下顎運動の前方および後方誘導要素と 臼歯咬合小面の関連性について

九州歯科大学歯科補綴学第1講座(指導:豊田静夫教授)

篠 原 功

平成元年6月23日受付

Correlation of Anterior and Posterior Guidance for Mandibular Movement with Occlusal Facet

Isao Shinohara

First Department of Prosthetic Dentistry (Director: Prof. Shizuo Toyoda)
Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

The occlusal facet of the molar results from functional movement of the teeth and is therefore affected by guidance for the anterior teeth which is anterior guidance for the mandibular movement and by condylar path which is posterior guidance. The facet is expected to have morphology in harmony with these two factors.

With 22 persons with individual normal occlusion as the subjects, observations were made of condylar path, overlap of the anterior teeth region, and characteristic morphology of the occlusal facet of the molar region, and correlation among them was then studied.

The results were as follows:

1. The percentages of G.F.O. and C.P.O. were 45.4% and 54.6%, respectively.
2. Condylar path inclination was $33.6 \pm 5.1^\circ$ for G.F.O. and $34.5 \pm 5.5^\circ$ for C.P.O. No significant correlation was found between the two.
3. Functional incisal path inclination was $33.4 \pm 10.5^\circ$ for G.F.O. and $38.7 \pm 10.0^\circ$ for C.P.O. No significant correlation was found between the two.
4. Anatomical incisal path inclination was $33.4 \pm 11.1^\circ$ for G.F.O. and $39.3 \pm 9.8^\circ$ for C.P.O. Significant difference was found between the two.
5. The inclination of the anterior occlusal facet for the lower first molar was $33.2 \pm 7.7^\circ$ for G.F.O. and $38.0 \pm 7.3^\circ$ for C.P.O. Significant difference was found between the two.
6. Between condylar path inclination and functional incisal path inclination, no significant correlation was found for G.F.O. and C.P.O. Between condylar path inclination and anatomical incisal path inclination, no significant correlation was found for G.F.O. and C.P.O. Between condylar path inclination and inclination of the occlusal facet, no significant correlation was found for G.F.O. or C.P.O.
7. Between functional incisal path inclination and inclination of the occlusal facet,

significant correlation was found for both G.F.O. and C.P.O.

8. What characterizes G.F.O. and C.P.O. is the difference in the degree between condylar path inclination and incisal path inclination. There was a tendency for C.P.O. to be large in the difference and small for G.F.O.

Key words : *Anterior guidance/Posterior guidance/Occlusal facet/*
Condylar path inclination

緒 言

臼歯の咬合小面は、一般に下顎運動の前方決定要素である前歯部の誘導形態と、後方決定要素である顎路とに影響され、両者と調和がとれた形態に形成されるはずである。有歯顎者においては前方運動時には臼歯部が、側方運動時には非作業側の歯がほとんど接触しないことが、好ましい咬合状態であるとされている¹⁻¹⁰⁾。この状態はさらに、側方運動時の作業側の歯の接触状態により、グループファンクシヨンドオクルージョン、カスピッドプロテクティッドオクルージョンおよびオルガニックオクルージョンなどに分類され、有歯顎に対する理想咬合として推奨されている。

食物咀嚼時においては、当然上下の歯が接触するが、天然歯における咬合小面の全てが現在の咬合機能に関与しているとは限らない。このことは必ずしも全ての咬合小面が下顎運動を反映したものではないことを示しており、咬合小面と調和のとれた顎路と歯牙路についての検討が数多く試みられている¹¹⁻²¹⁾。

臨床的に顎路を再現するためには、パントグラフ法²²⁻²⁷⁾、チェックバイト法²⁸⁻³¹⁾などをもとに下顎運動を咬合器上で再現する方法が一般的であるが、そのほかMEを応用した下顎運動測定装置³²⁻³⁴⁾などが開発され利用されている。切歯路については、MKG³⁵⁻³⁷⁾、サホン・ビジトレーナ³⁸⁾などを利用すれば検討は可能であるが、これらの方法は操作性、経済性などに多くの問題が伴っており、広く一般臨床家が応用するまでには到っていない。これらに対して咬合小面は模型だけで形態的特徴が観察できるので、咬合小面から下顎運動に関する何等かの情報が得られれば簡便で、しかも広範囲の利用が期待できる。

そこで、今回著者は、パントグラフ (ディナー社製) で描記した運動路をもとに、全調節性咬合器 (ディナー社製 D5A) の関節部を調節して得られた顎路、前歯部の誘導形態ならびに前歯部の被蓋度、さらに臼歯部咬合小面の形態的特徴について観察し、これらの相互関係に

ついて検討したところ、興味ある知見が得られたので報告する。

研 究 方 法

I. 被験者の選択基準

被験者は安東 (1982)³⁹⁾、久保 (1984)¹⁰⁾、呉 (1987)²¹⁾の基準に従い、永久歯列が完成し、安定した個性正常咬合を有するもので、以下の条件を満たすものとした。

1. 顎関節に自覚的にも、臨床診査的にも異常がないこと
2. 歯牙のインターロッキングがなく、速やかに顎運動ができること
3. 第3大臼歯以外の欠損がないこと
4. 修復物があっても少数で、歯列および歯牙の形態と機能が損なわれていないこと
5. 開咬、反対咬合でないこと
6. 矯正の治療経験がないこと

被験者は、九州歯科大学学生で、22~30歳の男女22名とし、その44顎について検討を加えた。

II. 模型の作製

本研究は咬合面形態を詳細に検討することが目的であるので、咬合面の詳細部まで精密に印象、再現できるように注意した。そこで、トレー用レジン (而至社製オストロン) で個人トレーを作製し、ポリサルファイドラバー印象材 (而至社製シュールフレックスF) で印象採得した。印象採得を行う前には、隣接面および咬合面を十分に清掃した。また、印象採得にあたっては、トレーと印象材との接着を強力にするため、岸本 (1976)⁴⁰⁾の方法に従って即時重合レジン (而至社製リベロン) をトレー内面に塗布して、接着剤として利用した。レジンが軟らかいうちに、咬合面にはインジェクションタイプをシリンジで気泡が入らないように注意しながら盛り、トレーにはレギュラータイプを盛って口腔内に挿入し、圧接した。

模型作製には、超硬石こう (而至社製フジロック) を

用いた。

Ⅲ. 下顎運動の記録

A. 前準備

1. 基準平面の設定

後方基準点は平均的顎頭点とし、リファレンス・プレーン・ロケータ（ディナー社製）を用いて、耳珠上縁と外眼角を結ぶ直線の下方5mmの線上で、外耳道の前方12mmの点を設定した。

