顎路の立体的運動野に関する研究

九州歯科大学大学院歯学研究科第1補綴学専攻(指導: 豊田静夫教授)

久保田 晴 一

(本論文の要旨は, 昭和49年5月26日の第34回九州歯科学会総会, 昭和49年11月16日の第61回日本補綴学会総会, 昭和50年5月24日の第35回九州歯科学会総会において発表した.)

Study on the Three-dimensional Movement of the Condyle Path

By

Seiichi Kubota

First Department of Prosthetic Dentistry (Director: Prof. Shizuo Toyoda)

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

The purpose of this report is to make clear the three dimensional movement of the condyle.

The author investigated lateral movements of the center (point C), frontside edge 5 mm (point F), backside edge 5 mm (point B), inside edge 5 mm (point I), and outside edge 5 mm (point O) of the condyle on the horizontal plane by using Dénar Pantograph tracing and roentogenogram.

Subject was male in age from 23 to 27 years.

The results were as follows.

- 1) The major diameter of the condyle was 19.9 ± 0.54 mm at the right side, 19.5 ± 0.45 mm at the left side and the average value was 19.7 ± 0.34 mm.
- 2) The distances from facial surface to outside edge and center of the condyle were about 11.4 mm and 21.3 mm respectively.
- 3) The working side condyle had a complex movement involved rotation and sliding. The displacement and direction had a considerable variation on a case-by-case basis.
- 4) At the working side condyle center, the displacement was 1.4 mm on the horizontal plane and 1.9 mm on the frontal plane.
- 5) On the horizontal working side plane, the displacement decreased in order of point F, O, I, C and B.
- 6) 48 per cent in point C of 28 subject was moved outward and backward on horizontal working side plane, 32 per cent outward and forward and 20 per cent outward on the same plane.
- 7) The movement area of the working side condyle was $-66.5 \sim 88.5^\circ$ (total 152°) at the right side and $-46.5 \sim 74^\circ$ (total 120.5°) at the left side on the horizontal plane.

On the frontal plane, the movement area was $-54 \sim 60^\circ$ (total 114°).

- 8) The balancing side condyle was moved downward, forward and midward in all cases.

- 9) In balancing side, the displacement of the condyle center was 3.8 mm in the average and the Bennett angle was 8.8° at the right side and 12.7° at the left side and the average was 10.8° on the horizontal plane.

On the frontal plane, the average of the displacement of the condyle center was 3.2 mm.

- 10) The Bennett angle and the curvature of the condyle path was closely associated with the displacement of the working side condyle.
- 11) The displacement and the angle of the condyle path by using clutch differed slightly from those by using schiene on the horizontal plane.

On the frontal plane, they had apearant differences.

A 諸 言

歯科補綴学の分野において咬合は重要な課題であり、その目的の1つである咀嚼という機能を通じて咬合を考えた時、第1の要素として下顎骨の運動があげられる。

顎運動に対する研究の歴史は古く、補綴学における必要性、すなわち顎運動の機械的再現性の要求のため、咬合器とともに発展してきた¹⁾。

現在においては平衡側顎頭の動きはおよそ明らかにされているが、作業側の動きには種々の説があり、いまだ明確にはされていない。

一般に、Bennett 運動と称してわずかではあるが作業側顎頭が下顎窩の外側方への傾斜にそって、外側方で前方へ移動する結果、下顎骨全体がわずかに外方へ移動する²⁾、といわれている。

しかし、顎関節の構造上、これを明視することができず、これが研究方法上の大きな障害となっている。

したがって屍体を対象とする以外、下顎顎頭の運動様相は間接的な実験方法をとらざるをえない。

まず最初に、人間の顎がいかに関動かということをはじめて生体で測定したのは、Luce (1889)³⁾の業績である。

その後、顎路傾斜角の測定を行なった Walker (1896)⁴⁾、顎頭と切歯点との運動時の対応関係を測定した Ulrich (1896)⁵⁾、下顎運動の口内描記法を行なった Hess (1897)⁶⁾、Bennett 運動の名前で有名な Bennett (1908)⁷⁾、顔弓および咬合器装着の術式を発表した Snow (1900)⁸⁾、チェックバイトによる顎路測定法への緒を作った Christensen (1901)⁹⁾、へと受けつがれ Gysi (1926)¹⁰⁾によって1つの体系へとまとめあげられるのである。

その後、鶴養 (1953)^{11)~12)}、Posselt (1957)¹³⁾、に

よるチェックバイトを用いての測定、佐久間 (1959)¹⁴⁾、末次 (1961)¹⁵⁾によるマルチフラッシュ装置を用いての研究、加藤 (1960)¹⁶⁾による点光源ストロボを用いる方法、Chick (1960)¹⁷⁾、Shanahan (1959)¹⁸⁾、らによる写真および作図法を用いる方法、Hickey (1963)¹⁹⁾、Schweitzer (1961)²⁰⁾らによる映画法、Isacson (1958)²¹⁾、Aull (1965)²²⁾、Clayton (1971)²³⁾、Moberg (1973)²⁴⁾、真柳 (1970)²⁵⁾、Le Pera (1967)²⁶⁾の pantograph 法、Thompson (1941)²⁷⁾、蓮見 (1974)²⁸⁾の行なったレントゲンによる方法、Lundeen (1973)²⁹⁾の行なった Lee (1969)³⁰⁾の咬合器を使ってプラスチックブロックに運動路を削り込む方法、Landa (1958)³¹⁾、大石 (1967)³²⁾、川畑 (1971)³³⁾の行なった屍体を用いた解剖学的方法、などにより2次元的な下顎頭（以下顎頭と称する）の動きから作業側顎頭の3次元的な研究へと移行してきている。

しかし、作業側の運動について定量的に研究したものは少なく、定性的な研究が大多数をしめている。

そこで著者は3枚のレントゲンフィルムと Dénar-pantograph および3次元読取顕微鏡を用いて水平面、前頭面における顎頭の側方滑走運動を定量的に測定した。

B 研究方法

有歯顎被験者において、左右2枚の側貌頭部X線規格写真および1枚の後前撮影法による写真をもとにして顎頭の中心の位置をもとめ、その点を基準点としてDénar-pantograph を用いて立体的に求められた描記路より作図法を行なって顎頭中心点を含む顎頭の内外前後点の運動野を求めた。

1. 撮影方法

被験者の皮フ上に Dénar の Reference Plane Lo-

cator を利用して、平均的な Hinge point を求め、そこに直径 5 mm のスチール製ボール・ベアリングを貼布し、逆タウン法により 30° の角度で中心咬合位における後前撮影を行ない、そのフィルムにより左右的にみた顎頭の最外側点、中心点および最内側点と皮フまでの距離を計測した。

さらに中心咬合位による左右 2 枚の側貌頭部 X 線規格写真を撮影し、そのフィルムを利用して前後的なボール・ベアリングと顎頭中心点との位置の誤差を修正した。

X 線撮影条件は次にしめすとおりである。

- ・後前撮影用スカルマシーン (図 1)

図 1 スカルマシーンにて撮影

焦点フィルム間距離	: 84cm
管電圧	: 80Kvp
管電流	: 100mA
露出	: 0.4 sec
リスホルムブレンデ	: グリッド比 6 : 1
増感紙	: 極光 F. S.
フィルム	: FUJI. RX-L

- ・側貌頭部 X 線規格写真 (図 2)

焦点フィルム間距離	: 240cm
フィルム顔面正中間距離	: 12cm
管電圧	: 78Kvp
管電流	: 200mA
露出	: 0.2 sec
リスホルムブレンデ	: グリッド比 6 : 1
増感紙	: 極光, H. S.
フィルム	: FUJI, RX-L

2. フィルム上における計算方法

フィルム上に撮影された顎頭は拡大されて写っているので³⁴⁾、真の顎頭の大きさ、顔面皮フ外側点—顎頭外側点間距離、顔面皮フ外側点—顎頭中心点間距離を求めため図 3～6、および表 1 にしめすような計算式を用

いた。

図 2 X 線頭部規格写真にて撮影

図 3 顔面皮フ外側点より顎頭外側点までの距離を求める計算式

- A : フィルム上の顎頭外側点より皮フ外側点までの距離
- A₁ : 真の顎頭外側点より皮フ外側点までの距離
- B : 皮フ上に貼布したボール・ベアリング

B_1 : 顎頭中心点に補正したボール・ベアリング

x_1 : 照射筒より 皮フ上に貼布したボール・ベアリングまでの距離

x_2 : レントゲンセファロ上で補正した $B-B_1$ 間の距離

x_3 : $x_1 + x_2$

F : x 線の焦点間距離

C : 顎頭

以上より x_1 は $F : B_2 = x_1 : B$

$$x_1 = \frac{F \times B}{B_2} \text{ となる}$$

図4 レントゲンセファロによる補正法 (矢状面よりみた図)

B_0 : フィルム上に写ったボール・ベアリングの大きさ

B : 真のボール・ベアリングの大きさ

x_2 : 真のボール・ベアリングの中心より 顎頭中心点までの距離

x_0 : フィルム上におけるボール・ベアリングの中心より 顎頭中心点までの距離

$$B : B_0 = x_2 : x_0 \quad x_2 = \frac{B \times x_0}{B_0}$$

ゆえに、顎頭中心点におけるボール・ベアリングの大きさ B_1 は

$$x_3 : B_1 = x_1 : B \quad B_1 = \frac{x_3 \times B}{x_1}$$

以上の結果より顎頭外側点より皮フ外側点までの距離は、

$$A : B_2 = A_1 : B_1 \quad A_1 = \frac{A \times B_1}{B_2}$$

※(ボールの拡大率と顎頭の拡大率の相違は、フィルム焦点間距離が大きいので無視した。)

図5 顎頭中心点より皮フ外側点までの距離を求める計算式 (前頭面よりみた図)

D_1 : 顎頭外側点でのボール・ベアリングの拡大率

D_2 : 顎頭中心点でのボール・ベアリングの拡大率

x_4 : フィルム上でのボールの中心より顎頭外側点でのボール・ベアリングの中心までの距離

x_5 : フィルム上でのボールの中心より顎頭中心点でのボール・ベアリングの中心までの距離

以上により

$$x_4 : D_1 = x_5 : D_2 \quad D_2 = \frac{D_1 \times x_5}{x_4}$$

E : フィルム上の顎頭中心点より皮フ外側点までの距離

B_2 : フィルム上に写ったボール・ベアリングの大きさ

E_1 : 真の顎頭中心点より皮フ外側点までの距離

$$E : B_2 = E_1 : (B \pm D_2)$$

$$E_1 = \frac{E \times (B \pm D_2)}{B_2}$$

図6 顎頭内側点より皮フ内側点までの距離を求める計算式 (前頭面よりみた図)

G : フィルム上での顎頭内側点より皮フ外側点までの距離

G_1 : 真の顎頭内側点より皮フ外側点までの距離

D_1 : 顎頭外側点でのボール・ベアリングの拡大率

D_3 : 顎頭内側点でのボール・ベアリングの拡大率

x_4 : フィルムでのボール・ベアリングの中心より顎頭外側点でのボール・ベアリングの中心までの距離

x_6 : フィルム上でのボール・ベアリングの中心より顎頭内側点でのボール・ベアリングの中心までの距離

以上により

$$x_4 : D_1 = x_6 : D_3 \quad D_3 = \frac{D_1 \times x_6}{x_4}$$

ゆえに顎頭内側点より皮フ外側点までの距離は、

$$G : B_2 = G_1 : (B \pm D_3) \quad G_1 = \frac{G \times (B \pm D_3)}{B_2}$$

表1 X線フィルム上における顔面皮フ外側点より顎頭各点までの距離の算出方法

I 顎頭最突出点より皮フまでの距離

$$A_1 = \frac{A \times B_1}{B_2}$$

II 顎頭中心点より皮フまでの距離

$$E_1 = \frac{E \times (B \pm D_2)}{B_2}$$

III 顎頭最内側点より皮フまでの距離

$$G_1 = \frac{G \times (B \pm D_3)}{B_2}$$

なおトレースには、桜井社製スタートレーシング・ペーパーを用い、三豊製1級ノギス（1/50mm副尺付）を使用し計測を行なった。

なお計測は5回行ないその平均値を計測値とした。

計算にはカシオ社の電子式卓上計算機 Model fx-1を使用した。

3. 側方滑走運動の記録法

側方滑走運動の記録装置として Dénar-pantograph³⁵⁾を使用した（図7）。

図7 Dénar-pantograph にて側方運動の記録

歯科用治療椅子にかけさせた被験者にクラッチを使用して、先に撮影した2枚の規格写真により顎頭を中心点を確認し、その点に pantograph の hinge axis pins が一致するように pantograph を装着した。

その後、Guichet の方法³⁶⁾にしたがって pantograph の記録を行なった。

下顎の pantograph の前方部に基準平面指導棒を装着して、この指導棒の先端を前方基準点として左右顎頭部の hinge axis pins とによりカンペル平面を設定して基準平面とした。

