咬合音診査の有用性に関する検討

第1報 正常天然歯列者ならびに各種補綴物装着者 における歯牙タッピング時の咬合音波形

岡根 秀明 松田 一雄 平岡 由三 萱野 至仁
盛植 泰照 長沢 亨 津留 宏道

Clinical Effects of Occlusal Sound Examination

Part 1. Occlusal Sound Waves During Tooth Tapping in Subjects with Natural Dentition and in Patients with Fixed or Removable Prostheses

Hideaki Okane, Kazuo Matsuda, Yuzo Hiraoka, Yoshihito Kayano,
Yasuteru Moriue, Tooru Nagasawa and Hiromichi Tsuru

緒 言

近年、咬合の客観的診査法の1つとして咬合音を応用する方法が注目されている。咬合音による咬合診査法は従来より広く行われてきた方法と異なり、上下歯牙間に何ら咬合診査材を介在させることなく、口腔外から咬合状態を推定できるという特徴を有している。

咬合音診査法は1950年代に聴診法によって行われたのに始まる。聴診法は音の性状によって咬合状態を診査する方法であるが、定量的な把握が困難であり、術者の主観によって影響を受ける。このため、Brenman¹⁾、Watt²⁻⁵⁾らは音をマイクロフォンで検出し、記録紙あるいはオシロスコープ上に記録する方法を開発し、歯牙の接触状態と咬合音波形との関係について検討している。その後、咬合音の持続時間とパターンの分析^{6,7)}、周波数分析⁸⁻¹²⁾等が行われ、咬合状態と咬合音の関係について、多くの知見が得られた。

しかしながら、臨床応用に適した測定条件の確立および測定装置の開発が遅れ、咬合音診査法の有効性が指摘されながらも、広く応用されるには至らなかった。

1976年、田中¹³⁾が臨床応用に適した咬合音診査機器を

開発し、その後、数種の機器が市販されるに至り、ようやく咬合音診査法が広く応用されるようになりつつある。しかし、各種補綴物を装着する際、これら臨床用の咬合音診査機器がどの程度の的確さをもって咬合状態を表示しうるかを詳細に検討した報告はほとんどみられない。

そこで今回、われわれは咬合音診査機器による咬合診査法の有用性を明確にする目的で、まず、市販の代表的咬合音診査機器を採り上げ、正常天然歯列者の咬合音波形ならびに各種補綴物装着時における咬合調整前後の咬合音波形について比較検討した。

実験材料ならびに方法

1. 被験者

被験者は広島大学歯学部附属病院補綴科に来院した患者40名および正常天然歯列者として本学歯学部の教官、学生25名である。被験者の条件は以下に示すとおりである。

(1) 単独冠装着者

上下顎いずれかの片側の小臼歯あるいは大臼歯のうち1歯または2歯に単独の全部鋳造冠を装着した患者のうち、ほかの歯牙がすべて健全天然歯であるかまたは少数歯の充填処置以外に歯科治療の既往のないもの10名を選択した。各症例における単独冠装着部位は表3に示すとおりである。

広島大学歯学部歯科補綴学第1講座（主任：津留宏道教授）
Dept. of Removable Prosthodontics, Hiroshima Univ.
School of Dentistry (Chief: Prof. Hiromichi Tsuru)
昭和59年6月26日受付

図 1 咬合音診査機器オレンジ 1

(2) 固定性架工義歯装着者

上下顎いずれかの片側の臼歯部において、1 歯または 2 歯の欠損部に固定性架工義歯を装着した患者のうち、ほかに第 3 大臼歯以外の欠損部がなく、少数歯の充填処置以外に歯科治療の既応のないもの 10 名を選択した。各症例における架工義歯装着部位は表 4 に示す。

(3) 可撤性部分床義歯装着者

上下顎の一方または双方に可撤性部分床義歯を装着した患者 10 名を選択したが、これらのなかには片顎が無歯顎のものも含んでいる。いずれの義歯も機能印象採得後、通法に従い作製されたものであり、臼歯部人工歯は陶歯または金属歯を用いた。片顎が無歯顎の症例に対して装着した全部床義歯はレジン床であるが、部分床義歯はすべて Co-Cr 合金による鑄造金属床義歯である。各症例における義歯装着部位は表 5 に示すとおりである。

