咀嚼運動に関する臨床的研究

—食品の大きさ・固さの影響について—

瑞森 崇弘 桑原 隆男 西尾 公一

宮内 修平 丸山 剛郎

Clinical Studies on Chewing Movements

—Effects of Foods size and Hardness—

Takahiro Mizumori, Takao Kuwahara, Koichi Nishio,
Shuhei Miyauchi and Takao Maruyama

I. 緒 言

下顎運動に関しては、古くから種々の研究がなされているが、われわれは下顎運動の中でも重要な機能的運動であり、上位中枢と顎口腔系諸器官との協調による咀嚼運動に着目している。この生理的な運動の実態を把握するために生体機能への干渉が最小限にとどめられた測定装置として Sirognathograph を用い、さらにこれをパーソナル・コンピュータと組合せて下顎運動解析システム Sirognathograph Analysing System^{1,2)}を完成した。このシステムの目的は、下顎運動、特に咀嚼運動の分析を行い顎口腔系機能異常の診断を行うことにあり、現在、正常者および機能異常者のデータの蓄積を行っている。

咀嚼運動、特に運動経路の研究はすでに多く行われているが³⁻³⁴⁾、いかなる要因により咀嚼運動のどの部分が変化するのか、あるいは咀嚼運動に変化がみられた場合、それは何に起因するものなのかを論じた研究は少なく、咀嚼運動を診断の基準として用いる際の問題点となっている。

筆者らは、咀嚼運動を機能的側面から解析するために、顎口腔系に異なる機能対象、すなわち性状の異なる食品を与えた場合に、どのような咀嚼運動の変化が現れ

るかをみることにより、顎口腔系の機能内容・機能機序の一端を探ることを試みた。

II. 方 法

被験者には、本学学生から、顎関節部に雑音・疼痛等症状がなく、歯列不正や補綴物の少ない、年齢 23~26 歳の男子 6 名を選んだ。

被験食品としては、タクアンとガムを用いた。タクアンは、小・中・大の大きさの被験食品として用いるために、一辺の長さがそれぞれ 12, 15, 18 mm の立方体となるように切り、咀嚼開始から嚥下までを測定した。ガムは固さによる影響をみるために、ソフト・ガム、ハード・ガムの 2 種類を用いた。ソフト・ガムは安定した咀嚼運動を発生させると考えられ、臨床的な応用にも使用³⁵⁾しており、今回は他の食品に対する比較基準とした。

データ収集は Sirognathograph Analysing System により、リアルタイム・ディスプレイで咀嚼運動の表示を行いながら、サンプリング周期 10 msec で行った。実験は、被験者の習慣性咀嚼側について行った。タクアンの小・中・大（以下 S・M・L と略す）、ソフト・ガム、ハード・ガムをそれぞれ 1 回ずつ測定し、これを断続的に 3 回くり返した。図 1 は、ソフト・ガム咀嚼の 1 例をプロットで描記したものである。

タクアンは、咀嚼が進行するにつれ運動経路が変化すると考えられたので、咀嚼開始から嚥下までのストローク数を 3 等分し、咀嚼初期・中期・末期について検討した。ガムについては、安定した食品形状として用いた。

図1 ソフトガム咀嚼のプロット出力例

表1 垂直的開口量の1被験者での比率の計算例

	1st day (mm)	2nd day (mm)	3rd day (mm)	mean (mm)	ratio (%)
S 初期	14.0	14.2	13.8	13.8	112.2
M 初期	14.8	14.9	14.8	14.8	120.3
L 初期	16.2	17.2	16.4	16.6	135.0
Hard	15.0	15.0	13.2	14.4	117.1
Soft	12.8	12.3	11.9	12.3	100.0

S, M, L はタクアンの小・中・大を,
Hard, Soft はハード・ガムソフト・ガムをそれぞれ表す

図2 開口量のソフトガム咀嚼に対する比較

表2 垂直的開口量の比率の6被験者での平均と標準偏差の計算例(単位: %)

被験者	1	2	3	4	5	6	平均	標準偏差
S 初期	112.2	102.7	114.3	80.8	100.7	109.1	103.3	12.2
M 初期	120.3	114.3	118.0	99.4	98.5	120.7	111.9	10.3
L 初期	135.0	126.5	131.6	119.2	116.0	122.6	125.2	7.3
Hard	117.1	103.4	105.3	114.1	94.9	111.5	107.7	8.1