前方基準点は、打和（1986）⁴¹⁾、呉（1987）²¹⁾の方法に従って、以下のように設定した。まず、外耳道下縁点と鼻翼外側下縁点を結ぶ鼻聴道線を描記し、後方基準点より鼻聴道線に下ろした垂線の長さを鼻翼外側下縁点の上に設定して、これを前方基準点とした。

このようにして得られた前方基準点と後方基準点とを利用して、補綴学的平面と平行な基準平面を設定した（図1）。

図1 基準平面の設定方法

- A 平均的顎頭点(後方基準点)
- B 外眼角
- C 鼻翼外側下縁点
- X 前方基準点

2. 咬合器への模型付着

フェイス・ボウ（ディナー社製）により上顎三角を計測した後、上顎模型を全調節性咬合器（ディナー社製 D5 A）に付着した。下顎模型は上顎模型に対して中心

咬合位に位置付けて付着した。

3. シーネの作製

歯牙誘導による下顎運動を記録するため、打和（1986）⁴¹⁾、呉（1987）²¹⁾の方法に従って、咬合面を覆わないタイプの上下顎シーネを各被験者に対して作製した。すなわち、プラスチック・クラッチ（ディナー社製）を加熱軟化して屈曲し、左側第2大臼歯から右側第2大臼歯の頬側面に適合させた。ついで、咬合器上で下顎運動を阻害しないように咬合調整した。さらに、適合性を増すため、模型上でシーネの内面を即時重合レジン（而至社製リベロン）を用いて裏装した。

B. 下顎運動の記録および咬合器の調節

各被験者について作製したシーネを口腔内に試適し、下顎運動時に滑走運動を阻害しないよう調整した後、歯科用瞬間接着剤で上下顎の歯に固定した。これにパントグラフ（ディナー社製）を装着して、中心咬合位を運動の出発点とした歯牙滑走を伴う下顎運動を描記した。その後、パントグラフ描記路に従って咬合器を調節した。

Ⅳ. 咬合形式の分類

咬合器上で中心咬合位から犬歯切端位まで模型を移動させ、犬歯切端位までの接触点を調べ、安東（1982）³⁹⁾の分類の改良法により咬合形式を分類した。

A₀型：切歯部・犬歯部・小臼歯部・大臼歯部により誘導される群

A₁型：犬歯部・小臼歯部・大臼歯部により誘導される群

B₀型：切歯部・犬歯部・小臼歯部により誘導される群

B₁型：犬歯部・小臼歯部により誘導される群

C₀型：切歯部・犬歯部により誘導される群

C₁型：犬歯部のみにより誘導される群

Ⅴ. 咬合器に再現された顎路および歯牙路の計測

A. 顎路について

咬合器関節球の運動状態を、呉（1987）²¹⁾が考案した顎路測定装置を使用して計測した。この装置は、左右関節球中心点より外方15mmの点に計測針を取り付けたものである。この装置を使用して、切端咬合位まで動かしたとき、咬合器上弓の運動に伴って動く関節中心点より15mm外方の点の動きを、三次元読取顕微鏡（ピカ精工社製 MU-1001）とそれに装着したデジタル・リードアウト・ユニット（日本光学社製 MC-101）を使用して、1/10mmまでを有効数字として計測した。これにより得られた値より、矢状前方顎路傾斜角（以下顎路傾斜角と略す）を算出した。

B. 歯牙路について

1. 切歯路について

インサイザルテーブル上に自硬性レジンを盛り、レジンが軟らかいうちに咬合器を運動させて誘導板を調整した。さらに切歯指導部を形成したインサイザルテーブル上で計測を正確にするため、中心咬合位および切端咬合位で自硬性レジンを再び盛ってインサイザルピンを固定し、インサイザルテーブルの微調整を行った。

インサイザルテーブル上に印記された中心咬合位、切端咬合位を三次元読取顕微鏡で計測し、中心咬合位と切端咬合位間の垂直距離ならび水平距離を求め、 $\tan^{-1}$ (垂直移動距離/水平移動距離) から矢状切歯路傾斜角を求めた。以下これを機能的切歯路傾斜角という。

2. 前歯の被蓋度について

上顎および下顎左側中切歯切縁近心隅角部に、それぞれ上顎切歯点、下顎切歯点を印記した。咬合器上で中心咬合位に上下顎模型を位置づけ、上顎切歯点が座標の原点となるように、3次元読取顕微鏡 (ニコン社製) とそれに連動するリードアウト・ユニットを位置づけた。その後、上顎模型を咬合器上弓とともに咬合器から取り除き、下顎切歯点の座標値 (x , y , z) を読み取った。このとき x 軸は前頭方向 (左右方向)、 y 軸は矢状方向 (前後方向)、 z 軸は上下方向の座標値とした。

これら上下顎中切歯の水平的被蓋度 (y)、垂直的被蓋度 (z) より、切歯路傾斜角 ($\tan^{-1} z/y$) を求めた。以下これを解剖学的切歯路傾斜角という。

3. 咬合小面について

左右側下顎第1大臼歯の前方咬合小面の外形を3H、0.3mmのペンシルで注意深く描記し、フォームコーダ (小坂研究所製) とそれに連動するX-Yレコーダで各咬合小面の形態を、清水 (1987)⁴²⁾の方法にしたがって記録した。すなわち、模型をフォームコーダの専用載物台にのせ、スタイラスの走行方向と模型の正中方向が一致するように調整した。

その後、左右側下顎第1大臼歯の各前方咬合小面について0.5mm幅でフォームコーダのスタイラスを走らせ、各咬合小面の頬舌範囲の全ての矢状断面形態を基準平面である咬合平面の方向とともにX-Yレコーダに描記した。

描記された前方咬合小面を図2に示す。曲線ABのA部付近は中心咬合位あたりでの臼磨運動に関与しており、滑走運動には関与していない部分であると判断し、この部は対象としなかった。咬合小面の形態的特徴は、下顎がある程度偏心滑走運動して機能すると思われる位

置で比較検討すべきであるので、直線部分を延長し、これが基準平面である咬合平面とのなす角度 $\angle BCO$ を分度器で計測して、前方咬合小面の矢状面傾斜角 (以下咬合小面傾斜角と略す) とした。

