下顎の前方および側方運動時における 顎頭の動きについて(1報)

高橋 健二

Research of Condylar Movements on Protrusive and Lateral Jaw Positions (1st Report)

Kenji Takahashi

Abstract : Cephalometric laminagrams of T.M.J. under the mandibular movements were obtained with "Sectograph". They were four positions on nonworking side of lateral movement and on protrusive movement. The purpose of this first report was to research the shape of front wall of mandibular fossa, and also to research the movements of condylar top and center with computer operated superposition method and interpolation method. In this study, the standard of horizontal plane was F-H-L.

The results obtained were as follows :

1. Continuous condylar movement could be known through a few sectograms with computer graphics.
2. Anatomical gradient of the front wall of mandibular fossa was 40.41° on average of both sides right and left, and prosthetic gradient was 55.18° .
3. The curved line of condylar center was highly the same with that of condylar top.
4. The condyles under the lateral and protrusive movements showed bodily shift.

Key words : occlusion, T.M.J., condylar paths, cephalometric laminagraph, computer graphics

I. 結 論

下顎運動, 特に前方および側方滑走運動は補綴学分野においては咬合面の形態構成要素として最重点研究対象と目され, 多くの先人により調査, 研究が報告されてきた。これらの結果前方要素としての切歯点部の運動様相の調査は詳細にわたり, 咬合面との相互関係も定説化されていると考えられる。しかし, 一方, 不可変の要素としての顎頭(下顎頭)の挙動については顎関節の解剖的,

生理的特殊性により種々なる研究方法論が展開され多数の発表をみているが, その詳細に関してはいまだに明確化されていないものとする。

この現状にあつては, 側方運動時非作業側および前方運動時における顎頭の挙動とともに, 不動側要素として大きな影響を及ぼす下顎窩壁形態に関する調査, さらには壁面に対する顎頭運動路の追従性および両者の形態的類似性について基礎的調査を行う必要性を痛感するものである。

今日まで, 著者らは格規断層X線撮影装置 Sectograph を用いて顎関節の形態ならびに顎頭の挙動に関して研究を重ね, "computer operated superposition method" および "interpolation method" の採用により各種運動時における顎頭の挙動を正確かつ詳細に把握することが

図 1 頭部規格断層 X 線撮影装置 Sectograph

図 2 撮影断層面

可能となった。そこで、本研究の 1 報として下顎窩前壁形態の分析ならびに側方運動時非作業側、前方運動時における顎頭頂および顎頭中心点の移動路についての検索結果を報告する。

II. 研究方法

1. 頭部規格断層 X 線撮影装置 (Sectograph)

頭部規格断層 X 線撮影装置として、米国 Quint 社製 Sectograph を使用した。

Sectograph は cephalograph (頭部 X 線規格撮影) と laminagraph (頭頸部断層撮影) との機構を合わせ持っている X 線撮影装置である。今日まで、cephalograph と laminagraph とがそれぞれ別個に存在したため規格断層撮影に困難が伴ったが、Sectograph によって断層面の規格撮影がすこぶる容易となった。また、本装置においては自然な姿勢すなわち摂食時などにおける正座位の状態での撮影を行うので、仰臥あるいは横臥姿勢をとらせる従来の装置よりも日常的な下顎位を得ることができ、かつ撮影が容易なために日常臨床に頻用することが可能である (図 1)。

2. 頭部規格断層 X 線撮影法

1) 撮影断層面の決定法

本研究においては、一般的な顎頭長軸と周囲組織の左右側的位置関係から算出される解剖的平均値を参考とすると同時に、顎関節撮影の基準であり、かつ顎頭の運動を測定するのに有利と思われる顎頭中央を通りフィルム方向へ 15° 回転させた断面を対象として撮影を行った (図 2)。

撮影断層面の決定にあたっては、すでに発表した Sectograph による撮影に関する基礎的検討結果¹⁾から、解剖的計測基準に準じた顎頭中央部指定法、すなわち頬部表面計測による頬骨弓幅の $1/2$ より 18 mm を減じた値を正中より顎頭の頬舌側の中央までの垂直距離とする方法が、従来からの研究調査の結果から妥当性のある技法として確立しているため本研究においても同方法をとった。

2) 頭部の定位と固定

撮影側をフィルム面に対面するように、被験者に撮影用椅子に通常の座位の姿勢をとらせた。また、頭部の固定にあたっては両側外耳道に ear rod を挿入し、前後の固定にあたっては眼窩下部に接触する補助固定装置を用いた。これにより左右 ear rod 基部下縁および眼窩下点を含む平面を水平に定位させた。

3) 撮影条件

X 線管球は焦点が $1.0 \times 1.0 \text{ mm}^2$ で、焦点フィルム間距離は 1,670 mm、フィルム—断層面間距離は平均 96 mm、管電圧は 76 kVp、管電流は 100 mA、照射時間は 1.5 秒、フィルムはさくら A タイプ、増感紙は東芝 EM、有効管球移動角度は 15 度である。

撮影後のフィルム処理にあたっては、さくら VX 400 自動 X 線フィルム現像機を使用して 90 秒間ですべての処理を行った (図 3)。

3. 精度検定および拡大率

1) 撮影断層面位の精度

Sectograph の撮影断層範囲は頭部正中よりフィルム側方向へ 0~100 mm、管球側方向へ 0~70 mm である。顎関節の撮影にあたっては、左右いずれの場合にあってもフィルム側方向である。断層撮影における断層面位の精度は、顎頭のような動態を示す対象にあたってはその変化の表現が常に問題視されてきた。そこで、撮影装置に表示されている断層深度指標の値と実際に撮影された断層面の位置の誤差について基礎的検討を行った。

誤差の調査の目的で断層面に対して 45° の傾斜角度で交叉するプラスチックプレート面に直径 1 mm の鉛線を

図 3 被験者 24 における sectogram

左上: i.p., 右上: n.w.s-m.i

左下: n.w.s-m.e, 右下: n.w.s-max.