(4) 全部床義歯装着者

上下無歯顎患者 10 名を選択した。いずれの義歯も機能印象採得後、半調節性咬合器を用いて通法に従い作製したレジン床義歯である。臼歯部人工歯には咬頭傾斜角 20 度の陶歯を使用し、両側性平衡咬合を得るように排列した。

(5) 正常天然歯列者

第 3 大臼歯以外に欠損がなく、小さな充填処置以外に歯科治療の既応がなく、しかも自覚的にも他覚的にも咬合状態に異常を認めない正常天然歯列を有する者 25 名(平均年齢 23.0 歳)を本学歯学部教官および学生から選択した。

図 2 センサーを被験者に装着したところ

2. 咬合音の記録

咬合音の記録装置として咬合音診査機器(モリタ社製、オレンジ 1, TSD-1 型)を用いた(図 1, 2)。咬合音記録時には、被験者を補綴科診療室の治療椅子にアップライトポジションに座らせ、中等度の強さ、任意の速さで咬頭嵌合位における歯牙タッピングを行わせた。咬合音は各種補綴物の咬合調整前後および正常天然歯列者について記録した。単独冠および架工義歯については、装着前の波形も記録したが、今回の報告では省略した。なお咬合調整前後の波形を記録する場合、セメント合着は行っていない。咬合調整は厚さ 0.03 mm の咬合紙による咬合点印記法、透視法および厚さ 0.013 mm の occlusal registration strips による引き抜き試験を併用して行った。咬合音の各記録時期において、数回の咬合音波形の連続観察を介在させながら 5 回咬合音波形を記録した(図 3)。波形は 1 回の記録ごとに、咬合音診査機器に内蔵されているプリンターにて記録紙上に印記した。

3. 咬合音の分析

(1) 波形形態の比較

表 1 に正常天然歯列者 25 名より得られた波形をもとに決定した理想の咬合音波形の条件を示す。咬頭嵌合位において、上下歯牙が均等な接触関係にある正常天然歯列者の場合、咬合音は single sound を示し、sliding wave あるいは 2 相性の波形は出現しなかった。さらに、左右波形の形態が類似するとともに、左右波形の出現と

図3 オレンジ1のブラウン管上に表示された咬合音波形
写真中のR, Lの文字は後で加えたものである

表1 理想の咬合音波形

1. Impactの音がSingle Soundである
2. 左右の波形が相似形である
1) 左右のDurationが等しい
2) 左右のAmplitudeが等しい
3. 左右のDelayがない

表2 波形成態の臨床的判定基準

—	理想波形の条件を全て満たす
+	理想波形の条件の1つを満たさない
++	理想波形の条件の2つを満たさない
+++	理想波形と異なる

判定

- 有効
△ 不明
× 無効

消失とに時間的なずれが生じなかった。左右波形の形態の類似は、詳述すれば左右の持続時間および振幅が等しいことを意味する。

以上の理想波形の条件をもとに、臨床的判定基準を表2に示すように決定した。すなわち、理想波形の条件をすべて満たす場合、咬合音波形に異常を認めないという意味から、「—」、以下理想波形の条件を満たさない程度に応じて「+〜+++」に分類し、以下に述べる臨床的スクリーニングテストを行った。咬合調整後の波形のランクが咬合調整前の波形のランクよりすぐれる場合、咬合音による咬合診査を「有効」と判定した。咬合調整前後で波形のランクに差がない場合、「不明」、咬合調整後の波形のランクが調整前より劣る場合、「無効」と判定した。

図4 咬合音波形の分析法を示す模式図

D: トリガー時点から咬合音波形消失までの波形の持続時間

A: 最大振幅

$|t_R - t_L|$: トリガー時点から最大振幅までの時間差

(2) 咬合音波形の分析

得られた咬合音波形について、図4に示すような分析を行った。すなわち、トリガー時点から咬合音波形消失までの持続時間 D、最大振幅 A、トリガー時点から左右波形の最大振幅までの時間差 $|t_R - t_L|$ のそれぞれを測定した。各記録時期から得られた5つの波形について上記のパラメータの値を求め、最大値と最小値を除外した残りの3つの値の平均値を測定値とした。

