原 著 論 文

下顎限界運動と最大下顎開閉口運動による顎機能診断

加藤 泰二

A Clinical Examination of Stomatognathic Function by Mandibular Border Movement and Maximal Opening and Closing Movement

Taiji Kato

Abstract : The purpose of this study was to investigate useful parameters and establish an evaluation standard for diagnosis of stomatognathic function.

The details for a total of 21 patients are as follows :

1. Persons having neither subjective nor objective symptoms but having individual normal occlusion for stomatognathic (12 subjects).
2. Persons who could be classified according to disease type classification of TMD of the Japanese Society for Temporomandibular Joint and judged as type I and type II (9 subjects).

Mandibular border movement and maximal opening and closing movement of these subjects were examined.

As a result, form-like resemblance of speed curve changed with the elapse of time during maximal opening and closing movement, that is, Kendall's coefficient of concordance suggested that several levels of reproducibility can be quantitatively expressed because 3-repetition movement may become a useful index to make proper diagnosis of abnormality stomatognathic function (type I and type II of disease type classification of TMD of the Japanese Society for Temporomandibular Joint).

Key words : Kendall's coefficient of concordance, clinical examination of stomatognathic function, TMD

I. 緒 言

咀嚼系の各種機能は下顎運動の結果として営まれることから、下顎運動路には咀嚼系を構成する各種要素の形態的、機能的な情報が内包されているとして、咀嚼系機能を解析あるいは診断するのに、下顎運動路の分析が重要である¹⁾と考えられている。こうした考えに依拠して咀嚼系機能の解析、あるいは診断を目的とした、顎運動の観測パラメータが数多く報告されてきている^{2~6)}。

それは、最近のエレクトロニクスの進歩に伴って、従来

ではその解剖学的な特徴から観察が不可能であった3次元的で複雑な移動と回転から構成されている顎運動が、比較的容易に測定でき、しかも信頼性ある精度を持つ顎運動測定装置が開発されてきたことを背景としている。しかし、いまだ咀嚼系機能の診断に十分に有用な解析法が、その観測パラメータを含めて確立されたとは考えにくい。

下顎運動の表出特徴からすれば、その運動軌跡をパターン^{2,7,8)}として捉えるだけでなく、それに時間的な要素をもあわせて測定、記録することが重要である。これは、下顎の単純な開閉口運動の観測からでも、その運動を制御している調節機構や、関節および下顎体など解剖学的特徴の影響をも推測できるとした中沢⁹⁾の報告からも容易に理解できる。したがって、顎機能状態を確実に理解、把握するためには、下顎が動きうるすべての運動範囲を、顎頭部を含む下顎全体としての顎運動に、時間的要素を組み込んだ形

朝日大学歯学部総合歯科学講座（指導：倉知正和教授）
Department of General Dentistry, Asahi University School of Dentistry (Director : Prof. Masakazu Kurachi)
平成8年12月19日受付

で測定、記録する¹⁰⁾こと、さらには顎運動の測定項目や例数を多くして詳細に解析することが必要不可欠な課題¹¹⁾と考えられている。

そこで、顎機能の診断に有用なパラメータとその評価基準を得る目的で、下顎限界運動および最大下顎開閉口運動を被験運動として、前者ではその運動の量的要素について、また後者では時間的要素の、特に運動速度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。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者には、本学歯学部男子学生の中から顎口腔系に自、他覚的に異常を認めず、個性正常咬合を有する者 12 名（以下、正常群とする）と、機能時に運動障害や疼痛といった症状を持ち、日本顎関節学会による顎関節症の症型分類¹²⁾ I 型および II 型と判定した者 9 名（以下、異常群とする）をそれぞれ抽出した。年齢はいずれも 20 歳代である。なお、異常者として抽出した被験者の臨床症状と疼痛部位を表 1 に示したが、いずれも片側に限局していた。

2. 計測装置

顎運動の測定装置には、デジタル方式 6 自由度顎運動測定器 MM-JI-E（松風）を用いた。

本装置は、フェイスボウユニット、プリアンプ、そしてパルスカウンターユニットから構成されている。フェイスボウユニットにある左右それぞれ 4 個の磁気スケールからなる検出装置から、計 8 要素の動きがパルスとしてプリアンプを通じてパルスカウンターユニットに送られてカウントされた後、演算プロセッサ内蔵のパーソナルコンピュータ（PC 9801 FA：NEC）に転送され、演算処理を行うことにより、切歯点部、顎頭点部を含む下顎全体の動きが測定可能な装置である¹³⁾。

また、顎運動要素の検出機構であるフェイスボウユニッ

トの歯列への固定装置は、被験者ごとで作製したコバルトクロム合金（スマロイチタン：松風）製のメタルシーネとしたが、装置の口腔内への装着は各歯の歯頸部側寄りのアンダーカットを維持に利用するとともに、仮着用セメント（HY-BOND TEMPORARY CEMENT HARD：松風）を用いることによって確実なものとした。

3. 被験運動

被験運動には、下顎限界運動と習慣性最大下顎開閉口運動（以下、開閉口運動とする）を用いた。

下顎限界運動は、咬頭嵌合位から前方への滑走運動とそれに引き続いて行われた最前方への突出（前方限界咬合位）、そして前方限界路上を通り最大開口位まで開口させ、続いて後方限界路上を通り上下歯が接触するまで閉口させ、さらに上下歯を接触させながら、咬頭嵌合位までもどす矢状面限界運動と、咬頭嵌合位から側方への滑走運動に引き続いた最側方限界咬合位までの移動、そして側方限界路上の変曲点を通り最大開口位まで開口させる左右の側方限界運動である。

開閉口運動は、咬頭嵌合位から最大開口位まで、そして最大開口位から咬頭嵌合位までの習慣性開閉口路上を往復する運動である。

これらの運動はそれぞれくり返し 3 回行わせたが、運動ごとの速度は特に規制せず、被験者固有のリズムで行わせた。

4. 解析点と基準平面

下顎運動の解析点は、左右側の下顎中切歯近心隅角を結ぶ中点（以下、切歯点とする）と、下顎の矢状面限界運動の中心である全運動軸点¹⁴⁻¹⁷⁾から、鈴木¹⁸⁾の検索基準を参考として求めた左右側の運動論的顎頭点（以下、顎頭点とする）の 3 点とした。顎頭の左右側は、正常群ではガム咀嚼による偏側咀嚼指数 LI 値¹⁹⁾から、習慣性咀嚼側（以下、習慣側とする）と非習慣性咀嚼側（以下、非習慣側と

