原 著 論 文

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

上田龍太郎 坂東 永一 中野 雅徳
鈴木 温 藤村 哲也* 山内 英嗣

Diagnostic Parameters of Six Degrees of Freedom Jaw Movement for the Stomatognathic Function

Ryutaro Ueda, Eiichi Bando, Masanori Nakano,
Atsushi Suzuki, Tetsuya Fujimura* and Eiji Yamauchi

Abstract : The purpose of this study was to establish the diagnostic parameters on stomatognathic function with the six degrees of freedom jaw movement data in 15 male subjects. All subjects, in the range of 24 to 44 years of age, had full dentition and were without symptomatic TM disorders. Diagnostic parameters were selected for the range, velocity, acceleration, etc of jaw movement. The results suggested that jaw movement data have diagnostic value for the stomatognathic function.

Key words : jaw movement, diagnostic parameter

I. 結 言

顎口腔機能を評価する上で6自由度顎運動測定はきわめて有効な情報を得る手段であり¹⁻⁴⁾, 当教室では臨床応用に際しての術式を確立するための研究を進めている^{5,6)}。しかし現段階においてはデータの蓄積は行いつつあるものの, 顎口腔機能を総合的に診断, 評価するための基準は十分に確立されているとはいえない。本論文は6自由度顎運動データに基づく顎口腔機

能の診断基準を確立することを最終目標とした研究の現段階での報告である。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は臨床的に顎口腔機能に異常を認めない年齢24~44歳の個性正常咬合を有する成人男子有歯顎者15名とした。

2. 測定方法および測定項目

1) 顎運動の測定方法 (図1)

6自由度の顎運動は, デジタル方式顎運動測定器(MM-JI)⁷⁾を用いて測定した。顎運動データはミニコンピュータ(DEC社製PDP 11/34 A)にon-lineで入力し, 磁気ディスク(DEC社製RL 01 K-DC)

徳島大学歯学部歯科補綴学第2講座(主任:坂東永一教授)

*徳島文理大学工学部情報システム工学科

Department of Fixed Prosthodontics, The University of Tokushima, School of Dentistry (Director: Prof. Eiichi Bando)

*Faculty of Engineering, Tokushima Bunri University

平成5年4月6日受付

図 1 ブロックダイアグラム

に取り込んだ。解析にはミニコンピュータ (DEC 社製 Micro VAX 3800) を使用した。

2) 測定項目

被験者には以下に示す顎運動を行わせた。

(1) 咬頭嵌合位より接触滑走させながら前方限界咬合位まで運動した後、前方限界路上を最大開口位まで開口し、ひきつづき後方限界路を通して咬頭嵌合位まで閉口する矢状面内限界運動 (2) 咬頭嵌合位から接触滑走を行い側方限界咬合位まで運動し、ひきつづき最大開口位まで側方限界路上を開口する左右の側方限界開口運動 (3) 咬頭嵌合位から前方限界咬合位までの前方滑走運動 (4) 咬頭嵌合位から側方限界咬合位までの側方滑走運動 (5) 習慣性最大開閉口運動

3. データ解析

解析の基準となる平面は、上顎左右側中切歯近心隅角の中心および上顎左右側第 1 大臼歯中心窩の 3 点にて構成される生体咬合平面座標系を用い、下顎の解析点は切歯点および左右の運動論的顎頭点の 3 点とした⁸⁾。なお解析には、それぞれの測定項目において最大移動量を示すか、あるいは最も典型的であると考えられるデータを選択し、これを各被験者の代表例として用いた。

解析項目として下顎限界運動範囲、顎関節および歯による顎運動のガイド、顎運動の協調性に関する以下に示すパラメータを選択し、その平均値および標準偏差 (以下、基準値とする) を求めた。

1) 下顎限界運動範囲に関するパラメータ (図 2-a, b, c)

下顎の限界運動の大きさを示す項目として、切歯点での最大開口量、最大顎頭移動量、および矢状面、水平面、前頭面における最大下顎回転量を、また前方限界咬合位および側方限界咬合位における切歯点および

a. 矢状面投影図

b. 水平面投影図

c. 前頭面投影図

図 2 下顎限界運動範囲に関するパラメータ (矢状面内限界運動, 側方限界開口運動)

図3 顎関節および歯による顎運動のガイドに関するパラメータ

(前方, 側方滑走運動)

顎頭の移動量ならびに矢状面での下顎回転量を求めた。なお移動量については、各解析顎位を結ぶ直線距離とした。運動範囲に関する項目としては、図2-a, cの斜線に示す矢状面内限界運動時の矢状面投影図における面積と、側方限界開口運動時の前頭面投影図における左右側の各面積を計測した。

