전축을 기록 분석하는 것이 임상적으로 중요하다 하였다.

그러나 지금까지의 하악 운동 중의 순간 회전축 결정을 위한 방법으로는 하악골 개구 운동의 기록은 X-ray film 촬영에 의해 기록하여 해부학적 기준점으로 이용하였기 때문에 순간 회전축 결정에 있어 정확성에 문제점이 있었으며 순간 회전축 이동에 따른 하악골 운동은 재현할 수 없었다. 이에 본 논문은 개폐운동을 재현하고자 이용했던 강<sup>13)</sup>등의 하악골 운동 기록 장치를 보완하고 순간 회전 중심 결정에 이용되는 Rouleaux 방법을 Computer 프로그램으로 작성하여 정상인의 순간 회전 중심 위치를 결정한 후 하악골 운동을 2차원적으로 재구성 하므로써 앞으로 악관절 장애 환자의 비정상 하악골 운동과 비교 분석할 수 있는 자료로 이용하고자 본 연구를 시도하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### A. 연구 재료

먼저 EM<sub>2</sub> (Fig.1)를 이용하여 좌우측의 저작근 활성이 균형을 이루며, 방사선사진 및 임상 검

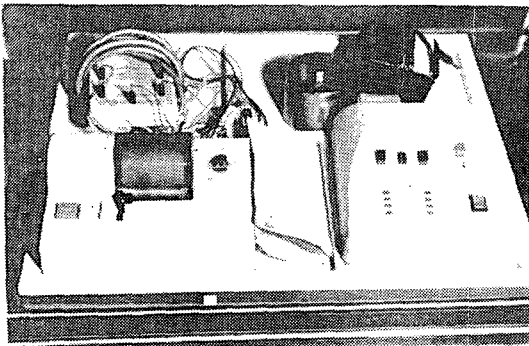


Fig. 1. A EM<sub>2</sub> used for the selection of a subject.

사를 통하여 악관절 장애 및 교합 장애가 없고 하악골 운동이 정상이라고 판단되는 25세의 성인 남자 4명을 연구 대상으로 하였다.

### B. 연구 방법

#### 1) 하악골 운동 기록 장치의 제작 및 장착

습관적 개폐운동을 기록하기 위한 하악골 운동로 기록 장치인 Gnathorecorder는 강<sup>13)</sup>등이 고안한 head cap에 부착된 Stuart head frame, 접변축 locator, 방안지가 부착된 플라스틱 시상판(Fig.2) 및 Rouleaux방법을 적용하기 위하여 두점의 이동에 의한 운동로를 추적할 수 있도록 하악 resin open clutch에 spring이 부착된 두 개의 기록 연필(Fig.3)로 구성, 제작 하였다. 먼저 수평 stud가 연결된 resin open clutch를 중심 교합시 상악 치아에 접촉되지

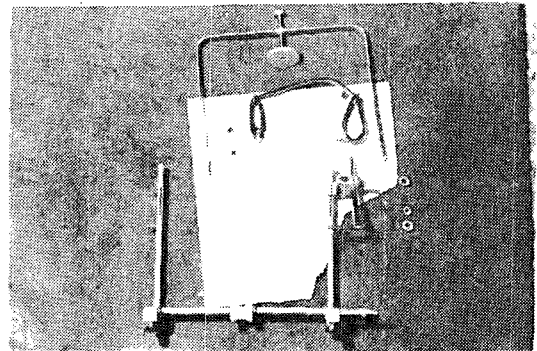


Fig. 2. The components of the Gnathorecorder: Stuart frame with head cap, hinge axis locator, plastic tracing plate.

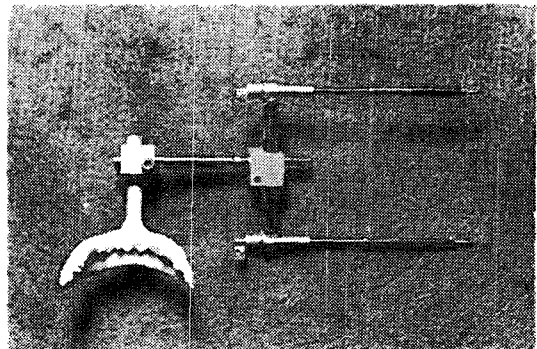


Fig. 3. A component of the Gnathorecorder; Two spring pencils attached to the lower resin open clutch.

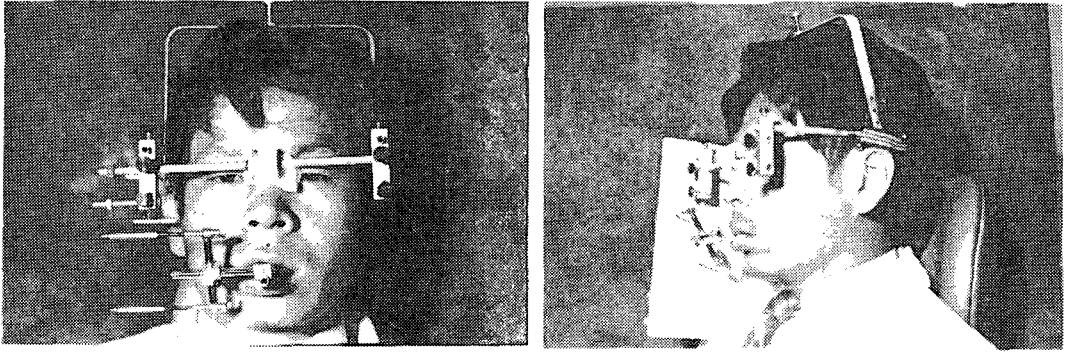


Fig. 4. The set-up of the Gnathorecorder on a subject.

않도록 하악 치아순형면에 시멘트를 이용 부착시킨 후, 수평 stud의 전방 toggle에 두 개의 기록 연필을 고정하고 시상판을 head frame에 고정시킨 후 운동 기록전 모든 기구를 전, 후, 상, 하 방향에서 균형있게 재조정하였다(Fig.4).

## 2) 습관적 개구 및 폐구 운동 기록

대상자에 부착된 하악골 운동로 기록 장치를 이용하여 습관적 개폐구 운동에 따라 먼저 최대 개구시킨후 다시 중심 교합까지 폐구시켜 시상판의 방안에 두개의 기록연필에 의해 두개의 개폐구 운동로가 기록되게 하였다. 이때 접변측 locator는 임의 접변측에 위치시켰다 (Fig.5).

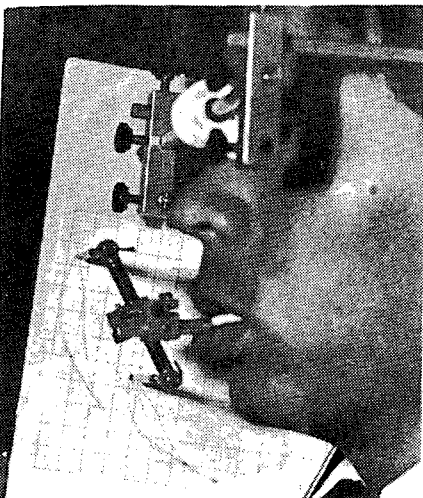


Fig. 5. A recording of habitual opening and closing path on the plastic sagittal tracing plate.

## 3) 순간 회전 중심 결정 방법

(1) Rouleaux 방법에 의한 순간 회전 중심 결정  
 두점의 이동에 따른 순간 회전 중심 C ( $X_C$ ,  $Y_C$ )는 좌표  $P_1$  과  $P_3$ 가  $P_2$  및  $P_4$ 로 이동되어 나타나는  $P_1P_2$ 와  $P_3P_4$ 에 수직 이등분선을 그어 만나는 점이며 각  $\theta$ 는 수직 이등분선에 의해 이루어지는 각으로서 이와 같이 순간 회전 중심과  $\theta$ 각을 결정한 후 (Fig.6) 아래와 같이 공식을 유도하여 컴퓨터 프로그램을 작성하였다.

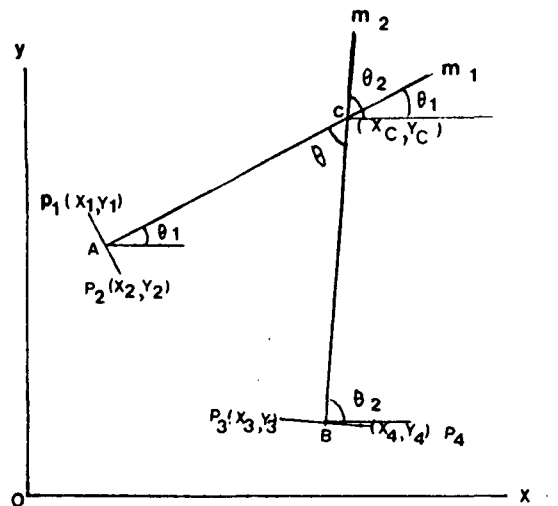


Fig. 6. Method of Rouleaux using two points on a moving body:  $P_1$  and  $P_3$  are their positions in the first instant.  $P_2$  and  $P_4$  are the second instant.

$$A \text{ 점의 좌표 : } X_A = \frac{X_1 + Y_2}{2} \quad Y_A = \frac{Y_1 + Y_2}{2}$$

$$B \text{점의 좌표: } X_B = \frac{X_3 + Y_4}{2} \quad Y_B = \frac{Y_3 + Y_4}{2}$$

$$\text{직선 } P_1P_2 \text{의 기울기: } m' = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{dy_1}{dx_1}$$

$$\text{직선 } P_3P_4 \text{의 기울기: } m'' = \frac{Y_4 - Y_3}{X_4 - X_3} = \frac{dy_2}{dx_2}$$

$$\text{직선 } AC \text{의 기울기: } m_1 = -\frac{1}{m'} \text{ (직교 공식)}$$

$$\text{직선 } BC \text{의 기울기: } m_2 = -\frac{1}{m''} \text{ (직교 공식)}$$

직선 AC의 식:  $Y = m_1 (X - X_A) + Y_A$  (기울기가  $m_1$  이고  $X_A, Y_A$  점을 지나는 직선) ..... (1)