表 1 Clinical symptom of patient group
異常群の臨床症状

被験者 A	主訴：あくび、咀嚼時の痛み 症状：左側咬筋の圧痛	被験者 F	主訴：顎関節部の違和感 症状：左側側頭筋の疼痛 左側咬筋の圧痛
被験者 B	主訴：開口障害 症状：左側側頭筋の圧痛 左側咬筋の圧痛	被験者 G	主訴：顎関節部の違和感 症状：左側胸鎖乳突筋の圧痛 左側咬筋の圧痛 左側側頭筋の圧痛 左側顎二腹筋の圧痛
被験者 C	主訴：顎関節部の疼痛 症状：左側胸鎖乳突筋の圧痛 左側咬筋の圧痛	被験者 H	主訴：開口時の疼痛 症状：左側咬筋の自発痛 左側側頭筋の圧痛 左側胸鎖乳突筋の圧痛
被験者 D	主訴：咀嚼時の疼痛 症状：左側咬筋の圧痛	被験者 I	主訴：咀嚼時顎関節部の疼痛 症状：左側咬筋の圧痛 左側外側翼突筋の圧痛
被験者 E	主訴：咀嚼時の疼痛 症状：左側顎関節の圧痛

図1 Parameters on protrusive and lateral border occlusal position

前方，側方限界咬合位における観測項目

する)に，そして異常群では症状のある側を患側，症状のない側を健側として分類した。

また，下顎の移動量および移動速度の運動方向を表す計測基準としては，上顎左右側の中切歯近心隅角間中点と上顎第一大臼歯中央窩の3点を含む生体咬合平面座標系を基準水平面とし，この平面に垂直で上顎の左右第一大臼歯中央窩を結ぶ線の中点と上顎中切歯中点を通る平面を矢状面，さらにこの2平面に直交する平面を前頭面として，各々を計測基準平面とした。

5. 観測項目

1) 下顎限界運動

本被験運動については，各解析点における移動，および下顎の回転の量的要素を観測項目とした(図1，2)。

(1) 前方限界咬合位

1. 切歯点移動量，2. 顆頭移動量(左右側)，A：下顎回転量の3項目4観測値。

(2) 側方限界咬合位

3. 切歯点移動量(左右側移動)，4. 作業側顆頭移動量(左右側移動)，5. 非作業側顆頭移動量(左右側移動)，B，C，D：下顎回転量(左右側移動)の6項目12観測値。

(3) 側方限界開口路

6. 左右的移動量(左右側移動)，E，F：最大下顎回転量(水平面観，前頭面観(左右側移動))の3項目6観測値。

(4) 最大開口位

7. 最大開口量，8. 前後的移動量，9. 上下的移動量，10. 最大顆頭移動量(左右側)，G：最大下顎回転量の5項目6観測値。

図2 Parameters on lateral border opening path and incisor border movement

側方限界開口路上および最大開口位における観測項目

図3 Parameters on 3.0 mm-protrusive and lateral occlusal position

3.0 mm 前方，側方咬合位における観測項目

2) 3.0 mm 前方および側方咬合位

下顎限界運動の滑走運動のうち，咬頭嵌合位から3.0 mm 前方，および側方咬合位での下顎回転量，そして各解析点における傾斜角度，展開角度などの量的要素を観測項目とした(図3)。

(1) 3.0 mm 前方咬合位

a：切歯路傾斜度，b：顆路傾斜度(左右側)，c：切歯路傾斜度と顆路傾斜度との差(左右側)，H：下顎回転量の4項目6観測値。

図 4 Alteration speed curve
速度変動波形

(2) 3.0 mm 側方咬合位

d: 側方切歯路傾斜度 (矢状面観), e: 側方顆路傾斜度, f: 側方切歯路傾斜度と側方顆路傾斜度の差, g: 側方展開角, h: 側方切歯路傾斜度 (前頭面観), I: 下顎回転量の 6 項目で左右側滑走の 12 観測値。

3) 開閉口運動

本被験運動については、運動開始から終了までを開、閉口別に、各解析点の移動速度、および下顎全体の回転速度の時系列変動から検討した (図 4)。

(1) 最速値

① 切歯点、顎頭点での最大移動速度、② 下顎の最大回転速度。

(2) 最速値発現部位

上記の①、②が発現した位置の開口量 (最大開口量を 100% とした相対値)。

(3) 速度の変動波形

運動開始から終了までの 10 ms ごとの時系列で変動する速度波形。

6. 分析方法

下顎限界運動では、被験者ごとに求めた観測項目別の観測値を、正常群、異常群で分けて比較、検討した。なお、顎機能正常者の標準値として当教室既発表の値²⁰⁾ (以下、AU 基準値とする) を比較参考データとしたが、正常群では習慣側、非習慣側で左右差が認められなかったことから、両側の平均値を代表値として表した。

開閉口運動では時間的要素の、特に速度解析を行ったが、最速値、最速値発現部位は群 (正常者、異常者) 別で求めた平均値と標準偏差から、そして速度の変動波形については、各被験者がくり返し行った 3 回分の波形の類似度を、Kendall の一致係数によって数量的に表現し、この一致係数の分布様相から群間比較した。なお、各解析点における運動速度は、空間位置 X, Y, Z と回転 θ_x , θ_y , θ_z の 6 要素で記録される MM-JI-E データ系列から、サンプリングレートを 100 Hz として求めた時間と、その時間での運動量から、移動速度 (mm/s) と回転速度 (rad/s) に換算したものである。

