原 著 論 文

習慣性側方滑走運動の安定性に関する研究

西田 圭一   古谷野 潔   水野 幹生   末次 恒夫

A Study on Three Dimensional Stability of the Habitual Lateral Mandibular Movement

Keiichi Nishida, Kiyoshi Koyano, Mikio Mizuno and Tsuneo Suetsugu

Abstract : The purpose of this study is to clarify the stability of the habitual lateral mandibular movement which is different from the border lateral movement. The movements of 30 normal subjects were measured dynamically and precisely with Kyushu University 3-D movement analyzing system.

The following results were obtained :

The habitual incisal lateral movement was very stable from the intercuspal position to 3 mm lateral point.

The stability of the movement was not influenced by the occlusal factor such as the lateral guidance.

As a result, the movement was so stable and repeatable that it could be used as a reference movement for comparing with other movements.

Key words : mandibular movement, lateral movement, stability

I. 結 言

側方運動は機能運動である咀嚼運動と咬頭嵌合位付近できわめて類似した経路を有することが報告されている¹⁾。側方運動は機能運動との関連において重要視され、咬合論の基礎としてまた臨床術式へ発展している。

側方滑走運動には2種類が存在する^{2~6)}。下顎運動限

界の一辺をなす側方限界運動、および限界内運動である習慣性の側方滑走運動である。しかし、従来の側方運動の研究においては、側方限界運動と習慣性の側方滑走運動が混同されており⁷⁾、2つを明確に区別したものは少ない。本来の側方限界運動と習慣性の側方滑走運動とは区別されるべきである。さらに習慣性の側方滑走運動には往路のみならず復路が存在する。

側方限界運動は後方歯牙接触位(RCP)から常に後側方へ強制的な力が働いた側方滑走運動であり、主に解剖的要因に規定されており、その経路を水平面投影で見た場合、咬頭嵌合位(ICP)の後方のRCPから運動を開始しICPの側方を通り側方の限界位に達する。すなわちICPは側方限界運動経路上には存在しな

九州大学歯学部歯科補綴学第二講座(主任:末次恒夫教授)
The Prosthetic Dentistry II, Faculty of Dentistry, Kyushu University (Chief: Prof. Tsuneo Suetsugu)
平成3年12月26日受付

図 1 基準座標系

い。さらに側方限界運動経路は咬合論的には単一経路である。

習慣性側方滑走運動は ICP と側方限界位間で歯牙接触はあるが特に強く意識されない運動である。この経路は限界運動経路ではないために単一経路ではなく、習慣性開閉口路と同様に経路のばらつきが存在する可能性がある。

ICP 付近での咀嚼運動経路は、意識的な強制力を加えた側方限界運動経路よりも、むしろ自然な運動である習慣性側方滑走運動経路に類似している可能性が高い。この習慣性側方滑走運動は限界内運動で、その経路の安定性について詳細な検討はなされていない。もし習慣性側方滑走運動経路の安定性が高いものであれば、習慣性側方滑走運動を咬合器上に再現することは、咀嚼運動との関連において、意義がある。一方この経路の安定性が低いものであれば、その意義には疑問が生じてくる。

そこで本研究では、まず正常有歯顎者の習慣性側方滑走運動経路の安定性の有無を判定する目的で、直接下顎運動計測を行い、側方ガイドの咬合様式および側方滑走角度との関連からも検討を行った。

II. 研究方法

1. 計測方法

計測装置は当教室で開発した九州大学式非接触 3 次元精密変位計測システムを用いた。本システムは下顎上の任意点の 3 次元運動記録が可能である。測定誤差は 0.1 mm 以内である⁸⁾。被検者の頭部は固定せず、ク