めに軟化した後に約20秒間の測定を行い、測定開始から5秒後よりの10ストロークを用いた。

咀嚼運動を数値的に評価するため、Sirognathograph Analysing System により平均咀嚼経路を算出し、開口路の垂直的開口レベル0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 mmにおける平均の側方偏位量を得た。また垂直的開口量の中央値、咬合相時間・開口相時間・閉口相時間・咀嚼周期も得た。

各被験者の測定値は3日間で平均した。食品の大きさ・固さの影響をみるため、ソフト・ガム咀嚼を基準とする比率を各被験者ごとに計算し、全被験者での平均お

よび標準偏差を算出した。垂直的開口量の中央値についての1被験者での比率の計算例を表1に、6被験者での平均と標準偏差の計算例を表2に示す。

また、6人の正常機能者に共通する特徴をみるため各被験者の3日間での平均値について、同じ咀嚼時期でのSとM、MとL、SとLまた、ソフト・ガムとハード・ガム等の組データとし、5%の有意水準でt検定を行った。

III. 結 果

垂直的開口量の中央値についての計算結果を図2のグラフに示す。S・M・Lはタクアンの小・中・大を、I・M・Tは咀嚼の初期(initial stage)・中期(middle stage)・末期(terminal stage)をそれぞれ表している。

Hはハード・ガムである。ソフト・ガムは基準値の100%であるため、グラフには表していない。タクアンでは、咀嚼が進行していくにつれ開口量が減少していく様子が現れている。

一方、3日間の測定値の平均値について、各被験者で組データとし、5%の有意水準でt-検定したところ、咀嚼初期と中期では、SM間、ML間、SL間のすべてに有

表 3 垂直的開口量についての結果

被験者	S	初期 M	L	S	中期 M	L	S	末期 M	L	Soft	Hard
1	13.8	14.8	16.6	12.2	13.6	13.7	11.7	11.9	11.7	12.3	14.4
2	15.1	16.8	18.6	13.3	14.5	16.0	12.0	12.9	14.1	14.7	15.2
3	15.2	15.7	17.5	13.1	13.8	14.9	10.3	12.6	12.3	13.3	14.0
4	12.6	15.5	18.6	13.0	15.1	17.3	12.7	14.0	16.3	15.6	17.8
5	13.8	13.5	15.9	11.5	12.0	12.9	10.9	10.9	12.6	13.7	13.0
6	22.7	25.1	25.5	21.6	23.3	24.4	21.0	21.5	21.8	20.8	23.2

— は組データのt-検定(n=6, p<0.05)で有意差のあった組合せを示す

(単位mm)

① 開口レベル 1.0 mm

③ 開口レベル 4.0 mm

② 開口レベル 2.0 mm

④ 開口レベル 8.0 mm

図 3 開口口の側方偏位量のソフトガム咀嚼に対する比較

意差が認められた。咀嚼の末期では、SL 間にのみ有意差があった。また、ソフト・ガムーハード・ガム間に差を認めなかった。以上の結果を表3に示す。この結果が

ら、開口量は食品の大きさに左右され、咀嚼の進行とも関係していることが推察される。また、食品の固さは、大きさ程には開口量に影響を及ぼしていない。

表 4 組データの t-検定の結果
(表中の初期等は、有意差の現れた時期あるいは開口レベルを示す)

食品の大きさ・固さの組合せ	開口量	閉口路の側方偏位量 (開口レベルmm)	時間的要素
S-M	初期	初期 (6.0, 8.0, 10.0)	
	中期	末期 (10.0)	
M-L	初期	初期 (10.0)	末期 (咬合相)
	中期	中期 (4.0, 10.0)	
	末期	末期 (1.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0)	
S-L	初期	初期 (6.0, 8.0, 10.0)	
	中期	中期 (4.0, 6.0, 8.0, 10.0)	
	末期	末期 (4.0, 6.0, 8.0, 10.0)	
Soft-Hard		1.5, 2.0, 4.0	閉口相

(n=6, $p<0.05$)

