咬合治療の効果と咬合音診断

本 間 修 平

新潟大学歯学部歯科保存学第2教室

(主任・指導：原 耕二教授)

(昭和59年9月19日受付)

Treatment Effect of Pocket Elimination and Coronal Reshaping by Recording the Sounds of Tooth Impact

Shuhei HONMA

Department of Periodontology, Niigata University School of Dentistry

(Chief and Director : Prof. Kohji HARA)

A case in point is the procedure in diagnosis by visualization of occlusal tones. This procedure is designed to record occlusal tones in wave patterns, using systems devised by the author, in order to grasp quantitatively the wave patterns and the duration of occlusal contacts.

It is said that diagnosis by use of the conventional

articulating paper depends, in a large measure, on the technical level and experience of those in the dental profession.

The procedure in diagnosis developed by the author is hopefully expected to have overcome such a shortcoming.

Key words : Occlusal tones, Normal occlusion, Occlusal trauma, Occlusal adjustment

要旨 : 本研究は、咬合性外傷を有する歯周炎罹患者に対して、歯周ポケット除去、咬合調整を含む初期治療を行ない、その効果を評価する方法として、臨床的診査のほか咬合音診査として波形の形態、咬合音持続時間 (duration) を測定し、その変化について検討した。

Base line となる正常咬合者 11 名に対しては至適な咬合接触を得るための咬合調整を行ない、また歯周炎罹患者 10 名には上記の初期治療を行ない、これら処置前後に咬合音波形を測定し、経時的変化を調べた。

その結果、正常咬合者の咬合音波形は、殆んどの症例において咬合調整の有無にかかわらず、impact 型で duration は 10 msec 以下と短かった。歯周炎罹患者の咬合音波形は初期治療前、slide 型で長い duration であったものが治療後、ポケットの深さ、歯の動揺度の減少など歯周組織の改善に伴い正常咬合者の波形形態及び duration に近づいた。

索引用語 : 咬合音、正常咬合、咬合性外傷、咬合調整

緒 言

既に存在する歯周炎に、外傷性咬合のような異常な咬

合がかかわりをもつと、歯周組織は速やかに破壊すること¹⁻⁴⁾を临床上、しばしば遭遇する。このような場合、術者は経験に基づいて、咬合性外傷罹患歯と対合歯との接触関係を診査し、必要に応じて咬合調整を行い、至適な接触関係に改善する⁵⁻⁸⁾。

咬合を診査する場合、従来から一般的に行われている咬合紙などを使用する印記法では、咬合異常の時間的要

本論文の要旨は、昭和58年11月第15回日本歯科医学会総会、第71回FDI年次世界歯学大会及び昭和59年4月第17回新潟歯学会総会に於いて発表した。

表 1 実験の概要

正 常 者 (11 名)	歯周炎罹患者 (10 名)
ブラークコントロール モチベーション (ブラークスコア 20%)	初診 (ポケットの深さ, 歯の動揺度 診査 (咬合印記, X線写真, スタディーモデル)
↓	咬合音診査, 筋電図
歯石除去	↓
2W	ブラークコントロール (ブラークスコア 20%) モチベーション
↓	歯周ポケット除去 (歯石除去 & ルートプレーニング ENAP)
診査 (咬合印記, X線写真) (スタディーモデル)	1M
↓	診査 咬合音 筋電図, 咬合調整
咬合音診査, 筋電図	↓
↓	診査 咬合音, 筋電図
咬合調整, 診査 咬合音, 筋電図	1M
	↓
	診査 咬合音, 筋電図
	3M
	↓
	診査 咬合音, 筋電図

素が含まれていないことや、さらに上下顎の咬合歯間に物を介在させて接触を認知するので真の印記か、または汚れかを識別することが難しく何よりも術者の熟達さが要求され、診査の的確性に欠く恐れがあると考えられる^{9,10)}。

近年、ME 機器の開発が盛んになる中で、広く歯科臨床分野においても、ME 機器を利用し、咬合音を視覚でとらえて咬合の診査、診断に役立たせようとする試みが推奨されるようになってきた¹¹⁾。

そこで本研究は、う蝕がなく歯冠修復並びに補綴処置のなされていない天然歯 28 歯がすべて揃った正常咬合者及び咬合性外傷を伴う歯周炎罹患者を対象とし、咬合調整の効果が、咬合音並びに臨床症状にどのような変化をもたらすのかを検討した。

研究材料と方法

1. 被検者の選択

正常咬合者は、う蝕がなく、処置されていない 28 歯がすべて揃っており、かつ臨床的および X 線学的に健康な歯周組織と正常な歯列を有する 11 名を 700 名の中から抽出した。その構成は、年齢 16 歳～21 歳、男性 6 名、女性 5 名であった。

2. 実験のプロトコール

実験の前処置のステップを表 1 に示す。正常咬合者 11 名に関しては、初診時、モチベーションとブラッシングを主体としたブラークコントロールの指導と、その励行

を約束した後、全顎にわたる歯肉縁上の歯石除去を行った。ついで 10 日～14 日後に来院させ、まずブラッシングのチェックを行い、次に咬合印記による咬合診査、咬合音診断機器による咬合音診査を行った。ついで全顎にわたり歯冠の形態修復^{5~8)} (以後咬合調整とよぶ)を行った。この段階で被検者全員が咬頭嵌合位で至適な咬合接触をとることを再び咬合印記による咬合診査と咬合音の診査を行って確認した。歯冠の形態修復法に関しては、教室の中島^{5,7)}、佐藤¹³⁾がすでに報告したとおりである。

