下顎振動からみた下顎安静位の機能的意義

佐古 好正

The Study on Functional Significance of Mandibular Oscillation at Rest Position

Yoshimasa Sako

緒 言

いわゆる下顎安静位は、恒久的に不変の位置であるとの従来の見解¹⁻³⁾により、主として補綴学的に垂直咬合高径の一決定基準としての価値が論じられてきた。しかしながら最近では、この下顎位は、身体の姿勢反射に関連し、閉口筋および開口筋の最小活動や、筋・軟組織の粘弾性、下顎骨の重量、口腔内気圧などの active force および passive force により均衡して、一定の垂直範囲に保持されており⁴⁾、そのため生体内外の種々の因子⁵⁻¹⁹⁾により、長期的^{5,6,8-10)}および短期的^{11,14,16-18)}に変動するものであると考えられている。さらに顎口腔系^{6,7,9,16)}の形態や、筋神経系の伝達機構²⁰⁾、筋の代謝²¹⁾などの生理的機能を豊富に反映しているとの考えから、下顎安静位は、運動学的基準位としての価値よりも、むしろ機能的意義が注目されはじめ、その変動を安静空隙から観察した報告^{5,8-11,14,16-18,22)}や、筋電図^{12,15,23-28)}による検索などがみられるようになった。

一方、これらの大きい下顎の動揺とは別に、安静時の下顎が微小なレベルで動揺している、いわゆる下顎の振動現象については、坂東 (1970)²⁹⁾、Körber, K.H. (1971)³⁰⁾、その他³¹⁾が認められているが、その成因をはじめ、機能特性、臨床的意義などに関する詳細な検討はいまだ行われていない。

そこで著者は、安静時の下顎振動をとりあげて、すでに正常者についてその存在を確認し、その振動波形には

規則性の高いものと低いものが混在して、一般正常者にも若干の個人差を認めたほか、特に顎機能に異常を認める者において不規則な様相を呈する者があることを示唆した³²⁾。

本研究は、安静時下顎振動の補綴学的ないし診断学的意義をみいだすことを目的として、下顎振動のアナログ波形観察をはじめ、自己相関解析法および自己・相互相関解析法により、まず正常者の安静時下顎振動の機能特性を安静空隙の計測と合わせて検討し、ついで顎機能異常者について正常者との比較や治療前後の比較を行い、下顎安静位ならびに下顎振動の機能的意義を追究したものである。

研究方法

1. 被験者

本研究における被験者は、本学学生で 24~26 歳の成人男子 9 名である。被験者 1~7 は既往歴および現症で、顎口腔系に形態および機能の異常を認めない、いわゆる正常有歯顎者であり、被験者 8 と 9 は、本学付属病院補綴科において、以下の症状を有し顎機能異常と診断されたものである。被験者 8 は、欠損がなく開口時両側顎関節部雑音を有し、疲労時における右側咬筋下部の自発痛および左側偏頭痛を認めた。被験者 9 も欠損がなく、開口障害ならびに両側顎関節部雑音、疲労時の両側咬筋達和感、夜間睡眠中のくいしばりなどの症状を有していた (表 1)。

2. 実験方法

a. 下顎振動および下顎安静位 (安静空隙) の記録装置

本研究に使用した記録装置は、すでに著者らが報告³²⁾

大阪歯科大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻 (指導: 川添堯彬教授)

Osaka Dental University, Graduate School, Major in Prosthetic Dentistry (Director: Prof. Takayoshi Kawazoe)

昭和 60 年 2 月 7 日受付

表 1 被験者およびその臨床症状

Subject	Age	Sex	FWS(mm)	Symptoms
1	24	Male	3.2	None
2	25	Male	1.5	None
3	24	Male	1.8	None
4	24	Male	2.0	None
5	24	Male	2.5	None
6	24	Male	1.0	None
7	24	Male	2.8	None
8	26	Male	0.7	Muscle pain (Right masseter) Occlusal instability Clicking(Both sides) Hemicrania
9	25	Male	0.3	Limited jaw movement (vertical opening) Sense of incongruity (Both side masseters) Clicking(Both sides) Bruxism(Clenching)

したもので、下顎切歯点における運動記録装置としての MKG® およびシグナルコンディショナーと信号モニター用のストレージオシロスコープより構成される。このシステムは、下顎切歯点の 3 次元的な位置の確認と下顎振動、および安静空隙（以下 FWS と呼ぶ）を同時記録することが可能であり、固定源の動揺からみた装置の測定精度は 19.1 db となり、下顎振動測定時のフレーム動揺の影響は除外できるものである³²⁾ (図 1, 2)。下顎振動の記録は下顎切歯点の垂直的運動軌跡とともにいったんデーターレコーダーに収録し、ペン書きオシログラフ上に描記した。

b. Myo-monitor® による pulsing

術前の安静時下顎振動が不規則な波形を示す顎機能異常者に対し、筋の relaxation をはかる目的で Myo-monitor を用いた。threshold level の設定は、被験者 8 では amplitude control の目盛りが 4 となり、被験者 9 では 3.5 となった。レベル設定後 5~6 分で左右の筋に収縮差のないように balance control を行い、10~15 分間の warm up の後、刺激電圧の level up (1~2 目盛) を行い歯牙接触を遮断した状態で 40 分間 pulsing を行った。

c. occlusal splint の製作と調整

被験者 8 に対して用いた occlusal splint は、上顎全歯列被覆型の stabilization splint で、製作は被験者の習慣性咬合位で咬合器に模型を装着し、咬合面に穿孔部が生じない程度の最小厚みを確保する咬合挙上量でパラフィンワックスのパターンを調整後、透明レジンで重合完

図 1 下顎振動および安静空隙の測定状況

図 2 測定装置の構成図

成した。付与した咬合様式は tapping における両側臼歯同時接触、中心接触点周囲の自由域付与、被験者固有のガイドに近似した側方および前方ガイドを基準とし、口腔内装着時にも調整した。splint の装着期間は 3 週間とし、その間食事および清掃時以外の全日に装着させた。

d. 測定項目

測定は被験者を歯科用診療椅子に座らせ、上体は upright で被験者のフランクフルト平面が可及的に、床面に水平になるように、ヘッドレストを調節し安静状態をとらせて行った。FWS の計測は、下顎切歯点の運動軌跡が一定時間安定している時点での中心咬合位との垂直距離を記録紙上で計測し、代表値とした。

