原 著 論 文

前方滑走運動時の臼歯部離開に関する運動論的, 形態学的解析

小川 隆広 古谷野 潔 末次 恒夫

Kinematical and Morphological Analysis on the Disclusion of Posterior Teeth during Mandibular Protrusive Movement

Takahiro Ogawa, Kiyoshi Koyano and Tsuneo Suetsugu

Abstract: The purpose of this study was to analyze the mechanism of the disclusion of posterior teeth during mandibular protrusive movement. Clinical examination was performed on 67 normal young adults, and they were divided into two groups: disclusion group and non-disclusion group. The protrusive movement was measured with the 3-dimensional mandibular movement analyzing system which can analyze movements in six-degrees of freedom, and the occlusal curve on the lower 2nd molar was evaluated using the 3-dimensional digitizer.

The sagittal inclinations of both incisal and condylar paths were significantly greater in the disclusion group than in the non-disclusion group. Especially, the difference of the incisal path inclination between them was almost 15 degrees. There was also a significant difference in their occlusal curves; the occlusal curve in the disclusion group was steeper than that in non-disclusion group. The method of anterior guidance determination proposed by Kohno and Nakano was found to be effective for establishing the posterior disclusion during protrusive movement. The findings of this study suggest that the inclination of the anterior guidance greatly contributes to the occurrence of the posterior disclusion, in comparison with the inclination of the posterior guidance and the steepness of the occlusal curve.

Key words: disclusion, protrusive movement, anterior guidance, posterior guidance, occlusal curve

I. 結 言

従来より下顎の前方滑走運動に関しては, 多くの研究¹⁻⁷⁾がなされてきた。しかし, そのほとんどは切歯点や顎頭点の運動経路のみを捉えたにすぎず, 歯科臨床, 特に補綴分野における治療目的の1つである, アンテリアガイダンスの確立法という観点からの検討はほとんどなかった。そこで, 1987年, Kohno and Nakano⁸⁾は下顎の生理的な回転を重視したアンテリアガイダンス決定法を提唱し, アンテリアガイダンスおよびポステリアガイダンスの

理論的背景について考察した。

アンテリアガイダンスの意義の1つに偏心運動時の臼歯部の離開がある。咬合要素が顎機能異常の原因の1つであるか否かについては未だ議論が絶えないところである⁹⁻¹¹⁾が, 正常な天然歯列における前方滑走運動時のアンテリアガイダンスは上下顎の前歯部の接触, 滑走によって行われ¹²⁾, この現象は臼歯部における歯牙接触を防いでいると考えられている¹³⁾。つまり, 現在の有歯顎補綴における therapeutic occlusion としては, 偏心運動時に臼歯部を離開させるという手法が一般的である。したがって, 前方運動時の臼歯部離開の発現機構を検討することには意義があると思われる。

前方滑走運動時の臼歯部離開は, 同部位における歯牙の運動路の矢状傾斜度と咬合彎曲や咬頭傾斜などとの相互関係によってその発現の有無が決定される。そしてこの臼歯

九州大学歯学部歯科補綴学第2講座 (主任: 末次恒夫教授)
Department of Prosthetic Dentistry II, Faculty of Dentistry,
Kyushu University (Chief: Prof. Tsuneo Suetsugu)
平成6年11月30日受付

部における運動路はアンテリアガイダンスである切歯路とポステリアガイダンスである顎路によって規定され、下顎骨の大きさによっても影響を受ける。したがって、前方滑走運動時の臼歯部離開の評価法の確立、あるいは臼歯部離開の設定法を検討するには、これらの運動要素と形態要素の双方を解析することが必要である。本研究では、運動要素である切歯路および顎路、形態要素である咬合彎曲に着目し、前方滑走運動時の臼歯部離開群と非離開群の両群におけるそれら 3 要素の特徴を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

まず以下の条件を満たす 18~25 歳までの本学学生、職員、および歯科衛生士学校実習生の中から 67 名（男性 32 名、女性 35 名、平均年齢男性 21.4 歳、女性 19.7 歳）を選択した。

1) 第三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認められないもの。

2) 矯正治療の既往がなく、顎発育が完了したもので、歯列不正もなく、臼歯部咬合関係が Angle class I のもの。

3) 異常な咬耗所見が認められず、歯周組織にも異常を認めないもの。

4) 顎機能に自覚的にも他覚的にも異常を認めず、またその既往もないもの。

さらに、被験者に軽い歯牙接触を伴った前方滑走運動を行うよう指示し、Artus 社製オクルーザルレジンストレーションストリップが引き抜けるか否かによる咬合診査を行い、以下に述べる離開群、非離開群の 2 群に分類し、解析対象とした。

