顎関節症患者の後方咬合小面域における咬合の分析

赤 西 正 光

Occlusal Analysis in the Retroportion Facettes' area in TMJ-pain Dysfunction Patients

Masamitsu Akanishi

I. 緒 言

いわゆる顎関節症は、社会の複雑化に伴う精神的ストレスの増加、咬合に関係した不完全な歯科治療などと相まって、今日増加する傾向にある^{1,2)}。しかし、今日いわれている顎関節症は、単に臨床症状から名付けられた診断名であって、その病因および発症因子は多方面にわたっているため、本症の成り立ちに関して多くの説に分かれている。すなわち Costen, Gerber らの過蓋咬合説を含めた機械的偏位を因子とする説^{3~6)} Schultz らの顎関節の過可動性を因子とする説⁷⁾, Bell, Schwartz らの筋の生理を主体とした神経—筋機構の乱れを因子とする説^{8~22)}, その他 Laskin らの精神生理学的因子説^{23~25)}, Marbach らの精神病学的因子説^{26,27)}, 等が有力な考え方とされている。しかし、いずれの説においても、顎関節症における多くの場合、咬合が何らかの形で関与していると考えられている。そして顎関節症と咬合との関連については、これまで臨床的に、閉口時および滑走時における各種顎位での咬合干渉^{28,29)}, 下顎の偏位^{1,14~16,22)}, 咬合高径の低下^{30,31)}, 咬合を乱す不良補綴物³²⁾, 歯牙の位置異常³²⁾が報告されている。その中で特に、中心位、咬頭嵌合位における不調和^{14~16,22)}, および中心位より咬頭嵌合位に至る滑走中の接触状態の異常が、顎関節症患者に多いとされている^{14~16)}。すなわち、生理的機能運動としての咀嚼・嚥下をも含む咬頭嵌合位からの後方運動の経路中における咬合の異常性が問題となって

いる^{14~16)}。また、咬頭嵌合位と後方接触位との間における、咬合調整による顎関節症の治験例が多くある。これらの報告からみると、後方咬合小面における咬合の異常性と顎関節症との間には、何らかの関連が考えられる。しかし、その成り立ち等細部については、はっきりとした見解を得るに至っていない。

ところで咬合小面は、顎運動の集積の結果として形成されるものであり、その形態は、顎運動の状態を知る大きな要素となり得ると考えられている^{33~38)}。これまでの報告をみると、咀嚼運動路が咬合小面の傾斜角度と密接な関係にあり³⁸⁾, 咬合小面は、歯牙接触の各段階において対応される接触点の連続であることまで明らかにされてきた³⁷⁾。しかし、後方咬合小面自体につき取り扱った研究はほとんどない。とりわけ、顎関節症患者の後方咬合小面についての研究は皆無である。

そこで著者は、顎関節症患者の後方咬合域における咬合の異常性を知ることを目的として、下顎最後退位付近での咬合小面の矢状断面像を幾何学的に分析し、あわせて下顎後退位での各種顎位につき分析を行った。

II. 被験者ならびに研究方法

1. 被 験 者

被験者は、大阪大学歯学部付属病院第1補綴科に顎関節部異常感を訴えて来院した（昭和51年4月～昭和54年4月）患者のうち、顎関節およびその周囲の疼痛、顎運動制限、顎関節雑音等の、いわゆる顎関節症の臨床所見を有する者から19名（年齢16～31歳、平均24歳）を選択した。

選択基準は以下のとおりである。

1) 片側の顎関節部、あるいは外側翼突筋附着部、顎

大阪大学 歯学部 歯科補綴学第1教室（指導：下総高次教授）
1st Department of Prosthetic Dentistry, Osaka
University, Dental School (Chief, Director: Prof.
Takaji Simoosa)

昭和55年1月14日受付

二腹筋付着部等、顎関節周囲に下顎運動時に疼痛を有すること。

- 2) 初発時より来院時に至るまで疼痛側が同一側であること。
- 3) 既応歴、顎関節部X線所見に、リウマチ性を含む炎症性顎関節症状、あるいは外傷の疑いのないこと。
- 4) 歯周組織は、視診、触診、X線所見を総合して健全であり、病的歯牙動揺を認めず、咬耗は Broca の分類で2度までであること。
- 5) 智歯を除いて欠損がなく、また咬頭頂を含む補綴物がなく、さらに傾斜、稔転等による歯列の大きな乱れがないこと。

対照は、いわゆる個性正常咬合を有する者のうち、大阪大学歯学部教員、学生の中から、顎機能に異常を認めない9名(25~32歳、平均28歳)を選択した。

選択基準は以下のとおりである。

- 1) 年齢が30歳前後までであること。
- 2) 過去2年間において、歯科疾患に関する既応歴がないこと。
- 3) 顎関節およびその周囲に、自覚的にも他覚的にも異常を認めないこと。
- 4) 歯周組織は健全であり、咬耗の程度が Broca の分類で2度までであること。

以上の被験者を正常者群、左側片側疼痛者群、右側片側疼痛者群の3グループに分けた。

2. 研究方法

(1) 後方咬合小面における矢状断面の幾何学的分析

印象は、ビニルシリコン系印象材(GC社製 Exaflex)による連合印象法により、上下顎各々2対採得した。なお一次印象の後に、歯面を次亜塩素酸ソーダを用いて清掃、水洗した。印象採得後直ちに、1対には硬石膏(GC社製 Newplastone)を、もう1対にはエポキシ樹脂(Ciba Geigy社製 Araldite GY 252, HY 837)を注入した。そして常法のごとく、それぞれの模型を全調節性咬合器 Dennar D4A, (Dennar社製)に装着し、Pantograph (Dennar社製)により咬合器調節を行った。

硬石膏模型の歯牙部に透明ラッカーを1層塗付し、乾燥した後、上顎歯牙部に市販口紅をアルコールで溶かした塗料を、一様に薄く塗布した。ついで、下顎最後退位で咬合器を軽くタッピングさせ、接触点を下顎歯牙部に印記し、最も近心に印記された歯牙のうち、接触点の一

図1 後方咬合小面の光切断法による矢状断面図(左)およびそのトレース図(右)

番近心の点を最後退位接触点とした。次に同じ下顎模型において、頬側咬頭頂点を鉛筆でマークした。なお頬側咬頭頂点が咬耗により消失している場合、歯牙の咬合縁より稜線を延長し、その交点を頬側咬頭頂点とし、咬合小面上に記入した。そして、接触点および頬側咬頭頂点を印記した模型付きの咬合器を水平面に置き、左側顆頭球を(0, 100, 100)、顆頭間距離を α とすると右側顆頭球が(α , 100, 100)となるように位置付けして、各点の座標をコンパレーターで読みとった。

エポキシ樹脂下顎模型は、真空蒸着装置(エイコーエンジニアリング社製)で10分間金蒸着を行った。その模型上での下顎歯牙の後方咬合小面を、微小表面検査顕微鏡(Nikon社製)を用いた光切断法により、縦幅0.1mmで切断を行った。そして咬合小面の終縁点が近心側に最も寄っている断面像を求めて、最後退位接触点を含む後方咬合小面を得た。矢状断面像を得る際、模型のマウンティングプレートの底面を水平にし、模型前後軸を顕微鏡載物台の左右軸にあわせた。なお必要咬合小面が視野中におさまらない場合、載物台を側方にのみ動かし、必要な咬合小面域の矢状断面像を写真撮影(Tri X, コダック社製)し、トレースした(図1)。このトレース図において、矢状断面像の最近心点を最後退位接触点とし、先に求めた座標の値を記入した。この操作により後方咬合小面の上下、左右の位置関係を決定させた。

50倍に拡大された後方咬合小面の矢状断面図において、最後退位接触点、およびその点より水平方向で5mmずつ遠心の2点、合計3点を定めて、この3点を通る円の中心を求め、後述する算出法により、後方咬合小面の矢状断面像に対する最後退位接触点における法線式を求めた。一方、パントグラフにより得られた描記像の最後退位より、2mmの範囲内で合わせた矢状顆路角を定め、顆頭点におけるその矢状顆路にたてた垂線式を求め、こ

図 2 幾何学的分析法の模式図

矢状顎路が 40 度になるように座標変換した。

の垂線と上記法線の交差する点を計算で求め、Retroportion point とした。

Retroportion point を求めるための法線式および垂線式は、次の計算式によった。

最後退位接触を A (a, b), 最後退位 接触点を含む 3 点より決定される円の中心を O (c, d), 矢状顎 路角を e とすると、法線式は

$$y = \frac{b-d}{a-c}(x-a)+b$$

垂線式は

$$y = -\frac{1}{e}(x-100)+100 \quad (\text{ただし } \tan e \Rightarrow e)$$

で表せる。

次に、左右両矢状顎路角を全被験者の平均である 40 度に校正し、下顎最後退位接触点、頬側咬頭頂点、Retroportion point の各点を座標変換した (図 2)。

このような操作の後、正常者、左側片側疼痛者、右側片側疼痛者の各グループにおいて、①頬側咬頭頂点の位置分散、②最後退位接触点の位置関係、③Retroportion point の位置関係、④Retroportion point と最後退位接触点との距離の大きさ、およびその左右相関性、

⑤Retroportion point と最後退位接触点との距離と、Retroportion point の位置との相関性等につき、次のとき分析を行った。

1) 頬側咬頭頂点の位置分散

頬側咬頭頂点の位置座標を測定し、これらを一次回帰した直線として取り扱い、左右の比較を行った。

2) 最後退位接触点の位置関係

最後退位接触点の位置座標を測定し、その座標より各 x 座標に対応する高さを知るために、最小自乗法による回帰直線を求め、左右比較を行った。

3) Retroportion point の位置関係

Retroportion point は顎頭点で顎路にたてた垂線上にあるため、x 座標を定めるだけで決定される。したがって、Retroportion point の x 座標を用いてその位置関係を分析した。