1) 正常者について (被験者 1~7)

i) 安静時下顎振動と FWS の日内記録

同一日において午前 9 時、11 時、午後 1 時、3 時および 5 時での 5 回の記録を採った。

ii) 安静時下顎振動と FWS の経日記録

連続した 5 日間の午後 3 時における記録を採った。

iii) 歯牙接触刺激の影響

各被験者に 3 分間歯牙接触させないように指示し、任意の安静位をとらせ、その状態から歯牙接触なしに下顎安静位をとらせた場合、30 秒間中心咬合位での軽い歯牙

図3 下顎振動解析システム

図4 下顎振動解析システムの構成図

接触を行わせた後に下顎安静位をとるように命じた場合、および1分30秒間の歯牙クレンチングを行わせた後に下顎安静位をとるように命じた場合の3条件について、それぞれ安静動作開始前、開始30秒後、90秒後における安静時下顎振動とFWSを記録した。

iv) 垂直的下顎移動時の記録

下顎を垂直的に0mm(中心咬合位)から順に1, 2, 3, 4, 5および10mmと段階的に開口保持させ、さらに被験者毎の下顎安静位も含め、合計8垂直顎位での記録を採取した。なお、下顎位の保持の確認はMKGのブラウン管上で行った。

v) 水平的下顎移動時の記録

下顎安静位から前後左右方向へ下顎を移動させ、それぞれの顎位での下顎振動を各方向への移動量とともに記録した。

2) 顎機能異常者について

被験者8および9についてMyo-monitorによるpulsingの前後で、下顎振動をFWSとともに記録した。また一定期間を離して被験者8にocclusal splintを装着し、装着前および3週後で同様の記録を採取した。

3. 信号の解析

本研究における解析システムの概要を図3および図4

に示した。解析はいったんTEAC社製データレコーダー(R-81)により収録し、off lineで行った。すなわち、データレコーダーにより再生されたアナログ信号は、必要な有限区間について、HP社製FFTアナライザー(3582A)、およびマイクロコンピュータ(HP-85)によりデジタル化され、フロッピーディスク内に記憶されるが、今回解析対象を0.7~10Hzとしたので、標準化定理より0.05secでデジタル化し連続した512個の離散値列とした。そしてマイクロコンピュータにより、それぞれの離散値列をFFTのアルゴリズムによりパワースペクトル密度を求め、さらに逆フーリエ変換し、自己相関関数を求め、同社製プロッター上に自己相関図としてplot outし分析に用いた。

また、ふたつ以上の信号の相関性の比較には、個々の信号の自己相関関数の最大値の積と相互相関関数の最大値の2乗の比 $((\text{Max}(R_{xy})^2 / \text{Max}(R_{xx}) \cdot \text{Max}(R_{yy}))$:以下S値と呼ぶ。)を用いた。

研究成績

1. 術前の安静時下顎振動の観察

全被験者の実験開始時ないし術前の安静時下顎振動波形を図5に示した。それぞれの波形の最大振幅値は、正常者では被験者3の約100 μm から被験者1の約300 μm の範囲で被験者間にバラツキを認めた。また、顎機能異常者では最大振幅値が約500 μm と著明に大きい被験者9と約300 μm 程度の被験者8が存在した。

振動様相については、正常者で、0.3~0.4Hzのやや大きい波形と1Hz程度の振動が著明であり、さらに高い周波数の細かい振動波形が重なり合った重畳波が多くみられた。被験者2, 4, 5および7では特に約0.3Hzの波形が著明であるが、被験者1~7を通じて1Hz程度の振動がすべてに認められた。全体として正常者の波形は規則的な様相を呈していた。ここで1Hz程度の振動に限ってみれば、正常者の中にも規則性に差があるようになりかがわれた。

また被験者8と9の顎機能異常者では、0.3~0.4Hzの波形が著明なものと不明なもの観察され、1Hz程度の振動も両者に認められたが、いずれの波形成分も正常者と比較して不規則な様相を呈していた。

一方、表1に示した各被験者術前のFWSの計測値をみると、正常者では最大3.2mm~最小1.0mmの範囲に存在したが、被験者8と9ではそれぞれ0.7mm, 0.3

図 5 各被験者における術前安静時下顎振動の記録

mm と小さい値を有していた。

2. 正常者における安静時下顎振動ならびに FWS の観察

a. 日内変動

図 6 に被験者 1 の同一日で 5 回記録した安静時下顎振動波形を示したが、このアナログ波形の視察では、各時間帯とも波形の最大振幅および規則性に顕著な違いが認められない。さらに同記録の自己相関図を示した図 7 から、いずれも著しい減衰傾向がなく、1 Hz 程度の振動について強い時間的規則性が認められる。これとほぼ同様の傾向が他の被験者においても認められた。

一方、同一日における FWS の変動は、表 2 のようにすべての被験者にみられ、一日の変動幅は 0.7 mm (被験者 3)~1.5 mm (被験者 5) の範囲であった。同一個人での時間帯による変動については、午前 9 時に比べて午後の計測値がやや大きく現われている者が多いほかは、一定傾向が認められなかった。

b. 経日変動

被験者 1 の連続した 5 日間の安静時下顎振動波形を図 8 に示した。この 5 波形間では最大振幅および規則性に大きな差違が認められない。また図 9 の自己相関図においても、著明な減衰を示すものがなく、いずれも強い規則性を有していた。他の被験者においても同様の傾向が

図 6 同一日における安静時下顎振動の記録例 (被験者 1)

みられた。

一方、正常者 7 名の連続 5 日間の FWS の計測値を表 3 に示した。すべての被験者に 0.3 mm (被験者 2)~1.5 mm (被験者 1) の範囲の経日変動がみられるが、同一個人での一定変動傾向は認められなかった。

表 2 同一日における FWS の計測値

Subject	a.m.		p.m.			a - b
	9:00	11:00	1:00	3:00	5:00	
1	2.8	2.5	3.8	3.8	2.8	1.3
2	1.5	2.0	1.2	2.5	1.5	1.3
3	1.5	2.0	2.2	1.8	1.9	0.7
4	1.8	1.3	2.0	2.0	2.5	1.2
5	1.8	2.0	1.0	2.0	2.5	1.5
6	1.2	1.0	1.0	2.3	1.8	1.1
7	3.8	3.2	3.5	2.8	3.5	1.0

a: max. value b: min. value (mm)

