原	著
---	---

咬合位の変化が咀嚼筋活動に及ぼす影響

屋 嘉 智 彦

東京医科歯科大学歯学部歯科補綴学第1講座（主任・指導：藍 稔教授）

（1994年3月9日 受付）

Effects of Occlusal Position on Masticatory Muscle Activity

Tomohiko Yaka

The First Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director : Prof. Minoru Ai)

The effects of different occlusal position on the masticatory muscle function were investigated on 5 subjects.

Two types of maxillary stabilization splints were fabricated in order to change the occlusal position. One type of the splints was to increase the occlusal height and the other was to shift the occlusal position laterally.

The EMG activities of the masseter (M) and the anterior and posterior temporal muscles (AT, PT) were measured in various occlusal positions at 50% of maximal voluntary activity of the M and AT.

The results were as follows :

1. When the occlusal height was increased,
 - 1) The activity of the PT decreased in most subjects.
 - 2) Asymmetry index (AI) of each tested muscle did not always indicate a similar value.
2. When the occlusal position was shifted laterally,
 - 1) The activities of the ipsilateral AT and PT were higher than those of the contralateral side.
 - 2) The AI of the AT and the PT changed gradually when the occlusal height was large while they changed greatly near the intercuspal position (IP) when the occlusal height was smaller. Therefore, the symmetry of the temporal muscle activity was thought to be influenced sensitively by the lateral shift of jaw position near the IP.

I. 緒 言

顎口腔系が機能的に正常な場合には、咬頭嵌合位は顎関節や筋の機能と調和していると考えられる。しかし、咬頭嵌合位は歯の咬耗や欠損、あるいは広範囲の歯冠修復や補綴により変化すること

がある¹⁾。その結果、ときには顎関節や頭頸部の筋群との間に機能的不調和が生じ、下顎運動や顎機能の異常が発現することがある^{2,3)}。そこで、どの程度の咬頭嵌合位の変化が起こると機能的不調和が生じるかが問題になるが、それには顎関節や筋群の機能的許容性や生体の適応性が関係する。

一般に、適切な咬頭嵌合位を決定するには、垂直的および水平的な方法がとられる。垂直的には咬合力測定による方法⁴⁾、顔面計測法⁵⁾、下顎安静位を基準とする方法⁶⁾、患者自身の感覚による方法⁷⁾などが、また水平的には、下顎の誘導による方法⁸⁾、側頭筋把握法⁹⁾、口腔内ゴシックアーチ描記法¹⁰⁾、タッピング運動による方法^{11,12)}などが用いられる。

これらにより求められるのは筋や顎関節にとって機能的に好適な位置で、上下的にも水平的にもある範囲をもっている。その範囲内に咬頭嵌合位が位置するのが望ましいが、この範囲は左右的には狭いことが経験的に、またこれまでの研究によって明らかである^{13,14)}。つまり筋や顎関節の機能は左右的には許容性が小さい。したがって、咬合診断や咬合再構成にとって、この範囲の大きさを知っておくことは重要であるが、これまで、咬頭嵌合位付近の咬合位と顎機能との関係を定量的に検討した報告はあまり見当たらない。

そこで著者はこうした咬合位の変化に対する筋の許容性を把握するため、以下の研究を行った。

II. 研究方法

習慣的閉口路および側方運動路を基準として種々な下顎位を規定し、その位置での咬みしめを行わせたときの筋活動を記録して各下顎位との関係を検討した。

1. 被験者

被験者は顎口腔系に異常が認められない個性正常咬合を有する 25～28 歳の成人男子 5 名である。

表 1 は各被験者の咬頭嵌合位から左右犬歯尖頭位まで側方滑走運動させたときの距離を示している。

2. 実験装置

1) スプリントの製作

各下顎位を規定するため上顎歯列にスプリントを装着し、均等な咬合接触が得られるようにした。被験者の上下顎歯列をシリコーン印象材で印象したのち超硬石膏で上下顎模型を製作し、上顎歯列模型上でワックスアップを行い、加熱重合レジン

表 1 各被験者の咬頭嵌合位から左右犬歯尖頭位までの距離

被験者	右 側	左 側
A	4.4	5.4
B	6.2	4.8
C	5.4	5.6
D	5.0	8.5
E	4.0	0.5

(単位: mm)

(ジーシー社製 ACRON, No5) を用いて全歯列型スプリントを製作した。

2) 下顎位の規定

各下顎位は、下顎運動測定装置 K 6-I ダイアグノスティックシステム(マイオトロニクス研究所)を用いて決定した。この装置は、下顎切歯前庭部に取り付けたマグネットの三次元的な動きをメガネフレームで頭部に固定した 8 個のセンサーが感知して記録解析する非接触型の下顎運動解析システムである。指定通りセンサーアレイを被験者の瞳孔線およびカンペル平面に装着し、左右側方滑走運動および開閉口運動の軌跡を記録した後、図 1 に示す種々の位置でスプリントの咬合調整を行った。まず咬頭嵌合位 (IP) から挙上した各下

図 1 規定した咬合位
(前頭面よりみた側方運動路を示す)

表2 各被験者の HP の挙上量

被験者	HP 1	HP 2	HP 3
A	1.6	2.6	4.5
B	1.0	2.6	3.5
C	1.1	1.5	2.5
D	1.5	2.4	3.6
E	0.8	1.2	1.7

(単位: mm)

