咀嚼運動における下顎ローテーションと 下顎切歯点座標との関連性について

反橋直也, 松本吉生, 高原成和, 篠原真理, 東 和生, 高島史男, 丸山剛郎

大阪大学歯学部歯科補綴学第一講座 (主任: 丸山剛郎教授)

[受付: 平成7年10月6日]

Relationship between mandibular rotation and mandibular incisal position during chewing movements

Naoya Sorihashi, Yoshio Matsumoto, Shigekazu Takahara, Mari Shinohara,

Kazuo Higashi, Fumio Takashima and Takao Maruyama

Department of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Osaka University

(Director: Prof. Takao Maruyama)

[Received: October 6, 1995.]

Key Words: chewing movements, mandibular rotation, mandibular incisal position, Sirognathograph Analyzing System

Abstract: The purpose of this study was to investigate the relationship between mandibular rotation and mandibular incisal position during chewing movements.

Measurement of mandibular movements during mastication was made using the Sirognathograph Analyzing System in 25 normal subjects.

The rotation around the anteroposterior axis and lateral axis of the mandible and the lateral deviation exhibited high correlation at each vertical dimension except 1-2mm level. The rotation around the anteroposterior axis and the lateral deviation exhibited no correlation at 1-2mm level.

It is suggested that measuring mandibular rotation is important to comprehend detailed mandible movements during mastication.

抄録 咀嚼運動における下顎ローテーションの正常像を明らかにし, 下顎切歯点座標との関連性を検討する目的で, 個性正常咬合者25名の咀嚼運動における下顎ローテーションと下顎切歯点座標をシロナソグラフアナライジングシステムで同時に測定し, 両者の相関関係を調べた。

その結果, 咀嚼運動の1ストロークにおける下顎ローテーションの平均的な変化の様相が明らかとなり, また前後軸および上下軸回り回転量は側方座標と, ほぼ全ての垂直的開口量レベルにおいて有意な相関を認めた。しかしながら, 上下軸回り回転量は1~2mmレベルの閉口末期において側方座標と有意な相関を認めなかった。

これらのことから, 咀嚼運動における下顎ローテーションは下顎切歯点座標により, ある程度推察することは可能であるが, 測定しなければ分らないものもあることが明らかとなり, 下顎ローテーションを下顎切歯点座標と同時に測定することの重要性が示唆された。

I. 緒 言

咀嚼運動は上位中枢の統御の下、顎口腔系の各要素の協調した働きにより行なわれている。これまで咀嚼運動には咬合^{1,2)}、咀嚼筋³⁾、顎関節⁴⁾の状態が反映されていることが報告されており、顎口腔系の診査、診断にあたり咀嚼運動の実態を明らかにすることは意義あることである⁵⁾。

咀嚼運動は下顎切歯点座標と下顎の回転（下顎ローテーション）により表示される複雑な下顎の運動であり、両者の記録分析により、咀嚼運動中の下顎全体の運動の詳細な把握が可能となる。

下顎骨は両側顎関節により頭蓋に連結しているため、下顎ローテーションと下顎切歯点座標との間には関連性が予想される。しかしながら、咀嚼運動における下顎ローテーションの報告は少なく、下顎ローテーションと下顎切歯点座標との関連性についての詳細は不明である。

本研究は、咀嚼運動における下顎ローテーションの正常像を明らかにし、下顎切歯点座標との関連性を検討する目的で、個性正常咬合者の咀嚼運動における下顎ローテーションと下顎切歯点座標を同時に測定し、両者の相関関係を調べたものである。

図1 下顎運動の座標系

Fig. 1 Coordinate of mandibular movements.

II. 研究方法

1. 被験者

被験者として、顎口腔機能に特に異常を認めない個性正常咬合者から、正常咀嚼運動パターン⁶⁾を示す者25名（男性21名、女性4名、年齢23～33歳、平均25.7歳）を選択した。市販ガム（ロッテ社製フリーゾーン）を被験食品とし、咀嚼側を指定した咀嚼運動を行なわせた。

