原 著 論 文

習慣性最大開閉口運動時の顎頭の回転と 移動のタイミングに関する研究

水野 幹生 古谷野 潔 末次 恒夫

Research on the Timing of the Condylar Rotation and Anterior Translation of the Habitual Maximal Opening and Closing Movement of the Jaw

Mikio Mizuno, Kiyoshi Koyano and Tsuneo Suetsugu

Abstract : Maximal mandibular opening and closing movement is performed by a combination of condylar rotation and anterior translation. The purpose of this study is to clarify the timing of these two factors of this movement. The timing of the movement obtained by means of Kyushu University 3-D movement analyzing system was studied in 30 normal subjects. We plotted the condylar rotation vs. the anterior translation with the sagittal condylar path to evaluate the timing, and named this locus "timing curve".

The following results were obtained :

1. We classified the timing curves of all subjects into 3 patterns.
2. By comparing the timing curves of both sides of condyles in each subject, it was clarified that one side can not be independent of the other side, and it is necessary to estimate the timing in consideration of the one on the other side.
3. The antero-postero length and shape of the condylar path affects the patterns of the timing curve.
4. There is a close relationship between the pattern of the timing curve and the pattern of the sagittal incisal path.

Key words : mandibular movement, rotational angle, condylar translation, condylar movement, maximal opening movement

I. 結 言

習慣性最大開閉口運動は運動範囲が広く、被験者に行わせることができる最も簡単な運動であり、また再現性も高いため、顎機能の評価に適していると考えられる。

従来、開口量の計測というかたちでいわば静的にとらえられることが多かったが、近年顎関節内障の考え方の普及に伴い、顎関節音と切歯や顎頭の運動経路との関係がしばしば報告されるようになり、この運動を動的にとらえることの重要性が認識されるようになった。ところが、動的すなわち開けて閉じるという連続した運動として習慣性最大開閉口運動を実際に計測、解析を行った報告は少なく、そのほとんどが運動経路を論じているにすぎない。

咬合、顎関節、咀嚼筋、上位中枢等の顎口腔系を構成する諸因子の調和をみるためには、ある点の動きだけでなく下顎全体の動きを把握する必要がある。この目的のためには、顎頭間軸の回転と移動による下顎運動モデルを想定する方法が考えられる。しかし、これまでに顎頭間軸の回転と移動のタイミングについての顎運動解析の報告は非常に少ない¹⁻³⁾。わずかに、習慣性最大開閉口運動について両側顎頭の皮膚上の外側極相当部の 15 mm 内方の点を結んだ軸の回転と移動のタイミングについて報告したもの²⁾と、中心位におけるヒンジ・アキスについて報告したもの³⁾のみである。近年注目され始めた全運動軸については中等度の開閉口運動についての報告がある¹⁾のみである。

そこで本研究では、習慣性最大開閉口運動における顎頭間軸の回転と移動のタイミングを明らかにすることを目的に、正常有歯顎者を対象に三次元的運動計測を行った。また同時に回転と移動のタイミングと顎路形態や切歯の運動経路との関係についても検討を行った。

図 1 計測システムの全景

II. 方 法

1. 測定装置と解析点および基準座標系

下顎上の任意の点の運動が、三次元的に解析可能な九大式非接触三次元精密変位計測システムを用いて下顎運動の測定を行った⁴⁾(図 1)。

下顎上の解析点としては、図 2 に示すように切歯点と左右顎頭点を設定した。切歯点には左側下顎中切歯近心切縁隅角を採用し、河野の方法⁵⁾に準じて求めた全運動軸上で、各被験者毎に軸位頭部 X 線規格写真により決定した顎頭の形態的中央点を顎頭点とした。

また、右側顎頭点を原点とし、この点と左側顎頭点および鼻翼下縁にとった前方参照点を通る平面を水平面。これと直角に交わり左右顎頭点を含む平面を前頭面とする基準座標系を設定した(図 2)。