表 3 連続 5 日間における FWS の計測値

Subject	1st	2nd	3rd	4th	5th	a - b
1	3.5	2.8	2.0	2.5	2.8	1.5
2	1.5	1.5	1.6	1.8	1.5	0.3
3	2.0	2.2	1.9	1.2	1.9	1.0
4	2.8	2.0	1.8	2.0	2.5	1.0
5	2.2	2.3	1.2	2.5	2.0	1.3
6	2.8	2.0	1.8	2.0	2.5	1.0
7	3.5	2.5	3.3	3.2	2.8	1.0

a: max. value b: min. value (mm)

図 7 同被験者安静時下顎振動の日内記録の自己相関図

c. 歯牙接触刺激の影響

図 10 は被験者 1 における歯牙接触刺激付与前後での安静時下顎振動アナログ波形および FWS の変化を示し、図 11 は同じ配置で各下顎振動波形の自己相関図を示したものである。

図 8 安静時下顎振動の経日記録例 (被験者 1)

図 9 同被験者安静時下顎振動経日記録の自己相関図

図 10 より、全く歯牙接触を行わなかった場合には、安静動作開始前後の下顎振動波形にほとんど変化は認められず、規則的な振動様相が持続して観察された。また FWS の値にもほとんど変動がみられなかった。さらに図 11 の歯牙接触のない状態での自己相関図をみても、下顎振動に高い規則性が続いていることがわかる。

つぎに、中心咬合位での 30 秒間の軽い歯牙接触を行

図 10 歯牙接触前後における安静時下顎振動の記録例 (被験者 1)

図 11 同被験者の歯牙接触前後における安静時下顎振動の自己相関図

わせた場合は、下顎安静位を命じてから 30 秒後の下顎振動波形は不規則になっているが、90 秒後では再び歯牙接触前と同程度の規則性に回復した (図 10 中段)。この傾向は同波形の自己相関図でさらに明確に観察された (図 11 中段)。この間 FWS の値は歯牙接触前の 2.5 mm から安静動作 30 秒で 2.2 mm と減少し、90 秒で 2.5 mm に回復した (図 10)。他の被験者において、これと類似して 30 秒後あるいは 90 秒後で下顎振動波形および FWS に軽い歯牙接触による変化があらわれた者は被験者 3, 4, 5, 7 であり、したがって合計 7 名中 5 名が同傾向であった。

つぎに、1 分 30 秒間の歯牙クレンチングを行わせた場合では、安静動作開始後 30 秒で、下顎振動波形は著しく乱れて不規則な波形を示し、90 秒では回復あるいはやや回復しかける者 (被験者 2, 3, 6, 7) が多いものの、回

復しない者 (被験者 1, 4, 5) もあった (図 10, 11)。

一方、この間の FWS の変動は、被験者 1 の場合歯牙クレンチング前の 2.3 mm から安静動作開始後 30 秒で 1.8 mm にいったん減少したが、90 秒では逆に 2.8 mm と歯牙クレンチング前の値を越えて増加し、同様の傾向は被験者 5, 6, 7 にもみられた。他の被験者 2, 3, 4 は歯牙クレンチング前の値を越えない範囲で回復した (表 4)。

図 12 は全被験者についての安静時下顎振動波形にあらわれる歯牙接触の影響を、ふたつの信号の自己相関関数と相互相関関数より求めた S 値であらわしたものである。各値は、歯牙接触前に対するそれぞれ安静動作開始後 30 秒、90 秒における安静時下顎振動の S 値をプロットしており、S 値が 0.5 付近で高いほど相関性が高いとの見方ができるが、これにより下顎振動波形の時間的規

図 12 各被験者の歯牙接触前後における安静時下顎振動波形の相関性 (S 値)

則性の変化傾向がよりいっそう明瞭に比較観察される。

d. 垂直的下顎移動に伴う変動

図 13 に被験者 1 の中心咬合位から下顎安静位を含む 10 mm 開口位までの 8 段階の垂直顎位での下顎振動ア

ナログ波形を示し、図 14 はその自己相関図であり、さらに図 15 には各被験者の安静時下顎振動に対する各垂直顎位の下顎振動から得られた S 値をプロットしたものである。

図 13 において、中心咬合位での波形がほとんど振動現象を示さず、明らかにフラットな軌跡を呈し、1, 2, 3 mm と開口するにしたがい、明瞭な下顎振動波形が出現

図 13 垂直的下顎移動に伴う下顎振動の記録例 (被験者 1)

表 4 歯牙接触前後における FWS の計測値

Subject		before	after	
			30 sec	90 sec
1	a	2.5	2.4	2.5
	b	2.5	2.2	2.5
	c	2.3	1.8	2.8
2	a	2.2	2.2	2.5
	b	2.0	1.8	2.5
	c	2.2	1.2	2.0
3	a	2.0	2.1	2.1
	b	2.2	2.0	2.3
	c	2.0	1.5	1.8
4	a	2.2	2.2	2.2
	b	2.0	2.0	2.2
	c	2.2	1.0	1.8
5	a	2.8	3.0	2.8
	b	2.5	2.0	2.3
	c	2.3	1.8	2.8
6	a	1.5	1.6	1.6
	b	1.5	1.0	1.3
	c	1.8	1.5	2.0
7	a	2.0	2.5	3.0
	b	2.5	2.5	3.2
	c	2.2	2.0	3.5

a: no tooth contact
b: light occluding at centric
c: 1.5 min. tooth clenching

(mm)

図 14 同被験者の垂直的下顎移動に伴う下顎振動波形の自己相関図

図 15 各被験者の安静時下顎振動に対する 6 垂直顎位下顎振動波形の相関性 (S 値)

してくるが、この範囲の開口位ではアナログ波形においてもかなり不規則な振動波形が観察される。ところが、被験者が下顎安静位に到達したところでは著明に規則的な振動波形に一変する。そしてさらに 4, 5, 10 mm と開口距離を増加していくと、わずかに不規則な波形となっていくが、著明には規則性が低下しない。すなわち、下顎安静位あるいはわずかに大きい開口位での下顎振動が

最も時間的規則性の高い波形を示し、それより小さい開口位では大きい開口位より不規則であった。

これらの傾向は、図 14 の自己相関図および図 15 の S 値のグラフにおいていっそう明確になり、他の被験者も同様に観察される。

e. 水平的下顎移動に伴う変動

被験者 1 の下顎安静位から前後、左右の 4 方向へ下顎

図 16 水平的下顎移動に伴う下顎振動の記録例 (被験者 1)