III. 結 果

1. 下顎限界運動

下顎限界運動の観測項目別の観測値を、AU 基準値から作製したポリゴン様グラフ上にプロットして、正常群、異常群を比較、検討した (図 5, 6)。

1) 前方および側方限界咬合位

正常群は全項目で観測値が標準範囲内に分布した。異常群では 6 項目で AU 基準値外を示した被験者が存在したが、そのうち A: 下顎回転量と 4. 作業側顆頭移動量 (健側移動) では AU 標準値よりも大きな値を、他の 4 項目 (3. 切歯点移動量 (患側移動), 4. 作業側顆頭移動量 (患側移動), 5. 非作業側顆頭移動量 (患側移動, 健側移動), D: 下顎回転量 (患側移動, 健側移動)) は逆に小さな値であった。

2) 側方限界開口路

正常群は、全項目で AU 基準値内に分布した。異常群では 2 項目 (6. 左右の移動量 (患側移動, 健側移動), F: 最大下顎回転量 (患側移動, 健側移動)) で AU 基準値より小さな値を示した被験者が存在した。

3) 最大開口位

同様に正常群は全項目が AU 基準値内に分布したが、異常群では 9. 上下の移動量, 10. 最大顆頭移動量 (患側, 健側) が AU 基準値よりも小さな値を、また G: 最大下顎回転量では逆に大きな値を示した者が存在した。

2. 3.0 mm 前方、側方咬合位

正常群は全項目で AU 基準値内に存在した。異常群では前方咬合位で 2 項目 (b: 健側の顆路傾斜度, H: 下顎回転量), 側方咬合位では 6 項目 (d: 側方切歯路傾斜度 (患側滑走), e: 側方顆路傾斜度 (患側滑走), f: 両傾斜度間の差 (患側滑走), g: 側方展開角 (患側滑走), h: 側方切歯路傾斜度 (患側滑走, 健側滑走), i: 下顎回転量 (患側滑走, 健側滑走)) で AU 基準値外を示した被験者が存在した (図 7)。

3. 開閉口運動

各観測点における移動速度の最速値とその発現部位 (図 8), 下顎回転速度の最速値とその発現部位 (図 9) の平均値、標準偏差から両群を比較した。

1) 移動速度

(1) 最速値

正常群の平均値では開、閉口運動ともに切歯点が顎頭点よりも大きな値を示した。また、顎頭点ではその平均値および標準偏差、いずれも閉口運動時のほうが開口運動時よりもやや大きな値を示した。

異常群の平均値では、切歯点が顎頭点 (患側, 健側) よ

図 5 Measured values on protrusive and lateral border occlusal position
前方, 側方限界咬合位における観測値

図 6 Measured values on lateral border opening path and incisor border movement
側方限界開口路上および最大開口位における観測値

り大きな値を示したことは正常群と同傾向であるが、3 観測点とも開、閉口運動でほぼ同じ値を示す。

両群間の比較では、切歯点、顎頭点いずれも異常群のほうがやや大きな値を示すことがうかがわれる。

また最速値の標準偏差は、正常群で閉口運動時のほうが開口運動時よりも大きいことがうかがわれた。

(2) 発現部位

正常群の平均値では、切歯点で開、閉口いずれもその運

動の前半部分で最速値を示すが、顎頭点では両運動ともに 60% 付近を示し、開口運動では後半部分で、閉口運動では前半部分で最速値を示した。

異常群の平均値は、切歯点および顎頭点 (患側、健側) ともに正常群と大きな差異がうかがわれない。

標準偏差は、切歯点で異常群が正常群より大きな傾向を示す。

図 7 Measured values on 3.0 mm-protrusive and lateral occlusal position
3.0 mm 前方, 側方咬合位における観測値

図 8 Maximal movement speed and appearance point on incisor and condylar movement
各観測点における最大移動速度とその発現部位

図 9 Maximal rotation speed and appearance point on mandibular
最大下顎回転速度とその発現部位

図 10 Alteration speed curve of 3-repetition closing movement
くり返し3回の速度変動波形

2) 回転速度

(1) 最速値

平均値、標準偏差とも開口運動時に比較した閉口運動時で、また正常群に比較した異常群でやや大きな値を示した。

(2) 発現部位

正常群の平均値では、開口運動時ではほぼ中央付近であったのに対して、閉口運動時には閉口運動路の前半部に示した。異常群でも正常群とほぼ同じ位置で最速値を示し、両群間での大きな差異はうかがわれないが、標準偏差は異常群がやや大きい傾向を示す。

3) Kendall の一致係数

図 10 は、切歯点を解析点として、閉口運動時に時系列で変化する移動速度の変動を波形として記録したもので、両群からの抽出各 1 被験者のくり返し 3 回の運動を重ね合わせたものである。

正常者では運動ごとの 3 本の波形の形態がよく一致しているが、異常者では大きなバラツキがみられる。この被験者ごとに記録した 3 本の波形の形態的類似度を、Kendall の一致係数によって数量的に表し、両群間を比較、検討した。

(1) 移動速度の変動波形

各被験者の解析点ごとで算出した Kendall の一致係数を図示した。

正常群 (図 11-a) では、開口運動で切歯点が 0.710～0.937 間に、顎頭点が 0.723～0.915 間に分布したのに対して、閉口運動では切歯点が 0.833～0.951 間に、顎頭点が 0.815～0.938 間に分布し、おおむね閉口運動のほうがその係数の分布幅が小さく、全体に大きな値を示した。

異常群 (図 11-b) では、開口運動の切歯点が 0.627～0.903 間に、顎頭点は患側が 0.648～0.929、健側が 0.663～0.934 間に分布し、閉口運動では切歯点が 0.370～0.794 間に、顎頭点は患側が 0.362～0.739 に、健側が 0.269～0.800 間に分布し、おおむね閉口運動で分布幅が大きく、

図 11 Kendall's coefficient of concordance on the incisor and the condylar movement speed
各観測点における移動速度の一致係数

図 12 Kendall's coefficient of concordance on the mandibular rotation speed
下顎回転速度の一致係数

全体に小さな値を示した。

両群での係数分布を比較すると、開口運動では異常群がやや大きな分布幅であるが、全体に小さな値を示すことがうかがわれる。それに対して閉口運動では、異常群で分布幅が著しく拡大するとともに、全被験者が顕著に小さな値 (0.8 近傍値以下) を示した。