一方、歯周炎罹患者は、新潟大学歯学部附属病院保存科外来に来院した患者から咬合性外傷を有する歯周炎罹患者 10 名を選んだ。歯周炎の程度は、歯周ポケットの深さ、歯の動揺度、歯槽骨の吸収率 (X 線学的診査) から 10 名中 4 名が軽度で、5 名は中等度、残り 1 名が高度な歯周炎と診断された。10 名の歯周炎罹患者全員は初診時に、歯周ポケットの深さ、歯の動揺度の測定、及び X 線写真、診断用石膏模型 (スタディーモデル) の印象など、診断用資料の準備と、咬合印記及び、咬合音による咬合診査、さらに咀嚼筋筋電図診査をあわせて行った。これら診査の終了後、歯周炎罹患者に対しては、特に歯周炎に対するモチベーションにビデオ、及びスライドなどの視聴覚機器¹⁵⁾を使用し、ブラッシングを主体としたブラークコントロールの指導と励行を徹底させた。今回の来院時に MT-1000 の歯垢染め出し液¹⁶⁾にて O'Leary plaque score¹⁷⁾を算出し、score が 20% 以下になることを条件とした。次に、歯肉の炎症と歯周ポッケ

トの除去法として、全顎にわたる歯石除去と一部はENAP¹⁸⁾ (Excisional New Attachment Procedure) を含むルートプレーニング (root planing) を徹底的に行った。治療期間として約1ヵ月経過後、全顎にわたり、咬合調整を行った。なお、歯周組織の診査、咬合接触診査 (咬合印記)、咬合音診査、筋電図診査は、基本的な診査として初診時、咬合調整直前、咬合調整直後、咬合調整1ヵ月後と3ヵ月後にそれぞれ実施した。診査後、至適な咬合接触を得ていない事例を確認した時は、その都度、咬合調整を行い、修正した。また、正常咬合者、歯周炎罹患者ともに、実験期間を通してプラークスコアが常に20%以下になるようプラークコントロールをチェックしながら実験を進めた。

3. 咬合音診断機器

咬合音の分析法に関して、著者は咬合音波形の分類及び持続時間 (duration) の測定を採用した。咬合音波形

の分類及び duration 測定はデンタルサウンドチェッカー TME 202 C 型 (ヨシダ社製) を使用した (表2)。その附属機器として X-Y ペンレコーダ REC-202、ハイパスフィルタコントローラ、及びポラロイドカメラ M-085 を使用した。デンタルサウンドチェッカー TME 202 C 型はサンプリングタイムを 5 msec、アヘッドモードを 256、マグニファイヤーを×1にセットした。波形記録に使用した X-Y ペンレコーダ REC-202 は、レンジを 20 V、チャートスピード 150 mm/min に合わせ操作した。また、350 Hz 以下の信号は H.P.F. (High Pass Filter, $f_c=0.35$ kHz, 減衰特性 40 dB/decade) でカットした。波形の記録はポラロイドカメラ M-085 (シャッタースピード: 1/2 sec, 絞り: $F=5.8$) とし、白黒フィルム TYPE 667 を使用した。図1に示したピックアップマイクروفンの周波数帯域は、80 Hz~10 kHz を有するコンデンサマイクروفンで、-65 dB までの感度を有する。増幅器はアイソレーション型のプリアンプとメインアンプからなり、その帯域は、50 Hz~10 kHz である。ここで増幅されたアナログ信号は、ハイパスフィルタ (H.P.F., $f_c=0.35$ kHz, 減衰特性 40 dB/decade) で処理する。次に、サンプリング周期 25 μ s, 分解能 8 bits を有する A/D 変換器で、アナログ信号をデジタル信号に変換する。

ここで 1 byte は 8 bits であるから 256 の分解能がある。さらに、このデジタル信号は 32 kbits の RAM (Random Access Memory) に記憶される。したがって、1 ch あたり 2,048 byte, 2 ch では合計 4,096 byte (=32 kbits) の信号を記憶できる。この RAM に記憶されたデジタル信号は、つづいて、再生時の変換周期 250 nsec, 分解能 8 bit を有する D/A 変換器でアナログ信号となり、ディスプレイされる。

表 2 咬合音診断用機器と附属機器

デンタルサウンドチェッカー	TME202C
サンプリングタイム	5 msec/cm
AHEAD MODE	256
MAGNIFIER	×1
ハイパスフィルタ コントローラ	350Hz
ペンレコーダ	REC202
RANGE	20 V
CHART SPEED	150mm/min
ポラロイドカメラ	M-085
シャッタースピード	1/2sec
絞 り	5.8
FILM 白黒	TYPE667

図 1 デンタルサウンドチェッカーの内部構造

図 2 ヘッドギヤ型マイクロフォンの装着

4. 咬合音波形のサンプリング

サンプリングは、一定の高さの振幅波形を得るために咬頭嵌合位で約 20 回のタッピングの練習をさせた後、10 回のタッピングを採用した。サンプリングする際、ヘッドギヤ型マイクロフォンの位置は左右眼下頬骨部に設定した(図 2)。なお、周囲の雑音、例えば、エアータービンの回転音、超音波スケーラーなどの発生音、金属音、話し声などの介入をできる限り避けた環境で測定した。デンタルサウンドチェッカーに接続したペンレコーダ波形を記憶し、同時にデンタルサウンドチェッカーの C.R.T. (Cathod Ray Tube) 上に写し出された波形をポラロイドカメラで撮影した(図 3)。

5. 筋電図の測定

測定の際、被検者をそのカンペル氏平面と床が平行になるように歯科用治療椅子に座らせたのち前方を正視させ、リラックスさせた。タッピング速度は、L.E.D. (Light Emitting Diode) 点滅のリングカウンタで 120 回/分に規定し、最初の 5 回を除く 25 ストロークを分析に用いた。