図 4 咀嚼周期のソフトガム咀嚼に対する比較

図 6 開口相時間のソフトガム咀嚼に対する比較

図 5 咬合相時間のソフトガム咀嚼に対する比較

図 7 開口相時間のソフトガム咀嚼に対する比較

つぎに、0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 mm の各垂直の開ロレベルにおける、開ロ路の側方偏位量について、同様のグラフ化および t-検定を行った。開ロレベル 1.0, 2.0, 4.0, 8.0 mm についてのグラフを図 3 ①～④に示す。組データの t-検定の結果は表 4 にまとめた。

0.5 mm および 1.0 mm のレベルでは、SM 間、ML 間、SL 間、ソフト・ガムーハード・ガム間のいずれにも有意差はみられなかった。

1.5 mm および 2.0 mm のレベルでは、小・中・大については、末期の ML 間でのみ差があった。このレベルで、ソフト・ガムーハード・ガム間に有意差を認めた。

4.0 mm レベルでは、中期および末期での ML 間、SL 間に差を認めた。咀嚼初期では差はみられなかった。このレベルでもソフト・ガムーハード・ガム間に有意差を認めた。

6.0 mm および 8.0 mm レベルでは、SM 間に初期で、ML 間に後期で、SL 間に初期・中期・後期で、それぞれ差を認めた。ソフト・ガムーハード・ガム間には有意差がみられなかった。

10.0 mm レベルになると、食品の大きさについては、中期の SM 間以外のすべての時期について有意差が現れた。固さについては有意差はみられなかった。

以上の結果から、開ロ路の側方偏位量に対して、食品の大きさは 4.0 mm 以上のレベルで影響を与え、食品の固さは 1.5, 2.0, 4.0 mm レベルで影響を現すことが分った。

同様に咀嚼周期、咬合相時間、開ロ相時間、閉ロ相時間についてもグラフ化と組データの t-検定を行った(図 4～7, 表 4)。

咀嚼周期については、有意差はみられず、食品の大きさ・固さによらずほぼ一定の値を示していた。

咬合相時間は咀嚼の進行で変化した。同時期では食品の大きさに関して有意差は後期の ML 間でみられたのみであった。ソフト・ガムーハード・ガム間にも有意差はなかった。

開ロ相時間はタクアン咀嚼では大きさ・時期によらずほぼ一定で、有意差はなかった。ソフト・ガムーハード・ガム間にも有意差はなかった。

閉ロ相時間は咀嚼の進行により短縮していくようだが、同時期での比較では有意差はみられなかった。しかし、ソフト・ガムーハード・ガム間には有意差が認められた。

以上により、食品の大きさは、同じ咀嚼時期では咀嚼

のリズミ的な要素にはあまり影響を与えず、食品の固さは閉ロ相時間に影響するといえよう。

IV. 考 察

咀嚼運動を決定する要因として、被験者に関するもの、食品に関するもの、さらに被験者と食品との関係に関するものの 3 つに大きく分類できる。表 5 にこれらを列挙した。

この要因すべてについて同時に考究することは困難であるので、被験者としては、臨床的に正常とみなされる者を選び、各被験者での諸要因は可能な限り一定とした。環境についても、十分予備実験をくり返し被験者に慣れさせた後、本実験を開始した。また、被験食品の要因としては、大きさと固さについてのみをとりあげ研究した。

咀嚼とは、食物を摂取してからこれを食塊にして嚥下するまでに口腔、咽頭中で行われるすべての生理的過程と定義されている³⁰⁾。よって、咀嚼運動の研究の中には、咀嚼運動経路のみでなく、嚥下されるまでの時間的経過の追求も含まれるべきである。しかし、特に運動経路の研究には、等質な経路を発生させると思われるチューイング・ガムを用いるのがよいと考え、固さの異なる 2 種類のガムを用いて、食品の固さの影響をみた。一方、大きさを規定しやすいタクアンにより、食品の大きさの影響と咀嚼の時期に関した咀嚼運動の変化をみた。

計測項目として、垂直の開ロ量・開ロ路の側方偏位量・咀嚼周期・咬合相時間・開ロ相時間・閉ロ相時間を取り上げた。開ロ路の側方偏位量については、0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 mm レベルについて分析を行った。