図 17 同被験者の水平的下顎移動に伴う下顎振動波形の自己相関図

を移動させた場合の下顎振動について、アナログ波形および移動量を図 16 に、各波形の自己相関図を図 17 に示した。また各被験者の下顎安静位に対する 4 水平偏心顎位の下顎振動信号の S 値を図 18 に示した。

まずアナログ信号波形において、規則的な下顎安静位の振動波形と比較して、前方位、後方位、右側方位、左側方位それぞれの下顎振動はすべての不規則な波形が観察され、他のすべての被験者も同様の傾向であった。しかしこれらの波形からは 4 水平顎位間の時間的規則性の差については判然としない (図 16)。また同被験者の自己相関図で観察すると、減衰のみられない下顎安静位に比べて 4 水平顎位すべての下顎振動の自己相関図には強い減衰がみられ、時間的規則性の低いことが明確となっている (図 17)。

さらに各被験者の安静時下顎振動に対する各 4 水平偏

心顎位の下顎振動の S 値でみると、被験者 6 の左側方位の S 値が特に高いほかは 4 水平顎位とも著しく低い値の者が多くなっている。また 4 顎位間の差については被験者 1, 4, 6, 7 のように前後的偏心顎位より左右的偏心顎位のほうが下顎振動の時間的規則性がやや高い者と、逆に被験者 2, 3, 5 のように前後的偏心顎位のほうがやや時間的規則性の高い者があらわれたが、移動距離との関連は明らかでなかった。

3. 顎機能異常者における安静時下顎振動ならびに FWS の観察

a. Myo-monitor の pulsing による影響

被験者 9 の pulsing の前後の安静時下顎振動および FWS の値を図 19 に示した。pulsing の直前の波形は、図 5 に示した術前のものと同様に不規則な様相を呈して

図 18 各被験者の安静時下顎振動に対する 4 水平顎位下顎振動波形の相関性 (S 値)

いる。ところが pulsing の直後では、直前に比べて振動の時間的規則性がやや明瞭となった。この両波形を自己相関図でみると pulsing の直前は強い減衰がみられて不規則であったものが、pulsing の直後では明らかに減衰のない時間的規則性の高い振動に変化している (図 20)。

また FWS の値の変化も pulsing の直前に 0.2 mm と

小さかったものが、直後には 1.0 mm と著明に増加している。これらと同傾向が被験者 8 についても認められた。

b. occlusal splint 装着による影響

図 21 に被験者 8 の occlusal splint の装着前後における安静時下顎振動のアナログ波形および FWS の値を示

した。splint の装着前の下顎振動は著しく不規則な波形であったものが、splint の装着 3 週間後には装着状態および除去状態ともかなり規則性の向上がみられた。さ

図 19 Myo-monitor による pulsing 前後での安静時下顎振動および FWS の記録例 (被験者 9)

before

after

Time : .05 sec

図 20 同被験者の pulsing 前後の安静時下顎振動波形の自己相関図

図 21 occlusal splint 装着前後での安静時下顎振動および FWS の記録例 (被験者 8)

図 22 同被験者の occlusal splint 装着前後の安静時下顎振動波形の自己相関図

らに、同波形を自己相関図で観察すると、splint の装着前後において振動波形の時間的規則性に差のあることが明確になっている。また、装着3週間後の装着状態と除去状態との下顎振動の時間的規則性には顕著な差は認められなかった(図22)。

一方、FWS の値は、splint の装着前には 0.7 mm と小さかったが、3週間後の装着状態で 1.0 mm、除去状態で 2.0 mm にそれぞれ増加した(図21)。

なお本被験者の症状経過については、splint の装着期間中に筋の自発痛や偏頭痛がほとんど消失した。

考 察

1. 研究方法

1) 下顎振動および安静空隙の測定法について

下顎安静位の検索に用いる下顎位測定装置には、比較的狭い垂直範囲を測定対象とするものの、顎位調整が障害されるような侵襲を生じないこと、また頭部や身体固定なども影響するため固定を行わずに生理的に自然な状態で測定できること、さらに操作が簡単で被験者に苦痛を与えないで、しかも必要な精度の得られるものが要求される³⁴⁾。

そのため本研究では、これらの要件をほぼ充足し、多くの利点³⁴⁻³⁷⁾を有する切歯点計測法であり、装置自体が標準化されてすでに十分な検討³⁸⁻⁴¹⁾が加えられている MKG を用いた。

sensor array と magnet の固定は指示⁴²⁾どおりに慎重に行い、経時観察の必要な被験者には、位置決めを規定して再現性のあるように保った。MKG 特有の歪曲誤差に対して本研究では、下顎安静位を中心とする 10 mm 以内の垂直範囲を計測対象としており、本解析目的からも特に問題にならない^{36,38)}と考えて、歪曲補正は行わなかった。また MKG では、sensor array の固定源をメガネフレームを介して頭部に求めるため、この間の結合状態や頭部の動揺が懸念されるが、本装置の固定源動揺と下顎振動との出力差が 19.1 dB³²⁾であり、本研究の目的からはほとんど支障にならないと思われる。

被験者に十分自然で生理的な下顎安静位をとらせるにあたり細心の配慮が必要であることから、測定時の外囲環境の整備をはじめ、肉体的、精神的にも苦痛のない状態を与えるように努めた。術者が被験者に安静状態をとるように指示したのち MKG の掃引記録でモニターしながら、下顎が安定して一定時間静止した時を下顎安静位として観察した。

2) 振動信号の解析法について

生体信号には不規則な成分を含んだランダムデータが多く、下顎振動においてもその中から規則性をみいだす必要があるが、アナログ波形の観察では十分客観的に判別できない。相関技術はそれらのランダムデータからの客観的な情報抽出に適している⁴³⁾とされ、自己相関図を求めることにより、規則性の把握が可能⁴⁴⁾と考えられている。つまり、相関函数により時間的経過に関する平均的な情報が得られるため、自己相関図をみればリズムの連続する状態が安定的に識別できる⁴³⁾ことになる。