4. 側方滑走運動の測定法

Dénar の咬合器に pantograph を装着して、3次元読取顕微鏡により測定した（図8）。

図8 3次元読取顕微鏡での測定

測定点には左右顎頭部の hinge axis pins 先端と前方部に設けた基準平面指導棒先端を用いた。

測定に使用した3次元読取顕微鏡は、中村製作所製の PRM-3XYZ で、鏡筒の先端部に光路変更アダプターを内蔵して垂直方向の記録板が読み取れるように改良したものをを用いた。

なお計測は各5回行ない、その算術平均を用いた。

カンペル平面を基準面とした作図を行なうためには、pantograph の後方記録板がカンペル平面と平行でないため pantograph の後方記録板からの測定値を以下の方法により基準面への変換を行なった。

① 測定点の座標変換

pantograph 上の測定点の位置は、3次元読取顕微鏡により、座標系 (O-XYZ) において測定されるが、カンペル平面を基準面とした新たな座標系 (O- $\hat{X}\hat{Y}\hat{Z}$) に、その値を変換しなければならない。

そのために、左側の hinge axis pins を原点 (o, o, o) として、右側の hinge axis pins の座標を (a, b, c)、前方基準点の座標を (d, e, f) とし、 $\vec{OX}$, $\vec{OY}$, $\vec{OZ}$ の O- $\hat{X}\hat{Y}\hat{Z}$ による方向余弦 (λ_1, μ_1, ν_1), (λ_2, μ_2, ν_2), (λ_3, μ_3, ν_3) を求め、ついで直交軸の回転の公式を応用して図9の計算式により計算を行なった。

以上の計算式により求められた左右後方記録板の描記

図9—1 座標変換の計算式

新座標軸 ox', oy', oz' の旧座標軸に関する方向余弦を

	x'	y'	z'
x	λ_1	λ_2	λ_3
y	μ_1	μ_2	μ_3
z	ν_1	ν_2	ν_3

とすれば

旧座標軸の新座標軸に関する方向余弦は、それぞれ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \nu_1, \nu_2, \nu_3$ である。

したがって

$$\begin{cases} \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 = 1 \\ \mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2 = 1 \\ \nu_1^2 + \nu_2^2 + \nu_3^2 = 1 \\ \mu_1 \cdot \nu_1 + \mu_2 \cdot \nu_2 + \mu_3 \cdot \nu_3 = 0 \\ \nu_1 \cdot \lambda_1 + \nu_2 \cdot \lambda_2 + \nu_3 \cdot \lambda_3 = 0 \\ \lambda_1 \cdot \mu_1 + \lambda_2 \cdot \mu_2 + \lambda_3 \cdot \mu_3 = 0 \end{cases}$$

である。この軸の方向を与える方向余弦の満足する関係式を利用すれば

$$\begin{cases} x' = \lambda_1 \cdot x + \mu_1 \cdot y + \nu_1 \cdot z \\ y' = \lambda_2 \cdot x + \mu_2 \cdot y + \nu_2 \cdot z \\ z' = \lambda_3 \cdot x + \mu_3 \cdot y + \nu_3 \cdot z \end{cases}$$

となる。

路と3枚のレントゲン写真により求められた顆頭の位置をもとにして作図を行なった。

まずグラフ用紙上に描記路と顆頭とを2倍に拡大して描記し、ついでトレーシング・フィルムを顆頭の内外5点を含み、その両端が左右の描記路の中心点と一致する大きさの台形に切断した(図10)。

図10 顆頭中心点および周囲点の作図

切断したトレーシング・フィルムを左右の描記路の対応する点に一致させ、左右顆頭点の内外5カ所、計10カ所の動きを作図した(図11)。

図11 水平面における顆頭の運動

顎頭内外の5点は、X線写真により解剖学的中心点、左右突出端より5mm、及び上下突出端より5mmそれぞれ離れた点を選んだ。

その拡大図を図12にしめす。

図12 水平面における左側顎頭の動きの拡大図

作図を行なうのにトレーシング・フィルムを用いたのは、任意の形に切断するのが容易であること、ペーパーとは異なり温度と湿度による影響をうけにくいというためである。

次に水平面の描記路と矢状面の描記路とを合成して前頭面の描記路を得た(図13)。

その描記路をもとにして水平面の場合と同様の作図を行なった(図14)。

こうして得た顎頭中心点及びその周囲各点の描記路をNikon社製万能投影機により10倍に拡大し、コクヨ社のトレース方眼紙にトレースを行なった。

トレースを行なった描記路は分度器及び三豊製1級ノギス(1/50mm副尺付)にて計測した。

図13 前頭面描記路を得るための作図法

なお作図及びトレースは3回ずつ行ない、その平均値をとった。

計算式の算出方法は真柳²⁵⁾の方法に準じて行なった。

5. 計測精度の検定

X線の拡大率が重要な問題となるので、あらかじめ大きさのわかっている直径10mmのボール・ベアリングを前後左右に10mmの等間隔で10個ずつならべ、被験者に対して行なうのと同じ条件で撮影を行なった。

X線フィルム上の像を前述の顎頭の大きさ、顔面皮フ外側点—顎頭間距離を求める計算式で計算を行なった結果、最大0.1mmの誤差であった。

したがって作図法において各測定点の位置が0.1mmの誤差を生じて描記路の形態および長さに与える影響はないと思われる。

6. 被験者

被験者は九州歯科大学職員および学生で23～27才の男性27名である。

いずれも有歯顎で充填物、補綴物はあるが、過去に顎関節の異常を訴えたことのないものを選んだ。

図14 前頭面における顎頭の動き

C 測定結果

上記の研究方法に基づいて計測を行なった結果、以下の様な測定成績を得た。

顎頭長径は表2に示すように20mm前後の形態をしている。

顔面皮フ外側点—顎頭外側点間距離、および顎頭中心点間距離の平均はそれぞれ11.4mm, 21.3mmであった。

運動距離は pantograph 描記路の前方要素が5mmを基準とし、これに対応する各点の運動距離と比較し

表2 顎頭の形態及び顔面皮フ外側点との関係

被験者	顔面外側点—顎頭中心点		顔面外側点—顎頭外側点		顎 頭 長	
	R	L	R	L	R	L
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
No. 1	21.6	22.3	8.4	11.1	25.0	23.7
2	22.6	22.1	13.4	14.8	19.0	17.3
3	20.2	20.8	11.6	10.2	19.0	21.8
4	23.6	27.2	9.6	15.2	27.7	24.3
5	19.3	22.3	11.2	14.1	15.7	16.9
6	21.2	21.0	11.9	12.1	18.2	18.1
7	21.3	18.2	11.5	9.7	19.4	16.3
8	20.0	23.4	11.1	13.8	18.6	19.3
9	18.7	15.8	4.5	7.2	21.7	22.6
10	20.4	17.6	11.0	7.9	18.7	19.3
11	22.2	23.2	12.2	12.5	19.4	21.9
12	18.7	19.7	7.8	9.4	21.3	21.0
13	29.8	26.5	20.3	16.8	19.0	19.8
14	24.3	25.2	13.3	15.6	21.6	19.5
15	24.3	23.8	13.5	13.3	21.6	21.6
16	17.2	19.0	9.3	10.4	16.0	17.9
17	20.4	18.1	9.8	9.9	20.9	17.2
18	25.3	24.6	13.6	14.6	22.8	20.5
19	23.9	23.3	13.0	14.2	21.9	18.7
20	20.0	19.6	9.8	10.9	19.9	17.2
21	20.6	20.3	10.5	11.3	20.3	17.9
22	19.4	18.1	8.2	6.3	21.7	23.4
23	17.9	16.4	7.4	7.7	20.4	17.5
24	22.7	24.9	12.3	15.3	20.5	19.2
25	18.3	19.5	10.6	10.6	15.7	17.7
26	21.9	23.8	12.7	14.9	18.1	18.2
27	17.3	17.5	10.1	9.4	14.4	16.7
最大	29.8	27.2	20.3	16.8	27.7	24.3
最小	17.2	15.8	4.5	6.3	14.4	16.3
平均	21.2	21.3	11.1	11.8	19.9	19.5

た(図15)。

図15 側方顎路角および彎曲度

θ : 第1変曲線Pと終末点Rを結ぶ直線とPを通り前後軸に平行な直線のなす角度

α : 平衡側描記路における左右的な彎曲度

β : 平衡側描記路における前後的な彎曲度

運動範囲は作業側では原点と第1変曲点とを結んだ直線と左右軸とのなす角度 θ_1 、原点と終末点とを結んだ直線と左右軸とのなす角度を θ_2 とし、 $(\theta_2 - \theta_1)$ を運動範囲とした。

水平面においては左右軸より後方を(+)、前方を(-)、前頭面では左右軸より上方を(+)、下方を(-)として角度であらわした(図16・17)。

平衡側では第1変曲点と描記路の終末点とを結んだ直線と前後軸とのなす角度を θ とし、その値を側方顎路角(Bennett角)とした(図15)。

1. 作業側顎頭の運動

a) 水平面の運動

① 顎頭中心点の運動距離

表3のように顎頭前方点および外側点と比較してやや小さく平均で1.4mmの運動距離であった。

左右側とも最大、最小の差は大きく、2.0mmをこえるものが右側で5例、左側で5例、逆に1.0mm以下のものが右側で7例、左側で14例あった。

また作業側の運動距離を平衡側の運動距離と比較する

と、右側で最大58%，最小19%，平均37%，左側で最大71%，最小16%，平均33%であった。

② 顎頭中心点の運動方向

中心点の動きは複雑な曲線をしめすが、原点と終末点とを結んで直線として表わし、左右軸を基準としてその

図16 水平面作業側運動範囲

θ_1 : 原点Oと第1変曲点を結んだ直線のなす角度
 θ_2 : 原点Oと終末点を結んだ直線のなす角度

図17 前頭面における投影角

θ : 平衡側描記路の第1変曲点Pと終末点Sを結んだ直線とPを通り上下軸に平行な直線のなす角度
 θ_1 : 原点Oと第1変曲点Qとを結んだ直線と左右軸とのなす角度
 θ_2 : 原点Oと終末点Rとを結んだ直線と左右軸とのなす角度

方向を決定した。

右側では28例中、外前方5例、外側方7例、外後方16例で、左側では外前方13例、外側方4例、外後方11例であった(表4)。

左右側について調べてみると、左右両側とも外前方へ向かうもの4例、両側とも外側方へ向かうもの3例、両側とも外後方へ向かうもの8例であった。

外前方と外後方の組み合わせが8例、外前方と外側方が2例、外後方と外側方が3例であった(表5)。

表3 水平面顎頭中心点の運動

被験者	作業側		平衡側		側方顎路角		W/B	
	R	L	R	L	R	L	R	L
No. 1	mm	mm	mm	mm	°	°		
1	1.4	1.2	4.1	4.0	11	5	0.29	0.35
2	2.1	2.0	3.9	3.8	12.5	22	0.51	0.55
3	1.0	0.8	3.8	3.2	6	7	0.21	0.31
4	1.2	1.2	3.5	4.0	4.5	9	0.34	0.30
5	1.1	2.1	3.7	3.4	3.5	6.5	0.57	0.32
6	1.7	1.7	4.1	4.0	5	22.5	0.42	0.43
7	1.1	0.8	3.7	4.5	8	13	0.22	0.24
8	1.2	0.9	3.4	3.0	0	9	0.27	0.40
9	1.7	0.8	4.0	3.4	6	19	0.20	0.50
10	1.3	1.2	3.5	3.4	4	13.5	0.34	0.38
11	2.5	2.4	4.4	4.4	16	30	0.55	0.57
12	1.1	0.7	3.7	3.7	6.5	3	0.19	0.30
13	1.8	1.8	3.3	3.5	9	9	0.55	0.40
14	0.7	0.8	3.6	3.2	8.5	8	0.22	0.22
15	1.5	1.7	4.0	3.7	14.5	16.5	0.43	0.41
16	1.5	3.2	4.5	4.0	27	20	0.71	0.38
17	1.2	1.3	4.0	3.7	14	14	0.33	0.32
18	0.9	0.8	3.6	3.7	8.5	17.5	0.22	0.24
19	0.7	1.0	4.1	3.5	-1	12	0.24	0.20
20	1.5	0.6	3.5	3.7	2	11	0.17	0.41
21	0.7	0.9	3.5	3.6	1.5	4.5	0.26	0.19
22	2.0	2.0	3.7	4.0	21	23	0.54	0.50
23	2.2	1.4	3.6	4.3	11.5	15.5	0.39	0.51
24	1.0	0.9	4.1	3.2	6.5	6.5	0.22	0.31
25	1.8	0.8	3.7	4.3	11	11	0.22	0.42
26	2.5	0.6	3.7	4.3	12	12	0.16	0.58
27	0.8	1.1	3.9	3.8	12	5	0.28	0.21
28	1.8	0.8	3.8	3.8	4.5	9.5	0.21	0.47
最大	2.5	3.2	4.5	4.5	27	30	0.71	0.58
最小	0.7	0.6	3.3	3.0	-1	3	0.16	0.19
平均	1.4	1.3	3.8	3.8	8.8	12.7	0.33	0.37