顎位は、高径の最も小さいものから順に HP 1, HP 2, HP 3 とした。各被験者の HP 1, HP 2, HP 3 の挙上量を表 2 に示す。次いで側方的には、条件 1 として可及的にわずかな量 (0.1~0.5 mm) だけ挙上した側方運動路に沿った 7 顎位 (① 習慣的閉口路上の位置: HP, ② 左右犬歯尖頭位: L および R, ③ ①-② の中間位: 1/2 L および 1/2 R, ④ ①-③ の中間位: 1/4 L および 1/4 R), 条件 3 として犬歯尖頭位の高径でカンペル平

面に平行な面上にある 7 顎位 (被験者 D では 5 顎位), そして条件 2 として前二者の上下の中間にある 4~6 顎位とした。これらの位置の規定は、K 6-I ダイアグノスティックシステムのモニタ画面を被験者にみせながら、下顎を誘導して行った (図 2)。被験者 E については犬歯尖頭位までの距離が左側で小さかったが、右側と同じ距離だけ

図2 下顎位の規定

図3 スプリント装着状態 (上: HP, 左下: R, 右下: L)

偏位させた位置を L とし, $1/2 L$, $1/4 L$ を規定した。図 3 は HP, R, L の位置でスプリントにより下顎を固定した状態である。

3) スプリントの調整

上に示した各下顎位に対応したスプリントを製作し, 咬合調整を行った。条件 1 の場合のスプリントは咬合高径ができるだけ増加しないよう, 下顎のすべての歯と接触し, かつ接触部には穴が開かない程度に調整した。挙上した下顎位に対するスプリントは, 各々規定した高径で下顎のすべての歯と接触するように調整した。また調整にあたって, 各スプリントの歯の接触状態はできるだけ同じになるように努めた。歯の接触の確認はシリコンブラック法により行い (ジーシー社製 バイトチェッカー), 上顎のスプリントと下顎のすべての歯との接触部分でシリコンに穴があいた状態を接触の目安とした (図 4)。

図 4 ブラックシリコンで確認した咬合接触状態

3. 筋電図記録装置

1) 被験筋および導出方法

対象とした被験筋および部位は, 左右の咬筋浅部 (以下 M), 側頭筋前部 (以下 AT), 側頭筋後部 (以下 PT) の 6 筋である。導出方法は電極間距離を 15 mm に固定した皮膚用表面電極 (ユニークメディカル社製 双極 AgCl 表面電極) を用いた双極導出とし, 電極は各筋に相当する皮膚上に筋の走行と平行になるように両面テープで貼付した。貼付部位は透明フィルムによるテンプレート

を用いて貼付位置が左右対称となるようにした。アース電極は両耳朶に貼付した。なお, 電極間抵抗をできるだけ下げるために, 電極の貼付の前に皮膚前処理剤 (日本工電社製 スキンピュア) とアルコールを用いて皮膚を十分に清拭した。

2) 増幅

表面電極により導出した筋活動電位は生体電気現象用増幅器 (日本電気三栄社製 1253 A 型) により増幅した。増幅器の時定数は 0.03 sec とし, 1 kHz のハイカットフィルターを介在させた。増幅度は $500 \mu V$ の入力に対して感熱型オムニコード (日本電気三栄社製 8 M I 4) の振れが 10 mm になるように調整した。

なお, 増幅器からの出力はいったんデータレコーダ (ソニーマグネスケール社製 KS-616 型) に収録し, その後 12 ビット A/D コンバータ (東京測器社製 DRA 10 A) によりサンプリングタイム $500 \mu sec$ で A/D 変換後, パーソナルコンピュータ (日本電気社製 PC-9801 VX 上) で全波整流し平滑化処理を行った。

3) 視覚的フィードバック

本実験では咬合力を大略規制するため, オシロスコープ上に左右側 6 被験筋のうち咬筋と側頭筋前部の 4 筋の活動総量を積分平滑化波形として表示し, それを被験者にみせながら一定の筋活動量となるように咬みしめを行わせた。つまり, この 4 筋の筋活動電位を生体現象用増幅器により増幅後, 積分加算ユニットを経てオシロスコープへ出力し, オシロスコープ上でスイープスピード $0.2 sec/div$ の積分平滑化波形で表示した。

図 5 本実験のブロックダイアグラム

2), 3)のブロックダイアグラムを図5に示す。

4. 実験方法

被験者を歯科用治療椅子に掛けさせ、フランクフルト平面が水平になるように頭位を調節し、以下の項目を行わせた。

1) 咬頭嵌合位での最大咬みしめ

最初に咬頭嵌合位 (IP) での最大咬みしめを行わせた。最大咬みしめは持続時間約3秒間で1回行わせた。これは以後の各咬合位での咬みしめ強さを、この時の筋活動量の50%に設定するための基準となるものである。

2) IPおよびスプリントにより規定した各下顎位での50%咬みしめ

IPでの最大咬みしめを行わせた後、1分間の休憩をおいて、その50%に当たる咬みしめをIPおよびスプリントで規定した各下顎位で約3秒間行わせた。つまり視覚的フィードバックとしてオシロスコープの画面をみせて、左右咬筋および側頭筋前部の筋活動の積分平滑化波形の波高を、IPの場合のその波高の50%表示に合わせるよう咬みしめさせた。これは各下顎位につき5回行わせた。なお、被験者には片側で咬まぬよう、あらかじめ注意を与えた。

5. 測定結果の分析

1) 筋活動

記録データから各々の咬みしめについて安定した1.4秒間の筋活動の積分値を求め、すべて1秒間あたりの値に換算し、咬合位を垂直的に変化させた場合、左右的に変化させた場合について以下のような分析を行った。