직선 BC의 식:  $Y = m_2 (X - X_B) + Y_B$  (기울기가  $m_2$  이고  $X_B, Y_B$  점을 지나는 직선) ..... (2)

직선 AC, BC의 교점 ((1), (2)의 교점 즉 (1), (2) 연립 방정식에 의해)

$$m_1 (X - X_A) + Y_A = m_2 (X - X_B) + Y_B$$

$$X (m_1 - m_2) = Y_B - Y_A + m_1 X_A - m_2 X_B$$

$$\therefore X_C = \frac{Y_B - Y_A + m_1 X_A - m_2 X_B}{m_1 - m_2} \text{ ..... (3)}$$

$$(3) \text{을 (1)에 대입 } Y = m_1 \left( \frac{Y_B - Y_A + m_1 X_A - m_2 X_B}{m_1 - m_2} - X_A \right) + Y_A = \frac{m_1 Y_B - m_2 Y_A + m_1 m_2 (X_A - X_B)}{m_1 - m_2} \text{ ..... (4)}$$

$$\theta = \theta_2 - \theta_1 \text{ ..... (5)}$$

$$\tan \theta = \tan (\theta_2 - \theta_1) = \frac{\tan \theta_2 - \tan \theta_1}{1 + \tan \theta_2 \tan \theta_1}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left( \frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 m_2} \right) \text{ ..... (6)}$$

(2) 습관적 개폐구 운동의 좌표 결정 및 순간회

### 전 중심 결정

· 하악골 운동 기록 장치에 의해 표기된 2개의 개구 및 폐구로 중 상단의 개폐구로의 중심 교합점에서 시작하여 Y축으로 처음은 초기 운동의 중요성 때문에 4mm로, 그 후는 8mm의 간격으로 나누어 각점의 X, Y 좌표를 먼저 결정하였다. 그런 다음  $P_1P_3$  간의 거리를 콤팩스에 고정한 후 상단의 개폐구로에 미리 결정했던 각 점에서부터 콤팩스에 고정했던 일정거리로 각각 하단의 개폐구로의 대응되는 점의 X, Y 좌표를 결정하여(Fig. 7, Table 1-1, 2-1, 3-1, 4-1) 이를 컴퓨터 프로그램에 대입하여 대상자 4명에 대한 순간 회전 중심을 결정하였다.

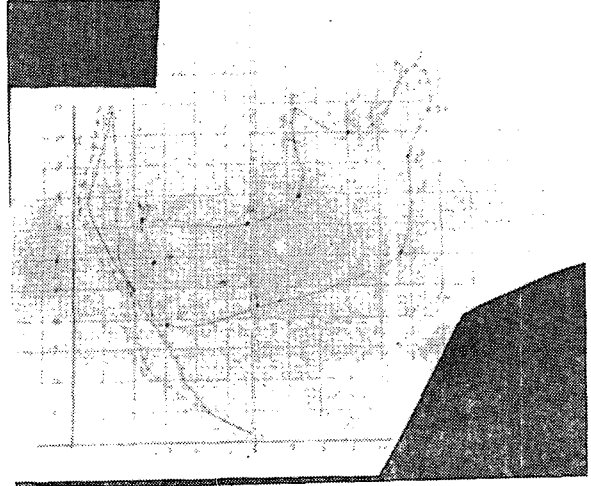


Fig. 7. The determination of the coordinate on the tracing paper.

- 1) The data pairs (X,Y) of target point on the habitual opening and closing path.
- 2) The data pairs (X,Y) obtained by determined points followed by the tracing of mandible cephalogram.

4) 하악골 좌표 결정 및 개폐 운동의 재구성  
하악골 운동 기록 장치에서 head frame과 시상관만을 제거한 다음 접번축 점에 납판을 부착하여 중심 교합에서 cephal ogram을 촬영하였다. 얻어진 방사선 사진상의 기록 연필 끝점과 납점을 방안지 상  $P_1$  과  $P_3$  축점과 접번축 점에 맞춰 방안지 상에 하악골 구조를 트레이싱 한 후 하악골 좌표를 결정하였다 (Table 1-2, 2-2, 3-2, 4-2).

**Table 1-1.**The data pairs (X,Y) of target point on the habitual opening and closing path on subject 1.

Path	Opening path				Closing path			
Point	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
1	1.05	8.20	4.48	3.40	4.00	2.30	9.60	0.40
2	1.05	7.80	4.53	3.08	3.60	2.60	9.16	0.41
3	1.14	7.00	4.96	2.50	2.70	3.40	7.90	0.50
4	1.28	6.20	5.35	1.96	2.10	4.20	7.00	0.80
5	1.57	5.40	5.92	1.50	1.80	5.00	6.34	1.26
6	1.85	4.60	5.50	1.05	1.80	5.00	6.34	1.26
7	2.20	3.80	7.20	0.70	1.31	6.60	5.30	2.30
8	2.94	3.00	8.34	0.48	1.20	7.40	4.96	2.80
9	3.60	2.60	9.14	0.38	1.12	7.80	4.70	3.10
10	4.00	2.30	9.60	0.40	1.05	8.20	4.80	3.40

**Table 2-1.**The data pairs (X,Y) of target point on the habitual opening and closing path

Path	Opening path				Closing path			
Point	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
1	1.35	10.80	1.90	4.88	2.00	4.90	4.70	0.30
2	1.18	10.40	1.98	4.50	1.85	5.20	5.42	0.40
3	0.97	9.60	2.03	3.78	1.48	6.00	4.51	0.90
4	0.78	8.80	2.20	3.78	1.50	6.80	4.03	1.44
5	0.50	8.00	2.45	2.39	1.47	7.60	3.55	2.05
6	0.67	7.20	3.13	1.80	1.54	8.40	3.33	2.74
7	1.08	6.40	3.95	1.23	1.40	9.20	2.86	3.47
8	1.50	5.60	4.87	0.70	1.36	10.00	2.40	4.18
9	1.80	5.20	5.36	0.45	1.32	10.40	2.15	4.53
10	2.00	4.70	5.70	0.30	1.25	10.80	1.90	4.88

Table 3-1. The data pairs (X,Y) of target point on the habitual opening and closing path on subject 3.

Path	Opening path				Closing path			
Point	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
1	0.50	9.40	1.74	3.60	2.52	4.83	6.80	0.80
2	0.60	9.00	2.10	3.28	2.40	5.00	6.60	0.74
3	0.84	8.20	2.80	2.60	1.60	5.80	5.00	0.93
4	1.14	7.40	3.50	1.97	1.60	6.60	4.43	1.40
5	1.30	7.00	3.90	1.70	1.54	7.00	4.17	1.70
6	1.48	6.60	4.30	1.40	1.43	7.40	3.80	2.00
7	1.60	5.80	5.10	1.00	1.10	8.20	3.15	2.60
8	1.90	5.40	5.80	0.92	0.94	8.60	2.75	2.98
9	2.40	5.00	6.66	0.81	0.76	9.00	2.29	3.30
10	2.52	4.83	6.80	0.80	0.50	9.40	1.74	3.60

Table 4-1. The data pairs (X,Y) of target point on the habitual opening and closing path on subject 4.

Path	Opening path				Closing path			
Point	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
1	1.06	10.40	0.80	4.40	3.95	5.00	7.50	0.35
2	1.10	10.00	1.00	4.12	3.58	5.20	6.94	0.43
3	1.24	9.20	1.52	3.32	2.60	6.00	5.14	0.80
4	1.39	8.40	2.19	2.40	2.28	6.80	4.27	1.30
5	1.69	7.60	2.90	1.90	2.00	7.60	3.47	1.98
6	2.04	6.80	3.80	1.23	1.75	8.40	2.65	2.45
7	2.50	6.00	5.10	0.70	1.44	9.20	1.85	3.40
8	2.96	5.60	5.85	0.48	1.26	9.60	1.47	3.72
9	3.58	5.20	6.80	0.35	1.12	10.00	1.13	4.10
10	3.90	5.00	7.50	0.35	1.06	10.40	0.80	4.40

결정된 순간 회전 중심의 컴퓨터 프로그램에 하악골 좌표를 대입하여 순간 회전 중심 이동에 따른 하악골의 개폐운동을 재구성, 하악골의 이동 양상 및 하악과두의 최상방점의 이동양상 등을 분석하였다.

**Table 1-2.** The data pairs (X,Y) obtained by determined points followed by the tracing of mandible cephalogram on subject 1.

Mandible tracing	X	Y
*1	12.00	12.40
**2	12.80	12.40
**3	12.70	12.80
**4	12.30	12.90
**5	11.90	12.80
**6	11.60	12.40
7	11.40	10.50
8	10.80	10.20
9	9.10	11.40
10	9.60	10.90
11	8.80	10.00
12	10.10	7.60
13	8.50	6.10
14	5.20	5.40
15	5.90	3.90
16	6.30	2.00
17	8.70	2.80
18	13.00	6.00
19	13.00	8.00
20	12.60	10.00
21	13.00	11.40

\*: Arbitrary hinge point

\*\* : Shape point of condyle head

\*\*\*4: Superior point of condyle head

**Table 2-2.** The data pairs (X,Y) obtained by determined points followed by the tracing of mandible cephalogram on subject 2.