貼付した装置を天板に固定し、鉛線を 45° の角度で横断するような断層撮影を行った。この断層像をマイクロフォトメーター (さくら PDS-15) を使用し、濃度調査のスキニングを行い断層面の位置の調査と同時に、断層面の厚径についても検討を行った。濃度調査にあたっては 70% 領域をもって断層厚径とみなした。この結果、Sectograph において使用頻度の最も高いと思われるフィルム方向 54 mm 付近にあつては、指示位置のフィルム方向へのずれは 1.7 mm 、断層厚径半値幅 3 mm であった。しかしながら、実際の撮影にあたっては被験者の頭部をフィルム方向へ 15° 回転せしめるので、顎頭頂は平均 1.8 mm 管球方向へ偏位するため位置ずれの補正が自動的になされることになる。なお、各被験者の両顎頭中央間距離は、最大値 120 mm 、最小値 98 mm 、平均値 108.4 mm 、SD 5.7 mm である。

2) 写真像の歪

すでに一連の基礎研究で検討を行っているが、直径 50 mm のパイプに薄い鉛のホイルを貼付し被験者の撮影と同一条件で断層撮影を行った結果、円の歪率は $\pm 0.3\%$ である。

3) 拡大率

本撮影法における拡大率は以下の式により算出するこ

とができる。

$$\frac{a}{b+x \cdot \cos \theta + c}$$

a は焦点フィルム間距離で本装置においては $1,670\text{ mm}$ 、b は焦点顔面正中間距離で $1,520\text{ mm}$ 、c は断層撮影時における指示位置のフィルム方向へのずれで 1.7 mm 、 $\cos \theta$ は頭部を回転させることにより生ずる位置のずれであり、回転角が 15° 、したがって $\cos 15^\circ$ となる。また x は顔面正中顎頭中央間距離であり、これは両顎頭中央間距離の半値である。a, b, c および $\cos \theta$ は定数であるため、拡大率は各被験者の両顎頭中央間距離により変化する。

本被験者群の拡大率は最大値 1.064 、最小値 1.057 、平均値 1.0609 、SD 0.0019 であった。しかし、本研究においては考察の項で述べる諸種の理由によりあえて拡大率の補正は行わず、データの処理はすべて X 線フィルム上のものとして行った。

4. 被験側

本研究においては歯列、咬合状態および歯周組織が正常であり、第 3 大臼歯以外の歯の欠如を認めず、充填物は小窩裂溝部に止まり、臨床的な診査において咀嚼筋群

あるいは顎関節の異常が認められない 18~29 歳まで、平均 23 歳の男女 50 名を被験者とした。また、被験側は各被験者の左右 100 側である。

5. 撮影顎位

咬頭嵌合位を起始点とし、側方運動時非作業側および前方運動時における顎頭の移動について調査を行った。

側方運動は大歯の尖頭咬合接触位または小臼歯の咬頭頂咬合接触位を最大運動位とし、一方、前方運動は切端咬合位を最大運動位とした。さらに咬頭嵌合位と、それぞれの最大運動位にいたる中間の 2 点についても撮影を行った。

各撮影時における顎位の名称はつぎの通りである。咬頭嵌合位を i.p, 非作業側の最大運動位にいたる運動路上において、被験者が容易にとりうる可及的に等間隔な 2 個の中間点のうち咬頭嵌合位に近い位置を n.w.s-m.i, 同中間点のうち最大運動位に近い位置を n.w.s-m.e とし、非作業側の最大運動位を n.w.s-max. とした。一方、前方運動時の場合も同様に最大運動位にいたる 2 個の中間点のうち咬頭嵌合位に近い位置を e-e.p-m.i, 同中間点のうち最大運動位に近い位置を e-e.p-m.e とし、前方運動時の最大運動位を e-e.p-max. とした (表 1)。

表 1 撮影顎位と略記

i. p	intercuspidated position
n. w. s-m. i	non-working side, midway, intra
n. w. s-m. e	non-working side, midway, extra
n. w. s-max.	non-working side, maximum
e-e. p-m. i	edge to edge position, midway, intra
e-e. p-m. e	edge to edge position, midway, extra
e-e. p-max.	edge to edge position, maximum

6. トレーシング方法および computer operated superposition method による顎頭の挙動調査法

各撮影顎位における規格断層 X 線写真 sectogram について Nikon 社製 Profile projector V-12 を用い 10 倍大のトレーシングを行い計測原図とした。咬頭嵌合位における顎関節の形態を digitizer 上においてトレーシングを行い、NEC 社製 PC9801F3 により記録させ、computer によって顎頭の移動後の位置、方向および距離ならびに軸の傾斜度を算出すると同時に computer graph を自動作図させた。なお、咬頭嵌合位を基準とし、顎頭頂 (condylar top, 略称 C.T.) および F-H 平面に垂直で顎頭頂下 5 mm の点を computer operated superposition method の基準点とし、両者を結んだ直線を移動(置換)基準線とした。なお、呼称の都合上、下方点を顎頭中心点 (condylar center, 略称 C.C.) とした (図 4)。