2) 顎関節および歯による顎運動のガイドに関するパラメータ (図3)

ガイドに関しては、咬頭嵌合位から前方ならびに側方に切歯点で3.0 mm 接触滑走した顎位 (以下、前方咬合位ならびに側方咬合位とする) を代表的顎位とし以下の値を算出した。前方咬合位においては矢状面での下顎回転量、矢状切歯路角、矢状顎路角を、側方咬合位においては矢状面での下顎回転量、矢状面に投影した切歯路角と平衡側顎路角、前頭面に投影した切歯路角、および水平面展開角を計測した。

3) 顎運動の協調性に関するパラメータ

顎運動の協調性に関しては、習慣性最大開閉口運動を被験運動とした。

検査項目は、切歯点の左右への偏位の最大幅を示す切歯点側方偏位量、同一顎位における左右側顎頭の咬頭嵌合位からの移動量の最大差を示す左右側顎頭移動差 (図4-a)、顎頭移動量と矢状面での下顎回転量の比率、切歯点に対する顎頭点の移動速度の比率の最大

値、最小値ならびに加速度の最大値 (図4-b) とした。なお、最大開口位付近に相当する顎路の最前方位から1.0 mm の範囲についてのデータは、下顎回転量の比率が著しく大きくなるので解析から除外した。

III. 結 果

1. 各パラメータの基準値 (表1)

1) 下顎限界運動範囲に関するパラメータ

被験者15名の最大開口量の基準値は 54.71 ± 6.56 mmであり、切歯点での前後移動量の最大値の基準値は 31.26 ± 6.97 mm、左右的移動量は 13.20 ± 1.33 mm、上下的移動量は 49.84 ± 5.13 mmであった。最大顎頭移動量を示す顎頭位は最大開口位での顎頭位にほぼ一致しており、基準値は 19.23 ± 2.62 mmであった。

矢状面、水平面、前頭面における最大下顎回転量の基準値は、それぞれ 37.59 ± 4.15 度、 7.20 ± 0.74 度、 2.79 ± 0.70 度であり、この時の顎位は矢状面では最大開口位に、またほとんどの例で水平面では切歯点が側方の変曲点にある顎位に、前頭面では側方限界咬合位に一致していた。

運動範囲について、矢状面内限界運動時の矢状面投影図における面積と、側方限界開口運動時の前頭面投影図における片側の面積の基準値は、それぞれ514.

図 4 顎運動の協調性に関するパラメータ (習慣性最大開口運動)

20±73.90 mm² と 379.40±56.80 mm² であった。

前方限界咬合位において、切歯点移動量は基準値 10.90±1.46 mm、顎頭移動量は 9.41±3.44 mm、矢状面での下顎回転量は -1.30±1.77 度であった。一方、側方限界咬合位においては、切歯点移動量は 10.76±2.48 mm、平衡側顎頭移動量は 10.00±2.23 mm であるのに対し、作業側顎頭移動量は 0.74±0.44 mm と小さかった。またこの顎位での矢状面の下顎回転量は 0.28±1.50 度で前方限界咬合位での下

表 1 各パラメータの基準値

検査項目		標準値
下顎限界運動範囲	最大切歯点移動量	開口量 54.71±6.56(mm) 前後の移動量 31.26±6.97(mm) 左右的移動量 13.20±1.33(mm) 上下の移動量 49.84±5.13(mm)
	最大顎頭移動量	19.23±2.62(mm)
	最大下顎回転量	矢状面 37.59± 4.15(度) 水平面 7.20± 0.74(度) 前頭面 2.79± 0.70(度)
	面積	矢状面軌跡 514.20±73.90(mm ²) 前頭面軌跡 379.40±56.80(mm ²)
	前方限界咬合位	切歯点移動量 10.90± 1.46(mm) 顎頭移動量 9.41± 3.44(mm) 下顎回転量[矢状面] -1.30± 1.77(度)
	側方限界咬合位	切歯点移動量 10.76± 2.48(mm) 顎頭移動量 作業側 0.74± 0.44(mm) 平衡側 10.00± 2.23(mm) 下顎回転量[矢状面] 0.28± 1.50(度)
滑走運動	3.0mm前方咬合位	下顎回転量[矢状面] 0.00± 0.51(度) 切歯路角[矢状面] 38.45±10.38(度) 顎路角[矢状面] 38.63± 8.31(度) (切歯路角-顎路角) -0.18±15.18(度)
	3.0mm側方咬合位	下顎回転量[矢状面] 0.40± 0.36(度) 切歯路角[前頭面] 33.92±10.15(度) 展開角[水平面] 74.50± 6.67(度) 切歯路角[矢状面] 66.95±11.75(度) 平衡側顎路角[矢状面] 39.41± 8.49(度) (切歯路角-顎路角) 27.53±14.80(度)
	切歯点側方偏位量	3.63± 1.72(mm)
	左右側顎頭移動差	開口経路 2.22± 1.02(mm) 閉口経路 2.94± 1.94(mm)
	下顎回転量[矢状面]に対する顎頭移動量の比率 (T/R)	開口経路 (最大) 1.52± 0.46 (最小) 1.02± 0.27 閉口経路 (最大) 1.47± 0.33 (最小) 0.47± 0.29
	顎頭点に対する切歯点の移動速度の比率 (I/C)	開口経路 (最大) 7.64± 3.39 (最小) 0.91± 0.47 閉口経路 (最大) 9.59± 5.56 (最小) 1.02± 0.30
	加速度	開口経路 (切歯点) 2.11± 0.95(m/s ²) (顎頭点) 2.39± 2.02(m/s ²) 閉口経路 (切歯点) 3.83± 4.50(m/s ²) (顎頭点) 3.37± 2.44(m/s ²)
習慣性開口運動の協調性		