2. 被験運動

咬頭嵌合位から咬頭嵌合位へ終わる被験者自力による自然な習慣性最大開閉口運動を、連続 10 回行わせ計測を行った。

3. タイミング曲線

両側の顎頭点を結んだ顎頭間軸の回転と移動のタイミングを視覚的に簡便に理解するために、図 3 に示すような表示法を考案した。

下顎の顎頭間軸回りの真の回転角度⁶⁾を算出し、それを縦軸にとり、横軸に X 軸上に投影した前後的な移

図 2 基準座標系と解析点

図 3 タイミング曲線（上方は顆頭の矢状面投影像）

動量を取り、上部の顆頭点の運動軌跡の矢状面投影像と共に左右おのおのについて X-Y プロッターにて出力を行った。

4. 被験者

顎口腔系に自覚的、他覚的に異常の認められない、いわゆる正常有歯顎者で、咬頭嵌合位の安定した者であることを条件として、19 から 29 歳（平均 21.7 歳）の男性 15 名、女性 15 名、計 30 名を選択した。またタイミング曲線については左右顆頭を別々のものとして、30 名 60 顆頭について検討を行った。

なお、全被験者にあらかじめ実験内容について説明を行い本人の同意を得た上で被験者として採用した。

III. 結 果

1. 最大開口量、最大回転角度

全被験者について、習慣性最大開閉口運動時の咬頭嵌合位から最大開口位までの直線的な最大開口量およびその時の最大回転角度を算出し、10 ストロークの平均値を個人の代表値とした。また開口量に大きな影響を与える要因として下顎骨の大きさが考えられるが、切歯点から顆頭間軸への垂線の長さを L としてそれぞれの被験者について算出し、以上の値を表 1 に示した。

表 1 全被験者の最大開口量、最大回転角度、L の平均値

		N	平均	SD	最小	最大
最大開口量 (mm)	男性	15	46.68	4.02	42.05	57.94
	女性	15	45.56	1.96	42.84	48.90
	合計	30	46.12	3.21	42.05	57.94
最大回転角度 (度)	男性	15	35.42	4.09	29.10	43.76
	女性	15	35.77	3.11	28.85	41.00
	合計	30	35.59	3.64	28.85	43.76
L (mm)	男性	15	87.28	3.95	81.6	97.4
	女性	15	85.65	4.74	74.9	93.2
	合計	30	86.46	4.44	74.9	97.4

最大開口量、最大回転角度、L のおのおのについて男性と女性で母平均の差の検定を行ったところ、いずれも有意差は認められなかった。

またすべての被験者において、最大回転角度を示す下顎位は最大開口位と一致していた。

2. タイミング曲線

1) 曲線の安定性の検討

60 顆頭についてタイミング曲線の出力を行った（図 4）。まずはじめに各顆頭での 10 ストロークにおける安定性について検討した。各ストロークにおいて最大開口量同様、移動量も微妙に異なるため、まず図 5 に示すように移動量を 10 等分し 0～10 のレベルを設定し 0～10 の各レベルにおける回転角度の 10 ストロークにおける標準偏差を算出し、開口相と閉口相（開・閉口相）について各レベルの標準偏差の平均を求めた。その後顆頭間で比較できるように、各顆頭の平均最大回転角度で除して 100 をかけた値を算出し、この値を曲線の安定性の指標として平均変動率と呼ぶことにした。なお、開・閉口相については全被験顆頭においてレベル 10 にて最大回転角度を示したため、1～10 を開口相、10～1 を閉口相として算出を行った。この結果は表 2 のように開・閉口相トータルで $3.50 \pm 1.03\%$ であった。

また開・閉口相の比較では 60 顆頭中 52 顆頭において開口相の方が閉口相より平均変動率が大きく、平均値においても同様であった。そこで両者の母集団の平均値の差の検定を行ったところ有意水準 0.01 にて有意差が存在し、閉口相の方が安定した経路を示した。

2) 曲線パターン

開口相と閉口相との関係に着目して、曲線のパターンにより分類を試みた。前述の開・閉口相トータルの平均変動率、 3.50% を利用して、ある移動量におけ

図 4 タイミング曲線の出力例 (矢印が開口)

図 5 タイミング曲線における各レベルの設定法

表 2 開, 閉口相における平均変動率

	平均	SD
開口相	4.10	1.43
閉口相	2.79	0.96
開・閉口相	3.50	1.03
	(%)

図 6 タイミング曲線のパターンによる分類

- I 型：閉口相が開口相より上方を経過するもの
 II 型：開口相と閉口相が交わり、開口末期に開口相の方が上方を経過するもの
 III 型：開口相が開口相より上方を経過するもの

る開口相、閉口相の回転角度が最大回転角度の 3.50% 以上差がある場合を開口相と閉口相の回転角度に差があるものと判断した。こうして、全顎頭の 10 ストロークについて表示を行った結果、図 6 に示すように、I、II、III のパターンに分類することができた。