顎頭の挙動は 2 段階に分けて検討を行った。まず、第

図 4 顎頭頂および顎頭中心点

図 5 被験者 1 および 2 の interpolation による curved line

図 6 被験者 3■■■■~14■■■■ の interpolation による curved line

1 段階として前述の C.T. および C.C. 各々に関して各 4 顎位についての interpolation により移動路の曲線化を行い、これにより得られた C.T. と C.C. の移動曲線に関して分析を行った（図 5~9）。

第 2 段階は、interpolation による curved line 上に顎頭の咬頭嵌合位断面を連続移動させて “a large number superposition graph” を描記した。なお、この 1 報に

おいては第 1 段階の研究内容について報告する。

1) computer operated superposition method における digitizer の通常使用範囲内における基準点の input 誤差

本研究における基準点の input にあつては、座標点の通常標示は 6 桁数によって行われるので input 時の検者の data 投入精度が誤差を左右する因子となる。

図 7 被験者 15～26 の interpolation による curved line

図 10 に示す 50 mm 間隔の grid 模様についてあらかじめ calibration を行ったのち、20 点の各座標点それぞれについて各 10 個の input を行い、平均値による座標点間距離を計測した。この結果、50 mm 基準とした場合における横軸方向における誤差は平均値 0.14%，最大値 0.36% であり、縦軸方向の誤差は平均値 0.12%，最大値 0.72% である。

2) digitizer の通常使用範囲内における図形移動時の基準線の誤差

digitizer によって input した各種の図形は、2 点間基準線によって移動させることができる。したがって、基準点の input point の精度が図形の移動精度と同意となるので、この問題に関しては前項と全く同種の実証方法になり、特に調査を行う必要はないが、2 点 input 時

図 8 被験者 27 [] ~ 38 [] の interpolation による corved line

の誤差を確認する目的で図 10 上における A-F を基準線とみなし、C-H, E-J, F-K, H-M, J-O, K-P, M-R および O-T へ移動を試みた。この結果、J-O の O 点および O-T の T 点で前項で述べた最大値以内の少量の誤差を示したのみであった。これらの結果、本研究における誤差には実用上の障害はほとんど無視しうるものと考えられる。

7. 測定対象

1) 下顎窩前壁の傾斜度

下顎運動時における不動側要素として重要と思われる下顎窩前壁の形態については、傾斜度に関して 2 種の方法を用いて測定を行った。傾斜度を測定するにあたっては計測の基準線が重要な影響を及ぼすことは明白である。そこで、本研究においては F-H 平面と平行で下顎

図 9 被験者 39～50 の interpolation による curved line

窩最高点をとる線を F-H-L と称し、当該線をもって水平基準とした。

まず、第 1 の傾斜度測定方法は下顎窩最高点と最低点を結んだ直線が F-H-L とする角度であり、これを $f.w.\theta_1$ とした。

第 2 の傾斜度測定方法は下顎窩最高点と最低点を結んだ直線を 4 分割し、最高点および最低点よりそれぞれ

1/4 の 2 点から垂線を引き下顎窩前壁と交わる两点を結んだ直線をもって S 状曲線部中央付近の平均的傾斜とみなし、F-H-L に対する角度を測定し、これを $f.w.\theta_2$ とした (図 11)。

2) 顎頭頂および顎頭中心点の移動に関する interpolation による curved line の分析

Computer operated superposition method により

図 10 digitizer-computer process における data 投入精度

図 12 移動曲線形態の分類

図 11 下顎窩前壁の傾斜度測定法

図 13 移動路傾斜度測定法

得られた側方運動時非作業側および前方運動時における data を基礎とし、顎頭頂および顎頭中心点の两点について、起始点である i.p から n.w.s-m.i, n.w.s-m.e, n.w.s-max. まで、および同様に i.p から e-e.p-m.i, e-e.p-m.e, e-e.p-max. までの各点をとる interpolation を computer により行い、得られた curved line (移動曲線) に関して分析を行った。

(1) 移動曲線形態の分類

移動曲線の形態に関しては顎頭頂および顎頭中心点ともに図 12 に示すごとく I 型 (凹湾型 concave type), II 型 (凸湾型 convex type), III 型 (S 状型 sigmoid type), IV 型 (逆 S 状型 reverse sigmoid type) の 4 種に分類し、各頻度を調査した。

(2) 傾斜度と移動距離

顎頭頂および顎頭中心点について、i.p と n.w.s-max, あるいは i.p と e-e.p-max. をそれぞれ結んだ直線の傾斜度と距離を測定した。傾斜度測定時における基準線は F-H-L である (図 13)。

なお、いずれの調査にあっても左側の外側方からの観察に統合し、基準を同一化視して結果の混合化をさけることとした。

III. 研究結果

研究方法において述べた測定対象に関する結果は下記の通りである。なお、紙面限定のため各被験者における個々の data に関しては省略する。

1. 下顎窩前壁の傾斜度

f.w.θ₁ は左右側において最大値 53.8°, 最小値 29.1°, 平均値 40.41°, SD 5.61° であり、f.w.θ₂ は左右側において最大値 77.0°, 最小値 39.0°, 平均値 55.18°, SD 8.07° であった (表 2, 図 14)。