(3) 実時間の換算

今回はオレンジ1の sampling time を T_2 (100 msec) として用いた。この場合、102.4 msec を 1,024 sample するので、1 sample が 0.1 msec となる。プリンターでは、最初の 10 points がダミーで、トリガー時点より 256 points が印記される。256 points が 107 mm に相当するから、 $1 \text{ mm} = (256/107) \times 0.1 = 0.24 \text{ msec}$ として実時間に換算した。

(4) 咬合音波形持続時間の正常値

25名の正常天然歯列者の左右波形から測定した持続時間について、危険率5%の棄却限界を求め、正常値の範囲とした。

$$\bar{x} - U\sqrt{\frac{N+1}{N}F_0} \leq X_0 \leq \bar{x} + U\sqrt{\frac{N+1}{N}F_0}$$

N: 標本数, $\bar{x}$: 標本平均, U^2 : 不偏分散, $F_{\alpha-1}^{1-1}$ (0.05): 自由度 $n_1=1, n_2=N-1$ に対する危険率5%のF表値

表 3 単独冠装着者の咬合音波形

10 例中 9 例は咬合調整後、波形のランクが向上した

Sub.	補綴部位	調整前の波形	調整後の波形	判定
1	7]	++	+	○
2	76]	++	-	○
3	6]	+++	+++	△
4	6]	++	+	○
5	6]	++	-	○
6	6]	+++	-	○
7	4]	++	+	○
8	5]	+	-	○
9	76]	++	-	○
10	6]	+	-	○

表 4 固定性架工義歯装着者の咬合音波形

10 例中 8 例は咬合調整後、波形のランクが向上した

Sub.	補綴部位	調整前の波形	調整後の波形	判定
1	⑦ 6 5 ④	++	-	○
2	⑤ 6 ⑦	++	++	△
3	⑥ 5 ④	++	-	○
4	⑤ 6 ⑦	+	-	○
5	⑤ 6 ⑦	+	-	○
6	⑦ 6 ⑤	+	+	△
7	④ ⑤ 6	++	+	○
8	⑤ 6 ⑦	+	-	○
9	⑤ 6 ⑦	+	-	○
10	⑦ 6 ⑤	+	-	○

実験結果

1. 咬合調整前後における波形の比較

前述の表 1 および表 2 の基準に従い、各種補綴物の咬合調整前後における咬合音波形を比較検討した結果を表 3～6 に示す。

単独冠装着者に関する結果は表 3 に示すとおりである。10 例中 9 例は咬合調整後、波形のランクが向上し、咬合音による咬合診査は有効と判定された。この 9 例中 6 例は咬合調整後、理想の咬合音波形として設定した条件をすべて満たす波形を示した。

固定性架工義歯装着者に関する結果は表 4 に示すと

表 5 可撤性部分床義歯装着者の咬合音波形

10 例ともに咬合調整後、波形のランクが向上した

Sub.	補綴部位	調整前の波形	調整後の波形	判定
1	7 — 3 6 7 7 — — 7	+	-	○
2	7 — — 7 7 4 — 7	++	-	○
3	6 — 4 - 7	++	-	○
4	7 - 4 4 - 7	+	-	○
5	7 — — 7 7 6 5 - 7	++	-	○
6	7 6 2 3 6 7 7 — — 7	+++	-	○
7	7 - 3 4 - 7 — — 5 - 7	++	+	○
8	7 — 5 - 7	+++	-	○
9	7 - 5 5 6	++	-	○
10	6 4 5 6	++	+	○

表 6 全部床義歯装着者の咬合音波形

10 例ともに咬合調整後、波形のランクが向上した

Sub.	調整前の波形	調整後の波形	判定
1	+	-	○
2	+	-	○
3	+	-	○
4	++	+	○
5	+++	-	○
6	++	+	○
7	++	-	○
8	+	-	○
9	+	-	○
10	+++	+	○

りである。10 例中 8 例は咬合調整後、波形のランクが向上し、咬合音診査は有効と判定された。この 8 例中 7 例は咬合調整後、理想の咬合音波形の条件をすべて満たす波形を示した。

可撤性部分床義歯装着者に関する結果は表 5 に示すとおりである。10 例ともに咬合調整後の波形のランクが向上し、咬合音診査は有効と判定された。このうち 8 例は咬合調整後、理想の咬合音波形の条件をすべて満たす波

図5 咬合音波形の持続時間
(単独冠: Cr. および固定性架工義歯: Br.)

