原 著 論 文

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

郡 元治

The Measurement of Mandibular Movement by Experimental Jaw Tracking Device using Two Magnetic Fields in Quadrature Phase

Motoharu Kori

Abstract : The purpose of this research was to evaluate the manipulation of the newly developed six degrees of freedom jaw tracking device using magnetic fields in quadrature phase. Jaw movements were recorded by this device in 15 female subjects. Further the jaw movement data was compared to that of 15 male subjects recorded by digital jaw tracking device (MM-JI). None of the subjects showed any clinical signs of craniomandibular disorder.

The results were as follows :

1. Manipulation of this device has been improved dramatically compared to the digital jaw tracking device (MM-JI), however it still needs improvement, such as the ability of jaw movement recording range.

2. The maximal jaw opening movement recorded in male subjects was significantly greater in comparison with that in female subjects ($p < 0.01$).

The maximal condylar movement and mandibular rotation in male subjects were also greater than those in females. However, no significant difference was observed between males and females ($p > 0.05$).

3. The influence of measuring point on the mandible or sex differences was found to be minimal in determining maximal mandibular rotation and therefore, it can be regarded as an important parameter of movement to the temporomandibular joint.

Key words : six degrees of freedom jaw tracking device, jaw movement, maximal jaw opening, maximal condylar movement

I. 緒 言

徳島大学歯学部歯科補綴学第2講座 (指導: 坂東永一教授)
Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry,
The University of Tokushima (Director: Prof. Eiichi Bando)

平成5年2月10日受付

近年, 顎運動の研究に6自由度顎運動測定器が使用されるようになり, 切歯点部の運動の解析から下顎全体の運動の解析へと発展してきた。また, 顎機能の評

価, 診断の手段として顎運動測定の重要性が認識されているものの, 容易に使用できる高精度の6自由度顎運動測定器はなく, 一般臨床で使用される段階には至っていない。

著者らは, 磁気位相空間を応用した上顎6自由度下顎6自由度運動測定器を試作し, その測定原理, 測定精度等について先に報告した¹⁾。今回, 試作した測定器の操作性を検討するため, 15名の女性被験者について顎運動測定を行った。また, 得られたデータについてデジタル方式顎運動測定器(MM-JI)で測定した15名の男性被験者の値と比較, 検討したのであわせて報告する。

II. 研究方法

1. 測定装置

顎運動の測定には, 先に報告した磁気位相空間を応用した顎運動測定器を使用した(図1, 2)。この測定器は, 上下顎に装着したシーネにそれぞれセンサコイ

ルを設置して, 床に固定された1次コイルによって決定される座標系における上下顎の6自由度運動を測定するものである。被験者へ装着するシーネおよびセンサは軽量であり, しかも頭部固定を必要としないため, より生理的な条件で顎運動測定が可能である。測定精度は顎頭部で約700 μ mである¹⁾。

顎運動データは毎秒約52顎位のスピードでミニコンピュータ(DEC社製Micro VAX 3800)に取り込み, 光磁気ディスクに保存した。測定終了後, ワークステーション(DEC社製VAX Station 4000)にデータを転送し, 補正を行った後, 解析対象点の運動軌跡をグラフィックターミナル(EVANS & SUTHERLAND社製, PS 390)上に表示した。図3に顎運動測定に使用したシステムのブロックダイアグラムを示す。

2. 測定方法

1) 被験者

被験者は顎口腔系に異常を認めない年齢21歳から

図1 試作顎運動測定器のセンサ設置状態

図2 試作顎運動測定器による顎運動測定

図3 顎運動測定システムのブロックダイアグラム

31 歳 (平均 25.1 歳) の成人女性 15 名である。

被験者には測定内容を事前に説明し、各種の限界運動の練習を行わせた。

2) 顎運動測定

顎運動の測定は以下の手順で行った。

(1) 被験者の上下顎歯列の印象採得を行い、石膏模型を作製する。

(2) 石膏模型上でセンサを歯列に固定するための上下顎シーネを製作する。シーネの形状は咬合および顎運動の障害とならないよう配慮し、上下顎左右犬歯間の唇側面のみで歯と接触させる。歯と接触する部分はトレー用常温重合レジンを用いて圧接法にて製作し、余分のレジンを削除した後、その中央部から前方へアクリル棒を接着しセンサ固定部を設ける。