そこで本研究は、ランダムな振動信号につき、まずアナログ波形を求めて視察を行い、つづいて主に約 1 Hz 帯域の信号成分の規則性をみるべく自己相関図を求め、その波形の減衰傾向を観察した。しかし単に個々の自己相関図の形状比較ではまだ客観性が十分でないため、ついで、さらに壽原ら(1975)³³⁾の報告による自己・相互相関解析法を応用した。この方法では、ふたつの信号の相関性を比較するにあたり、各信号の自己相関函数の最大値の積と相互相関函数の最大値の2乗の比(S値)を求めるものであり、S値が1に近いほどふたつの信号の相関度が高いことになる。

これらの解析法により、種々の条件下における下顎振動信号の規則性を客観的に相対比較することが可能となった。

2. 下顎振動について

安静時の下顎は、一定の短い時間かなり安定して静止しているが、咬合接触、嚥下、開口、発音などの生理動作⁴⁵⁾や他の種々の刺激因子、個人差により変動が生じやすい。

またこれらの大きい動揺のほかに、常時、微小な振幅の動きがみられ、下顎の振動(現象)として坂東(1970)²⁹⁾、Körber, K.H. (1971)³⁰⁾、Vries, J.H., et al. (1983)³¹⁾などが報告している。その典型的な波形の振幅は、約 300 μm (坂東) から 9.4 μm (Vries, J.H., et al.) まであり、振動の頻度は 1 Hz 付近 (Vries, J.H., et al., 坂東)、あるいは 5~12 Hz (Körber, K.H.) とみられており、いずれも研究者により一定していない。これらの値の相違が、計測法の違いによるものか、同一個人の変動幅、あるいは性質の異なる数種の振動波の重量によるものかについては明らかでない。

また、その成因についても見解が分かれ、筋の放電頻度と同期したもの³⁰⁾、または筋神経系のフィードバックループの関与⁴⁷⁾、あるいは心臓の動き³¹⁾や呼吸運動^{47,48)}

など身体の周期現象と同期したもの、さらに精神緊張により差がみられたことから中枢神経系の影響と考えているもの²⁹⁾などが考察されているが、まだ十分な確証が得られていない。

本研究での術前時アナログ波形(図5)の観察からは、全被験者に1 Hz程度の振動波形が共通してみられたほか、0.3~0.4 Hzの波形も被験者の多くに観察され、さらに計測装置の分解能が十分でないものの1 Hzより高い周波数^{29-31, 45-48)}の振動波の存在も多くうかがえた。これらの所見と研究者の報告を総合すると、この種の振動波形には、呼吸運動と同期的な0.3~0.4 Hz程度のものと、心拍動と同期した1 Hz程度のもの、さらに筋放電頻度と同期的な5~12 Hzのいわゆる固有振動が含まれ、それらが同時あるいは間歇的に重畳した振動波形を呈している可能性が高い。今後これらについて、高い周波数をもとらえ得る高精度の計測装置の開発や各身体周期現象との同時記録などにより分離検討を要する。

本研究では、これらの数種の波形が重畳した振動信号を解析するにあたり、計測装置の応答特性および本相関解析法のもつ性質から特に1 Hz付近の信号を中心に分析し、その規則性や相関度について検討を加えた。

3. 正常者における安静時下顎振動の特性

1) 日内および経日変動について

正常者において安静時下顎振動の振幅および振動頻度にはバラツキがあり、本研究結果では振幅約100~300 μm で、約0.3~1 Hz付近のもの、さらにそれ以上の高い周波数のものまで存在し、他の報告^{29, 30)}と同様に個人差の著しいことがわかった。

一方、同一個人内における変動については筋活動の増大に伴って振動も増加すること^{29, 31)}が知られているが、安静時のみの場合の経時変動については報告がみられない。

本研究での解析結果では、同一個人の1日における5回の経時記録間で、アナログ波形および自己相関図からは差違が認められず、また連続5日間同時刻での振動記録にも著明な規則性の差があらわれなかった。他方、安静空隙の日内変動は0.7~1.5 mm 経日変動は0.3~1.5 mmの最大値と最小値での差がみられ、他の報告⁴⁵⁾と大差なかった。これらの結果から、下顎安静位の機能特性をみるには、安静空隙の計測による大きい変動観察よりも、再現性のある下顎振動の本解析法のほうが、臨床応用の面でむしろ有効ではないかと考えられる。

2) 歯牙接触刺激の影響について

下顎が安静で一定顎位に保たれている状態から咬頭嵌合位をとらせ、再度下顎安静位をとらせた場合の下顎位は、直後にいったん下降、増大してからもとの位置に近づく⁴⁹⁾が、同一の位置をとるとは限らず、もとの下顎位より上か下の位置で再び安定して保たれる²⁹⁾。この傾向は嚥下動作や瞬時の咬合接触においても同様に生ずると考えられる⁴⁵⁾。

本研究結果において、安静空隙は、軽い歯牙接触の30秒後で、もとの値より小さくなっておりまだ影響が残るが、90秒後ではほぼもとの安静空隙に回復する者が多かった。また歯牙クレンチング後では、30秒後と同様の影響が90秒後でも残り、もとの安静空隙量より小さい値になる者と大きい値になる者とがあった。一方、下顎振動においても同傾向で、アナログ波形および自己相関図に時間的規則性の低下となって影響があらわれ、特に自己相関図で明確であった。これらの歯牙接触の影響には、歯周組織の圧および触覚受容器⁴⁹⁻⁵²⁾からの信号と筋紡錘の働き²⁹⁾が関与しているものと推察される。また歯牙クレンチングの影響が軽い歯牙接触の場合より長く持続し、様相も異なっていたことは、疲労による筋活動への影響⁵³⁾も一部関与していることが考えられる。

いずれにせよ軽い歯牙接触の影響を鋭敏に検出でき、クレンチングとの影響の違いについても比較しうる下顎振動の本解析法は診断的価値が高いものと思われる。

3) 下顎の垂直移動と下顎振動の変化

安静位で下顎は一定の垂直範囲に保持されるが、その時の筋活動は、閉口筋と開口筋両活動の動的平衡状態を保っている⁵⁴⁾。したがってこの状態から下顎位の移動を生ずると両筋群の活動が絶えず変動する。特に発音や嚥下などのphasicな運動直後にはやや著明な咬筋と顎二腹筋の活動がみられ⁴⁵⁾、また被験者に自身の下顎位をvisual feedbackしてやり種々の下顎位を一定に保つよう努めさせると側頭筋活動が増加する²⁹⁾ことなどからも、下顎位(開口量)と筋活動との密接な関連が考えられている。