(1) パターンの安定性

まず同一顎頭における 10 ストローク中のパターンの安定性について検討を行った。10 ストローク中 7 ストローク以上同一パターンを示した場合、それをその顎頭の代表パターンとし、安定性ありと判定したところ、60 顎頭中 52 顎頭 (男性顎頭 27, 女性顎頭 25)

に安定性が認められた (図 7)。

(2) パターン分類

このパターンに安定性のみられた 52 顎頭について、それぞれの顎頭の代表パターンを求め分類を行った

(表 3)。

さらに各顆頭の 10 ストロークにおける最大開口量，最大回転角度，前後的顆頭点移動量の各平均値を求め，前述の下顎の大きさを表す指標 L とともに，各型毎の平均値を算出し，各型の平均値について有意差の検定も行ったところ表 4 に示す結果であった。

(3) パターン別平均曲線の算出

次に，I，II，III型の各パターンについて，それぞれの曲線の特徴を比較検討するために，おのおのの型を示す全顆頭の平均曲線を求めた。まず各顆頭内の 10 ストロークについて III-2-1) の方法に従い 0~10 の各レベルにおける個人の最大回転角度に対する平均回転率 (%) を算出することにより，各タイプ毎のそれぞれのレベルにおける平均値を求め，レベルを，すなわち顆頭点の移動率 (%) を横軸に回転率 (%) を縦軸にとり平均曲線を得た (図 8, 9)。平均曲線は，

図 7 最大出現パターンのストローク数

図 8 のごとくそれぞれの型の典型的なパターンを示していた。

3. 区間回転率

各被験者についてレベル 0~1 の間を区間 1，1~2 を区間 2...9~10 を区間 10 として，各区内における回転量の最大回転角度に対する割合である区間回転率を求めた。この値は顆頭点が 10% 移動した時の回転率を表し，個人の平均曲線の各区内における傾きに相当するものである (図 9)。10% 移動時の回転率なので，グラフ中の 10% 以上の回転率を示した部分が，回転の方が優位であったことを示している。

図 9 に示すように，この区間回転率の最大値は各パターン毎の平均値において I 型では開口時が区間 10，閉口時が区間 1 であり，II，III型ではどちらも開・閉口時ともに区間 10 であった。すなわちこの部分において最も回転が起こったことを表している。

また，この区間回転率が，その前または後ろの区間の 2 倍以上の値を示す場合を回転の急増，急減として回転と移動のコーディネーションの急変する位置の指標とした。その結果，平均値では I，II 型の開口時区間 10 と閉口時区間 1 において急増がみられた。すなわち III 型以外の I，II 型では開，閉口の末期である区間 10 と区間 1 で回転の急増が起こっていた。

以上のことについて，それぞれの型における各被験顆頭毎にも検討を行ったが同様の傾向であった。

表 3 タイミング曲線パターンの各型の出現頻度

	出現頻度	男性顆頭	女性顆頭
I 型	32	13	19
II 型	15	11	4
III 型	5	3	2

(顆頭)

表 4 各パラメーターの平均値および標準偏差と有意差の検定結果

	最大開口量 (mm)	最大回転角度 (度)	顆頭点移動量 (mm)	L (mm)
I 型	48.60±3.05	35.60±3.68	16.05±3.05	86.97±3.75
II 型	47.08±3.80	35.89±4.38	18.22±3.12	86.15±5.74
III 型	46.60±1.84	35.37±2.14	19.57±0.59	88.78±2.52
I-II	—	—	★	—
II-III	—	—	—	—
I-III	—	—	★★	—

★ P<0.05

★★ P<0.02

図 8 各型の平均パターン曲線

4. 対側顎頭との関係

左右で対をなす顎頭の関係について検討を行った。まず安定性については両側とも安定したパターンを示したのは23名(男性13名, 女性10名)であった。そして図7中の10ストロークすべて同一パターンを示した14顎頭中10顎頭(男性顎頭6, 女性顎頭4)は5名の被験者の左右顎頭であり, その他の4顎頭についても対側顎頭はすべて9ストローク同一パターンを示していた。逆に, 両側とも安定性がなかったのは1名2顎頭のみであった。

また左右でパターンを比較してみると, 両側とも安定したパターンを示した23名46顎頭の内, 左右でパターンが一致したものは17名(I型: 11名, II型: 4名, III型: 2名)であった。残りの6名については5名が左右でI-II型, 1名がII-III型の組合せであった。