(3) 測定前の準備として被験者に上下顎のシーネを着着する。シーネの装着には歯科用セメント (カルボン酸系仮封セメント) を使用した。

(4) シーネ装着後、被験者を顎運動測定用椅子に座らせ 1 次コイルとの位置関係を調節する。

被験者が楽な姿勢をとり最大開口を行った状態で上下顎センサ部が測定範囲内にあるように、椅子の高さと前後的位置を調節した。

(5) 上顎センサを両面粘着テープで上顎シーネに固定する。

(6) 下顎センサを生体標点測定用プローブ¹⁾に装着して上顎歯列の 3 標点を測定する。上顎歯列の標点は、咬頭嵌合位で切歯点に相当する上顎上の点と左右第一大臼歯点とした。

(7) 下顎センサを生体標点測定用プローブから取り外し、下顎シーネに両面粘着テープで固定する。

(8) 咬頭嵌合位ならびに目的の顎運動を測定する。

測定した顎運動は限界運動と最大開閉口運動である。限界運動については矢状面限界運動、左右側方限界運動、咬頭嵌合位から接触滑走で前方限界位まで運動し、そのまま前方限界路上を左右側方限界位まで運動する運動について測定した。

3. 解析方法

解析対象点は切歯点と左右運動論的顎頭点とし、運動論的顎頭点は補正後の下顎限界運動データをグラフィックターミナル (EVANS & SUTHERLAND 社製, PS 390) 上に表示し、鈴木²⁾の方法に準じて求めた。次に、測定した顎運動データから切歯点の最大移動量すなわち最大開口量、左右運動論的顎頭点の最

図 4 解析項目

大移動量、矢状面内での下顎の最大回転量を求めた (図 4)。

また、顎口腔系に異常を認めない年齢 24 歳から 44 歳までの成人男性 15 名についてデジタル方式顎運動測定器 (MM-JI) を用いて測定した顎運動データ³⁾から同様に、最大開口量、最大顎頭移動量、最大下顎回転量を算出し、男女間の比較、検討を平均値の差の t 検定により行った。

III. 結 果

1. 試作測定器試用結果

石膏模型上で製作した被験者ごとの測定用シーネは口腔内でもよく適合し、無調整で装着可能であった。したがって測定前の準備として測定用シーネの装着に要する時間は 15 分程度であった。

顎運動測定に要する時間は、各運動を 3~4 回測定し合計約 40 組の顎運動を測定した場合、測定器の調整を含めて 30~40 分程度であり、測定前の準備を含めると被験者の拘束される時間は約 1 時間であった。

測定終了後、補正に要する時間は顎運動データ数により増減するが、約 40 組の顎運動データ (顎位数では約 12,000 顎位) の場合補正に要する時間は約 2 時間であった。

顎運動データから運動論的顎頭点を検索する作業は、運動データをグラフィックターミナル上に表示し

表 1 女性被験者 15 名の最大開口量, 最大顎頭移動量, 最大下顎回転量

被験者	最大開口量 (mm)	最大顎頭移動量(mm)		最大下顎回転量 (度)
		右側	左側	
1	49.0	14.1	15.5	38.91
2	47.7	21.2	20.9	35.24
3	47.4	15.6	17.3	35.94
4	51.4	16.3	19.6	38.97
5	40.0	19.8	21.9	30.54
6	46.5	15.7	14.5	32.60
7	43.1	19.3	15.0	31.71
8	47.5	16.3	15.3	31.43
9	52.5	16.9	14.5	39.24
10	51.2	18.0	18.5	40.10
11	54.0	17.3	17.1	39.85
12	44.1	17.8	18.5	34.80
13	49.5	23.6	23.3	37.21
14	49.9	19.3	18.2	37.66
15	52.5	20.4	19.1	38.28
平均	48.4	18.0		36.17
SD	3.7	2.5		3.17

表 2 男性被験者 15 名の最大開口量, 最大顎頭移動量, 最大下顎回転量 (デジタル方式顎運動測定器(MM-JI)による³⁾)