4) Retroportion point と最後退位 接触点との距離の大きさおよびその左右相関性

Retroportion point と最後退位 接触点との左右距離比をベクトル的に取り扱い、それぞれに対応する正接角を求め、その分散性を調べた。

5) Retroportion point と最後退位接触点 との距離と、Retroportion point の位置との相関性

Retroportion point の位置はそのx座標で代表させ、Retroportion point の位置と Retroportion point と最後退位接触点との距離の相関性をみるため、回帰状態を調べるとともに、その回帰直線を用いて左右比較を行った。

(2) 各被験者の後方咬合域における各種顎位の分析

後方咬合域における各種下顎位の基準顎位よりの左右・前後・上下方向の微細な偏位を、下記に示すような装置を利用して、筋電図を補助手段として同時記録させ、測定した。

測定装置はストレングージ（共和電業社製 KFC-5-C1-11 および KFC-03-C-11）を利用したものであり、上顎の歪み検出部分と下顎のスタイラス部分から成る。この装置を被験者に装着するために、咬合器上下顎模型歯列の唇頬側面に即時重合レジンをを用い、各顎位で障害とならぬようにクラッチを作製し、咬合器装着模型での最大咬頭嵌合位で測定装置を取り付けた。スタイラスの横棒、歪み検出部分の左右各側の片持梁を結ぶ線と、両顎頭を結ぶ線は各々平行とし、上下各々の測定装置の中心は顎頭を結ぶ線分の垂直二等分線上にあり、さらに測定装置の中心を結ぶ線分が、両顎頭の中心と歪み検出部分の中心を結ぶ線分に垂直になるようにした。そして、上下クラッチに取り付けた各々の装置が、咬合器上での各種の運動に対して、障害とならない程度にできるだけ歯列に接近させ、口唇の影響がないように、下顎部分をできるだけ上顎に接近させた状態にした。

顎位の測定に際し、試行ごとにほぼ同一の筋活性での顎位を得るため、筋電図を顎位決定の補助手段として用いた。そして、顎位記録と筋電図記録の同時記録を行うために、前者は一度ブリッジボックスを介し、Carrier Amp. につなぎ、後者は直接 Biophysical Amp. につなぎ、両者をポリグラフ（日本光電社製）を用いて同時記録した。筋電図の誘導部位は、左右咬筋中央部（RM, LM）、左右舌骨上筋（RSH, LSH）、および左右側頭筋後腹（RTP, LTP）など、主として顎後退筋とし、表面電極あるいは針電極により双極誘導した。不関電極は、前頭部に取り付けた（図3）。

下顎位の位置計測は、計測開始の顎位を被験者の咬頭嵌合位とし、その時の記録装置からの出力を ± 0 とし、各種顎位の位置変化による電位差を読みとり、実際の変化量を求めた。なお校正曲線は被験者毎に表した。そして、各顎位のうち最も位置分散の小さな顎位を求

図3 顎運動と筋電図を同時記録している状態図

図4 Clenching phase での顎位計測—筋電図記録例

図の上半分は、左側方（LH）、右側方（RH）、前方（FH）、上下方（VH）のゲージから導出された記録例を示す。

め、その顎位を基準顎位として、その顎位からの偏位量を求めた。

計測顎位は次のとおりである。

Clenching phase での Clenching point, Tapping phase での Tapping point, Retro-Tapping phase での Retro-Tapping point, タップからの Retro-Sliding

図 5 Tapping phase での記録例

phase での Tap point, Retro-Sliding point, Antero-Retro-Sliding phase での Inter Cuspal Position (Anterior point), Inter Cuspal Position (Posterior point) (以後それぞれ I. C. P. (A), I. C. P. (P) と略す), および Retro point である。

A) Clenching point : 被験者に最大かみしめを行わせる Clenching phase において, その時の導出記録の安定した位置を Clenching point とした (図 4)。

B) Tapping point : 被験者に筋電図形で最大かみしめ時の 1/2 程度の筋活性を示す, 1 秒間 1 回程度のタッピングを行わせた Tapping phase において, 開口相に移る直前の導出記録の安定した位置を Tapping point とした (図 5)。

C) Retro-Tapping point : 被験者自身が下顎を後退させ, その位置を保持しながら 1 秒間に 1 回程度のタッピングを行わせた Retro-Tapping phase において, 開口相に移る直前の導出記録の比較的安定した位置を Retro-Tapping point とした (図 6)。

D) Tap point, Retro-Sliding point : 被験者に自由にタップさせて, その位置から上下顎歯牙を接触滑走

図 6 Retro-Tapping phase での記録例

させながら, できるだけすばやく後退させるという動作をくり返させたタップからの Retro-Sliding phase において, 上下方ストレンゲージよりの記録から判別される上下顎歯牙の接触した位置を Tap point とし, 開口相に向かう直前の静止した位置をもって Retro-Sliding point とした (図 7)。

E) I. C. P. (A), I. C. P. (P), Retro point : 切端咬合位付近から歯牙を接触させて下顎をゆっくり後退させ, 咬頭嵌合位付近を通り, さらに後退させ, ついで, 十分後退させた位置より逆にゆっくりと顎を前進させ, 咬頭嵌合位付近を通り, 再び切端咬合位付近に戻るという動作を, 1 回約 15~20 秒の割り合いでくり返させた。その Antero-Retro-Sliding phase において, 後退位より前方位に向かう際通過する咬頭嵌合近傍位を I. C. P. (A), 前方位から後退位に向かう際通過する咬頭嵌合近傍位を I. C. P. (P) とし, 最後退位点を Retro point とした (図 8)。

下記の方法で下顎位を求めた。

下顎の変位を純粹前後運動と, 両顎頭を結ぶ線分の垂直 2 等分線上のある 1 点を中心とした回転運動の合成さ

図 7 タップ→Retro Sliding phaseにおける記録例

図 8 Antero-Retro.Sliding phase での記録例

れたものとして、立式した。

純粹前後運動した際の距離を r 、この状態で回転半径 l 、回転角 θ を与えたとして、

$$r = 60 \times \tan \{1/2 (\alpha + \beta)\}$$

$$\theta = (k - \alpha) + \arcsin \frac{\sin (\alpha - k)}{4}$$

(ただし $k = 1/2 (\alpha + \beta)$)

$$l = (57.5 + r) \times \tan \gamma / \sin \theta \cdot (1 - \tan \theta \cdot \tan \gamma)$$

(ただし、 α, β, γ は咬頭嵌合位を基準とした際の変位角)

となる (図 9, 10)。

したがって総側方変位量 A 、総前後変位量 B はそれぞれ $A = l \sin \theta$ 、 $B = r + l (1 - \cos \theta)$ となる。

(3) 模型精度および歪み記録装置の精度

標準表面アラサスケール (コサカ製作所社製) を原型として用いて、その原型をビニルシリコン系印象材 (GC 社製 Exaflex) にて印象採得後、Epoxy Resin (Araldite, Ciba Geigy, GY 252 Lot No. 3211813, HY 837 Lot No. IC43, 混成重量比 GY 252/HY 837 = 10/3.5) を直ちに注入し、24 時間後印象より取り出し

図 9 下顎位計算のための説明図

側方偏位に対する読みとり誤差が非常に小さいため、 $\alpha + \theta = k$ 、 $\beta - \theta = k$ となる、故に、 $k = 1/2 (\alpha + \beta)$ 、したがって純粹後退量 $r = a \times \tan \{1/2 (\alpha + \beta)\}$ となる。

図 10 下顎計算のための説明図

純粹前後運動した後、0 点を中心に θ だけ装置を回転させた場合

$$x = (b + r + s) \tan \gamma = l \sin \theta$$

$$s = x \tan \theta, \quad c = y \sin \theta$$

$$\frac{(c-s)}{\tan \theta} + \frac{(c+s)}{\tan \theta} + \frac{(c-s)}{\tan \alpha'} + \frac{(c+s)}{\tan \beta'} = 2(a+y)$$

の関係が成り立つ。

た。取り出した模型表面に 10 分間金蒸着を施したものを試料とし、原型と模型を金属顕微鏡 (Nikon 社製) にて 100 倍で同一部位を検鏡、再現性と寸法の変化につき調べた。その結果、 10^{-3} mm レベルにおいては原型と模型との計測値に有意な差を認めなかった。また原型である標準アラサスケールは、 $0.20 \sim 0.24 \mu\text{H}_a$ 、 $0.7 \sim 0.75 \mu\text{H}_{\text{max}}$ のものであり、 10^{-3} mm のレベルにおいては十分再現されるものであった。

ストレングス精度は、①残留歪みについて、②変位一出力電位の関係について、③変位 3 mm 内の直線性について、④側方偏位に対する読みとり誤差について調べ、記録時でのペンの振幅との関係より精度を調べた。その結果次のことがわかった。①残留歪みは変位 40 mm で 0.5 mm の歪みが 1 秒間、変位 30 mm で約 0.5 mm の歪みが 0.5 秒間続いた。しかし、20 mm 以下の変位では残留歪みは認められない。②変位量 20 mm の比例限界付近より変位量が小なる場合の再現性は完全である。③下顎運動量を考慮して 3 mm の変位を 1 チャンネルあたりのペンの最大振幅にあわせた場合、その範囲内においては完全に比例する。④側方偏位に対する読みとり誤差値は非常に小さい。

表 1 頬側咬頭頂点の一次回帰直線 ($y = ax + b$)
(a : 回帰係数, b : 初期高さ)