たて軸は時間, よこ軸の Before, After はそれぞれ咬合調整前後を示す. 斜線のヒストグラムは補綴物装着側, 白ぬきのヒストグラムは非装着側の測定結果で, ★印は咬合調整前と比較して5%以下の危険率で有意差のあることを示す.

単独冠, 固定性架工義歯ともに, 咬合調整後は持続時間が短縮した

図6 咬合音波形の持続時間
(可撤性部分床義歯: P.D. および全部床義歯: C.D.)

斜線のヒストグラムは右側, 白ぬきのヒストグラムは左側の測定結果である

可撤性部分床義歯, 全部床義歯ともに, 咬合調整後は持続時間が短縮した

形を示した.

全部床義歯装着者に関する結果は表6に示すとおりである. 10例ともに咬合調整後, 波形のランクが向上し, 咬合音診査は有効と判定された. このうち7例は咬合調整後, 理想の咬合音波形の条件をすべて満たす波形を示した.

2. 咬合調整前後における咬合音波形の分析

(1) 咬合音波形の持続時間について

図5は単独冠 (Cr.) および固定性架工義歯装着者 (Br.), 図6は可撤性部分床義歯 (P.D.) および全部床義

図7 咬合音波形の最大振幅
(単独冠: Cr. および固定性架工義歯: Br.)

グラフのたて軸は記録紙上の実測値を mm 単位で示す. 単独冠では, 咬合調整前後で著明な変化がみられなかったが, 咬合調整後, 標準偏差が減少する傾向がみられた. 固定性架工義歯では咬合調整後, 振幅が増大するとともに, 左右の値の差が小さくなる傾向がみられた

歯装着者 (C.D.) の咬合調整前後における咬合音波形の持続時間の測定結果であり, それぞれ被験者10名の平均値および標準偏差を示している. グラフのたて軸は時間, よこ軸の Before は咬合調整前, After は咬合調整後を示す. 図5の斜線のヒストグラムは単独冠あるいは固定性架工義歯の装着側, 白ぬきのヒストグラムは非装着側を示し, 図6の場合は, 斜線のヒストグラムは右側, 白ぬきのヒストグラムは左側を示している. ★印は t 検定の結果, 咬合調整前に比較して5%以下の危険率で有意差のあることを示す.

いずれの補綴物においても, 咬合調整前後の咬合音波形の持続時間は調整前に比較して著明に短縮し, 単独冠の装着側, 可撤性部分床義歯および全部床義歯の左右両側には有意差が認められた. また, いずれの補綴物においても, 咬合調整後は被験者の標準偏差が減少し, 持続時間は3~5 msecに集中する傾向がみられた.

(2) 咬合音波形の最大振幅について

図7は単独冠 (Cr.) および固定性架工義歯装着者 (Br.), 図8は可撤性部分床義歯 (P.D.) および全部床義歯装着者 (C.D.) の咬合調整前後における咬合音波形の最大振幅の測定結果であり, それぞれ被験者10名の平均値および標準偏差を示している. グラフのたて軸は記録紙上の測定値を mm 単位で示した.

単独冠においては, 最大振幅は咬合調整前後で著明な変化を示さなかったが, 調整後は標準偏差が小さくなる傾向がみられた. ほかの補綴物では, 最大振幅は咬合調整後, やや増大する傾向を示し, 固定性架工義歯の装着

側、可撤性部分床義歯の左側、および全部床義歯の右側において有意差が認められた。また、これら3種類の補綴物では、左右側の値の差が咬合調整後小さくなる傾向を示した。

(3) トリガー時点から最大振幅に達するまでの時間差について

左右波形のトリガー時点から最大振幅に達するまでの時間差の測定結果は表7に示すとおりである。

咬合調整前は平均 0.4~0.9 msec の時間差を示していたが、咬合調整後はいずれの補綴物においても時間差が短縮し、0.1~0.3 msec の値を示した。

図8 咬合音波形の最大振幅

(可撤性部分床義歯：P.D. および全部床義歯：C.D.)