表4 水平面作業側顎頭の動き

	外 前 方		外 側 方		外 後 方	
	R	L	R	L	R	L
前 方 点	5	11	6	8	17	9
中 心 点	5	13	7	4	16	11
外 側 点	4	0	1	3	23	25
内 側 点	19	23	3	2	6	3
後 方 点	6	10	5	4	15	13

※（後方点において右側で 2 cases は後方へ、
左側で 1 case は内前方へ向かった）

表5 水平面作業側顎頭中心点の運動方向

	左右側	左右側	左右側	外前方 と	外前方 と	外側方 と
	外前方	外側方	外後方	外後方	外側方	外後方
顎 頭 中心点	4	3	8	8	2	3
割 合	14%	11%	29%	29%	7%	11%

③ 顎頭中心点の運動範囲

θ_1 , θ_2 を方位角とし, ($\theta_2 - \theta_1$)を運動範囲とした。
方位角は表6でしめすように右側で $-66.5 \sim 85.5^\circ$ (152°), 左側で $-46.5 \sim 74.0^\circ$ (120.5°)であった。

各個人における運動範囲は右側で $4.5 \sim 120.0^\circ$, 平均 25.5° , 左側で $5.5 \sim 72.5^\circ$, 平均 34.6° であった。

ここで運動距離が平均より大の場合と小の場合とについて運動範囲を比較すると, 右側では平均より大の時は 25.1° , 小の時は 25.9° , 左側では大の時は 40.0° , 小の時は 31.6° であった(表7)。

表7 水平面作業側運動距離と運動範囲との関係

	前 方 点		中 心 点		外 側 点		内 側 点		後 方 点	
	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
作業側運動距離が平均よりも大の場合	24.6	33.2	25.1	40.0	20.7	34.3	35.3	45.3	33.4	41.5
作業側運動距離が平均よりも小の場合	24.5	23.4	25.9	31.6	24.1	20.1	41.0	36.5	24.5	47.1
運動範囲の平均値	24.5	26.9	25.5	34.6	22.8	24.7	38.8	39.9	29.0	43.1

表6 水平面作業側顎頭中心点運動範囲

被験者	R			L		
	θ_1	θ_2	範囲	θ_1	θ_2	範囲
No. 1	0	17.0	17.0	0	14.0	14.0
2	39.0	47.0	8.0	8.0	33.0	25.0
3	39.0	68.5	29.5	19.0	58.5	39.5
4	14.5	33.0	18.5	28.5	34.0	5.5
5	30.0	49.0	19.0	10.5	74.0	63.5
6	-12.0	5.0	17.0	11.0	59.0	48.0
7	4.5	42.0	37.5	13.5	30.0	16.5
8	55.0	85.5	30.5	-22.0	23.0	45.0
9	51.5	58.5	4.5	-19.0	53.5	72.5
10	32.0	54.0	22.0	-37.0	4.0	41.0
11	0	22.0	22.0	1.0	53.0	52.0
12	29.0	64.5	35.0	0	21.5	21.5
13	-66.5	53.5	120.0	4.5	58.0	53.5
14	43.0		0	-26.0	-9.0	17.0
15	11.0	46.0	35.0	-5.0	14.0	19.0
16	12.5	37.0	24.5	8.0	33.0	25.0
17	21.0	32.0	11.0	-7.0	12.0	19.0
18	-20.0	-0.5	19.5	-22.0	4.5	26.5
19	10.0	18.0	8.0	-46.5	20.0	66.5
20	31.0	38.5	7.5	-13.0	28.0	41.0
21	0	48.0	48.0	-17.5	-0.5	17.0
22	0	29.0	29.0	-40.5	20.0	60.5
23	21.5	39.0	17.5	19.0	53.0	34.0
24	-54.0	-5.0	49.0	17.0	50.5	33.5
25	-27.0	-8.0	19.0	-39.0	-22.0	17.0
26	-18.0	6.0	24.0	-15.0	52.0	67.0
27	-47.0	-12.0	35.0	-30.0	-20.5	9.5
28	-2.0	5.0	7.0	3.0	21.0	18.0
最 大	85.5	120.0		74		72.5
最 小	-66.5	0		-46.5		5.5
平 均		25.5				34.6

(°)

④ 顆頭前, 後, 内, 外点の運動の距離

表8でしめすように, 前方点, 外側点, 内側点, 後方点の順序で運動距離は小さくなっている.

その大きさは1.1~1.6mmである.

なお, 56顆頭の前, 後, 内, 外の5カ所, 計280カ所の計測の結果, 最大値3.5mm, 最小値0.3mm, 平均値1.4mmであった.

⑤ 顆頭前, 後, 内, 外点の運動方向

前方点においては外前方に向かう例が右側で5例, 左

側で11例, 全体に対する割合29%, 外側方にむかう例は右側で6例, 左側で8例, 割合は25%, 外後方にむかう例は右側17例, 左側9例で割合は46%であり, 外側点においては外前方は右側4例, 左側0で7%, 外側方は右側1例, 左側3例で7%, 外後方は右側23例, 左側25例で86%, 内側点においては外前方は右側19例, 左側23例で75%, 外側方は右側3例, 左側2例で9%, 外後方は右側6例, 左側3例で16%, 後方点においては外前方は右側6例, 左側10例で29%, 外側方は右側5例, 左側4例で16%, 外後方は右側15例, 左側13例で50%であった.

なお後方点においては, 後方にのみ動くもの2例, 内側前方に動くもの1例があった(表9).

表8 水平面作業側顆頭周囲点の運動

被験者	前 方 点		外 側 点		内 側 点		後 方 点	
	R	L	R	L	R	L	R	L
No. 1	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2	1.8	1.4	1.6	1.2	1.8	1.7	1.3	1.1
3	2.3	2.3	2.4	2.2	1.7	1.8	2.0	1.8
4	1.0	1.2	1.1	1.2	0.7	1.1	0.8	0.6
5	1.3	1.5	1.3	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1
6	1.4	2.1	1.2	2.0	1.3	2.1	0.6	1.7
7	1.8	2.0	1.5	1.8	1.5	1.9	1.2	1.8
8	1.3	1.2	1.4	1.1	0.8	0.7	1.0	0.5
9	1.6	1.0	1.5	0.8	1.3	1.1	0.8	0.8
10	2.0	1.1	2.3	0.9	1.4	1.2	1.5	0.7
11	1.5	1.4	1.5	1.1	1.3	1.5	0.9	1.1
12	3.0	2.7	2.6	2.7	2.5	2.5	2.2	2.1
13	1.4	1.0	1.3	1.0	1.0	0.7	0.7	0.5
14	1.9	1.8	1.5	1.9	2.0	1.7	1.8	1.1
15	1.0	1.2	0.6	0.8	0.7	1.2	0.3	0.5
16	1.6	2.0	1.6	1.8	1.4	1.6	1.0	1.4
17	1.8	3.5	1.5	3.0	1.9	3.1	1.2	2.8
18	1.6	1.6	1.5	1.2	1.3	1.6	1.0	1.1
19	1.2	1.0	1.0	0.8	1.0	0.9	0.6	0.5
20	1.1	1.1	1.1	0.7	1.0	1.3	0.5	0.9
21	2.1	1.0	1.9	0.6	1.3	0.8	1.4	0.5
22	0.9	1.1	0.8	0.7	1.0	0.9	0.5	0.5
23	2.4	2.3	2.1	2.3	2.2	1.9	1.7	1.6
24	2.4	1.6	2.3	1.4	2.1	1.3	2.0	1.2
25	1.3	1.1	1.2	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9
26	2.1	1.1	1.9	0.7	2.1	1.1	1.7	0.5
27	2.9	0.7	2.5	0.6	2.6	0.8	2.3	0.4
28	1.0	1.4	0.6	1.0	1.2	1.3	0.7	0.9
29	1.9	1.1	1.8	1.0	1.9	0.9	1.6	0.4
最 大	3.0	3.5	2.6	3.0	2.6	3.1	2.3	2.8
最 小	0.9	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.3	0.4
平 均	1.7	1.5	1.6	1.3	1.5	1.4	1.2	1.1

表9 顆頭周囲点の運動方向

		外 前 方		外 側 方		外 後 方	
前方点	R L	5 11	29%	6 8	25%	17 9	46%
外側点	R L	4 0	7%	1 3	7%	23 25	86%
内側点	R L	19 23	75%	3 2	9%	6 3	16%
後方点	R L	6 10	29%	5 4	16%	15 13	50%

※後方点において後方2例, 内前方1例があった.

⑥ 顆頭前, 後, 内, 外点の運動範囲

表10にしめすように方位角, 運動範囲ともに最大と最小の差が著しく大きい.

前方点において運動範囲の平均は右側で24.5°, 作業側の運動距離が平均より大の場合の運動範囲は24.6°, 小の場合は24.5°, 左側では平均27.3°, 運動距離大の時は33.2°, 小の時は23.4°であった.

外側点においては右側平均22.8°, 運動距離大の時は20.7°, 小の時24.1°, 左側平均24.7°, 運動距離大の時は34.3°, 小の時は20.1°であった.

内側点においては右側平均38.8°, 運動距離大の時は35.3°, 小の時は41°, 左側平均39.9°, 運動距離大の時は45.3°, 小の時36.5°であった.

後方点においては右側平均29°, 運動距離大の時は33.4°, 小の時は24.5°, 左側平均43.1°, 運動距離大の時41.5°, 小の時は47.1°であった(表7).

b) 前頭面の運動

pantographの描記で得た水平面と矢状面とを作図法

表10—1 水平面作業側頭周囲点運動範圍

被験者	前 方 点		外 側 点	
	R	L	R	L
No. 1	(12.5°) 0 ° ~ 12.5°	(9.5°) 0 ° ~ 9.5°	(33.0°) 0 ° ~ 33.0°	(21.5°) 11.0° ~ 32.5°
2	(0) 41.0 ~	(18.0) 9.0 ~ 27.0	(5.0) 53.0 ~ 58.0	(31.5) 16.0 ~ 47.5
3	(14.5) 36.5 ~ 51.0	(33.0) 0 ~ 33.0	(3.5) 66.0 ~ 69.5	(23.0) 36.5 ~ 59.5
4	(16.5) 13.5 ~ 30.0	(5.0) 24.0 ~ 29.0	(29.5) 16.5 ~ 46.0	(26.5) 24.0 ~ 50.5
5	(25.0) 21.0 ~ 46.0	(48.5) 10.5 ~ 59.0	(17.5) 42.5 ~ 60.0	(21.5) 46.5 ~ 68.0
6	(12.5) -6.0 ~ 6.5	(56.5) 4.0 ~ 60.5	(10.0) 11.0 ~ 21.0	(39.0) 32.0 ~ 71.0
7	(20.0) 8.0 ~ 28.0	(10.5) 4.5 ~ 15.0	(24.0) 34.0 ~ 60.0	(21.0) 37.0 ~ 58.0
8	(40.0) 38.0 ~ 78.0	(29.0) -9.0 ~ 20.0	(30.0) 60.0 ~ 90.0	(12.0) 51.0 ~ 63.0
9	(21.0) 44.0 ~ 65.0	(55.0) -4.0 ~ 51.0	(12.0) 61.5 ~ 73.5	(24.0) 47.0 ~ 71.0
10	(19.5) 28.0 ~ 47.5	(39.5) -27.5 ~ 12.0	(9.5) 53.5 ~ 63.0	(30.0) 4.0 ~ 34.0
11	(34.5) 0 ~ 34.5	(70.0) 0 ~ 70.0	(16.5) 12.0 ~ 28.5	(36.0) 10.0 ~ 46.0
12	(35.5) 22.0 ~ 57.5	(14.0) 0 ~ 14.0	(13.5) 48.5 ~ 62.0	(25.0) 25.0 ~ 50.0
13	(99.0) -56.0 ~ 43.0	(14.0) -4.5 ~ 9.5	(116.5) -60.0 ~ 56.5	(46.0) 25.0 ~ 71.0
14	(27.5) 31.5 ~ 59.0	(9.0) -20.5 ~ -11.5	(6.5) 56.5 ~ 63.0	(12.0) 0 ~ 12.0
15	(23.5) 16.5 ~ 40.0	(26.0) -6.0 ~ 20.0	(39.0) 37.0 ~ 76.0	(37.5) 3.0 ~ 40.5
16	(28.0) 10.5 ~ 38.5	(23.5) 7.0 ~ 30.5	(15.0) 31.0 ~ 46.0	(21.0) 18.0 ~ 39.0
17	(12.5) 9.5 ~ 22.0	(15.5) -6.0 ~ 9.5	(2.5) 39.0 ~ 41.5	(6.5) 16.0 ~ 22.5
18	(21.0) -18.5 ~ 2.5	(33.0) -14.0 ~ 19.0	(20.0) 11.0 ~ 31.0	(15.0) 31.0 ~ 46.0
19	(11.5) 6.5 ~ 18.0	(45.5) -34.5 ~ 11.0	(7.0) 37.5 ~ 44.5	(23.0) 5.0 ~ 28.0
20	(9.5) 24.5 ~ 34.0	(29.0) -11.5 ~ 17.5	(14.5) 38.5 ~ 53.0	(16.0) 25.0 ~ 41.0
21	(33.0) -22.0 ~ 11.0	(13.5) -12.5 ~ 1.0	(12.0) 36.0 ~ 58.0	(15.0) 26.0 ~ 41.0
22	(31.5) 2.5 ~ 34.0	(47.0) -32.0 ~ 15.0	(21.5) 21.0 ~ 42.5	(53.0) -18.0 ~ 35.0
23	(16.0) 21.5 ~ 39.0	(30.0) 12.0 ~ 42.0	(13.0) 31.0 ~ 44.0	(23.0) 36.0 ~ 59.0
24	(47.0) -49.0 ~ -2.0	(32.0) 9.5 ~ 41.5	(74.0) -47.5 ~ 26.5	(15.0) 41.5 ~ 56.5
25	(28.0) -36.0 ~ -8.0	(13.5) -27.0 ~ -13.5	(39.5) -41.5 ~ -2.0	(8.5) 7.0 ~ 15.5
26	(20.0) -14.0 ~ 6.0	(10.0) -20.0 ~ -10.0	(19.5) -7.5 ~ 12.0	(41.0) 20.0 ~ 61.0
27	(20.5) -28.5 ~ -8.0	(5.5) -25.5 ~ -20.0	(19.5) -14.5 ~ 5.0	(22.5) -22.5 ~ 0
28	(7.0) 1.0 ~ 8.0	(17.0) 8.0 ~ 25.0	(14.0) 1.0 ~ 15.0	(24.5) 18.0 ~ 42.5
最 大	99.0	70.0	116.5	53.0
最 小	0	5.0	2.5	6.5
平 均	24.5	26.9	22.8	24.7