Mandible tracing	X	Y
*1 11	11.40	11.60
**2	11.70	11.60
**3	11.60	12.00
**4	11.30	12.20
**5	11.00	12.00
**6	10.70	11.60
7	9.80	10.20
8	9.00	10.00
9	7.30	10.80
10	7.20	10.30

11	7.20	9.80
12	7.40	8.00
13	5.70	7.00
14	2.30	7.20
15	2.60	5.80
16	3.00	3.80
17	6.00	4.40
18	10.70	6.00
19	11.00	8.00
20	11.00	9.20
21	11.70	10.70

**Table 3-2.** The data pairs (X,Y) obtained by determined points followed by the tracing of mandible cephalogram on subject 3.

Mandible tracing	X	Y
*1	9.00	13.80
**2	9.40	13.80
**3	9.40	14.30
**4	9.00	14.60
**5	8.40	14.20
**6	8.30	13.80
7	7.80	12.60
8	7.20	12.20
9	5.80	12.80
10	5.60	12.40
11	5.70	11.50
12	6.20	9.50
13	5.00	8.00
14	1.50	6.90
15	2.50	5.10
16	3.60	3.40
17	6.80	6.10
18	10.70	8.00
19	9.80	9.90
20	9.50	11.30
21	9.40	13.10

**Table 4-2.** The data pairs (X,Y) obtained by determined points followed by the tracing of mandible cephalogram on subject 4.

Mandible tracing	X	Y
*1	11.40	13.60
**2	11.80	13.60
**3	11.80	14.00
**4	11.40	14.30
**5	10.90	14.00
**6	10.70	13.60
7	9.70	12.30
8	9.00	11.70
9	6.80	12.60
10	6.60	12.20
11	6.80	11.40
12	6.80	9.00
13	4.90	8.10
14	2.50	8.10
15	2.60	6.80
16	3.10	4.30
17	7.00	6.00
18	11.10	8.20
19	11.20	10.00
20	11.20	11.60
21	11.60	12.80

### Ⅲ. 연구성적

#### 1. 습관적 개폐 운동의 순간 회전축 분석

개구 운동시 최초 순간 회전 중심(step.1 및 No.1)은 Table 5~8 및 Fig.8~11에서 보는 바와 같이 대상자 1,2의 경우 하악골체 밖에 존재했으나 대상자 3,4의 경우에는 하악골체 내에 위치하였으며 초기 개구 운동시의 각  $\theta$ 는 각각의 대상자의 경우 8.88°, 34.91°, 34.33°, 29.83°를 보여 주었는데 이중 각  $\theta$ 가 제일 적은 대상자 1의 경우 순간 회전 중심은 하악골체에서 가장 멀리 벗어나 존재하였다. 한편 폐구 운동의 경우 최종 순간 회전중심(Step 9 및 No.9)은 대상자 1, 2, 3의 경우 하악골체 밖에 존재하였으며

**Table 5.** The data pairs of X,Y and angle obtained from the Rouleaux method's analysis of the habitual opening and closing path on subject 1.

Step	Opening path			Closing path		
	Xc	Yc	angle( $\theta$ )	Xc	Yc	angle( $\theta$ )
1	34.97	8.00	8.88	9.60	10.19	35.57
2	12.73	8.71	30.13	9.20	9.80	37.55
3	14.40	8.91	25.91	10.53	9.90	34.70
4	12.02	9.64	31.17	11.71	8.26	34.57
5	10.84	8.20	37.21	12.61	9.51	30.27
6	11.17	8.20	36.11	14.25	9.25	26.45
7	9.56	9.87	36.31	14.31	8.80	26.39
8	10.53	14.79	24.09	12.91	9.95	29.60
9	8.98	9.36	39.36	14.20	10.29	26.33

**Table 6.** The data pairs of X,Y and angle obtained from the Rouleaux method's analysis of the habitual opening and closing path on subject 2.

Step	Opening path			Closing path		
	Xc	Yc	angle( $\theta$ )	Xc	Yc	angle( $\theta$ )
1	10.79	6.55	34.91	8.39	8.28	43.78
2	18.92	5.31	18.68	9.74	9.33	26.39
3	14.14	6.05	25.81	9.92	6.19	43.07
4	9.11	5.44	41.25	11.18	7.56	36.05
5	9.14	9.42	37.06	16.82	6.66	22.69
6	10.72	11.85	29.06	15.85	11.32	22.85
7	9.92	10.53	32.35	12.39	10.15	30.08
8	11.25	12.60	26.10	11.94	11.26	29.83
9	9.96	10.43	32.50	13.20	12.68	25.61

**Table 7.** The data pairs of X,Y and angle obtained from the Rouleaux method's analysis of the habitual opening and closing path on subject 3.

Step	Opening path			Closing path		
	Xc	Yc	angle( $\theta$ )	Xc	Yc	angle( $\theta$ )
1	8.89	11.29	34.33	4.93	6.66	71.48
2	10.92	11.66	29.13	6.93	10.33	38.23



3	11.74	11.63	27.46	8.87	6.20	50.49
4	9.58	10.54	34.18	12.20	8.39	32.38
5	11.42	11.32	28.90	10.28	9.62	35.59
6	7.66	7.12	54.90	13.03	12.65	24.87
7	6.38	9.07	46.61	12.73	13.08	24.67
8	7.67	12.10	31.37	9.01	12.47	30.95
9	7.27	8.31	50.70	7.63	13.75	28.37

**Table 8.** The data pairs of X,Y and angle obtained from the Rouleaux method's analysis of the habitual opening and closing path on subject 4.

Step	Opening path			Closing path		
	Xc	Yc	angle( $\theta$ )	Xc	Yc	angle( $\theta$ )
1	10.54	11.15	29.83	9.38	15.49	40.16
2	13.67	11.79	23.10	8.40	12.11	27.61
3	13.03	11.00	25.44	9.37	9.17	38.31
4	8.50	10.61	34.29	11.33	10.42	30.35
5	10.29	10.89	29.70	7.36	9.71	42.83
6	8.01	9.70	37.92	15.73	14.28	18.92
7	9.18	13.22	24.66	9.77	13.19	25.67
8	8.01	12.75	25.04	12.18	13.65	22.53
9	7.15	10.56	32.01	7.21	11.12	39.20

대상자 4의 경우만 하악골 체내에 존재하였는데 개구 운동시 최초 순간 회전 중심의 위치와 비교할 때 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 그리고 개구 운동시 최초 순간 회전 중심과 폐구 운동시 최종 순간 회전 중심은 어느것도 과두돌기 내엔 존재하지 않았으며 개인에 따라 다양한 위치에 존재하였다.

개구 운동시 하악골 좌표와 관련하여 순간 회전축의 이동을 살펴보면, 대상자 1의 경우 초기 개구 운동시에는 순간 회전축이 하악골체 후방부에 존재하였다가 개구가 진행됨에 따라 하악골체 내부로 전진 이동하는 경향을 보이다 최대 개구 운동시 하악골 상방에 위치하는 경향을 보였고 대상자 2,3,4의 경우는 하악골체 내 또는 하악골체에 가깝게 존재하던 순간 회전 중심축이 개구가 진행됨에 따라 하악골체 밖, 후방으로 이동되다가 다시 골체내 전방 및 상방등으로 이동되는 다양한 변화

를 보여주어 개인에 따른 심한 차이를 관찰할 수 있었다. (Fig.8-A, 9-A, 10-A, 11-A). 한편 폐구 운동시 각 대상자의 최초 순간 회전 중심은 오탁돌기의 상방, 중앙, 하방, 전방 등 다양하게 위치하였는데 폐구가 진행되면서 대상자 1,2,3의 경우엔 순간 회전 중심이 후방으로 이동되면서 나중엔 하악골체의 외방에 발생하는 경향을 보였고 대상자 4의 경우엔 폐구가 진행되면서 일정한 경향 없이 상하 좌우로 다양하게 변화하는 양상을 보였다 (Fig.8-B, 9-B, 10-B, 11-B).

## 2. 하악골 과두의 운동 분석

순간 회전 중심의 이동에 따른 하악골 과두의 이동 양상 형태는 Fig.12~15에서와 같이 대상자 2,3의 과두로 경사면은 대상자 1,4에 비해 급한 양상을 나타냈으나 이동의 형태는 악관절 해부학적 구조인 관절 돌기의 전후 모양과 유사한 모습을 재현하고 있었다. 개구 운동 양상과 폐구 운동 양상은 서로 유사한 모습을 보여주고 있었으며 개구 운동시 급하면 폐구 운동시에도 급하였고 개구 운동시 완만하면 폐구 운동시에도 완만한 경사를 나타냈다.

## 3. 하악골 과두 최상방 점의 운동분석

개폐구시 순간 회전 중심이동에 따라 하악골 과두의 최상방 점의 운동로를 재구성한 Fig.16~19에서 보는 바와 같이 개폐구시의 이동경로가 일치되지 않았는데 대상자 1,3은 개폐의 운동점이 교차되어 나타났으나 대상자 2,4 경우는 교차되지 않고 개구로가 폐구로에 비해 하방에서 진행되는 이동 양상을 나타내어 개인에 따른 개폐구로의 다양한 차이를 볼 수 있었다.

## 4. 하악골 운동 궤적의 재구성

습관적 개구 운동에 따른 순간 회전 중심을 결정, 분석한 후 다시 하악골체의 이동 형태를 컴퓨터 그래픽에 의해 재구성한 경우, Fig.20-1, 21-1, 22-1, 23-1에서와 같이 전반적으로 Step

1에서 Step 2까지의 초기 운동에서는 하악 과 운동시엔 Fig.20 - 2, 21 - 2, 22 - 2, 23-2에 두 및 하악골체가 하방 이동하였다가 Step 3에서 보는 바와 같이 하악과두는 Step 1에서 Step 3까지 초기 운동에서는 후하방으로 이동되고 하악골체는 전상방으로 이동되면서 Step 4,5에서 상방 이동과 하악골체의 후상방 이동에 따라 하악과두의 후상방 이동에 따라 하악골체의 폐구 운동의 최대 개구가 진행되었다. 습관적 폐구가 진행되었다.

