咬合終末期における顎運動パターンとその咬合状態

長谷 誠, 相馬邦道

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第1講座 (主任: 相馬邦道教授)

[受付: 平成8年10月1日]

The Relationship between Occlusal Condition and Patterns of Masticatory Movement during the Final Stage of Occlusion

Makoto Hase, Kunimichi Soma

The First Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

(Director: Prof. Kunimichi Soma)

[Received: October 1, 1996.]

Key words: masticatory efficiency, masticatory movement, non-linear dynamic analysis, final stage of occlusion, occlusal condition

Abstract: The purpose of this study was to investigate the relationship between the occlusal condition and the patterns of masticatory movement during the final stage of occlusion by means of evaluating the efficiency in food breakdown.

The methods and the results were as follows:

1. Two subjects with Angle's Class II and one subject with normal occlusion were selected. On the basis of the occlusal condition and the relationship of the maxillary and mandibular teeth, the mastication, and the occlusal force of the subjects, the efficiency in food breakdown was evaluated by finite element non-linear dynamic analysis. The results showed that there was only little characteristic difference in the timing of the masticatory efficiency among the subjects.
2. In each subject, according to the subjects' records of mastication, the movement direction of their mandibular first molars during the final stage of occlusion was observed. The results showed that the amount of the movement of mandibular first molars in the subjects with Angle's Class II, compared with that in the subject with normal occlusion, was large in antero-posterior direction.
3. During the final stage of occlusion, the movement direction of mandibular first molars in the subjects with Angle's Class II was replaced by that of the subject with normal occlusion, and the efficiency in food breakdown was evaluated. The results showed the conspicuous declination in the timing of the masticatory efficiency.

The obtained results imply that the masticatory movement direction compensates for the difference in the position and the occlusal surface morphology of the maxillary and mandibular teeth; consequently, the efficiency in food breakdown is made to be higher.

抄録 本研究の目的は、咬合状態と咬合終末期における顎運動パターンとの関連性を、食塊の破壊粉碎効率を基に検討することである。

検討の方法および結果は、以下のとおりである。

1. 被験者として、アングルⅡ級症例2名と正常咬合症例1名を選択した。これらの上下顎歯の咬合面形状と位置関係、および咀嚼運動と咬合力を用いて、有限要素法非線形動解析により食塊の破壊粉碎効率を求めた。その結果、症例間に著明な経時的咀嚼効率の差異は認められなかった。
2. 顎運動記録より、それぞれの症例について、咬合終末期の下顎第一大臼歯の運動方向を観察した。その結果、アングルⅡ級症例の下顎第一大臼歯の運動方向は、正常咬合症例のそれに比較して前後成分が大きかった。
3. アングルⅡ級症例について、咬合終末期における下顎第一大臼歯の運動方向を、正常咬合症例のそれと入れ換えて食塊の破壊粉碎効率を求めた。その結果、経時的咀嚼効率は著しく低下することが認められた。

このことにより、咀嚼運動方向は、上下顎歯の位置の差異を補い、食塊の破壊粉碎効率を高めている可能性があることが示唆された。

I. 緒 言

咬合の主たる機能は咀嚼すなわち食塊の破壊粉碎であると考えられる。その破壊粉碎の効率を高める形態的因子として、歯の形態および上下顎歯の位置関係等、機能的因子として、顎運動および咬合力等が挙げられる。さらに、これら両因子には密接な関係があると言われている。

歯科矯正の分野では、形態的、機能的両因子の関係を検討した幾つかの報告が散見される。石川ら¹⁾は、上下顎歯の位置関係、すなわち咬合状態と顎運動パターンの様相を、大道²⁾は、正常咬合者と上顎前突者に対し、それらの顎運動および筋電図所見を報告している。また、広瀬ら³⁾によれば、正常咬合と上顎前突では咀嚼能力に差はないとの報告もある。

このように、形態と機能の関係には多くの関心が寄せられているものの、それらの相互関連性については不明のままである。

従来より、著者らは、咬合終末期における上下顎歯間の食塊の応力分布状態^{4, 5)}から、不正咬合者の食塊の破壊粉碎効率を検討してきた。

そこで著者らは、今回、上記の形態と機能の課題の検討の一つとして、歯科矯正学の立場から近遠心的な不正咬合であるアングルⅡ級1類症例をとりあげ、正常咬合症例との食塊の破壊粉碎効率の比較を行った。その結果、両者のそれぞれの咬合状態と顎運動の運動方向との間に関連性が示唆されたので報告する。