図 2 運動解析点

ラッチは下顎運動を障害することがないように歯面への接触面積は小さく、さらに口唇の閉鎖を妨げずかつ軽量なものを用い、可及的に自然な状況下で計測を行った。

2. 基準座標系

前方参照点を鼻翼下縁とし、後方参照点を左右皮膚上平均的顎頭点とした。平均的顎頭点は耳珠最後縁と外眼角を結ぶ線上で耳珠最後縁から前方へ 13 mm その点から垂線を下ろし、下方へ 5 mm の点を採用した。これらの参照点 3 点を含む平面を水平面とし、また後方参照点 2 点を結んだ直線に直交する平面を矢状面とし、これら 2 面に直交する面を前頭面とした。右側皮膚上平均的顎頭点を原点とし、前後軸を X 座標、左右を Y 座標、上下を Z 座標とした空間座標を設定した(図 1)。

3. 運動解析点

運動解析点は下顎上の 4 点とした。左側下顎中切歯近心隅角を切歯点、作業側下顎犬歯尖頭を犬歯点、作業側第 1 大臼歯遠心頬側咬頭頂を大臼歯点、およびコンピュータ演算結果から算出した全運動軸上で頭部 X 線規格写真から求めた形態的顎頭中央点の平衡側顎頭を顎頭点とした(図 2)。

4. 被験運動

計測した下顎運動は習慣性側方滑走運動である。この習慣性側方滑走運動は ICP を起点とし歯牙接触はあるが特に意識しない側方滑走運動であり、往路と復路を連続して記録した。この滑走運動の速度は規定しては行わず、被検者の行きやすい速度で行った。計測に先立ち習慣性側方滑走運動を数回試行し、左側およ

図 3 被験運動

図 4 側方滑走角度の表示法

び右側を各 4 回ずつ記録した (図 3)。

5. 被験者

被験者は顎口腔系に特に異常を認めない、いわゆる正常有歯顎者、男性 15 名、女性 15 名の計 30 名 (年齢 19~35 歳、平均 22.6 歳) である。被験者の条件は、第 3 大臼歯以外に欠損歯がなく、咬頭を被覆するような修復物がなく、上下顎歯の被蓋関係に異常を認めず、側方運動時に平衡側の干渉またはガイドを認めず、さらに歯周組織および顎機能に異常を認めないものとした。

6. 咬合様式の種類および診査法

側方歯牙ガイドの種類は、犬歯のみに側方ガイドがあるものを C 型、犬歯および小臼歯に側方ガイドがあるものを CP 型、犬歯、小臼歯および大臼歯に側方ガイドがあるものを CPM 型とした。

この分類にあたっては ARTUS 社製 オクルーザル・レジストレーション・ストリップスを使用した引き抜きテストにより、側方滑走初期の歯牙接触を観察し判定した。

図 5 習慣性側方滑走運動経路の安定性 (往路, 復路)
解析点: 切歯点

7. 解析方法

解析範囲は下顎切歯点を中央点とし基準座標系上で左右側方 3 mm 以内とし、範囲内を 0.1 mm の間隔で各運動解析点の空間座標を算出した。

経路の安定性は各被験者ごとに各 4 回行った習慣性側方滑走運動経路の測定値である 3 次元座標値から各解析点の平均的経路および上下の標準偏差 (SDz)、前後的標準偏差 (SDx)、左右的標準偏差 (SDy) を算出し、それらの標準偏差を用い判定した。つまり標準偏差が小さい場合は、経路安定性が高いといえる。

最終的に経路の安定性は上下の標準偏差 (SDz)、前後的標準偏差 (SDx) および左右的標準偏差 (SDy) から経路の 3 次元標準偏差 $[\{(SDx^2 + SDz^2)/2\}^{0.5}]$ を算出し、解析を行った。ただし左右的標準偏差 (SDy) はゼロである。また顎頭点では $[\{(SDy^2 + SDz^2)/2\}^{0.5}]$ で算出した。

また切歯点の平均的経路を用い、側方 3 mm 以内で 0.1 mm 毎の側方滑走角度も同時に算出した (図 4)。

III. 結 果

1. 習慣性側方滑走運動の往路および復路の安定性

まず解析に先立ち、往路および復路の切歯点における経路安定性を算出した (図 5)。この被験者数は 30 人、左右側を合計して総数 60 のデータを用いた。往路は ICP から側方 3 mm までの区間において標準偏差は 0.1 mm 以下であり、この経路は安定していた。一方、復路のそれは約 0.3 mm であり、安定性は低いものであった。そこで本実験では復路を解析から除外し、解析は習慣性側方滑走運動往路のみとした。以後、習慣性側方滑走運動経路は往路を意味する。