(1) 咬合位を垂直的に変化させた場合

得られた6筋の活動量から左右同名筋の和を求め、各々の筋 (M, AT, PT) の活動量として評価を行った。なお、IPでの50%咬みしめ時に得られた各筋の活動量の5回の平均値を1.00とし、他の各下顎位で50%咬みしめを行わせた時の筋活動量をそれに対する比率で表し、これをIP比とし、これによって各被験者、各筋の筋活動の状況を比較検討した。

(2) 咬合位を左右的に変化させた場合

左右6筋の活動量についてそれぞれ評価を行った。ある一つの高径で下顎を側方へ偏位させた場合、その高径の習慣的閉口路上の位置HPでの50%咬みしめ時に得られた各筋の活動量の5回の平均値を1.00とし、それに対して各下顎位で50%咬みしめを行わせたときの筋活動量を各筋のHP比として求めた。ただし、条件1で下顎を左右的に偏位させた場合についても同様にHP比を求めたが、この場合には最も高径の小さいHP1での50%咬みしめ時に得られた各筋の活動量を基準として、各下顎位で50%咬みしめを行わせたときの各筋の活動量をそれに対する比率で求めHP比とした。

2) 非対称性指数

6筋の筋活動量から、すべての下顎位についてM, AT, PTの非対称性指数 (Asymmetry Index, AI) を算出した。これは以下に示す計算式で求め、左右の筋活動量のバランスの指標とした。

非対称性指数＝

$$\frac{\text{右側の筋活動量} - \text{左側の筋活動量}}{\text{右側の筋活動量} + \text{左側の筋活動量}} \times 100$$

III. 研究結果

表3は、各被験者について、視覚的なフィードバックにより各下顎位で最大咬みしめの50%となるよう咬みしめを行わせたときの成績で、左右

表3 IPでの最大咬みしめの50%となるよう視覚的フィードバックさせたときの成績

被験者	平均値	標準偏差値
A	48.7	0.4
B	53.3	0.6
C	49.9	0.9
D	50.0	0.6
E	51.5	0.6

(単位: %)

M, AT 4 筋の活動量を IP における最大咬みしめ時のそれらの活動量に対する比率として表したものである。

1. 咬合位を垂直的に変化させた場合の筋活動量の変化

1) IP 比

M, AT は筋活動総量が規定されているため各々の IP 比の増減は相反する関係になるが、各筋の IP 比は、被験者 E 以外では咬合高径の変化に対して類似の変化傾向を示した。図 6 は代表的な傾向を示した被験者 A および E の結果である。

図 6 IP および挙上した各下顎位における IP 比

M の IP 比は、被験者 A, B, C, D では、咬合挙上された HP 1~HP 3 で IP よりも値が大きく約 1.1~1.3 であった。被験者 D では高径の増加に伴って IP 比は著しく増加した。被験者 E では HP 1 で増加したが HP 3 ではわずかに減少し、高径の増加に伴い減少傾向を示した。AT の IP 比は M と逆の傾向を示し、被験者 A, B, C, D では高い高径で IP よりも値が小さく、被験者 E では HP 1 で減少し HP 3 で増加し、高径の増加に伴い増加傾向を示した。PT の IP 比は、同じ 4 被験者

図 7 IP および挙上した各下顎位における AI

表 4 垂直的に変化させた各下顎位における全被験者の AI

被験者	M				AT				PT			
	IP	HP 1	HP 2	HP 3	IP	HP 1	HP 2	HP 3	IP	HP 1	HP 2	HP 3
A	25.3	16.3	18.7	16.9	7.5	4.6	4.5	1.7	8.9	0.0	3.4	-7.2
B	-6.9	4.9	4.7	-1.6	-1.5	10.9	23.7	3.0	-30.2	-24.0	7.0	-25.9
C	-1.6	-8.8	-16.7	-4.0	10.8	17.8	11.0	5.5	25.5	40.9	34.3	11.3
D	-14.1	-1.5	0.7	3.2	-1.4	-10.7	-5.6	-5.5	-45.8	-51.3	-49.4	-50.7
E	-27.7	-26.4	-9.1	-4.7	-6.8	-8.2	-27.1	-26.3	3.9	4.9	-4.6	-9.0

で高径の増加に従い著しく減少した。被験者 E では、減少量は比較的小さかった。

2) 非対称性指数

IP および挙上された各咬合位 HP 1~3 における咬みしめ時には全被験者で各筋の AI はほとんど 0 にはならず、さまざまな値を示した (表 4)。

図 7 は代表的な傾向を示した被験者 A, B の例である。咬合高径の増加に伴い, AI に大きな変化がみられないもの (被験者 A, C, D) と種々に変

化するもの (被験者 B, E) の 2 つの傾向がみられた。

2. 咬合位を左右的に変化させた場合の筋活動量の変化

1) HP 比

咬合位の左右的变化に伴う各筋の HP 比の全体的な変化傾向は, 被験者 C, D では全条件で類似しており, M では下顎の偏位側で HP 比が小さく反対側で大きい傾向が認められ, また AT, PT で

図 8 左右的に偏位させた各下顎位における HP 比

は下顎の偏位側で HP 比が大きく反対側では小さい傾向が認められた。また、被験者 A, B では、すべての条件において、M の HP 比には明らかな変化傾向が認められず、AT, PT の HP 比は条件 1 と 2 で被験者 C, D と同じ変化傾向を示したが、条件 3 では咬合位の変化に対する HP 比の明らかな変化傾向は認められなかった。被験者 E では、条件 3 において被験者 C, D と同じ変化傾向を示したが、条件 1, 2 ではすべての筋の HP 比に