食品の大きさ、固さが咀嚼運動に与える影響をみるため、各被験者のソフト・ガム咀嚼での値を基準とした、小・中・大のタクアン咀嚼の各咀嚼時期およびハード・ガム咀嚼時の比率を算出、グラフ化した。また、6 人の正常被験者に共通する特徴をみるため、日をかえて 3 回測定を行い、この平均値を被験者の当該食品に対する代表値とし、組データの t-検定を行った。

・食品の大きさに関して

有意差はまず開ロ量に現れていた。大きい食品に対して、これを上下歯列間に位置させるために、小さい食品よりも開ロ量を増加することが必要と考えられる。

さらに、有意差は、4.0 mm レベル以上での開ロ路側方偏位量に現れた。ある開ロ度以上では、開ロ量の増加

表 5 咀嚼運動を決定する要因

被験者
咀嚼器官
歯・歯列・咬合
各歯
形態
咬頭傾斜角, 咬耗の程度
病的状況
減形成, 齶蝕による崩壊, 歯髄の反応性
補綴修復物による回復, 他歯との連結, 干渉
植立位置, 方向
歯列
歯列の形態, 歯の配列状況, 接触点の位置・強さ
咬合
中心咬合位
被蓋関係
正常被蓋, 逆被蓋 (反対咬合)
被蓋の程度 (overbite, overjet)
被蓋角度
咬合接触状態
接触歯数, 接触面積
歯牙誘導
誘導歯, 誘導歯数, 誘導角度
偏心位での上下歯列の接触状態
作業側での接触
非作業側での接触
中心位と中心咬合位の関係
歯周組織
歯根膜の感覚
病的状況
咀嚼筋
機能的条件
走行, 発育, 固有感覚
左右差
機能異常状態
疲労, 緊張亢進
顎関節
形態
運動性
可動性, 運動の器用さ
固有感覚
左右の調和
口腔軟組織
形態
運動性
可動性, 運動の器用さ
感覚
全身
全身状態
精神状態
環境への適応度
被験食品
硬度, 粉砕性, 溶解性, 粘着性, 食塊形成性,
食塊の粒度, 大きさ, 形, 味, 風味, 舌感
被験者と被験食品との関係
嗜好性, 適応性, 常食性

に伴い側方偏位量も増大し, 咀嚼運動経路が全体的に相似型に大きくなっていることを示す。しかし, 2.0 mm 以下のレベルでは, 側方偏位量に有意差はみられなかった。これから, 食品の大きさの影響は, 開口度の大きいレベルで現れ, 咬頭嵌合位付近には, 現れないものと思われる。

また, 咀嚼の時期に関してみると, 閉口路側方偏位量の変化は咀嚼初期よりもむしろ末期によく現れた。食塊中の食片が大である間は, 咀嚼運動は上下的な咬断様の動きを中心に行われるため, 側方偏位量の変化は少なく, 末期になり細片化した食品をさらに咀嚼するために側方運動要素の多い臼磨運動が増加し, この際の側方偏位量に食塊全体の大きさ, すなわち, 食品の大きさが影響するものと考えた。

咀嚼周期・咬合相時間・閉口相時間・閉口相時間は, 食品の大きさに影響されずほとんど一定であった。しかし, 咀嚼が進行すると咀嚼周期・閉口相時間は変らずに, 咬合相時間が延長し, 閉口相時間が短縮した。これはタクアン咀嚼に関しては食塊が粉碎されていくと閉口時の抵抗が少なくなり閉口相時間が短縮し, また中心咬合位付近での噛みしめが増え咬合相時間が延長したものと思われる。

・食品の固さに関して

有意差は, 1.5, 2.0, 4.0 mm レベルの閉口路側方偏位量と閉口相時間に現れた。ハード・ガムは閉口時に抵抗があり, 噛み切るのにソフト・ガムよりも咬合力を必要とし, 閉口するのに要する時間も延長している。中心咬合位付近での閉口路の側方偏位量の増加は, 片側上下歯列間に咬断すべき食塊を保持しながら大きな咬合力を発揮するには, 下顎の側方偏位すなわち上下顎同名咬頭の対向関係が, 開口レベル 1.5~4.0 mm 付近で必要であることを示唆している。