表 1 習慣性側方滑走運動経路の安定性 (性差左右差)
解析点: 切歯点

	男性右側			男性左側		
側方偏位量	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0
経路 mean	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05
安定性 (SD)	(0.03)	(0.03)	(0.04)	(0.04)	(0.03)	(0.03)
	女性右側			女性左側		
側方偏位量	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0
経路 mean	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
安定性 (SD)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.03)	(0.03)
	男 性			女 性		
側方偏位量	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0
経路 mean	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
安定性 (SD)	(0.04)	(0.03)	(0.04)	(0.03)	(0.03)	(0.03)

解析点: 切歯点

単位: mm

2. 経路の安定性の左右差および男女差

切歯点において側方 1.0, 2.0, 3.0 mm の 3 点において各被験者の経路の 3 次元的ばらつきの平均とその標準偏差を算出した (表 1)。それらの標準偏差は 0.1 mm 以下と小さいものであった。また統計値は小さいものの左右差男女差の T 検定 ($P < 0.05$) を行った。各点での経路安定性の左右差および男女差は認められなかった。よって以後、男女および左右を異なるものとせず、男女各 15 名計 30 名、および左右側を区別せず総数 60 側として解析した。

3. 上下的・前後적および 3 次元的な経路の安定性

習慣性側方滑走運動の側方運動量に対する安定性は、まず上下の標準偏差および前後の標準偏差を算出した (図 6)。次に上下の標準偏差と前後の標準偏差から 3 次元的標準偏差を算出した (図 7)。

習慣性側方滑走運動の初期から側方偏位量 3.0 mm までの範囲において、3 次元的標準偏差は 0.1 mm 以下であり、経路安定性は高いものであった。

4. 各解析点での経路の安定性

習慣性側方滑走運動経路の各解析点における標準偏差を算出した (図 8)。切歯点、犬歯点、大臼歯点および平衡側顎頭点において 3 次元的な標準偏差は 0.1 mm 以下であり、どの解析点においても経路安定性は高いものであった。以後、経路安定性の解析点は切歯点を代表点とする。

図 6 習慣性側方滑走運動経路の安定性 (上下的安定性, 前後的安定性)
解析点: 切歯点

図 7 習慣性側方滑走運動経路の安定性
解析点: 切歯点

5. 側方ガイド別の経路の安定性

各側方ガイド様式が習慣性側方滑走運動経路の安定性に及ぼす相違について解析した。C 型 19 側, CP 型 31 側, CPM 型 10 側に分類し、各側方ガイド様式での経路の標準偏差を算出した (図 9)。

3 種類の側方ガイド様式に区分したが、しかし、C 型, CP 型および CPM 型の標準偏差はいずれも 0.1 mm 以下で安定性は高いものであり、側方滑走の咬合様式に関わらず経路安定性は高いものであった。

6. 側方滑走角度と経路の安定性

下顎切歯点における側方滑走角度の平均値は側方 3.0 mm の顎位で 58.1° であった。その標準偏差は 8.6° であった。その側方滑走角度と切歯点の経路安定性との相関図を、側方偏位量が 1.0, 2.0, 3.0 mm の点において示した (図 10-1, 10-2, 10-3)。いかなる点も側方滑走角度と経路安定性に相関はなかった。

図 8 習慣性側方滑走運動経路の安定性
(各解析点における相違)