筋電図誘導部位は、両側の咬筋中央部と側頭筋前腹とし、中心間距離 25 mm に固定した双極表面電極(日本光電)を筋線維と平行に貼付した。同時に、右外耳道に挿入した小型コンデンサマイクロフォン (SONY) にて咬合接触の指標となる咬合音を記録した。筋電計は、平衡入力型アイソレーションアンプ(日本光電, AB-600 G)を使用し、時定数は 3 msec とした。データレコーダは、4 スピード、7 チャンネルカセット式データレコーダ (TEAC, R-81), 記録されるデータモニターはストレージ型ブラウン管オシロスコープ (TEKTRONIX, 5113) および、8 チャンネルブラウン管モニター (日本光電, VC-680 G) を用いた。筋電図分析用コンピュータシステムは、64 kW のメモリを持つミニコンピュータ (MEL

図 3 右: デンタルサウンドチェッカーとポラロイドカメラ
左: X-Y ペンレコーダ

COM, 70/25) を使用した。

結 果

1. 正常咬合者

1) 歯周組織と咬合診査

正常咬合者 11 名は、すべて全顎にわたり 2 mm 以下の歯肉溝を有し、X 線学的にも歯根膜、歯槽骨に何ら異常がなかった(図 4)。咬合調整前の咬合印記は、必ずしも原則にそった至適な接触⁽⁶⁻⁸⁾を示さなかったが、咬合調整によって全員を至適な咬合接触に修正した。

2) 咬合音診査

正常咬合者 11 名の波形は咬合調整前後ともに impact 型波形が多くみられた(図 5)。11 名中 1 名は咬合調整前後の波形に大きな変化が生じた。すなわち咬合調整前 2 相性の波形が調整後 1 相性に变化した。また、咬合音波形の duration については、図 6 に示す 11 名の平均値と標準誤差をみると、咬合調整前 9.3 ± 0.3 msec (5.3 ~ 15.2 msec) であったものが咬合調整後に 8.4 ± 0.2 msec (6.0 ~ 12.5 msec) と減少し、両者間には有意差がみられた ($p < 0.05$)。

2. 歯周炎罹患者

1) 歯周組織診査用パラメータの変化

本実験における歯周組織診査用パラメータは、歯の動揺度、歯周ポケット深さとした。

動揺度は次に述べる 3 段階指数に従って判定した。すなわち、動揺 0 度: 動揺が生理的範囲内でほとんど認められない。動揺 1 度: 唇舌的動揺のみを示すもの。動揺 2 度: 唇舌的動揺に近遠心及び垂直的動揺が加わるも

図 4 正常咬合者のX線像

図 5 正常咬合者の波形

A : 咬合調整前
B : 咬合調整後

の。そこで、歯の動揺の変化を表すため、全顎にわたって動揺1度または2度を示す歯数の和を各時期で求め、t-検定した。その結果の変動ヒストグラムを図7に示す。表3はt-検定表である。動揺歯数は初診時(Ptr)

図 6 Duration の経時的変動

Ptr: 初診時, PeL: 歯周ポケット除去後1ヵ月, OAI: 咬合調整直後, OA1m: 咬合調整後1ヵ月, OA3m: 咬合調整後3ヵ月
Pre-OA: 咬合調整前, Post-OAI: 咬合調整直後

に対して咬合調整後3ヵ月(OA3m)になって有意な減少が認められた($p < 0.05$)。

歯周ポケットの深さは、3mm以下、4~6mm、7mm以上の3段階に分けて、4~6mm、7mm以上のポケットを示す歯数の和を各時期で求め、t-検定した。その変動のヒストグラムを図8に示した。表4はt-検定表である。歯周ポケットの深さは初診時(Ptr)に対して、歯

図 7 動揺歯数の経時的変動
Ptr, PeL, OA1m, OA3m は図 6
と同じ

図 8 歯周ポケットの経時的変動
Ptr, PeL, OA1m, OA3m は図 6
と同じ

周ポケット除去後 1 ヶ月 (PeL) になると、有意な減少を示し、以後その状態が咬合調整後 1 ヶ月 (OA1m)、咬合調整後 3 ヶ月 (OA3m) まで維持し続けた ($p < 0.01$)。

2) 咬合音波形の経時的変化

初診時の波形には、impact 型と slide 型が混在した波形が多い。中には、2 相性を示すものもみられた。歯周ポケット除去 1 ヶ月後 (PeL) の波形は基本的に初診時と変化は認められないが咬合調整を行うことにより、

表 3 動揺歯数の検定表 (t-検定)

	Ptr	PeL	OA1m	OA3m
PeL	1.427 N.S			
OA1m	2.041 N.S	0.448 N.S		
OA3m	3.162 *	3.452 **	2.449 *	

N.S $P > 0.05$ で有意差なし
* $P < 0.05$ で有意差あり
** $P < 0.01$ で有意差あり

Ptr,PeL,OA1m,OA3mは図6と同じ

表 4 歯周ポケットの検定表 (t-検定)

	Ptr	PeL	OA1m	OA3m
PeL	5.634 **			
OA1m	5.316 **	0.196 N.S		
OA3m	4.877 **	0.643 N.S	0.408 N.S	

N.S $P > 0.05$ で有意差なし
** $P < 0.01$ で有意差あり

Ptr,PeL,OA1m,OA3mは図6と同じ

impact 型の波形が多くなった。その後、1 ヶ月、3 ヶ月経過しても、その傾向は持続され、かつ典型的な impact 型波形を示すものがより多くみられる傾向にあった。

3) duration の経時的変動

図 6 は正常咬合者同様、歯周炎罹患者の各時期における duration の平均値と標準誤差の変動を示したものである。なお、平均値はいずれも、1 時期に測定した被検者 1 人当り 10 回のサンプリング値 (正常咬合者 11 名、歯周炎罹患者 10 名) から求めた。