図2 前方咬合小面矢状断面形態

Ⅵ. 検討項目

得られた計測結果から、以下の各項目について相関性の検討を行った。

1. 顎路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角の相関性
2. 顎路傾斜角と機能的切歯路傾斜角との相関性
3. 顎路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関性
4. 機能的切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関性

研究結果

I. 咬合形式の分類

被験者22名の44顎に関して、側方運動時に接触する上下顎歯牙を咬合器上および口腔内で観察し、その結果を表1に示した。

側方運動時の誘導歯が切歯部、犬歯部、小臼歯部、大臼歯部であるグループファンクションドオクルージョン (A_0 , A_1 群. 以下 G.F.O. と略す) の割合は45.4%、側方運動時の誘導歯が犬歯部のみ、犬歯部・小臼歯部、および切歯部・犬歯部・小臼歯部であるカスピッドプロテクティッドオクルージョン (B_0 , B_1 , C_0 , C_1 群. 以下 C.P.O. と略す) の割合は54.6%であった。

表1 咬合形式の分類

	咬 合 形 式			total
	A	B	C	
I	13.6	22.7	4.6	40.9
N-I	31.8	18.2	9.1	59.1
total	45.4	40.9	13.7	100.0

側方運動の誘導に切歯群が関与していた (A_0 , B_0 , C_0 群. 以下 I 群と略す) 割合は 40.9%, 切歯群が関与していない (A_1 , B_1 , C_1 . 以下 N—I 群と略す) 割合は 59.1% であった.

II. 咬合器に再現された顎路および歯牙路について

A. 顎路傾斜角について

顎路傾斜角に関する計測結果を表 2 に示した.

全ての被験者の顎路傾斜角の平均値と標準偏差は 34.1 ± 5.3 度であり, G.F.O. 群と C.P.O. 群では, それぞれ 33.6 ± 5.1 , 34.5 ± 5.5 度であった. 平均値の差の検定を行ったところ, 両者間に有意の差は認められなかった (表 3).

表 2 顎路傾斜角

	G.F.O.	C.P.O.	平均
I	28.6 ± 3.5	33.0 ± 6.4	31.6 ± 5.9
N—I	35.7 ± 4.1	36.0 ± 4.2	35.9 ± 4.0
平均	33.6 ± 5.1	34.5 ± 5.5	34.1 ± 5.3

(単位 度)

表 3 顎路, 歯牙路に関する G.F.O., C.P.O. 間の差の検定

	G.F.O.	C.P.O.	平均値の差の検定
顎路傾斜角	33.6 ± 5.1	34.5 ± 5.5	—
機能的切歯路傾斜角	33.4 ± 10.5	38.7 ± 10.0	—
解剖学的切歯路傾斜角	33.4 ± 11.1	39.3 ± 9.8	*
咬合小面傾斜角	33.2 ± 7.7	38.0 ± 7.3	*

(単位 度)

— 有意差なし

* 危険率 5% で有意差あり

表 4 顎路, 歯牙路に関する I 群, N—I 群間の差の検定

	I	N—I	平均値の差の検定
顎路傾斜角	31.6 ± 5.9	35.9 ± 4.0	—
機能的切歯路傾斜角	36.3 ± 10.5	36.4 ± 10.7	—
解剖学的切歯路傾斜角	38.0 ± 10.6	35.7 ± 10.8	—
咬合小面傾斜角	35.7 ± 8.4	35.8 ± 7.6	—

(単位 度)

— 有意差なし

また I 群, N—I 群では, それぞれ 31.6 ± 5.9 , 35.9 ± 4.0 度であり, 両者間に有意の差は認められなかった (表 4).

B. 歯牙路について

1. 機能的切歯路傾斜角について

機能的切歯路傾斜角に関する結果を咬合形式別に分類して表 5 に示した.

全ての被験者の機能的切歯路傾斜角の平均値と標準偏差は 36.4 ± 10.5 度であった.

G.F.O. 群と C.P.O. 群では, それぞれ 33.4 ± 10.5 , 38.7 ± 10.0 度であり, 平均値では C.P.O. の方が大であったが, 両者間に有意差は認められなかった (表 3).

I 群, N—I 群ではそれぞれ 36.3 ± 10.5 , 36.4 ± 10.7 度であり, 両者間に有意の差は認められなかった (表 4).

I 群では G.F.O. と C.P.O. で差はほとんどなかったが, N—I 群では C.P.O. が G.F.O. より有意差をもって大であった (表 5).

2. 解剖学的切歯路傾斜角について

解剖学的切歯路傾斜角に関する計測結果を咬合形式別に分類して表 6 に示した.

全ての被験者の解剖学的切歯路傾斜角の平均値と標準偏差は 36.6 ± 10.7 度であった.

G.F.O. 群と C.P.O. 群では, それぞれ 33.4 ± 11.1 ,

表 5 機能的切歯路傾斜角

	G.F.O.	C.P.O.	平均	平均値の差の検定
I	38.5 ± 14.8	35.3 ± 8.2	36.3 ± 10.5	—
N—I	31.0 ± 7.3	42.2 ± 10.9	36.4 ± 10.7	*
平均	33.4 ± 10.5	38.7 ± 10.0	36.4 ± 10.5	

(単位 度)

— 有意差なし

* 危険率 5% で有意差あり

表 6 解剖学的切歯路傾斜角

	G.F.O.	C.P.O.	平均	平均値の差の検定
I	38.2 ± 14.9	37.9 ± 8.5	38.0 ± 10.6	—
N—I	31.4 ± 8.9	40.8 ± 11.0	35.7 ± 10.8	*
平均	33.4 ± 11.1	39.3 ± 9.8	36.6 ± 10.7	

(単位 度)

— 有意差なし

* 危険率 5% で有意差あり

39.3±9.8度であり、平均値に関して両者間に有意の差が認められた(表3)。

I群, N-I群ではそれぞれ38.0±10.6, 35.7±10.8度であり、両者間に有意の差は認められなかった(表4)。

I群ではG.F.O.とC.P.O.で差はほとんどなかったが、N-I群ではC.P.O.がG.F.O.より有意差をもって大であった(表6)。

3. 咬合小面傾斜角について

下顎第1大臼歯における前方咬合小面傾斜角に関する計測結果を、咬合形式別に分類して表7に示した。

全ての被験者の咬合小面傾斜角の平均値と標準偏差は35.8±7.8度であった。

G.F.O.群とC.P.O.群では、それぞれ33.2±7.7, 38.0±7.3度であり、両者間に有意の差が認められた(表3)。

I群, N-I群では、それぞれ35.7±8.4, 35.8±7.6度であり、両者間に有意の差は認められなかった(表4)。

I群ではG.F.O.とC.P.O.で差はほとんどなかったが、N-I群ではC.P.O.がG.F.O.より有意差をもって大であった(表7)。

表7 咬合小面傾斜角

	G.F.O.	C.P.O.	平均	平均値の 差の検定
I	35.9±11.5	35.7±7.0	35.7±8.4	—
N-I	32.0±5.6	40.2±7.3	35.8±7.6	*
平均	33.2±7.7	38.0±7.3	35.8±7.8	