また前述の10ストロークすべて同一パターンを示

した14顎頭の9名の被験者は, すべて左右同一のパターンであった。この内, 片側のみ10ストロークすべて同一パターンであった2名がII型であった以外は, 7名すべてI型であった。

5. 顎路との関係

各曲線パターンと顎路形態との関係について検討を試みた。まず顎路の形態的特徴をとらえるため図10に示すように顎路上に点a, bをとり以下のパラメーターを設定した。

$\angle a$: 基準平面とoaのなす角 θ

$\angle b$: 基準平面とobのなす角 γ

$\angle ab$: 基準平面とabのなす角 ϕ

OB%: $(OB/OA) \times 100(\%)$

なお, 点bは開口時, 閉口時で微妙に異なるため両者の中点の位置とし, 10ストロークの平均値をそれぞれの顎頭の代表値とした。そしてこれらのパラ

図 9 平均曲線と区間回転率

図 10 顆路形態についてのパラメーター

メーターについて、各パターン毎に平均値を算出したところ表 5 に示すような結果となった。またそれぞれの型間で平均値の差の検定も行った。

6. 切歯路との関係

以上、タイミング曲線について検討を行ってきた

表 5 各パラメーターの平均値および標準偏差と有意差の検定結果

	∠ a (度)	∠ b (度)	∠ ab (度)	OB% (%)
I 型	8.06±5.62	13.10±3.67	12.29±5.88	61.45±15.18
II 型	6.92±5.70	13.23±3.16	13.29±4.95	54.56±11.83
III 型	-4.12±7.70	7.79±5.58	18.26±1.20	35.93±11.04
I - II	—	—	—	—
II - III	★★★	★★	★	★★★
I - III	★★★	★★★	★	★★★

★ P<0.05

★★ P<0.02

★★★ P<0.01

が、ここでもう一度この曲線の意味について再考してみた。まず横軸の、顆頭の前後移動量は切歯点の前後移動量と、また縦軸の回転角度は切歯点の開口量と対応すると考えられる。そこで、二次元モデルで理

図 11 切歯路のパターンとタイミング曲線のパターンとの関係

表 6 切歯路における各型の出現頻度

	出現頻度	男性	女性
I' 型	18	8	10
II' 型	4	2	2
III' 型	2	1	1

(名)

論的に考えると図 11 のように切歯部における運動経路に顎頭移動量と回転角度のそれぞれの軸を設定し、その両軸が直交し回転角度の正方向が上向きになるよう座標変換したものがタイミング曲線であるといえる。つまり、切歯路の描くパターンを上下逆にしたパターンとタイミング曲線のパターンは一致するはずである。

まず切歯路のパターンについては、タイミング曲線と同様な方法により分類を行った。各ストロークの上下方向の開口量を 10 等分し、0～10 のレベルを設定し III-2-1) の方法に従い 10 ストロークにおける平均最大開口量に対する平均変動率を求めた。全被験者における開・閉口相トータルの平均変動率は $1.80 \pm 0.45(\%)$ であった。そこでこの 1.80% を基準に III-2-2) の方法に従って I, II, III 型にそれぞれ対応する I', II', III' 型 (図 12) に分類を行った。30 名中 24 名が 7 ストローク以上同じパターンを示し、表 6 に示すような分類結果であった。パターンの安定性については、顎頭部での安定性とは必ずしも関係はなかったが、左右顎頭とも安定性のなかった 1 名は切歯部においても安定性はなかった。パターンについては前述の左右顎頭で同じパターンを示した 17 名は、切歯路において 1 名のみ同一パターンが 6 ストロークで

図 12 切歯路の矢状面投影像のパターンによる分類

安定性がなかったものの、すべてそれぞれに対応するパターンを示していた。この中で少なくとも片側の顎頭が、10 ストローク同じパターンを示した 9 名の被験者は切歯路においても 10 ストローク同じパターンを示し、高い安定性が認められた。また、両側顎頭で I-II 型の組合せであった 5 名はすべて I' 型であった。その他の被験者についても、左右いずれの顎頭とも対応しないパターンが切歯部に出現することはなかった。

IV. 考 察

1. 結果について

1) 最大開口量、最大回転角度について

最大開口量は顎機能を評価する上での数少ない客観的データの 1 つであり、再現性も高い⁷⁻⁹⁾。このため最大開口量について多くの報告がある。

最大回転角度については、その報告は少なく、いずれも二次元的な近似角度であるが、鈴木¹⁰⁾は 37.34 ± 4.59 度、Pullinger ら¹¹⁾は 男性 33.3 ± 2.1 度、女性 35.1 ± 3.8 度であったとしている。