被験者	最大開口量 (mm)	最大顎頭移動量(mm)		最大下顎回転量 (度)
		右側	左側	
1	56.98	20.48	21.52	37.56
2	46.93	18.17	18.81	34.20
3	50.44	21.50	20.81	37.61
4	41.48	17.61	18.36	29.32
5	54.66	18.91	18.29	37.91
6	53.77	19.82	19.00	38.77
7	57.50	16.87	18.75	38.82
8	59.50	20.57	20.78	38.29
9	48.72	15.07	14.24	33.45
10	53.27	18.13	17.99	35.63
11	71.02	26.80	26.97	48.17
12	53.75	19.18	19.23	34.24
13	55.32	18.66	18.72	37.02
14	55.55	17.14	16.99	42.24
15	61.74	19.07	18.83	40.54
平均	54.71	19.23		37.59
SD	6.56	2.62		4.15

図 5 最大開口量についての男女の比較

左より最大開口量, 最大顎頭移動量, 最大下顎回転量

ながらオペレータがマニュアル操作で行う。そのため 1 被験者の両側の運動論的顎頭点の検索には 30 分程度を要した。

2. 顎運動測定結果 (表 1, 2, 図 5)

1) 最大開口量

顎運動データから求めた女性被験者 15 名の最大開口量について表 1 に示す。その平均値は 48.4 mm であり, 最小値は 40.0 mm, 最大値は 54.0 mm であっ

た。

また男性 15 名³⁾の平均値は 54.71 mm であり, 最小値は 41.48 mm, 最大値は 71.02 mm であった。これらの結果から最大開口量の平均値について危険率 1% で男女間に有意差が認められた。

2) 最大顎頭移動量

運動論的顎頭点の最大移動量については, 左右両側顎頭について 3 次元的移動量を直線距離で算出し, 女性被験者 15 名 30 顎頭の最大移動量を求めた。その結

果, 平均値は 18.0 mm, 最小値は 14.1 mm, 最大値は 23.6 mm であった。

これに対し男性 15 名の平均値は 19.23 mm, 最小値は 14.24 mm, 最大値は 26.97 mm であった。これらの結果から最大顎頭移動量について男女間に有意差は認められなかった。

3) 最大下顎回転量

女性被験者 15 名の矢状面内の最大下顎回転量は, 平均値 36.17 度, 最小値 30.54 度, 最大値 40.10 度であった。また, 男性 15 名の平均値は 37.58 度, 最小値 29.32 度, 最大値 48.17 度であり男女間に有意差は認められなかった。

IV. 考 察

1. 試作測定器について

顎運動の測定には先に報告した磁気位相空間を応用した上顎 6 自由度下顎 6 自由度測定方式の顎運動測定器¹⁾を使用した。この測定器では上下顎の運動を 6 自由度で測定しており頭部固定の必要はなく, また被験者に装着するセンサ部分は上下各 8 g と軽量であり, より生理的な状態で顎運動測定が可能である。しかしながら, 本試作器は現状では測定範囲が限られており, 被験者が頭部を自由に運動させながら測定することはできない。したがって測定中には頭部の矢状面内の回転が測定器の測定範囲内 (± 24 度) になるように術者が指示した。

頭位の変化により最大開口量が変化し, 頭位を最大限に後屈させたときに開口量が最大になるという報告がある⁴⁾。この報告では頭部を後屈させること, すなわち頸部と下顎下部の間のスペースを大きくすることで開口量が増加するということである。本研究の測定方法では, 被験者は座位で頭部をやや前方に突き出した体勢で測定しており, またその位置からある程度の後屈が可能であるため, 頸部と下顎下部とのスペースは十分と考えられる。したがって体位および頭位による下顎限界運動範囲への影響は最小限であると考えられる。

またこの測定器は, 測定方式が基準座標系に対する絶対測定であり, 術者の操作は容易である。しかし 1 次コイルによって形成される磁気位相空間の大きさは 60 cm 四方の立方体であり, 測定範囲が平行移動については上下顎センサとも 60 mm, 回転については上下顎センサは, 前頭面内 ± 12 度, 矢状面内 ± 24 度, 水

平面内 ± 12 度, 下顎センサは, 前頭面内 ± 12 度, 矢状面内 -12 度 $\sim +36$ 度, 水平面内 ± 12 度と限られている。そのため顎運動測定時には, 上下顎センサが測定範囲内にあるように注意する必要がある。これについては, 1 次コイルを大きくするとともに測定範囲を拡大できるように改良を加えたいと考えている。