図 9 習慣性側方滑走運動経路の安定性
(咬合様式による相違)
解析点: 切歯点

IV. 考 察

1. 研究方法について

1) 計測装置

従来の解析装置では、ある解析点 1 点のみに注目したものが多く、しかし、本実験で使用した計測装置は下顎運動の 3 点 6 自由度の計測が可能である。下顎上の任意点の運動について定量的な解析が行え、各解析点での下顎運動の評価が可能である。また計測精度も $120 \times 120 \times 120$ mm 範囲内で、測定誤差は 0.1 mm 以下であり、本実験の目的に十分満足できるものである。さらに計測装置も簡便で、咬合を挙上することなく側方位でクラッチが干渉することがないように上下顎クラッチの装着が可能で、可及的に自然な側方滑走運動が可能である。

2) 解析範囲

解析範囲は下顎切歯点において左右側方 3 mm 以内とした。この側方 3 mm の解析点は従来の側方運動の

図 10-1 習慣性側方滑走運動経路の安定性
(側方滑走角度との関連性)
解析点: 切歯点, 側方 1 mm

図 10-2 習慣性側方滑走運動経路の安定性
(側方滑走角度との関連性)
解析点: 切歯点, 側方 2 mm

図 10-3 習慣性側方滑走運動経路の安定性
(側方滑走角度との関連性)
解析点: 切歯点, 側方 3 mm

解析に使用されてきた顎位であり、従来の報告との比較が行える。正常有歯顎者の場合、側方切端位までの距離が下顎切歯点において 2.92~6.72 mm の報告があり⁹⁾、ICP から側方 3 mm の点は切端位を越えることは少ない。また咀嚼時の側方滑走量は 0.3~2 mm の

報告があり^{1,10-13)}, 正常者の咀嚼時の滑走運動量は解析範囲側方 3 mm に十分に包含されている。これらの要件から解析範囲を決定した。しかし、従来の解析は側方 3 mm あるいは 5 mm の一点で解析を行う場合が多く^{1,10,14,18)}, 側方 3 mm 以内の側方偏位量に対する詳細な解析はこれまでにない。そこで特に本研究では左右側方 3 mm 範囲内において 0.1 mm 毎の間隔の 60 点で標準偏差を算出し、側方偏位量に対する経路安定性の変化を連続的に定量的に把握することが可能となった。

3) 安定性の評価方法

これまでの安定性の評価に標準偏差を用いているものがある^{15,16)}。本研究においても、習慣性側方滑走運動経路の安定性は標準偏差を用いることによってその経路のばらつきを判定した。

各被験者で習慣性側方滑走運動を左右 4 回記録し、それらの計測値から経路の上下的標準偏差 (SD_z) および前後の標準偏差 (SD_x)、および 3 次元的標準偏差 [$\{(SD_x^2 + SD_z^2)/2\}^{0.5}$] を算出した。算出した標準偏差が本システムの測定誤差 0.1 mm 以下であれば、測定精度上その経路は安定すると判定した。このことにより左右差、男女差、解析点での安定性の相違など、関連性の評価が可能となった。

4) 往路と復路

本来の側方限界運動経路は単一の経路であるが、習慣性側方滑走運動経路は往路のみならず側方位から ICP へ戻る復路が存在する。習慣性側方滑走運動の往路と復路を観察したところ、復路は往路に比較して前方の経路をとる傾向がみられ、同時に往路と復路が同一経路を有することは稀であった。また復路の安定性は往路のそれに比較して低いものであると報告されている¹⁾。本実験において ICP から側方 3 mm の範囲内で解析した結果、習慣性側方滑走運動の復路は安定性が低く解析から除外した。また往路および復路の経路安定要因がいかなる点で異なるかは不明であり、これまでは側方運動の復路についての研究では筋電図学的方法¹⁷⁾がなされているものの運動論的報告はなく、復路の意義については未だ不明である。復路に咬合論的意義を見い出せないのは経路の安定性がきわめて低い運動であることも一要因と考えられた。

5) 被験者および左右差男女差

従来の報告においての被験者数は少数で、性別については男性のみの報告である^{10,12,18,19)}。男女差について解析を行ったものは見当たらない。本研究では男女