	Normal		Abnormal (R)		Abnormal (L)	
	a	b	a	b	a	b
R	-0.05	47.31	-0.08	58.46	0.02	46.91
	0.09	51.13	0.29	37.92	0.35	37.37
	0.25	36.65	0.13	43.15	0.06	47.44
	0.05	45.75	0.04	50.30	0.20	43.62
	-0.04	51.54	0.33	47.33	-0.06	60.05
	0.21	41.74	0.33	39.09	0.26	49.00
	-0.05	52.05	0.02	46.93	0.23	49.36
	0.08	54.34	0.06	54.66	0.30	33.25
	0.17	46.91	0.13	44.33		
Mean	0.08	47.49	0.14	46.91	0.19	45.87
S.D.	0.11	5.61	0.15	6.98	0.13	8.13
L	0.05	47.67	-0.07	57.89	0.21	46.17
	0.06	52.39	0.39	36.11	0.34	37.77
	0.35	31.05	0.13	41.86	0.29	41.49
	0.08	47.86	0.03	49.31	0.21	41.79
	-0.06	49.76	0.24	47.04	0.00	58.70
	0.21	40.50	0.26	39.19	0.26	45.56
	-0.05	52.93	0.07	46.94	0.24	45.39
	0.20	47.45	0.08	52.36	0.27	33.03
	0.21	46.17	0.14	44.04	0	
Mean	0.11	46.20	0.14	46.08	0.23	43.74
S.D.	0.14	6.75	0.14	6.71	0.10	7.51

以上のことから、本研究においては、1 チャンネルあたりの最大振幅が 1 mm 方眼紙上で 40 コマとし、これが変位 3 mm に相当するようにしたこと、および 0.5 コマまで読みとったことより、測定時での偏位記録装置の分解能は約 0.04 mm となった。

III. 実験結果

1. 幾何学的分析結果

(1) 頬側咬頭頂点の位置分散

頬側咬頭頂点を一次回帰した直線の回帰係数 a, 初期高さ b を表 1 に示す。回帰係数, 初期高さの各々について、各グループの左右側間には有意な差はなかった。したがって、各グループの頬側咬頭頂点を連ねた直線 (側面観) の高さに、大きな左右差のないことがわかった。

(2) 最後退位接触点の位置関係

最後退位接触点の座標とその座標より得られた回帰直線の回帰係数および初期高さを表 2 に、回帰直線の位置関係を図 11 に示す。

表 2 最後退位接触点の位置
(A : 回帰係数, B : 初期高さ)

	Normal		Abnormal (R)		Abnormal (L)	
	x	y	x	y	x	y
R	70.20	55.23	49.49	54.31	47.33	57.94
	58.03	45.12	35.45	44.48	37.09	59.37
	29.13	48.96	59.49	60.77	54.47	60.23
	28.74	41.89	52.01	54.53	31.01	43.95
	23.65	70.06	32.10	60.95	27.23	59.57
	29.07	54.65	35.00	57.84	55.04	71.07
			38.84	70.98		
			42.73	46.19		
A	-0.11		0.02		0.45	
B	56.98		55.41		39.80	

L	64.02	50.04	52.81	59.58	44.75	57.00
	54.24	55.52	44.30	35.62	39.80	58.30
	26.15	52.25	73.21	57.84	56.37	59.63
	44.67	40.66	56.69	52.34	39.57	38.00
	32.02	53.16	39.52	47.84	39.27	50.55
	62.50	57.20	55.06	51.78	65.26	61.64
			44.68	57.09	70.95	64.69
			47.34	43.49		
A	0.06		0.40		0.48	
B	48.54		30.04		31.25

図 11 最後退位接触点の回帰状態

N : 正常者, R : 右側片側疼痛者, L : 左側片側疼痛者
(R) (L) は, それぞれの群における右側, 左側を示す。

表 3 Retroportion point の位置 (顆頭点 100)
(* は 100 に近い側を示す)

	Normal		Abnormal (R)		Abnormal (L)	
	R	L	R	L	R	L
Mean	*103.15	89.05	89.69	*99.82	* 72.67	64.54
	70.30	*83.67	30.74	*54.16	*101.57	65.37
	*101.72	50.86	89.18	*94.31	74.94	* 79.01
	*- 1.88	-43.56	78.06	*79.93	37.57	* 50.31
	58.88	*66.83	62.23	*78.74	* 84.74	148.17
	56.77	*75.34	68.42	*96.17	60.13	* 87.31
			*87.44	58.15	87.20	*101.36
			59.08	*64.97		
S.D.	64.82	53.70	70.61	78.28	74.14	85.15
	38.50	49.15	20.16	17.76	20.70	32.40

表 4 Retroportion point と最後退位接触点との距離 (* はより大きな側を示す)

	Normal		Abnormal (R)		Abnormal (L)	
	R	L	R	L	R	L
Mean	52.61	* 67.80	* 70.55	62.13	78.66	* 87.53
	* 91.02	70.39	*138.17	119.42	75.23	* 86.82
	87.58	*109.15	* 59.99	53.30	* 76.92	69.19
	202.92	*246.74	* 76.21	75.25	*130.63	121.70
	86.45	* 93.12	* 89.31	86.86	90.84	*109.19
	*100.76	73.32	* 86.51	66.90	* 93.90	57.85
			65.55	* 93.77	* 54.65	45.38
			*103.86	99.82		
S.D.	103.56	110.09	89.23	80.53	85.83	82.52
	51.34	68.81	(86.27)	(82.18)	23.50	27.25
			25.78	23.16		
			(25.30)	(21.95)		

(mm)

最後退位接触点の高さについて, 正常者ではその左右側に統計的に有意な差を認めることはできなかったが, 各片側疼痛者では右側より左側が低い傾向を示す結果を得た。

(3) Retroportion point の位置関係

Retroportion point の x 座標を表 3 に示す。正常者では Retroportion point の位置の分散が, 左右側ともに, 片側疼痛者におけるよりも大きなことがわかった。片側疼痛者においては, Retroportion point の位置座標は, 左側の方が右側より大きくなる傾向を示し, 平均値でみると, 左側が右側に比し顆頭の x 座標 100 に近いことがわかった。そしてこの傾向は右側片側疼痛者では特に強く, 8 名中 7 名にみられた。

(4) Retroportion point と最後退位接触点 との距離

表 5 Retroportion point と最後退位接触点との距離の左右比の分散 (* は棄却する値を示す。 () は棄却前の値を示す)

	Normal		Abnormal(R)		Abnormal(L)	
	R/L	arc tan (R/L)	R/L	arc tan (R/L)	R/L	arc tan (R/L)
	0.776	37.81	1.136	48.64	0.899	41.96
	1.293	52.28	1.157	49.16	0.867	40.93
	0.802	38.72	1.126	48.39	1.111	48.01
	0.822	39.42	1.013	45.37	1.073	47.02
	0.928	42.86	1.028	45.79	0.832	39.76
	1.374	53.95	1.293	52.28	1.623	58.36
			0.700*	34.99*	1.204	50.29
			1.040	46.12		
Mean	44.17		47.96 (46.34)		46.62	
S.D.	7.15		2.43 (5.11)		6.51	

表 6 Retroportion point—最後退位接触点間の距離と Retroportion point の関係
(A : 相関回帰係数 B : 初期高さ
R : 相関係数 F : F 数)

	Normal		Abnormal(R)		Abnormal(L)	
	R ($\frac{x}{r}$)	L ($\frac{x}{r}$)	R ($\frac{x}{r}$)	L ($\frac{x}{r}$)	R ($\frac{x}{r}$)	L ($\frac{x}{r}$)
	103.15	89.05	89.69	99.82	72.86	64.54
	52.61	67.80	70.55	62.13	78.66	87.53
	70.30	83.67	30.74	54.16	101.57	65.37
	91.02	70.39	138.17	119.42	75.23	86.82
	101.72	50.86	89.18	94.31	74.94	79.01
	87.58	109.15	59.99	53.30	76.92	69.19
	-1.88	66.83	78.06	79.93	37.57	50.31
	202.92	93.12	76.21	75.25	130.63	121.70
	58.88	75.34	62.23	78.74	84.74	87.31
	86.45	73.32	89.31	86.86	90.84	57.85
	56.77		68.42	96.17	60.13	101.36
	100.76		86.51	66.90	93.90	45.38
			87.44	58.15	87.20	
			65.55	93.77	54.65	
			59.08	64.97		
			103.86	99.82		
A	-1.23	-1.15	-1.23	-1.15	-0.93	-1.43
B	183.29	167.00	173.36	172.36	154.87	185.43
R	-0.92	-0.97	-0.98	-0.93	-0.82	-0.98
F	22.76	52.07	171.73	39.85	10.29	83.93

図 12 最後退位接触点—Retroportion point 間の距離と Retroportion point の位置との相関回帰状態

の大きさおよびその左右相関性

Retroportion point と最後退位接触点との距離は表 4 に示すとおりであった。右側片側疼痛者では、8 名中 7 名までが左側より右側で大きい値を示したが、正常者では 6 名中 4 名において左側が大きい値を示した。しかし、左側片側疼痛者では左右側不一致であった。

この距離の左右相関性をみるための、左右距離比に対応する正接角、およびその平均値ならびに分散値を表 5 に示す。これより距離の左右比の分散は、右側片側疼痛者では他 2 者に比し最も小さく、左側片側疼痛者、正常者ではこの順に大きいことがわかった。