2. 顎頭頂および顎頭中心点の移動に関する interpolation による curved line の分析

1) 移動曲線形態の分類

移動曲線の形態を 4 種に分類した。2 種の運動時における各型の頻度は以下のごとくであった。すなわち、側方運動時非作業側の右側においては顎頭頂で II 型が 18 例であり、顎頭中心点にあっても II 型が 16 例と最も多く、また左側にあっても I 型が顎頭頂で 20 例、顎頭中

表 2 下顎窩前壁の傾斜度

side	f. w. θ_1		f. w. θ_2	
	right	left	right	left
M	39.46	41.35	54.13	56.22
SD	5.37	5.68	7.90	8.11
max.	52.5	53.8	75.0	77.0
min.	29.1	31.2	39.0	40.2
M	40.41		55.18	
SD	5.61		8.07	
max.	53.8		77.0	
min.	29.1		39.0	

degree

図 14 下顎窩前壁の傾斜度ならびに側方運動時非作業側および前方運動時における移動路傾斜度

心点で 17 例と最高頻度を示した。一方、前方運動時の右側においてはⅡ型が顆頭頂で 16 例、顆頭中心点では 18 例で最も多く、左側においてはⅠ型がそれぞれ 22 例、20 例で最高頻度であった (表 3, 図 15)。

2) 傾斜度と移動距離

顆頭頂における側方運動時非作業側の傾斜度は左右側で最大値 73.0°, 最小値 23.2°, 平均値 46.50°, SD 8.78°, 移動距離は最大値 9.26 mm, 最小値 1.72 mm, 平均値 5.000 mm, SD 1.456 mm であり、前方運動時の傾斜度は最大値 65.4°, 最小値 26.9°, 平均値 46.99°, SD 8.19°, 距離は最大値 9.73 mm, 最小値 1.52 mm, 平均値 4.986 mm, SD 1.668 mm であった。一方、顆頭中心点における側方運動時非作業側の傾斜度は最大値 69.8°, 最小値 22.5°, 平均値 46.26°, SD 8.23°, 距離は最大値 8.11 mm, 最小値 1.84 mm, 平均値 4.956 mm, SD 1.367 mm であり、前方運動時の傾斜度は最大値 66.1°, 最小値 27.1°, 平均値 47.02°, SD 7.81°, 距離は最大値 9.85 mm, 最小値 1.47 mm, 平均値 4.949 mm, SD 1.634 mm

表 3 移動曲線形態各型の頻度

joints	right joint				left joint			
	n. w. s		e-e. p		n. w. s		e-e. p	
condylar points	C.T.	C.C.	C.T.	C.C.	C.T.	C.C.	C.T.	C.C.
type I	15	15	15	15	20	17	22	20
type II	18	16	16	18	11	11	7	5
type III	9	10	12	10	12	14	15	17
type IV	8	9	7	7	7	8	6	8

図 15 移動曲線形態各型の頻度

であった (表 4, 図 14)。

IV. 考 察

下顎運動解析に関する研究方法ならびに業績は枚挙にいとまがないが、著者らは下顎運動とりわけ顆頭の挙動検索にあたり規格断層 X 線撮影法が最も有利であると考え、本研究の撮影装置である Sectograph を用いて顎関節の形態ならびに各咬合接触位および開口位における顆頭位に関して多角度からの調査、検討を行い、さらに computer operated superposition method の確立²⁾により一層合理的な分析が可能となった。本研究は従来の分析方法を基礎資料として、interpolation method と a large number superposition graph とを組み入れることに成功し、側方運動時非作業側および前方運動時における顆頭の挙動をより詳細にかつ視覚的にとらえることが可能となった。また、これらの研究結果は 3 報に分けて発表を行うことにしたが、この 1 報にあっては下顎窩の形態、顆頭頂および顆頭中心点の移動に限定して検討を

表 4 移動路の傾斜度と距離

C. T., n. w. s				
	inc.		dist.	
side	right	left	right	left
M	45.16	47.85	4.799	5.200
SD	9.14	8.27	1.463	1.421
max.	73.0	61.3	9.26	9.21
min.	23.2	26.8	1.72	2.82
M	46.50		5.000	
SD	8.78		1.456	
max.	73.0		9.26	
min.	23.2		1.72	
C. T., e-e. p				
	inc.		dist.	
side	right	left	right	left
M	46.22	47.75	4.796	5.177
SD	8.21	8.18	1.386	1.890
max.	63.8	65.4	7.80	9.73
min.	26.9	28.6	2.39	1.52
M	46.99		4.986	
SD	8.19		1.668	
max.	65.4		9.73	
min.	26.9		1.52	
C. C., n. w. s				
	inc.		dist.	
side	right	left	right	left
M	44.86	47.66	4.763	5.149
SD	8.49	7.78	1.369	1.337
max.	69.8	60.6	8.11	7.99
min.	22.5	28.7	1.84	2.79
M	46.26		4.956	
SD	8.23		1.367	
max.	69.8		8.11	
min.	22.5		1.84	
C. C., e-e. p				
	inc.		dist.	
side	right	left	right	left
M	46.19	47.85	4.769	5.128
SD	7.81	7.82	1.332	1.870
max.	61.6	66.1	8.15	9.85
min.	27.1	29.7	2.58	1.47
M	47.02		4.949	
SD	7.81		1.634	
max.	66.1		9.85	
min.	27.1		1.47	
degree			mm	