顎回転量より大きかった。

2) 顎関節および歯による顎運動のガイドに関するパラメータ

前方咬合位において矢状面の下顎回転量は基準値 0.00±0.51 度であり、また側方咬合位における矢状

面の下顎回転量は 0.40 ± 0.36 度であった。

一方、ガイドの傾斜を矢状面投影角度で表すと、前方咬合位で切歯路角は基準値 38.45 ± 10.38 度、顎路角は基準値 38.63 ± 8.31 度であり、側方咬合位では両者の基準値は 66.95 ± 11.75 度と 39.41 ± 8.49 度であった。また前頭面に投影した切歯路角は基準値 33.92 ± 10.15 度であったのに対し、ゴシックアーチの半角に相当する水平面での展開角は基準値 74.50 ± 6.67 度であった。

3) 顎運動の協調性に関するパラメータ

習慣性最大開閉口運動時における切歯点側方偏位量は基準値 3.63 ± 1.72 mm、左右側顎頭移動差は開口経路における最大値の基準値 2.22 ± 1.02 mm、閉口経路は基準値 2.94 ± 1.94 mmであった。

矢状面での下顎回転量に対する顎頭移動量の比率は開口経路で最大値 1.52 ± 0.46 、最小値 1.02 ± 0.27 、閉口経路で最大値 1.47 ± 0.33 、最小値 0.47 ± 0.29 であった。

切歯点に対する顎頭点の移動速度の比率について、最大値の基準値は開口経路 7.64 ± 3.39 、閉口経路 9.59 ± 5.56 、最小値の基準値は開口経路 0.91 ± 0.47 、閉口経路 1.02 ± 0.30 であり、顎頭移動速度が切歯点移動速度よりも著しく大きくなることはなかった。一方、加速度について、最大値の基準値は開口経路において切歯点で 2.11 ± 0.95 m/s²、顎頭点で 2.39 ± 2.02 m/s²、閉口経路において切歯点で 3.83 ± 4.50 m/s²、顎頭点で 3.37 ± 2.44 m/s²であった。

IV. 考 察

顎運動測定データを用いることにより顎機能異常患者の機能状態を評価することはきわめて有用であり、これまで顎機能異常が顎運動にさまざまな影響を与えることが報告されている^{1,4,5,9-18)}。一方、Mohlら¹⁹⁾は、現時点では顎運動測定装置が顎機能異常に対する診断的価値をもつとするには十分な科学的根拠がないと報告している。これは、顎運動測定データの精度、診断パラメータの設定方法、病態の多様性などの問題により、現段階では診断基準として顎運動測定データと顎機能異常の関係を客観的に評価できる段階に至っていないという判断によるものである。本研究においては、これまでの顎機能異常の治療における臨床経験や現在までに顎機能異常患者の顎運動測定により得た顎運動データの解析結果などを総括的に考慮し、顎口

腔機能の診断に有用であると考えられるパラメータを設定し、顎口腔機能に異常を認めない成人男子15名の高精度の6自由度顎運動測定データを基にその基準値を求めた。

1. 下顎限界運動範囲について

ロッキング症例などにみられる顎運動制限を評価するために下顎限界運動範囲について種々の検査項目を設定した。

最大開口量は平均54.71 mmであり、根本²⁰⁾、河野²¹⁾の値よりも大きく、最大回転量も河野²¹⁾の値より大きかった。これは顎運動記録時に頭部固定を行わない本研究の結果の方が、他の頭部固定を行ったものに比べより生理的な条件下での記録であることによるものと思われる。最大開口量は顎運動制限を評価するパラメータである²²⁾が、クリッキング患者と正常機能者との最大開口量には有意差がないという報告²³⁾もあり、また顎機能異常の病態の中にはhypermobilityも含まれる²⁴⁾ことなどから、病態を考慮した上で評価しなければならない。