() は運動範圍を示す

表10—2 水平面作業側顎頭周囲点運動範囲

被験者	内 側 点		後 方 点	
	R	L	R	L
No. 1	(39.5°) -25.0° ~ 14.5°	(50.5°) -23.5° ~ 27.0°	(33.0°) -11.0° ~ 22.0°	(33.5°) -10.0° ~ 23.5°
2	(6.5) 30.0 ~ 36.5	(12.5) 9.0 ~ 21.5	(11.5) 57.0 ~ 68.5	(37.0) 9.5 ~ 46.5
3	(54.5) -1.5 ~ 53.0	(52.0) -52.0 ~ 0	(15.0) 75.0 ~ 90.0	(0) 40.0 ~
4	(40.5) -30.0 ~ 10.5	(13.0) 6.0 ~ 19.0	(32.0) 11.5 ~ 43.5	(29.5) 25.0 ~ 54.5
5	(39.5) 9.5 ~ 49.0	(86.5) -23.0 ~ 63.5	(0) 53.0 ~	(57.0) 14.0 ~ 71.0
6	(28.0) -22.0 ~ 6.0	(78.5) -16.0 ~ 62.5	(18.5) -9.5 ~ 9.0	(46.5) 29.0 ~ 75.5
7	(23.0) -21.0 ~ 2.0	(11.0) 6.0 ~ 17.0	(34.0) 30.5 ~ 64.5	(19.0) 23.0 ~ 42.0
8	(79.0) 11.0 ~ 90.0	(68.0) 0 ~ 68.0	(14.5) 88.0 ~ 102.5	(187.0) -143.0 ~ 44.0
9	(24.0) 39.0 ~ 63.0	(94.0) -51.0 ~ 43.0	(13.0) 59.0 ~ 72.0	(14.0) 43.0 ~ 57.0
10	(50.0) 5.0 ~ 55.0	(66.5) -57.5 ~ 9.0	(12.0) 51.0 ~ 63.0	(74.0) -56.5 ~ 17.5
11	(29.0) -12.0 ~ 17.0	(58.0) -13.5 ~ 44.5	(42.0) 4.0 ~ 46.0	(63.0) -1.0 ~ 62.0
12	(65.5) -9.5 ~ 56.0	(17.0) -31.0 ~ -14.0	(16.5) 49.5 ~ 66.0	(41.0) 0 ~ 41.0
13	(140.5) -67.0 ~ 73.5	(53.5) -16.5 ~ 37.0	(149.5) -76.0 ~ 73.5	(18.5) 9.0 ~ 27.5
14	(27.5) -65.5 ~ -38.0	(21.0) -53.0 ~ -32.0	(0) 72.5 ~	(24.0) -43.0 ~ -19.0
15	(48.5) -5.0 ~ 43.5	(17.0) -17.0 ~ 0	(28.0) 7.0 ~ 35.0	(36.5) -11.0 ~ 25.5
16	(29.0) -6.0 ~ 23.0	(18.0) 4.0 ~ 22.0	(40.0) 18.0 ~ 58.0	(34.0) 7.0 ~ 41.0
17	(14.0) -10.0 ~ 4.0	(21.0) -30.0 ~ -9.0	(19.5) 18.0 ~ 37.5	(27.0) -18.0 ~ 9.0
18	(11.0) -40.0 ~ -29.0	(21.5) -53.0 ~ -31.5	(29.5) -37.0 ~ -7.5	(59.0) -42.0 ~ 17.0
19	(20.5) -32.5 ~ -12.0	(50.0) -67.0 ~ -17.0	(12.0) 15.5 ~ 27.5	(109.5) -79.0 ~ 30.5
20	(24.5) 10.0 ~ 34.5	(53.0) -60.0 ~ -7.0	(20.0) 30.0 ~ 50.0	(95.0) -65.0 ~ 30.0
21	(109.5) -52.0 ~ 57.5	(25.0) -49.0 ~ -24.0	(48.5) 16.5 ~ 65.0	(26.0) -26.0 ~ 0
22	(37.0) -16.0 ~ 21.0	(36.0) -39.0 ~ -3.0	(34.5) 7.0 ~ 41.5	(55.0) -33.0 ~ 22.0
23	(23.0) 7.0 ~ 30.0	(45.0) -2.0 ~ 43.0	(17.5) 23.5 ~ 41.0	(28.5) 23.0 ~ 51.5
24	(34.5) -66.0 ~ -31.5	(83.0) -49.0 ~ 34.0	(69.0) -71.0 ~ -2.0	(38.0) 14.5 ~ 52.5
25	(22.5) -39.0 ~ -16.5	(17.0) -55.0 ~ -38.0	(27.0) -37.0 ~ -10.0	(18.0) -45.0 ~ -27.0
26	(21.0) -25.0 ~ -4.0	(0) -41.0 ~	(22.0) -18.0 ~ 4.0	(0) -49.5 ~
27	(31.0) -60.0 ~ -29.0	(10.0) -46.5 ~ -36.5	(44.5) -63.0 ~ -18.5	(14.0) -42.5 ~ -28.5
28	(12.0) -8.0 ~ 4.0	(39.5) -28.5 ~ 11.0	(7.0) 3.0 ~ 10.0	(22.0) 6.0 ~ 28.0
最 大	140.5	94.0	149.5	187.0
最 小	6.5	0	0	0
平 均	38.8	39.9	29.0	43.1

() は運動範囲を示す

により合成して前頭面の記録を得た。

なおこの時、水平、矢状面描記路ともに左右軸に対して原点より5mmまでの長さで作図を行なった。

前頭面の記録については pantograph 後方記録板の位置が顎頭中心点より前後的にみて前方にあるので、合成された記録自体が前後的にみて顎頭中心点にあるとはいいがたいので、水平面における測定点とは一致しない。

ゆえに今回は、水平面と前頭面とを別個に解析した。

表11 前頭面作業側の運動

被験者	運動距離		運動範囲		Panto-graph においての 運動距離		Panto-graph においての 運動範囲	
	R	L	R	L	R	L	R	L
	mm	mm	°	°	mm	mm	°	°
No. 1	2.3	1.3	29.0	36.5	2.2	1.7	8.5	0
2	2.1	1.6	21.5	22.5	2.9	1.6	21.5	0
3	1.7	1.0	12.0	0	1.9	1.0	33.5	0
4	1.5	1.3	17.5	36.0	2.0	1.8	10.0	5.5
5	1.2	1.5	22.5	26.0	1.5	1.6	18.5	13.5
6	2.2	2.6	14.0	27.0	2.2	3.1	9.5	17.0
7	1.8	1.7	35.0	26.0	1.9	2.1	16.0	11.0
8	—	—	—	—	—	—	—	—
9	2.6	1.3	22.0	24.0	3.0	1.7	18.0	12.0
10	1.8	2.0	15.0	30.0	2.0	1.5	18.0	0
11	3.3	3.2	18.0	14.0	3.5	3.0	7.0	11.0
12	1.5	1.6	24.0	11.5	1.5	1.5	8.5	4.5
13	1.2	2.8	28.0	54.0	1.4	2.9	17.0	33.0
14	1.0	1.8	28.5	15.5	2.0	1.9	15.5	21.0
15	2.1	2.1	22.0	21.5	2.0	2.2	0	12.0
16	3.9	2.0	7.5	10.0	3.8	2.2	10	21.5
17	2.4	2.0	14.0	22.0	2.4	1.6	0	11.0
18	1.5	1.3	7.5	41.5	1.9	1.3	0	23.0
19	1.8	1.2	42.0	27.5	1.6	1.4	15.0	25.0
20	1.7	1.5	20.0	33.5	1.7	1.1	9.5	20.0
21	1.2	1.9	51.0	69.5	1.1	1.6	0	19.0
22	2.7	1.8	61.0	17.0	2.5	1.7	38.5	0
23	2.0	1.5	19.0	22.0	2.0	1.4	0	5.5
24	2.1	1.2	31.5	51.0	2.0	1.4	10.0	0
25	1.9	1.7	27.5	5.0	2.0	1.7	10.0	0
26	1.8	1.1	9.5	7.5	2.1	1.5	22.0	0
27	2.0	1.5	17.0	22.0	2.1	1.8	21.5	12.5
28	3.3	1.3	45.0	22.0	3.0	0.8	30.0	13.0
最 大	3.9	3.2	61.0	69.5	3.8	3.0	38.5	33
最 小	1.0	1.0	7.5	0	1.1	0.8	0	0
平 均	2.0	1.7	24.5	25.7	2.2	1.7	13.6	10.8

① 運動距離

表11に示すように1.0~3.9mm, 平均で1.9mmの動きをする。

3.0mm以上の運動距離をしめすものは右側3例, 左側1例であった。

Pantograph の合成図との比較を行なえば, 右側で91%, 左側で100%, 左右側平均で95%であった。

③ 運動方向

前頭面においても単純な直線運動ではなく, 複雑な曲線運動をしめしたが, 描記路の原点と終末点とを直線で結び, それが左右軸に対して上にあるか, 下にあるかによって方向を決めた。

表12に示すように外下方に向かう例が左右側とも最も多く, 外上方, 外側方に向かう例は差がなかった。

また内側に向かう例は1例もなかった。

表12 前頭面作業側運動方向

	中心点		Pantograph 合 成		全体に対する割合	
	R	L	R	L	中心点	合成図
外上方	8	7	24	25	28%	90%
外側方	8	7	3	0	28%	6%
外下方	11	13	0	2	44%	4%

pantograph の合成においては圧倒的に外上方に向かう例が多かった。

左右を比較すると, 左右側とも外上方というのが4例, 外下方7例, 外側方1例で, 残りの15例は左右側が別個の方向への動きをみせた(表13)。

表13 前頭面作業側運動方向の左右側の比較

	左右側 とも 外上方	左右側 とも 外側方	左右側 とも 外下方	外上方 と 外側方	外上方 と 外下方	外側方 と 外下方
中 心 点	4例	1	7	5	2	8
Pantograph 合 成 図	22例	0	0	3	2	0

③ 運動範囲

作業側顎頭の運動路において原点と第1変曲点を結ぶ直線と水平軸とのなす角度を θ_1 , 原点と終末点を結んだ直線と水平軸とのなす角度を θ_2 とし, $(\theta_2 - \theta_1)$ を運動

範囲とした。

70°弱の運動範囲をしめすものから、運動範囲のない直線をしめすものまで多様である。

平均は25.1°であった。

pantograph の合成図では運動範囲が小さく、単純な直線形態をしめすものが多かった（表11）。

II 平衡側顎頭の運動

a) 水平面の運動

① 顎頭中心点の運動距離

表3にしめすように3.0~4.0mm、平均3.8mmの運動距離であった。

pantograph の長さに比較すると、右側で70%、左側で69%であり、また反対側作業側の運動距離と比較すると、右側においては運動距離が平均より大であった場合には3.9mm、平均より小であった場合には3.7mm、左側においては、平均より大の場合が3.9mm、小の場合が3.6mmであった。

② 顎頭中心点の運動方向

平衡側顎頭は前内方に動く。

表3にしめすように、側方顎路角は-1~30.0°。平均10.8°であった。

なお pantograph の側方顎路角は平均15.4°で、中心点の側方顎路角と比較すると143%であった。

反対側作業側の運動距離が平均より大であった場合の側方顎路角は、右側で13.4°、左側で16.1°であり、距離が平均より小であった場合には、右側6.3°、左側9.2°であった。