一方、下顎振動と筋活動との関係についても、坂東(1970)²⁹⁾が下顎位を一定に保たせた場合、側頭筋活動の増大とともに、振動が増加することを認めており、Vries, J.H., et al. (1983)³¹⁾も安静位より小さい開口位を意識して保たせた場合、筋活動の増加につれ下顎振動の振幅の増大や周波数成分の変化が生じたことを報告している。

本研究において、被験者自身の安静位の上下で合計7

段階の各垂直顎位を意識的に保持させた場合の下顎振動を分析したところ、下顎安静位ないしそれよりわずかに大きい開口位での振動が最も規則的にあらわれ、それより小さい開口位のほうが大きい開口位より不規則であった。今回筋電図的観察は行わなかったが、これらの結果は上述の報告^{29,31)}と符合しており、筋活動と振動の強い関連を示唆している。

また、Yemm, R., et al. (1969)²⁷⁾ は開口位から咬合位までゆっくり閉口させた場合の筋電図的所見として、開口位から下顎安静位までの間には、閉口筋（咬筋、側頭筋、内側翼突筋）、特に側頭筋の活動が消えて閉口筋（顎二腹筋前腹）の活動が残るという様相を呈し、下顎安静位から咬合位までの閉口過程では、逆に閉口筋活動が消失して閉口筋の活動が変動してあらわれることが多いことを認めている。これも今回の大きい開口位の振動のほうが規則性が高く、小さい開口位では規則性が低いという結果と合致しており、やはり下顎振動と筋活動は強く関連していることが推察される。

4) 下顎の水平移動と下顎振動の変化

下顎の水平的移動と筋活動との関係は、中心の下顎安静位では垂直的水平的ともに両側咀嚼筋の動的平衡状態が保たれているが、前方移動時において咬筋^{55,56)}が、後方移動時では側頭筋後腹と顎二腹筋⁵⁶⁾が、側方移動時には移動側の側頭筋後腹⁵⁵⁻⁵⁷⁾と反対側の外側翼突筋⁵⁸⁾がそれぞれ優勢に活動することが知られている。これらの水平的偏心顎位では、いずれも動的平衡状態により保持されていても、中心の下顎安静位でのそれに比べて、両側咀嚼筋のいずれかに著明な筋活動が発現しており、それらが下顎位や下顎振動にも影響を及ぼすことが考えられる。

本研究結果では、規則的な下顎安静位での振動波形に対して、各水平偏心顎位とも著しく不規則な振動様相を呈することが今回の3解析法を通して認められた。ただ、詳細な水平移動距離との関係や、4水平偏心顎位間の相違については筋電図的検討を含めて今後の問題として残される。

しかしながら今回の結果からも、下顎運動や筋活動と強く関連している下顎安静位および下顎振動の機能特性の一面が十分うかがえる。

4. 顎機能異常者の治療前後における安静時下顎振動および安静空隙の変化

顎機能異常者ないし顎関節症患者に対し、治療後の安静空隙が変化することについては Jankelson, B. (1975)

³⁵⁾, George, J.P., et al. (1979)⁵⁹⁾, Potgieter, P.J., et al. (1983)²²⁾らが強調し、久保 (1982)⁶⁰⁾が splint therapy により増加することを認めており、咀嚼筋の過緊張の緩解や筋線維の長さの変化、疼痛の消退などの関連が考えられている。

そこで本研究では、安静空隙が小さく安静時下顎振動が不規則な徴候を有する顎機能異常者に対し、Myo-monitor による筋の relaxation^{42,59)}と splint therapy⁶¹⁻⁶³⁾の単独療法を行うことにより、安静時下顎振動と安静空隙がいかに変化するかを調べた。その結果、Myo-monitor の使用では40分間の pulsing の直後に、著しい安静空隙の増加とともに安静時下顎振動の時間的規則性が向上し、特に自己相関解析法で明確に確認できた(図20)。また splint therapy を行った場合にも、3週間後に臨床症状の緩解とともに明らかに安静空隙の増加と振動波形の時間的規則性の改善が認められた。

今後さらに多数の症例について、長期にわたる経時的観察や顎機能異常の種々の病型、症状との関連など詳細な検討を必要とするが、今回の結果では、おそらく筋の過緊張に由来した本疾患の治療後において、安静時の下顎位と振動に筋機能を反映した変化が生じたものと受けとられ、これらの指標は顎口腔系機能の診断上重要であると考えられる。

結 論

安静時の下顎の微小な振動に着目し、その補綴学的ないし診断学的意義をみいだす目的で、種々の条件下における正常者7名の下顎振動記録について、アナログ波形の観察をはじめ、自己相関および自己・相互相関解析法により、安静空隙の計測とともにその特性を検討し、加えて顎機能異常者2名について治療前後の比較を行い、以下の知見を得た。

1. 安静時下顎振動波形は、正常者、異常者ともその平均的な振幅の大きさにかかなりの個人差がみられた。振動様相は、数種の振動頻度の波形が混じり合った重畳波を呈し、顎機能異常者と比較して正常者の規則性が高かった。

2. 同一被験者の日内および経日記録間において、安静空隙はそれぞれ変動したが下顎振動のアナログ波形および自己相関図の観察では差は認められなかった。

3. 軽い歯牙接触ならびに歯牙クレンチング後の下顎安静位は、正常者全被験者で30秒後まではともに影響を受け、安静空隙の減少と下顎振動の不規則化が著明に

認められた。これらの影響の程度は歯牙クレンチングの場合のほうが強くあらわれ、より長く持続した。

4. 下顎の垂直移動に伴う下顎振動の変化は、被験者自身の下顎安静位ないしわずかに大きい開口位で最も振動が明瞭になり、規則性も高くあらわれ、また小さい開口位より大きい開口位のほうが規則性が高かった。

5. 下顎水平移動に伴う下顎振動の変化は、下顎安静位で振動が最も規則性が高く、前後左右の水平偏心顎位ではいずれも規則性が低かった。

6. 安静空隙の縮小および安静時下顎振動の不規則な術前徴候をもつ顎機能異常者に対し、Myo-monitor による pulsing, および splint therapy の単独療法を行ったところ、両療法とも症状の改善、および安静空隙の増加とともに、安静時下顎振動の規則化が認められた。

7. 下顎振動波形の規則性の差は、自己相関図の比較、および 2 つの波形の相関性を比較する解析法によりいっそう明確になった。

稿を終るにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました川添堯彬教授に深甚なる感謝の意を表します。

また、本研究に対し暖かいご助言を頂きました小森富夫本学名誉教授、松本歯科大学甘利光治教授、通産省工業技術院川端信男氏に厚く感謝致します。

さらに、種々ご協力下さった田中昌博助手をはじめ教室員各位に深く感謝します。

本論文の要旨は、第 318 回大阪歯科学会例会 (1983 年 9 月 17 日、大阪) および第 70 回日本補綴歯科学会学術大会 (1983 年 10 月 15 日、千葉) において発表した。

Summary

This study is based on the notion that the mandibular oscillation, which is part of mandibular fluctuation at the lower incisal point, reflects the functional condition of the stomatognathic system. The purpose of this study was to investigate the significance of the mandibular oscillation in functional diagnosis of the stomatognathic system.