加えたものである。

1. 研究方法について

頭部規格断層 X 線撮影装置 Sectograph の精度に関しては研究検討を重ねており、それらの基礎的検討結果の

詳細についてはすでに報告を行っていると同時に実用性に関しても一応の水準を満たすものと報告した。また、X 線写真上における拡大率は各被験者の両顎頭中央間距離により当然変化し、計算上最大値 1.064、最小値 1.057、平均値 1.0609、SD 0.0019 である。本来、各例それぞれについて標点を設けて三次元的見地から個々に拡大率の補正を行うことが理想的とは考えるが、一方、日常臨床において、個々の患者について完全な補正を行うことはほとんど不可能であると考ええる。また、研究の最終的目標が側方運動時非作業側と前方運動時における顎頭運動様相の解明にあるため、今回はあえて補正は行わず data の処理、分析はすべて X 線フィルム像を基準像として使用した。なお、三次元的な見地からの顎関節の静的および動的な X 線学的調査については、顎路の立体的再現に関する新 program を開発中であるので、理想的な補正の完全施行はそれらの完成をまたねばならない。

本研究にあっては被験者 50 名の左右側を被験顎とし、咬頭嵌合位を起始点として側方運動時非作業側および前方運動時における犬歯の尖頭咬合接触位または小臼歯部の咬頭頂咬合接触位、および切端咬合位を最大運動位とし、さらに各中間 2 点を含めた 7 顎位における規格断層 X 線写真を撮影し、computer operated superposition method による各顎位の分析、さらに interpolation method による側方運動時非作業側と前方運動時における顎頭頂ならびに顎頭中心点の移動曲線の描記に成功した。顎頭の動きを連続的な曲線として表現する方法にはパントグラフ法やマルチフラッシュ法などがあるが、いずれも前方要素としての上下顎咬合面間関係を projection せしめ、かつ外側からの測定であり、顎関節の形態表現をも合わせもつ移動曲線の報告はほとんどみられない。著者は顎頭頂および顎頭中心点などの顎頭内任意点の移動路に関する分析をふまえて、さらに顎頭全体の移動を再現し詳細な検索を行う予定である。

2. 下顎窩前壁の傾斜度について

下顎窩前壁に関する調査は、前方滑走運動時および側方滑走運動時非作業側における顎頭運動との関連性について、特に補綴学的分野からは重要視されてきた。そこで、本研究においては下顎窩前壁の F-H-L に対する傾斜度について調査を行った。

一般に下顎窩前壁は左側基準外側方からの観測によっては S 状態を呈しており、この傾斜度を測定する方法には大別して 2 種類がある。まずは下顎窩最高点と関節結節最下点とを結んだ線を基準とするものであり、他方

は下顎窩前壁中央部付近の接線を基準とするものである。前者は下顎窩前方部の全体的な形態を表現する場合にあっては有利な方法であり、一方、後者は顎頭動線との関連性を検討するうえでは合理的であると考えられるが、実際に接線の設定には客観性を欠く要素があり、また作業上においても統一性に問題があるものと思われる。また、前壁の形態がS状を呈するものがほとんどを占めているので、顎頭の滑走運動を前期、中期、後期に3分割した場合においては前期ならびに後期は中期よりも低い滑走傾斜度を示すものと考えられる。そこで滑走運動時における平均的傾斜度となりうると同時に、臨床的にも容易に利用でき、客観性にも富む方法として下顎窩最高点と最低点を結んだ距離の中間部 1/2 をもって S 状曲線部中央付近の平均的傾斜度とみなした。

f.w. θ_1 は右側で平均値 39.46°, SD 5.37°, 左側で平均値 41.35°, SD 5.68°, 左右側では平均値 40.41°, SD 5.61° であり、また左右に有意差はみられない。森永³⁾ は成人有歯顎者において下顎窩窩底中央と関節結節中央を結ぶ線が眼耳平面となす角度は右側で平均 35.68°, 左側で 35.60° であると報告している。また、小池⁴⁾ は頭蓋骨を出齦状況により分類し永久歯出齦完了時における関節結節と、窩底中央結合線の F-H 平面となす角は 32° であると報告しており、これら乾燥頭蓋骨上における報告にあってはいずれも本研究結果に比較して小さな値を示した。このような測定値差は、いわゆる生体と乾燥骨との相違の一端を示しているものと考えられる。したがって、著者のような臨床的立場からの研究にあっては、乾燥骨計測結果に関していささかの顧慮をはらう必要があるものと考えられる。

一方、f.w. θ_2 は右側で平均値 54.13°, SD 7.90°, 左側で平均値 56.22°, SD 8.11°, 左右側では平均値 55.18°, SD 8.07° であり、また左右に有意差はみられない。Ricketts⁵⁾ は関節結節後壁斜面と F-H 平面となす角度を測定し 54° であると報告している。中尾⁶⁾ も同様な研究方法によって F-H 平面を基準とした関節結節後壁の接線のなす角度を測定し男子右側 57.35°, 左側 60.05° であるとし、また白土⁷⁾ の報告も関節結節後壁中点における接線のなす角度は 54.7±8.5° とし、一方、河野⁸⁾ は咬合平面を基準とし関節結節後壁の直線部分のなす角度は 55.7° と報告している。

本研究における基準平面は F-H-L であり、Ricketts, 中尾, 白土の場合とほぼ同一であると考えられるので、これらの計測値間は近似した値を示している。一方、咬合平面と F-H-L は約 10° から 15° の角度差を有してい