(5) Retroportion point と最後退位接触点との距離と Retroportion point の位置との相関性

左右各側の Retroportion point の位置と、Retroportion point と最後退位接触点との距離の回帰状態は表

表 7 最大咬頭嵌合位よりの顎の変位 (左右方向) — : 右侧への変位

Phase		Clenching		Tapping		Retro-Tapping		Tapping-Retro-Sliding				Antero-Retro-Sliding					
Point		Clenching		Tapping		Retro-Tapping		Tapping		Retro-Sliding		I.C.P.(A)		I.C.P.(P)		Retro	
Normal	Mean	-0.101	0.127	0.108	0.108	-0.093	0.114	0.041	0.159	-0.141	0.108	-0.084	0.316	-0.032	0.378	-0.125	0.241
	S.D.	0.197	0.081	0.532	0.092	0.729	0.079	0.638	0.133	1.308	0.120	0.418	0.188	0.644	0.262	1.002	0.152
	Mean	-0.073	0.191	-0.046	0.090	0.110	0.083	-0.139	0.169	0.050	0.304	0.103	0.282	-0.141	0.341	0.127	0.253
Abnormal(R)	S.D.	0.417	0.107	0.211	0.070	0.743	0.072	0.381	0.147	0.368	0.313	0.453	0.171	0.299	0.237	0.248	0.228
	Mean	0.242	0.207	0.175	0.132	0.644	0.186	0.059	0.278	1.093	0.233	0.608	0.564	0.088	0.650	1.522	0.275
Abnormal(L)	S.D.	0.480	0.124	0.730	0.063	0.898	0.162	0.312	0.273	1.523	0.201	0.752	0.384	0.487	0.245	1.428	0.143
																	(mm)

(mm)

表 8 最大咬頭嵌合位よりの顎の変位 (前後方向) — : 前方への変位

Phase		Clenching		Tapping		Retro-Tapping		Tapping-Retro-Sliding				Antero-Retro-Sliding					
Point		Clenching		Tapping		Retro-Tapping		Tapping		Retro-Sliding		I.C.P.(A)		I.C.P.(P)		Retro	
Normal	Mean	-0.029	0.063	0.042	0.024	0.537	0.037	0.175	0.046	0.837	0.028	0.123	0.162	-0.073	0.240	0.719	0.074
	S.D.	0.101	0.051	0.104	0.019	0.354	0.024	0.195	0.054	0.341	0.039	0.117	0.088	0.222	0.093	0.307	0.035
	Mean	0.155	0.082	0.043	0.058	0.492	0.332	0.070	0.118	0.615	0.129	-0.034	0.318	0.009	0.339	0.693	0.126
Abnormal(R)	S.D.	0.177	0.054	0.352	0.061	0.299	0.359	0.448	0.136	0.336	0.150	0.384	0.289	0.265	0.167	0.315	0.063
	Mean	0.069	0.115	0.209	0.053	0.732	0.101	0.312	0.132	1.087	0.075	0.437	0.394	-0.036	0.357	1.166	0.217
Abnormal(L)	S.D.	0.255	0.080	0.397	0.025	0.448	0.077	0.215	0.173	0.647	0.069	0.327	0.395	0.565	0.250	0.602	0.179
																	(mm)

(mm)

表 9 各顎位における位置の分散 (左右方向)

(R-L) (mm)								
Phase	Clenching	Tapping	Retro-Tapping	Tapping	Retro-Sliding	Antero-Retro-Sliding		
Point	Clenching	Tapping	Retro-Tapping	Tapping	Retro-Sliding	I.C.P.(A)	I.C.P.(P)	Retro
Normal	0.127	0.108	0.114	0.159	0.108	0.316	0.378	0.242
Abnormal(R)	0.191	0.090	0.083	0.169	0.304	0.282	0.341	0.253
Abnormal(L)	0.207	0.132	0.186	0.278	0.233	0.564	0.650	0.275
Mean	0.174	0.111	0.162	0.203	0.219	0.392	0.475	0.256
S.D.	0.107	0.075	0.205	0.196	0.222	0.288	0.262	0.168
	(3)	(1)	(2)	(4)	(5)	(7)	(8)	(6)

表 10 各顎位における位置の分散 (前後方向)

(A-P) (mm)								
Phase	Clenching	Tapping	Retro-Tapping	Tapping	Retro-Sliding	Antero-Retro-Sliding		
Point	Clenching	Tapping	Retro-Tapping	Tapping	Retro Sliding	I.C.P.(A)	I.C.P.(P)	Retro
Normal	0.063	0.024	0.037	0.046	0.028	0.162	0.240	0.074
Abnormal(R)	0.082	0.058	0.036	0.118	0.129	0.318	0.339	0.126
Abnormal(L)	0.115	0.053	0.101	0.132	0.075	0.394	0.357	0.217
Mean	0.087	0.044	0.059	0.098	0.075	0.290	0.345	0.140
S.D.	0.065	0.040	0.057	0.130	0.099	0.291	0.210	0.125
	(4)	(1)	(2)	(5)	(3)	(7)	(8)	(6)

6 に示すとおりであり、すべてのグループにおいて、左右各側で強い相関性が認められた。すなわち正常者では初期高さは異なるが、左右側での回帰係数はほぼ同じであった。右側片側疼痛者でも左右側の回帰係数はほぼ等しいが、正常者でみられる程の高低差はみられなかった。しかし、左側片側疼痛者では左右側の回帰係数に相違がみられた (図 12)。

なお、統計処理に際し、95%有意水準で棄却検定を行った。

2. 後方咬合域における各種下顎位の分析

(1) 各下顎の位置

咬頭嵌合位を基準とした時の各下顎の位置を、表 7, 表 8 に示す。表 9, 表 10 は各グループ毎、および全被験者での各下顎位の位置分散を示したものである。これより、全体としては、Tapping phase での Tapping point は、側方的にも前後的にも最も位置分散の小さな点であり、かつ各人によるバラツキも最小であることがわかった。

(2) 基準顎位よりの各下顎位の偏位量

上記の結果から、Tapping phase での Tapping point を基準顎位として、各下顎位の偏位位置をもとめた。その結果は表 11, 表 12 に示すとおりであり、前後的には、Retro-Tapping point よりむしろ Retro-Sliding point, Retro point がより後方位であった。

(3) 下顎後退位における側方偏位およびその分散

記録した各下顎位のうち、後退位を示す下顎位、すなわち Retro-Tapping point, Retro-Sliding point, Retro point につき、表 11 より得られた側方偏位量の平均値および分散、ならびに、側方要素を 0 とすることのできる有意水準値を求めた (表 13)。

この結果によると、最後退位付近で、基準顎位よりの側方偏位が左側片側疼痛者では大きく、右側片側疼痛者では小さかった。また、最後退位付近では、側方偏位の分散が、右側片側疼痛者では小さく、正常者、および左側片側疼痛者ではこの順に大きかった。なお、平均値の仮説検定は t -検定によった。

表 11 基準顎位からの偏位（側方偏位）－：右側への偏位

Phase		Clenching	Retro-Tapping	Tapping	Retro-Sliding	Antero-Retro-Sliding		
Point		Clenching	Retro-Tapping	Tapping	Retro-Sliding	I.C.P.(A)	I.C.P.(P)	Retro
Normal	Mean	-0.119	-0.076	0.026	-0.159	-0.050	-0.102	-0.143
	S.D.	0.484	0.422	0.547	1.199	0.410	0.578	1.102
Abnormal (R)	Mean	-0.027	0.142	-0.094	0.082	-0.095	0.149	0.159
	S.D.	0.442	0.778	0.504	0.305	0.389	0.556	0.279
Abnormal (L)	Mean	0.066	0.805	-0.116	0.918	-0.088	0.433	1.346
	S.D.	0.504	0.700	0.797	1.693	0.888	1.162	1.378

(mm)

表 12 基準顎位からの偏位（前後偏位）－：前方への偏位

Phase		Clenching	Retro-Tapping	Tapping	Retro-Sliding	Antero-Retro-Sliding		
Point		Clenching	Retro Tapping	Tapping	Retro-Sliding	I.C.P.(A)	I.C.P.(P)	Retro
Normal	Mean	-0.038	0.485	0.133	0.795	-0.114	0.081	0.678
	S.D.	0.124	0.401	0.241	0.400	0.219	0.147	0.386
Abnormal (R)	Mean	0.112	0.332	0.027	0.454	-0.034	-0.077	0.533
	S.D.	0.267	0.359	0.299	0.361	0.509	0.401	0.333
Abnormal (L)	Mean	-0.140	0.481	0.103	0.879	-0.244	0.229	0.920
	S.D.	0.472	0.557	0.393	0.666	0.664	0.499	0.620

(mm)

表 13 下顎後退位における偏位の方向と分散，並びに側方偏位を 0 とするための有意水準値

Point	Retro-Tapping point			Retro-Sliding point			Retro point		
	Mean (mm)	S.D.	Level (%)	Mean (mm)	S.D.	Level (%)	Mean (mm)	S.D.	Level (%)
Normal	-0.076	0.422	65.00	-0.159	1.199	71.82	-0.143	1.012	70.06
Abnormal (R)	0.142	0.778	67.40	0.082	0.305	54.08	0.159	0.279	22.10
Abnormal (L)	0.805	0.700	2.27	0.918	1.693	16.91	1.346	1.378	2.80

IV. 考 察

顎関節症は、今日増加する傾向にあるが、その理由としては、Shore¹⁾、DeBoever²⁾ の指摘するように、社会環境の複雑化、精神的ストレスの増加、運動不足および矯正治療の普及が考えられ、さらに、歯科診療での誤った処置による咬合の変化、姿勢の悪さ、悪習慣などと共に、運動機構としての顎関節の解剖学的、運動学的特異

性との複合によるものと思われる。本症の原因、発症機序については、早急の解明を要すると思われるが、症状が複雑化するにつれ、多くの因子がより複雑にからみあった結果としての顎関節症の原因を、1つに求めることは不可能であり、したがって多くの説に分かれている。すなわち今日までの考え方としては、咬合関係を重視し、咬合の不調和により顎関節周囲組織に影響を与えるとする顎関節の機械的偏位に原因を求める説³⁻⁶⁾、顎関節の過可動性が直接原因となり、筋肉、靱帯そのものに