いずれの補綴物においても、咬合調整後、振幅が増大し、左右の値の差が小さくなる傾向がみられた

3. 咬合音波形持続時間の正常値について

正常天然歯列者 25 名から得られた咬合音波形の持続時間の測定結果は表8に示すとおりである。

すべての被験者の値は 2~5 msec 程度であり、平均値は右側で 3.7 ± 0.70 msec, 左側で 3.7 ± 0.73 msec を示し、左右側に有意差はみられなかった。

危険率5%の棄却限界は右側で $2.2 \leq X \leq 5.2$ msec, 左側で $2.1 \leq X \leq 5.1$ msec, 左右側を合わせると $2.3 \leq X \leq 5.1$ msec であった。

考 察

咬合調整の困難性は咬合障害部の切削技法よりも、むしろ咬合障害の検出にあると考えられる。咬合障害を検出する方法としては従来より、咬合診査材を上下歯牙間

表7 左右波形のトリガー時点から最大振幅に達するまでの時間差

いずれの補綴物においても咬合調整後、時間差は短縮した

	Before	After
Cr.	0.7 ± 1.1	0.3 ± 0.6
Br.	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.1
P.D.	0.9 ± 1.1	0.1 ± 0.1
C.D.	0.7 ± 1.2	0.1 ± 0.2

msec

表8 正常天然歯列者における咬合音波形の持続時間ならびに正常値の範囲

Sub.	Right	Left	Sub.	Right	Left	Sub.	Right	Left
1	3.3	3.5	10	3.7	3.6	18	3.9	4.0
2	3.8	3.8	11	3.5	3.5	19	3.3	3.1
3	5.7	5.7	12	3.9	3.7	20	3.2	3.2
4	2.7	2.8	13	3.6	3.7	21	3.5	2.9
5	2.8	3.4	14	3.5	3.7	22	4.2	3.9
6	3.6	3.3	15	3.6	3.6	23	3.7	3.2
7	5.6	5.7	16	2.9	3.2	24	4.1	3.9
8	3.3	3.1	17	4.3	4.6	25	3.3	3.1
9	3.1	2.9						

(msec)

Ave. (Right) : 3.7 ± 0.70 msec
(Left) : 3.7 ± 0.73 msec

Normal Range

(Right) : $2.2 \leq X \leq 5.2$ msec

(Left) : $2.1 \leq X \leq 5.1$ msec

(Total) : $2.3 \leq X \leq 5.1$ msec

表 9 持続時間および最大振幅の変動
（正常天然歯列者）

持続時間は平均 3.3 ± 0.38 msec, 変異係数は 0.12,
振幅は平均 8.8 ± 2.5 mm 変異係数は 0.28 であった

	Duration	Amplitude
1	3.8	8.90
2	3.5	6.50
3	3.5	11.60
4	3.0	6.25
5	2.9	10.90
	msec	mm

に介在させて行う方法が広く応用されている。咬合音を応用する目的も咬合障害を検出することにあるが、障害の高さの定量化あるいは障害部の特定は困難¹⁴⁻¹⁵⁾あり、従来の咬合診査材を用いる方法にとって代わるものとはいえない。

そこで、咬合音診査機器を臨床に応用する場合、咬合診査法の1つとしてその有用性をいかに評価すべきかを、あらかじめ検討しておく必要があると考える。

咬合音診査法が従来の方法に比較して優れているのは、歯牙接触状態の時間的変化を記録できること、および口腔外から容易に記録できることにある。前者は歯牙接触の時間的様相を推測できるということにすぎず、接触滑走の経路は印記法によらねば明確にならない。したがって、後者をより大きい利点と考えるべきであろう。すなわち、咬合診査材を用いる方法は、唾液の存在する口腔内で手技として行うため不正確になりやすく、しかも咬合診査材の介在によって生理的咬合位が変化する危険性もある。咬合音診査法ではこのような問題が生じないため、比較的確実に咬合障害を検出できると考えられる。