歯周炎罹患者の duration は初診時 16.9 ± 0.9 msec (10.9~20.8 msec)、咬合調整前の歯周ポケット除去後 1 ヶ月は、 15.4 ± 0.9 msec (9.3~19.7 msec)、咬合調整直後 12.4 ± 0.9 msec (7.8~17.1 msec)、咬合調整後 1 ヶ月 11.1 ± 1.1 msec (8.0~17.2 msec)、咬合調整後 3 ヶ月 10.9 ± 1.5 msec (5.6~19.0 msec) と経時的に減少し、正常咬合者値に近づく傾向がみられた。表 5 は、これら変動値を t-検定したもので、初診時と歯周ポケット除去後 1 ヶ月との間では有意差なく ($p > 0.05$)、以後咬合調整直後、咬合調整後 1 ヶ月、3 ヶ月のいずれとも

表 5 Duration の検定表 (t-検定)

	Ptr	PeL	OAI	OA1m	OA3m
PeL	1.365 N.S				
OAI	4.292 **	3.751 **			
OA1m	4.737 **	3.685 **	1.406 N.S		
OA3m	3.665 **	2.781 *	1.085 N.S	0.292 N.S	

N.S P>0.05で有意差なし
* P<0.05で有意差あり
** P<0.01で有意差あり

Ptr,PeL,OAI,OA1m,OA3mは図6と同じ

有意差が認められた (p<0.01)。

4) サンプリング回数の増加に伴う duration の変動

図9は正常咬合者と歯周炎罹患者のサンプリング回数と duration の関係を示す。正常咬合者 11 名, 歯周炎罹患者 10 名の各サンプリング時の duration 平均値の変動をみると, 正常咬合者の咬合調整前後, ならびに歯周炎罹患者の初診時を除いた他の時期のいずれにおいても, サンプリング回数の増加とともに duration は, ある変動をもって短縮する傾向にあった。一方, 歯周炎罹患者の初診時では, 各サンプリング時に値のバラツキが大きく, そのような傾向は認められなかった。

5) 症例報告

症例 1.

患者は42歳の女性。主訴は, ブラッシング時, 下顎前歯部の出血と鈍痛である。初診時間診により, 軽度の糖尿病に罹患し, 食事療法を受けていることが判明した。口腔内所見は, 図10に示すとおり, 多量の歯石が下顎前歯の周囲に沈着しており, その部の歯肉の辺縁には強い炎症がみられた。この部の歯周ポケットは1~3 mm と比較的浅いが, 歯槽骨は約40%の水平性吸収がみられる(図11)。臼歯部では4~6 mmの深い歯周ポケットが上顎で12部位, 下顎では6部位存在していた。また, 前歯及び臼歯あわせて17歯に軽度の動揺がみられた。本症例は下顎前歯部に咬合性外傷を伴う中等度の歯周炎と診断した。歯周初期治療として, プラークコントロール, 歯石除去とルートプレーニング, 咬合調整などを行った。歯周初期治療の結果, 主訴に関する患者の悩みは解消され, 同時に歯周組織も明らかに改善された。すなわち, 治療前に存在していた歯周ポケット4~6 mm の18部位が治療後, 2部位に減少した(図12)。これらの変化に対して, 咬合音波形は, 図13に示すど

図 9 サンプリング回数と duration との関係
Ptr, PeL, OAI, OA1m, OA3m, Pre-OAI, Post-OAI は図6と同じ

とく, 歯周ポケット除去前後において, 初診時 (Ptr) と歯周ポケット除去後1ヵ月 (PeL) との間の波形に大きな変化, すなわち, impact 型波形と slide 型波形とが入りまじった波形から simple な impact 型波形に変化した。その時期の duration は 17.9 msec から 9.3 msec と減少した。咬合調整後の波形はより impact 型の波形の傾向をとり, duration も咬合調整直後 8.0 msec, 咬合調整後1ヵ月 8.0 msec, 咬合調整後3ヵ月 7.8 msec と短縮する傾向が認められた。

症例 2

咬合性外傷を伴う軽度の歯周炎である。咬合性外傷歯は臼歯部に存在していた。咬合音波形の経時的変動を図14に示す。初診時と歯周ポケット除去後1ヵ月の間では, 波形パターンにあまり変化なく, 咬合調整直後になると, impact 型波形に大きく変化し, 調整後1ヵ月, 3ヵ月もその状態が持続した。duration は, 初診時 13.6 msec から歯周ポケット除去後1ヵ月で 14.1 msec とやや延長するも, 咬合調整直後になると 7.8 msec に短縮し, 以後咬合調整後1ヵ月 8.0 msec, 3ヵ月 9.1 msec とその状態が維持された。

図 10 下顎前歯部に咬合性外傷を伴う歯周炎罹患患者（症例1）

A：初診時，下顎前歯部に歯石沈着と歯肉に強い炎症がみられる

B, C：ともに咬合印記は咬合の位置異常と強い面接触を示す

図 11 症例1のX線像

初診時，下顎前歯部と上顎第1大臼歯で骨の吸収が強く，他の部位での吸収は比較的軽い

図 12 初期治療後5ヵ月経過（症例1）

A：歯肉の炎症は消退し、改善された

B, C：ともに咬合は至適な位置と接触に修正された

症例 3

本症例は咬合性外傷を伴う中等度の歯周炎と診断された。図 15 は咬合音波形の経時的変動を示す。波形パターンは、症例 2 と同様、初診時と歯周ポケット除去後 1 ヶ月の間では変化がなく、咬合調整後に slide 型パターンから impact 型パターンに変化した。その duration は、初診時 19.5 msec から歯周ポケット除去後 1 ヶ月 17.9 msec となり、咬合調整直後 13.5 msec、咬合調整後 1 ヶ月 8.4 msec、咬合調整後 3 ヶ月は 5.6 msec と減少した。