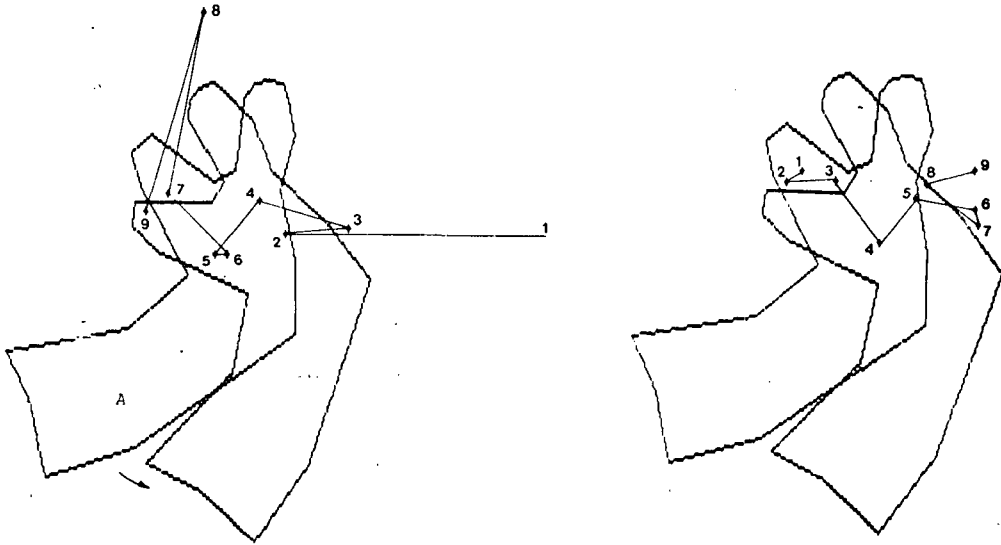


Fig. 8. The position of instantaneous centre of rotation on the mandible in the opening (A) and closing (B) movement on subject 1.

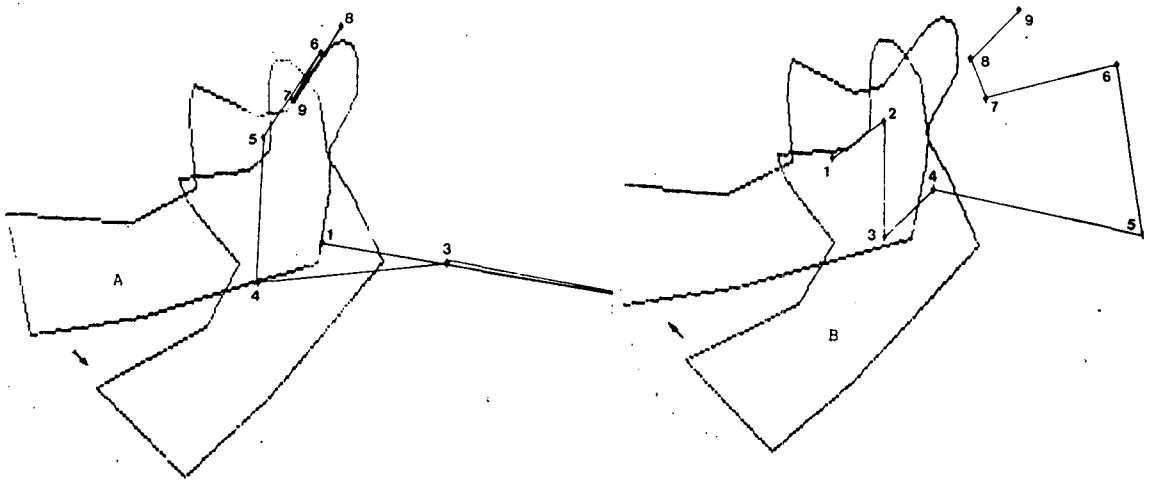


Fig. 9. The position of instantaneous centre of rotation on the mandible in the opening (A) and closing (B) movement on subject 2.

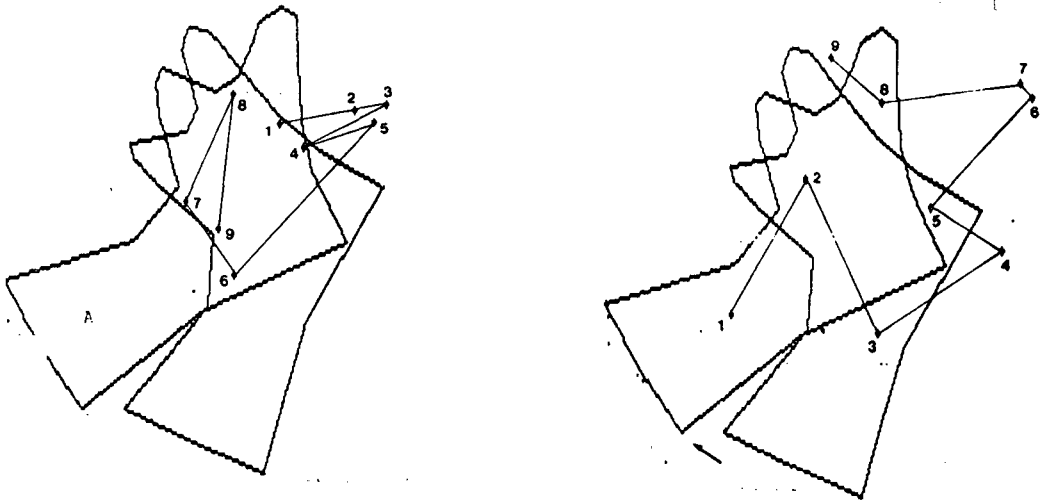


Fig. 10. The position of instantaneous centre of rotation on the mandible in the opening (A) and closing (B) movement on subject 3.

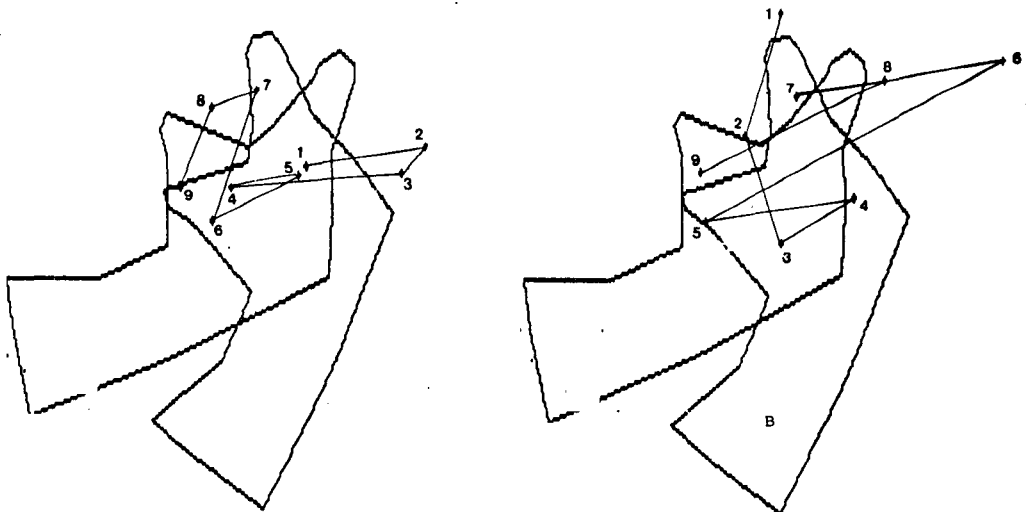
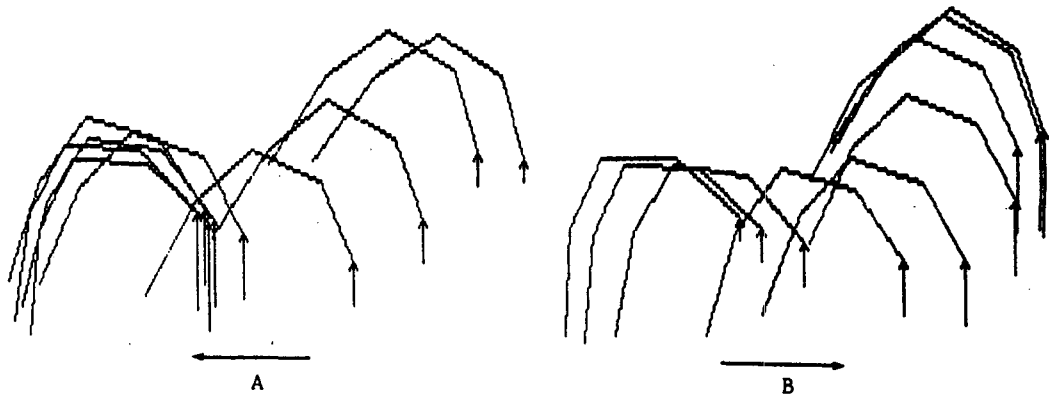


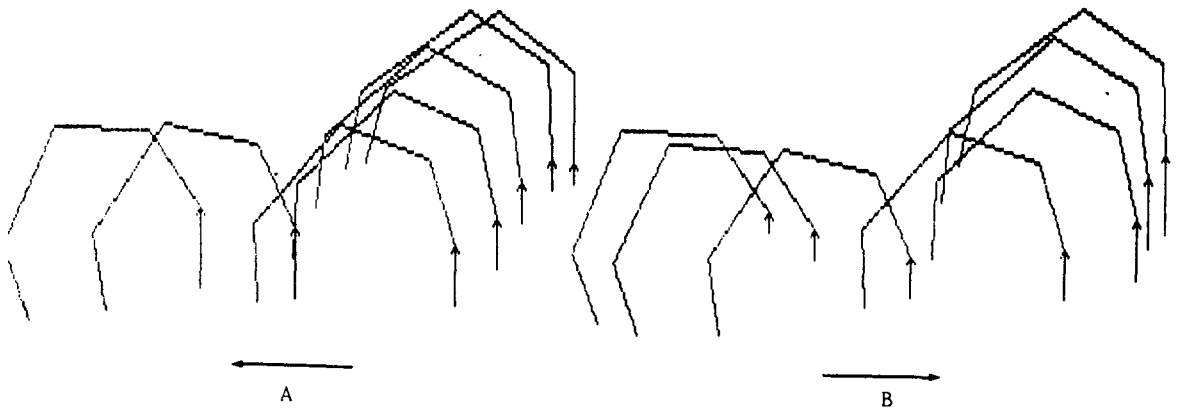
Fig. 11. The position of instantaneous centre of rotation on the mandible in the opening (A) and closing (B) movement on subject 4.