明らかな変化傾向が認められなかった。

図 8 は代表的な例として、条件 1 における被験者 C の M, 被験者 D の AT, PT, また条件 3 における被験者 A の AT の HP 比の変化を示したものである。

各筋の HP 比の全体的な変化傾向は以上のようなものであるが、細かくみると、被験者 C の右側 M にみられるように、 $1/2 R$ の値が HP の値とほぼ等しくなるほど、HP 比が咬合位の側方偏位に伴い

図 9 左右的に偏位させた各下顎位における AI

必ずしも定常的に変化するわけではなかった。こうした変化の状態はすべての筋で認められた。

2) 非対称性指数

咬合位を左右的に変化させた場合の各筋の AI を全体的にみると(表 5), M では, 下顎の偏位の反対側の筋活動が優位になるもの(被験者 C, D)と, はっきりとした傾向が認められないもの(被験者 A, B, E)とがあった。AT, PT では, 下顎の偏位側の筋活動が優位となった。

また, AI は HP 比とは異なり, 大多数の例において咬合位の側方偏位に伴った一定の変化を示した。各条件で比較すると, 条件 1 と条件 2 では類似の傾向がみられ, AT, PT の AI は HP 付近で大きく変化する傾向を示した。それに対して, 条件 3 ではそうした傾向が認められず, 1/2 R から 1/2 L まで大差ない値を示すもの(被験者 A, B)や, R から L までほぼ同じ割合で減少するもの(被験者 C, D)がみられた。

図 9 には咬合位を左右的に変化させた場合の AI の変化傾向について条件 1, 条件 3 の典型例として被験者 A, および異なる傾向が認められた被験者 E の例を示す。被験者 E では, 条件 3 においては, AI は他の被験者と同様の傾向を示したが, 条件 1 では図に示すようにはっきりとした傾向を示さず, 条件 2 では条件 1 と条件 3 との中間的な傾向を示した。

IV. 総括ならび考察

1. 研究方法

1) 下顎位の規定

本研究では咬合位の変化が咬筋, 側頭筋の筋活動にいかなる影響を与えるかを調べるため, 側方運動路を基準として左右犬歯尖頭位にあたる咬合高径までの範囲内で種々下顎位を規定した。犬歯尖頭位は下顎の機能運動に直接関係する下顎位ではないが, 上下犬歯尖頭に咬耗がみられることが多く, ブラキシズムにおいて頻繁にとられる下顎位である。そこで本研究の対象として, 上限は側方運動路とし, 垂直的, 左右的には犬歯尖頭位までの範囲の下顎位とした。

側方運動路に沿った下顎位では全歯列の咬合接触を得るため, 最小限の厚さでスプリントを調整し, 各々の下顎位に対して条件 1 とした。条件 3 は左右の犬歯尖頭位で高径が大きいくほうに対応した位置で, 被験者により異なり 1.7~4.5 mm の高径である。条件 2 は条件 3 の高径の 60~70% に相当する下顎位である。また, 左右的には咬頭嵌合位から左右の犬歯尖頭位までの距離 1/2, 1/4 偏位した位置を規定した。

下顎位の決定には K 6-I ダイアグノスティックシステムを用いたが, これは非接触型下顎運動解析用コンピュータシステムで, 被験者の違和感が少なく, 三次元で計測でき, 操作が比較的簡便である。このシステムの出力特性は, 20×20×20 mm の立方体の面上での最大誤差が 5.4% と報告されており¹⁵⁾, 本研究における下顎位の規定に必要な範囲では, 精度的に問題ないと判断された。なお下顎位の決定に際して, マグネットのセンサに対する位置はこのシステムの歪みの少ない範囲を有効に使うように設定した。

2) 筋活動の測定および分析

筋活動の記録のための動作として, 強さを規定した咬みしめを用いた。通常, 筋活動の記録には下顎安静位や咬みしめなどの静的条件, あるいはタッピングや種々な下顎運動などの動的条件が用いられるが, タッピング等の動的条件では, その終末点である咬合位の変化により, 下顎運動の均一性が失われ¹⁶⁾筋活動の測定がしにくくなると考えられた。そのため, 本実験では静的条件としての咬みしめを用いることにした。

また本研究ではスプリントにより咬合接触を与えるため, 直接咬合力の測定は行えない。そこで, 各咬合位における咬みしめの強さの規定には, 左右の咬筋および側頭筋前部の筋活動量の和を指標として用いた。咬合力と咀嚼筋活動の関係を調べた研究¹⁷⁾では, 咬筋, 側頭筋前部の筋活動は咬合力と平行しているが, 側頭筋後部の筋活動は咬合力と平行しないことが指摘されている。また, 側頭筋後部の筋活動量は咬合高径の増加に伴い, 著しい影響を受けて減少することが本研究の予備実験