考 察

本研究の対象となった正常咬合者及び歯周炎罹患者は、う蝕がなく歯冠修復及び補綴的に何ら処置されてい

ない天然歯 28 歯を有し、まったく欠損歯のみられない被検者である。上下顎歯をタッピングさせたときに、歯冠修復又は補綴物が介在していた場合、発生する咬合音に対する影響は大であると考えられる。補綴物の中で義歯に由来する咬合音は、天然歯で聴くことのできない「follow box 音」が存在する、double click 音などが関係するといわれている¹⁹⁾。また、歯が喪失し隣在歯が傾斜、移動したりすると、異常な早期接触や滑走の原因になる²⁰⁾。また、欠損歯が片側に多く存在する場合は偏位咬合となり、異常な咬合音を発生させる原因となる。以上のような理由から咬合音をサンプリングするさいの再現性という点で、今回被検者の選択を厳選した。これらの測定分析器を取り扱う場合、術者は機器の操作性、データの再現性、信頼度などについて、十分な知識と準備を整えることが必要である。そこで、著者は次の操作順

図 13 症例1の咬合音波形

序に従ってサンプリングを行った。まず、咬頭嵌合位で約20回のタッピングの練習をさせたのち、10回のタッピングの振幅が一定の高さとなる波形を記録した。この場合、振幅の高さに変化が生じると、波形の型や、durationに影響を与えて、サンプリングの再現性を失う恐れが生じたからである。波形の判定に際して、

雨宮²¹⁾は、タッピングの強弱によって波形に変化が生じるため、数回以上、咬合音の連続的観察が必要であると述べている。Watt²²⁾は、同じ咬合状態で偏位しない咬合を繰り返す限り、咬合音波形は変わらないことを観察している。従って本研究における咬合音のサンプリング操作方法は、被検者に対し、

図 14 症例 2 の咬合音波形

咬頭嵌合位でしかも同じ強さのタッピング練習を行わせることにより、再現性のある咬合音波形を得るのに良好であったと考えられる。

咬合音の集録に際しての重要なポイントは、マイクロフォンの装着部位の決め方である。今回の研究で使用したマイクロフォンの装着部位は、眼窩下頬骨部と定め、

マイクロフォンをヘッドギヤで固定した。その部は解剖学上、マイクロフォン辺縁と顔面皮膚との間の封鎖性に適した部位と考えられる。

咬合音の分析法は、次のように大別される。

1) 波形の形態分類^{19, 20, 22, 24~30, 33, 35}、2) 咬合音到着時間の測定³⁶、3) 強度差の測定^{21, 32}、4) 咬合音持続時間の

図 15 症例3の咬合音波形

測定^{21, 23, 24, 26, 28~31, 33~35}), 5) 周波数の分析^{23, 27, 32~35}), 6) 伝導系の解析^{33, 36})。本研究の咬合音分析は、咬合音の波形と duration について行った。Watt²⁵⁾ は咬合音波形を impact 型と slide 型に分類し、これらは咬合の安定、不安定に結びつくとして述べている。しかも波形は duration と密接な関係を有し、impact 型は short duration

を示し、一方 slide 型は duration が長くなることを示した。

本研究においても、X-Y ペンレコーダで記録した波形から duration と波形パターンの変化が認められた。つまり、impact 型と slide 型が複雑に組み合わせられ、duration の長い波形が、咬合調整後に impact 型で duration

図 16 30 回タッピングさせ、記録した波形の重ね合わせ

A : Filter on

B : Filter off

の短い波形に移行した。

咬合音波形の duration は、波形の最初の立ち上がりから減衰にいたる波形の末端部（終末部）までの長さを時間で読みとる。この際、波形の末端部が咬合音波形の末端部であることを的確に決定しなければならない。しかし、波形の末端部においては、低周波成分の本来の咬合音のほかに、外部雑音、マイクロフォンとその設置部位の軟組織間での共振など、種々の artifacts が複雑に影響を及ぼし合い、末端部決定に際し、困難な場合が多い。そこで著者らは、350 Hz 以下の低周波領域を H.P. F. (High Pass Filter, $f_c=0.35$ kHz, 減衰特性 40 dB/decade) でカットすることにした。ここで、フィルターを導入した(Filter on) 場合と導入しない(Filter off) 場合との波形間で相異のないことを確認することにした。まず、正常咬合者 1 名に Filter on の場合と Filter off の場合、各々 30 回ずつタッピングを行わせ、それらの波形を重ね合わせてみると、図 16 に示すとおり、両者とも最初に impact な立ちあがりをみせた後、徐々に減衰する波形を示し、ほぼ一致していた。その際、計測した

duration は、10 msec 付近で差異がないことを確認した。次に、図 17 は、Filter on と Filter off の際のタッピング 30 回のパワースペクトルを重ね合わせたもので、両者とも低周波領域で重なりをみせ、0.7 kHz 付近において、ピークを示し、高周波領域では重なりが悪いことを確認した。以上の結果から、フィルターの導入は、咬合音波形の末端部の決定を容易にさせ、しかも、咬合音波形、duration、および周波数成分において、導入しない場合との間に差が生じないことから、適切な手段であったと考える。

Brenman ら^{29,30)} は、早期接触歯のタッピング音の持続時間は正常咬合歯に比較して明らかな違いがみられたと述べている。

また、Watt は、咬合音および顎関節音をテープレコーダに録音し、再生速度を変換してオシログラフに描記させる方法により、一連の詳細な検討を行っている^{19,20,22,24~27,37~40)}。Watt は咬合音、顎関節音による検査術式を Gnathosonics と称し、咬合の安定、不安定さが判別できるとして、咬合解析の有力な手段として将来