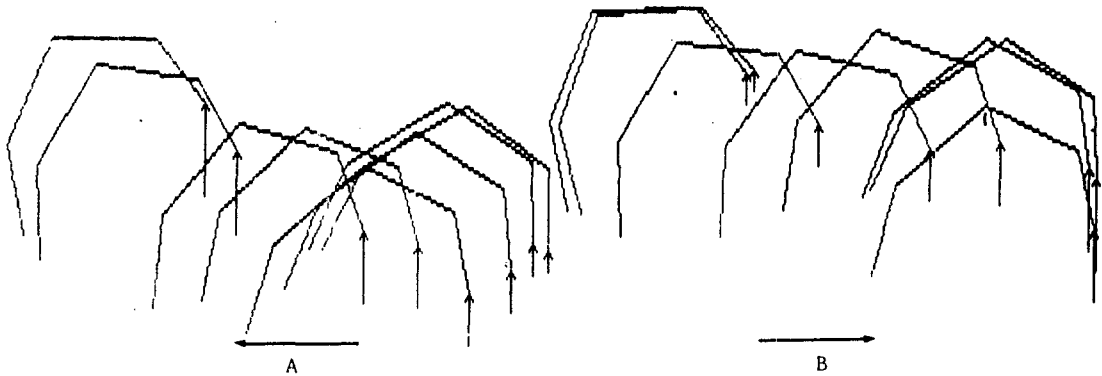
Fig. 12. The opening (A) and closing (B) movement pattern of condyle (tracing point No. 2, 3, 4, 5, 6) followed by the movement of instantaneous centre of rotation on subject 1.



**Fig. 13.** The opening (A) and closing (B) movement pattern of condyle (tracing point No. 2, 3, 4, 5, 6) followed by the movement of instantaneous centre of rotation on subject 2.



**Fig. 14.** The opening (A) and closing (B) movement pattern of condyle (tracing point No. 2, 3, 4, 5, 6) followed by the movement of instantaneous centre of rotation on subject 3.



**Fig. 15.** The opening (A) and closing (B) movement pattern of condyle (tracing point No. 2, 3, 4, 5, 6) followed by the movement of instantaneous centre of rotation on subject 4.



Fig. 16. The trace of the point No. 3 followed by the instantaneous centre of rotation of the opening (A) and closing (B) movement on subject No. 1.



Fig. 18. The trace of the point No. 3 followed by the instantaneous centre of rotation of the opening (A) and closing (B) movement on subject No. 3.



Fig. 17. The trace of the point No. 3 followed by the instantaneous centre of rotation of the opening (A) and closing (B) movement on subject No. 2.



Fig. 19. The trace of the point No. 3 followed by the instantaneous centre of rotation of the opening (A) and closing (B) movement on subject No. 4.

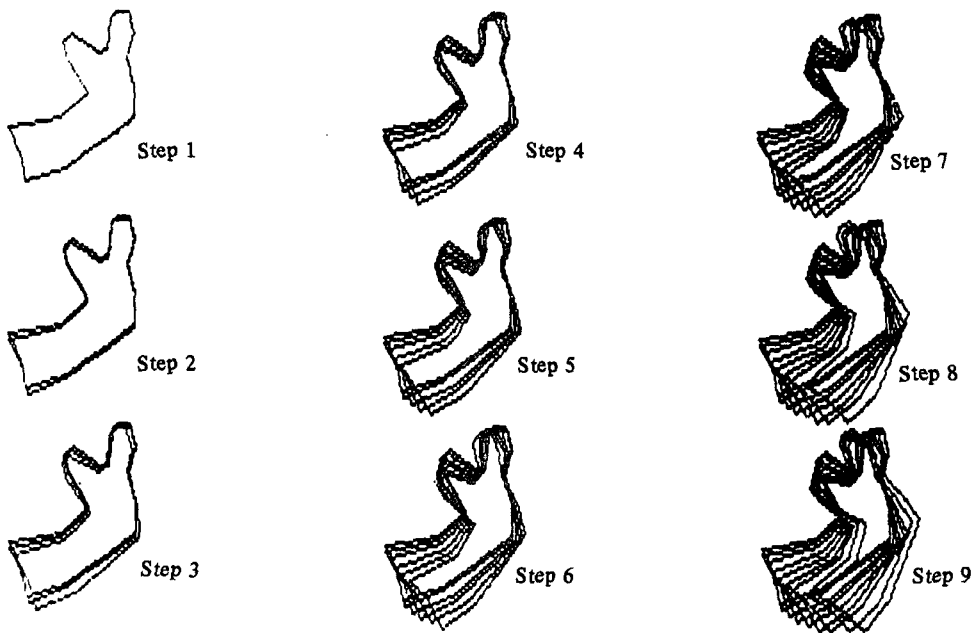
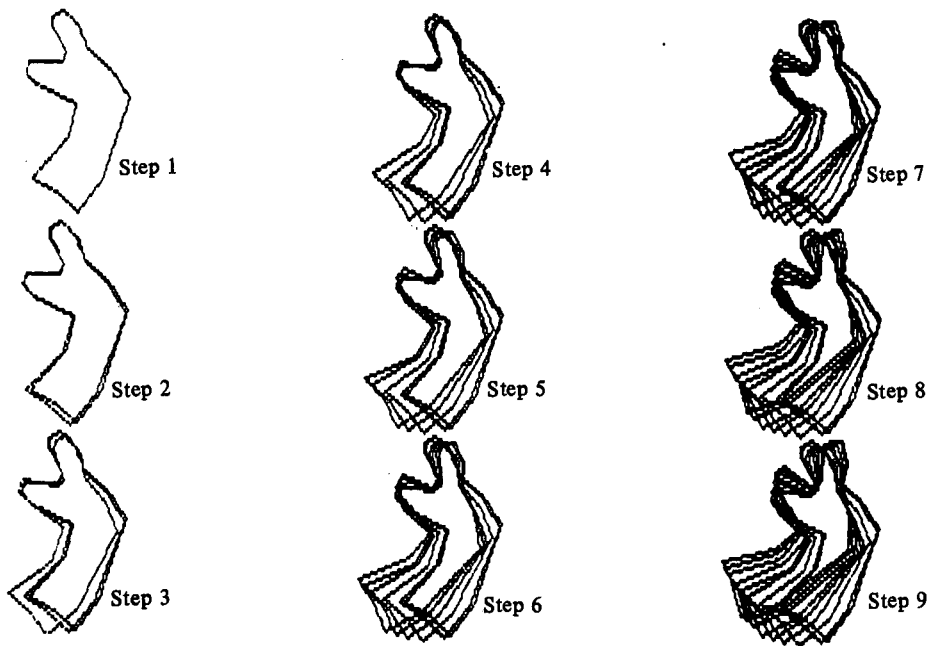
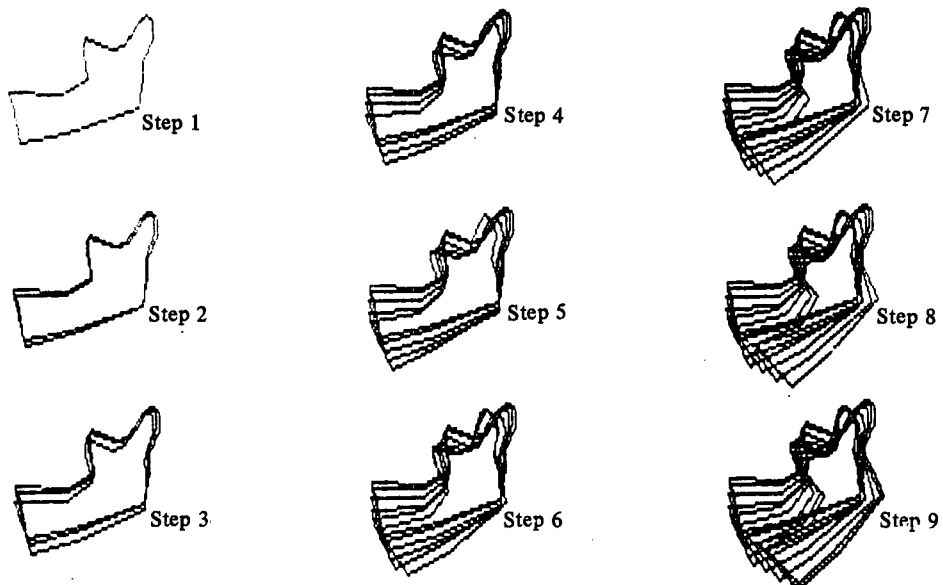


Fig. 20-1. The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual opening movement on subject 1.