(単位 度)

— 有意差なし

* 危険率5%で有意差あり

Ⅱ. 顎路傾斜角, 切歯路傾斜角, 咬合小面傾斜角の相互関係について

A. 顎路傾斜角(C)と機能的切歯路傾斜角(L)との関係について

顎路傾斜角と機能的切歯路傾斜角とを比較するために、個々の計測値の顎路傾斜角から機能的切歯路傾斜角を引いた値で比較したところ、G.F.O.群では-0.3±13.8度であり平均値ではほとんど差がなく、C.P.O.群では-4.2±12.6度で比較的差が大であった。また、I群では-4.8±15.1度で平均値では差が大であり、N-I群では-0.4±11.6度でほとんど差がなかった。G.F.O., C.P.O., I, N-I群のすべてで約60~70%の被験者

において顎路傾斜角よりも機能的切歯路傾斜角の方が大であった(表8)。

顎路傾斜角と機能的切歯路傾斜角の相関関係を求めたところ、全ての被験者を対象にした場合には-0.41であった。G.F.O.群, C.P.O.群では、両者とも有意の相関関係は認められなかった。I群, N-I群では、前者では有意の相関関係が認められたが、後者では認められなかった(表9~12)。

表8 顎路傾斜角(C)と機能的切歯路傾斜角(L)との差

	C-L (度)	C>L (%)	C<L (%)
G.F.O.	-0.3±13.8	37.4	62.6
C.P.O.	-4.2±12.6	33.3	66.7
I	-4.8±15.1	33.3	66.7
N-I	-0.4±11.6	38.0	62.0

表9 G.F.O.群における顎路と歯牙路の相関関係

機能的切歯路傾斜角	-0.49	
解剖学的切歯路傾斜角	-0.57	
咬合小面傾斜角	-0.35	0.95*
	顎路傾斜角	機能的切歯路傾斜角

* 危険率5%で有意

表10 C.P.O.群における顎路と歯牙路の相関関係

機能的切歯路傾斜角	-0.30	
解剖学的切歯路傾斜角	-0.35	
咬合小面傾斜角	-0.07	0.83*
	顎路傾斜角	機能的切歯路傾斜角

* 危険率5%で有意

表11 I群における顎路と歯牙路の相関関係

機能的切歯路傾斜角	-0.68*	
解剖学的切歯路傾斜角	-0.68*	
咬合小面傾斜角	-0.54	0.95*
	顎路傾斜角	機能的切歯路傾斜角

* 危険率5%で有意

表12 N-I群における顎路と歯牙路の相関関係

機能的切歯路傾斜角	-0.11	
解剖学的切歯路傾斜角	-0.15	
咬合小面傾斜角	0.16	0.84*
	顎路傾斜角	機能的切歯路傾斜角

* 危険率5%で有意

B. 顎路傾斜角 (C) と解剖学的切歯路傾斜角 (L') について

顎路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角とを比較するために、個々の計測値の顎路傾斜角から解剖学的切歯路傾斜角を引いた値で比較したところ、G.F.O. 群では -0.2 ± 14.6 度で平均値ではほとんど差はなく、C.P.O. 群では -4.8 ± 12.8 度で差が大であった。また、I 群では -6.4 ± 15.2 度で平均値では差が大であり、N-I 群では -0.2 ± 12.1 度でほとんど差がなかった。G.F.O., C.P.O., I, N-I 群のすべてで約60~70%の被験者において顎路傾斜角よりも解剖学的切歯路傾斜角の方が大であった (表13)。

表13 顎路傾斜角 (C) と解剖学的切歯路傾斜角 (L') との差

	C-L' (度)	C>L' (%)	C<L' (%)
G.F.O.	-0.2 ± 14.6	30.0	60.0
C.P.O.	-4.8 ± 12.8	38.3	61.7
I	-6.4 ± 15.2	33.3	66.7
N-I	-0.2 ± 12.1	31.3	68.7

顎路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角の相関関係を求めたところ、全ての被験者を対象にした場合には -0.33 であった。G.F.O. 群、C.P.O. 群の両者で有意の相関関係は認められなかった。I 群では有意の相関関係が認められたが、N-I 群では有意の相関関係は認められなかった (表9~12)。

C. 顎路傾斜角 (C) と咬合小面傾斜角 (M) との相関関係について

顎路傾斜角と下顎第1大臼歯の前方咬合小面咬頭傾斜角とを比較するために、個々の計測値の顎路傾斜角から咬合小面傾斜角を引いた値を求めたところ、G.F.O. 群では -0.4 ± 10.6 度で平均値ではほとんど差はなく、C.P.O. 群では -3.2 ± 9.1 度で差が大であった。また、

I 群では -4.2 ± 12.6 度で平均値では差が大であり、N-I 群では -0.4 ± 7.8 度でほとんど差はなかった。G.F.O., C.P.O., I, N-I 群のすべてで約60~80%の被験者において顎路傾斜角よりも咬合小面傾斜角の方が大であった (表14)。

顎路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関係数を求めたところ、全ての被験者を対象にした場合には -0.16 であった。G.F.O. 群、C.P.O. 群とも有意の相関関係が認められず、またI 群、N-I 群でも有意の相関関係が認められなかった (表9~12)。

D. 機能的切歯路傾斜角 (L) と咬合小面傾斜角 (M) との相関関係について

機能的切歯路傾斜角と下顎第1大臼歯前方咬合小面傾斜角とを比較するために、個々の計測値の機能的切歯路傾斜角から咬合小面傾斜角を引いた値を求めたところ、G.F.O. 群とC.P.O. 群ではそれぞれ -0.1 ± 3.9 , 0.8 ± 5.7 度であった。I 群とN-I 群ではそれぞれ 0.8 ± 3.2 , 0.2 ± 5.8 度であった。G.F.O., C.P.O., I, N-I 群のすべてで約50~65%の被験者において機能的切歯路傾斜角よりも咬合小面傾斜角の方が大であった (表15)。