るため河野の結果は他の研究結果よりも 10° から 15° 大きな値を示していることになる。以上の研究はいずれも規格断層 X 線撮影法によるものであり、下顎窩前壁の計測基準のとり方に相違があるかと推察されるが、一部の結果以外にあってはほとんど同様の値を示しているものと考えてよいであろう。

また、f.w. θ_1 と f.w. θ_2 の相関係数は 0.922 であり、非常に高い相関係数値を示した。これは下顎窩前壁部の形態的安定性を示す結果の 1 つと思われる。すなわち、f.w. θ_1 は下顎窩前方域断面形態の全体像を表現し、f.w. θ_2 は歯科補綴学を中心とする下顎運動への関与性が高いと思われる下顎窩前壁の傾斜角度を表示するものである。したがって、下顎窩前方域の概略的把握であれば f.w. θ_1 でも有効であり、この部の矢状面的傾斜の傾向を把握することが可能といえよう。一方、下顎運動との関連性を高い確率で求める目的を持つ場合の傾斜度の測定は f.w. θ_2 が合目的的であることは明白である。これらの詳細は次報以降にゆずる。

3. 顎頭頂および顎頭中心点の移動に関する interpolation による curved line の分析結果について

1) 移動曲線形態の分類と比較

歯科補綴学的立場からの下顎運動に関する研究、執中、顎頭の挙動に関する検索は多きを数えるが、ここでは顎頭の特定部位の運動路についての形態的分類に焦点をあて検討を行った。顎路形態の分類に関しては今日まで種々なる報告がなされてきた。加藤⁹⁾ はストロボ撮影法により矢状顎路を 3 型に分類し、直線型 56.0%, 凹湾型 38.0%, 凸湾型 6.0% であったとし、pantograph 法を用いた鶴見¹⁰⁾ も同様に矢状前方顎路を 3 型に分類し直線型が最も多いとしている。また自動電子計測システムによる保母¹¹⁾ の報告では矢状側方顎路を特異凹湾曲型、凹湾曲型、直線型、凸湾曲型、特異凸湾曲型の 5 型に分類している。一方、斎藤¹²⁾ の Panadent 下顎運動記録装置を用いた測定結果は、前方運動路に関しては直線を示したものはなく運動路の中間点でその湾曲方向を下方向へ凸湾を向けたものを正とした場合、正が 65.0%, 負が 35.0% であり、また矢状側方顎路にあっては正が 7.5%, 負が 92.5% であったと報告している。

著者は図 12 に示すごとく各移動曲線を 4 種に分類し、左右側別、運動路別(前方運動時と側方運動時非作業側)および測定点別(顎頭頂と顎頭中心点)に調査、検討を行った。本分類方法においても斎藤と同様、直線型は含まれていない。なお、各移動曲線のなかには直線的と思

表 5 顎頭頂と顎頭中心点の移動曲線形態に関する同調性

上は、側方運動時非作業側、下は、前方運動時

n. w. s		right joint				left joint			
condylar center	condylar top	type I	type II	type III	type IV	type I	type II	type III	type IV
	type I	13	1	1	0	16	0	1	0
	type II	0	14	0	2	0	11	0	0
	type III	1	1	8	0	2	0	11	1
	type IV	1	2	0	6	2	0	0	6
e-e. p		right joint				left joint			
condylar center	condylar top	type I	type II	type III	type IV	type I	type II	type III	type IV
	type I	14	0	1	0	18	1	0	1
	type II	1	11	5	1	0	5	0	0
	type III	0	2	8	0	1	1	15	0
	type IV	0	1	0	6	2	0	0	6

われるものも見受けられるが、本研究方法にあつては直線とは表現しえないのでこの type を分類から除外した。

まず、すべての条件下における C.T. および C.C. の曲線の形態に関する傾向を概略的に把握する必要がある。すなわち、顎頭頂、顎頭中心点および側方運動時非作業側、前方運動時ならびに左右両側全 400 例中の各型の頻度は、I 型 (凹湾型) が 139 例 (34.8%) で最も多く、ついで II 型 (凸湾型) が 102 例 (25.5%)、III 型 (S 状型) が 99 例 (24.8%) であり、IV 型 (逆 S 状型) が最も少なく 60 例 (15.0%) であった。左右側別には右側で II 型が最も多く、ついで I 型、III 型、IV 型の順であり、左側では I 型が最多を示し、ついで III 型、II 型、IV 型の順である。また、いずれの条件下にあつても、S 状を示す下顎窩前壁形態とは全く逆の曲線を描く IV 型は低頻度である。

(1) 側方運動時非作業側における顎頭頂および顎頭中心点の比較

側方運動時非作業側における右側顎頭頂と顎頭中心点の曲線の同調性については、両者とも I 型に属するものは 13 例、II 型は 14 例、III 型は 8 例および IV 型は 6 例であり、右側 50 例中 41 例、82% の高率を示した。一方、左側の同調性についても両者とも I 型は 16 例、II 型は 11 例、III 型は 11 例および IV 型は 6 例であり、左側 50 例中 44 例、88% の高率を示した。以上のごとく顎頭頂の移動曲線形態と対応する顎頭中心点の移動曲線形態は高率で一致することから、側方運動時非作業側における顎

頭は bodily shift を行うことが推察される。しかし、両点の移動曲線形態が異なる例も右側で 9 例、左側で 6 例あり、側方運動時に rotation を伴う場合がありうることに注意を払う必要がある (表 5)。