図 17 30 回タッピングさせたときのパワースペクトル分布（推定方法：FFT）

A : Filter on

B : Filter off

性があると説いている^{20,22,24,25,38,40)}。一方、本邦では、織田³²⁾、石岡ら²³⁾が咬合音の周波数のパワースペクトルを求め、咬合音の原波形と比較分析を行っている。さらに雨宮²¹⁾は、正常咬合者の強いタッピング波形は立ち上がりから大きい振幅の spike を示して漸減する三角形型と弱いタッピング波形の中間にピークが位置する菱形型とに分類するなど、Watt の方法に準じて、各種の咬合条件下における咬合音の波形の分類及び持続時間について、検討を加えている。同様に、高橋⁴¹⁾は正常咬合者のタッピング原波形は、衝突型であり、そのパワースペクトルを求めたところ、第一低帯域、第二低帯域、中間帯域、高帯域に分けられ、各帯域の主成分の平均はそれぞれ 250, 3, 800, 6, 650 Hz であったと述べている。さらに衝突以前にわずかな滑走を思わせる波形を含んでいる症

例もみられたと述べている。

本研究における正常咬合者 11 名は、全歯にわたり 2 mm 以下の歯肉溝を有し、X 線学的にも歯根膜、歯槽骨に何ら異常を示さず、歯列の異常、歯の動揺のない比較的安定した咬合を営んでいる症例であった。咬合印記の状態も、歯周炎罹患者にくらべ接触面積は小さく、接触の位置異常をきたしている場合も少なかった。これら正常咬合者 11 名の咬合音波形は、咬合調整の有無に関係なく、impact 型の波形が主体を占めていたが、1 症例に 2 相性波形が認められた。これは、最初、早期接触が起こり、ついで滑走運動、最後に咬頭嵌合位で咬合接触するさいに発生した波形の組み合わせであると考えられる。正常咬合者の咬合調整後は、全体的に、より impact 型波形の出現が多くなり、duration も明らかに減

少し、10 msec 以下で安定する傾向を示した。このことは、咬頭嵌合位におけるタッピングが咬合調整によって、早期接触や咬合干渉などによる滑走運動が少なくなり、全歯が至適な位置⁵⁻⁸⁾で均一に接触する安定した咬合関係に改善されたことを示すものである。正常咬合者の duration は、9 msec³¹⁾、9~26 msec³⁰⁾、36.2 msec²¹⁾、40 msec²⁶⁾ と報告はまちまちであるが、このことは、本研究の結果を含めて、サンプリングの方法、波形の末端決定の認識法、波形の記録装置の機種と使用方法などが異なること、また、本研究のように正常咬合者に咬合調整を行って至適な位置でまたは均一に接触するように咬合接触させるか否かによっても測定値は変動するものと考えられる。

咬合性外傷を伴う歯周炎罹患患者 10 名に対する歯周組織の診査用パラメータとして、著者は、歯の動揺度、歯周ポケットの深さを採用した。咬合性外傷の臨床的徴候の中で、歯の動揺の増加が最も頻回にあらわれる徴候である。しかも、歯の動揺に影響する因子として歯根膜の性状があり、歯肉の付着または歯根膜病変の改善は歯の動揺の減少をきたす⁴²⁻⁴⁸⁾。歯周ポケットの深さの減少は、歯肉の炎症の消失、または歯の再付着のいずれか、またはともに起こったことを示す。例えばブラークコントロール、歯石除去、ルートプレーニングにより 4 mm 以上の歯周ポケットは多数消失し、その状態が咬合調整後 3 ヶ月まで維持できたこと、歯の動揺は初診時に対して歯周ポケット除去後 1 ヶ月、咬合調整後 1 ヶ月の時期はともに変化を示さず、咬合調整後 3 ヶ月で有意に減少した。咬合音波形の経時的変化をみると、歯周ポケット除去後に波形パターン並びに duration は基本的に初診時と変わりなく、咬合調整後に波形は impact 型に移行し、duration は有意に減少した。このことは、加藤^{42, 46)}がまた、咬合性外傷罹患歯に咬合調整を行ったところ、4 週間後に歯の共振振動数は正常値に近づいたとのべているようにこの時期の歯周組織は、歯周ポケット除去と咬合調整の両方の効果により歯の動揺が減少し、それに伴ない咬合が安定したものと考えられる。サンプリング回数の増加に伴う duration の変動についてはその回数の増加とともに duration は減少傾向が認められた。サンプリングを 1 回行うに際して、約 10 回のタッピングの練習をさせており、10 回目のサンプリング時の duration 値は、100 回タッピングさせたときの計測値となる。このことはタッピングに対する被検者の慣れが生じ、duration が漸次短縮したものと考えられる。また 1 度に 100 回のタッピングは、この種の計測の信憑性からみて限度

と考える。

筋電図測定のパラメータとして、Silent Period を採用した⁴⁹⁻⁵²⁾。Silent Period の特徴は、顎口腔系機能を調節する神経-筋機構に関連した現象であることと、筋電図の波形中、再現性の高いことがあげられる。本研究の結果から、Silent Period の波形は歯周治療後に安定化し、再現性の高いことが証明された。

総括ならびに結論

本研究は、咬合音診査のうち咬合音診断機器（デンタルサウンドチェッカー TME 202 C 型、ヨシダ社製）を使用して咬合音波形パターンの記録、分析と咬合音持続時間（duration）の測定を行った。被検者はう蝕がなく補綴的に何ら処置されていない天然歯 28 歯がすべて揃った正常咬合者 11 名と咬合性外傷を伴った歯周炎罹患患者 10 名を選んだ。

咬合診査ならびに咬合音の測定は正常咬合者の場合、咬合調整（歯冠の形態修復）前後に、歯周炎罹患患者では初診時、ブラークコントロール、歯石除去とルートプレーニングの処置による歯周ポケット除去後 1 ヶ月、咬合調整直後、咬合調整後 1 ヶ月、3 ヶ月の各時期に行った。なお、全被検者とも実験中、ブラークスコアは 20% 以下に維持させた。