被験者8は側方顎路角が0となり、被験者19は-1°となった。

この場合の（一）とは、描記路の終末が第1変曲点の前後軸をこえて反対側にいったものをいうので、被験者8の場合は描記路の終末が第1変曲点と同一軸上にあるため、原点と終末点を結んだ場合、角度は5°となった。

被験者19の場合も、描記路の終末が第1変曲点を通る前後軸に平行な直線上よりも反対側にあるために（一）となったもので、原点と終末点を結んだ場合には角度は3.5°となった（図18）。

③ 顎頭中心点の彎曲度

図15において原点0より点Qまでの距離を α とし、点Pより点 θ までの距離を β とした。

右側においては α は最大1.4mm、最小0、平均0.3mm、 β は最大1.3mm、最小0、平均0.5mmであり、反対側作業側の運動距離が平均よりも大の場合の α の平

Case 8

Case 19

図18 被験者8および19における側方顎路角

均は0.5mm、 β の平均は0.6mmであり、平均よりも小である場合の α の平均は0.3mm、 β の平均は0.5mmであった。

左側においては α は最大1.3mm、最小0、平均0.4mm、 β は最大1.1mm、最小0、平均0.5mmであり、反対側作業側の運動距離が平均よりも大の場合の α の平均は0.5mm、 β の平均は0.4mmであり、平均よりも小の場合の α の平均は0.3mm、 β の平均は0.6mmであった（表14・15）。

表16にしめすように、右側において α が最大値の時、反対側作業側の運動距離は2.4mm、 β が最大値の時の運動距離は2.4mmであった。

これは、作業側の運動距離の平均1.3mmに比較すると相当大きな運動距離をしめす。

反対に α 、 β が最小値の時、作業側運動距離は1.2mmであった。

左側においては α が最大値をしめす時、反対側作業側の運動距離は1.8mmであり、これはその平均値1.4mmよりも大きい。

β が最大値をしめす時の作業側の運動距離は0.9mmで平均値よりも小さくなった。

α 、 β が最小値をしめす時の反対側作業側の運動距離は0.9mmであった。

表14でしめすように反対側作業側の運動距離が最大値の時、右側の α は1.0mm、 β は0.7mmであり、左側の場合には反対側作業側の最大値は2例あり、 α は0.7mmと0.4mmで平均は0.6mm、 β は0.5mmと0.6mmで平均は0.6mmであった。

表14 水平面平衡側顆頭中心点の彎曲度と側方顆路角，作業側運動距離との関係

被験者	彎曲度 α		彎曲度 β		作業側運動距離		側方顆路角	
	R	L	R	L	R	L	R	L
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°	°
No. 1	0.6	0.3	0.3	0.1	1.4	1.2	11.0	5.0
2	0.6	0.6	0.4	0.3	2.1	2.0	12.5	22.0
3	0.3	0.1	0.5	0.2	1.0	0.8	6.0	7.0
4	0.5	0.5	0.3	0.2	1.2	1.2	4.5	9.0
5	0.5	0.4	1.0	0.9	1.1	2.1	3.5	6.5
6	0.3	0.5	0.5	0.4	1.7	1.7	5.0	22.5
7	0.3	0.3	0.7	0.7	1.1	0.8	8.0	13.0
8	0.3	0.1	1.0	0.4	1.2	0.9	0	9.0
9	0.3	0.3	0.8	0.3	1.7	0.8	6.0	19.0
10	0.3	0.4	0.7	0.5	1.3	1.2	4.0	13.5
11	1.4	0.7	1.3	0.5	2.5	2.4	16.0	30.0
12	0.4	0.4	1.0	1.1	1.1	0.7	6.5	3.0
13	0.3	0.3	0.8	0.8	1.8	1.8	9.0	9.0
14	0.2	0.2	0.4	1.1	0.7	0.8	8.5	8.0
15	0	0.3	0	0.5	1.5	1.7	14.5	16.5
16	1.0	0.3	0.7	0.3	1.5	3.2	27.0	20.0
17	0.4	0.4	0.8	0.7	1.2	1.3	14.0	14.0
18	0	0	0	0	0.9	0.8	8.5	17.5
19	0.3	0.4	0.7	0.8	0.7	1.0	-1.0	12.0
20	0.2	0.5	0.5	0.4	1.5	0.6	2.0	11.0
21	0.4	0.2	1.0	0.5	0.7	0.9	1.5	4.5
22	0	0.4	0	0.1	2.0	2.0	21.0	23.0
23	0.2	1.0	0.2	0.6	2.2	1.4	11.5	15.5
24	0.4	0.2	0.3	1.0	1.0	0.9	6.5	6.5
25	0	0.5	0	0.5	1.8	0.8	11.0	11.0
26	0	0.4	0	0.6	2.5	0.6	12.0	12.0
27	0.2	0.3	0.4	0.4	0.8	1.1	12.0	5.0
28	0.3	1.3	0.2	0.2	1.8	0.8	4.5	9.5
最大	1.4	1.3	1.3	1.1	2.5	3.2	27.0	30.0
最小	0	0	0	0	0.7	0.6	-1.0	3.0
平均	0.3	0.4	0.5	0.5	1.4	1.3	8.8	12.7

逆に反対側作業側が最小値の場合、右側は2例あり、 α は0.2mmと0で平均は0.1mm、 β は0.5mmと0で平均は0.3mmであった。

左側は最小値が3例あり、 α は0.2mm、0.4mm、0.2mmで平均は0.3mm、 β は1.1mm、0.8mm、0.5mmで平均は0.8mmであった。

④ 顆頭前，後，内，外点の運動距離

表17でしめすように顆頭の周囲点においては2.5～4.9

表15 水平面顆頭中心点における作業側の運動距離と平衡側との関係

	彎曲度 α		彎曲度 β		側方顆路角		平衡側運動距離	
	R	L	R	L	R	L	R	L
mm	mm	mm	mm	mm	°	°	mm	mm
作業側運動距離平均より大の場合	0.5	0.5	0.6	0.4	13.4	16.1	3.9	3.9
作業側運動距離平均より小の場合	0.3	0.3	0.5	0.6	6.3	9.2	3.7	3.6
作業側運動距離平均値の場合	0.3	0.4	0.5	0.5	8.8	12.7	3.8	3.8

表16 作業側運動量と α ， β との関係

(mm)					
		α		β	
		Max	Min	Max	Min
作業側運動距離	R	2.4	1.2	2.4	1.2
	L	1.8	0.9	0.9	0.9

mmまでの運動距離であった。

前方点は中心点の運動距離に比較して103%，外側点は111%，内側点は87%，後方点は97%であった。

以上の結果より顆頭外側点の運動距離が最も大きく、次いで前方点，中心点，後方点，内側点の順序である。

またその運動距離は作業側の運動距離の約2.7倍であった。

⑤ 顆頭前，後，内，外点の運動方向

表18でしめすように平衡側の側方顆路角は-7～35°までの範囲がある。

前述したように側方顆路角が0もしくは（-）であるといっても平衡側の側方顆路が前後軸をこえて動いたというのではなくて、第1変曲点を通る前後軸と平行な直線を平衡側側方顆路の終末点がこえた位置にあるもので、頂点と終末点を結んだ場合には側方顆路角は（+）となる。

側方顆路角は前方点が最も大きく、中心点と比較して145%，次いで内側点が92%，外側点が92%，後方点が最も小さく65%であった。

また平均値においてはいずれも左側の方が大きかった。

表17 水平面平衡側顎頭周囲点の運動

被験者	前方点		外側点		内側点		後方点	
	R	L	R	L	R	L	R	L
No. 1	mm 4.1	mm 4.1	mm 4.6	mm 4.8	mm 3.7	mm 3.7	mm 4.0	mm 4.0
2	4.1	3.8	4.4	4.4	3.3	3.1	3.5	3.6
3	3.8	3.4	4.2	3.7	3.3	2.8	3.7	3.1
4	3.6	4.3	4.2	4.6	3.1	3.5	3.6	4.0
5	3.8	3.3	4.2	3.7	3.3	2.9	3.7	3.3
6	4.2	4.0	4.5	4.2	3.5	3.6	4.0	4.0
7	3.7	4.0	4.2	4.5	3.2	3.6	3.4	3.9
8	3.5	3.1	3.9	3.5	3.0	2.5	3.5	2.9
9	4.2	3.5	4.5	4.0	3.5	2.7	3.9	2.8
10	3.6	3.5	3.9	4.0	3.1	3.0	2.6	3.3
11	4.3	4.6	4.5	4.5	3.9	4.0	4.0	4.3
12	3.8	3.8	4.2	4.2	3.2	3.1	3.7	3.6
13	3.6	3.9	4.0	3.9	2.9	3.1	3.3	3.9
14	3.7	3.3	4.4	3.7	3.4	2.8	3.5	3.2
15	4.1	3.8	4.3	4.1	3.4	3.2	3.9	3.6
16	4.9	4.1	4.9	4.7	3.9	3.5	4.3	3.8
17	4.2	3.8	4.6	4.2	3.5	3.1	4.0	3.5
18	3.7	3.8	4.1	4.1	3.1	3.2	2.9	3.5
19	4.2	3.6	4.6	3.9	3.6	3.0	4.0	3.4
20	3.6	3.9	3.9	4.3	3.0	3.2	3.6	3.7
21	3.7	3.6	4.0	4.1	3.1	3.2	3.4	3.6
22	3.8	4.2	4.1	4.6	3.1	3.5	3.5	3.9
23	3.7	4.5	4.0	4.7	3.2	3.9	3.5	4.2
24	4.1	3.3	4.6	3.6	3.4	3.0	4.0	3.2
25	3.8	4.5	4.0	4.6	3.3	3.9	4.2	4.1
26	3.8	4.7	4.1	4.6	3.4	4.0	3.8	4.1
27	3.9	3.9	4.2	4.3	3.5	3.4	3.8	3.8
28	3.8	4.0	4.2	4.0	3.4	3.5	3.6	3.9
最 大	4.9	4.7	4.9	4.8	3.9	4.0	4.3	4.3
最 小	3.5	3.1	3.9	3.5	2.9	2.5	2.6	2.8
平 均	3.9	3.9	4.3	4.2	3.3	3.3	3.7	3.7

表18 顎頭周囲点の側方顎路角

被験者	前方点		外側点		内側点		後方点	
	R	L	R	L	R	L	R	L
No. 1	° 13.5	° 12	° 12.5	° 7.5	° 10.5	° 10	° 9	° 4.5
2	21.5	28	12	20	17	28.5	4	15
3	9	15	3	7	7	10	1	2
4	12	17	3.5	8	7.5	9.5	0	2
5	7	17	4	7	6	8	2	4
6	9.5	31	1	19.5	3	25	4	18.5
7	12	17	5.5	10.5	9	10	0	8
8	4.5	16.5	3	6	1	10	0	0
9	8.5	23.5	4	17.5	4	23.5	3	12.5
10	6	20	1.5	10	3.5	14.5	2.5	6.5
11	29	32.5	21	31	16	35	15.5	29
12	11	7	7.5	2.5	9	5	1	-3
13	14	14	4	11	9	9	6.5	4.5
14	9	12	6.5	7	6	7	-1	0
15	11.5	23	10.5	14.5	24	22	14	11
16	31	24	35	16	29	25.5	21	17.5
17	17	21.5	12	12.5	11.5	18	6	10.5
18	10	22.5	5	20	9	21	3	15.5
19	4	17	-1.5	10	-2	14	-6	6
20	8	14.5	1	10	2.5	13.5	-7	3.5
21	4.5	10	0	1.5	2	2.5	-3	-3.5
22	27.5	26.5	25	20	24	28	16	18
23	15.5	18	11	14	13.5	16	7.5	12
24	11	13.5	5.5	4	7	6.5	1	6
25	16	13.5	4.5	11	6	13.5	4.5	9
26	17	20	14	13	16	18	6	12
27	17	12	11	5	14.5	6	7.5	1.5
28	10	11	3	9	7	12	-2	1.5
最 大	31	32.5	35	31	29	35	21	29
最 小	4	7	-1.5	1.5	-2	2.5	-7	-3.5
平 均	13.1	18.2	8.0	11.6	9.7	15.1	4.1	8.0

⑥ 顎頭前、後、内、外点の彎曲度

表19でしめすように反対側作業側の運動距離が平均よりも大の場合と小の場合とを比較すると、 α においては各点とも運動距離が平均よりも大の場合の方が値が大きくなっているが、 β においては前方点の左側、外側点の左側、内側点の左側、後方点の左側において運動距離が平均よりも小の場合の方が平均より大の場合を上回っている。

b) 前頭面の運動

① 運動距離

表20でしめすように1.8~4.5mm、平均3.2mmの運動距離であった。

pantograph の合成においては2.1~5.4mm、平均4.0mmであり、顎頭中心点の運動距離と比較すると125%であった。

② 運動方向

表19 作業側の運動と α , β との関係

(mm)					
		反対側作業側平均より大		反対側作業側平均より小	
		α	β	α	β
前方	R	0.6	0.5	0.3	0.5
	L	0.6	0.4	0.4	0.6
中心	R	0.5	0.6	0.3	0.5
	L	0.5	0.4	0.3	0.6
外侧	R	0.4	0.5	0.3	0.5
	L	0.6	0.4	0.3	0.7
内侧	R	0.6	0.5	0.3	0.4
	L	0.6	0.3	0.3	0.4
後方	R	0.3	0.5	0.2	0.5
	L	0.5	0.4	0.2	0.5