このように本研究での顎運動測定システムは, リアルタイムで顎運動のモニタができない, 測定範囲がやや狭いなど改良すべき点は多くある。しかしデジタル方式顎運動測定器 (MM-JI) と比較すると, 被験者への負担も軽減され, 操作も容易であり, より簡単に 6 自由度顎運動測定が可能となった。

2. 顎運動測定結果について

1) 最大開口量

一般臨床において, 開口量は上下顎切歯切端間距離で計測されることが多い。しかしこれは咬頭嵌合位における上下顎切歯の被蓋関係が考慮されていないため, 顎運動機能として評価する場合の純粋な開口量ではない。本研究では種々の限界運動を測定したデータの中から, 咬頭嵌合位を基準とした切歯点の最大移動量を選択し最大開口量として評価した。したがって臨床における最大開口量とはやや異なるものの, 顎運動機能を評価する重要なパラメータである。

女性被験者 15 名の平均は 48.4 mm であり, これは同年代の女性の最大開口量についての報告⁵⁻¹²⁾よりもやや小さい値であった。これらの報告では最大開口量の測定方法として最大開口時の上下顎切歯切端間距離に over bite を加える方法がとられており, 厳密には顎運動測定による切歯点の移動距離と違った値になっている可能性もある。また本研究における顎運動測定時には頭部固定はしていないが, 上下顎歯列にシーネを装着しており, 開口時に口唇に対して圧迫感があり最大開口量が減少したとも考えられる。顎運動測定により最大開口量を求めた報告では, 男性被験者を含めた平均値で本結果よりも小さい値を示している¹³⁻¹⁷⁾が, これらの報告では測定時に頭部固定をしており, その影響によるものと考えられる。

デジタル方式顎運動測定器 (MM-JI) による男性被験者 15 名のデータ³⁾と本研究結果を比較した結果, 男性の平均 54.71 mm に対し有意に小さい値を示した。これは最大開口量の男女間の比較を行った過去の研究と同様の結果であった⁵⁻¹²⁾。

最大開口量について身長などの身体的特徴と正の相

関があることが知られているが^{5,8,18,19)}、本研究で対象とした女性被験者については身長差が少なく、またデータ数も15例であり両者の相関関係は明らかではなかった。被験者数を増やすとともに、身長などの形態的パラメータとの関係を明らかにすることは今後の課題である。

2) 最大顎頭移動量

運動論的顎頭点の最大移動量は平均18.0 mmであり、男性の19.23 mmと比較して有意差はみられなかった。下顎限界運動時の最大顎頭移動量についての報告は少なく、男女差について具体的な数字の報告はない。塩澤¹⁷⁾は男女10名を被験者として下顎限界運動を測定し、最大顎頭移動量を17.8 mmと報告している。

顎関節の可動性は四肢の関節の可動性と同様に、女性が男性よりも大きいという報告¹⁰⁾があるが、本研究において最大顎頭移動量で評価した場合、そのような結果は得られなかった。しかしながらここでは、身長や頭部の形態等の身体的特徴は考慮しておらず、それらを考慮した場合は女性の方が可動性の大きい可能性が残されていないわけではないが、男女間で有意差が認められるほどではないと思われる。

3) 最大下顎回転量

最大下顎回転量についても最大顎頭移動量と同様に、男女間に有意差はみられないものの、女性の方が男性よりわずかに小さい値を示した。Pullingerら¹⁰⁾は下顎の回転角度を男女間で比較しその平均値は男性33.3度、女性35.1度と女性がやや大きい値であったと報告している。しかしながら本研究では、男性37.58度、女性36.17度であり男女間に有意差は認められないが、男女ともPullingerらの報告よりも大きな値を示した。

下顎の回転量は、頭部を固定した状態で測定したものである。佐久間¹³⁾が21.4度、河野¹⁵⁾が24.0度、荒野¹⁶⁾が25.28度と報告している。また頭部固定のないものでは、鈴木²⁾が37.34度と報告しており、本研究の結果もこれに近いものであった。