Gibbs ら³⁷⁾は, 食品が固い程, 閉口路はより側方になるためであろうと述べている。また, 咀嚼の進行により, 開口量は減少し, 咬頭嵌合位での静止時間は延長したとも述べている。今回, 6 人という比較的少ない被験者数で研究を行ったが, その結果は Gibbs らと一致した。

また, 今回の研究では, 食品の大きさと咀嚼周期等, 変化の現れなかった測定項目もあった。咀嚼運動の恒常性に関して, 前回報告³⁸⁾した運動経路に関するものの他に時間的な要素の恒常性も存在するようである。

各被験者でタクアンの嚥下に至るまでの咀嚼回数は日によらず一定しており, 咬合相時間・閉口相時間・閉口

相時間・咀嚼周期も安定していた。今回は計測を行っていないが、嚥下直前の食塊の粒子の大きさの分布が、それに至るまでの咀嚼回数の違いはあっても、被験者によらずほぼ一定であったという報告³⁹⁾もある。

以上のことから、咀嚼運動には、食品に適応して変化する部分と食品による影響が少なく、その被験者について常に同様な運動になる部分とが存在していることが示唆される。今回の研究では、食品の大きさにより、開口量と咬頭嵌合位より離れた 4.0 mm 以上のレベルでの閉口路側方偏位量の変化がみられ、また固さにより、咬頭嵌合位に比較的近い 1.5, 2.0, 4.0 mm レベルでの側方偏位量の変化と、閉口相時間の変化がみられた。また咀嚼周期と開口相時間については恒常性の存在が示唆された。

文 献

- 1) 瑞森崇弘, 桑原 隆男, 西尾 公一, 宮内 修平, 丸山 剛郎: Sirognathograph と パー ソ ナ ル ・ コンピュータ により 構成した下顎運動記録・解析システム, 下顎運動機能と EMG 論文集, 昭和 58 年度, 169~174, 下顎運動機能と EMG 研究会, 1984.
- 2) 瑞森崇弘, 桑原隆男, 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎, 山田広司: 下顎運動解析ソフトウェア, 第一回ソフトウェアコンファレンス・プロシーディングス, 190~192, 大阪科学技術センター, 1985.
- 3) 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.
- 4) Kurth, L.E.: Mandibular movements in mastication, J.A.D.A., 29: 1769~1790, 1942.
- 5) Jankelson, B., Hoffman, G.M. and Hendron, J.A.: The physiology of the stomatognathic system, J.A.D.A., 46: 375~386, 1953.
- 6) 辛島清澄: 咀嚼初期における下顎運動路の精密測定, 九州歯会誌, 14: 400~417, 1960.
- 7) Shepherd, R.W.: A further report on mandibular movement, Austral. Dent. J., 5: 337~342, 1960.
- 8) 根本一男: 有歯顎の下顎切歯点における 3 次元運動境界の研究, 補綴誌, 6: 1~40, 1962.
- 9) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164~200, 1962.
- 10) Hickey, J.C., Allison, M.L., Woelfel, J.B., Boucher, C.O. and Stacy, R.W.: Mandibular movements in three dimensions, J. Prosthet. Dent., 13: 72~92, 1963.
- 11) 大石司朗: アーム型運動分解器とコンデンサー法による下顎運動の研究 第 2 報 側方滑走運動ならびに咀嚼運動の水平面投影に関する考察, 補綴誌, 7: 196~205, 1963.
- 12) Beyron, H.: Occlusal relations and mastication in Australian aborigines, Acta Odontol. Scand., 22: 597~678, 1964.
- 13) Murphy, T.R.: The timing and mechanism of the human masticatory stroke, Arch. oral Biol., 10: 981~993, 1965.
- 14) Ahlgren, J.: Mechanism of mastication, Acta Odontol. Scand., 24 Suppl. 44: 1~109, 1966.
- 15) Atkinson, H.F., Shepherd, R.W.: Masticatory movement and tooth form, Austral. Dent. J., 12: 49~53, 1967.
- 16) 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.
- 17) Gibbs, C.H., Messerman, T., Reswick, J.B., Derda, H.J.: Functional movements of the mandible, J. Prosthet. Dent., 26: 604~620 1971.
- 18) 川村貞行: 咀嚼時の下顎切歯点の前頭面運動について, 歯科医学, 36: 61~89, 1973.
- 19) Gillings, B.R.D., Graham, C.H. and Duckmanton, N.A.: Jaw movements in young adult men during chewing, J. Prosthet. Dent., 29: 616~627, 1973.
- 20) 田原邦昭: 3 次元変位計による咀嚼運動の切歯点における解析, 歯科学報, 74: 1810~1845, 1974.
- 21) 中島昭彦: 咀嚼機能に関与する二, 三の生理学的要因の分析, 九州歯会誌, 30: 20~36, 1976.
- 22) 加藤信次: 顎関節機能障害患者の切歯点における咀嚼運動について, 歯科医学, 41: 117~146, 1978.
- 23) 仁科隆実: 咀嚼運動形式の EMG 的特徴について, 歯科医学, 42: 1~27, 1979.
- 24) Gordon, T.E.Jr.: Alteration of patient chewing patterns after occlusal modification, Quintessence. Int., 10 (3): 41~46, 1979.
- 25) Klineberg, I.: Influences of temporomandibular articulator mechanoreceptors on functional jaw movements, J. oral Rehab., 7: 307~317, 1980.
- 26) 水野起良廣: 咬頭嵌合位付近の咀嚼運動経路に関する研究, 愛院大誌, 17: 259~283, 1980.
- 27) Wood, W.W., Gelfant, H., Hannam, A.G.: Effect of occlusal reconstruction on the reproducibility of chewing movements, J. Prosthet., Dent., 46: 181~184, 1981.
- 28) 柴田考典: 下顎前突症における顎運動機能に関する研究, 歯科学報, 81: 241~265, 1981.
- 29) D.J. ニール, 豊田 実, J.K.L. グレイシャー: 食物差が咀嚼パターンに及ぼす影響について, 神奈川歯学, 17: 130~136, 1982.
- 30) 森 隆司: 咀嚼運動経路の研究一空口側方滑走運動路およ