機能的切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角の相関係数を求めたところ、全ての被験者を対象にした場合には 0.89 であった。G.F.O. 群、C.P.O. 群では、それぞれ 0.95 , 0.83 であり、両者とも有意の相関関係が認められた。I 群、N-I 群では、それぞれ 0.95 , 0.84 であり、両者とも有意の相関関係が認められた (表9~12)。

表14 顎路傾斜角 (C) と咬合小面傾斜角 (M) との差

	C-M (度)	C>M (%)	C<M (%)
G.F.O.	-0.4 ± 10.6	30.0	70.0
C.P.O.	-3.2 ± 9.1	22.3	77.3
I	-4.2 ± 12.6	22.2	77.7
N-I	-0.4 ± 7.8	36.2	63.8

表15 顎路傾斜角 (L) と咬合小面傾斜角 (M) との差

	L-M (度)	L>M (%)	L<M (%)
G.F.O.	-0.1 ± 3.9	42.1	57.9
C.P.O.	0.8 ± 5.7	37.5	62.5
I	0.8 ± 3.2	50.0	50.0
N-I	0.2 ± 5.8	36.0	64.0

考 察

臼歯の咬合小面は、上下歯牙の滑走運動によって生じたものであるため、下顎運動の前方決定要素である前歯部の誘導形態と、後方決定要素である顎路とに影響され、両者とも調和がとれた形態をしているはずである。この調和を保つ方法として Bonwill (1899)⁴³⁾, Gysi (1929)⁴⁴⁾, 矢崎 (1929)⁴⁵⁾ らは、天然歯列においてもフルバランスドオクルージョンを付与すべきであることを提唱した。しかし、この咬合形式を天然歯列に対して付与することは好ましくないことが経験的に明らかとなり、D'Amico (1961)⁴⁶⁾, Alexander (1963)⁴⁷⁾ らにより提唱されたカスピッドプロテクティッドオクルージョン、あるいは Shore (1952)⁴⁸⁾, Schuyler (1959)⁴⁹⁾, Ramfjord ら (1966)⁵⁰⁾ らにより提唱されたグループファンクシヨンドオクルージョンが有歯顎に対する理想咬合であるとされている。

このような咬合関係を決定するのは咬合小面の接触状態であり、咬合小面の果たす役割は極めて大きい。しかし、咬合小面の中には現在の咬合状態を表現しているものもあるし、現在は接触していないものも含まれる。すなわち、食物咀嚼時には上下の歯牙は接触することは当然であるが、咬合小面の全てが現在の咬合機能に関与しているとは限らない。このことは必ずしも全ての咬合小面が下顎運動を反映したものではないことを示している。それにもかかわらず、咬合小面は模型だけで形態的特徴が観察でき、咬合小面から下顎運動に関する何等かの情報が得られれば好都合であるため、調和のとれた顎路と歯牙路との関係を咬合小面の立場から検討することが試みられている¹¹⁻²¹⁾。

著者は、パントグラフ法で描記した運動路をもとに、全調節性咬合器の関節部を調節して得られた顎路と、前歯部の誘導形態ならびに前歯部の被蓋度との観察を行い、さらに臼歯部咬合小面の形態的特徴についても観察し、これらの相互関係について検討した。

I. 咬合形式の分類について

被験者22名の44顎に関して、側方運動時に接触する歯牙を咬合器上および口腔内で観察したところ、犬歯だけが側方運動を誘導する例 (C₁) は9.1%と非常に少数であり、犬歯と小白歯が誘導歯の例 (B₁) は18.2%であった。

側方運動時に切歯部・犬歯部・小白歯部・大臼歯部を誘導歯とする群をグループファンクシヨンドオクルージョン (G.F.O.)、それ以外のものをカスピッドプロテク

ティッドオクルージョン (C.P.O.) として分類したところ、その頻度はそれぞれ45.4, 54.6%であった。この方法で分類した安東 (1982)³⁹⁾ は G.F.O. が42.4%, C.P.O. が57.6%, 呉 (1987)²¹⁾ はそれぞれ48.3, 51.7%と報告しており、彼らが報告した結果とほとんど同様の傾向であることが確認された。

また、側方運動の誘導に切歯群が関与していた群と、関与していない群との比率はそれぞれ40.9, 59.1%であり、切歯部が関与しない例の方がわずかに多いことが確認された。安東 (1982)³⁹⁾ はそれぞれ48.9, 51.1%, また畑ら (1979)¹⁸⁾ は34.5, 65.5%と報告しており、著者の計測値はこれらのほぼ中間値であった。

II. 顎路について

前方決定要素の歯牙路とともに、顎路は下顎運動の後方決定要素として、下顎運動に対して重要な誘導要因である。顎路を臨床的に測定するには、チェックバイト法、パントグラフ法およびエレクトリックパントグラフ法などが利用できる。本研究では、臨床的に使用する上で簡便であること、かなりの精度が得られること、顎路と歯牙路とが同時的に観察できることを考慮して、パントグラフ法を採用することにした。

パントグラフ法で顎路を測定する場合には、歯牙誘導と非歯牙誘導とは計測される顎路が変化する可能性があることを鶴見 (1975)²⁵⁾ が指摘している。また、打和 (1986)⁴¹⁾ は顎運動描記時に咬合高径を挙上し過ぎると顎路に影響が生じることを指摘している。本研究では顎路と歯牙路との相関性について検討することが目的である。そこでこれらの報告を参考にして、咬合高径を挙上せず、歯牙誘導時の顎路を計測するために、咬合面を被覆しないタイプのシーネを自作して、パントグラフ描記を行った。その後、全調節性咬合器 (ディナー社製 D5 A) を調節して、咬合器上に顎運動を再現し、切歯路および歯牙路を計測して顎路との比較を行うことにした。

咬合形式別の顎路傾斜角は、G.F.O. 群では 33.6 ± 5.1 度、C.P.O. 群では 34.5 ± 5.5 度であり、平均値に関して両者間には有意の差は認められなかった。同様な方法で顎路傾斜角を検討した呉 (1987)²¹⁾ は、著者の結果よりやや大きいものの、それぞれ 38.5 ± 6.6 , 39.8 ± 5.9 度であり、本研究の結果と同様、両者間に有意差がないことを報告している。

また、側方運動時に切歯を含む群の矢状前方顎路傾斜角は 31.6 ± 5.9 度、側方運動時に切歯を含まない群では 35.9 ± 4.0 度であった。平均値の差の検定を行ったとこ