前頭面における平衡側顎頭は内側下方にむかう。

平衡側顎路において第1変曲点を通り上下軸に平行な直線をひき、第1変曲点と描記路の終末点を結んだ直線とのなす角度を前頭面投影角とした(図17)。

この投影角は表20に示すように12.0°~63.5°までで、その平均は29.7°であった。

左右側を比較すると角度および運動距離は左側の方が大きかった。

pantograph の合成においては平均は23.8°であり、これは中心点に比較すると約80%である。

Ⅲ クラッチとシーネを用いた場合の比較

被験者1例についてクラッチとシーネの両方を使用して測定を行なった。

シーネは Dénar のクラッチを改良して下顎運動に支障ないように上下顎歯列の咬合面を覆わず、酸化亜鉛ユーシノールセメントにより固定し、Pantograph に連結し、顎頭の中心点を基準として装着した(図19・20・21)。

1. 作業側の運動

a) 水平面について

① 顎頭中心点の運動距離

表21に示すように、クラッチ、シーネ使用例とも右側の運動距離が大きい。

とくにシーネ使用例における右側の運動距離は28例中でも最大値を示した。

逆にシーネ使用例の左側の運動距離は28例中、最小値をしめた。

図22でわかるように右側の平衡側顎路は Guichet (1973)³⁵⁾ のいう progressive side shift であるが、左

表20 前頭面平衡側の運動

被験者	運動距離		前頭面投影角		Panto-graph における運動距離		Panto-graph における前頭面投影角	
	R	L	R	L	R	L	R	L
No. 1	mm	mm	°	°	mm	mm	°	°
1	3.2	4.1	12.0	24.0	4.0	4.8	15.0	21.0
2	2.6	2.7	32.0	41.0	3.1	3.6	21.0	32.0
3	1.8	2.0	32.5	44.0	2.1	2.4	27.0	48.0
4	4.1	3.1	20.5	25.0	4.8	3.8	12.5	20.5
5	3.0	3.1	25.0	16.0	3.4	4.0	21.5	12.0
6	2.9	2.9	36.0	40.0	3.8	3.7	34.0	28.5
7	3.4	2.9	20.5	30.0	4.0	3.7	20.0	28.0
8	—	—	—	—	—	—	—	—
9	2.8	3.8	20.0	39.0	3.7	4.7	18.5	28.0
10	3.3	2.9	15.0	32.0	3.6	3.5	14.0	26.0
11	4.2	4.5	35.0	45.0	4.7	5.3	31.0	36.0
12	4.3	3.7	18.5	22.0	5.4	4.5	15.0	17.0
13	3.7	2.3	38.0	24.0	4.9	3.1	26.0	17.0
14	3.6	2.8	25.0	20.0	4.7	3.8	16.5	15.0
15	3.8	4.2	30.0	25.0	4.8	5.4	23.5	19.5
16	2.4	4.3	54.0	63.5	2.8	4.5	44.0	57.5
17	4.0	4.0	24.0	35.0	5.1	4.8	18.5	25.0
18	2.9	3.7	22.0	23.5	3.9	5.1	17.5	19.0
19	2.2	3.6	29.0	26.0	2.9	4.7	20.5	19.0
20	3.5	3.1	17.0	30.0	4.4	4.0	13.0	22.0
21	3.6	3.0	19.0	15.5	4.3	4.1	16.5	15.0
22	3.8	4.2	35.0	37.0	5.0	5.1	25.0	23.0
23	2.3	2.7	30.0	43.5	2.9	3.1	27.5	35.0
24	2.8	2.7	18.5	46.0	3.8	3.4	13.5	34.0
25	2.4	3.2	38.5	23.5	2.9	3.9	33.0	15.0
26	3.1	2.7	20.0	31.0	4.5	3.4	14.0	24.0
27	2.7	2.7	27.0	47.0	3.6	3.2	20.0	39.0
28	3.3	3.3	16.0	43.0	4.2	4.5	14.0	37.0
最大	4.3	4.5	54.0	63.5	5.4	5.4	44.0	57.5
最小	1.8	2.0	12.0	15.5	2.1	2.4	12.5	12.0
平均	3.2	3.3	26.3	33.0	4.0	4.1	21.2	26.4

側の平衡側顎路は、early side shift もしくは distributed side shift の形をしているため α , β はともに平均値よりも大きくなっている。

② 顎頭中心点の運動方向

図22でわかるようにクラッチ、シーネ使用例とも外前方の動きをみせた。

そして、その運動範囲は、表22で明らかのようにシー

図19 シーネを装着

図21 パントグラフの水平面描記路

図20 シーネをパントグラフに連結

表21 水平面作業側運動距離

		(mm)				
		前方	中心	外側	内側	後方
クラッチ 使用例	R	2.1	1.8	1.9	2.1	1.7
	L	1.1	0.8	0.7	1.1	0.5
シーネ 使用例	R	2.9	2.5	2.5	2.6	2.3
	L	0.7	0.6	0.6	0.8	0.4

Clutch Left Condyle

図22 水平面の顎頭周囲の動き

Clutch Right Condyle

図22 水平面の顎頭周囲の動き

Schiene Left Condyle

図22 水平面の顎頭周囲の動き

ネ使用例の方が大きく、特に左側の運動範囲は著しく大きい。

表22 水平面作業側運動範囲

		(°)				
		前方	中心	外側	内側	後方
クラッチ	R	28.0	19.0	39.5	22.5	27.0
使用例	L	13.5	17.0	8.5	17.0	18.0
シーネ	R	20.0	24.0	19.5	21.0	22.0
使用例	L	10.0	67.0	41.0	0	0

③ 顎頭前、後、内、外点の運動距離

表21のように、クラッチ、シーネ使用例とも右側の方が大きい。

とくにシーネ使用例は左右側の差がはなはだしい。

シーネ使用例の内側点及び後方点の右側はそれぞれの点における最大値であるし、内側点左側をのぞいたシーネ使用例の左側各点は、それぞれの点における最小値である。

Schiene Right Condyle

図22 水平面の顎頭周囲の動き

④ 顎頭前、後、内、外点の運動方向

表23に示すように、クラッチ、シーネ両使用例とも中心点を含む5点において運動方向は一致している。

表23 水平面作業側運動方向

		前方	中心	外側	内側	後方
クラッチ	R	L.F.	L.F.	L.F.	L.F.	L.F.
使用例	L	L.F.	L.F.	L.B.	L.F.	L.F.
シーネ	R	L.F.	L.F.	L.F.	L.F.	L.F.
使用例	L	L.F.	L.F.	L.B.	L.F.	L.F.

L.F.: 外前方 L.B.: 外後方

運動範囲は表22でわかるように右側では大差はないが左側においては運動距離は短いにもかかわらず運動範囲は大で左右差が大きい。

なお左側のシーネ使用、内側点、後方点は直線であったことをしめしている。

b) 前頭面について

① 運動距離

表24, 表25に示すように右側の運動距離が大きく, 平衡側の運動距離とほとんど差がない。

とくにシーネ使用例では平衡側に対する割合が **pantograph** の合成とでは著しく違っている。

表24 前頭面クラッチ使用例

		作業側			平衡側	
		距離	方向	範囲	距離	角度
顎頭中心点	R	2.0mm	外側方	17.0°	2.7mm	27.0°
	L	1.5	外上方	22.0	2.7	47.0
Pantographの合成図	R	2.1	外上方	21.5	3.6	20.0
	L	1.8	外上方	12.5	3.2	39.0

表25 前頭面シーネ使用例

		作業側			平衡側	
		距離	方向	範囲	距離	角度
顎頭中心点	R	3.3mm	外下方	45.0°	3.3mm	16.0°
	L	1.3	外下方	22.0	3.3	43.0
Pantographの合成図	R	3.0	外側方	30.0	4.2	14.0
	L	0.8	外上方	13.0	4.5	37.0

② 運動方向及び範囲

表24, 表25に示すように中心点においてはクラッチ使用例, シーネ使用例について方向が違う結果となった。

運動範囲はシーネ使用例が大きくなったが, クラッチ使用例では運動距離の短い左側の方が大きくなった。

2. 平衡側の運動

a) 水平面について

① 運動距離

表26のごとく中心点においてはクラッチ, シーネ両使用例とも左右それぞれにおいて同じ運動距離であった。

顎頭周囲点についても後方点の右側をのぞいてクラッチ使用例, シーネ使用例に差はなかった。

右側の運動距離と左側の運動距離の差は前述の作業側ほど極端ではなかった。

③ 顎頭の運動範囲

表27で示すように, 左右側ともシーネ使用の側方顎

表26 水平面平衡側運動距離

		(mm)				
		前方点	中心点	外側点	内側点	後方点
クラッチ使用例	R	3.8	3.7	4.0	3.3	4.2
	L	4.5	4.3	4.6	3.9	4.1
シーネ使用例	R	3.8	3.7	4.1	3.4	3.8
	L	4.7	4.3	4.6	4.0	4.1

表27 水平面平衡側側方顎路角

		(°)				
		前方点	中心点	外側点	内側点	後方点
クラッチ使用例	R	16.0	11.0	4.5	6.0	4.5
	L	13.5	11.0	11.0	13.5	9.0
シーネ使用例	R	17.0	12.0	14.0	16.0	6.0
	L	20.0	12.0	13.0	18.0	12.0

表28 左側平衡側彎曲度

		(mm)				
		前方点	中心点	外側点	内側点	後方点
クラッチ使用例	α	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5
	β	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5
シーネ使用例	α	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3
	β	0.4	0.6	0.8	0.6	0.5

路角が大きい。

そして左側の方がクラッチ, シーネ使用例とも大きい, それほど極端なものではなかった。

③ 顎頭の彎曲度

右側はクラッチ, シーネ使用例とも **progressive side shift** をしめたため α , β はいずれも 0 である。

左側では表28に示すように α , β いずれも平均よりも大であった。

b) 前頭面について

① 顎頭の運動

クラッチ, シーネ使用例とも左右側の運動距離が等し

かった。

前頭面透視角度はクラッチ、シーネ使用例とも左側の方が大きかった。

左側は平均値よりも大であり、右側は平均値よりも小であった(表24・25)。

D 考 察

顎頭の運動に関する研究については、補綴学における必要性、すなわち下顎運動の機械的再現性の要求のため咬合器とともに発展してきた。

現在においても側方運動をいかに咬合器に再現するかについて種々の研究³⁷⁻⁴¹⁾がなされており、また顎頭自体の運動についても研究²⁵⁾がされている。

このたび著者は28例についてX線写真を利用して顔面外側皮フー顎頭間距離および顎頭長の測定を行ない、また pantograph 法を用いて真の顎頭運動路を測定した結果を総括すると次のようである。

I 顎関節の構造について

1) 下顎頭長径

著者と同様なX線による観察を行なった蓮見(1974)²⁸⁾は右側 $17.84 \pm 0.44\text{mm}$ 、左側 $16.39 \pm 0.49\text{mm}$ 、左右側平均 $17.12 \pm 0.33\text{mm}$ であるといっているし、鳥海(1965)⁴²⁾は右側 21.2mm 、左側 21.5mm であると報告している。

著者の測定では右側 $19.9 \pm 0.54\text{mm}$ 、左側 $19.5 \pm 0.45\text{mm}$ 、左右側平均 $19.7 \pm 0.34\text{mm}$ となった。

著者の測定は上述の両者の中間に位置する。

さらに骨による測定では小山(1964)⁴³⁾は男性で右側が $19.97 \pm 0.18\text{mm}$ 、左側が $20.10 \pm 0.20\text{mm}$ であるとし、黒田(1974)⁴⁴⁾は右側 $18.56 \pm 0.62\text{mm}$ 、左側 $18.61 \pm 0.62\text{mm}$ と報告し、また上条(1972)⁴⁵⁾は左右側径は 19mm であるといっている。

このことから著者の測定結果もさらに骨における測定結果とほとんど一致していると考えられる。

2) 顔面皮フ外側点—顎頭外側点間距離

上条(1972)⁴⁵⁾は 20mm 前後であるとのべているが、著者の測定においては右側 $11.1 \pm 0.55\text{mm}$ 、左側 $11.8 \pm 0.56\text{mm}$ 、左右側平均で $11.4 \pm 0.39\text{mm}$ となった。

3) 顔面皮フ外側点—顎頭中心点間距離

著者の測定においては右側 $21.2 \pm 0.54\text{mm}$ 、左側 $21.3 \pm 0.60\text{mm}$ 、左右側平均 $21.3 \pm 0.40\text{mm}$ となった。