1) 離開群：54 名（54 側、男性 27 名、女性 27 名）

咬頭嵌合位から切端位までの下顎の前方滑走運動が前歯部によって誘導され、上下顎の臼歯部に左右側ともに歯牙接触が認められないもの。

2) 非離開群：13 名（17 側）

前方運動時、片側もしくは両側の下顎第二大臼歯部に歯牙接触が認められるもの。なお、前方滑走運動中、前歯部歯牙接触が認められるか否かについては特に限定せず、運動初期から後期にかけての前歯部歯牙接触の有無は被験者により様々であった。

なお、被験者には計測方法についての十分な説明を行い、同意が得られた上で計測を行った。

2. 下顎運動計測法

下顎運動の計測には当教室が独自に開発した九州大学式非接触三次元精密偏位計測システム¹⁴⁾を用いた。このシス

テムはクラッチおよびフレームを介して上下顎に固定したそれぞれ 3 個ずつの発光ダイオード (LED) の 3 次元的位置を PSD (半導体位置検出素子) 内蔵の 2 台のカメラによって検出する 3 点 3 次元 6 自由度の計測システムであり、下顎上の任意の点の運動が解析可能である。なおシステムの計測誤差は本研究で計測した運動の範囲内でいずれの解析点においても 0.1 mm 以内であった。

3. 基準座標系

いわゆるカンベル平面を水平的な基準とした。すなわち左右皮膚上の平均点顎頭点（耳珠後縁より外眼角へ前方 13 mm、下方 5 mm）と鼻翼下縁にとった前方参照点を含む平面である。（以下、基準平面と呼ぶ）

4. 計測した前方滑走運動

被験者を簡易歯科治療椅子に楽な姿勢ですわらせ、数回の練習を行わせた後、咬頭嵌合位からの最大前方位までの下顎の前方滑走運動を各被験者につき 4 回ずつ記録した。

5. 解析

1) 解析点

切歯点の中切歯近心切縁隅角、第二大臼歯点は遠心頬側咬頭頂とし、顎頭点は Kohno and Ishiwara の方法¹⁵⁾に準じて試行錯誤的に求めた全運動軸上で左右的には X 線規格写真軸位方向撮影により求めた形態的中心点とした。

2) 前方傾斜度

図 1 に示すように切歯点の前方移動距離が 2.0 mm の顎位における矢状面上での運動路の傾斜度を離開群については左側の切歯点、第二大臼歯点、そして顎頭点について算出し、前方傾斜度とした。また非離開群については非離開側の切歯点、第二大臼歯点、そして顎頭点について算出した。統計処理には各被験者の 4 回の平均値を用いた。

3) 前方離開角 α_p

前方運動時の第二大臼歯部における離開を評価するパラメータとして図 2 のような前方離開角 α_p を設定した。このためにまず θ (7 M)¹⁶⁾、すなわち第二大臼歯近遠心咬頭頂間を結んだ直線と基準平面がなす角度を採用した。 θ (7 M) が大きいほど基準平面に対する第二大臼歯の彎曲は強いことになる。そして前方離開角 α_p は第二大臼歯における前方傾斜度とこの θ (7 M) との差である。なお θ (7 M) の算出に用いた解析点の基準平面に対する三次元座標値は以前の報告¹⁶⁾に準じて、三豊社製三次元座標測定器 MXF 203 を用いることにより得られた。

4) 統計処理

平均値の差の検定は 5% の有意水準にて、Student の t 検定を行うことにより得られた。

図1 前方傾斜度の算出法

■を前方位と定義し、その顎位における各解析点の運動路傾斜度を算出した。図は切歯路における前方傾斜度を示す

Definition of sagittal inclination

This figure shows the sagittal inclination of the incisal path

図2 前方離開角 αp

第二大臼歯における前方傾斜度と $\theta(7M)$ の差
 $\theta(7M)$ は第二大臼歯頬側近心および遠心咬頭を結ぶ直線が基準平面となす角である

Discusion angle αp

Discusion angle was defined as the difference between the sagittal inclination of the 2nd molar path and the $\theta(7M)$

図3 前方離開角の分布

Distribution of discusion angle

表1 離開群および非離開群における前方傾斜度 (°)