歯牙のタッピングによって生じる咬合音を記録し、咬合診査を行う方法は、咬頭嵌合位における上下歯牙の接触状態の均一性すなわち同時性を調べるものである。そこで、補綴臨床においてはまず、咬合音診査を補綴物装着時の咬合状態ならびに咬合調整の効果の判定に利用することがあげられる。この場合、咬合音診査の有用性は、(1) いかなる補綴物においても、咬合調整の効果が咬合音波形に表示されること、(2) 咬合音波形が咬合調整による障害部の高さの変化に鋭敏に対応すること、(3) 微細な咬合障害に対して咬合音診査法が高い検出力を有すること、の3条件にかかっていると考えられる。このうち(2)、(3)は次報で報告することとし、本報では(1)につ

表 10 持続時間および最大振幅の変動
（顎機能障害患者）

持続時間は平均 4.8 ± 0.37 msec, 変異係数は 0.077, 振幅は平均 13.7 ± 3.0 mm, 変異係数は 0.22 であった

	Duration	Amplitude
1	4.7	11.40
2	4.5	10.00
3	4.5	16.35
4	5.4	17.00
5	4.8	13.50
	msec	mm

いて検討を加えたのである。

そこで、被験者としては日常広く応用されている代表的補綴物装着者、すなわち、単独の鑄造冠、架工義歯、部分床義歯および全部床義歯それぞれの装着者を選択することにした。

歯牙タッピング時の咬合音波形を記録する場合、小林¹⁶⁾は連続タッピング時に比較すると単独タッピング時の方が持続時間、振幅のパラッキが大きいと報告している。一方、雨宮⁶⁾および織田¹⁰⁾はタッピングの強弱によって波形に変化が生じると報告しているが、小林¹⁶⁾は逆にタッピングの強弱は指示する必要がないと述べている。そのほかタッピングの速さあるいは速さの規制等も含め、相互の関連のもとに、適切な記録条件についてさらに検討の余地があるように思われる。

しかし、市販の咬合音診査機器を用いる場合、連続タッピングを記録することは困難であり（今回用いたオレンジ1でも同様である）、1回ずつ単独タッピングの波形を記録せざるを得ない。われわれは本機を改造し、アナログの output, input を設けてデータレコーダに接続可能にしたが、今回の実験の目的が、咬合音診査機器の臨床的有用性を検討することにあるため、通常の臨床使用条件を考慮して、単独タッピング時の波形を5回記録した。このため可及的にタッピング運動のパラッキを少なくする目的で、タッピングの強さは中等度とし数回の咬合音波形の連続観察を介在させながら単独波形を5回記録するように配慮した。表9および表10は以上のようにして記録した咬合音波形の持続時間と振幅の測定結果である。表9は正常天然歯列者、表10は顎機能障害患者（単独冠装着者のNo. 3）であり、測定値はいずれも左側の咬合音波形から得られたものである。咬合音波形の持続時間の変異係数は正常天然歯列者の場合0.11、顎機能障害患者の場合0.077であり、パラッキは少なかつ

た。振幅の変異係数は正常天然歯列者で 0.28, 顎機能障害者で 0.22 であり, 持続時間に比較すると大きいバラツキが認められた。ほかの被験者の測定値もほぼ同様のバラツキを示した。このことから, 今回の咬合音の記録方法は, 持続時間に関しては満足の得られる方法と思われる。振幅については, 今回用いた機種に入力波形の振幅を自動的に調節する機構, すなわち, 入力波形の振幅に応じて増幅度を変化させ, 波形の saturation を防止する機構が付いているため, 測定値が必ずしも実際の振幅を表示しているとはいえない。よって, バラツキの程度について明確な評価が困難であるが, peak to peak 値に関する小林¹⁶⁾の報告と比較すると, まず妥当な値であろうと思われる。今回用いたオレンジ 1 の振幅表示の特性については, 次報で詳細に検討したい。