これは蓮見(1974)²⁸⁾の右側 $22.1 \pm 0.80\text{mm}$ 、左側 $17.3 \pm 0.80\text{mm}$ 、左右側平均 $19.7 \pm 0.70\text{mm}$ よりわずかに大きな値となった。

欧米人について Guichet (1973)³⁵⁾は $\frac{1}{2}\text{inch}$ (12.5mm) であるとのべているが、この値は、はなはだしく短かく著者の測定した顔面皮フ外側点—顎頭外側点間距離の平均値に近い値である。

II 顎頭の運動について

1) 作業側顎頭中心点の運動

a) 水平面について

① 運動距離

上条(1966)²⁾は 2mm 以内での移動範囲、Posselt (1971)⁴⁶⁾は 1.5mm 、蓮見(1974)²⁸⁾は運動量の絶対値を平均した場合右側で 1.84mm 、左側で 1.91mm 、左右側平均 1.87mm と述べている。

また真柳(1970)²⁵⁾は平均 0.7mm 、蓮見(1974)²⁸⁾は方向性を考慮にいたした場合の値では、右側 0.52mm 、左側 0.54mm 、左右側平均で 0.52mm であるといっている。

佐藤(1974)⁴⁷⁾はX線写真を使用し、運動途中の軌跡の考慮をせずに計測した結果、青年群において右側で 0.36mm 、左側で 0.39mm と報告している。

また加藤(1960)¹⁶⁾は右側で $2.38 \pm 0.26\text{mm}$ 、左側で $2.42 \pm 0.24\text{mm}$ であるといっている。

著者の成績では pantograph 描記路の前方運動路が 5mm の点を基準とした場合、顎頭中心点の運動距離は右側で $1.4 \pm 0.10\text{mm}$ 、左側で $1.3 \pm 0.12\text{mm}$ 、左右側平均で $1.4 \pm 0.08\text{mm}$ で、上述の上条、Posselt、と運動量の絶対値を平均した場合の蓮見の測定値にはほぼ一致した。

このように各研究者により異なる値が出されているが、これは測定方法、基準のとり方、などに相違があり、これら測定結果の全てを同等に比較検討することは困難である。

② 運動方向

顎頭の運動方向は、各個人により靱帯の走向、緊張状態、顎頭の外形などが異なっているため多方向に運動する。

その運動方向を、Aull (1965)²²⁾は9方向に分けており、Guichet (1973)³⁵⁾は内角が 60° の円錐体であるとしている。

著者の行なった作図法では運動方向は複雑な曲線をしめしたが、原点と終了点とを結んだ直線とし、その直線の方を運動方向とした。

その結果、外側後方へ向かうものが最も多く、次いで外側前方、外側方の順序であった。

左右側の顎頭が同一方向に向かうものが28例中15例で

あった。

その中で、左右側とも外側後方に向かうものが8例と最も多かった。

また顎頭を中心とした純粋な回転運動をするものは1例もみられなかった。

蓮見 (1974)²⁸⁾によると外側後方へ向かうものが最も多く、全体の36.5%であったと報告している。

また、蓮見、Chick (1960)¹⁷⁾ともに内側方向に運動する顎頭があることを報告しているが、著者の測定においては顎頭中心点ではみられず、左側顎頭後方点において1例みられた。

③ 運動範囲

真柳 (1970)²⁵⁾によると $-90^{\circ} \sim 85^{\circ}$ (175°)、蓮見 (1974)²⁸⁾によると右側 $159.7 \pm 13.7^{\circ}$ 、左側 $151.8 \pm 15.0^{\circ}$ 、左右側平均 $155.7 \pm 10.0^{\circ}$ となり、加藤 (1960)¹⁶⁾は左右軸を基準として右側 $144.03 \pm 7.56^{\circ}$ 、左側 $135.47 \pm 6.15^{\circ}$ と報告している。

著者の測定では、方位角による最大値、最小値は右側で $-66.5 \sim 85.5^{\circ}$ (152°)、左側で $-46.5 \sim 74.0^{\circ}$ (120.5°)であった。

いずれにしても広範囲にわたり、下顎運動を咬合器において再現する場合の困難さをしめしている。

b) 前頭面について

① 運動距離

中心点においては右側2.0mm、左側1.7mm、左右側平均は1.9mmとなった。

この距離は水平面の場合よりも大きい。

このことは水平記録板、矢状記録板より前頭面を合成した際、前後的にみて顎頭の中心点より前方に作図され、回転の中心軸が水平面の場合に比較して顎頭からより離れた位置にあるため拡大されたものと思われる。

② 運動方向

54顎頭のすべてが外側にむかい、内側に向かった例はなかった。

外側下方に向かう例が44%と最も多かった。

したがって、前述の水平面の場合とあわせて考えると、作業側の顎頭は、外側方で後方で下方に向かう例が最も多い。

③ 運動範囲

右側で 24.5° 、左側で 25.7° 、左右側平均で 25.1° であった。

方位角は、最大角度 60° 、最小角度 -54° 、であった。

真柳 (1970)²⁵⁾によれば、 θ_1 は運動距離の長いA群で $-65 \sim 8^{\circ}$ (73°)、運動距離の短いB群で $-57 \sim 90^{\circ}$ (14

7°)であり、 θ_2 はA群では $-37 \sim 2^{\circ}$ (39°)、B群では $-65 \sim 59^{\circ}$ (124°)であると報告している。

この値は著者の計測法とは異なるためと思われるが、いずれにしても運動距離の長いもの程、範囲は小さいという点は一致している。

2) 作業側顎頭前、後、内、外点の運動

a) 水平面について

① 運動距離

運動距離の大きさは前方点、外側点、内側点、中心点、後方点の順序となり、その全体の平均は、1.4mmであり中心点の運動距離とほとんど等しかった。

前方点が最も大きくて後方点が最も小さいという事は、側方運動における瞬間回転中心が顎頭よりも後方でもおそらく内側にあるということを示唆している。

これは Posselt (1971)⁴⁶⁾が述べているように、瞬間回転軸が顎頭の後方にあればあるほどベネット移動 (Bennett shift) はより大きくなるという結果とほぼ一致している。

しかし個人差により必ずしも一定した軸をしめさず全運動範囲に対して瞬間回転中心の移動が起こる場合もあり、真柳 (1970)²⁵⁾が述べているように瞬間回転中心の位置により、作業側顎頭の運動様式をある程度推測することは可能であるが、瞬間回転中心のみによって作業側顎頭の運動経路全体について云々することはできない。

② 運動方向

前方点は、外後方に向かうものが50%弱をしめ、外側点は90%弱が外後方であり、逆に内側点は80%弱が外前方にむかい、後方点は50%が外後方である。

このことは、顎頭がその後方でやや内側よりを中心として回転していることをしめしている。

③ 運動範囲

運動距離とは異なり、内側点が最も大きく、次いで後方点、中心点、前方点、外側点の順序であった。

真柳 (1970)²⁵⁾は、顎頭中心点をはさみおのおの対応する点の角度差をもとめ、この角度差の小さい程、顎頭の滑走要素が大きく、角度差の大きい程、回転要素が大きいとのべている。

このことから著者の測定結果を判定すると、運動範囲の大きい内側点、後方点は回転要素が多いため運動距離が小さく前方点、外側点は運動範囲が小さいため滑走要素が多く、大きな運動距離をしめたものと思われる。

また運動範囲が大きいことは、顎頭の運動方向が曲線に近いことを示し、運動範囲が小さいということは、直線に近いことを現わしているの、回転の中心軸に近い

程、運動距離は短く、曲線になるので、回転の中心軸は内側で後方付近にあると考えられる。

3) 平衡側顎頭の運動

a) 水平面について

① 運動距離

顎頭中心点の運動距離は右側で3.8mm、左側で3.8mm、左右平均で3.8mmであった。

これを pantograph での描記路に比較すると約70%であった。

真柳 (1970)²⁵⁾ は平均4.4mmと述べ、蓮見 (1974)²⁸⁾ は方向性を考慮にいれない絶対値での運動量が右側で3.81mm、左側で3.56mm、左右平均3.68mmと報告している。

著者の計測値は蓮見の値に近い。

また加藤 (1960)¹⁶⁾ は右側 $8.5 \pm 0.63\text{mm}$ 、左側 $8.27 \pm 0.52\text{mm}$ であるといっているが、これは限界運動の全長をとったためにこのような大きな値が出てきたのであろう。

佐藤 (1974)⁴⁷⁾ は青年群において前内方へ右側で3.67mm、左側で3.58mmであると報告している。

顎頭の周囲点を比較すると、外側点が最も大きく、前方点、中心点、後方点、内側点の順序であった。

これは、中心軸より遠い距離にある点の運動距離が大きくなっているため、回転の中心軸が作業側顎頭付近にあることをしめしている。

② 運動方向

平衡側顎頭は内側前方へ向かう。

中心点において側方顎路角は右側 8.8° 、左側 12.7° 、左右平均は 10.8° であった。

真柳 (1970)²⁵⁾ は θ_1 が 16° 、 θ_2 が 10° 、中沢 (1939)⁴⁸⁾ は $9.5 \pm 0.9^\circ$ 、加藤 (1960)¹⁶⁾ は右側 $14.03 \pm 1.60^\circ$ 、左側 $14.9 \pm 1.74^\circ$ 、佐藤 (1974)⁴⁷⁾ は青年群において右側 $18^\circ 54'$ 、左側 $19^\circ 06'$ 、蓮見 (1974)²⁸⁾ は右側 $21.8 \pm 7.6^\circ$ 、左側 $19.8 \pm 7.6^\circ$ 、左右側平均 $20.8 \pm 5.3^\circ$ 、上条 (1966)²⁾ は 15° 、Guichet (1973)³⁵⁾ は 20° より小である、とそれぞれ報告している。

以上のように各研究者により値が異なっているが、顎頭の軌跡は直線ではなく曲線であるので、曲線のどの部分をとるかによって角度は大きく異なり、上述の結果となったものと思われる。

顎頭の周囲点の側方顎路角を比較すると前方点が最も大きく内側点、中心点、外側点、後方点の順序である。

このことは、顎頭が単に内前方に移動するのではなく、回転をとらないながら内前方に移動する結果と思わ

れる。

③ 彎曲度

図15でしめしたように原点Oより点Qまでの距離を α とし、点Pより点Qまでの距離を β とした。

α の値が大きいものほど反対側の作業側の運動距離は大きくなり、 α の値が小さくなれば運動距離も小さくなった。

しかし、 α の値が平均値よりも大であっても、反対側作業側の運動距離が平均よりも大になるとはかぎらない。

β の値は作業側の運動距離には大した影響を与えない。

以上の結果により、作業側の顎頭の動きは側方顎路角と彎曲度 α の値によって大きな影響をうける。

側方顎路角、彎曲度 α がともに平均値よりも大であれば、運動距離も平均値より大となる。

しかしどちらか一方のみが平均値よりも大である時には運動距離は平均値よりも大になるとはかぎらない。

b) 前頭面について

① 運動距離

右側で3.2mm、左側で3.3mm、左右側平均で3.2mmであった。

これは水平面での左右側平均3.8mmよりわずかに短い。

② 運動方向

平衡側の顎頭が前下内方へ動くことは一般に認められていることであり、著者の測定においても程度の差こそあれ、すべて前下内方へ動いた。

前頭面投影角度は作業側の運動距離と関係が深く、角度の大きいものほど運動距離も大きくなった。

4) 作業側顎頭と平衡側顎頭の関係について

側方滑走運動において作業側の運動様式に真柳 (1970)²⁵⁾ は、回転型と滑走型の2つに分類している。

そして作業側顎頭は、顎頭中心点を軸とした純粋な回転運動は存在しないとのべている。

また蓮見 (1974)²⁸⁾ は200例中1例において顎頭中心点を軸とした純粋な回転運動をしたことを報告している。

著者の測定においては純粋な回転運動は存在しなかった。

顎頭の側方運動においては瞬間回転中心軸は顎頭よりも後方でしかもわずかに内側方にあることを示唆させるものが多い。

作業側の運動様式と平衡側の顎路とは密接な関係があ

る。すなわち、側方顎路角と彎曲度 α であり、作業側の運動距離が大となれば平衡側の側方顎路角、彎曲度 α も大となる。

このことは真柳 (1973)⁴⁹⁾の報告と一致している。

5) シーネ使用例とクラッチ使用例の比較

a) 作業側の運動

① 水平面について

顎頭中心点においては、右側ではシーネ使用例の方が運動距離は大きく、左側はクラッチ使用例の方が大きかった。

一般に **pantograph** においてクラッチを使用することは、歯牙の咬頭干渉を除去し、下顎を中立位置におくためであり、この中立位置は、術者が患者の下顎運動を自由に誘導するのに必要なものである⁵⁰⁾。