**Fig. 20-2.** The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual closing movement on subject No. 1.



**Fig. 21-1.** The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual opening movement on subject No. 2.

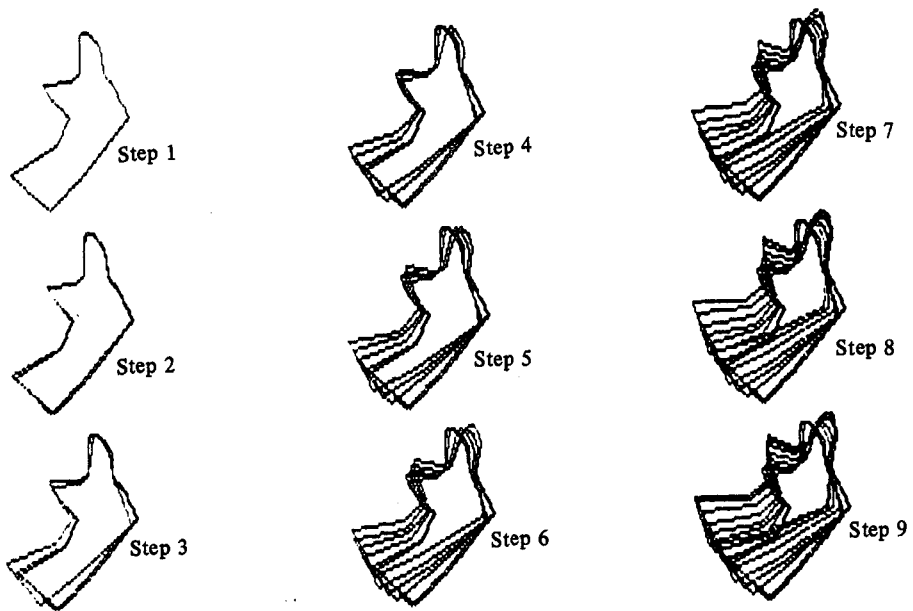


Fig. 21-2. The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual closing movement on subject No. 2.

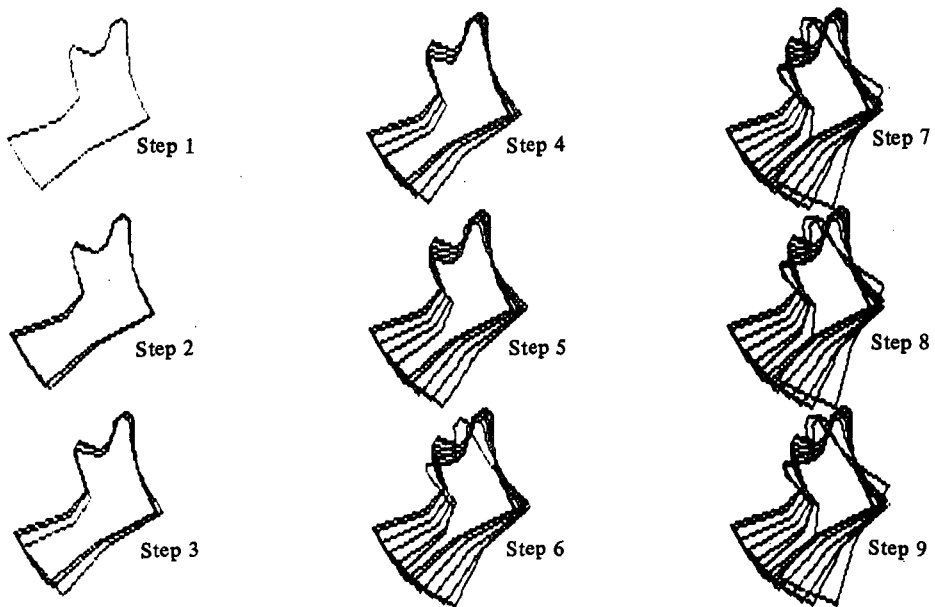


Fig. 22-1. The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual opening movement on subject No. 3.

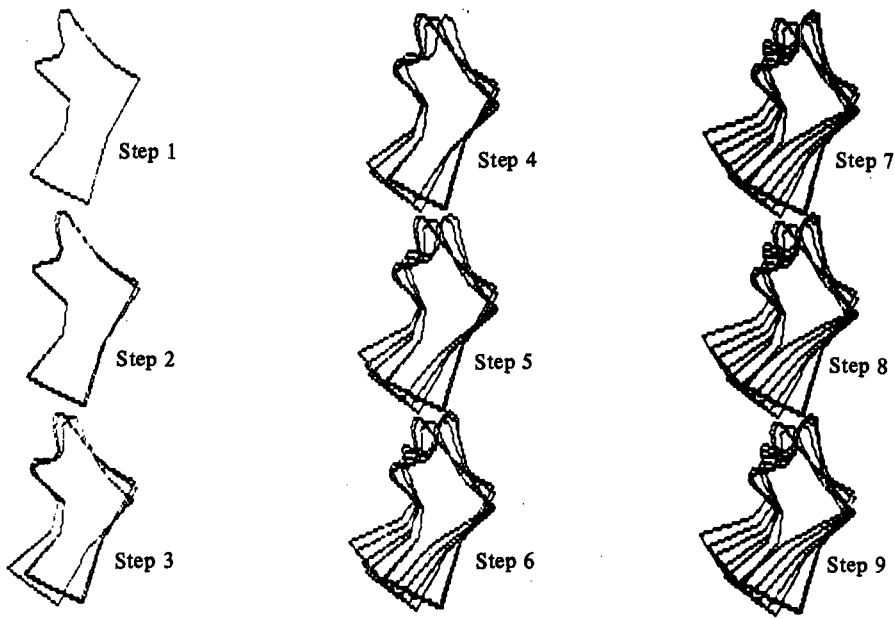


Fig. 22-2. The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual closing movement on subject No. 3.

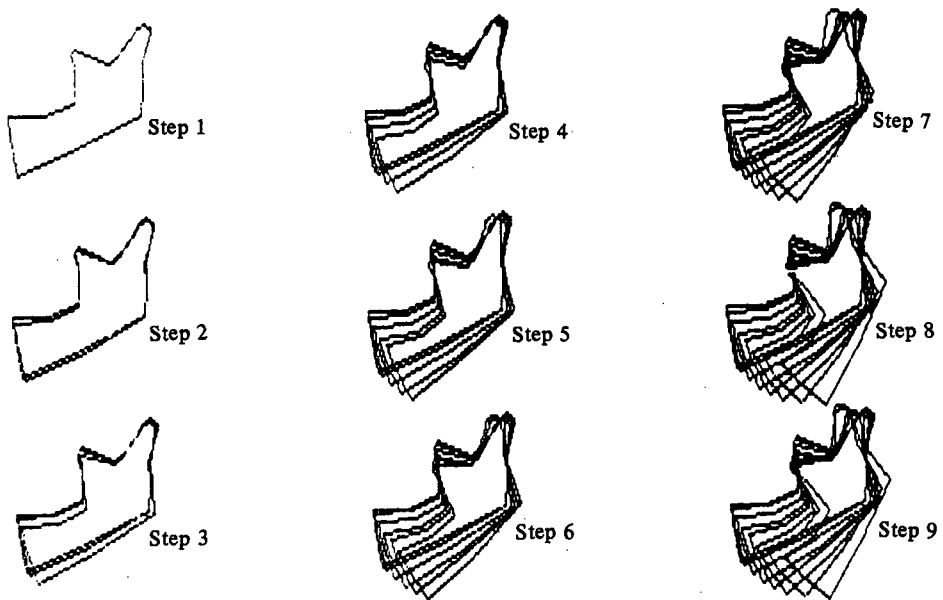


Fig. 23-1. The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual opening movement on subject No. 4.



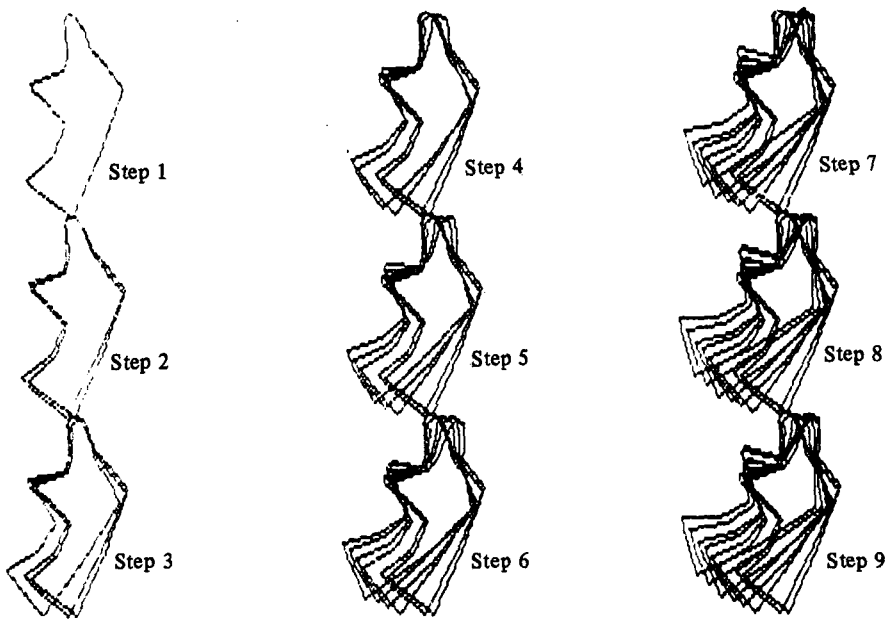


Fig. 23-2. The computer graphic mandibular movement obtained by the instantaneous centre of rotation in the habitual closing movement on subject No. 4.