ろ、両者間には有意の差が認められなかった(表4)。

顆路は、軟組織である関節円板を介して、下顎頭が滑走する側頭骨関節窩の前方斜面の形態により特徴づけられるものであり、前方決定要素である切歯路の誘導形態が顆路には直接的な影響を及ぼさないことが示唆された。

Ⅲ. 歯牙路について

下顎運動の様子を直接観察できるのは上下顎歯牙の接触状態である。そのため、天然歯および総義歯に付与すべき理想的咬合形式が考案されてきた。この咬合形式は上下顎歯牙の接触状態により特徴づけられるため、前歯における誘導形態ならびに臼歯の咬合小面の形態は咬合形式の決定に重要な因子となる。

そこで、歯牙路のうち、まず切歯路について検討した。機能的切歯路、解剖学的切歯路とも、側方運動に切歯を含む群と切歯を含まない群の平均値には有意の差が認められなかったが、G.F.O. 群と C.P.O. 群とは、後者の平均値が有意に大きいことがわかった。

すなわち、C.P.O. の特徴は、臼歯部は中心咬合位においてのみ接触し、側方運動を行うと即座に離開することである。それに対して G.F.O. は、作業側の全歯牙により咬合力を分担させるため、側方運動時に作業側歯牙は前歯部から臼歯部にかけて全ての歯牙が接触することが特徴である。そこで、C.P.O. でディスククルージョンを起こさせるためには、前歯部における誘導角は相対的に大であることが望ましく、本研究の結果で明らかに、C.P.O. が G.F.O. に対して切歯路傾斜角が有意に大であったのであろう。

下顎第1大臼歯における前方咬合小面の矢状面投影傾斜角は、切歯路傾斜角の結果と同様の傾向で、側方運動に切歯を含む群と含まない群で平均値の差の検定を行ったところ、両者間には有意の差は認められなかった。また、G.F.O. 群と C.P.O. 群では、それぞれ 33.2 ± 7.7 , 38.0 ± 7.3 度であり、平均値に関して C.P.O. の方が有意に大であることがわかった(表3)。

呉(1987)²¹⁾は、咬合小面を口腔内および咬合器上で診査し、側方運動時に接触している咬合小面を有効咬合小面、接触していない咬合小面を非有効咬合小面として、咬合形式別に前方咬合小面傾斜角を測定した。その結果、C.P.O. 群は当然すべてが非有効咬合小面であり、その角度は 35.3 ± 10.2 度、G.F.O. 群では有効咬合小面で 29.2 ± 10.5 度、非有効咬合小面 28.8 ± 9.5 度であり、有効咬合小面、非有効咬合小面とも C.P.O. の方が大である傾向であったと報告している。本研究で対象

とした G.F.O. の咬合小面はすべて有効咬合小面を対象としたもので、呉の値よりわずかに大きいもののほぼ同様の傾向にあった。

Ⅳ. 顆路傾斜角、切歯路傾斜角、咬合小面傾斜角の相関関係について

A. 顆路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角について

顆路と歯牙路との調和は下顎運動には不可欠の要因であるが、顆路に対する適切な歯牙路に関する報告は少ない。

そこで、顆路と切歯路の大きさに関して比較を行った。その結果、機能的切歯路傾斜角が顆路傾斜角より大であった例は、G.F.O., C.P.O. でそれぞれ 62.6, 66.7% で、約半の例で機能的切歯路傾斜角の方が大であった。また、その相違の平均値は、G.F.O., C.P.O. 群とでそれぞれ -0.3 ± 13.8 , -4.2 ± 12.6 度であり(表8)、両者とも機能的切歯路傾斜角は顆路傾斜角よりわずかに大きく、その差は C.P.O. の方が G.F.O. より大である傾向にあることがわかった。このことは顆路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角との関係でもほぼ同様であった。G.F.O. と C.P.O. とでは顆路傾斜角に有意差がないことは前述したとおりであるが、このように G.F.O. では顆路傾斜角と切歯路傾斜角との差が小さく、C.P.O. では大である傾向があることが明かとなった。すなわち、顆路傾斜角と切歯路傾斜角との差が咬合形式を決定する要因であることが推察された。

機能運動としての下顎前方運動の特徴は、河野ら(1975)⁵⁾が指摘しているように、切端咬合付近で食物を噛みきり、下顎前歯が上顎前歯舌面を滑走して中心咬合位へ咬み込む運動である。開口位から食物を噛みきる切端咬合位までの運動においては、顆頭は下顎が閉口しようとする方向に回転するが、切端咬合位から中心咬合位へは切歯路傾斜角と顆路傾斜角との差が回転方向を決定する要因となる。切歯路傾斜角が顆路傾斜角よりも大きければ切端咬合位から中心咬合位への滑走運動時には、顆頭は閉口時と同じ様な回転運動をするが、切歯路傾斜角が顆路傾斜角よりも小さい場合には下顎は閉口しているにもかかわらず、顆頭は開口時に行うべき回転運動をしており、本来の開口時の回転方向とは逆方向となってしまう。したがって、食物を摂取するという一連の下顎運動に際して、開口位から閉口し切端咬合位まで咬み込み、さらに中心咬合位に滑走する際に顆頭の回転方向が変化することは、下顎運動を司る神経筋機構に対して好ましい状態とはいえない。

そこで、顆頭が機能運動時に常に同一の運動方向であ

ることが好ましい。そのためには矢状切歯路傾斜角は矢状顎路傾斜角より大きいことが望ましく、本研究での結果のようにほとんどの例で切歯路傾斜角が大きかったものと思われる。

つぎに、G.F.O. 群と C.P.O. 群の顎路傾斜角と機能的切歯路傾斜角の相関係数は、それぞれ -0.49 , -0.30 であり、両者とも有意の相関関係が認められなかった。顎路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角との関係においても、それぞれ -0.57 , -0.35 であり、ほぼ同様の傾向にあることが確認された(表9, 10)。さらに、顎路傾斜角と切歯路傾斜角との差は、C.P.O. 群の方がG.F.O. 群よりも大きいことから、咬合形式の相違は顎路傾斜角と切歯路傾斜角との角度の相違がひとつの要因であることが示唆された。