シーネを使用した場合は咬頭の影響を強くうけ、描記路の再現性が少ない、したがってクラッチが広く用いられている。

Posselt (1971)⁴⁶⁾の **Swedish Bannana**によれば、クラッチなどを装着して咬合高径が高くなれば運動距離は短くなるはずであり、この点、著者の測定値における右側のシーネ使用例に大きな運動距離が測定されたことが矛盾すると思われるが、著者の場合は **pantograph**上に記録された運動距離を出発点から 5 mm の範囲を有効としてそれ以上をカットし作図したものであるため、左右側に差が生じて矛盾とは考えられない。

また著者の測定では、運動方向はクラッチ、シーネ両使用例において同一方向をしめた。

このことは Clayton (1971)²³⁾が咬合高径の変化は水平記録板よりも垂直記録板の方に影響が大きく、凹面のセントラルベアリングを装着して咬合高径が増加したトレーシングは、歯牙を接触させて中心位より限界運動をさせたものと同じ動きをすると述べていることと一致する。

② 前頭面について

水平面の場合と同様に右側においてシーネ使用例が運動距離が大きく、左側はクラッチ使用例が大きかった。

運動方向は異なる結果となったが、これは Clayton (1971)²³⁾が咬合高径の変化による影響は垂直板により大きいと述べていることと一致する。

咬合高径の変化のため前頭面の合成図に相違が出たものと考えられる。

b) 平衡側の運動

① 水平面について

クラッチ、シーネ使用例とも、運動距離にほとんど差

はみとめられなかった。

また、左右側ともシーネを使用した例の方が側方顎路角は大きかった。

図22にしめすように、クラッチ、シーネ使用例の描記路の外形は相似形をしめたが完全な一致はみられなかった。

これは、クラッチによる下顎の誘導路とシーネによる歯牙誘導路に差があるためであろう。

② 前頭面について

運動距離はシーネ使用例の方が大きく、前頭面投影角はクラッチ使用例の方が大きかったが、これも上述と同様にクラッチ誘導と歯牙誘導に差があったためだと思われる。

前頭面投影角は側方顎路角ほど作業側の運動量に与える影響は強くない。

E 結 論

23才～27才までの男性28名の被験者により、X線撮影および **Dénar** の **pantograph** を使用して側方滑走運動を測定し、次の結果を得た。

1. 下顎頭長径は 右側 $19.9 \pm 0.54\text{mm}$ 、左側 $19.5 \pm 0.45\text{mm}$ 、左右側平均 $19.7 \pm 0.34\text{mm}$ であった。

2. 顔面皮フ 外側点—顎頭外側点間距離は、右側で $11.1 \pm 0.55\text{mm}$ 、左側で $11.8 \pm 0.56\text{mm}$ 、左右側平均で $11.4 \pm 0.39\text{mm}$ であった。

3. 顔面皮フ 外側点—顎頭中心点間距離は、右側で $21.2 \pm 0.54\text{mm}$ 、左側で $21.3 \pm 0.60\text{mm}$ 、左右側平均で $21.3 \pm 0.40\text{mm}$ であった。

4. 作業側顎頭は回転と滑走運動を行ないながら複雑な運動をする。

その運動距離、運動方向は、被験者により著しい相違がみられた。

5. 作業側中心点の運動距離は、水平面で 右側 $1.4 \pm 0.10\text{mm}$ 、左側 $1.3 \pm 0.12\text{mm}$ 、左右側平均 $1.4 \pm 0.08\text{mm}$ であった。

前頭面においては、右側 $2.0 \pm 0.13\text{mm}$ 、左側 $1.7 \pm 0.05\text{mm}$ 、左右側平均 $1.9 \pm 0.09\text{mm}$ であった。

6. 水平面において、顎頭前方点が最も運動距離が大きく、ついで外側点、内側点、中心点、後方点の順序であった。

7. 作業側顎頭中心点において運動方向は、水平面で 外側後方にむかうものが最も多く、外側前方、外側方の順序であった。

前頭面においては外側下方に向かう例が多かった。

8. 作業側顎頭中心点の運動範囲は、水平面で右側が $-66.5^{\circ}\sim 85.5^{\circ}$ (152°)、左側で $-46.5^{\circ}\sim 74.0^{\circ}$ (120.5°)であった。

前頭面においては、右側で $-24.0^{\circ}\sim 60.0^{\circ}$ (84°)、左側で $-54.0^{\circ}\sim 56.0^{\circ}$ (110°)であった。

9. 平衡側顎頭の運動は、すべての例において前下方へ移動した。

10. 平衡側顎頭中心点の運動距離は水平面において右側 $3.8\pm 0.06\text{mm}$ 、左側 $3.8\pm 0.08\text{mm}$ 、左右側平均 $3.8\pm 0.05\text{mm}$ であった。

前頭面においては右側 $3.2\pm 0.13\text{mm}$ 、左側 $3.3\pm 0.13\text{mm}$ 、左右側平均 $3.2\pm 0.09\text{mm}$ であった。

側方顎路角は右側 8.8° 、左側 12.7° 、左右側平均は 10.8° であった。

前頭面投影角は右側 26.3° 、左側 33.0° 、左右側平均は 29.7° であった。

11. 平衡側顎頭の側方顎路角、彎曲度 α は作業側の運動距離に大いに影響を与える。

12. クラッチ使用例、シーネ使用例において、描記路は相似形をしめたが、運動距離、角度には相違があった。

特に前頭面において相違が著しかった。

(稿を終わるにあたり、終始御懇篤な御指導と御校閲を賜った恩師豊田静夫教授に対し、心から感謝の意を表するとともに、本研究に対し数多くの御援助、御助言をいただいた放射線学教室大庭健助教授ならびに小川泰夫先生、理工学教室井上勝一郎助教授に衷心より謝意を捧げます。

また何かと御助言をいただいた同僚大学院生福谷 尊先生、岸本満雄先生、さらに御協力をいただいた補綴学教室員諸氏ならびに心よく本研究の被験者をひき受けて下さった諸氏に心より感謝いたします。)

引用文献

1. 石原寿郎, 長谷川成男, 監校: 下顎運動と咬合器, P 20—123, 日本歯科評論社, 東京, 1975
2. 上条 雍彦: 口腔解剖学, 2. 筋学, P. 付42, アナトーム社, 東京, 1966
3. Luce, C. E.: The movement of the jaw, Boston, M. Surg. J. 121: 8, 1899, 1) より引用
4. Walker, W. E.: Prosthetic Dentistry: The glenoid fossa; The movement of the mandible; THE cusps of the teeth. D. Cosms 38: 34, 1899 1) より引用
5. Ulrich, J.: The Human temporomandibular joint: Kinematics and actions of masticatory muscles, J. Pros. Dent. 9: 399—406, 1959
6. Hesse, F.: Zur mechanik der Kaubewegung des menschlichen Kiefers. Deutch. Mschr. f. Zahnheilk. 15: 517, 1897 1) より引用
7. Bennett, N. G.: A contribution to the study of the movement of the mandible, J. Pros. Dent. 8: 41—54, 1958
8. Snow, G. B.: Articulation, Dent Cosmos, 42: 51—55 1) より引用
9. Christensen, C: Ein rationeller Articulatör, Corresp. Bl. f. z. Bd. xxxl, 1901 1) より引用
10. Gysi, A: Artikulation, Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. 3, Bruhn, München, J F Bergmann, 167—316, 1926 1) より引用
11. 鶴養 弘: 顎運動の研究 (第1報) 下顎骨運動を固有の点又は軸を中心とする廻旋運動と見做した場合の考察, 歯科学報 53: 461—465, 1953
12. 鶴養 弘: 顎運動の研究 (第2報) 下顎骨側方運動の観察, 歯科学報 53: 577—586, 1953
13. Posselt, U.: Movement areas of the mandible, J. Pros. Dent, 7: 375, —385, 1957
14. 佐久間孔毅: マルチフラッシュ装置による有歯顎の前後および開閉運動の研究, 口病誌 26: 547—572, 1959
15. 末次恒夫: マルチフラッシュ装置による無歯顎の前後, 開閉運動並びに下顎位の研究, 補綴誌 5: 131—169, 1961
16. 加藤吉昭: ストロボ撮影法による下顎運動, 殊に補綴学的見地からみた運動に関する研究, 日大医学雑誌 19: 1451—1487, 1960
17. Chick, A. O.: The rotary nature of some mandibular movement, J. Pros. Dent. 10: 857—872, 1960
18. Shanahan, T. E. et al: Mandibular and articulator movements, J. Pros. Dent. 9: 941—945, 1959
19. Hickey, J. C. et al: Mandibular movement in three dimensions, J. Pros. Dent. 13:

- 72—94, 1963
20. Schweitzer, J. M. : Masticatory function in man, *J. Pros. Dent.* 11 : 625—647, 1961
 21. Isaacson, D. : A clinical study of condyle path, *J. Pros. Dent.* 8 : 641—649, 1958
 22. Au11, A. E. : Condylar determinants of occlusal patterns, Part 1 Statistical report on condylar path variations, *J. Pros. Dent.* 15 : 826—846, 1965
 23. Clayton, J. A. : Graphic recordings of mandibular movements : Research criteria, *J. Pros. Dent.* 25 : 287—298, 1971
 24. Moberg, C. T. : The pantograph as a face-bow transfer instrument, *J. Pros. Dent.* 29 : 139—145, 1973
 25. 真柳昭絃 : 側方滑走運動における顎頭運動に関する研究 14 : 158—182, 1970
 26. Le Pera, F. : Understanding graphic records of mandibular movements, *J. Pros. Dent.* 18 : 417—424, 1967
 27. Thompson, J R : A cephalometric study of the movements of the mandible, *J. Amer. Dent. Ass.* 28 : 750—761, 1941
 28. 蓮見 聡 : 側方運動時における下顎頭のX線学的解析, 歯科学報 74 : 1742—1786, 1974
 29. Lundeen, H. C. and Wirth, C. G. : Condylar movement patterns engraved in plastic blocks, *J. Pros. Dent.* 30 : 866—875, 1993
 30. Lee, R. L. : Jaw movements enraved in solid plastic for articulator controls, *J. Pros. Dent.* 22 : 209—224, 1669
 31. Landa, J. S. : A critical analysis of the Bennett Movement, Part 1, *J. Pros. Dent.* 8 : 709—726, 1958
 32. 大石忠雄 : 下顎運動の立場からみた顎関節構造の研究, 補綴誌 11 : 197—220, 1967
 33. 川畑博昭 : 矢状面における各種顎頭位の研究, 特に顎頭安定位について, 補綴誌 15 : 403—429, 1971
 34. 川合容太郎 : レ線セファロメーターによる影像の歪について, 口病誌 25 : 140—148, 1958
 35. Guichet, N. F., 保母須弥也, 大矢政男, 永海弘和, 訳ギシェーの咬合学, P51, 医歯薬出版社, 東京, 1973
 36. Guichet, N. F. : Procedures for occlusal treatment, A teaching atlas, Calif 1969, Démar Co,
 37. 長谷川成男, 野村孝太郎, 川和忠治他 1 名 : 咬合器の再現性に関する検討, Graphic tracing 法と check bite 法について, 補綴誌 16 : 138—143, 1972
 38. 野村孝太郎 : 側方咬合位における咬合器の再現性と運動様式に関する研究, 補綴誌 15 : 239—266, 1971
 39. 長谷川成男・野村孝太郎・福島俊士他・1名 : Arcon type 咬合器と Condylar type 咬合器について, 第 2 報 水平面内運動の調節性に関する研究, 補綴誌 15 : 67—75, 1971
 40. 長谷川 成男・真柳 昭絃・野村孝太郎 : 側方運動の Pattern からみた咬合器の選択法, 補綴誌 18 : 122—125, 1974
 41. 真柳昭絃 : 作業側顎頭の運動様相と咬合器の再現性に関する研究, 補綴誌 18 : 126—133, 1974
 42. 島海 博 : オトガイー頭頂方向X線規格撮影による顎関節運動の解析的研究, 日大歯学 39 : 463—470, 1965
 43. 小山正宏 : 総義歯用咬交器の機構に関する研究 (第 2 編) 日本人下顎骨の人類学的研究とくに咬交器構成に関連する特定の測度の計測, 補綴誌 8 : 17—40, 1964
 44. 黒田百樹 : 下顎頭の下顎窩に対する位置に関する研究, 歯科学報 74 : 368—418, 1974
 45. 上条雍彦 : 解剖学の立場からみた顎関節, 日本歯科医師会雑誌 25 : 13—20, 1972
 46. Posselt, U. : Physiology of occlusion and rehabilitation, 2 ed 51, Blackwell Scin Scientific Publications, Oxford and eEdinburgh, 1969
 47. 佐藤吉則 : 下顎後退位および同側方位における下顎の位置に関する研究, 補綴誌 17 : 463—481, 1974
 48. 中沢 勇 : 下顎運動の補綴学的研究, 有歯顎の運動, 口病誌 13 : 81—98, 1939, 49) より引用
 49. 真柳昭絃 : 側方滑走運動路における彎曲に関する研究, 補綴誌 17 : 205—213, 1973
 50. Huffman, R. W., et al. : Principles of occlusion, laboratory and clinical teaching manual, section III. part B., H&R prss, 1969