本研究ではまず, 波形の評価を行ってみた。理想の咬合音波形の条件については先人の報告^{3,7)}を参考にしたが, 臨床用の咬合音診査機器から得られる情報量を考慮すれば妥当な条件であろうと思われる。ただし, 左右波形の時間差に関しては, 今回用いた装置では正確な波形の onset が不明のため, 左右波形の最大振幅時の時間的な差によって評価せざるを得なかった。ほかの機種ではトリガー時点より以前もメモリーされる機構の付いたものがあり, その場合は onset の時間差を評価できると思われる。

単独冠, 架工義歯, 部分床義歯および全部床義歯装着者を通じ, 40 例中 37 例について咬合調整後, 波形のランクの向上がみられた。単独冠および架工義歯と部分床義歯および全部床義歯では咬合音の信号伝達経路が明らかに異なり, しかも咬合音の起源となる歯牙の材質的な相違もあるが, いずれの場合も咬合音によって咬合調整の効果を判定できることが判明した。このことは, 従来の咬合診査法との比較は別にしても臨床における使用条件のもとで, 少なくとも咬合音診査機器の利用価値が示されたものと思われる。なお, 今回用いた被験者の義歯にはすべて陶歯を使用した, レジン歯の場合についても今後検討する必要がある。

咬合調整前後で波形のランクに差がみられなかった 3 例(単独冠の No. 3, 架工義歯の No. 2 および No. 6 の被験者)は今回の補綴物装着部以外の部位に咬合障害が存在していた。このため, 装着した補綴物の咬合調整の効果が咬合音波形に明確に表われなかったものと思われる。しかし, これは今回定めた理想波形の条件と比較する限り差がなかったということであり, 視覚的観察を行うと補綴物の装着前後では波形の形態に変化がみられ

た。

単独冠の No. 3 の被験者はたまたま顎機能障害患者であった。顎機能障害患者の場合, 理想波形とは異なる波形の出現率が増加すると報告されている^{3,4,17)}。咬頭嵌合位における咬合の不均一性が顎機能障害と関係があるかどうかは不明であるが, 咬頭嵌合位でのタッピングで生じる咬合音が顎機能障害の診断に有用か否かは大変興味深い課題である。

波形の評価について, 本研究では得られた波形の持続時間, 振幅, 左右波形の時間差を測定した。前述のごとく, 今回用いたオレンジ 1 は左右の入力波形のいずれか振幅の大きい方によってセルフトリガーがかかり, 波形が掃引される機構になっている。このため, トリガー時点より以前の波形は記録されないため, トリガー時点を波形の onset として持続時間を測定したのはやむを得ないことである。

持続時間はいずれの補綴物においても, 咬合調整後短縮した。Watt^{3,4)}は不安定な歯牙接触が生じると持続時間が延長すると報告している。雨宮⁶⁾は Crown あるいは Onlay を装着し異常な咬合接触が生じると持続時間が延長すると述べている。また, 本間¹⁸⁾, 原¹⁹⁾は歯周疾患患者の咬合調整を行うと持続時間が減少し, 正常者の値に近づくことをみだしている。以上のように咬合音の持続時間は咬合状態を直接表現するパラメータと考えられる。本研究の結果から咬合調整の効果が持続時間に明確に反映されたことから, 持続時間の正常値を明らかにすれば, 臨床における咬合診査の有用性はさらに高まると考えられる。

そこで, 理想の咬合音波形の条件を検討するために用いた 25 名の正常天然歯列者から, 持続時間の正常値を求めることにした。標本数が 25 であるので, 中心極限定理によって標本の分布は正規分布に近似すると考えられる。そこで, 危険率 5% の棄却限界を求め, これを正常値の範囲とした。この範囲に新たに 1 つの値をあてはめ, この範囲をはずれていればその値は 5% の危険率で異常であると判定できるため, 正常値の範囲の設定に棄却限界を用いることは適切であろう。