B. 顎路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関関係について
顎路傾斜角と下顎第1大臼歯の咬合小面傾斜角とを比較するために、個々の計測値の顎路傾斜角から咬合小面傾斜角を引いた値を求めたところ、G.F.O. 群とC.P.O. 群とではそれぞれ -0.4 ± 10.6 , -3.2 ± 9.1 度であり、ほとんどの例で咬合小面傾斜角の方が大であった(表14)。また、G.F.O. 群とC.P.O. 群の相関係数は、それぞれ -0.35 , -0.07 であり、両者とも有意の相関関係が認められなかった(表9, 10)。

顎路傾斜角と機能的切歯路傾斜角および解剖学的切歯路傾斜角との比較においては、切歯路傾斜角の方が大である傾向であった。咬合小面についても同様に顎路傾斜角よりも大であり、しかも有意の相関関係が認められなかったことから、下顎運動の前方誘導要素である切歯路あるいは臼歯の咬合小面の形態は顎路に影響される可能性がないことが示唆された。

C. 機能的切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関関係について

機能的切歯路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角とはほぼ同様の傾向にあったので、機能的切歯路傾斜角を切歯路の代表とし咬合小面傾斜角との比較を行うことにした。

個々の計測値の機能的切歯路傾斜角から咬合小面傾斜角を引いた値を求めたところG.F.O. 群とC.P.O. 群とでは、それぞれ -0.1 ± 3.9 , 0.8 ± 5.7 度、側方運動に切歯を含む群と含まない群とではそれぞれ 0.8 ± 3.2 , 0.2 ± 5.8 度であり、機能的切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角とは、ほとんど差がないことが確認された(表15)。また、G.F.O. 群とC.P.O. 群とで切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関係数を求めたところ、それぞれ 0.95 , 0.83 であり、両者に有意の相関関係が認められた(9, 10)。

G.F.O. は側方運動時に前歯から大臼歯にまで接触していることが特徴であるため、このように切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角とに差がなく、しかも有意の相関関係にあることは当然考えられることである。しかし、C.P.O. においては側方運動を行うとすぐに臼歯部が離開し、接触しないことが特徴であるため、切歯路傾斜角の方が咬合小面傾斜角よりはるかに大であることが予想されたにもかかわらず、わずかの差にとどまった。その理由は、咬合小面の接触状態は咬合器上あるいは口腔内で側方限界運動をさせたときの咬合紙の印記部あるいは視診により判断したものではあるが、見かけ上咬合接触していても実際にわずかの離開でもあるとC.P.O. 群あるいは非有効咬合小面に分類される可能性があることが一つの原因として考えられる。また、今回の研究においては、咀嚼に用いられる運動はほとんど側方限界運動であるというLundeenら(1973)⁵¹⁾の報告をもとに、側方限界運動をさせたときの接触状態から咬合形式を分類したのであるが、食物を介在したときには必ずしも側方限界運動のみの運動ではないこと、また介在する食物が研削材となって咬合小面を形成し、見かけ上は非有効咬合小面であるC.P.O. 群の咬合小面傾斜角が実際の咀嚼運動時には接触し、切歯路傾斜角とはほぼ同様の値になった可能性があるためであろう。

結 論

臼歯の咬合小面は、上下歯牙の滑走運動によって生じたものであるため、下顎運動の前方決定要素である前歯部の誘導形態と、後方決定要素である顎路とに影響され、両者と調和がとれた形態をしているはずである。したがって、有歯顎者の咬合関係を追求する場合に、上下顎歯牙の接触状態を反映した咬合小面から情報を得ることができれば、簡便で、しかも広範囲の利用が期待できる。

そこで、個性正常咬合を有する22名の被験者を対象にして、パントグラフ法で描記した運動路をもとに、全調節性咬合器を調節して得られた顎路、前歯部の被蓋度、および臼歯部咬合小面の形態的特徴について観察するとともに、これらの平均値の相互関係について検討し、以下の結論を得た。

1. 咬合形式別に分類すると、G.F.O. 群およびC.P.O. 群の割合は、それぞれ45.4, 54.6%であった。

2. 顎路傾斜角は、G.F.O. 群、C.P.O. 群でそれぞれ 33.6 ± 5.1 , 34.5 ± 5.5 度であり、平均値に関して両者間には有意の差は認められなかった。

3. 機能的切歯路傾斜角は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ 33.4 ± 10.5 , 38.7 ± 10.0 度であり, 両者間には有意の差は認められなかった.

4. 解剖学的切歯路傾斜角は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ 33.4 ± 11.1 , 39.3 ± 9.8 度であり, 両者間に有意の差が認められた.

5. 下顎第1大臼歯における前方咬合小面傾斜角は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ 33.2 ± 7.7 , 38.0 ± 7.3 度であり, 両者間には有意の差が認められた.

6. 顆路傾斜角と機能的切歯路傾斜角の相関係数は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ -0.49 , -0.30 であり, 両者とも有意の相関関係は認められなかった.

7. 顆路傾斜角と解剖学的切歯路傾斜角の相関係数は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ -0.57 , -0.35 であり, 両者とも有意の相関関係は認められなかった.

8. 顆路傾斜角と咬合小面傾斜角との相関係数は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ -0.35 , -0.07 で

あり, 両者とも有意の相関関係は認められなかった.

9. 機能的切歯路傾斜角と咬合小面傾斜角の相関係数は, G.F.O. 群と C.P.O. 群でそれぞれ 0.95 , 0.83 であり, 両者に有意の相関関係が認められた.

10. G.F.O. 群と C.P.O. 群とを特徴づけるのは顆路傾斜角と切歯路傾斜角との差であり, 差が大きいものが C.P.O., 小さいものが G.F.O. 群になる傾向があった.

稿を終るにあたり, 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, 深甚なる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三宅茂樹講師に謝意を捧げます. さらに種々の御協力をいただきました補綴学教室員諸兄ならびに快く本研究の被験者を引き受けて下さった諸氏に心より感謝致します.