2. 測定システム

シロナソグラフアナライジングシステム（カノーブス社、東京歯科産業社製）の演算回路を変更した装置を用い、フランクフルト平面を基準平面とする前後軸および上下軸回りの下顎ローテーションと下顎切歯点座標を同時に測定した（図1）。本システムは、シーメンス社製シロナソグラフのアンテナに内蔵された8個の磁気センサが下顎中切歯唇面に付着された磁石の動きを検出し、出力されたアナログ電圧信号を分解能12bitのA/Dコンバーター（カノーブス社製ADX-98）によりサンプリング周波数100Hzでデジタル変換し記録することが可能なものである（図2）。磁石の3次元位置座標に加えて前後軸および上下軸回りの回転量が同時に検出可能なように8個の磁気センサからのアナログ電圧信号の組合わせを変えた演算回路を追加した（図3）。また、重回帰分析による下顎ローテーション出力値の補正を行なうことにより、磁気センサ中央部付近において、0.2度以下の測定精度を得ている⁷⁾。

3. 分析項目

習慣性咀嚼側における記録開始約5秒後からの10ストロークを分析の対象とし、開閉口時の垂直的開口量1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12mm各レベルおよび最下方点において、前後軸および上下軸回り回転量、前後および側方座標の値を求めた。また、各成分の最大値およびその発

図2 下顎ローテーション測定装置のブロックダイアグラム

Fig. 2 Block diagram of mandibular rotation measurement system.

図3 下顎ローテーションの測定原理

Fig. 3 Measurement theory of mandibular rotation.

図4 前後軸回り下顎ローテーションの平均と標準偏差

Fig. 4 Mean and S.D. of mandibular rotation about anteroposterior axis.

図5 上下軸回り下顎ローテーションの平均と標準偏差

Fig. 5 Mean and S.D. of mandibular rotation about vertical axis.

現時の垂直的開口量を求めた。なお、10ストロークの各分析値の平均および運動の安定性の指標として標準偏差を各被験者の代表値とし、全被験者25名での各代表値の平均および標準偏差を算出した。次に、垂直的開口量各レベルにおける前後軸および上下軸回り回転量の平均と前後および側方座標の平均との相関係数を算出し、下顎ローテーションと下顎切歯点座標との関連性を検討した。

Ⅲ. 結 果

1. 下顎ローテーションの正常像

開閉口時の各垂直的開口量レベルおよび最低点での各成分の値(図4～7)について、個性正常咬合者の咀嚼運動の1ストロークにおける平均的な下顎ローテシ

図6 下顎切歯点前後座標の平均と標準偏差

Fig. 6 Mean and S.D. of anteroposterior mandibular incisal position.

図7 下顎切歯点側方座標の平均と標準偏差

Fig. 7 Mean and S.D. of lateral mandibular incisal position.

ョンおよび下顎切歯点座標の変化の様相は、開口時において、開口初期に下顎の咀嚼側がやや前下方になる回転を示し、非咀嚼側および前方へ偏位した後、開口に伴い後方へ偏位し、両回転量が減少して非咀嚼側が前下方になる回転へと変化し、咀嚼側へ偏位した。閉口時において、下顎の非咀嚼側が前下方になる回転量が開口時よりも増加し、咀嚼側へより偏位し、閉口に伴い回転量が増加し、最大値を示した後、回転量が減少し、側方偏位量が減少した。また、両回転量の標準偏差は閉開口時ともに、垂直的開口量の増加に伴い増加する傾向を示したが、開口時に比較して閉口時は小さい傾向を示した。

下顎の両回転量は閉口時に最も大きくなり、その位置を垂直的開口量の最大開口量に対する割合の平均±標準偏差で示すと、下顎の非咀嚼側が下方になる前後軸回り回転量では $63 \pm 17\%$ の位置において最大値 3.5 ± 1.3 度を

表1 開口時における下顎ローテーションと下顎切歯点座標との相関係数

Table 1 Correlation coefficient between mandibular rotation and mandibular incisal position at opening

垂直的開口量レベル	RX vs. X	RX vs. Y	RZ vs. X	RZ vs. Y
1 mm	-0.04	0.86***	-0.12	0.58**
2 mm	-0.05	0.92***	-0.12	0.68***
3 mm	-0.05	0.92***	-0.11	0.70***
4 mm	-0.06	0.91***	-0.10	0.70***
5 mm	-0.07	0.90***	-0.09	0.68***
6 mm	-0.07	0.88***	-0.08	0.65***
8 mm	-0.07	0.81***	-0.08	0.59**
10 mm	-0.09	0.72***	-0.12	0.54**
12 mm	-0.13	0.61**	-0.17	0.51**

: $p < 0.01$, *: $p < 0.001$ (n=25)