#### IV. 총괄 및 고찰

관절 운동을 생체 공학적으로 분석하기 위한 방법으로, 1911년 Fisher가 인체 관절부의 순간 회전 중심의 결정에 관해서 처음 소개한 이래 Frankel 등<sup>14)</sup>은 슬관절의 병리상태를 운동학적으로 진단하기 위한 수단으로 이를 임상적으로 응용하였고 그외에도 다수의 정형외과 의사와 기계 공학자들이 수학적 통계학적 모델을 통하여 슬관절과 고관절의 운동을 분석하여 왔다. 악관절 운동을 이러한 수학적 모델을 통해 분석 및 재구성하고자 Shanahan 등<sup>34)</sup>은 정상 하악골 운동과 접번교합기의 개폐 운동에 대한 수학적 차이를 연구하여 하악골 운동은  $Y = 0.11 X^3 - 0.4 X^2 + 0.23 X - 0.16$  교합기 운동은  $X^2 + Y^2 + 18.94 X - 6.38 Y = 0.163$ 으로 나타내어 하악골 운동과 접번 교합기의 운동은 일치하지 않는다고 수학적 개념을 도입하여 설명하였으며, 강 등<sup>12)</sup>은 하악골 개구 운동시 순간 회전축을 최소 자승법에 의하여 구하였는데 이때 하악골 개구 운동을  $Y =$

$0.11 X^2 + 0.66 X + 3.09$ 의 함수라는 수학적 모델로 제시하였다. 또한 Bryant 등<sup>8)</sup>은 통계학적 모델 분석 방법의 하나인 Monte Carlo Simulation을 이용하여 순간 회전 중심을 결정하기도 하였었다.

출생시 측두골의 관절와는 평편하고 하악골과 유사한 조직으로 되어 있으나 유아기에 이루어지는 호흡, 수유, 연하 등의 생리적 기본운동인 접번 운동에 의해 몇개월 후 관절돌기 부위의 전방에선 연골성 골형성이 이루어지고<sup>6)</sup> 관절외가 될 부위에선 파골 세포성 골흡수가 발생하여 하악과 두가 관절외에 순응하게 된다고 하여 접번 운동을 관절 형성의 기본으로 생각하여 접번 운동이 기능적인 실체라는 점에서 접번 운동을 생리적이라 하였으나<sup>38)</sup> Moss<sup>25)</sup>가 주장한 바와 같이 과두의 관절면이 완전한 구형이 아니고 타원형이기 때문에 과두 운동시 무수한 순간 회전축이 발생된다고 하였다. 또한 Gysi<sup>17)</sup>는 하악골 운동시에 악관절 부위는 관절 운동의 유도 인자로서 기계적인 기능만을 가진다고 하여 다양한 하악골 운동이 발생할

때 실제 회전축은 과두에 있지 않으므로 개폐 운동시 과두의 역할은 지렛대로써 작용하기 보다는 생리학적으로 근육과 인대에 의해 발생하는 운동에 대한 유도 부위로 작용한다 하였다.

최근 악관절 장애 환자의 증가로 인한 하악골 운동 장애의 정확한 분석이 임상적으로 중요하게 되었다<sup>2)</sup>. 따라서 정상적인 하악골 운동에 대한 생체 공학적 분석을 통해서, 악관절 장애에 따른 비정상 하악 운동을 운동학적 측면에서 비교 진단하고, 앞으로의 치료 결과를 예측하는 지수로 이용할 수 있게 하고자 본 연구에서는 computer program을 이용하여 하악골 운동시의 순간 회전축의 결정 및 하악골 운동을 재현하였다.

본 연구에선 순간 회전 중심을 결정하기 위하여 Rouleaux 방법을 이용하였는데 이 방법은 1876년 Rouleaux에 의해 고안된 것으로 일반적인 관절 운동이 3차원적으로 발생되지만 이러한 3차원적 운동의 측정 방법의 복잡성 때문에 평면 운동으로 고려하여 응용된 것으로서 Panjabi 등<sup>29,30,31</sup>, Bryant 등<sup>8)</sup>은 이러한 방법을 이용하여 순간 회전 중심과 회전각을 결정하여 관절 운동의 특성을 분석하여 왔다.

초기 개구 운동시의 회전축 위치에 대해 Koski<sup>21)</sup>는 회전축은 유상돌기(mastoid process) 부분에 빈번하게 나타나고 이러한 위치는 하악 운동의 정도, 환자의 위치에 따라 변화될 수 있다고 하였으며, Kawata<sup>19)</sup>는 혼합치열기의 cephalogram 연구를 통하여 안정위에서 중심 교합까지의 회전축은 정상인과 전방 개방 교합 환자는 과두 하방에 위치한다고 하였고, Clapp<sup>9)</sup>는 최대 개구를 제외하고 모두 하악골 밖에 회전축이 존재하며 과두 없이도 저작이 가능하다고 주장을 하였다. Smith<sup>35)</sup>는 회전축은 하악골의 상행지 중간 부위에 위치한다고 주장하고 Moss<sup>25)</sup> 등은 기계적 관절에서 두 개 이상의 회전축이 동시에 작용하면 결과적인 회전축이 유발되어 악관절의 모든 회전에 대한 중심축이 하악공에 위치한다고 했으며, Frank<sup>13)</sup>는 하악공은 하악골의 중립적 위치로서 이 위치에 중심축이 존재한다고 주장하였다. 이외에

도 Grant<sup>16)</sup>는 신체 대부분의 관절이 회전성 회전축 보다는 가동성 순간 회전축을 중심으로 회전한다는 것에 착안하여 과두를 중심으로 한 항상성 회전축과 이동성 순간 중심을 이용한 순간 회전축이 저작근의 기능과 합치되어야 한다고 하였다.

본 연구에서 Rouleaux 방법에 의해 구해진 개구 운동시의 최초 순간 회전 중심 및 폐구 운동시의 최종 순간 회전 중심은 연구 대상자에 따라 다양한 위치를 보이거나 어느 것도 과두 돌기 내에 위치하지 않았다 (Fig.8~11). 이는 통상적으로 종말 접번축의 결정시 하악을 최후방위로 압박을 가하면서 제한된 범위 내에서 개폐 운동 시키므로써, 과두내 어느 한 지점인 종말 접번축을 중심으로 회전 운동이 발생<sup>32,39)</sup> 될 수 있으나 본 연구에서 구해진 개구시 최초 순간 회전 중심 및 폐구시 최종 순간 회전 중심은, 습관적인 개폐구 운동에 의한 개폐구근의 작용에 의해 유도되기 때문에 이러한 위치적인 차이가 나타난 것으로 생각된다. 따라서 이러한 순간 회전 중심의 차이 때문에 단순히 종말 접번축을 중심으로 조절된 교합기에서 제작된 보철물은 실제 구강내 장착 사용시 생리적 및 기능적인 관점에서 문제가 발생할 수 있는 요인이 될 수도 있다고 생각되며 특히 악관절 내장(internal derangement of TMJ)의 경우, 하악 과두의 후상방 변위와 관절 원판의 전방 변위에 의해 발생된다<sup>12)</sup> 하였으므로 최후방위로 과두를 밀착시켜 얻게 되는 접번 운동은 과두의 위치적인 관계에서 생리적이라고 말할 수 없다고 사료된다. 그리고 Smith<sup>35)</sup>, Moss<sup>25)</sup>, Frank<sup>13)</sup>, Grant<sup>16)</sup> 등이 보고한 회전축과 본 연구에서 구한 회전축과의 위치 차이를 볼 수 있는데 이는 회전축 결정 방법 및 측정의 정확성 여부에 따라 다양한 차이를 나타냈다고 생각된다.

하악골 과두의 운동 경로는 개구 운동시 급하면 폐구 운동시에도 급하고, 개구 운동시 완만하면 폐구 운동시에도 완만한 양상을 보여주었는데 (Fig.12~15) 이는 관절 돌기의 해부학적 형태가 운동 방향에 대한 주요한 영향을 미치는 요소로써 작용한다고 사료되었으며 하악골 과두의 최상방

점의 개폐에 따른 이동 양상의 차이 (Fig.16 ~ 19)는 개구 운동시의 근육과 폐구 운동시의 근육의 작용 방향에 따른 차이가 아닌가 생각된다. 따라서 순간 회전 중심 발생 위치의 변화 요소로서는 관절 돌기의 해부학적 형태에 의한 유도 작용과 근육의 작용 방향이라 사료되나 대상자에 따라 개구로가 폐구로에 비해 하방에 있거나, 개구로가 폐구로와 교차되는 등의 차이는 기계적 요소에 의한 것인지 또한 생물학적 요소가 관여된 것인가에 대한 연구가 앞으로도 계속되어야 할 것으로 생각 된다.

본 연구에서 computer 프로그램을 이용 재구성한 하악골 운동 궤적에 따르면 초기 개구 운동시 과두자체는 개인적 차이를 보이기는 하나 대체로 하방으로 이동 하였으며 (Fig.20~23) 이는 과두가 중심 교합에서 안정위까지 이동하는 것으로 과두는 폐구시엔 관절낭 인대의 긴장에 의해 관절 상방에 위치하였다가 개구 초기에 이 인대가 이완되어 수직 하방 운동한다는 Page<sup>28)</sup>의 주장과 일치 하였으며, Clapp<sup>9)</sup>는 이를 수직적 개구 운동이라 하였고, 발생하는 회전축 점은 순수한 기하학적인 위치로서 근력이 단순히 작용하여 만나는 점이라 하였다.

순간 회전 중심 결정시 몇가지 오차가 고려되어야 하는데 Harding 등<sup>18)</sup>, Soudan 등<sup>35)</sup>은 표점의 위치 결정에 따라 순간 회전 중심의 오차가 달라진다고 하였고 Panjabi 등<sup>30)</sup>, Woltring 등<sup>40)</sup>은 순간 회전 중심의 오차는  $\theta$  각 및 두 표점간의 거리 크기에 반비례한다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 하악 개폐구로의 정확한 기록의 어려움 및 표점 간의 거리 결정의 다양성 때문에 순간 회전 중심의 위치 결정에 약간의 오차는 예상되나 순간 회전 중심을 먼저 결정한 후 Computer graphic에 의해 하악골 운동을 재구성 할 수 있다는 점에서 본 연구의 의의가 있었다고 생각된다. 앞으로도 더욱 순간 회전 중심의 오차를 감소시키기 위한 방법의 개발과 정상인에 있어서 순간 회전 중심의 일정한 변화 양상을 통계적으로 파악한 후, 악관절 장애 환자에서의 순간 회전 중심의 변화와 비교할 수 있는 연구가 계속되어야 하리라

고 사료된다.