結果は次のとおりである。

1) 咬頭嵌合位でのタッピング時、患者をリラックスさせた状態で咬合音を測定すると咬合音波形パターンならびに duration は比較的バラツキが少く再現性がある。

2) 健康な歯周組織、正常な歯列を有する正常咬合者の波形は、一般に impact 型で duration は 10 msec 以下と安定していた。

3) 咬合性外傷を伴う歯周炎罹患患者は、一般に歯周治療前、咬合は不安定で波形は slide 型で duration も平均 16.9 msec と長い。しかしながら、咬合調整を含む歯周初期治療後に、咬合音波形は impact 型で安定化し、duration は 10 msec に近づいた。

4) 咬合性外傷を伴う歯周炎罹患患者に、咬合調整を含む歯周初期治療を施したところ、歯周ポケットは、歯周ポケット除去後に、あきらかに消退し、咬合調整後 3 ヶ月までその状態が維持できた。歯の動揺は歯周ポケット除去後、咬合調整直後、咬合調整後 1 ヶ月まで有意な軽減がみられず、咬合調整後 3 ヶ月になると、明らかに減少した。

5) 咬合調整を含む歯周初期治療の効果を知らずに、

咬合音波形パターンの分析と duration を測定することは有効な手段といえる。

謝辞：稿を終るにあたり，終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました原 耕二教授に心から感謝申し上げます。また本研究の遂行に際し懇切丁寧な御教示ならびに御助言を賜りました本学補綴学第1教室石岡 靖教授，山鹿卓郎講師，林 豊彦助手，ならびに本学予防歯科学教室堀井欣一教授，滝口 徹助手，さらに新潟大学工学部情報工学科木竜 徹講師に謹んで感謝の意を表します。また本研究に御援助，御協力いただきました本学保存学第2教室貴船亮英助手，大学院生山下 薫氏各位に深謝いたします。なお，咬合音診断機器の操作全般について，多大なる御助力いただきました株式会社ヨシダおよび藤栄電気株式会社に謝意を表します。

本研究の一部は，昭和57年度日本歯科医学会学術研究費短期研究の補助で行われたことを付記する。

文 献

- 1) Stahl, S.S. : Accomodation of the periodontium to occlusal trauma and inflammatory periodontal disease. Dent. Clin. North Am., 19 : 531-542, 1975.
- 2) Glickman, I. and Smulow, J.B. : Effect of excessive occlusal forces upon the pathway gingival inflammation in humans. J. Periodontol., 36 : 141-147, 1965.
- 3) Glickman, I. and Smulow, J.B. : The combined effects of inflammation and trauma from occlusion in periodontitis. Int. Dent. J., 19 : 393-407, 1969.
- 4) Comar, M.D., Kollar, J.A. and Gargiulo, A.W. : Local irritation and occlusal trauma as co-factors in the periodontal disease process. J. Periodontol., 40 : 193-200, 1969.
- 5) 原 耕二, 中島 真, 山岸 茂 : 咬合性外傷と歯冠の形態修復. 日本歯科評論, 427号 : 57-65, 1978.
- 6) 池田克巳, 上羽隆夫, 原 耕二共訳 : 歯周疾患の咬合治療. 医歯薬出版, 東京, 1976, 248-287.
- 7) 中島 真, 山岸 茂, 原 耕二 : 咬合性外傷と歯冠の形態修復. 日歯周誌, 20 : 98-105, 1978.
- 8) 池田克巳, 原 耕二 : 咬合調整, 中静 正他, 歯周治療の手引き, 書林, 東京, 1978, 191-202.
- 9) 池田克巳 : 咬合の調整とブラキシズムの処置, 中静 正, 石川 純編, 歯周治療学. 医歯薬出版, 東京, 1981, 265-272.
- 10) Goldman, H.M. and Cohen, D.W. : Periodontal therapy. 6th edit., C.V. Mosby Co., St. Louis, 1980, 1106-1107.
- 11) 林 豊彦, 石岡 靖 : 咬合音の採取方法ならびに機器 : 歯科ジャーナル, 17 : 557-566, 1983.
- 12) 本間修平, 福永隆四, 呉 輝逢, 佐藤純平, 原耕二 : 咬合治療の効果と咬合音診断. 日歯周誌, 24 : 456-466, 1981.
- 13) 佐藤純平, 中島 真, 柳村光寛, 原 耕二 : 歯冠の形態修復による咬合治療の予後観察. 日歯周誌, 22 : 627-642, 1980.
- 14) 山鹿卓郎 : 咀嚼筋電図分析による顎口腔系機能異常診断とその臨床応用に関する研究. 日補綴誌, 27 : 50-73, 1983.
- 15) 渡辺富栄, 岡田美和子, 吉江弘正, 山岸 茂, 原耕二 : 臨床効果的でかつ容易に実施できるブラークコントロールプログラムの確立. 日歯周誌, 25 : 385-392, 1983.
- 16) 原沢正昭, 神谷洋行, 浦田淑子, 丸山栄子, 神田敬子, 原 耕二 : プラーク付着の歯肉組織への影響に関する臨床的研究. 日歯周誌, 23 : 327-338, 1981.
- 17) O'Leary, T.J., Drake, R.B. and Naylor, J.E. : The plaque control record. J. Periodontol., 43 : 38, 1972.
- 18) Yukna, R.A. and Lawrence, J.J. : Gingival surgery for soft tissue new attachment. Dent. Clin. North Am., 24 : 705-718, 1980.
- 19) Watt, D.W. : A preliminary report on the auscultation of the masticatory mechanism. Dent. Practit., 14 : 27-30, 1963.
- 20) Watt, D.W. : Clinical applications of gnathosonics. J. Prosthet. Dent., 16 : 83-95, 1966.
- 21) 雨宮幸三 : 咬合音に関する研究. 歯科医学, 40 : 239-261, 1977.
- 22) Watt, D.M. : Gnathosonics-A study of sounds produced by the masticatory mechanism. J. Prosthet. Dent., 16 : 73-81, 1966.
- 23) 永木修二, 野村修一, 風間栄輔, 石岡 靖 : 顎・口腔における音響・振動に関する研究. 第1報咬合音について. 日補綴誌, 19 : 43-58, 1975.
- 24) Watt, D.M. : A gnathosonic study of tooth