表 5 左右的に変化させた各下顎位における全被験者の AI
M

被験者	条件	R	1/2 R	1/4 R	HP	1/4 L	1/2 L	L
A	1	15.6	12.3	15.1	16.3	27.8	18.7	16.1
	2		12.3	14.2	16.9	18.6		
	3	15.6	17.3	18.2	18.7	18.8	18.1	16.1
B	1	-2.7	-7.4	1.9	4.9	9.4	4.5	-2.4
	2	-2.7		1.9	4.7	1.0	4.5	
	3	-3.1	-3.3	2.7	-1.6	3.8	3.8	-2.4
C	1	-58.6	-13.9	-18.7	-8.8	-1.1	20.7	17.6
	2		-13.9	-21.7	-16.7	-1.1		
	3	-21.2	-19.4	-11.7	-4.0	-6.0	3.8	17.6
D	1	-11.5	-15.3	-21.2	-1.5	9.1	15.5	18.2
	2		-15.3	-8.9	0.7	8.4	15.5	
	3	-11.5		0.1	3.2	8.4		18.2
E	1	-54.1	-33.9	-28.2	-40.8	-17.4	-14.3	-23.4
	2		-33.9	-28.2	-28.8	-18.9	-8.0	-18.5
	3	-54.1	-39.9	-39.0	-34.6	-22.9	-9.5	-13.7

AT

被験者	条件	R	1/2 R	1/4 R	HP	1/4 L	1/2 L	L
A	1	15.5	15.1	13.9	4.6	2.0	-0.1	3.4
	2		15.1	13.2	1.7	-3.0		
	3	15.5	6.6	3.6	4.5	2.5	2.4	3.4
B	1	15.9	22.5	19.9	10.9	10.8	-4.0	2.8
	2	15.9		24.2	23.7	-0.5	-4.0	
	3	14.2	13.4	16.9	3.0	11.2	4.0	2.8
C	1	26.2	26.8	20.2	17.8	5.0	1.9	-9.0
	2		26.8	16.0	11.0	5.0		
	3	32.4	22.3	16.3	5.5	9.1	1.0	-9.0
D	1	23.2	19.6	16.1	-10.7	-25.7	-20.5	-45.8
	2		19.6	15.9	-5.6	-29.2	-20.5	
	3	23.2		-4.7	-5.5	-12.9		-45.8
E	1	7.7	-2.8	-23.0	1.2	-22.1	-15.9	-12.2
	2		-2.8	-23.0	-4.8	-21.3	-15.5	-16.0
	3	7.7	0.8	-14.2	-4.0	-15.5	-17.4	-6.7

PT

被験者	条件	R	1/2 R	1/4 R	HP	1/4 L	1/2 L	L
A	1	57.6	47.2	46.1	0.0	-15.7	-14.3	-14.8
	2		47.2	51.9	-7.2	-22.6		
	3	57.6	3.8	-11.4	3.4	-14.9	-13.2	-14.8
B	1	35.2	24.1	36.6	-24.0	-39.0	-38.1	-56.3
	2	35.2		20.9	7.0	-36.3	-38.1	
	3	-4.8	-21.7	-17.8	-25.9	-25.7	-30.5	-56.3
C	1	78.9	49.6	52.9	40.9	-3.7	-22.4	-35.6
	2		49.6	50.6	34.3	-3.7		
	3	67.6	40.5	43.3	11.3	18.9	-16.1	-35.6
D	1	-15.3	-25.6	-32.5	-51.3	-67.1	-64.4	-72.7
	2		-25.6	-42.0	-49.4	-66.2	-64.4	
	3	-15.3		-47.8	-50.7	-60.9		-72.7
E	1	1.8	-13.7	-32.3	-1.9	-29.8	-51.7	-40.7
	2		-13.7	-32.3	-23.9	-41.7	-43.5	-47.2
	3	1.8	-9.7	-8.5	-18.0	-44.6	-56.3	-42.2

で明らかであった。これらのことから、ここでは左右咬筋および側頭筋前部の4筋を咬みしめ強さの規定に用いることにした。

咬みしめの強さに関しては、最大咬みしめが比較的再現性がよいといわれている。しかし、多くの下顎位で繰り返し咬みしめを行わせる必要から最大咬みしめでは疲労による筋活動の変動が避けられない。また弱い咬みしめでは被験者が、意識的に左右の筋活動の調節を行うことが少ない。したがって、機能的な筋活動の範囲内で強い咬みしめを行わせることが望ましい。Clarkeら¹⁸⁾は、睡眠時のブラキシズム時の咬みしめが最大咬みしめ時の筋活動量の66%に達すると報告している。そこで本実験では、この大きさ付近を機能的範囲の限界とみて、これよりやや小さい50%を咬みしめ強さの基準とした。

咬みしめを行わせる場合、力の加え方が左右の筋活動量に影響することが知られている¹⁹⁾。よって、実験に際して、被験者にはできるだけ垂直方向に咬みしめるよう指示した。

筋活動量の分析方法としては、その有効性に一定の評価が得られている積分値を用い、さらに各高径で各筋間の活動状況の比較を行いやすくするために、咬頭嵌合位や習慣的閉口路上の咬合位に対する比(IP比, HP比)を求めた。また、左右の筋活動量のバランスを表す指標として非対称性指数(AI)を用いた²⁰⁾。

2. 研究結果

1) 咬合位の垂直的な変化に対する筋活動量の変化

(1) IP比

多くの被験者では、挙上した咬合位におけるIP比はMで大きな値を示しATでは小さかったが、その程度には個人差がみられた。Visserら²¹⁾は、IPおよびスプリントにより1~2mm, 4~5mm 挙上した咬合位で、最大咬みしめ時の10%および50%の強さで咬みしめさせた場合のM, AT, PTの活動量の変化を調べているが、50%咬みしめ時には、挙上した咬合位でATの平均活動量はわずかに減少傾向を示した。本実験では、AT