(2) 回転速度の変動波形

被験者ごとの下顎回転速度から算出した Kendall の一致係数を図示した。

正常群 (図 12-a) では、開口運動が 0.686～0.936 間に、そして閉口運動が 0.847～0.963 間に分布し、後者のほうが分布幅が小さい。

異常群 (図 12-b) では、開口運動 (0.568～0.907) に比較した閉口運動 (0.496～0.850) で全体に小さい値を示すが、分布幅はほぼ同じである。

両群での係数分布を比較すると、開、閉口運動いずれも異常群のほうがその分布幅が大きく、また全体に小さな値を示すが、こうした特徴は特に閉口運動で顕著である。

IV. 考 察

1. 実験方法について

1) 顎機能異常者の抽出

被験者とした顎機能異常者は、顎関節学会における顎関節症の病型分類^{12,21,22)}を基に判定したⅠ、Ⅱ型の者としたが、Ⅲ型を含めてそれらの確定診断には、X線造影、関節鏡あるいはMRIなどによる観察が必要²²⁾とされる。しかし、これらの被験者は、通常の生活において支障をきたすような大きな症状を訴えておらず、またその治療も希望していなかったことから、生体保護という考えもあってこれらによる診査は行わなかった。

顎関節症Ⅰ型は、顎顔面筋の触診により1カ所以上の筋に明確な圧痛を認め、筋のこばりや重圧感を自覚し、咬合時に筋の疼痛を訴えるが顎関節雑音や顎関節痛、顎関節部の圧痛を認めない者、また、顎関節症Ⅱ型は、内在性外傷（硬固物の無理な咀嚼、大欠伸、咬合異常など）や、外来性外傷（下顎部の打撲、歯科治療による過度の開口など）の既往が明らかで、大開口時、咀嚼時に顎関節痛を認め、顎関節部に圧痛を有し、咬合時に同部の疼痛を訴え、開口障害を訴える被験者では強制開口により開口域の増加が認められるが、clickingやcrepitusなどの雑音やlockingのない者、という臨床的な判断基準を参考とした。

2) 被験運動

顎口腔系諸機能を解析、診断する上で下顎運動の分析が重要とされているが、本研究では被験運動として下顎の基本運動の範疇とされる下顎限界運動および開閉口運動を用いた。これらの運動は、意識下での運動であることから、その機能的意義は少ないとされ、最近では生理的な運動である咀嚼こそが合目的な被験運動であるとして、その主流になっているのも事実である。

しかし、古屋¹⁾は、下顎限界運動が下顎の可動限界を観察対象としていることから、運動の能力的評価の診断、下顎位を求める際の基準位として重要、そして運動方向が規制できることから、左右の顎頭運動や各咀嚼筋の下顎運動への関与の仕方がある程度分離して検討することが可能であるとして、その臨床的意義は決して小さくないと述べている。

また、開閉口運動については、短時間で運動が完了する、特殊な練習が不要な単純な運動である、生体に及ぼす影響がほとんどない、という簡便さに加えて、咬頭嵌合位から開口、開口から閉口により咬頭嵌合位に戻るという下顎運動の基本的動作を含んでおり、ほぼ一定のリズムによるくり返し運動が可能²³⁾で、ある程度の生理的な意味を持つ⁸⁾ということから、その臨床的意義も決して小さいとはいえないと考え、この両被験運動を妥当とした。

3) 観測項目について

顎口腔系の機能状態を把握するためには、顎頭部を含んだ下顎全体の運動を量的要素に時間的要素を加えた測定、記録が必要不可欠である¹⁰⁾とされ、さらに坂東¹¹⁾が、客観的に測定可能な観測項目を増やすとともに、各項目についてより詳細な解析を行うことが必要であると提言している背景には、解剖学的条件から直視不可能であった顎頭や下顎全体の運動が比較的容易に測定でき、しかも高い測定精度を満足させるような顎運動測定装置が開発、市販されてきたことがある。今回使用した6自由度顎運動測定装置(MM-JI-E)もそれに該当する装置である¹³⁾ことから、従来では観測が困難であった両側顎頭そして下顎全体の動き(移動、回転)を含めて、咬合に直接的に関係し、顎運動ガイドとしての顎関節および歯、歯列に関する量的な要素を下顎限界運動での観測項目として設定できた。なかでも、下顎の回転は下顎骨の大きさなどの個体差に関係なく同じ状況を表現しうる利点がある²⁴⁾ことから、その回転量は計測点や男女差の影響が少なくと考えられ、また顎関節の動態把握のパラメータとして有用である²⁵⁾とされている。

また、顎口腔系の機能状態を把握するためには、既述したように顎頭部を含んだ下顎全体の運動を量的要素のみでなく時間的要素を加えた測定、記録が必要であることからすれば、下顎限界運動における時間的要素の把握も重要であるとも考えたが、この運動は練習回数に依存してその移動速度やリズムの再現性が増す傾向がうかがわれたことから、量的要素のみを観測対象とした。

それに対して、開閉口運動ではそのような再現性が増す傾向がみられなかったことから、開閉口運動では時間的要素の運動速度を主体として検討した。

顎運動の速度解析を行った先行研究では、下顎の移動系列での速度変化を観測対象としたものがほとんどである²⁶⁻³³⁾が、著者は運動開始から終了までの時系列で変化する速度の変動波形にみられる多峰性の大きなうねりは、顎口腔系の構成要素である咀嚼筋、顎関節の形態的、機能的要素を内包した被験者固有のゆらぎリズムと推察した。したがって、運動回数ごとで記録した各波形の形態的類似度の把握は、運動リズムの安定性を分析することになり、よって顎口腔系機能を総合的に評価することにつながるのではないかと考えたことが、開閉口運動で速度波形の類似度を観測した理由である。

2. 成績について

1) 下顎限界運動

限界運動における観測項目とした量的要素では、先行研究結果との文献的な比較を行った。なお、()内の数値は平均値を示した。

(1) 前方限界咬合位

1. 切歯点移動量 (正常群 10.43 mm, 異常群 9.85 mm), 2. 顎頭移動量 (正常群 10.61 mm, 患側 10.11 mm, 健側 10.54 mm) は, 異常群でやや小さく運動制限をうかがわせるものであるが, 異常群の値は, 上田ら²³⁾の報告した正常者の切歯点移動量の 10.90 mm, 顎頭点移動量の 9.41 mm と切歯点では小さく, 顎頭点では大きな値であった。