本研究においては最大開口量はやや小さく、男性 46.68 ± 4.02 mm、女性 45.56 ± 1.96 mm であり、最大回転角度は男性 35.42 ± 4.09 度、女性 35.77 ± 3.11 度であった。

しかし、同じ最大開口量、最大回転角度とはいっても、限界運動量を測るために行った最大開口運動の開口量と、開いて閉じるという一連の円滑な運動にお

いての開口量とは必ず性格を異にするものである。なぜなら、最大開口時の終末位にはある程度の自由度があり¹²⁾、その終末位感覚¹²⁾により連続した円滑な運動中には被験者自身の自律制御機構が働くからである。このため一律に値を比較することはできないと考えられる。

2) タイミング曲線について

習慣性最大開閉口運動時の顎頭間軸の回転と移動のタイミングは直感的にはとらえ難く、視覚的に簡単に理解できるような表示法が必要となる。Merlini ら²⁾は、触診により求めた皮膚上の顎頭の外側極相当部の内方 15 mm の点を顎頭点として、その前後の移動量を縦軸、回転角度を横軸とした表示法を考案している。また福島¹⁾は全運動軸を、岡村ら³⁾は中心位を利用して顎頭点を設定し、その顎路上実際に動いた実移動距離を横軸、回転角度を縦軸とした表示法を用いている。

しかし本研究においては、顎路上のどの位置において、どのようなタイミングで回転が起こるかということを、より把握しやすくするために、横軸に顎頭点の前後の移動量を、縦軸に回転角度をとり顎頭点の運動軌跡の矢状面投影像と共に表示を行った。

Osborn^{13,14)}は、下顎運動は神経筋機構と顎関節における生体力学的拘束によりコントロールされると述べている。それに従えば、習慣性最大開閉口運動時に神経筋機構は左右対称に働いたとしても、関節形態やその機能状態、そして下顎骨周囲の軟組織等の生体力学的拘束に左右差が存在すれば、左右顎頭は全く左右対称的な運動を行うというよりは、おのおのにある程度特徴を異にする運動を行うことが考えられる。そこで、本研究においては便宜上左右顎頭を区別して、被験者 30 名、60 顎頭について解析を行うこととした。

(1) 曲線の安定性について

開口相と閉口相の比較で、閉口相の方が安定した傾向を示した。これは切歯点運動経路も同様と考えられる。福島¹⁾は習慣性開閉口運動における切歯点運動経路の前後のばらつきについて、経路の座標値の標準偏差から咬合平面の下方 5 mm の高さで閉口相の方が安定していたと報告している。他方、根本¹⁵⁾は習慣性最大開閉口運動について、経路の前後の最大幅でみた場合、開口路の方が安定していたと報告している。福島や根本の研究では頭部固定を行うなど、実験条件がそれぞれ異なるため一概には比較できない。いずれにしても、開口運動は閉口運動と比べ、より意図的な運

動であり、意志による影響を受けやすいと考えられる。こうした観点からみると本研究の結果の方が妥当性が高いと思われる。

(2) 曲線パターンについて

従来、咀嚼運動経路などについて、しばしばその形態的なパターンの分類が行われている。しかし紛らわしいもの、たとえば開口相と閉口相が微妙に異なりそれを直線とみなすか否かという場合、通常研究者の主観にまかされて判定しているのが現状である。より客観的に判定を行うには、判定の基準をより明確にする必要がある。そこで本研究では、タイミング曲線の安定性の指標である平均変動率を利用し、最大回転角度の 3.50% 以上の角度差がある場合を曲線経路が異なるものとして判定することにした。この結果、10 ストローク中 7 ストローク以上同じパターンを示すものが 60 顎頭中 52 顎頭で、6 ストローク以上のものも含めると 57 顎頭となり、各顎頭におけるパターンの安定性は高いものと考えられた。

習慣性最大開閉口運動時の回転と移動のタイミングについて Merlini ら²⁾は、正常者 10 名（男性 5 名、女性 5 名）について前述のように、当研究とは逆に、顎頭点の前後の移動量を縦軸、回転角度を横軸とした表示法を用いて、4 回の連続した習慣性最大開閉口運動について表示を行っている。その結果 10 名中 7 名は開口相と閉口相の曲線が重なり直線状であり、他の 3 名は本研究と同様の曲線であったと報告している。しかしこの研究は、顎頭の皮膚上の外側極相当部の 15 mm 内方の点を顎頭点としているため、全運動軸上の点と比較して移動のタイミングに若干の違いが生じると考えられる。また、4 ストロークを重ね書きした結果から判断しているため各ストロークにおける開口相と閉口相の関係が不明確である。さらに、彼自身が指摘しているように、この 7 名の最大回転角度は平均 28.3 度で他の 3 名の平均 37.3 度と異なる。開口量に関する記載はないものの、本研究の男性 35.42 度、女性 35.77 度と比較してもこの 7 名は開口量が少なかったため、異なる結果を示したと考えられる。