損傷を起こすとする説⁷⁾、咀嚼筋群の協調が自己受容機構の変化、個体の反応性と相まって、一部咀嚼筋のスパズムなどにより乱され顎関節の異常をひき起こすとする説⁸⁻²²⁾に大別される。もちろんこれらの諸説は、いずれも顎関節症をひき起こす可能性をもつものであり³⁹⁾、三者とも原因として考えるべきものであるが、これら説の中で咬合は、原因因子として、あるいは結果として、程度の差はあるが結びついている。その中で Shore¹⁾ らは、咬合が顎関節症にとり重要な因子であることを指摘するなど、咬合と顎関節症につき、その関連性が論議されてきている。中村ら²⁹⁾は、顎関節症患者の咬合について、各種顎位における接触歯率の左右不均衡に問題があるとし、Griffin²²⁾、Møller⁸⁾、Ramfjord¹⁴⁾、Posselt¹⁵⁾ らは、中心咬合位より中心位に至る偏位の方向ないし距離の長さの問題があるとしている。また関³²⁾らは、過蓋咬合等調節彎曲の異常に問題があるとし、Gerber⁴⁰⁾ らは、臼歯欠損による片側性咬合を含む咬合垂直間距離の異常が、顎関節症の誘因の1つであるとしている。特に最近では、生理的な範囲を含む後方咬合域における咬合の異常性が、大きくクローズアップされてきた。すなわち、中心位における早期接触に基づく顎頭の偏位、中心位より咬頭嵌合位に至る偏位をはじめとする顎運動の異常が、顎関節症にとり重要とされてきているわけである。このように、限局された後方咬合を取り扱う際、顎運動の軌跡ともいうべき後方咬合小面における咬合を分析し、異常性を知ることは、顎関節症の原因、発症機序を、咬合特に歯牙咬合に求めようとする場合重要となる。そこで著者は、顎関節症患者の後方咬合域における異常性を知る1つの手段として、最後退域での後方咬合小面を調べ、幾何学的に分析するとともに、あわせて後方咬合域における下顎の位置につき分析を行い、両者の関連性を見るときに、顎関節症患者の後方咬合域における咬合の異常性を知ろうとした。

その結果、片側疼痛性顎関節症患者における最後退位より咬頭嵌合位に至る顎の偏位の状態につき、基本概念を把握することができ、同時に、右側片側疼痛者と左側偏側疼痛者との咬合像に性格的相違があることがわかった。

以下、研究方法、結果につき考察する。

1. 研究方法について

(1) 被験者

被験者として、初発時より来院時に至るまで同一側の疼痛を有する片側疼痛性顎関節症患者を選んだが、それ

は以下の理由による。顎関節症の症状として、疼痛は最もよく見うけられる。しかも片側疼痛者は、全疼痛症状を有する者の7割を占めており、疼痛症状を代表することができると思われる。また、これまでの報告によると、初発時に起こる疼痛に対し、患者が咬合をいかに変化させるかにより、疼痛が、反対側、および両側にわたることが頻度的に高くなるとされている⁴¹⁾。したがってその場合、疼痛がより複雑なものになってしまう。さらに tic などを除き、たんに全身のあるいは精神的因子では、片側性の原因とは結びつかず、何らかの局所咬合的原因に関連するのではないかと考えられた。運動時疼痛に限ったのは、他からの関連性疼痛と区別しようと考えられたからである。

咬耗の程度を Broca の分類の2度までにしたのは以下のためである。すなわち、経年的咬耗の変化は、生理的咬耗とみなされるが、Broca の分類で2度を越えたものは、もはや正常咬耗と考えられない。またその場合、下顎の咬頭嵌合位での安定性が悪くなり、顎位計測のための出発点の決定ができなくなる。Broca の分類で2度を越えると、咬合小面どうしが融合することが多く、最後退位接触点域における咬合小面の形態が判別しにくくなる。

一般正常者を対照として、過去2年間における歯科疾患に関する既応歴のない者としたのは、過去のデータから見るに、発症期間が2年を越えるケースは少ない⁴¹⁾ためであり、さらに、顎関節症罹患年齢が30歳前後が多いことから対照も同年齢層にした。

(2) 咬合小面の矢状断面の観察法

これまで、咬合小面の分析は、石膏模型で行われていたが、石膏模型は気孔性であり、表面性状が悪く、細密部再現性は充分なものではなかった。そこで著者は、レプリカにも使用しうる。エポキシ樹脂 (Araldite) を模型材として選択した⁴²⁻⁴⁵⁾。この材料に欠点を見る者もいるが⁴⁶⁾、寸法精度の上から見ると、良好な点が多く、常温で硬化し、圧縮の必要がなく、接着力が強く、硬化収縮が非常に少ない(線収縮0.4~0.5%)とされ、実際著者が計測したところ、蒸着膜の厚さを考慮しても、 1×10^{-3} mm の範囲では実物との測定誤差は認められなかった。さらに表面性状再現性につき、従来の報告にあるよう⁴⁷⁾に、シリコン印象材との組合わせを考えたが、この中で EXAFLEX (G・C 社製) は、従来のシリコン系印象材のアルコールを放出して硬化する縮重合型とは異なり、付加重合型の印象材であるため、水泡等の発生が少なく、模型材との接着、密着状態をより確実にし、

表面性状性もよいと考えた。実際この組合わせによると印象材と模型材との分離も容易であり、表面肌荒れも少なかった。このため、この方法により、寸法的にも表面性状的にも充分満足のできる模型を得ることができたと考えた。

さて、前述したごとく、咬合小面が顎運動と密切な関係をもっており、各顎位に対応する咬合小面の中でも接触部の存在が明らかにされてきているが、咬合小面より顎運動を類推した報告は、これまで矢崎⁴⁸⁾、Murphy⁴⁹⁾らによる肉眼的観点よりの咬合小面の観察結果であり、側方咬合を重視しているきらいがあった。著者は、最後退域における後方咬合小面が、顎運動の集積の結果なされたものとして、顎関節症患者、とりわけ片側疼痛性顎関節症患者での咬合の異常性を、その微細な後方咬合小面の一部に見いだそうとした。なおこれまでに、咬合小面に1つの経路を定め顎運動と結びつけた研究はない。著者は左右側の比較をするために、咬合小面の矢状断面像を利用して矢状面経路を定め、顎頭との関係を空間的なものとしてとらえようとした。顎頭を基準(100, 100)とし、Dennar D 4A 咬合器下底面を水平面においての際側方観より、顎側咬頭頂点、最後退位接触点の各点を座標付けした座標系を用いて、幾何学的分析を試みた。なお著者は、咬合小面の矢状面での経路を求める手段として光切断法を利用したが、これは、模型に傷をつけず、位置および方向を変えても測定ができ、しかも顕微鏡写真による断面曲線の観察が可能であることによる。

(3) 幾何学的分析法

顎側咬頭頂点連続線は、咬合平面の側方観として重要視されてきたが、Dental Anthropology によると、その彎曲が強く認められるのは全体の15.5%であると記述されている⁵⁰⁾。本実験でも、一次回帰係数の有意性は約70%に認められるものの、二次回帰係数の有意性は、わずかのものに認められたに過ぎなかった。そのため、顎側咬頭頂点連続線を一次回帰式で比較しても、十分であると考えた。

Gysi は、後方運動回転軸点(Rerop. A.)を基準として、後方咬合小面(Retrop. Facet)を設定した⁵¹⁾。これは、後方咬合小面が、総義歯の立場より、自動削合面の1つとして設定されているわけである。しかし、有歯顎者を対象とした場合、咬合小面が一定の円上にあるとすることはできない。すなわち、特に後方咬合小面は、中心位より咬頭嵌合位に、また側方咬合位に至る顎運動により、歯牙面にあらわれる小面で複雑な曲面である。そして回転軸点そのものもあるとすれば、咬合小面

の非常にせまい部分に対応する軸点があり、しかも刻々として、その位置を変化させていくものと推定される。元来咬合小面は、複雑な曲面をなしているため、それ自身に一定の傾斜角を与えることも、関数として表わすこともできないわけである。ところで今日まで、咬合小面の微細形態についての報告は皆無である。また咬合小面の取り扱い方として、肉眼も曲面であるとわかる場合でも、今までの研究では平面としてしか扱っていない。しかし著者が検鏡した結果、最後退位付近では、むしろ曲面的な要素が大きいと思われた。そこで最後退域という非常にせまい部分での咬合小面を、円弧の一部と想定することができると考えた。そして Retroportion point を求める歯牙要素としての最後退位接触点での法線式を求めた。一方、最後退位限界付近の顎路は、終末蝶番軸からの微小範囲として扱わねばならない。しかしパントグラフにより得られた矢状面描記像の全経路から、最後退位付近における微小範囲の顎路を見いだすことは無理である。そこで、矢状顎路はパントグラフにより得られた最後退位から2mmの範囲の矢状顎路に、できるだけ近づけた状態として直線近似させ、Retroportion point を求める顎頭要素としての垂線式を求めた。このように Retroportion point は、下顎最後退位付近における歯牙面および顎頭での矢状面運動の中心として著者が考えた滑走機能時の点であり、従来、終末蝶番運動の中心として重要視されている終末蝶番軸とは、本質的な相違がある。しかし Retroportion point を決定する最後退位接触点が終末蝶番軸を利用して決定されているため、Retroportion point が終末蝶番軸に近い方が、滑走軸、回転軸の観点より機能的に安定さの上で、優位を示しているのではないかと考える。

下顎運動は、通例左右非対称性顎路により複雑化されている。そのため顎頭での動き、および歯牙間の接触滑走より成り立つ下顎接触滑走運動を、そのままで比較することはむづかしく、また、歯牙接触域を対称化することは、最後退位接触点を含む歯牙が左右対称位にあることが少ないため、解析をより複雑にする。したがって、すべての被験者を同一の機能系で比較するためには、顎路の相違による影響をなくす必要がある。そこで下顎運動の一方の要素である顎頭点の位置および矢状顎路角に着目し、全被験者の平均矢状顎路角を求めた。この結果は表14に示すとおりであり、平均矢状顎路角40度を得たことより、全被験者について矢状顎路が40度になるよう座標変換し左右比較を行った。このような手法を用いた例は過去にないが、矢状顎路を40度になるように