下顎の回転量は、最大開口量や最大顎頭移動量と比較して、解析部位による測定値の差がなく、骨格の大きさ等の身体的特徴の影響も少ないと考えられ、顎運動機能を評価する際には重要なパラメータと考えられる。

本研究では被験者数が少ないために、これらの結果を臨床診断での標準値とするには慎重でなくてはなら

ない。しかし顎運動測定による顎機能診断の際には診断基準としての各種パラメータの標準値が必要である。今後データ数を増し、男女差、身長差、年齢等についても検討し、データベースの構築を行いたいと考えている。

V. 結 論

1. 磁気位相空間を応用した上顎6自由度下顎6自由度運動測定器を用いて、顎口腔機能に異常を認めない女性被験者15名を対象に顎運動測定を行った。

2. 試作測定器は今後測定範囲を大きくする等の改良は必要であるが、操作性はデジタル方式顎運動測定器(MM-JI)よりはるかに向上した。

3. 女性15名から得られた顎運動データについて切歯点の最大開口量、運動論的顎頭点の最大移動量、矢状面内での下顎の最大回転量を求め、デジタル方式顎運動測定器(MM-JI)による男性被験者15名のデータと比較した。

4. 最大開口量については男性より女性の方が有意に小さい値を示したが、最大顎頭移動量、最大下顎回転量については男性に比較して女性がわずかに小さい値を示したが、有意差は認められなかった。

5. 最大下顎回転量は、計測点の影響や男女差の影響が少ないと考えられ、顎関節の可動性のパラメータとして有意義であると考えられる。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました坂東永一教授に深甚なる謝意を表します。また本研究の被験者の皆様ならびに歯科補綴学第2講座の教室員の方々に感謝いたします。

本研究の一部は文部省科学研究費補助金(一般研究A、課題番号63440076)、(一般研究B、課題番号04454487)に依った。

文 献

- 1) 郡 元治, 坂東永一: 磁気位相空間を応用した上顎6自由度下顎6自由度運動測定器の試作, 補綴誌, 37: 337~349, 1993.
- 2) 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.
- 3) 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.

- 4) 蔵本 誠, 河野正司, 石岡 克: 体位および頭位が開口量の測定におよぼす影響について, 顎機能, 9: 149~156, 1991.
- 5) Travell, J.: Temporomandibular joint dysfunction, Temporomandibular joint pain referred from muscles of the head and neck, J Prosth Dent, 10: 745~763, 1960.
- 6) Nevakari, K.: 'Elapsio praearticularis' of the temporomandibular joint, A pantomographic study of the so-called physiological subluxation, Acta Odontol Scand, 18: 123~170, 1960.
- 7) 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.
- 8) Agerberg, G.: Maximal mandibular movements in young men and women, Sven Trandlak Tidskr, 67: 81~100, 1974.
- 9) Solberg, W.K., Woo, M.W. and Houston, J.B.: Prevalence of mandibular dysfunction in young adults, J Am Dent Assoc, 98: 25~34, 1979.
- 10) Pullinger, A.G., Liu, S., Low, G. et al: Differences between sexes in maximum jaw opening when corrected to body size, J Oral Rehabil, 14: 291~299, 1987.
- 11) Plunkett, G.A.J. and West, V.C.: Systemic joint laxity and mandibular range of movement, J Craniomandib Pract, 6: 320~326, 1988.
- 12) Agerberg, G. and Bergenholtz, A.: Craniomandibular disorders in adult populations of West Bothnia, Sweden, Acta Odontol Scand, 47: 129~140, 1989.
- 13) 佐久間孔毅: マルチフラッシュ装置による有歯顎の前後および開閉運動の研究, 口病誌, 26: 1511~1536, 1959.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 荒野 実: 矢状面内下顎限界運動の解析, 歯科学報, 77: 967~1009, 1977.
- 17) 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的解析, 補綴誌, 26: 148~164, 1982.
- 18) Ingervall, B.: Variation of the range of movement of the mandible in relation to facial morphology in young adults, Scand J Dent Res, 79: 133~140, 1971.
- 19) 塚原宏泰, 坂本一郎, 依田哲也ほか: 日本人成人顎関節健全者における最大開口量についての統計的検討, 日顎誌, 4: 148~149, 1992.