- impact. Dent. Practit., 17 : 317-323, 1967.
- 25) Watt, D.M. and Hedegard, B. : The stereostethoscope-An instrument for clinical gnathosonics. J. Prosthet. Dent. 18 : 458-463, 1967.
 - 26) Watt, D.M. : Recording the sounds of tooth contact : A diagnostic technique for evaluation of occlusal disturbances. Int. Dent. J., 19 : 221-238, 1969.
 - 27) Watt, D.M. and Wakabayashi, Y. : Study of a classification of occlusion. J. Oral Rehabil., 5 : 101-110, 1978.
 - 28) 小鹿典雄 : 顎関節症における咬合音ならびに咀嚼筋電図に関する研究. 歯科学報, 78 : 535-586, 1978.
 - 29) Brenman, H.S. and Hattler, A.B. : Myograms and occlusograms. Dent. Progr., 3 : 253-261, 1963.
 - 30) Brenman, H.S. and Amsterdam, M. : Postural effects on occlusion. Dent. Progr., 4 : 43-47, 1963.
 - 31) 小宮山彌太郎 : 天然歯列における咬合・接触状態, 歯牙の動きおよび咬音との関係について. 歯科学報, 75 : 1699-1745, 1975.
 - 32) 織田篤憲 : 咬合音の分析. 歯科医学, 40 : 239-261, 1977.
 - 33) 高宮紳一郎 : 咬合音の骨伝導に関する研究. 歯科学報, 79 : 1317-1359, 1979.
 - 34) 若林康郎, 竹花庄治 : 咬合音分析に関する考察. 歯科ジャーナル, 8 : 213-220, 1978.
 - 35) 小林義典 : 咬合音による咬合音診断に際しての臨床的条件付け. 歯科ジャーナル, 17 : 593-604, 1983.
 - 36) 中村正幸 : 歯に加わった衝撃の伝導特性. 歯科ジャーナル, 17 : 543-549, 1983.
 - 37) Watt, D.M. : Report on a method of direct occlusal analysis. Dent. Practit., 15 : 416-420, 1965.
 - 38) Watt, D.M. : Gnathosonics in occlusal evaluation. J. Prosthet. Dent., 19 : 133-143, 1968.
 - 39) Watt, D.M. Sharkey, S.W., Saberi, M. and Likeman, P.R. : A study of the average duration of occlusal sounds in different age groups. Brit. Dent. J., 138 : 385-388, 1975.
 - 40) Wakabayashi, Y. and Watt, D.M. : Gnathosonic monitoring of patients with gnathic dysfunctions. J. Oral Rehabil., 5 : 29-34, 1978.
 - 41) 高橋雅一 : 咬合音分析の矯正臨床への応用. 日矯歯誌, 40 : 228-250, 1981.
 - 42) 加藤 熙 : 正常および病的な歯周組織の共振数値の測定—歯周組織の生物学的診断の新しい方法—. 口病誌, 35 : 58-81, 1968.
 - 43) Kegel, W., Selipsky, H. and Phillips, C. : The effect of splinting on tooth mobility. I. During initial therapy. J. Clin. Periodontol., 6 : 45-58, 1979.
 - 44) O'Leary, T.J. : Indices for measurement of tooth mobility in clinical studies. J. Periodont. Res. Suppl. 9, 14 : 94-105, 1974.
 - 45) Kerry, G.J., Morrison, E.C., Ramfjord, S.P., Hill, R.W., Caffesse, R.G., Nissle, R.R. and Appleberry, E.A. : Effect of periodontal treatment on tooth mobility. J. Periodontol., 53 : 635-638, 1982.
 - 46) 加藤 熙 : 歯の動揺度(上)—臨床的ならびに基礎的な歯周組織の力学的研究—. 歯界展望, 48 : 529-539, 1976.
 - 47) O'Leary, T.J., Rudo, K.D. and Nabers, C.L. : Factors affecting horizontal tooth mobility. Periodontics, 4 : 308-315, 1966.
 - 48) Wasserman, B.H., Geiger, A.M. and Turgeon, L.R. : Relationship of occlusion and periodontal disease Part VII-mobility. J. Periodontol., 44 : 572-578, 1973.
 - 49) 戸栗和慶, 向坂康彦, 山崎 修, 花田晃治, 山鹿卓郎, 石岡 靖, 木竜 徹 : 下顎前突者の被蓋改善前後における咀嚼筋電図波形についての研究. 日矯歯誌, 41 : 244-259, 1982.
 - 50) 山鹿卓郎, 石岡 靖, 木竜 徹, 鈴木道斉, 斉藤義明 : 筋電図の自動解析 第3報 Silent Periodの認識について. 日補綴誌, 26 : 526-531, 1982.
 - 51) 木竜 徹, 山鹿卓郎, 斉藤義明, 石岡 靖 : 筋電図の自動解析 第4報 統計的波形分析による Silent Period 前後の咀嚼筋電図解析. 日補綴誌, 26 : 814-821, 1982.
 - 52) Widmalm, S.E. : The silent period in masseter muscle of patients with TMJ dysfunction. Acta Odont. Scand., 34 : 43-52, 1976.