の活動量が咬合位の挙上に伴わずかに減少したものが被験者5人中3人、明らかに減少したものが1人、明瞭な傾向を示さなかったものが1人で、全体の傾向としてはVisserらと同様の結果が得られたといえる。一方、PTの活動量は、本実験ではVisserらの結果とは異なり、被験者5人中4人で小さな高径の咬合位においても著しく減少した。しかし、被験者Eでは挙上されたHP1~3の咬合位におけるPTの活動量は、IPに比べ低かったものの他の被験者にみられるような減少傾向は示さなかった。この理由として、この被験者は他とは異なり、PTの活動量がIPでもきわめて低いこと、また咬合挙上量が他の被験者より小さく、最も挙上量の大きなHP3でも1.7mmであったことが関係していると考えられる。この被験者については予備実験で1.5, 4.0, 6.5mmの高径におけるIP比の変化を調べたところ、4.0, 6.5mmでは活動量が減少傾向を示した。したがって、本実験でもさらに高径を増せばPTの活動量は他の被験者同様、減少傾向を示すことが推測される。

(2) 非対称性指数

咬合位を垂直的に変化させたときの左右の筋活動バランスを非対称性指数AIでみた場合、IPではAIは0とならず、各筋は左右対称的には活動しないことがわかった。正常者においてAIがIPで0にならないことは、Naeijeら²⁰⁾、Ferrarioら²²⁾の報告ですでに知られている。Naeijeら²⁰⁾は健常有歯顎者にIPで種々の強さの咬みしめをさせたとき、M, ATのAIが咬みしめ強さにより変化することを報告している。またMについて、50%咬みしめ時には筋の断面積の大きい側、また臼歯部の接触個所の多い側で活動量が大きいことを報告している。本実験結果にもこのような因子が関係しているかも知れない。

また、本実験で高径を増したときにAIは大部分の場合0とならないばかりでなく、IPのAIにも必ずしも近似しないことがわかった。IPにおけるAIと挙上した各咬合位におけるAIの違いには、下顎の挙上による筋機能の差違が関係していると考えられる。しかし、後者がスプリントによ

る咬合位であるため、歯の接触の違いも関係しているかもしれない。各スプリントにおける咬合接触はできるだけ同じになるように調整されているが、微妙な違いは避けられない。しかし、スプリントにより得られた HP 1~3 各咬合位間で比較すると、被験者 B の例 (図 7) で示したように AI の違いが顕著に認められた。したがって、AI の変化には、接触の違いの関与は否定できないものの下顎の垂直的位置の違いが関係しているといえるだろう。

2) 咬合位の左右的な変化に対する筋活動量の変化

(1) HP 比

咬合位の左右的な変化に対する筋活動量は、各被験者、各条件で異なる傾向を示したが、挙上量の小さい条件 1, 2 においては、M では 2 人の被験者で下顎の偏位側で HP 比が減少し、反対側で増加する傾向が認められたが、他の 2 人でははっきりとした傾向が認められなかった。また AT, PT ではこの 4 人の下顎の偏位側で HP 比が増加し、反対側で減少する傾向が認められた。

スプリントなどの装置を用いて、左右的な偏心位ですべての歯を咬合させたときの咀嚼筋活動を調べた研究は、坂本²³⁾, McCarroll ら²⁴⁾により行われている。坂本はレジンスプリントにより本実験と同様に下顎を偏位させた位置ですべての歯を咬合させ、弱い咬みしめと最大咬みしめを行わせたときの各位置での左右同名筋の活動量の大きさを比較検討している。その結果、弱い咬みしめでは M, AT, PT とともに偏位側では非偏位側よりもやや大きな活動量が認められ、最大咬みしめでは多くの例で M, AT, PT とともに偏位側に著しい活動が認められたが、M では逆の傾向を示す例があったと述べている。本実験の咬みしめ強さは坂本が用いた 2 種の咬みしめ強さの中間的な強さに相当し、また規定した位置については本実験の条件 1 が相当すると考えられる。本実験の各咬合位における活動量を坂本と同様に左右同名筋間で比べると、AT, PT では偏位側の筋活動が大きく、非偏位側では小さい傾向が認められ、M では被験者に

より傾向が分れた。これは、坂本の結果と一致する。

(2) 非対称性指数

HP 比は咬合位の左右的偏位に伴い必ずしも一定の変化傾向を示さなかったが、各筋の非対称性指数 AI を指標とした場合には、被験者 E を除いた 4 人の被験者では、その値に咬合位の偏位に伴う明瞭な変化傾向がみられた。すなわち、AT と PT では偏位した側の筋活動が反対側のそれより優位となり、M では被験者により変化がみられないものもあったが、明瞭な変化を示したものでは、AT, PT とは逆に偏位反対側の筋活動が優位となった。これは、前述のように坂本²³⁾が左右同名筋間で活動量を比較した結果に相当する。このように咬合位の左右的偏位に伴って HP 比としては一定の傾向がみられないが AI では明瞭な変化傾向が認められたことの理由としては、次のように考えられる。つまり、HP 比が各筋の活動量について各咬合位の値を HP と比較しているのに対して、AI は各咬合位について左右同名筋間で活動量を比較していることから AI では左右的な各筋のわずかな差異が明瞭に示された結果であろう。

被験者 E では条件 1 と条件 2 における HP 比や AI に他の被験者と異なる傾向が認められたが、この被験者では、表 1 に示したように、IP から左側の犬歯尖頭位までの距離が著しく小さい。このため、右側と同じ距離だけ下顎を左側へ偏位させた位置を L としたが、挙上量が少ない条件 1, 2 では位置 L をとると、上下顎の歯列は交叉した位置関係となり不安定な咬合状態となった。したがって、この位置での咬みしめ時には、咬みしめのための筋活動よりも下顎を安定させるための協調的な筋活動が大きく作用したと考えられる。咬合高径が大きい条件 3 では他の被験者と同様の AI の傾向を示したが、これは安定して咬みしめが行えた結果と考えられる。