最大開口量、最大回転角度、前後の顎頭点移動量と下顎の大きさを表す指標 L の平均値については、有意差の検定を行ったところ顎頭点移動量のみ II、III 型と比較して I 型の方が有意に小さい結果であった。この顎頭点移動量は、顎機能異常の病態の 1 つである顎関節の過可動性¹⁶⁾と関連して、重要な診査項目の 1 つである。過可動性の基準が存在しないため直接評価す

ることはできないが、他の項目に有意差が存在しないことより、下顎骨の大きさ、開口の程度に差はないと考えられる。それにもかかわらず、顎頭点の移動量のみ有意差が存在することから、曲線パターンと顎機能異常の間になんらかの関係がある可能性が示唆された。

(3) 各パターンの特徴について

図9において、開口相と閉口相を分けて考えてみると、まず開口相では開口初期に平均曲線においてII型は回転と移動がほぼ同率に進むが、III型は回転が優位であり、一方I型は移動が優位に起こっている。そしてその後開口中期はI型は80%移動位まで、II、III型は90%移動位まで10%より低い回転率を示し、移動の方が優位に経過している。そして開口末期、90%移動位よりI、II型は回転率が急増し急激な回転が起こり、III型もそれに比べ変化の割合は小さいものの回転優位となり、開口相における最大区間回転率を示して最大開口位に至っている。以上をまとめると、I型は移動先行型、II型は回転先行型、III型はその中間型であり、どのタイプも90%移動位から回転が増加する傾向を示した。

閉口相については、閉口初期80%移動位までは、どのタイプも回転優位である。II、III型はほぼ同様に経過し閉口相における最大区間回転率を示し、I型はそれより上方を経過している。その後、閉口中期はどのタイプも10%移動位まで移動の方が優位に経過している。そしてこの後、閉口末期、10%移動位からI、II型は回転率が急増し急激な回転が起こり、III型もそれに比べ変化の割合は小さいものの回転優位となり閉口位に至っている。以上をまとめると、どの型も閉口初期は回転が起こるものの、比較的にはI型は移動先行型、II、III型は回転先行型であり閉口末期はI、II型において回転が急増している。このように、閉口相においてもII型は、I型、III型の両者の性格を合せ持つ、中間的存在であった。

閉口末期、外側翼突筋上頭は顎頭の回転に対して関節円板を安定させるために収縮するとされている¹⁷⁻¹⁹⁾。日比野ら¹⁸⁾は、外側翼突筋上頭の活動を下顎運動と同時に記録し、閉口時10mm開口時より活動を開始し咬頭嵌合位に近づくにつれ、急激にその活動を増したと述べている。本研究においても、ほぼこの位置に相当する閉口末期の10%移動位からI、II型は回転が急増しておりIII型も増加している。また福島¹⁾も30mm程度の習慣性開閉口運動について、閉

口時、咬頭嵌合位から0.5~1.0mmの移動位から急に回転が増加したと述べている。このことは、福島の述べているように、食物を粉碎するには力の支点となる顎頭を関節窩の中に固定した方が良いので、比較的早期に顎頭が元の位置へ戻ることは、合目的な現象ではないかと考えられる。また外側翼突筋上頭の活動と同じ時期に回転が増加してくることより、回転と移動のタイミングは外側翼突筋上頭の機能と深い関係があることが示唆された。

(4) 対側顎頭との関係について

顎関節は左右一对の関節が下顎骨により結ばれることにより機能する人体の中でも特異な関節である。したがって両側顎頭はその性格上回転と移動を行うにあたり全く独立ではあり得ず、互いに影響を及ぼしていると考えられる。

左右顎頭とも安定したパターンを示した23名中、左右でパターンの一致したものは17名であり、残りの6名は左右でI-II型、II-III型の組合せであった。前述の平均曲線によるそれぞれのパターンの特徴より、I、III型が両極をなし、II型はその中間的存在であることがわかったが、この左右の組合せにおいても、左右でI-III型の組合せが存在しなかったことは、この結果を支持していると考えられた。