引用文献

- 1) Kurth, L.E.: Balanced occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 4: 150—167, 1954.
- 2) Weinberg, L.A.: Diagnosis of facets in occlusal equilibration. *J. Amer. Dent. Assoc.* 52: 26—35, 1956.
- 3) Cohen, R.: The relationship of anterior guidance to condylar guidance in mandibular movements. *J. Prosthet. Dent.* 6: 758—767, 1956.
- 4) Huffer, R.A., DeVincenzo, J.P., Cobett, N.E. and Shryock, E.F.: Relationship between the lingual of the maxillary central incisor and the articular eminence in ideal occlusion. *Angle Orthod.* 42: 44—49, 1972.
- 5) 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.
- 6) 中野雅徳: 側方滑走運動における顆路と歯牙路に関する研究. 補綴誌 19: 647—665, 1976.
- 7) 栗山 實: 歯牙誘導要素が平衡側顆路に及ぼす影響について. 補綴誌 23: 126—147, 1979.
- 8) 藤井哲則: 正常有歯顎者における咬頭嵌合位とその付近の側方咬合位での咬合様式. 九州歯会誌 37: 250—264, 1983.
- 9) 河野正司: 顆路と歯牙路との関係. 補綴臨床 17: 329—338, 1984.
- 10) 久保雅晴: 歯牙滑走運動時における顆頭点および切歯点運動の解析. 九州歯会誌 38: 83—95, 1984.
- 11) 赤坂輝道: ヒトの歯の補綴学的咬合局面に関する研究. 補綴誌 9: 1—9, 1965.
- 12) 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.
- 13) 早川淑子: 臼歯咬合小面に関する研究. 補綴誌 15: 350—380, 1971.
- 14) 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: 289—319, 1972.
- 15) 篠塚裕康: 歯牙滑走運動における接触状態の観察. 歯科学報 72: 605—646, 1972.
- 16) 内田智幸: 歯牙滑走運動時における上下顎臼歯部の接触に関する研究. 歯科学報 73: 233—263, 1973.

- 17) 米沢 徹：滑走運動時における上下顎歯牙の接触関係に関する研究．歯科学報 77：1131—1166，1977．
- 18) 畑 好昭・岩下博美・原田博夫・橋本和男・魚住 哲・川瀬哲子・渡辺文彦：有歯顎の咬合の統計的観察．補綴誌 23：153—163，1979．
- 19) 奥田 健：同一個人の20年間における前歯部咬合接触面の推移．歯科医学 43：16—38，1980．
- 20) 千葉和朗：同一個人の30年間における臼歯部咬合接触面の推移．歯科医学 44：615—656，1981．
- 21) 呉 文元：側方限界運動方向における顆路と歯牙路との関係．九州歯会誌 41：384—398，1987．
- 22) Stuart, C.E. : Good occlusion for natural teeth. *J. Prosthet. Dent.* 14：716—724，1964．
- 23) Guichet, N.F. : *Procedures for occlusal treatment. A treating atlas.* Denar Co., Calif., 1969．
- 24) Clayton, J.A., Kotowicz, W.E. and Myers, G.E. : Graphic recordings of mandibular movements : Research criteria. *J. Prosthet. Dent.* 25：287—298，1971．
- 25) 鶴見祐三：咬合非誘導と咬合誘導における顆路の変化に関する研究．歯科学報 75：1401—1434，1975．
- 26) 久保田晴一：顆路の立体的運動野に関する研究．九州歯会誌 29：307—333，1975．
- 27) Winstanley, R.B. : Observations on the use of the Denar pantograph and articulator. *J. Prosthet. Dent.* 38：660—672，1977．
- 28) Stansbery, C.J. and Wash, S. : Functional position of checkbite technique. *J. Amer. Dent. Assoc.* 16：421—440，1929．
- 29) 腰原 好：チェックバイト法について．日本歯科評論 384：45—56，1974．
- 30) 黒田昌彦：下顎運動の咬合器への transfer とくに check-bite 法について．日本歯科評論 385：120—130，1974．
- 31) 三宅茂樹・豊田静夫・椿 幸夫・坪根皓二・山崎 純・清水稔弘・坂本淑子・内田康也・松延彰友・友清純孝：チェックバイト法により測定した顆路傾斜角について 第2報 正常有歯顎者について．九州歯会誌 33：125—132，1979．
- 32) 木竜 徹・斎藤義明・野村修一・石岡 靖：下顎運動の診断のための測定および処理システム．医用電子と生体工学 18：27—33，1980．
- 33) 林 豊彦・多和田孝雄・山崎石治・石岡 靖：歯牙滑走運動の3次元測定システム．補綴誌 25：641—648，1981．
- 34) 塩澤恭郎：下顎任意点の運動解析 第2報 下顎限界運動の立体的解析．補綴誌 26：148—164，1982．
- 35) Jankelson, B. : Measurement accuracy of the mandibular kinesiograph. A computerized study. *J. Prosthet. Dent.* 44：656—666，1980．
- 36) 楊 欽榮：種々の体位ならびに咬合記録術式が咬合位に及ぼす影響．九州歯会誌 37：265—282，1983．
- 37) 和久田一成：タッピング運動を利用した咬合採得法に関する研究．九州歯会誌 38：880—901，1984．
- 38) 堀 祥二：生理的機能を利用した咬合高径決定法に関する研究．九州歯会誌 36：974—988，1982．
- 39) 安東俊介：側方運動時における機能的顆路の位置に関する研究．九州歯会誌 36：116—130，1982．
- 40) 岸本満夫：ヒトの臼歯咬合面形態と補綴学的平面との関係について．九州歯会誌 29：598—622，1976．
- 41) 打和貞亮：パントグラフの誘導要素が顆路に及ぼす影響．九州歯会誌 40：275—290，1986．
- 42) 清水稔弘：総義歯の咬合小面に関する研究 経日的変化について．九州歯会誌 41：623—636，1987．
- 43) Bonwill, W.G. : The scientific articulation of the human teeth as founded geometrical, mathematical and mechanical laws. *Dent. Items.* 21：873—880，1899．
- 44) Gysi, A. : *Die Achsentheorie der Kieferbewegungen und die Facettentheorie der Kauflächenformen der Zähne.* Berlin, Handbuch der Zahnheidekunde, Urban & Schwarzenberg, 1929, 1—171．
- 45) 矢崎正方：下顎運動の解剖学的研究．歯科学報 34：791—813，1929．
- 46) D'Amico, A. : Functional occlusion of the natural teeth of man. *J. Prosthet. Dent.* 11：899—915，1961．
- 47) Alexander, P.C. : Analysis of the cuspid protective occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 13：309—

317, 1963.

- 48) Shore, N.A. : Equilibration of the occlusion of natural dentition. *J. Amer. Dent. Assoc.* 44 : 414—420, 1952.
- 49) Schuyler, C.H. : An evaluation of incisal guidance and its influence in restorative dentistry. *J. Prosthet. Dent.* 9 : 374—378, 1959.
- 50) Ramfjord, S.P. and Ash, M.M. : *Occlusion*, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1966, 1—396.
- 51) Lundeen, H.C. and Wirth, C.G. : Condylar movement patterns engraved in plastic blocks. *J. Prosthet. Dent.* 30 : 866—875, 1973.