例外的な傾向を示した被験者 E を除く 4 人について、各条件間で AT, PT の AI の変化傾向を比較すると、咬合高径が小さい条件 1 では咬合位の偏位が小さいところで AI の変化が現れ、咬合

高径が大きい条件3では咬合位の偏位が大きくなってから AI の変化が現れはじめる傾向があった。すなわち、高径が小さい場合には、下顎の左右的な偏位に対する筋活動の均衡性が鋭敏であることが示唆された。

そこで、条件1と条件3について、AI がどの位置で最も大きく変化するかを知るため、AI の変化度を求めた。AI の変化度は、次に示すように偏位した各咬合位における AI と HP における AI との差を各咬合位の HP からの側方距離の比、つまり L, R では4, 1/2 L, 1/2 R では2, 1/4 L, 1/4 R では1で除したものである。

AI の変化度 =

$$\frac{\text{側方偏位位置での AI} - \text{HP での AI}}{\text{HP から側方偏位位置までの距離比}}$$

図10にその代表例として被験者 A, D の場合を示す。咬合位の左右的变化に対する AT, PT の AI は、条件1の1/4 R から1/4 L の狭い範囲で大きく変化しており、AI が IP 付近の下顎位の左右的变化に対して鋭敏であることがわかる。しかし条件3では、大多数の例で IP 付近の AI の変化は小さかった。

被験者 A

被験者 D

図10 左右的に偏位させた各下顎位における AI の変化度

3) 咬合位の垂直的, 左右的な変化に対する筋の反応

咬合位が垂直的に変化する場合, 高径の増加に伴い M, AT では活動量の変化が小さかったが, PT では減少した。これは Visser らの研究でも 10%の咬みしめ強さで認められているが, PT の走行に対して咬合挙上により咬合力の負荷の方向が変わることが関係しているのかも知れない。

咬合位を左右的に偏位させた場合, AT, PT は偏位側の筋活動が増加し, 反対側では減少した。古屋²⁵⁾は, 口蓋部で下顎を一点支持させ, 下顎を側方に偏位させて 20 kg の咬合力で咬みしめさせた研究で, 偏位側の AT, PT の活動量が大きいとの結果を得, 下顎の側方偏位に伴う左右的な筋力の調整は主として側頭筋が行っていると考察している。その根拠として, 咀嚼筋の筋紡錘の多くが側頭筋に集中し, 特に垂直部と水平部に分布していることを挙げ, このことは筋力に関する自己受容性が高いことを意味すると述べている。本研究の結果も古屋のそれと類似し, 同様のことが推察される。さらに本研究では, 側頭筋の筋活動の変化は, 左右的にも垂直的にも咬頭嵌合位付近の高径において著しいことがわかった。側頭筋がこのような変化を示すのは, 筋紡錘の影響だけでなく, 咬合位の変化に伴う筋の長さや走行などの解剖学的要素も関連すると考えられる。

本研究では, 各高径で咬合位を左右的に偏位させた場合, すべての被験者で AI は高径が小さいほど顕著に変化した。条件 1 の HP から 1/4 R, 1/4 L の実長は平均 1.4 mm であるが, このときの変化度は AT で -7.8~12.0, PT で -23.0~-34.4 で, AT については 1/2 R, 1/2 L の場合の 1.5 倍, PT では 1.9 倍で, この狭い範囲で筋活動は急激に変わった。しかし, 佐々木²⁶⁾によれば咬頭嵌合位を 0.5~2.0 mm 側方偏位させた義歯では 1 週間の装着で嵌合位の側方偏位の方向, 量を知ることがはきわめて困難であったという。歯の欠損や咬合再構成でこの程度の咬合位の偏位が生じることは実際上ありうる。しかし, 機能的不調和による筋活動の左右のアンバランスは患者の適応の程度に

よっては不快症状をひき起こす可能性がある。よって, 咬頭嵌合位は側方に偏位しないことが重要であるが, 本研究結果からすると, HP から少なくとも 1/4 R, 1/4 L の範囲内におさめることが必要である。

本研究は咬頭嵌合位に対する筋機能の側方的許容度を明らかにしようとしたものであるが咬合診断, 咬合再構成にとって有効な示唆を与えることができたと考えられる。

V. 結 論

咬頭嵌合したときの下顎の垂直的, 左右的な位置が咀嚼筋(咬筋, 側頭筋前部, 側頭筋後部)の機能に及ぼす影響を明らかにするため, 5 人の被験者にスプリントにより種々の咬合位を付与し, 本来の咬頭嵌合位 IP での最大咬みしめ時の筋活動量の 50%の強さで, これらの咬合位および IP で咬みしめを行わせて筋活動量を記録測定し, 下顎位との関係を検討した結果, 以下のような結論を得た。