表2 閉口時における下顎ローテーションと下顎切歯点座標との相関係数

Table 2 Correlation coefficient between mandibular rotation and mandibular incisal position at closing

垂直的開口量レベル	RX vs. X	RX vs. Y	RZ vs. X	RZ vs. Y
1 mm	-0.36	0.71***	-0.32	0.11
2 mm	-0.46*	0.77***	-0.33	0.34
3 mm	-0.38	0.73***	-0.25	0.43*
4 mm	-0.34	0.69***	-0.18	0.46*
5 mm	-0.28	0.67***	-0.12	0.51**
6 mm	-0.24	0.66***	-0.08	0.54**
8 mm	-0.17	0.65***	-0.03	0.63***
10 mm	-0.10	0.65***	-0.03	0.69***
12 mm	-0.05	0.66***	-0.03	0.74***

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ (n=25)

示した。下顎の非咀嚼側が前方になる上下軸回り回転量では $78 \pm 26\%$ の位置において最大値 1.8 ± 0.9 度を示し、両回転の最大値の発現時開口量に有意な差が認められた($p < 0.05$)。

2. 下顎ローテーションと下顎切歯点座標との関連性

下顎ローテーションと下顎切歯点座標との相関関係について(表1, 2), 両回転量は各垂直的開口量レベルにおいて開閉口時ともに前後座標とは、ほぼ相関を認めなかったが、側方座標とは、ほぼ全てのレベルにおいて有意な相関を認めた($p < 0.05$)。前後軸回り回転量は上

下軸回り回転量に比較して、側方座標とより強い相関を認めた。上下軸回り回転量は1~2 mmレベルの閉口末期において側方座標と有意な相関を認めなかった(図8)。

IV. 考 察

下顎の運動は下顎切歯点座標とその時の下顎ローテーションにより詳細に把握される。下顎骨は両側顎関節により頭蓋に連結しているため、下顎ローテーションと下

図8 閉口時2 mmレベルにおける下顎ローテーションと側方座標との相関関係

Fig. 8 Correlation between mandibular rotation and lateral mandibular incisal position at closing 2 mm level.

顎切歯点座標との間には関連性が予想される。しかしながら、咀嚼運動において下顎切歯点が側方に偏位した場合でも、その時の左右咀嚼筋の活動量や顎関節形態の相違等により、下顎ローテーションが変化することが考えられる。

今回、個性正常咬合者の咀嚼運動の1ストロークにおける平均的な下顎ローテーションの変化の様相について調べた。その結果、開口時において、開口初期に下顎の咀嚼側がやや前下方になる回転を示し、非咀嚼側および前方へ偏位した。これは、開口時において、両側下顎頭は前下方に移動することが報告⁸⁾されているが、正常咬合者の咀嚼運動では、咀嚼側の外側翼突筋下頭が咬合相中に最初に筋活動を開始し、ついで非咀嚼側の同名筋が筋活動を開始すること⁹⁾、また開口初期において咀嚼側の外側翼突筋下頭の筋活動量および下顎頭の移動量が非咀嚼側に比べて大きくなること¹⁰⁾によるものと考えられる。次に、閉口時において、閉口初期に下顎の非咀嚼側が前下方になる回転量が閉口時よりも増加し咀嚼側へより偏位し、閉口に伴い回転量が増加して最大値を示した後、回転量が減少し側方偏位量が減少した。これは、正常咬合者の咀嚼運動では閉口時において、咀嚼側の側頭筋後部が最も早く筋活動を開始し、閉口相初期に側頭筋後部の活動が非咀嚼側で抑制され、閉口相の中頃から筋活動を開始すること¹¹⁾、また、閉口時に咀嚼側の下顎頭が非咀嚼側よりも早期に後上方に移動し最後上方の位置に達する⁸⁾ことによるものと考えられる。

前後軸および上下軸回りの最大回転量の発現時開口量に有意な差が認められたが ($p<0.05$)、この理由として、閉口時に咀嚼側の下顎頭が非咀嚼側よりも早期に戻るが、矢状面顎路の形態が直線的ではなく下に凸の彎曲を示していること¹²⁾、あるいは両側咀嚼筋活動のタイミングのズレにより、上下軸回りの回転量が早期に最大値に達したのと考えられる。