Sagittal inclinations in discusion group and non-discusion group

	離開群 (Mean $\pm$ S.D.)	非離開群 (Mean $\pm$ S.D.)	有意差
切歯点	40.3 $\pm$ 7.8	25.7 $\pm$ 11.2	*
顎頭点	36.6 $\pm$ 6.7	32.2 $\pm$ 7.7	*

* $p < 0.01$

表2 離開群および非離開群における前方離開群角 αp と $\theta(7M)$ (°)

Discusion angle αp and $\theta(7M)$ in discusion group and non-discusion group

	離開群 (Mean $\pm$ S.D.)	非離開群 (Mean $\pm$ S.D.)	有意差
αp	32.3 $\pm$ 8.5	15.3 $\pm$ 5.3	**
$\theta(7M)$	6.9 $\pm$ 7.1	14.7 $\pm$ 7.8	**

** $p < 0.001$

III. 結 果

1. 前方傾斜度

表1に離開群および非離開群における前方傾斜度の平均値と標準偏差を示す。離開群では、顎路の傾斜度は切歯路の傾斜度よりも小さかったが、非離開群ではその関係は逆転していた。切歯点および顎頭点における前方傾斜度は非離開群において離開群よりも有意に小さかった。その差は切歯路で約15度、顎路で約4度であり、特に切歯路において顕著であった。

2. 前方離開角

表2に離開群および非離開群における前方離開角 αp と $\theta(7M)$ の平均値と標準偏差を示す。前方離開角 αp に関して、両群間には有意な差があり、非離開群のほうが小

さかった。またその差は15度を越えていた。

図3に離開角の分布を示す。両群の分布範囲は一部重なるものの、非離開群の前方離開角は25度を越えなかった。 $\theta(7M)$ に関して、非離開群のほうが離開群よりも有意に大きかった。

IV. 考 察

下顎の歯牙接触による滑走運動はアンテリアガイダンスである歯牙路とポステリアガイダンスである顎路によって規定され、下顎上の任意の点の運動はこの2つの指導要素の影響を受けている。天然歯列における前方滑走運動時のアンテリアガイダンスは多くの場合、上下顎の前歯部が接触・滑走することによりその役を担う^{12,13,17,18}。したがっ

て、前方滑走運動時の臼歯部離開量は運動要素である切歯路傾斜度、顎路傾斜度、そして形態要素である咬合平面傾斜度、咬合彎曲、咬頭傾斜、咬合面形態などが複雑に影響し合い決定される。しかし、滑走運動時の臼歯部の離開、あるいは接触する部位を予測するのは非常に難しく、また上下顎歯牙の接触関係は運動が進むにつれ変化する動的な現象であるため、ME 機器を用いたとしても正確な接触・滑走の診査は困難である。本研究では最後方歯であり、歯牙接触が起こり易いと考えられる第二大臼歯に着目し、ストリップスを用いた引き抜き試験を行うことにより、咬頭嵌合位から前方切端位までの前方滑走運動範囲における下顎の第二大臼歯の頰側遠心咬頭付近の接触を診査し、接触が認められたものを非離開群、接触が認められなかったものを離開群とした。

用いたストリップスは厚さが 10μ から 20μ で咬合紙より薄く、かつ破れることが少ないため、引き抜き試験には適していると考ええる。またストリップスの幅が狭いため、接触部位の特定が咬合紙を用いるより有利であった。

解析側に関して、離開群の被験者については、臼歯部が離開するため切歯路は左右側共通のアンテリアガイダンスであることを考慮し、データの重複を避けるため、左側のみの解析とした。一方、非離開群については、両側に臼歯部接触が発現する場合でも、左右側で顎路および咬合彎曲の特徴に違いがあったことなどの理由から、非離開群すべてを解析対象とした。

臼歯部離開を評価するパラメータには、第二大臼歯の咬合彎曲の評価に用いた θ (7 M) と第二大臼歯の運動路の前方傾斜度との差を前方離開角 α_p として採用した。 θ (7 M) が大きいほど、つまり咬合彎曲が急であるほど、また第二大臼歯の前方傾斜度が小さいほど第二大臼歯部は接触しやすいことが予想される。また前方傾斜度の算出法に関して、本研究では予備実験として 35 名の被験者を対象に切端位までの前方移動距離を計測したところ、 3.48 ± 1.05 mm という結果を得た。さらに 35 名すべてについて 2.0 mm 以上の移動距離を示していた。つまり 2.0 mm 前方位は切端位を越えず、歯牙接触が関与する範囲での顎位と判断することができた。よって、本研究では前方 2.0 mm における矢状面内傾斜度を算出し、前方傾斜度とした。得られた前方傾斜度に関して、離開群の値は過去の報告^{7,19,20)}と比較して大きな差はなかった。