表 14 各被験群における矢状顎路角 (単位: 度)

Normal				Abnormal(R)			Abnormal(L)		
R	L	R-L		R	L	R-L	R	L	R-L
37	33	4		43	37	6	36	43	-7
39	43	-4		58	43	15	41	35	6
28	34	-6		44	50	-6	37	40	-3
32	47	-15		34	27	7	30	41	-11
42	40	2		43	38	5	47	39	8
60	48	12		37	35	2	40	26	14
37	33	4		42	34	8	42	47	-5
43	39	4		42	49	-7	50	42	8
41	41	0		39	34	5			
Mean	39.9	39.8	0.1	42.4	38.6	3.9	40.4	39.1	1.3
S.D.	9.0	5.7	7.7	6.7	7.5	6.9	6.3	6.3	8.9

座標変換することにより、左右非対称顎路での下顎の複雑な動きを、左右側別々の立場より数値的に解析可能であると考えた。

(4) 下顎位の分析法

顎位計測に際して、微小な変位が問題とされ、微小挙動性の判読上、測定精度そのものが問題となる。これまで下顎運動計測は、種々の方法でなされているが⁵²⁻⁶¹⁾、微細運動の解析には不十分である。そこで、変位を電気量の変化として取り扱う電気的方法⁶²⁻⁶⁵⁾が大きくクローズアップされてきたが、これまでの測定精度は 0.05 mm とされているものの、総合実験精度となると若干精度が落ち、0.1 mm 程度となるとされている。著者が用いた 3 mm の初期歪みを与えた減量性の記録装置は、上下顎で 1 対のものとなっており、上顎の動揺による修正の必要なく、しかも後退すればするほど、側方誤差が少なくなり、前後的にも十分な比例性を持ち、その上、測定精度も 3 mm 範囲においては、0.04 mm であって、歯牙接触域における顎運動の研究に際しては、十分であると思われる。またストレングージ法の大きな特徴は、変位に対する導出記録の直線性にある。そのため、基準点の変動に対する校正も単純計算で行えるが、今までに、ストレングージを利用した顎位計測はほとんど見あたらない。また一般にストレングージは、ダミーゲージあるいは回路内でのゲージ数の増加による温度補正を必要とするが、口外法ではさほど必要がないと思われ、本研究では 1/4 回路として取り扱った。

下顎位を測定する際、計測基準平面、基準顎位、頭部の定位は、計測の出発点として重要である。計測基準平面は、顎頭後方移動性を表わすためと回転要素を消去す

るために、Dennar D 4A 咬合器の正中矢状面における下顎切歯切端部と両顎頭とで決定される面とした。このように計測基準面を決めることにより、関節頭の後方移動量そのものも純粋に後退量として表わせるので、幾何学的修正なく直読できた。

基準顎位は、これまで咬頭嵌合位にもとめることが多く^{66,67)}、一方では、中心位の安定さも述べられているが⁶⁸⁾、ともに安定した顎位とは認められない。そこで著者は、研究の対象である前後運動に対する歯牙を介しての基準顎位を設定するために、咬頭嵌合位付近での顎位として、Clenching phase での Clenching point, Tapping phase での Tapping point, タップよりの Retro-Sliding phase における Tap point, Antero-Retro-Sliding phase における I.C.P. (A), I.C.P. (P) の 5 点をとり上げた。一方、後退位の顎位として Retro-Tapping phase での Retro-Tapping point, タップよりの Retro-Sliding phase での Retro-Sliding point, Antero-Retro-Sliding phase での Retro point の 3 点を取り上げ、全被験者にとって、前後的にも側方的にも最も位置的安定の高い顎位を、基準顎位とした。その結果、Tapping phase での終末点すなわち Tapping point が、最も安定した顎位であった。この顎位は、正常者においての習慣的閉口終末位⁶⁹⁾ならびに習慣的閉口路より開口路に変化する位置⁶⁷⁾と一致した。このことは、その顎位で顎頭が安定している⁷⁰⁾こと、および咬頭嵌合位を決定する顎位であることによると考える。しかし顎関節症患者では、咬頭嵌合位自身の正常性を判断しなければならず、しかも顎位不安定であることも相俟って、すべての症例に Tapping 終末位を基準顎位とする

ことには無理があると考える。本実験では、対象者を非常に限定していること、Tapping での条件付けを行っていることにより、比較的安定した値を得たと思われる。

頭部の定位は、これまでカンベル平面、FH 平面をそれぞれ水平基準面としてきたが、従来の報告⁶⁷⁾より、顎の開閉運動を容易にするためには、やや上向きの頭位であるカンベル平面を、水平基準面にする方が良いとする考えに立脚し、本研究においてもカンベル平面を水平基準面とした。なお頭位の固定は、それ自体顎運動を規制すると考え、固定は敢えて行わなかったが、各被験者は実験時間中、この頭位を保持した。

2. 結果について

(1) 頰側咬頭頂点

一般に顎機能を分析する際、個々歯牙の上下間の対応関係と同様に、個々歯牙を含む歯列の平面的関係すなわち咬合平面は、重要な因子である。特に下顎の矢状の前後運動のうち、後方咬合域における運動時には、顎路誘導とともに臼歯部歯牙誘導がおこり、その結果として、咬合小面が下顎頰側咬頭頂点付近にあらわれるため、頰側咬頭頂点を連ねた側面観は、顎機能の分析上重要となる。さらに歯牙接触状態と顎関節の運動は切り離せないものとして考えねばならず、矢状顎路角を考慮に入れた歯牙および顎頭を含む咬合系を基準とし、歯牙接触点を見なければならぬと考える。

本研究により、矢状顎路を全被験者の平均である40度になるように、頰側咬頭頂点を座標変換行った後では、各被験者群の頰側咬頭頂点を連ねた直線（側面観）の高さに大きな左右差のないことがわかった。この結果は、矢状顎路と頰側咬頭頂点を連ねた直線（側面観）すなわち咬合平面（側面観）は密接な関係にあり、歯牙および顎頭を含む咬合系は左右対称形になっていることを意味している。すなわち、矢状顎路を全被験者の平均である40度に較正することは、後方咬合域における歯牙接触点を分析する際に、必要であることが確認された。

(2) 最後退位接触点の位置関係

最後退位接触点の高さは、正常者では左右差がなく、片側疼痛者では、左側が低い傾向を示す結果が得られた。このような研究および内容についての報告は、全く見られないが、顎運動から考えて、下顎が一側に偏位しやすい場合には、咬耗が対側より進行しやすいと考えられることおよび頰側咬頭頂点に左右差がなかったことから、正常者では、下顎の偏位の方向が定まらないが、片

側疼痛者では、最後退位付近で左側に偏位する傾向があるように思われる。

(3) Retroportion point について

Retroportion point の位置につき考察すると、正常者では、制約のない自由な顎運動が、個人毎で行われているため、後方咬合においても、千差万別の咬合がなされていると考える。したがって、正常者の Retroportion point の位置分散が大きいと考える。一方、顎関節症患者において、咬頭嵌合位より中心位に至る際、側方偏位が見られるという報告^{14,41,71)}が多いことから考えると、Retroportion point の位置関係に特異性が見られ、左右側どちらか一方の Retroportion point が他方に比べ、より後方に偏する傾向をもつようになると考えられる。

偏位の方向は、左右側の Retroportion point を連ねた軸と、Retroportion point と最後退位接触点とを結ぶ距離の半径の違いから決定される。すなわち、半径の異なる車輪の中心の動きとして、偏位の方向が理解できる。左右 Retroportion point のうち、より後方側での Retroportion point と最後退位接触点との距離が短い場合、下顎は Retroportion point のより後方側の反対側に偏向することとなる。

ところで正常者群は、自由な顎運動をするため、偏位の方向は定まらない。したがって Retroportion point と最後退位接触点との距離の左右比はほぼ1となり、その分散値は大きくなると考える。しかし何故に Retroportion point と最後退位接触点を結ぶ距離が、左側の方で長くなる傾向を示したかはわからない。片側疼痛者では一側に偏位する傾向があることより、距離の左右側の大きさは、どちらか一方に偏ることになる。右側片側疼痛者では、この傾向が見られ、またその比の分散は小さかった。しかし、左側片側疼痛者では、一側に偏らずに分散が大きな結果を得た。Retroportion point と最後退位接触点との距離と Retroportion point の位置との相関回帰状態が、右側片側疼痛者では左右側類似度が高く、左側片側疼痛者では左右側回帰係数に相違があった。このことは、右側片側疼痛者では、各被験者がほぼ同じような偏位をし、しかも偏位量が少ないことによると思われる。他方、左側片側疼痛者の場合は、偏った方向への自由な偏位を行っているため、左右側での運動に差異が生じたものと考えられる。以上の結果から、右側片側疼痛者では制限された下顎運動が行われ、左側片側疼痛者では自由な下顎運動を行っていることが推定される。

ところで Retroportion point の位置は、顎頭の座標からほとんどが前方にあり、後方に大きく変位しているものは、左側片側疼痛者に見られる 1 例のみであった。これは、接触滑走域として微小の範囲を与えたことによると思われる。したがって後方に大きく変位することは、それ自体異常であると考えざるを得ず、他者とは咬合上違った範疇に属し、例外として取り扱う必要があるため、統計的处理をする際には 1 部除外した。