II. 研究方法

1. 資料

被験者には顎口腔系に特に異常を有しないものを選択した。今回は1歯対2歯の対咬関係を持つ正常咬合1症例(normal)と、1歯対1歯の対咬関係を持つ半咬頭アングルⅡ級不正咬合2症例(AngleⅡa, AngleⅡb)を資料として用いた。

2. 食塊の破壊粉碎効率の評価方法

今回用いた食塊の破壊粉碎効率の評価方法を、一般的な有限要素解析の手順に従って述べる。

上下顎歯の形状の測定には久野らの方法⁶⁾に準じ、全顎咬合面の形状および咬頭嵌合位における上下顎相互位置関係を測定した。これらの形状データより上下顎右側第一大臼歯部データを抽出し検討に供した。

咀嚼時の顎運動の測定には、6自由度顎運動記録装置(松風社製 MM-JI-E)を用いて、グミ咀嚼における運動データを記録した(図1)。これらより下顎右側第一大臼歯の咀嚼経路データを出力した。

咬合終末期における上下顎右側第一大臼歯ならびにその間に介在する食塊を解析対象とするため、モデルにおいては、咀嚼運動中の上下顎歯間関係を反映させた。すなわち、上述の下顎第一大臼歯咀嚼運動データを用いて、咬頭嵌合位における上下顎右側第一大臼歯咬合面データのうち下顎歯部データを、その位置から咀嚼経路上に遡って、コンピュータ上で移動させた。その位置において、上下顎右側第一大臼歯およびそこに介在する食塊を想定し、三次元有限要素モデルを作製した(節点数約2500、要素数約1500)。

図1 座標軸の設定

Fig. 1 Established coordinate axes

食塊モデルの物性については、グミキャンディーを想定した。

上記の有限要素モデルに対し、拘束条件および荷重条件を設定した。拘束条件として、咀嚼時を想定して上顎第一大臼歯部モデルの最上部の全節点に対し、垂直的かつ水平的な完全拘束を行った。荷重条件として、下顎歯モデルの最下部の全節点に対し荷重を与え⁷⁾、荷重の方向は咀嚼経路上を咬合終末位へ至る方向へ与えた。

以上の条件の下で、有限要素法非線形動解析（米国 Lawrence Livermore National Laboratory 製 DYNA3D）により、経時的咀嚼効率を算出した。また、ここでいう経時的咀嚼効率とは、食塊がある一定時間に破壊粉碎される量の割合と定義した。すなわち、食塊の全要素に対して破壊に達した要素数の割合を、その時刻の破壊効率とし、今回は、5 ms ごとの破壊効率を算出し、解析時間は20msとした。

3. 検討方法

まず、1) 上下顎右側第一大臼歯間における食塊の経時的咀嚼効率を、上述の評価方法に従って算出し、正常咬合とアングルⅡ級症例とを比較した。ついで、2) 荷重条件である顎運動方向のみに着目し、同様の比較を行った。さらに、3) 咬合状態と顎運動方向との関連性を明らかにするため、顎運動方向を入れ換えた場合の食塊の経時的咀嚼効率を、仮想の解析（Ⅱ-I とする）によって算出し、同様の比較を行った。

表1 全食塊要素に対する破壊された食塊の割合

Table 1 Ratio of the breakdown food elements to the overall food elements

時間 (msec.)	5	10	15	20
normal (%)	18	25	65	100
Angle Ⅱ a (%)	22	33	50	95
Angle Ⅱ b (%)	20	36	48	91

III. 結 果

1. 有限要素法による解析から

解析結果を表1に示す。半咬頭アングルⅡ級症例の経時的咀嚼効率は、正常咬合症例のそれと比べ顕著な差異は認めなかった。

2. 顎運動の観察から

記録された咀嚼運動データのうち下顎右側第一大臼歯のデータから、その各ストロークにおける、咬頭嵌合位より1 mm遡った咀嚼経路上における運動方向（入射方向）を抽出した。この点の速度成分を、前後ならびに左右の成分に分割し、咀嚼運動がどのような方向にあるのかを観察した。