下顎ローテーションと下顎切歯点座標との関連性について、咀嚼運動における左右軸回りの回転量は後方偏位量にほぼ比例したと報告されている¹³⁾。今回、前後軸および上下軸回りの両回転量は開閉口時ともに前後座標とは、ほぼ相関を認めなかったが、側方座標とは、ほぼ全ての垂直的開口量レベルにおいて有意な相関を認めた ($p<0.05$)。しかしながら、上下軸回り回転量は咬合位付近である閉口末期において側方座標と有意な相関を認めなかった。下顎ローテーションと下顎切歯点座標との関連性の変化の原因として、下顎骨や関節結節の大きさ等の顎顔面形態、あるいは関節円板等の軟組織の非圧縮性等の個人間のバリエーションが考えられるが、今回特

に、咬合力が大きく加わる閉口末期において、個人間の変化が大きかったことから、咬合の違いによる両側咀嚼筋の活動量やタイミングのバリエーションもその原因として考えられる。

V. 結 論

咀嚼運動における下顎ローテーションの正常像を明らかにし、下顎切歯点座標との関連性を検討する目的で、個性正常咬合者25名の咀嚼運動における下顎ローテーションと下顎切歯点座標を同時に測定し、両者の相関関係を調べた。その結果、

1. 咀嚼運動の1ストロークにおける下顎ローテーションの平均的な変化の様相は、開口初期に下顎の咀嚼側がやや前下方になる回転を示した後、開口に伴い、下顎の非咀嚼側が前下方になる回転を示し、閉口時は閉口時よりも下顎の非咀嚼側が前下方になる回転量が増加した。
2. 最大回転量は閉口時において発現し、下顎の非咀嚼側が下方になる回転では最大開口量の63%の位置で3.5度、下顎の非咀嚼側が前方になる回転では78%の位置で1.8度であった。
3. 前後軸および上下軸回り回転量は側方座標と、ほぼ全ての垂直的開口量レベルにおいて有意な相関を認めた。しかしながら、上下軸回り回転量は1～2 mmレベルの閉口末期において側方座標と有意な相関を認めなかった。

これらのことから、個性正常咬合者において下顎ローテーションは下顎切歯点座標により、ある程度推察することは可能であるが、閉口末期の上下軸回り回転量のように測定しなければ分らないものもあることが明らかとなった。この原因として、咬合様式、咀嚼筋活動パターン、顎関節の解剖学的形態および軟組織の非圧縮性等の顎口腔系各要素の各被験者間における変化が考えられ、下顎ローテーションを下顎切歯点座標と同時に測定することの重要性が示唆された。

文 献

- 1) Ahlgren, J.: Mechanism of mastication, Acta Odontol Scand, 24(Suppl 44):5-109, 1966.
- 2) Hannam, A. G., Scott, J. D. and De Cou, R. E.: A computer-based system for the simultaneous measurement of muscle activity and jaw movement during mastication in man, Archs oral Biol, 22:17-23, 1977.

- 3) 東 和生：咀嚼運動と咀嚼筋活動の関連性に関する臨床的研究，阪大歯学誌，34：26-63，1989.
- 4) 桑原俊也：咀嚼運動と顎関節異常の関連性に関する臨床的研究，阪大歯学誌，34，64-105，1989.
- 5) 丸山剛郎：臨床生理咬合，医歯薬出版，東京，1～308，1988.
- 6) 曹 柄完：咀嚼運動に及ぼす歯列弓形態の影響に関する研究，阪大歯学誌，39：38-57，1994.
- 7) 反橋直也，吉田真理，相馬季世子ほか：咀嚼運動における下顎ローテーションの分析，顎機能，11：51-56，1993.
- 8) Gibbs, C. H., Messerman, T., Reswick, J. B. et al.: Functional movements of the mandible, J Prosthet Dent, 26: 604-620, 1971.
- 9) Wood, W. W., Takada, K. and Hannam, A. G.: The electromyographic activity of the inferior part of the human lateral pterygoid muscle during clenching and chewing, Archs oral Biol, 31:245-253, 1986.
- 10) 上田龍太郎：外側翼突筋下頭の活動様式，補綴誌，36：94-107，1992.
- 11) Takada, K.:Computer-based functional analysis of malocclusions, J Jpn Orthod Soc, 51 (Special Issue): 112-123, 1992.
- 12) 河野正司：下顎の矢状面内運動に対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.
- 13) Ostry, D. J. and Munhall, K. G.:Control of jaw orientation and position in mastication and speech, J Neurophysiol, 71:1528-1545, 1994.