A: 下顎回転量は, 本咬合位が咬頭嵌合位よりも上方, すなわち負の値を示す者が大部分であり, 正常群 (-0.71 度) は, 上田ら²³⁾の値 (-1.30 度) と大差はない。一方, 異常群 (-1.21 度) では, 咬頭嵌合位よりも比較的大きく上方へ移動する者が多い傾向がうかがわれる。

(2) 側方限界咬合位

3. 切歯点移動量 (正常群 10.41 mm, 患側移動 8.9 mm, 健側移動 9.93 mm) の正常群の値は, 根本⁵⁾の報告した値 (右最側方位 10.1 mm, 左最側方位 11.3 mm), 築山ら^{34,35)}の値 (11.65 mm) とほぼ同じ値であった。異常群の患側への移動で小さな値であったが, これは 1 名の被験者が平均値を低下させたためと考える。

4. 作業側顎頭移動量 (正常群 0.91 mm, 患側移動 0.83 mm, 健側移動 0.68 mm) は, 側方運動時の作業側顎頭の運動様相から回転型, 滑走型, 屈曲型と分類した築山ら^{34,35)}が報告した正常者の値 (0.90 mm) とほぼ同じであった。

5. 非作業側移動量 (正常群 10.71 mm, 患側移動 9.03 mm, 健側移動 8.95 mm) は, 正常者について鶴見³⁶⁾が約 10 mm, 中島ら³⁷⁾は顎頭の最大移動量の約 50% (約 10 mm) と報告していることから, 異常群の運動制限がうかがわれた。また西川³⁸⁾は, 側方運動制限は平衡側臼歯部に咬頭干渉などが存在している者に認められると報告している。

B: 下顎回転量 (正常群 -0.71 度, 異常群 -1.21 度), C: 下顎回転量 (正常群 0.79 度, 患側移動 0.82 度, 健側移動 0.23 度), D: 下顎回転量 (正常群 3.42 度, 患側移動 3.46 度, 健側移動 3.64 度) は, B: の矢状面観において異常群でやや小さい傾向を示すも, B: を含めた本観測項目では両群ともおおむね正常者の基準値内に分布することから, 下顎回転量では異常群でも大きく変化することはないことを示唆したものと考えられ, 顎関節の可動性のパラメータとして有用である²⁵⁾と推察する。

(3) 側方限界開口路

6. 左右的移動量は, 正常群 (10.42 mm) では, 根本⁵⁾の値 (左方への移動量 11.3 mm, 右方への移動量 10.1 mm) と同様であったが, 異常群 (患側移動 6.83 mm, 健側移動 7.07 mm) では, 左右的な運動範囲の狭小化をうかがわせる者が多く存在した。これは, 顎機能異常者では全運動範囲が減少したとした古屋⁷⁾の報告に, 側方

成分での支持をうかがわせるものである。

E: 最大下顎回転量 (水平面観 (正常群 5.24 度, 患側移動 5.20 度, 健側移動 5.16 度)), F: 最大下顎回転量 (前頭面観 (正常群 2.50 度, 患側移動 2.92 度, 健側移動 2.90 度)) でも, 側方限界咬合位と同様に異常群での大きな変化はないようである。

(4) 最大開口位

7. 最大開口量 (正常群 49.91 mm, 異常群 52.83 mm) では, 尾崎³⁹⁾が症型分類はしていないが, 顎関節症患者の平均 49.1 mm に対して, 正常者が 63.4 mm であったことを報告しているように, 顎関節症患者では正常者に比較して小さいことが知られている。本研究では正常群のほうが逆に小さな値を示した。これは, 正常者の最大開口量を報告した上田ら²³⁾, 川瀬⁴⁰⁾, 小林⁴¹⁾の値から考えると, 本実験での正常群の値がやや小さいことがその要因と考えられる。

8. 前後的移動量 (正常群 22.81 mm, 異常群 23.22 mm) でも異常群がやや大きな値であったが有意差はない。また, 7. 最大開口量と同様に, 正常者の値として根本⁵⁾が報告した前方移動量と後方移動量の合計値 (24.9 mm) よりはやや小さな値であった。

10. 最大顎頭移動量 (正常群 18.20 mm, 患側 19.00 mm, 健側 19.34 mm) では, 異常群の患側, 健側で各 1 名ずつが AU 基準値より小さい値を示したが, 両群とも長谷川¹⁶⁾の正常者の値 (21.8 mm) よりも小さい傾向であった。

G: 最大下顎回転量 (正常群 36.47 度, 異常群 37.59 度) でも, 異常群がやや大きな値であったことは前観測項目と同じ傾向で, 水野ら⁴²⁾の報告した正常者の平均値 (43.76 度) よりも明らかに小さいが, これは解析点とした顎頭点の採用方法と解析対象となる基準平面の異なりが反映されたものと考えられる。

以上, 最大開口位での観測項目では, おおむね正常群に比較した異常群でやや大きな値を示した。これは前述したように, 本実験で用いた正常群の値がやや小さいことがその要因と推察するものであると同時に, 異常群では, 運動記録のために運動痛の発現にもかかわらず, 大きく開口したためではないかと考える。また中村⁴³⁾は, 運動痛のみを有する患者では, ある程度の運動領域は確保されていると述べている。