(4) 顎位計測の結果について

後退位における記録顎位について、各被験グループでの側方偏位量の相違を見ると、各顎位において、常に左側片側疼痛者と右側片側疼痛者間に、また正常者と左側片側疼痛者間に有意差があった。すなわち、左側片側疼痛者群における左側への偏位は、他の群に比して圧倒的に左側に寄っていた。逆に右側片側疼痛者群は、正常者群と同程度に小さかった。これは、右側片側疼痛者では分散が小さく、正常者では分散が大ききことによる。位置の分散が大きいの、各被験グループでの下顎の運動に制約がないことによると考えられ、また逆に位置の分散が小さいのは、各被験グループでの下顎の運動に対し、何らかの制約があるためと思われる。つまり、左側片側疼痛者は、正常者と同様に分散が高く制約のない下顎位をとることができるが、正常者との違いは、基準位からの偏位が、圧倒的に左側によりやすい性格をもっている点にある。また右側片側疼痛者と正常者との相違は、右側片側疼痛者では、偏位の分散が圧倒的に正常者よりも小さいことであり、下顎の後退運動において制約されるのではないかと考えられる。ところで、前後偏位については、後退位での各顎位において、右側片側疼痛者は、他の二者と比べると基準顎位との偏位が小さいことがわかった。つまり、右側片側疼痛者は前後偏位の上で、他の二者とは偏位量が異なり、下顎の運動が何らかの制約をうけていることがわかる。このように右側片側疼痛者は、下顎の後方運動時、前後的にも側方的にも、何らかの制約があり得ると考えられる。

以上の結果は、右側片側疼痛者、左側片側疼痛者は、単に左右対称的な咬合の相違を意味せず、もっと本質的な相違の存在を示唆している。

幾何学的分析結果と、顎位計測結果の考察より、後方咬合小面域における咬合につき総合的な考察を行う。

左側片側疼痛者では、下顎の偏位の分散が大きかった。これは、左側片側疼痛者では、Retroportion point と最後退位接触点との距離の左右比での分散が大ききこと、およびこの距離と Retroportion point の位置との

表 15 最後退位接触点における接線傾斜(左・点は傾斜の大である側を示す)

Normal		Abnormal (R)		Abnormal (L)	
R	L	R	L	R	L
--0.80	-0.40	-0.70	--1.16	--0.34	-0.23
-0.14	--0.46	0.03	--0.67	--1.16	-0.31
--1.48	-0.23	--0.57	-0.43	-0.19	--0.35
・ 0.23	0.38	-0.36	--0.51	-0.05	--0.09
--0.45	-0.40	-0.42	--0.78	--0.53	13.67
--0.29	0.73	--1.10	-0.15	-0.37	--0.41
		-0.16	--0.18	-0.73	--0.90
		-0.49	--0.53		

相関回帰係数に左右差があることによる。

一方、右側片側疼痛者では、偏位の分散性は、被験グループの中で最も小さかった。これは、側片側疼痛者では、Retroportion point と最後退位接触点との距離の左右比の分散が小さいこと、この距離と Retroportion point の相関回帰係数に差がなく、左右での高低差もなかったことによる。

以上のべた特異的な偏位の分散が起こるのは、顎位計測によると最後退位付近であり、少なくとも Retro-Tapping point から後方位であることは、注目すべき所見である。

偏位の方向については、左側片側疼痛者では下顎が後方に向かうにつれて、左側に偏位しやすかった。これは、最後退接触点、左側で低いことによる。

他方、右側片側疼痛者でも左側に偏位しやすかったが、左側片側疼痛者における偏位量よりは小さかった。これは、最後退位接触点、左側で低いが、Retroportion point の位置が右側より左側がより後方で、顎頭に近く、Retroportion point と最後退位接触点との距離が左側より右側で大きいことによる。

右側片側疼痛者では、Retroportion point の位置が、右側より左側で後方にあるにもかかわらず、顎位計測からは、下顎が左側に偏位するという一見矛盾した前後偏位をとっていた。ところで、表 15 に示すように、右側片側疼痛者においては 8 名中 6 名まで左側で、最後退位接触点における接線傾斜が急であった。以上の事実より、右側片側疼痛者では、最後退位において、左側での歯牙接触で顎の後退がとめられており、その結果として、右側顎関節の位置が不安定な状態に導かれるのではないかと思われた。

左右における咬合の特異性が何故できたかについて考察する。

一般的には、左右側の咬合に異常がある場合、おのずと左右側方的に対称な形で異常が現われるはずであるが、実際は左右非対称な異常が見られた。しかも群としての側方偏位およびその分散が、右側片側疼痛者では左側片側疼痛者よりも小さかった。また表12に示すように、前後的にも、右側片側疼痛者と左側偏側疼痛者に特異性があった。このことは、右側片側疼痛者では、顎運動が規制をうけているが、左側片側疼痛者では、自由域が広いと、顎位の安定性が悪いのではないと思われる。左右側の現象差を示した先人の論文^{37,66,67,72)}および著者が得た片側疼痛者の咬合像の相違から、下顎は左側に偏位しやすい性質があり、また左側では自由域が広いのではないかと考えられる。右側片側疼痛者は、その特別な場合であるとみなすのが妥当と思われる。正常者では後退位において、若干右側へ偏位することを認め、前述の Retroportion point と最後退位接触点を結ぶ距離が、左側の方で長くなる傾向を示した。これは、顎関節症においては、下顎が左側に偏位する事実に対し、臨床上左側への偏位の防止が大切であることを示唆している。なお最も可能性があると考えられていた習慣的咀嚼側との関連性はあまりないようであり、人間にとって左右両側間には、何か特異的、優位性が内在するのではなからうか。

顎関節およびその周囲の疼痛につき考察を行う。

著者は、最後退域における異常性につき、右側片側疼痛者、左側片側疼痛者とも、咬頭嵌合位より中心位に向かう際に、左側に偏位しやすいことを認めた。また左側片側疼痛者では左側偏位を、右側片側疼痛者では、右側顎関節の不安定さを取り上げ、この咬合上の異常と、顎関節症状と結びつけて考えた。したがってこれまでの報告は、少なくとも患側と偏位の方向に関する研究に限り、方法論的に誤っているのではなからうか。

すなわち、これまでは偏位の方向について、中心位より咬頭嵌合位に向かう際、患側に向かう傾向が強いとされてきた。そして、関節前方への圧が関与するとする者もいるが、偏位の反対側すなわち健側で顎頭がより前内方へ移動することから考えると、患側顎頭はむしろ後内方へ向かうのではないと思われる。この理由で、患側における関節前方への圧は考えにくい。著者は、左側片側疼痛者では、後退位において左側に偏位しやすいことより見て、左側顎関節の後外方への圧、および左側顎関節顎頭の関節囊に対する外側への持続的牽引を問題視したい。前者の場合は、石橋⁵⁾のいう後外方への痛覚に関与する自由終末の存在により、左側顎関節に疼痛を起こ

すことが考えられる。後者の場合は、Rauscher²¹⁾のいうように左側顎頭が持続的に関節囊を外側へ引っ張ることにより三叉神経が刺激を受け、求心性に働き、その応答として、筋活動あるいは、顎関節に影響がおよぼされる。その結果として顎関節部およびその周囲に疼痛が起こるのではないと思われる。一方右側片側疼痛者では、左側で後退が止められ、右側顎関節が不安定であることに對し、右側での円板の動きが不安定であり、それに付着する外側翼突筋の正常筋機能が行使されず、異常緊張しやすくなる。さらに Laskin²³⁾のいうように、顎関節の動きを制御する諸筋肉は、神経分布の比率が高く高度の感受性をもつため、スパズムが起こりやすくなり、Travell⁷³⁾のいうように、筋肉スパズムが疼痛を起こすのであろう。

V. 結 語

顎関節症の原因については、今日まで多くの考え方があり定説はない。しかし何らかの形で咬合と結びついているとする考え方が有力である。特に咬頭嵌合位より最後退位に至る後方咬合域は、従来より顎関節症の症状と結びつくことが多いとされ、重要視されてきたが、その域における咬合の異常性につき、いまだにはっきりとした見解を得ていない状態である。

そこで著者は、後方咬合域での咬合の異常性を知るために、下顎最後退位付近での咬合小面の矢状断面像を幾何学的に分析し、あわせて、下顎最後退位での各種顎位につき分析を行った。

その結果を要約すると次の通りである。

幾何学的分析によると、

1) 顎が後方に向かうにつれて、左側片側疼痛者では、最後退位接触点が左側で低いと左側へ偏位しやすくなる。

右側片側疼痛者では、最後退位接触点が左側で低いと、顎は左側に偏位しやすい。また、右側片側疼痛者では、Retroportion point の位置が左側で顎頭球に近く、Retroportion point と最後退位接触点との距離が右側で大であるため、顎は右側へ偏位しやすい。右側片側疼痛者における以上の相互作用で、右側片側疼痛者は左側片側疼痛者よりも、偏位量は少なくなる。

2) 右側片側疼痛者における顎の偏位の分散性は、Retroportion point と最後退位接触点との左右相関性が、正常者および左側片側疼痛者よりも高いこと、この距離と Retroportion point の位置との回帰係数に左右

差がないことにより、正常者および左側片側疼痛者に比し小さくなる。

顎位計測によると、

1) 顎の側方偏位については、片側疼痛者では、右側片側疼痛者よりも左側片側疼痛者の方が大きく、左側に偏位しやすかった。

2) 下顎の偏位の分散については、右側片側疼痛者は、正常者および左側片側疼痛者と比較すると小さかった。

幾何学的分析の結果ならびに顎位計測の結果から、左側片側疼痛者では顎運動に制約がなく顎位が不安定であること、および右側片側疼痛者では、下顎が左側に偏位しやすいが下顎の後方への運動に制約があることが考えられ、これら後方咬合域における咬合の異常性が、顎関節症の成り立ちと関連していることが示唆された。

稿を終るに臨み、本研究に終始ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜った下総高次教授に深甚なる謝意を表わすとともに、研究に種々のご援助、ご協力をいただきました補綴学第1教室の諸先生ならびに被験者の方々に深謝いたします。