各 15 人の正常有歯顎者のサンプリングを行い、まず男女別に左右の習慣性側方滑走運動の安定性の相違について検討した。その結果、切歯点において ICP から左右側方 1, 2, 3 mm の点で、両者ともばらつきは小さく、さらに T 検定の結果からも男性女性ともに左右の経路安定性が同等のものであった。両者を同等のものとしても結果に影響をあたえるものではなかった。そこで左右の区別を行わず、左右統合し男性 15 名の 30 側および女性 15 名の各 30 側とした。同様に男女差についても検定を行った。男女差は認められなかった。したがって、いわゆる正常者の側方運動は男女左右を統合して合計 60 側とした。統計処理には十分な標本数に達した。

2. 習慣性側方滑走運動の安定性について

1) 経路安定性

側方運動経路を一般的な形として把握するには側方運動経路の 3 次元的な安定性を定量的に把握することがまず必要である。

従来の側方運動の研究のなかに、側方運動はほぼ一定の経路を示すことが少数であるが解析データをもって報告されている。藍¹⁾の報告では、経路のばらつきを分散状態と表現しており、前頭面で 0.2~1.0 mm、水平面で 0.2~0.8 mm の分散状態である。川口⁶⁾においては、経路のばらつきをバラツキ幅と表し、前頭面で 0.1~0.3 mm 平均 0.21 mm、水平面で 0.1~0.7 mm 平均 0.28 mm のバラツキ幅であった。山口²⁰⁾においては、経路のばらつきを分散度と表し、側方距離 2 mm と 4 mm の点で前頭面投影でそれぞれ平均 0.24 mm と 0.23 mm の分散度であった。これらの側方滑走運動経路の安定性について報告された解析パラメータは、標準偏差ではなく経路のばらつきの幅を用いている。また解析点も切歯点付近であり、若干の違いがあるものの 3 者とも経路の安定性は高いと報告されている。

しかし、他の従来の報告の多くは側方運動の安定性そのものを言及したものは少なく、側方運動の解析に際し、側方運動の記録を数回行い経路を主観的な観察により、ほぼ同一の経路を示すと述べ、各実験の目的が側方運動の安定性そのものではないこともあって、その経路が安定していることを示唆するにとどまっております。側方運動経路の安定性については推測の域を出ていない^{9,10,21)}。また、従来の側方運動経路の研究において、記録した数回の側方運動のなかで典型的な一経路を主観的に抽出し、その側方経路を用いて側方運動

の解析を行ったり^{9,10)}, また, 平均経路を用いた報告が少数みられる^{11,18)}.

本研究において, 経路の安定性は上下的標準偏差および前後の標準偏差は0.1 mm以下であり, 側方3 mm範囲内において経路安定性は高いものであった. 本研究の結果と従来の報告^{1,6,20)}の結果とを直接比較できないものの, 経路安定性は高いという同様の結果を得た. 経路安定性を上下的と前後的に分けてみると, 経路安定性の上下的要素は上下歯牙の対合関係, 被蓋により規定されているのに対して, 前後の安定要素の方は主に咀嚼筋群および顎関節に規定され, 比較的ルーズであると考えられ, 前後の安定性に比較して上下的安定性の方が高いと推察される.

2) 側方偏位量に対する安定性の変化

習慣性側方滑走運動経路の側方偏位量に対する安定性の変化を検討した. その結果, 切歯点においてICPから側方3 mmまで経路安定性は高いものであった. ICPに近い程経路安定性が高く, さらに側方偏位が多くなるにつれ経路安定性が低下する可能性があると考えられるが, その安定性は変化していない. 習慣性側方滑走運動経路の安定性は咀嚼筋群, 咬合, 歯根膜感覚および顎関節の機能の調和によるものと考えられる. 側方運動時に平衡側顆頭は外側翼突筋によって前方に牽引され, 作業側顆頭は側頭筋によって維持され, また咬筋と内側翼突筋は上下歯牙咬合の接触を維持し²⁰⁾, これらのバランスが保たれて習慣性側方滑走運動は安定すると考えられる. いわゆる正常有歯顎者は, 咬合, 顎関節および咀嚼筋群の機能の調和がとれており, 側方運動を行うにあたって経路安定性の高い側方運動を行うことが可能と考えられた.