2) 滑走運動

(1) 3.0 mm 前方咬合位

a: 切歯路傾斜度 (正常群 42.18 度, 異常群 42.65 度) は, 両群間での差異はうかがわれない。根本⁵⁾, 上田ら²³⁾の正常者での値 (39.2 度, 38.45 度) に比較して, 本研究結果のほうがやや大きい傾向であり, 中野⁴⁴⁾の報告した値 (43.02 度) とほぼ同じであった。

b: 顎路傾斜度 (正常群 44.16 度, 患側 46.22 度, 健側

44.61 度)は健側顎頭で1名がAU基準値より大きな値を示したが、平均値では両群で大きな差異はみられず、また中野⁴⁴⁾、河野⁴⁵⁾らの報告した正常者の値とほぼ同じであった。

c: 両傾斜度間の差は両群ともにAU基準値の範囲内に分布し、また上田²³⁾の報告した基準値とも合致するが、河野⁴⁵⁾は矢状切歯路角と顎路角との関係について、臨床的に正常咬合をもち正常機能を営むものでは、矢状顎路角よりも緩傾斜の切歯路角を示す例はほとんど存在しないと述べており、さらに河野⁴⁵⁾は、Abe⁴⁶⁾の実験生理学の結果から、顎頭の回転方向と下顎の開閉口方向が一致するような切歯路を与えることによって、スムーズな顎運動が行えるような中枢制御を考察している。

H: 下顎回転量(正常群0.04度、異常群0.03度)は、両群間での差異がうかがわれなかった。

(2) 3.0 mm 側方咬合位

d: 側方切歯路傾斜度(正常群64.51度、患側滑走66.63度、健側滑走74.41度)、e: 側方顎路傾斜度(正常群41.12度、患側滑走42.03度、健側滑走48.72度)は、d: 側方切歯路傾斜度の患側への滑走でAU基準値より大きな値を示した被験者が1名存在したが、両傾斜度ともに異常群のほうが大きな平均値を示したことから、これらの値が急角度であると異常となりやすいことを示唆したものかもしれない。正常群の分布は、両傾斜度とも中野⁴⁴⁾、真柳⁴⁷⁾の報告した値の範囲内であった。

f: 両傾斜度間の差(正常群24.22度、患側移動23.05度、健側移動25.80度)がプラスとなるのが滑らかな顎運動が行われるために必要であるのは、先の矢状切歯路傾斜度と顎路傾斜度との関係と同様である。正常群の値は、上田²³⁾、中野⁴⁴⁾の値に近似し、また異常群ではAU基準値より小さい者3名、大きな値を示した者1名が存在した。中野⁴⁴⁾は側方Guideの傾斜角度を1SDの範囲内に設定した場合、顎路傾斜度よりも切歯路傾斜度を13~42度急傾斜を与えるのが適当であるとし、この範囲外の場合は咬合障害の発生要因となりうるとしている。

g: 側方展開角(正常群72.35度、患側移動73.61度、健側移動75.23度)を2倍した値を展開角とすれば、中沢²⁾、根本⁵⁾、戸田⁴⁸⁾の報告した正常者の範囲であった。また異常群では基準値よりも小さな値、すなわち側方への運動範囲の狭少傾向を示した被験者が存在した。

h: 側方切歯路傾斜度(正常群35.48度、患側移動34.84度、健側移動37.68度)を左右の切歯路のなす角度に変換すれば、藍⁴⁹⁾の報告した正常者の側方滑走運動路の互いになす角度の平均値よりはやや大きい傾向を示したが、大きな差異はなかった。

I: 下顎回転量は、異常群で患側への滑走時に基準値外を示した被験者が存在し、患側顎頭の運動制限、あるいは過剰運動をうかがわせた。

顎関節症患者のうち運動痛のみを有する者では、前方および側方運動時に顎運動制限が現れる⁴³⁾という報告がある。一方では、側方限界運動における運動領域が大きかったという報告⁵⁰⁾や、顎関節症患者の病態の中には過剰運動 hypermobility を示す者も存在する^{51,52)}ことから、異常者の運動領域は一律に狭小化するといえないことは、本研究での異常者からも認識できる。

また、側方運動では、異常群で左右差が大きい傾向の者がうかがわれた。これは、異常者の側方運動路は非対称を示すとした古屋⁷⁾、中沢²⁾の報告を支持したものと考ええるが、正常者といえども左右的に全く対称的となるものではないことも事実である。いずれにしても、両被験群において運動量的に観察した結果、全観測項目中、異常群で正常群とはやや異なった値を示す者、あるいはAU基準値をはずれた者も存在したが、割合としてはけっして多いとはいえない。したがって、これらの量的な観測項目のみでは、異常群と正常群を判断する根拠とはなりえないことを示唆したものと考えられる。

3) 開閉口運動

(1) 最速値およびその発現部位について

移動速度の最速値は、開、閉口運動ともに切歯点と顎頭点での運動距離を反映して、切歯点のほうが顎頭点よりも大きな値であった。

両群間での比較では、中沢⁵⁰⁾が顎機能異常者の運動速度は正常者に比較して大きく現れると報告しているが、本研究でも開、閉口運動ともに異常群のほうが大きな値を示した。

これは、正常者の運動は滑らかである⁵³⁾が、咀嚼筋に障害があると下顎の運動は円滑に遂行されなくなる⁷⁾ことが最速値にも反映し、両群間での標準偏差に差異が表出したものと思われる。

また最速値の標準偏差は、正常群で閉口運動時のほうが開口運動時よりも大きいことがうかがわれたが、これは正常者の運動経路は閉口運動でより大きなバラツキを示したと述べた根本⁵⁾の報告からも理解できよう。

次に、最速値の発現部位の平均値では、被験運動が異なるが、急速開閉口運動での結果を報告した築山^{31~33)}と同傾向であった。標準偏差は、正常群では比較的小さく安定性が高いことを示唆したが、異常群の開口運動では正常群のそれに比較してバラツキが大きいことが認められた。これは、関節円板の圧縮、上関節腔の内圧変動^{54,55)}などの変化による顎頭の前方向への運動制御の崩壊がその要因と考えられる。

(2) 運動リズムの類似度から

開閉口運動時の運動リズムの再現性の程度を数量的に把握する目的で求めたKendallの一致係数からは、被験者ごとの各解析点における移動速度、下顎の回転速度いずれも、おおむね正常群では閉口運動に比較した開口運動で小

さな値、すなわち運動リズムの再現性が低いことがうかがわれた。

正常者の開、閉口運動を比較した場合、その静的（運動経路や回転角度など）^{42,56)}な値と同様、動的（運動速度）³¹⁻³³⁾な値においても、閉口運動より開口運動が安定性に劣る³²⁾ことが示唆されており、その要因として、開、閉口時の解剖学的な規制因子の差異、すなわち、閉口運動の終末位は咬頭嵌合位という明確な規制因子が存在するのに対して、開口運動にはそれがない⁵⁵⁾ためだと考えられる。