The subjects of this study were 7 males with a normal tooth alignment and normal occlusion and 2 males with some clinical dysfunctional symptoms in stomatognathic system. The equipment of this study, applying a MKG, is able to record a mandibular oscillation and interocclusal distance. Recordings were made on 7 normal subjects 5 times within one day, at the same time on every 5 days period, before and after tooth contact,

with voluntary changing vertical and lateral jaw positions, and on 2 subjects with stomatognathic dysfunction before and after Myo-monitor pulsing and insertion of occlusal splint. The analogue data obtained during these recordings were observed visually, and in addition correlation analysis was performed on them, then the following results were obtained.

1. Variation was found, in all 9 subjects, of each mean amplitude of mandibular oscillation at rest. Those mandibular oscillations were made up of several frequencies of oscillation, therefore, mandibular oscillations in 7 normal subjects were more periodic than those in 2 subjects with stomatognathic dysfunction.

2. Intraindividual variations of mandibular oscillations at rest both within one day and over a period of 5 days were found to be small compared to those of free way space.

3. Mandibular oscillations at rest after tooth contact would become aperiodic for a while and then became periodic again.

4. Mandibular oscillations became aperiodic with changing vertical and lateral jaw positions.

5. Mandibular oscillations at rest after Myo-monitor pulsing became more periodic than before pulsing, and the free way space also increased.

6. After insertion of an occlusal splint, mandibular oscillations became periodic, and the free way space also increased.

7. The difference of the periodicities of mandibular oscillations could be significant with better objectivity if correlation analysis of the signals is employed in this study.

文 献

- 1) Niswonger, M.E. : Rest position of the mandible and the centric relation, J. Amer. Dent. Ass., 21 : 1572~1582, 1934.
- 2) Thompson, J.R. : The rest position of the mandible and its significance to dental science, J. Amer. Dent. Ass., 33 : 151~180, 1946.
- 3) Silverman, S.I. : Physiology of occlusion, Dent. Clin. of North America, 3 : 3~17, 1962.
- 4) Brill, N., et al. : Frontiers of Oral Physiology, 1 : 199~237, Karger, Basel, 1974.
- 5) Olsen, E.S. : A radiographic study of variations in the physiological rest position of the mandible in seventy edentulous individuals, J. Dent. Res., 30 :

- 517, 1951.
- 6) Ricketts, R.M. : A study of the changes in temporomandibular relations associated with the treatments of class II malocclusion (Angle), *Amer. J. Orthodont.*, 38 : 918~933, 1952.
- 7) Moyers, R.E. : Some physiologic considerations of centric and other jaw relations, *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 183~194, 1956.
- 8) Atwood, D.A. : A cephalometric study of the clinical rest position of the mandible, part I : the variability of the clinical rest position following the removal of occlusal contacts, *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 504~509, 1956.
- 9) Atwood, D.A. : A cephalometric study of the clinical rest position of the mandible, part II : the variability in the rate of bone loss following the removal of occlusal contacts, *J. Prosthet. Dent.*, 8 : 544~552, 1957.
- 10) Atwood, D.A. : A cephalometric study of the clinical rest position of the mandible, part III clinical factors related to variability of the clinical rest position following the removal of occlusal contacts, *J. Prosthet. Dent.*, 8 : 698~708, 1958.
- 11) Duncan, E.T., et al. : Evaluation of rest position as a guide in prosthetic treatment, *J. Prosthet. Dent.*, 10 : 643~650, 1960.
- 12) Ramfjord, S.P. : Bruxism, a clinical and electromyographic study, *J. Amer. Dent. Ass.*, 62 : 21~44, 1961.
- 13) Brennan, H.S., et al. : Postural effects on occlusion, *Dent. Prog.*, 4 : 43~47, 1963.
- 14) Swerdlow, H. : Roentgencephalometric study of vertical dimension changes in immediate denture patients. *J. Prosthet. Dent.*, 14 : 635~650, 1964.
- 15) Preiskel, H.W. : Some observations on the postural position of the mandible, *J. Prosthet. Dent.* 15 : 625~633, 1965.
- 16) Nairn, R.I., et al. : Changes in mandibular position following removal of the remaining teeth and insertion of immediate complete dentures, *Brit. Dent. J.*, 122 : 303~306, 1967.
- 17) Ismail, Y.H., et al. : Cephalometric study of the changes occurring in the face height following prosthetic treatment. part I gradual reduction of both occlusal and rest face heights, *J. Prosthet. Dent.*, 19 : 321~330, 1968.
- 18) Ismail, Y.H., et al. : Cephalometric study of the changes occurring in the face height following prosthetic treatment, part II variability in the rate of face height reduction, *J. Prosthet. Dent.*, 19 : 331~337, 1968.
- 19) Weinberg, L.A. : Vertical dimension : a research and clinical analysis, *J. Prosthet. Dent.*, 47 : 290~302, 1982.
- 20) Morimoto, T. : *Frontiers of Oral Physiology*, 4 : 88~101, Karger, Basel, 1983.
- 21) Nachmansohn : A textbook of physiology, 192~204, W.B. Saunders company, Philadelphia and London, 1955.
- 22) Potgieter, P.J., et al. : The determination of free-way space in edentulous patients : a cephalometric approach, *J. Oral Rehabil.*, 10 : 283~293, 1983.
- 23) 高橋新次郎 : 下顎安静位の新しいきめ方とそれの矯正学に対する意義, *日歯医師会誌*, 10 : 393~402, 1957.
- 24) 神山光男, 他 : 下顎安静位に関する研究, (その1) 下顎切歯点運動範囲より見た下顎安静位について, *口病誌*, 27 : 205~211, 1960.
- 25) 神山光男, 他 : 下顎安静位に関する研究, (その2) 下顎安静位時の咀嚼筋活動に影響する因子, 主として眼瞼開閉の影響について, *口病誌*, 27 : 212~220, 1960.
- 26) Kawamura, Y., et al. : Jaw closing muscle activities with the mandible in rest position, *J. Dent. Res.*, 46 : 1356~1362, 1967.
- 27) Yemm, R., et al. : Passive control in mandibular rest position, *J. Prosthet. Dent.*, 22 : 30~36, 1969.
- 28) Rugh, J.D., et al. : Vertical dimension ; a study of clinical rest position and jaw muscle activity, *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 670~675, 1981.
- 29) 坂東永一 : 下顎位のテレメータリングによる経時的観察, *補綴誌*, 14 : 75~95, 1970.
- 30) Körber, K.H. : Elektronische registrierung der unterkieferbewegungen in normalen und okklusionsgestörten Gebiß, *Dtsch. Zahnärztl. Z.*, 26 : 167~176, 1971.
- 31) Vries, J. H., et al. : Mandibular postural tremor in man during relaxation and during volitional innervation of masticatory muscles, *J. Oral Rehabil.* (abstract), 10 : 435, 1983.
- 32) 佐古好正, 他 : 安静時における下顎振動の観察, *補綴誌*, 29 : 576~581, 1985.
- 33) 壽原健吉, 他 : 脳波の自己・相互相関とスペクトル, *神経の進歩*, 19 : 1047~1060, 1975.
- 34) 古屋良一 : 顎口腔系の機能に異常を有する者の下顎運動の研究, *補綴誌*, 18 : 221~245, 1975.
- 35) Jankelson, B. : Kinesiometric instrumentation, a new technology, *J. Amer. Dent. Ass.*, 90 : 834~840, 1975.
- 36) 山下 敦, 他 : マンディブラーキネジオグラフ, その原理