3. 習慣性側方滑走運動経路の安定性との関連性

1) 各解析点においての安定性の相違

本システムでは下顎上の任意の点の運動経路の解析が可能である. 従来の研究においては切歯点付近の経路について解析されてきたが, 一部の報告には下顎上の任意点における解析もみられる. それらの報告では, 切歯点において咀嚼運動経路と側方運動経路は類似するが, 大臼歯点において若干の差異が生じている¹¹⁾. 解析点が異なることにより経路安定性の相違が生じる可能性があり, その有無を知る目的で解析を行った. 習慣性側方滑走運動中の接触がリジッドな歯牙と比較的ルーズな顎関節とがある²³⁾. 顎関節の可動性が顆頭点における側方滑走運動時の経路安定性の低下を来すと

推測される. しかし, 顆頭点での標準偏差は0.1 mm以下であり, どの解析点においても経路安定性は十分に高いものであった. そこで安定性の解析は切歯点を代表点としてもよいことが分かった.

2) 側方ガイドの種類による安定性の相違

側方ガイドの種類が習慣性側方滑走運動の安定性に影響を与えるかを検討する目的で解析を行った. いわゆる犬歯誘導, 本研究ではC型と表しているが, この側方ガイド様式は歯牙1点で側方に誘導されている. 一方, CP型およびCPM型とした側方ガイド様式では誘導が作業側歯列上の1点のみではなく複数点で側方ガイドが行われている. 一般的には, 1点よりも複数点の接触がある方が安定性が高いと考えられる. また, CPM型は歯牙の接触が複数点になり, 接触点が単一でなく不明瞭で, さらに滑走角度も緩やかであることが関与して経路安定性が低下する可能性があると推測される. しかしガイド様式が異なることで経路の安定性が異なることはなく, それらの標準偏差は0.1 mm以下で経路安定性は十分に高いものであった. したがって解析は側方ガイド様式別に行ったが, どの側方ガイド様式においても十分に経路安定性は高かった.

3) 側方滑走角度と安定性との関連性について

習慣性側方滑走運動経路の安定性と側方滑走角度との関連について検討する目的で, 側方滑走角度を経路安定性の算出方法と同様に, 側方0.1 mmの間隔で平均経路を用い前頭面投影で算出した. 側方滑走角度は従来の報告とほぼ同様の結果を得た^{1,4,9,11,20,24,25)}.

側方滑走角度は側方に偏位してもほぼ一定の値であり, この角度の変化は小さいものであった. ただし切歯点において, 側方3 mm以内で側方切端位を越える場合は切端位で側方滑走角度が大きく変化すると考えられるが, 本研究では側方滑走角度に急激な変化は認められず, 側方切端位は越えてはいないと推測された. 顎位が側方に偏位しても側方滑走角度の変化はほとんどなく, また同時に習慣性側方滑走運動経路の安定性も高く, さらに側方滑走角度の緩急は習慣性側方滑走運動経路の安定性に影響を及ぼしてはいなかった. 上下歯牙咬合接触が維持されていれば滑走角度がいかなる場合でも経路安定性は保たれていた.

以上のことから, 習慣性側方滑走運動経路は, 解析点, 側方ガイド様式, および側方滑走角度に関わらず安定性は高いものであった.

V. 結 論

顎機能および咬合関係に異常が認められない、いわゆる正常有歯顎者男女各 15 名、計 30 名の習慣性側方滑走運動経路を九州大学式非接触三次元精密変位計測システムを用い計測を行い、以下の結論を得た。