1. 咬合位を垂直的に変化させた場合

- 1) 多くの被験者で, 側頭筋後部の活動量が減少した。
- 2) 各筋の左右側の筋活動の均衡性は一定しなかった。

2. 咬合位を左右的に変化させた場合

- 1) 左右同名筋で比較した場合, 側頭筋前部, 後部では偏位側で筋活動が大きくなり, 反対側では小さくなる傾向が認められた。
- 2) 咬筋の活動は被験者により傾向が分かれ, 偏位側で大きくなり, 反対側で小さくなる傾向を示すものと, 明瞭な傾向を示さないものとがあった。
- 3) 側頭筋前部, 後部で左右の筋活動の均衡は, 咬合高径が大きい場合には変化がわずかであったが, 高径が小さい場合には正中付近で大きく変化し, 左右側の筋活動の均衡性は IP 付近において鋭敏であることが示された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、ご懇切なるご指導とご校閲を賜りました藍 稔教授に謹んで感謝の意を表します。また本研究に際し、ご援助、ご協力をいただきました第1歯科補綴学教室の諸先生方ならびに被験者の皆様に心からお礼申し上げます。

本研究の一部は、平成4年10月23日、第88回日本補綴歯科学会学術大会（東京）、1993年5月15日、Society of Oral Physiology 18th Conference（Gentofte, Denmark）において発表した。

文 献

- 1) 藍 稔：顎機能異常—咬合からのアプローチ。東京、1983、医歯薬出版、159-189。
- 2) 森 隆司、小野 稔、服部正巳、川口豊造：咬頭嵌合位の様相と顎口腔系の機能について。下顎運動機能とEMG論文集 1：81-86、1982。
- 3) 森 隆司、甲藤克彦、川口豊造：顎機能に占める咬頭嵌合位の意義。下顎運動機能とEMG論文集 3：189-194、1984。
- 4) Boos, R. H. : Intermaxillary relation established by biting power. J. Amer. Dent. Assoc. 27 : 1192-1199, 1940.
- 5) Willis, F. M. : Features of the face involved in full denture prosthesis. Dent. Cosmos 77 : 851-854, 1935.
- 6) Niswonger, M. E. : The rest position of the mandible and the centric relation. J. Amer. Dent. Assoc. 21 : 1572-1582, 1934.
- 7) Lytle, R.B. : Vertical relation of occlusion by the patient's neuromuscular perception. J. Prosthet. Dent. 14 : 12-21, 1964.
- 8) Schuyler, C. H. : Intra-oral method of establishing maxillomandibular relation. J. Amer. Dent. Assoc. 19 : 1012-1021, 1932.
- 9) Greene, F. A. : Getting central occlusion. Dent. Dig. 33 : 476, 1927.
- 10) Gysi, A. : The problem of articulation. Dent. Cosmos 52 : 1-19, 1910.
- 11) Silverman, M. M. : Centric occlusion and jaw relations and fallacies of current concepts. J. Prosthet. Dent. 7 : 750-769, 1957.
- 12) Posselt, U. : Physiology of occlusion and rehabilitation, 2nd ed. Oxford, 1968, Blackwell scientific publications, 39-53.
- 13) 川口豊造：電気的測定装置による習慣的閉口運動および嚥下運動時の歯牙接触位に関する研究。補綴誌 12 : 398-423, 1965。
- 14) 山下 敦、井上 宏：マンディブラーキネジオグラフィ—その原理と使用法、臨床応用—。DE 41 : 1-15, 1977。
- 15) 会田栄一、小野俊朗、今村基達、石黒裕茂、安立妙子、黒須一夫：下顎運動解析装置 K 6 ダイアグノスティックシステムにおける基礎的検討、第1報 記録精度。愛院大歯誌 26 : 195-202, 1988。
- 16) 吉本真人：下顎の急速開閉反復運動による新規設定咬頭嵌合位への運動制御能に関する実験的研究。歯科学報 84 : 1315-1364, 1984。
- 17) Prium, G. J., TEN Bosch, J. J. and DE Jongh, H. J. : Jaw muscle EMG-activity and static loading of the mandible. J. Biomech. 11 : 389-395, 1978.
- 18) Clarke, N. G., Townsend, G. C. and Carey, S. E. : Bruxing patterns in man during sleep. J. Oral Rehabil. 11 : 123-127, 1984.
- 19) 吉田 実、野首孝祠、守光 隆、長島 正、山本誠、安井 栄、喜多誠一、吉備政仁、奥野善彦：咀嚼筋の左右差に関する臨床的評価。日顎誌 4 : 59-72, 1992。
- 20) Naeije, M., McCarroll, R. S. and Weijs, W. A. : Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. J. Oral Rehabil. 16 : 63-70, 1989.
- 21) Visser, A., McCarroll, R. S. and Naeije, M. : Masticatory muscle activity in different jaw relations during submaximal clenching efforts. J. Dent. Res. 71 : 372-379, 1992.
- 22) Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani Jr, A., D'Addona, A. and Barbini, E. : Electromyographic activity of human masticatory muscles in normal young people. Statistical evaluation of reference values for clinical applications. J. Oral Rehabil. 20 : 271-280, 1993.
- 23) 坂本正朔：補綴学領域における下顎の垂直的ならびに水平的変位に関する筋電図学的研究。九州歯会誌 23 : 544-572, 1969。
- 24) McCarroll, R. S., Naeije, M., Kim, Y. K. and Hansson, T. L. : The immediate effect of splint-induced changes in jaw positioning on the asymmetry of submaximal masticatory muscle activity. J. Oral Rehabil. 16 : 163-170, 1989.
- 25) 古屋元之：咬合力と咀嚼筋の筋放電との関係についての実験的研究、第2報 左右側の条件について。歯科学報 84 : 1367-1422, 1984。
- 26) 佐々木眞澄：新規設定側方咬頭嵌合位に対する下顎咀嚼運動の順応に関する実験的研究。歯科学報 89 : 931-980, 1989。