- と使用法, 臨床応用, DE, 41: 1~15, 1977.
- 37) 山下 敦, 他: マンディブラーキネジオグラフによる顎運動分析, 歯科ジャーナル, 16: 271~279, 1982.
- 38) 三谷春保, 他: Mandibular Kinesiograph の原理とその忠実性について, 補綴誌, 21: 254~264, 1977.
- 39) 斎藤文明, 他: Mandibular Kinesiograph の特性について, 補綴誌, 21: 312~322, 1977.
- 40) Hanam, A.G., et al.: The kinesiographic measurement of jaw displacement, J. Prosthet. Dent., 44: 88~93, 1980.
- 41) 羽田 勝, 他: MKG を用いた下顎運動の計時的測定に際して注意すべき 2, 3 の問題点について, 補綴誌, 27: 1077~1083, 1983.
- 42) Jankelson, B.: Instruction manual, Mandibular kinesiograph, preliminary edition, 1~34, Myo-Tronics Research Inc., Seattle Washington 98101, 1981.
- 43) 磯部 孝: 相関函数およびスペクトル, その測定と応用, 3~10, 東京大学出版会, 東京, 1978.
- 44) 得丸英勝, 他: 計数・測定, ランダムデータ処理の理論と応用, 56~110, 培風館, 東京, 1982.
- 45) 川添堯彬: 下顎安静位の運動学的研究, 歯科医学, 35: 474~507, 1972.
- 46) 船越正也: 顎運動機構の自動制御論的考察, 阪大歯誌, 14: 1~15, 1969.
- 47) 三谷春保, 他: 両側咬筋にパルス電流を与えた時の下顎位の動揺について, 第 1 報 垂直方向の動揺, 補綴誌, 4: 1~9, 1959.
- 48) Dibdin, G.H., et al.: An intra-oral telemetry system for the continuous recording of vertical jaw movement, Phy. Med. Biol., 20: 355~365, 1975.
- 49) Sherrington, C.S.: Reflexes elicitable in the cat from pinna vibrissae and jaws, J. Physiol., 51: 404~431, 1917.
- 50) Pfaffmann, C.: Afferent impulses from the teeth due to pressure and noxious stimulation, J. Physiol., 97: 207~219, 1939.
- 51) Jerge, C.R.: The neurologic mechanism underlying cyclic jaw movements, J. Prosthet. Dent., 14: 667~681, 1964.
- 52) Murphy, W.M.: Rest position of the mandible, J. Prosthet. Dent., 17: 329~332, 1967.
- 53) Christensen, L.V.: Jaw muscle fatigue and pain induced by experimental tooth clenching, J. Oral Rehabil., 8: 27~36, 1981.
- 54) 三谷春保: 顎運動とそのメカニズム, 第 6 章 咀嚼筋の筋電図とその臨床応用, 日本歯科評論社, 東京, 1977.
- 55) 三浦不二男: 筋電図法による咀嚼筋の活動様式に関する研究, 特に咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋について, 口病誌, 23: 291~320, 1956.
- 56) 六車寿男: 咀嚼筋筋電図の補綴学的分析に関する研究, 歯科医学, 28: 615~650, 1965.
- 57) Greenfield, B.E., et al.: Electromyographic studies of some of the muscle of mastication, Brit. Dent. J., 100: 129~143, 1956.
- 58) Ramfjord, S., et al.: Occlusion, third edition, 128~174, W.B. Saunders company, Philadelphia, 1983.
- 59) George, J.P., et al.: A clinical study of rest position using the kinesiograph and myomonitor, J. Prosthet. Dent., 41: 456~462, 1979.
- 60) 久保牧己: 顎関節症の Splint Therapy に関する運動学的研究, 岐阜歯誌, 10: 104~158, 1982.
- 61) Greene, C.S., et al.: Splint therapy for the myofascial pain-dysfunction (MPD) syndrome, a comparative study, J. Amer. Dent. Ass., 84: 624~628, 1972.
- 62) De Boever, J., et al.: Occlusal splint, effect on musculature to TMJ dysfunction patients, J. Dent. Res. (IADR, abstract), 53: 169, 1974.
- 63) Kawazoe, Y., et al.: Effect of occlusal splint on the electromyographic activities of masseter muscles during maximum clenching in patients with myofascial pain-dysfunction syndrome, J. Prosthet. Dent., 43: 578~580, 1980.