(2) 前方運動時における顎頭頂および顎頭中心点の比較

前項と同様、前方運動時における右側顎頭頂と顎頭中心点の同調性については、両者とも I 型は 14 例、II 型は 11 例、III 型は 8 例および IV 型は 6 例であり、右側 50 例中 39 例、78% の高率を示した。一方、左側の同調性についても両者とも I 型は 18 例、II 型は 5 例、III 型は 15 例および IV 型は 6 例であり、左側 50 例中 44 例、88% の高率を示した。

これらの結果は非作業側の顎頭頂および顎頭中心点の結果とはほぼ同様であり、いずれの場合もほぼ bodily shift を行っていると考えてよいであろう (表 5)。

(3) 顎頭頂の移動に関する側方運動時非作業側および前方運動時の比較

側方運動時非作業側および前方運動時における右側顎頭頂の移動曲線の類似性については、両者とも I 型は 6 例、II 型は 8 例、III 型は 1 例および IV 型は 1 例であり、右側 50 例中 16 例、32% を示すのみで 60% 以上が異なる曲線形態である。一方、左側にあつても両者とも I 型は 12 例、II 型は 3 例、III 型は 5 例および IV 型は 2 例であり、左側 50 例中 22 例、44% であり右側よりもやや高率を示したが、異型組合せを下まわっている (表 6)。

表 6 側方運動時非作業側と前方運動時の移動曲線形態に関する類似性
上は、顆頭頂，下は、顆頭中心点

condylar top		right joint				left joint			
n. w. s		type I	type II	type III	type IV	type I	type II	type III	type IV
e-e. p									
type I									
type II									
type III									
type IV									
6		4	4	1	12	3	4	3	
1		8	3	4	1	3	2	1	
4		5	1	2	4	5	5	1	
4		1	1	1	3	0	1	2	
condylar center		right joint				left joint			
n. w. s		type I	type II	type III	type IV	type I	type II	type III	type IV
e-e. p									
type I									
type II									
type III									
type IV									
4		4	5	2	8	4	4	4	
3		8	3	4	1	2	2	0	
4		3	2	1	4	5	7	1	
4		1	0	2	4	0	1	3	

(4) 顆頭中心点の移動に関する側方運動時非作業側および前方運動時の比較

側方運動時非作業側および前方運動時における右側顆頭中心点の移動曲線の類似性については、両者ともⅠ型は4例、Ⅱ型は8例、Ⅲ型は2例およびⅣ型は2例であり、右側50例中16例、32%を示し、一方、左側にあっても両者ともⅠ型は8例、Ⅱ型は2例、Ⅲ型は7例およびⅣ型は3例であり、左側50例中20例、40%であり前項の顆頭頂の場合と同様の傾向を示した(表6)。

側方運動時非作業側および前方運動時における顆頭頂および顆頭中心点の動きに関する同調性率の高さから、両者の場合ともに bodily shift を行っていることが判明しているにもかかわらず、顆頭頂ならびに顆頭中心点における非作業側および前方運動時の移動曲線に関する類似性率は、前者の比較方法の約半量の出現率のみを示したにすぎない。したがって、顎位の挙動調査にあたっては多数点計測が必要であることをものをがたる重要な資料と考える。

2) 傾斜度と移動距離

F-H-L に対する傾斜度は右側における顆頭頂の側方運動時非作業側にあつては平均値で 45.16°, 前方運動時 46.22° であり、顆頭中心点の非作業側 44.86°, 前方運動時 46.19° である。一方、左側における顆頭頂の非作業側においては 47.85°, 前方運動時 47.75°, 顆頭中心点の非作業側 47.66°, 前方運動時 47.85° を示し、いずれも近似している。一方、移動距離にあつても4者はほぼ同値の約 5 mm (平均拡大率 1.0609 にて補正を行った場合には約 4.7 mm) を示し、測定点ならびに運動の相違

による差異は見出しえなかった。白土⁷⁾は規格断層 X 線撮影法により顆頭最高点における咬頭嵌合位から切端咬合位への移動に関して調査を行い、F-H 平面に対する顆路角は 35.6° 移動距離は 3.1 mm であったと報告し、またマルチフラッシュ法による河野¹³⁾によると全運動軸における咬合平面に対する矢状顆路角は 39.9° 移動距離は 5.3 mm である。一方、側方運動時非作業側に関して中野¹⁴⁾は写真法を応用した下顎運動三次元記録装置により犬歯の切端咬合位をわずかに越えるまでの全運動軸の移動を調査し、距離が 4.10 mm、カンベル平面に対する矢状顆路角は 35.96° であると報告している。本研究の結果は白土の報告と比較して傾斜度、距離いずれも大きく、一方、河野と中野の報告とは基準平面の差異を考慮すると傾斜度は近似しており、また移動距離にあつては両者の中間の値を示した。

また、側方運動時非作業側と前方運動時の間には傾斜度に関して顆頭頂で 0.802、顆頭中心点では 0.810 の相関係数を示し、移動距離に関しても顆頭頂で 0.652、顆頭中心点では 0.616 といずれも強い正の相関関係を認めた。

以上の結果から、顆頭頂ならびに顆頭中心点における傾斜度および移動距離に関しては、側方運動時非作業側と前方運動時との間に差異がほとんどなく強い相関関係が存在することが判明した。したがって、両運動は近似の移動路を示していることが推察される。さらに、下顎窩前壁の傾斜度 $f.w.\theta_1$ 、 $f.w.\theta_2$ と各移動路傾斜度の間にはいずれも正の相関関係が認められ、加えて $f.w.\theta_1$ に比べて $f.w.\theta_2$ がより強い相関関係を示した。この結果