本研究のデータにおいて、非離開群の前方離開角は離開群と比較して有意に小さく、非離開群の前方離開角は 25 度を越えなかった。換言すると、前方離開角が 25 度以上であれば、臼歯部の離開が得られるということになる。本研究での被験者はいわゆる正常有歯顎者であり、限定された集団であること、非離開群の被験者数が少なかったことなどを考慮する必要はあるが、この値が臼歯部離開を与える際の基準となりうる可能性を示唆した。また切歯路前方

傾斜度と顎路前方傾斜度、双方とも非離開群のほうが離開群より小さく、咬合彎曲については離開群より非離開群のほうが強かった。すなわち、離開群と非離開群ではこれらの 3 要素すべてにその特徴の違いがあり、3 要素すべてが非離開群における前方離開角の減少に関与していることがわかった。特に両群間における切歯路前方傾斜度の差は 15 度を越え、顎路前方傾斜度の差より 10 度以上大きかったことから、前方運動時の臼歯部離開を決定する要素としてのアンテリアガイダンスの比重の大きさを示した。

実際、臨床の場合においてアンテリアガイダンス決定する際に、すでに崩壊した咬合から得られる情報は少なく、ある程度不偏的な顎頭の動きからその基準を見い出すことが必要となる。Kohno and Nakano⁸⁾の決定法はその考え方に基いたものであり、以下のように要約される。下顎が開口位から閉口し切端咬合位で噛みきり咬頭嵌合位へもどる運動において、切歯路が顎路より急傾斜であれば下顎は閉口運動と同方向へ回転するが、切歯路が顎路より緩傾斜であると、下顎は開口方向への回転を余儀なくされることになり咀嚼時の神経筋機構に不調和を生じる。したがって、切歯路傾斜は顎路傾斜と同等かあるいは、それよりも大きくすべきであるという理論である。以下、この決定法と臼歯部離開との関わりについて考察する。図 4 は本解析における離開群、非離開群それぞれの切歯路および顎路の前方傾斜度の分布である。 $Y=X$ の直線より上の領域は Kohno and Nakano の条件を満たしていることを意味する。その数は離開群で 54 側中 38 側で、およそ 3 分の 2 を占めていた。ところが非離開群ではわずかに 17 側中 8 側と半数以下であった。このことから切歯路傾斜度は顎路傾斜度より急傾斜にすべきであるという条件を満たせば第二大臼歯部の離開が得られる確率も高くなり、その確率は $100 \times 38 / (38 + 8) = 82.6\%$ である。しかし、逆に、非離開群で条件を満たしている 8 側は、その条件を満たしているにもかかわらず、離開が得られない被験者であり、その割合は決して少なくないと思われる。そこでこの 8 側についてそれぞれのデータを調べてみると、4 側は顎路の前方傾斜度が 30 度以下であり、残る 4 側は θ (7 M) が 15 度以上であった。つまり、顎路傾斜度が小さい場合、あるいは咬合彎曲が強い場合には Kohno and Nakano の条件を満たすのみでは臼歯部の離開は得られないことになる。このことを要約すると以下ようになる。前方運動時の臼歯部離開を与える際、顎路傾斜度が小さい場合には、それよりわずかに急傾斜な切歯路傾斜を与えるばかりでは、天然歯と同様の臼歯部形態を作製することができず、咬合彎曲あるいは咬頭傾斜を平坦にしなければならない。そうでない場合は、第二大臼歯の運動路の前方傾斜度がある程度の値を示すまで、切歯路傾斜度を急傾斜にする必要がある。

このように離開群および非離開群の切歯路傾斜度および顎路傾斜度、そして咬合彎曲の特徴を明らかにすることが

図4 前方運動時の離開群と非離開群における切歯路傾斜度と顎路傾斜度との関係
The relationship between the incisal path inclination and the condylar path inclination in disclusion group and non-disclusion group

でき、臼歯部離開の発現機構に関する運動論的、形態学的基礎情報が得られたと考える。今後、前方運動時の切歯路および顎路が各歯牙の運動路に与える影響などについてさらに解析を進め、アンテリアガイダンス決定の指標について探求していきたい。

V. 結 論

正常有歯顎者67名を、前方運動時、第二大臼歯部が離開する群と理解しない群に分類し、臼歯部離開についての運動論的、形態学的解析を行い、以下の結論を得た。

1. 非離開群の切歯路傾斜度、顎路傾斜度は離開群と比較して、有意に小さかった。特に切歯路傾斜度における両群の差は大きく、臼歯部離開の発現におけるアンテリアガイダンスの役割の大きさが示された。