## V. 결 론

악관절 장애에 대한 생체 공학적 이해를 위해서는 기본적으로 하악골의 회전과 활주 운동에 따라 발생하는 순간 회전 중심을 결정하는 것이 임상적으로 필요하다. 이러한 순간 회전 중심의 결정을 위해 임상적으로 악관절 및 교합 장애가 없고 하악골 운동이 정상이라고 판단되는 성인 남자 4명을 연구 대상으로 하여 하악골 운동 기록 장치에 의해 얻어진 습관적 개폐 운동로를 Rouleaux 방법으로 분석, computer 프로그램에 입력하여 순간 회전 중심을 결정하고 하악골 개폐 운동을 재구성하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 개폐구 시의 순간 회전 중심은 과두내에 존재하지 않았다.
2. 하악 과두의 개구 및 폐구 운동시의 이동 양상은 관절 돌기의 해부학적 만곡도를 따르는 경향을 보였다.
3. 개구 및 폐구 운동시 하악 과두의 최상방점이 그리는 운동로는 상하 방향으로 차이를 나타내며 일치되지 않았다.
4. 개구 운동 초기에는 하악 과두는 하방으로 이동되는 양상을 보였다.
5. 개구 및 폐구 운동시 순간 회전 중심 결정에 의해 하악골의 개구 및 폐구 운동을 재구성할 수 있었다.

## REFERENCES

1. 강근수, 윤창근: "하악골 운동의 순간회전중심 결정에 관한 연구", 대한 치과 보철 학회지, 제25권 제1호, 119-135, 1987.
2. 김용란, 이승우: "한국인의 측두하악 장애에 대한 역학적 연구", 서울대학교 치과대학 논문지, 제11권 제1호, 151-176,

1987.

3. 손동식 : “악관절의 운동학에 관한 방사선학적 연구”, 치과연구, 제 18권, 51-55, 1985.
4. Andrews, J.G.: “On the specification of joining configurations and motions”, J. Biomech, 17:2, 155-158, 1984.
5. Bennet, N.G.: “A contribution to the study of the movements of the mandible”, Proc. Roy. Soc. Med., 1: 79-83, 1908.
6. Blackwood, H.J.J.: “Pathology of the T.M. J.”, J. Am. Dent. Assoc., 79: 105-112, 1969.
7. Bombelli, R., Santore, R.F. and Poss, R.: “Mechanics of the normal and osteoarthritic hip”, Clinial Orthopaedics and Research, 182: 69-78, 1984.
8. Bryant, J.T., Wevers, H.W. and Lowe, P.J.: “One parameter model for error in instantaneous center of rotation measurement”, J. Biomech., 17:317-323, 1983.
9. Clapp, G.W.: “There is no usable vertical opening axis in the mandible”, J. Prosth. Dent., 2:14-158, 1952.
10. Collett, H.A.: “The movements of the temporomandibular joint and their relation to the problems of occlusion”, J. Prosth. Dent., 5: 486-496, 1955.
11. CRIsin, B.J., Myers, C.E. and Clayton, J.A.: “Effects of occlusal therapy on pantographic reproducibility of mandibular border movement”, J. Prosth. Dent., 40: 29-33, 1979.
12. Dolwick, M.F., Katzberg, R.W. and Helms, C.A.: “Internal derangements of the T.M. J: Fact or fiction”, J. Prosth. Dent., 49: 415-418, 1983.
13. Frank, L.: “The opening axis of the jaw”, Dental Digest, 16-19, 1956.
14. Frankel, V.H., Burstein, A.H. and Brooks, D.B.: “Biomechanics of internal derangement of the knee”, J. Bone & Joint Surg., 53-A: 945-967, 1971.
15. Gertzbein, S.D., Chan, K.H., Tile, M., Seligman, J. and Kapasouri, A.: “Moire patterns: An accurate technique for determination of the locus of the centres of rotation”, J. Biomech, 18: 501-508, 1981.
16. Grant, P.G.: “Biomechanical significance of the instantaneous centre of rotation: the human temporomandibular joint”, J. Biomech., 6: 109-113, 1973.
17. Gysi, A.: “The problem of articulation”, Dent. Cosmos, 52: 1-12, 1910.
18. Harding, M.L., Harding, L. and Goodfellow, J.W.: “A preliminary report of a simple rig to aid study of the functional anatomy of the cadaver human knee joint”, J. Biomech., 10:517-523, 1977.
19. Kawata, T., Kishigani, H., Yamashita, S., Dyama, K., Toda, K. and Uemura, S.: “Mandibular movement in Angle III malocclusion in the mixed dentition”, J. Am. Orthod 52: 61-68, 1982.
20. Kornfeld, M.: “The problem of function in restorative dentistry”, J. Prosth. Dent., 5: 670-678, 1955.
21. Koski, K.: “Axis of opening movement of of mandible”, J. Prosth. Dent. 12: 888-894, 1962.
22. Lebao, R.: “Value of the hinge axis recorded”, J. Prosth. Dent., 5: 623-625, 1955.
23. Lippert III, F.G. and Harrington R.M.: A comparison of convergent and biplane xray photogrammetry systems used to detect total joint loosening, J. Biomech, 15: 677-682, 1982.
24. McLean, D.W.: “Pathologic occlusion: A major clinical problem”, J. Am. Dent. Assoc., 31: 1587-1597, 1944.
25. Moss, M.L. „The functional matrix concept and its relationship to T.M.J. dysfunction and treatment”, Dent. Clin. North Am., 27: 445-455, 1983.
26. Nordin, M. and Frankel, V.H.: “Chater 4, Biomechanics of the knee, Basic biome-

- chanic of the skeletal system, Phila Lea & Febiger 103-130, 1980.
27. Osborn, J.W.: "The disc of the human temporomandibular joint design, function and failure", *J. Oral Rehabi.*, 12:279-293, 1985.
  28. Page, H.L.: "Lexicograph, hinge opening, hinge closing and centric", *Dent. Digest.*, 61: 17, 1955.
  29. Panjabi, M.M.: "Centres and angles of rotation of body joint: a study of error and optimization"; *J. Biomech.*, 12:911-920, 1979.
  30. Panjabi, M.M. and Goel, V.K.: Errors in kinematic parameters of a planar joint; guidelines for optimal experimental design, *J. Biomech.*, 15: 537-544, 1982.
  31. Panjabi, M.M., Goel, V.K., Wlatter, S.D., and Schick, S.: "Error in the center and angle of rotation of a joint and experimental study", *J. Biomech.*, 14:232-237, 1982.
  32. Preston, J.D.: "A reassessment of the mandibular transverse horizontal axis theory", *J. prosth. Dent.*, 41: 5050513, 1979.
  33. Sicher, H.: "Functional anatomy of the temporomandibular articulation (Abstr.)", *J. Dent. Res.*, 16: 339-340, 1937.
  34. Shanahan, T.E.J. and Leff, A.: "Mandibular and articulator movements" *J. Prosth. Dent.*, 8: 945-949, 1959.
  35. Smith, R.J.: "Functions of condylar translation in human mandibular movement", *Am. J. Orthod.*, 88:191-202, 1985.
  36. Soundan, K., Andekerke, R.B. and Marten, M.: "Method, difficulties and inaccuracies in the study of human joint kinematics and pathokinematics by the instant axis concept, Example: the knee joint", *J. Biomech.*, 12, 27-31, 1979.
  37. Van Langelann, E.J.: "A kinematical analysis of the tarsal joint: A x-ray photogrammetry study", *Acta Orthop. Scand. Supply* 204, 24, 1985.
  38. Vincelli, J.: Chater 15, Concept of normal (correct) temporomandibular joint anatomy and temporomandibular function, 733-734, Cited from Max Kornfeld: Vol. two, Mouth rehabilitation, The C.V. Mosby Company, 1974.
  39. Winstanley, R.B.: "The hinge-axis: a review of the literature", *J. Oral Rehabi.*, 12: 135-159, 1985.
  40. Woltring, H.J., Huiskes, R. and Delange, A.: "Finite centroid and helical axis estimation from noisy landmark measurements in the study of human joint kinematics", *J. Biomech.*, 18: 5, 379-389, 1985.

— Abstract —

**A Study on the Determination of Instantaneous Centre of  
Rotation and the Mandibular Movement.**

**Kim, Cheong-Kyu, D.D.S., M.S.D., Kang, Dong-Wan, D.D.S., M.S.D.,  
Chung, Chae-Heon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.**

*Department of Prosthodontics, School of Dentistry Chosun University.*

Recently the instantaneous centre concept has been used to understand the biomechanics by which a tissue derangement causes a mechanical derangement in temporomandibular joint.

In this study, four male subjects without temporomandibular joint disorder and malocclusion were selected for the determination of the instantaneous centre of rotation (I.C.R) in the mandibular movement. The habitual opening and closing paths were recorded on the sagittal plate by two spring pencils attached on the lower anterior teeth which was designed for this study, and the I.C.R. was calculated by the computer program of Rouleaux's method. Also the computer graphic opening and closing movements of mandible were obtained according to the determined I.C.R. The results obtained from this study were as follows.

1. The instantaneous centres of rotation were not positioned within the condyle in the mandibular opening and closing movement.
2. There was some similarity between the anatomical curvature of the articular eminence and the movement pattern of condyle.
3. The opening path and the closing path of the most superior point of the condyle showed a slight difference.
4. At the early stage of the habitual opening movement, the condyle was moved downward.
5. The opening and closing mandibular movements were simulated by the instantaneous centre of rotation which was determined by the computer program of Rouleaux's method.