下顎限界運動範囲の面積も顎運動制限を評価するパラメータの1つであるが、平衡側接触がないなど咬合状態の良好な被験者では側方限界運動軌跡が広いという報告もあり^{25,26)}、咬合接触状態とも関連するパラメータとして重要なものと考えられる。

2. 顎運動のガイドについて

ガイドに関するパラメータは、顎機能異常の発症因子として重要である咬合異常⁵⁾を評価する上で指標となる重要な項目である。これらのパラメータは、解析する顎位によって値が異なるという性質をもつが、どの顎位で解析すべきかという定まった基準がない。藍²⁷⁾は、咀嚼中に歯の接触滑走が認められるのは切歯点で咬頭嵌合位から約4 mmの範囲であると報告している。中野²⁸⁾は被験者31名で切端咬合位に最も近かつこれを越えない顎位は、前方滑走運動においては切歯点で平均3.58 mm、側方滑走運動では平均4.96 mmであったと報告している。これらを参考にして、前方、側方とも機能的にも合理性をもつと思われる咬頭嵌合位から切歯点で3.0 mm移動した顎位を選択しガイドについての解析を行った。

河野ら²⁹⁾は、前方滑走運動についてその運動を回転と移動との2要素に分け、回転量の大小によって2型に分類し、それぞれの回転角度の平均が -0.1 度、

1.4 度であったと報告している。本研究では前方咬合位における矢状面での下顎回転量は平均 0.00 度であり、河野の分類における回転が小さく移動が主となる I 型に分類できる。この顎位において、本研究の被験者においては下顎は咬頭嵌合位からほぼ平行移動していることがわかる。

側方咬合位での矢状面の下顎回転量は本研究で平均 0.40 度であり、中野²⁸⁾の 0.72 度と比較して小さい値であった。これは被験者の違いによると考えられるが、マイナスの回転を示す被験者がほとんどみられなかった点については共通の結果が得られた。

3. 顎運動の協調性について

顎頭や関節円板に形態、位置の異常などがあると、円滑な顎運動が妨げられ顎運動の協調性は悪化する。顎運動の協調性を評価するための被験運動として、本研究では習慣性最大開口運動を選択した。この運動は正常被験者では左右側顎頭が対称的に運動すると考えられ、また随意的な運動の要素が比較的少なく、運動の再現性も期待できるものである。切歯点側方偏位

量、左右側顎頭移動差において、顎口腔機能に異常の認められない本研究の被験者においても左右差がみられることがわかる。また移動速度の比率や加速度は、運動の滑らかさを評価することができるパラメータであり、クリッキングなどで瞬間的に顎頭移動速度が大きくなる現象を捉えることができると考えられる。

4. パラメータの有用性の検討

先に示した各パラメータの有用性を検討するために、左右顎関節のクリッキング、間歇性開口障害を主訴とする 25 歳男性患者の治療過程での開口障害発現時、クリッキング発現時、接着性スプリントによる顎関節症状消失時の 3 回におけるデータを基準値と比較した (図 5-a, b, c)。

治療前には前頭面の切歯路角が大きく、水平面の展開角は小さく、この傾向は特に右側で著明であった。また切歯点と顎頭点の速度比が小さく、運動の滑らかさを示す加速度が著しく大きかった。さらに開口障害発現時には、最大開口量、顎頭移動量、下顎回転量が著しく小さく、運動範囲も制限されていた。一方、接

a. 下顎限界運動範囲に関するパラメータ

(開口障害発現時および顎関節症状消失時)

図 5 治療過程における各パラメータ値の変化

b. 顎関節および歯による顎運動のガイドに関するパラメータ
(クリッキング発現時および顎関節症状消失時)

c. 顎運動の協調性に関するパラメータ
(クリッキング発現時および顎関節症状消失時)

図5 治療過程における各パラメータ値の変化

着性スプリント装着後の症状消失時には各パラメータの値はほぼ正常範囲内に改善されていた。ロッキングによる開口制限、クリッキングおよび咬合治療による臨床症状の消失に至る病態変化の過程が各パラメータに直接反映されており、本研究において選択した6自由度顎運動パラメータが客観的な評価を行う上で有用である可能性を示している。