また10ストロークすべて同一パターンを示した顎頭においては、その対側も10ないし9ストローク同一パターンを示しており、そのすべてが左右同一のパターンであった。つまり、安定性のきわめて高かった者はすべて左右で同じパターンであり、左右でパターンが異なるということは、左右で少なからず影響し合って互いの安定性を乱していると考えられる。

従来、この種の顎頭の回転と移動を扱った研究¹⁻³⁾では、両側顎頭を同質のものと仮定して、矢状面上に投影した回転角度と左右どちらか一方の顎頭の移動量について解析を行っている。しかし、以上のように左右でパターンの異なる者も存在し、互いに影響を及ぼし合っていることも示唆されており、両側顎頭を区別して解析していくことが必要であると考えられた。

3) 顎路との関係について

下顎運動は神経筋機構と靱帯や骨、軟組織等による生体力学的拘束によりコントロールされており^{13,14)}、一般的には神経筋機構による運動のコントロールが重視されがちである。しかし、開閉口運動に限ってみれば、筋や軟組織による下顎にかかる力のモーメントと、それを支持する唯一の場所である顎関節の形態と

の関係が回転と移動のタイミングにかなり影響を与えていると考えられる。そこで関節形態と関係があると思われる顎路形態についても各タイプ別に検討を行った。

顎路形態と最も関係が深いと考えられる関節隆起の形態については様々な報告がなされているが、結果の一致をみていない。それは顎関節が口腔環境の変化への適応として、あるいは病理的变化としてその形態を生体変化させ得るためと考えられる²⁰⁾。天野ら²⁰⁾は顎関節内障患者と正常者の関節隆起後斜面のカンペル平面に対する角度を比較して、顎関節内障患者の方が有意に急峻であったと報告している。本研究においては、それに対応すると思われる $\angle b$ はI、II型と比較してIII型が有意に小さく、相対的に平坦であった。閉口時、顎頭を後方へ引く要因としては軟組織の弾力性と、関節隆起後斜面の傾きが考えられるが、そのためか閉口末期、I、II型は比較的に早期に顎頭が戻るにより10%移動位から回転が急増するのに対し、III型は顎頭の戻りが比較的に遅く、回転の急増はみられなかった。

その他のパラメーター $\angle a$ 、 $\angle ab$ 、OB%に関しては、 $\angle b$ 同様にI、II型と比較してIII型に有意差が存在した。つまりIII型のみ顎路形態が異なるということであり、すなわちこれは関節形態に差があることを示唆している。前述のように、関節形態、特に関節隆起の形態と顎機能異常との関係が指摘されている²⁰⁾が、この意味において、タイミング曲線パターンと顎機能異常との少なからぬ関係が推察された。

4) 切歯路との関係について

ここまで習慣性最大開閉口運動時のタイミング曲線について正常者には、3つのパターンが存在すること、それぞれのパターンの特徴、顎路との関係について解明してきた。しかし、日常の臨床では、顎頭運動を簡便に計測することは困難で、下顎運動の計測は切歯部の運動に限られているのが現状である。したがって、切歯部の運動パターンと顎頭部パターンの関係を明らかにすることは臨床的にきわめて重要である。

そこで実際に切歯路の矢状面投影像によるパターンと比較検討を行ったところ、左右顎頭でパターンの一致した被験者は、切歯部でもそれぞれに対応するパターンであることがわかった。これは左右で回転と移動のタイミングが類似しており、側方偏位が少なかったためと考えられる。この切歯部におけるパターンは

左右顎頭の回転と移動のタイミングの違いにより大きく影響を受けると考えられる。実際にも顎頭部でのパターンの安定性と切歯部でのそれが必ずしも一致しなかったのは、この理由によるものと考えられた。

また、左右顎頭でパターンが一致した場合のみならず、パターンに安定性のあった顎頭や被験者については、左右いずれの顎頭とも対応しないパターンが切歯部に出現することではなく、左右顎頭部でI、II型の組合せの被験者はすべて切歯部でI'型であったことなどから、顎頭部におけるタイミング曲線のパターンと、切歯路の矢状面投影像のパターンとの深い関係が推察された。

過去において、顎頭の回転と移動のタイミングと切歯路との関係についての報告は存在しない。この点に関してはさらに被験者を増やして、切歯路の側方偏位等とともに多面的に解析していくことにより、切歯路からタイミング曲線のパターンを類推することが可能となると考えられた。