- び食品の影響一, 補綴誌, 26 : 274~297, 1982.
- 31) Hoffman, Von M. and P. Proschel : Unterkieferdynamik und Kaumuster von Totalprothesenträgern und Vollbezahnten —Eine Pilotstudie, Dtsch. zahnärztl. Z., 37 : 763~771, 1982.
- 32) 尾崎佳孝 : 顎関節症にみられる顎運動異常に関する研究, 歯科学報, 83 : 937~980, 1983.
- 33) Mongini, F., Tempia-Valenta, G. : A graphic and statistical analysis of the chewing movements in function and dysfunction, J. Craniomandib. Prac., 2 : 125~134, 1984.
- 34) 桑原隆男, 瑞森 崇弘, 西尾 公一, 宮内 修平, 丸山 剛郎 : 下顎切歯点の咀嚼運動に関する研究—正常咬合者において一, 補綴誌, 29 : 106~115, 1985.
- 35) Maruyama, T., Kuwabara, T., Nakamura, Y., Aka-nishi, M., Miyauchi, S. and Kuroda, T. : A new mandibular movement recording and analysing system composed of Sirognathograph and a Personal computer, and its clinical application, J. Osaka Univ. Dent. Sch., 24 : 97~111, 1984.
- 36) 河村洋二郎 : 口腔生理学, 159, 永末書店, 京都, 1972.
- 37) Gibbs, C.H. and Lundeen, H.C. : Jaw movements and forces during chewing and swallowing and their clinical significance; (Lundeen, H.C. and Gibbs, C.H. : Advances on occlusion, 1st ed., John Wright. PSG Inc., Boston Bristol London), 2~32, 1982.
- 38) 瑞森 崇弘, 桑原俊也, 中村 康弘, 桑原隆男, 西尾 公一, 宮内 修平, 丸山 剛郎 : 咀嚼運動の恒常性に関する臨床的研究—同一食品における運動経路について一, 補綴誌, 29 : 647~656, 1985.
- 39) Jiffry, M.T.M. : Variations in the particles produced at the end of mastication in subjects with different types of dentition, J. oral Rehab., 10 : 357~363, 1983.