2. 非離開群の咬合彎曲は離開群と比較して、有意に強かった。運動要素のみならず、形態要素も臼歯部離開の発現に関与していることがわかった。

3. Kohno and Nakanoのアンテリアガイダンス決定法の条件を満たす場合、臼歯部離開が得られる確率は高くなる。しかし、顎路が緩傾斜である場合や咬合彎曲が強い場合には、臼歯部離開は得られないことがわかった。

稿を終わるに臨み、種々のご助言とご校閲の労を賜りました、九州大学歯学部歯科補綴学第一講座、寺田善博教授ならびに小児歯科学講座、中田 稔教授、歯科矯正学講座、中島昭彦教授に謹んで感謝いたします。また九州大学歯学部歯科補綴学第二講座の諸先生方に厚くお礼申し上げます。本研究にご協力いただきました被験者の皆様に深謝いたします。

文 献

- 1) Cohen, R. : The relationship of anterior guidance to condylar guidance in mandibular movement, J Prost Dent, 6 : 758~767, 1956.
- 2) Schuyler, C.H. : An evaluation of incisal guidance and its influence in restorative dentistry, J Prost Dent, 9 : 374~378, 1959.
- 3) Villa, H. : Requirements of articulators for protrusive movements, J Prost Dent, 9 : 215~219, 1959.
- 4) Weinberg, L.A. : The occlusal plane and cuspal inclination in relation to incisal and condylar guidance for protrusive excursions, J Prost Dent, 9 : 607~618, 1959.
- 5) Nielsen, I.L., Marcel, T. and Miller, A.J. : Patterns of mandibular movements in subjects with craniomandibular disorders, J Prost Dent, 63 : 203~217, 1990.
- 6) Kang, J.H., Chung, S.C. and Friction, J.R. : Normal movements of mandible at the mandibular incisor, J Prost Dent, 66 : 687~692, 1991.
- 7) Ferrario, V.F., Sforza, C., Miani, A. et al : Kinesiographic three-dimensional evaluation of mandibular border movements : A statistical study in a normal young non-patient group, J Prost Dent, 68 : 672~676, 1992.
- 8) Kohno, S. and Nakano, M. : The measurement and development of anterior guidance, J Prost Dent, 57 : 620~625, 1987.
- 9) Droukas, B., Linde, C. and Carlsson, G.E. : Relationship between occlusal factors and signs and symptoms of mandibular dysfunction : A clinical study of 48 dental students, Acta Odontol Scand, 42 : 277~283, 1984.
- 10) Seligman, D.A. and Pullinger, A.G. : The role of functional occlusal relationship in temporomandibular disorders : A review, J Craniomandib Disord Facial Oral Pain, 5 : 265~279, 1991.
- 11) Pullinger, A.G., Seligman, D.A. and Gornbein, J.A. : A multiple regression analysis of the risk and relative odds of temporomandibular disorders as a function of common occlusal features, J Dent Res, 72 : 968~979, 1993.
- 12) Ingervall, B., Hahner, R. and Kessi, S. : Pattern of tooth

- contacts in eccentric mandibular positions in young adults, J Prosthet Dent, 66 : 169~176, 1991.
- 13) Lee, R.L. : Anterior guidance, edited by Lundeen, H.C., Gibbs, C.H., Advances in occlusion, 51~80, John Wright, PSG inc., Boston, 1982.
- 14) 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.
- 15) Kohno, S. and Ishiwara, T. : Analysis of movement of mandibular condyle in sagittal plane, Bull Tokyo Med Dent Univ, 18 : 233~245, 1971.
- 16) 小川隆広, 古谷野潔, 末次恒夫 : 正常者の咬合平面および咬合彎曲の三次元解析, 補綴誌, 36 : 602~611, 1992.
- 17) DiPietro, G.J. : A study of occlusion as related to the Frankfurt-mandibular plane angle, J Prosthet Dent, 38 : 452~458, 1977.
- 18) Mchorris, W.H. : Occlusion with particular emphasis on the functional and parafunctional role of anterior teeth Part 2, J Clin Orthod, 13 : 684~701, 1979.
- 19) 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解析, 補綴誌, 26 : 148~164, 1982.
- 20) 西 克師 : 下顎運動の加齢による変化に関する研究, 補綴誌, 33 : 225~236, 1989.