V. 結 語

正常者の習慣性最大開閉口運動における顎頭間軸の回転と、移動のタイミングを明らかにすることを目的に、10回の連続した習慣性最大開閉口運動の計測を行い、以下のことが明らかとなった。

1. 開口相と閉口相の角度差に着目してタイミング曲線を3つの型に分類することができた。

2. 各型毎に平均タイミング曲線を算出したところ、それぞれにタイミングの特徴が異なり、I型とIII型が両極をなしII型はその中間的特徴を持つことがわかった。

3. 同一被験者の左右顎頭のパターンを比較検討したところ、互いに影響を及ぼし合っており、両側顎頭をそれぞれ同時に観察していくことの必要性が明らかとなった。

4. タイミング曲線パターンの違いは、顎頭点移動量や顎路形態となんらかの関係があることが示唆された。

5. タイミング曲線パターンと切歯路の矢状面投影パターンの間には深い関係が存在し、切歯部からタイミング曲線を類推可能であることが示唆された。

文 献

- 1) 福島俊士：習慣性開閉口運動における顎頭運動の研究，補綴誌，15：267～290，1971.
- 2) Merlini, L. and Palla, S. : The relationship between condylar rotation and anterior translation in healthy and clicking temporomandibular joints, Schweiz Monatsschr Zahnmed, 98 : 1191～1199, 1988.
- 3) 岡村敏弘，旗手 敏：顎関節内障における下顎頭の回転と滑走に関する二軸描記法による臨床的研究，補綴誌，33：1359～1373，1989.
- 4) 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.
- 5) 河野正司：下顎の矢状面内運動に対する顎頭運動 第2報 マルチフラッシュ装置による矢状面運動軸の解析，補綴誌，12：350～380，1968.
- 6) 水野幹生，古谷野潔，末次恒夫：顎頭間軸回転角度パラメーターを用いた下顎運動解析，算出法とその応用例，下顎運動機能とEMG 論文集，第7輯：91～96，1988.
- 7) Agerberg, G. : Longitudinal variation of maximal mandibular mobility : An intraindividual study, J Prosthet Dent, 58 : 370～373, 1987.
- 8) 長谷川寛：open-close-clenchの開口量と筋活動時間様相，補綴誌，35：588～598，1991.
- 9) Samuel, F.D., Linda, L.R., Timothy, D.R. et al : Assessing clinical signs of temporomandibular disorders : Reliability of clinical examiners, J Prosthet Dent, 63 : 574～579, 1990.
- 10) 鈴木 温：デジタル方式下顎運動測定器による下顎限界運動の6自由度解析，補綴誌，31：712～725，1987.
- 11) Pullinger, A.G., Liu, S.P., Low, G. et al : Differences between sexes in maximum jaw opening when corrected to body size, J Oral Rehabil, 14 : 291～299, 1987.
- 12) McCarroll, R.S., Hesse, J.R., Naeije, M. et al : Mandibular border positions and their relationships with peripheral joint mobility, J Oral Rehabil, 14 : 125～131, 1987.
- 13) Osborn, J.W. : The disc of the human temporomandibular joint : design, function and failure, J Oral Rehabil, 12 : 279～293, 1985.
- 14) Osborn, J.W. : The temporomandibular ligament and the articular eminence as constraints during jaw opening, J Oral Rehabil, 16 : 323～333, 1989.
- 15) 根本一男：有歯顎の下顎切歯点における三次元的運動限界の研究，補綴誌，6：1～40，1962.
- 16) Agerberg, G. : Maximal mandibular movements in young men and women, Sven Tand T, 67 : 81～100, 1974.
- 17) Widmalm, S.E., Lillie, J.H. and Ash Jr, M.M. : Anatomical and electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle, J Oral Rehabil, 14 : 429～446, 1987.
- 18) 日比野和人，吉田幸弘，朝比奈義明ほか：ヒト外側翼突筋上頭の筋活動と咬合力並びに開口量との関係，下顎運動機能とENG 論文集，第7輯：77～82，1988.
- 19) Wilkinson, T.M. : The relationship between the disk and the lateral pterygoid muscle in the human temporomandibular joint, J Prosthet Dent, 60 : 715～724, 1988.
- 20) 天野洋一，矢谷博文，窪木拓男ほか：ヒト顎関節の形態学的特徴と関節円板転位の関連に関する肉眼解剖学的研究，日顎誌，3：23～34，1991.