坂東²⁶⁾は咬合状態と顎機能制御の密接な関連を示唆し、種々の顎運動データには咬合に関する情報が含まれているとし、さらに顎機能状態を明らかにするため

には客観的に測定可能な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述べている。

本研究において示した高精度の6自由度顎運動測定を前提とした各パラメータは、顎口腔機能の診断にとってきわめて有用な情報を含んでいるものと考えられる。しかし現段階では基準となるデータ数が少なく、今後さらに年齢、性別、身長などについても考慮し、運動の再現性などのパラメータを増やし、検査項目の検討を行い基準値としての信頼性を一層向上させ

る予定である。

V. 結 論

1. 顎口腔機能診断のための 6 自由度顎運動パラメータを設定した。

2. 顎口腔機能に異常を認めない成人男子有歯顎者 15 名の 6 自由度顎運動データより、各パラメータの基準値を求めた。

本論文の要旨は、第 87 回日本補綴歯科学会学術大会（平成 4 年 6 月 6 日、徳島市）において発表した。

本研究の一部は文部省科学研究費補助金に依った。

文 献

- 坂東永一：咬合破綻の予防と回復における下顎運動測定の必要性, 77~87, クインテッセンス出版, 東京, 1992.
- Messerman, T.: A means for studying mandibular movements, J Prosthet Dent, 17: 36~43, 1967.
- Gibbs, C.H., Lundeen, H.C., Mahan, P.E. et al: Chewing movements in relation to border movements at the first molar, J Prosthet Dent, 46: 308~322, 1981.
- 野村修一, 佐藤 斉, 鈴木政弘ほか：顎機能異常者の顎運動, 石岡 靖編, 顎口腔機能分析の基礎と応用, 108~115, デンタルダイヤモンド社, 東京, 1991.
- 中野雅徳, 竹内久裕, 大井啓司ほか：顎機能異常（顎関節症）症例に対する 6 自由度顎運動測定による診断と移行の咬合治療, 四国歯誌, 4: 87~100, 1991.
- 上田龍太郎, 竹内久裕, 大井啓司ほか：6 自由度顎運動測定器を用いた顎運動機能の評価, 補綴誌, 36・87 回特別号: 41, 1992.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, 1974.
- McCall, Jr, W.D., Bailey, Jr, J.O. and Ash, Jr, M.M.: A quantitative measure of mandibular joint dysfunction: phase plane modelling of jaw movement in man, Arch Oral Biol, 21: 685~689, 1976.
- Isberg-Horm, A.M. and Ivarsson, R.: The movement pattern of the mandibular condyles in individuals with and without clicking, Dentomaxillofac Radiol, 9: 59~69, 1980.
- Mongini, F. and Capurso, U.: Factors influencing the pantographic tracings of mandibular border movements, J Prosthet Dent, 48: 585~598, 1982.
- Balthazar, Y., Ziebert, G. and Donegan, S.: Limited mandibular mobility and potential jaw dysfunction, J Oral Rehabil, 14: 569~574, 1987.
- Willigen, V.J.: The sagittal condylar movements of the clicking temporomandibular joint, J Oral Rehabil, 6: 167~175, 1979.
- 桜井裕也, 阿部泰彦, 相良正明ほか：顎口腔機能異常者の下顎切歯点限界運動に関する研究, 一診断パラメータの確立一, 補綴誌, 34: 333~339, 1990.
- 佐藤裕二, 桜井裕也, 阿部泰彦ほか：顎口腔機能異常診断への多変量解析の応用, 一下顎切歯点限界運動軌跡の解析一, 補綴誌, 34: 739~742, 1990.
- 加藤一誠, 岩片信吾, 石岡 靖：咬合に起因する顎機能異常症例の顎頭運動分析と咬合治療, 顎口腔機能分析の基礎とその応用, 276~281, デンタルダイヤモンド社, 東京, 1991.
- Mohl, N.D., McCall, Jr, W.D., Lund, J.P. et al: Devices for the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. Part I: Introduction, scientific evidence, and jaw tracking, J Prosthet Dent, 63: 198~201, 1990.
- 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.
- 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二報 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.
- Kopp, S. and Wenneberg, B.: Intra- and interobserver variability in the assessment of signs of disorder in the stomatognathic system, Swed Dent J, 7: 239~246, 1983.
- Sigaroudi, K. and Knap, F.J.: Analysis of jaw movement in patients with temporomandibular joint click, J Prosthet Dent, 50: 245~250, 1983.
- 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.
- 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.
- 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, クインテッセンス出版, 東京, 1991.
- 藍 稔：切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164~200, 1962.
- 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: 461~479, 1976.
- 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.