文 献

- Shore, N. A.: Temporomandibular Joint Dysfunction and Occlusal Equilibration, 1~376, J. B. Lippincott Co., Philadelphia, 1976.
- DeBoever, J.: Functional disturbances of the temporomandibular joints, Oral Sci. Rev., 2; 100~117.
- Goodfriend, D. J.: Dysarthrosis and subarthrosis of the mandibular articulation, Dent. Cosmos, 74: 523~535, 1932.
- Costen, J. B.: A syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint, Ann. Otol. Rhin. Laryng., 43: 1~15, 1934.
- 石橋克禮: 顎関節の臨床解剖, 歯界展望, 41: 1007~1014, 1973.
- Schwartz, L. L.: Disorders of temporomandibular joint, 1~471, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1960.
- Schultz, L. W.: A curative treatment for subluxation of the temporomandibular joint or of any joint. J. A. D. A., 24: 1947~1950, 1937.
- Møller, E.: Action of muscles of mastication; in Kawamura Front. oral Physiol., vol. 1, 121~158 (Karger, Basel 1974).
- Vaughan, H. C.: The external pterygoid mechanism, J. Prosthet. Dent., 5: 80~92, 1955.
- shaerer, P. et al.: Occlusal interferences and mastication: An electromyographic study, J. Prosthet. Dent., 17: 438~449, 1967.
- Griffin, C. J. and Munro, R. R.: Electromyography of the masseter and anteriortemporalis muscles in patients with temporomandibular dysfunction, Archs Oral Biol., 16: 929~949, 1971.
- Bessette, R. et al.: Comparison of results of electromyographic and radiographic examinations in patients with myofascial pain-dysfunction syndrome, J. Amer. Dent. Assoc., 89: 1358~1364, 1974.
- Hannam, A. G. et al.: Receptor involved in the response of the masseter muscle to tooth contact in man, Archs Oral Biol., 15: 17~24, 1970.
- Ramfjord, S. P. & Ash, M. M.: Occlusion, 1~417, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1971.
- Posselt, U.: Physiology of Occlusion and Rehabilitation, 3~316, Blackwell Scientific Publications, London, 1968.
- Dawson, P. E.: Evaluation, diagnosis, and treatment of Occlusal Problems 1~394, C. B. Mosby, Saint Louis, 1974.
- Bell, W. E. and Ware, W. H.: Management of temporomandibular joint pain dysfunction syndrome, Denta. Clin. North Amer., 15: 487~506, 1971.
- Wyke, B. D.: Neuro muscular mechanisms influencing mandibular posture: A neurologist's review of current concepts, J. Dent., 2: 111~120, 1974.
- Griffin, C. J. and Harris, R.: Analysis of jaw opening reflexes, Australian Dent. J., 20: 214~220, 1975.
- Kelly, H. T. and Goodrend, D. J.: Vertigo attributable to dental and temporomandibular joint causes, J. Prosthet. Dent., 14: 159~179, 1964.
- Rauscher, A. G.: Parafunctions related to trigeminal neuralgia, J. Pract. Dent., 6: 49~54, 1975.
- Griffin, C. J.: The treatment of the temporomandibular joint syndrome, Monogr. Oral Sci., 4: 170~187, 1975.
- Laskin, D. M.: Etiology of the pain-dysfunction syndrome, J. Amer. Dent. Assoc., 79: 147~153, 1969.
- Perry, H. T. et al.: Occlusion in a stress situation, J. Amer. Dent. Assoc., 60: 626~633, 1960.
- Yemm, R.: Temporomandibular dysfunction and masseter muscle response to experimental stress, Brit. Dent. J., 127: 508~510, 1969.

- 26) Marbach, J. J. and Dworkin, S. F.: Chronic MPD, group therapy and psychodynamics, J. Amer. Dent. Assoc., 90: 827~833, 1975.
- 27) Carlsson, G. E. et al.: Relation between functional disturbances of the masticatory system and some anthropometric, physiological and psychological variables in young Swedish men, J. Oral Rehab., 3: 305~310, 1976.
- 28) Krogh-Poulsen, W. G. and Olsson, A.: Occlusal disharmonies and dysfunction of the stomatognathic system, Dent. Clin. North Amer., 10: 627~635, 1966.
- 29) 中村公雄, 他: 顎関節症患者の上下顎歯牙接触関係に関する研究, 補綴誌, 19: 481~495, 1976.
- 30) Weinberg, L. A.: Superior condylar displacement; Its diagnosis and treatment, J. Prosthet. Dent., 34: 59~76, 1975.
- 31) Carlsson, G. E. and Öberg, T.: Remodelling of the temporomandibular joint, Oral Sci. Rev., 6: 53~86, 1975.
- 32) 関 秀孝: 顎関節症患者の補綴学的研究(第1報), 口病誌, 35: 213~227, 1968.
- 33) Kay, R. F.: The Functional Adaptations of Primate Molar Teeth, Am J Phys Anthropol 43: 195~216, 1975.
- 34) Alan S. Ryan: A Preliminary Scanning Electron Microscope Examination of Wear Striation Direction on Primate Teeth, J Dent Res 58: 525~530, 1979.
- 35) 尾花甚一: 歯牙咬合小面の傾斜角度について, 口病誌, 24: 40, 1957.
- 36) 中尾勝彦: 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究(咬頭嵌合位)補綴誌, 14: 1~21, 1970.
- 37) 中尾勝彦: 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究(後方歯牙接触位, 前方滑走運動側方滑走運動), 補綴誌, 16(2)289~319, 1972.
- 38) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 141~177, 1962.
- 39) 河村洋二郎: 顎関節症について, 歯界展望, 26(2)161~169, 1965.
- 40) Gerber, V. A.: Kiefergelenk und zahnokkulsion, D. Z. Z., 26: 119~141, 1971.
- 41) 中村公雄, 他: 顎関節症患者の経時的観察ならびに咬合に関する研究, 補綴誌, 19: 217~231, 1975.
- 42) Grundy, J. R.: An intra-oral replica technique for use with the scanning electron microscope, Brit. Dent. J., 130: 113~117, 1971.
- 43) Barnes, I. E.: Replica models for the scanning electron microscope, Brit. Dent. J., 133: 337~342, 1972.
- 44) Despain, R. R., Lioyd, B. A. and Brown, W. S.: Scanning electron microscope investigation of cracks in teeth through replication, J. Amer. Dent. Assoc., 88: 580~584, 1974.
- 45) Davies, N. E., Tranter, T. C. and Whitten, J. R.: Evaluation of fissure sealant durability in vivo using an impression technique, J. Dent., 3: 153~156, 1975.
- 46) 奥田礼一: 精密レプリカ法による修復物の観察, 東北大学歯学研究, 4, 1~13, 1977.
- 47) 久保田稔: コンポジットレジン の 辺縁適合性に関する臨床的研究, その1. 走査型電顕による観察のための各種レプリカ法の比較, 日本歯科材料器械学会雑誌, 34: 3, 1977.
- 48) 矢崎正方: 下顎運動の解剖学的研究(その3), 歯科学報, 34: 791~837, 1929.
- 49) Murphy, T. R.: The relationship between attritional facets and occlusal plane in aboriginal Australians, Arch. Oral Biol., 9: 269~280, 1964.
- 50) 藤田恒太郎: 歯の解剖学, 131, 金原出版, 東京, 1949.
- 51) 長谷川成男: Gysi 咬合小面学説の再検討(その4), 補綴誌, 9: 203~216, 1965.
- 52) Kurth, L. E.: Mandibular movements in mastication, J. A. D. A., 29: 1769~1790, 1942.
- 53) Luce, C. E.: The movement of the lower jaw, Boston M. Surg. J., 121: 8~11, 1899 cited by R. E. Hall in J. A. D. A., 16: 1642~1693, 1929.
- 54) 佐々木義郎: 頭部計測写真装置を利用した下顎運動経路の解析法, 九州歯科学会雑誌, 13: 898~909, 1960.
- 55) Lindblom, G.: The value bite analysis, J. A. D. A., 48: 657~664, 1954.
- 56) Sheppard, I. M.: Anteroposterior and posteroanterior movements of the mandible and condylar centricity during function, J. Pros. Den., 12: 86~94, 1962.
- 57) Jankelson, B., Hoffman, G. M. and Hendron, J. A.: The physiology of the stomatognathic system, J. A. D. A., 46: 375~386, 1953.
- 58) Kurth, L. E.: The physiology of mandibular movement related to prosthodontia, New York Den. J., 15: 323~329, 1949.
- 59) 佐々間孔毅: マルチフラッシュ装置による有歯顎前後および開閉運動の研究, 口病誌, 26: 1511~1536, 1959.
- 60) 加藤吉昭: ストロボ撮影法による下顎運動, ことに補綴学的見地からみた運動に関する研究, 日大医誌19, 1451~1487, 1960.
- 61) 末次恒夫: マルチフラッシュ装置による無歯顎の前後, 開閉運動ならびに下顎位の研究, 補綴誌, 5: 131~169, 1961.
- 62) 三浦不二夫: 顎運動直記装置の試作, 日本生理誌, 18:

- 310, 1956.
- 63) Messerman, T.: A means for studying mandibular movements, J. Pros. Den., 17: 36~43., 1967.
- 64) Gillings, B. R. D. and Graham, C. H.: A photoelectric method for recording jaw movements, J. Den. Res., 43: 305, 1964.
- 65) 大石司郎: アーム型運動分解器とコンデンサー法による下顎運動の研究, 口病誌, 29: 164~180, 1962.
- 66) 根本一男: 有歯顎の下顎切歯点における 3 次元運動限界の研究, 補綴誌, 6: 1~40, 1962.
- 67) 川口豊三: 電氣的測定装置による習慣的閉口運動, 嚥下運動時の歯牙接触位に関する研究, 補綴誌, 12: 398~423, 1968.