その結果、半咬頭アングルⅡ級症例の咀嚼運動方向は、正常咬合症例のそれに比して、前後的成分の割合が大きかった（図2）。

3. 仮想の解析から

半咬頭アングルⅡ級症例に正常咬合症例の咬合終末期の入射方向を解析条件として代入し、経時的咀嚼効率を算出した。

解析結果を表2に示す。入射方向を代えた結果、半咬頭アングルⅡ級症例の経時的咀嚼効率は低下した。

IV. 考 察

1. 有限要素解析の結果について

半咬頭アングルⅡ級は上下顎歯が1歯対1歯の咬合状態であり、咬合の緊密さから推察するところ、正常咬合の1歯対2歯のそれと比べ、咀嚼効率が劣ると考えられる。また、久野ら⁸⁾は、形態のみを対象としたモデル実験から、1歯対1歯の咬合では1歯対2歯のそれと比べ、食塊に生じる破壊エネルギーが小さいと報告している。

しかしながら、今回の解析では症例間に顕著な相違は

図2 下顎右側第一大臼歯の入射方向
Fig. 2 Direction of movements of the mandibular right first molar
a: normal; b: Angle II

認められなかった。このことから、咀嚼効率は、咬頭嵌合位における上下顎歯の接触状態だけでなく、顎運動等の他の要素にも大きく左右されるものと考えられる。

2. 咬合終末期の咀嚼運動方向について

咀嚼運動路についての研究は古くから行われ、前頭面に関しては、咀嚼運動の閉口路終末期と側方運動路はほぼ一致すると報告されている⁹⁾。また、矢状面に関しては、咬合平面と咀嚼閉口路はほぼ直角に近いと報告されている¹⁰⁾。このようにいわゆる正常咬合において、前後成分よりは側方成分の大きな咀嚼運動が統計的に観察されている。今回の不正咬合症例の観察では前述のような正常咬合の顎運動パターンを示しておらず、前後成分の大きい運動を示していた。

このことから、その咬合状態に応じた顎運動が、前項で観察されたような食塊の破壊粉碎効率を修飾していることが想像される。

表2 Angle II aに対するII-Iの各時刻での割合

Table 2 Time ratio of II-I to Angle II a.

時間 (msec.)	5	10	15	20
II-I (%)	45.5	41.7	62.0	42.1

V. 結 論

アングルⅡ級1類症例に関して咀嚼運動方向は、上下顎歯の位置の変異を補い、食塊の破壊粉碎効率を高めている可能性があることが示唆された。

文 献

- 1) 石川晴夫, 中村俊弘, 新井孝ほか: 不正咬合者における咀嚼運動の機能的分析—Ⅰ級不正咬合者の咀嚼運動経路について—, 日矯歯誌, 48, 108, 1989
- 2) 大道貞祥: 混合歯列期における正常咬合者と上顎前突者の顎の運動学的ならびに筋電図学的研究, 岐阜学, 16, 147-163, 1989
- 3) 広瀬寿秀, 中山二博, 相星順子ほか: 不正咬合者の咀嚼能率と矯正治療による変化, 日矯歯誌, 51, 302-307, 1992
- 4) 相馬邦道: 咬合面形状の定量化—咬合応力解析へのアプローチ—, 歯医学誌, 13, 76-81, 1994
- 5) 石田哲也, 相馬邦道: 咬合終末期における上下顎第一大臼歯間の応力解析, 日矯歯誌, 52, 161-172, 1993
- 6) 久野昌隆, 黒木健広, 相馬邦道: 咬合状態の評価法としての上下顎歯間距離—咬合終末位およびその近傍において—, 日矯歯誌, 52, 73-78, 1993
- 7) 森川昭彦: 下顎第一大臼歯における機能時の咬合力に関する研究, 口病誌, 61, 250-274, 1994
- 8) 久野昌隆, 石田哲也, 相馬邦道: 食塊モデルにかかる咬合エネルギー 第2報, 第3回顎顔面バイオメカニクス学会講演論文集, 48-50, 1994
- 9) Gibbs, C.H., Lundeen, H.C., Manhan, P.E., et al.: Chewing movements in relation to border movements at the first molar, J Prosthet Dent, 46: 308-322, 1981
- 10) 小川隆広, 古谷野潔, 住吉圭太ほか: 咬合平面と咀嚼閉口路との垂直的な関係, 顎機能誌, 2, 129-133, 1996