1. 習慣性側方滑走運動往路の安定性を切歯点、犬歯点、大臼歯点および顎頭点で解析した。いかなる解析点も経路の安定性は十分に高い。

2. 側方滑走ガイドを C 型、CP 型および CPM 型に分類し解析した。各型とも経路の安定性は十分に高い。

3. 側方滑走角度は側方に偏位するにつれ大きく変化することはない。同時に経路の安定性の変化も少ない。また、側方滑走角度の緩急は経路の安定性に影響を及ぼさない。

4. 正常有歯顎者の習慣性側方滑走運動往路は下顎切歯点において ICP から側方 3 mm までの範囲内において、3 次元的に安定した経路を有している。

5. 習慣性側方滑走運動の往路は安定性が高いことが確認された。したがって、習慣性側方滑走運動往路は他種の運動経路との比較、および咬合器への運動の再現に有用である。

文 献

- 1) 藍 稔：切歯点における咀嚼運動の解析，補綴誌，6：164～200，1962.
- 2) 古屋良一：顎口腔系の機能に異常を有する者の下顎運動の研究，補綴誌，18：221～245，1975.
- 3) 坂東永一，新井 泉，古屋良一ほか：下顎限界運動の図形表示による解析，補綴誌，20：295～303，1976.
- 4) 栗山 實：歯牙指導要素が平衡側顎路に及ぼす影響について，補綴誌，23：126～147，1979.
- 5) 長谷川成男，藍 稔，河野正司ほか：下顎限界運動における全運動軸の立体的測定，補綴誌，19：434～443，1975.
- 6) 川口豊造：電気的計測装置による習慣性開閉口運動および嚥下運動時の歯牙接触位に関する研究，補綴誌，12：398～423，1968.
- 7) Gibbs, G.H., Lundeen, H.C. and Mahan, P.E. : Chewing movements in relation to border movements at the first molar, J Prosthet Dent, 46 : 308～322, 1981.
- 8) 古谷野潔：後方運動時の下顎の三次元動態，補綴誌，31：805～818，1987.
- 9) 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.
- 10) 森 隆司：咀嚼運動経路の研究 空口側方滑走運動および食品の影響，補綴誌，26：274～297，1982.
- 11) 水野 亨：咀嚼時の歯牙滑走運動に関する研究 第 1 報 咀嚼様空口運動時の歯牙滑走運動と側方滑走運動の比較，補綴誌，33：43～56，1989.
- 12) 水野起良廣：咬頭嵌合位付近の咀嚼運動経路に関する研究，愛大院大歯誌，17：259～283，1980.
- 13) Suit, S.R., Gibbs, C.H. and Benz, T.B. : Study of Gliding Tooth Contacts during Mastication, J Periodontol, 47 : 331～334, 1976.
- 14) 林 豊彦：側方滑走運動の三次元動態に関する研究 第 1 報 下顎代表点の運動路と運動初期の動態について，補綴誌，30：1136～1148，1986.
- 15) 河野正司，E. ケルバー，田端恒雄ほか：種々の下顎位誘導法による咬合採得の再現精度に関する比較検討，補綴誌，31：945～954，1987.
- 16) 保母須弥也，高山寿夫：描記式パントグラフを用いた側方運動時の顎頭間軸の Cross Point に関する研究，補綴誌，28：363～374，1984.
- 17) 曾根田兼司：上顎犬歯舌面の傾斜角度の違いが咀嚼筋活動に及ぼす影響，口病誌，56：162～181，1989.
- 18) 真柳昭紘：側方滑走運動における顎頭外方点の運動に関する研究，補綴誌，19：528～537，1976.
- 19) 長谷川成男，野村孝太郎，丸山雅昭ほか：側方滑走運動における運動様式の検討，補綴誌，16：381～386，1972.
- 20) 山口順康：有歯顎者の前頭面に於ける側方滑走運動路に関する研究，歯科学報，73：333～353，1973.
- 21) Yaffe, A. and Ehrlich, J. : The functional range of tooth contact in lateral gliding movements, J Prosthet Dent, 57 : 730～733, 1987.
- 22) Posselt, U. : Pysiology of Occlusion and Rehabilitation 2ed, 25～63, Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 1968.
- 23) 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.
- 24) 真柳昭紘：側方滑走運動における顎頭運動の研究，補綴誌，14：158～182，1970.
- 25) 塩沢恭郎：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.