は顎頭運動に対する下顎窩前壁形態の影響を強く示唆すると考える。

以上のように移動路の傾斜度、距離に関しては側方運動時非作業側と前方運動時の間に非常に強い類似性を認めたが、移動曲線形態にあつては類似性を認めることがやや困難であった。したがって、本課題に関してはさらに他の角度からの検討と分析を推進する必要があるものと考えている。

V. 結 論

頭部規格断層 X 線撮影装置 Sectograph を用いて、成人正常咬合者 50 名の左右 100 側を対象として、咬頭嵌合位を基準位とし、側方運動時非作業側 3 顎位および前方運動時 3 顎位について断層撮影を行い、下顎窩前壁の形態的調査および “computer operated superposition method” による顎頭位に関する data 処理を行った。また、顎頭頂および顎頭中心点それぞれについて computer による通常の “interpolation” を行い、得られた curved line (移動曲線) に関して調査した。それらの結果はつぎの通りである。

1. computer による interpolation の導入により、少数枚の sectogram から顎頭頂および顎頭中心点の連続的な移動曲線を得ることが可能となった。

2. 下顎窩前壁の傾斜度は 2 種の方法で測定を行った。下顎窩最高点と最低点を結んだ直線が F-H-L となす角度 $f.w.\theta_1$ (解剖学的傾斜度) は右側で平均値 39.46° 、左側では 41.35° であり、下顎窩最高点と最低点を結んだ直線を 4 分割し中央 1/2 を結んだ直線が F-H-L となす角度 $f.w.\theta_2$ (補綴学的傾斜度) は右側で 54.13° 、左側では 56.22° であった。

3. interpolation による curved line を 4 種に分類した。I 型 (凹湾型)、II 型 (凸湾型)、III 型 (S 状型)、IV 型 (逆 S 状型) である。4 型の各頻度に関する結果は、顎頭頂 200 例において I 型 72 例、II 型 52 例、III 型 48 例および IV 型 28 例であり、顎頭中心点 200 例においては I 型 67 例、II 型 50 例、III 型 51 例および IV 型 32 例であった。

4. 側方運動時非作業側および前方運動時いずれにあつても、顎頭頂の曲線形態と対応する顎頭中心点の曲線形態は高率で一致すると同時に、移動路の傾斜度および距離に関しても顎頭頂と顎頭中心点の間にはほとんど差異は認められなかった。したがって、矢状面観において両運動時の顎頭は bodily shift を行う場合が多いことが解明できた。

5. 顎頭頂ならびに顎頭中心点における傾斜度および距離に関しては側方運動時非作業側と前方運動時との間に有意差はなく、かつ強い正の相関関係を認めた。

稿を終るにあたり、ご懇篤なご校閲を賜った、大阪歯科大学西浦 恂教授に深甚なる謝意を表します。

また、研究の推進にあたってご助言を賜った、東京歯科大学関根 弘教授に深謝いたします。

文 献

- 1) 早坂正博, 高橋健二, 片岡保夫, 田島篤治: Sectograph による顎頭位の研究, 第 1 報 各下顎位における顎頭位について, 補綴誌, 27: 550~572, 1983.
- 2) 清野見孝, 佐藤彦彦, 酒井靖彦, 近江谷尚紀, 田中義博, 高橋健二, 篠田 登, 田島篤治: 咬合と顎関節に関する研究 V 咬合挙上装置装着による顎頭位の変化について, 補綴誌, 29: 1416~1425, 1985.
- 3) 森永太悟: 下顎窩の形態学的研究, 特に無歯顎と有歯顎の差異について, 歯科学報, 70: 1381~1408, 1970.
- 4) 小池将浩: 下顎窩の発育に関する研究, 歯科学報, 70: 1409~1428, 1970.
- 5) Ricketts, R.M.: Variations of the temporomandibular joint as revealed cephalometric laminagraphy, Am J Orthod, 36: 877~898, 1950.
- 6) 中尾文則: 外頰部に於ける顎頭の位置決定の X 線学的研究, 九州歯会誌, 23: 234~254, 1969.
- 7) 白土清司: 顎関節形態および前歯部被蓋状態が前方滑走運動に及ぼす影響, 九州歯会誌, 36: 228~245, 1982.
- 8) 河野正司: 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動の研究, 第 1 報 断層 X 線規格写真による観察, 補綴誌, 12: 337~349, 1968.
- 9) 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.
- 10) 鶴見祐三: 咬合非誘導と咬合誘導における顎路の変化に関する研究, 歯科学報, 75: 1401~1434, 1975.
- 11) 保母須弥也, 望月貞成: 自動電子計測システムによるヒトの下顎運動の研究, 第 2 報 水平側方顎路における共通媒介変数 (I.P.B. 値) の存在について, 補綴誌, 26: 635~653, 1982.
- 12) 斎藤文明: 下顎頭の運動路に関する研究, 歯科学報, 79: 721~761, 1979.
- 13) 河野正司, 塩沢育己, 中野雅徳: 前方滑走運動の歯牙指導要素としての切歯路の研究, 補綴誌, 19: 426~433, 1975.
- 14) 中野雅徳: 側方滑走運動における顎路と歯牙路に関する研究, 補綴誌, 19: 647~665, 1976.