群間比較では、異常群の特に閉口運動で再現性が顕著に低下することが認められた。これは、顎機能正常者の顎運動には運動ごとで再現性がある⁴⁾が、顎機能異常者では閉口時に顎二腹筋などの拮抗筋との協調性の喪失により、スムーズな閉口運動が遂行されないことから、再現性が低く⁷⁾、同一運動を高い再現性をもってくり返して行わせるのは困難である⁵⁷⁾ことを示したものである。こうした異常群における閉口運動での再現性の低下は、根本⁵⁾や、川口⁵⁸⁾も分析方法が異なるものの、同様の結果を報告している。また、石垣⁵⁹⁾によると咀嚼筋に圧痛が認められた者では、筋活動量の左右側差が閉口運動の初期に認められたと述べているように、左右の閉口筋相互の協調性の失調が、異常者の閉口運動時でみられた再現性の低下要因の1つと考えられる。

移動速度での一致係数を切歯点と顎頭点で比較してみると、開閉口運動ともに正常群では大きな差はうかがわれなかったのに対して、異常群では解析点間で大きな差を示す者が存在したが、切歯点の運動が下顎の回転と左右側顎頭の移動のタイミングの違いにより大きく影響を受ける⁴²⁾ことから、こうした異常者でみられる解析点間での再現性の差は、顎頭点の移動と下顎の回転の不調和な動きが切歯点の再現性に影響を及ぼしているものと考えられる。

V. 結 論

下顎限界運動の量的要素、最大下顎開閉口運動時の下顎切歯点、運動論的顎頭点および下顎の回転の運動様相を時間的要素から観察し、顎機能正常者と顎機能異常者とを比較、検討した結果、以下の結論が得られた。

1. 下顎限界運動における量的観測項目では、正常群では全被験者がAU基準値内であったが、異常群では特に側方移動時の観測項目でAU基準値外を示した者が存在したものの、その例数は少なかった。

2. 最大開閉口運動時の移動速度、回転速度の最速値の平均値は、正常群に比較した異常群でやや大きな傾向を示すも、明確ではなかった。両速度（移動、回転）の最速値の発現部位の平均値も、両群間で大きな差異は認められなかった。

また、標準偏差は両速度ともに正常群に比較した異常群で、また閉口運動に比較した開口運動で大きく、異常者の開口運動が安定性に劣ることが認められた。

3. 最大下顎開閉口運動時の動的運動速度の再現性を表現したKendallの一致係数は、移動速度では、開口運動では両群間で大きな差異はなかったが、閉口運動では、正常群と異常群とが一致係数0.80を境に明確に分離されることが認められた。一方、回転速度でも開口運動では両群間に大きな特徴差はなかったが、閉口運動では一致係数0.85を境として両群を明確に分けることができた。

4. 以上から、最大下顎開閉口運動によるKendallの一致係数は、顎関節症の症型分類I型、II型の顎機能異常者を診断するのに有用な指標となりうることが示唆された。

稿を終えるにあたり、本研究に際して終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました本講座倉知正和教授に深甚なる謝意を表します。

本論文の要旨は、第93回日本補綴歯科学会学術大会（平成7年6月10日、横浜）、第94回日本補綴歯科学会学術大会（平成7年10月27日、倉敷）および第108回岐阜歯科学会例会（平成7年12月2日、岐阜）において発表した。

文 献

- 1) 古屋良一. 限界運動路の分析. 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男ほか編, 顎口腔機能分析の基礎とその応用 ME 機器をいかに臨床に活かすか 54-65, 東京: デンタルダイヤモンド社, 1991.
- 2) 中沢 勇. 下顎運動の補綴学的研究 有歯顎の運動. 口病誌 13: 81-98, 1939.
- 3) Carlsöö S. An electromyographic study of the activity of certain suprahoid muscles (mainly the anterior belly of digastric muscle) and of the reciprocal innervation of the elevator and depressor musculature of the mandible. Acta Anat 26: 81-93, 1956.
- 4) Brill N, Lammie GA, Osborne J et al. Mandibular positions and mandibular movements. Br Dent J 106: 391-400, 1959.
- 5) 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.
- 6) Messerman T. A means for studying mandibular movement. J Prost Dent 17: 36-43, 1967.
- 7) 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.
- 8) 藍 稔. 顎機能異常 84-91, 東京: 医歯薬出版, 1985.
- 9) 中沢勝宏. 顎機能の読み方. QE 5: 21-24, 1986.
- 10) 長谷川成男, 顎運動の概念と基本運動. 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男ほか編, 顎口腔機能分析の基礎とその応用 ME 機器をいかに臨床に活かすか 36-43, 東京: デンタルダイヤモンド社, 1991.
- 11) 坂東永一. 成人前期における咬合の管理からみた顎運動要素の補綴学的意義. 関根 弘編, 咬合の育成と維持 151-169, 東京: クインテッセンス出版, 1991.
- 12) 顎関節症に関する小委員会. 顎関節疾患および顎関節症の分類

- 案. 顎関節研究会雑誌 7: 135-136, 1987.
- 13) 藤村哲也, 坂東永一. デジタル方式顎運動測定器の開発. 補綴誌 35: 830-842, 1991.
 - 14) 河野正司. 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動の研究 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.
 - 15) 河野正司, 藍 稔. 全運動軸とその意義について. 歯界展望 41: 593-600, 1973.
 - 16) 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.
 - 17) 藤村哲也, 鈴木 温, 池田隆志ほか. 全運動軸の定義について. 顎機能 3: 37-44, 1985.
 - 18) 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.
 - 19) 倉知正和, 石神 元, 横山佳郎ほか. 偏側咀嚼の指数表示について. 補綴誌 36: 1026-1031, 1992.
 - 20) 加藤泰二, 倉知正和, 石神 元ほか. 6自由度顎運動測定器(MM-JI-E)による正常者の運動解析. 岐阜学誌 21: 149-161, 1994.
 - 21) 杉崎正志. 顎関節症I型. QE 8: 836-844, 1989.
 - 22) 覚道健治. 顎関節症II型. QE 8: 1476-1481, 1989.
 - 23) 上田龍太郎, 坂東永一, 中野雅徳ほか. 顎口腔機能診断のための6自由度顎運動パラメータの検討. 補綴誌 37: 761-768, 1993.
 - 24) Hjortsjö C-H. Views on the general principles of joints and movements. Acta Orthop Scand 29: 134-145, 1959.
 - 25) 郡 元治. 磁気位相空間を応用した試作顎運動測定器による下顎運動測定. 補綴誌 37: 652-658, 1993.
 - 26) McCall WD, Bailey JO, Ash MM. A quantitative measure of mandibular joint dysfunction: Phase plane modelling of jaw movement in man. Arch Oral Biol 21: 685-689, 1976.
 - 27) Willigen van J. The sagittal condylar movements of the clicking temporomandibular joint. J Oral Rehabil 6: 167-175, 1979.
 - 28) 河江 信. 下顎開閉口運動の動態に関する研究. 補綴誌 24: 647-671, 1980.
 - 29) Cooper BC, Rabuzzi DD. Myofascial pain dysfunction syndrome: A clinical study of asymptomatic subjects. Laryngoscope 94: 68-75, 1984.
 - 30) Feine JS, Hutchins MO, Lund JP. An evaluation of the criteria used to diagnose mandibular dysfunction with the mandibular kinesiograph. J Prosthet Dent 60: 374-380, 1988.
 - 31) 築山能大, 古谷野 潔, 末次恒夫. 速度パラメータを用いた下顎運動解析 開閉口運動時の速度パターンの解析. 顎機能 7: 109-112, 1988.
 - 32) 築山能大, 古谷野 潔, 末次恒夫. 開閉口運動の速度解析に関する研究 第1報 切歯, 大臼歯, 顎頭の運動速度の定量解析. 補綴誌 38: 126-131, 1994.
 - 33) 築山能大, 古谷野 潔, 末次恒夫. 開閉口運動の速度解析に関する研究 第2報 顎頭および大臼歯の運動解析と切歯の運動速度との関係. 補綴誌 38: 583-587, 1994.
 - 34) 築山美和, 古谷野 潔, 築山能大ほか. 側方運動における顎頭部三次元動態に関する研究 第1報 側方運動解析のための新しい顎頭部基準点について. 補綴誌 37: 159-171, 1993.
 - 35) 築山美和, 古谷野 潔, 築山能大ほか. 側方運動における顎頭部三次元動態に関する研究 第2報 側方滑走運動時の作業側顎頭運動. 補綴誌 37: 806-816, 1993.
 - 36) 鶴見祐三. 咬合非誘導と咬合誘導における顎路の変化に関する研究. 歯科学報 75: 1401-1434, 1975.
 - 37) 中島清一, 古谷野 潔, 水野幹生ほか. 切歯路と顎路の運動論的対応関係の研究 第1報 前後の運動距離の解析. 補綴誌 35: 1275-1285, 1991.
 - 38) 西川啓介. 顎運動と咀嚼筋活動に及ぼす咬合接触の影響. 補綴誌 33: 822-835, 1989.
 - 39) 尾崎佳孝. 顎関節症にみられる顎運動異常に関する研究. 口病誌 83: 937-980, 1983.
 - 40) 川瀬充朗. 顎関節症患者の咬合力に関する研究 開口域および顎頭位との関連性. 補綴誌 14: 51-69, 1970.
 - 41) 小林義典. 咀嚼機能障害(3). 歯科評論 412: 35-50, 1977.
 - 42) 水野幹生, 古谷野 潔, 末次恒夫. 習慣性最大開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. 補綴誌 37: 350-361, 1993.
 - 43) 中村充也. 顎関節症の臨床的研究. 口病誌 26: 986-1012, 1959.
 - 44) 中野雅徳. 側方滑走運動における顎頭と歯牙路に関する研究. 補綴誌 19: 647-665, 1976.
 - 45) 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.
 - 46) Abe K, Takata M, Kawamura Y. A study on the inhibition of masseteric α -motor fiber discharges by mechanical stimulation of the temporomandibular joint in cat. Arch Oral Biol 18: 301-304, 1973.
 - 47) 真柳昭紘. 側方滑走運動における顎頭運動に関する研究. 補綴誌 14: 158-182, 1970.
 - 48) 戸田外穂. 各種食品咀嚼時の下顎切歯点の水平面運動の解析. 歯科医学 33: 10-32, 1970.
 - 49) 藍 稔. 切歯点部における咀嚼運動の解析. 補綴誌 6: 164-200, 1962.
 - 50) 中沢勝宏. 顎関節症における下顎運動の分析. 歯科学報 74: 277-311, 1974.
 - 51) Copland J. Diagnosis of mandibular joint dysfunction. Oral Surg 13: 1106-1129, 1960.
 - 52) 杉森孝志. 顎関節の hypermobility (過動性) に関する臨床的ならびにX線学的観察 日本人各年代最大開口域と関連して. 口病誌 39: 159-190, 1972.
 - 53) 三浦不二夫. 筋電図方による咀嚼筋の活動様式に関する研究 特に咬筋, 側頭筋顎二腹筋について. 口病誌 23: 291-320, 1956.
 - 54) Osborn JW. The disc of the human temporomandibular joint: Design, function and failure. J Oral Rehabil 12: 279-293, 1985.
 - 55) Osborn JW. The temporomandibular ligament and the articular eminence as constraints during jaw opening. J Oral Rehabil 16: 323-333, 1989.
 - 56) 福島俊士. 習慣的開閉口運動における顎頭運動の研究. 補綴誌 15: 267-290, 1971.
 - 57) Farra WB. Characteristics of the condylar path in internal derangements of the TMJ. J Prosthet Dent 39: 319-323, 1978.
 - 58) 川口豊造. 電氣的測定装置による習慣的閉口運動および嚥下運動時の歯牙接触に関する研究. 補綴誌 12: 397-422, 1968.
 - 59) 石垣尚一. 最大開閉口運動における下顎の偏位に関する臨床的研究. 阪大歯学誌 33: 168-195, 1988.