今回得られた数値は左右側合わせると $2.3 \leq X \leq 5.1$ msec であった。天然歯列者における咬合音の持続時間は研究者によって大きく異なり, Watt⁴⁾ は 48 msec, 雨宮⁶⁾ は 36.2 msec, 小宮山⁷⁾ は 10~24 msec, 本間¹⁸⁾, 原¹⁹⁾ は 10 msec 以下と報告している。この差が何に起因するものか不明であるが, 測定条件および測定機器の相違によるものと思われる。現在市販されている咬合音診

査機器を用いた場合、これほど大きい差は生じないと思われるが、トリガーの問題、増幅度、検出部位、センサーの特性等によって測定値に差が生じる可能性があるため、各機種ごとに正常値をみいだす必要があると考える。本実験で用いたオレンジ1はトリガー時点より以前の波形が記録されない。次報で詳しく述べるが、記録されない部分は約2~3 msecと思われる。このため、測定値が小さくなったのであろう。しかし、実験の結果、いずれの補綴物においても、咬合調整後、咬合音の持続時間はほぼ正常値の範囲内の値を示したことから、今回求めた正常値の範囲は、オレンジ1を用いる場合、咬合診断の1つの基準となりうると思われる。

振幅は前述のように、オレンジ1の特性上、記録紙上の測定値を直接評価すべきではないと思われる。むしろ、左右の振幅の差によって評価すべきであろう。本研究ではいずれの補綴物においても、咬合調整後左右の振幅の差が減少する傾向がみられた。波形の評価の項でも述べたが、咬合調整後、理想波形の条件に近づいたことが振幅の測定結果から裏づけられた。咬頭嵌合位において、左右の臼歯部が均等な接触状態にあれば、左右の咬合音波形の振幅はタッピングの強さにかかわらず、ほぼ同じ値になるといえる。

左右波形の時間差は、咬合調整後短縮した。咬合調整によって咬頭嵌合位における歯牙接触の同時性が確立されると、センサーへの左右の咬合音の到達時間差が小さくなると考えられることから、左右波形の時間差を測定することは有効な方法であろうと思われる。今回はオレンジ1の機構上の制約から onset の時間差ではなく、トリガー時点から最大振幅までの時間差を測定したわけであるが、このパラメータも咬合調整の効果を表示できることが明らかになった。

総 括

咬合音診査機器の有用性を明確にする目的で、正常天然歯列者の咬合音波形および各種補綴物装着時における咬合調整前後の咬合音波形について検討を加え、以下の結果ならびに結論を得た。

1. 咬合音の波形は、単独冠、架工義歯、部分床義歯および全部床義歯装着者、合計40例中37例において咬合調整を行うことにより、正常天然歯列者の波形から求めた理想の咬合音波形の条件を満たす方向へ変化した。

2. 単独冠および架工義歯装着者において、ほかの部位に咬合障害がある場合、咬合調整の効果が咬合音波形

に明確に表れなかった。

3. いずれの補綴物においても、咬合調整を行うと、咬合音の持続時間が短縮し、左右波形の最大振幅の差が減少し、左右波形の最大振幅に到達するまでの時間差が減少した。

4. 正常天然歯列者25名から咬合音波形の持続時間について、正常値の範囲を棄却限界によって求めた。この結果、オレンジ1から得られる咬合音波形の持続時間の正常値は $2.3 \leq X \leq 5.1$ msec であった。

5. いずれの補綴物においても、咬合調整後の持続時間はほぼ上記の範囲内の値を示した。

以上をまとめると、咬合音診査機器による咬合診査法は、何ら咬合診査材を用いることなく容易に行える利点があり、補綴物の条件にかかわらず、多くの場合、咬合調整の効果を、波形を視覚的に評価することによって容易に知ることができるため、従来の咬合診査法を補う方法として有用であると考えられる。記録された波形を分析する場合、波形の持続時間、左右の最大振幅の差、最大振幅に達するまでの左右波形の時間差等をパラメータとすることによって、咬頭嵌合位における咬合状態の良否を推測できると思われた。また、今回求めた持続時間の正常値の範囲は、オレンジ1を用いた場合、咬合診査の1つの基準になりうると思われた。

本研究の要旨は昭和57年度日本補綴歯科学会中国四国支部学会（高知市）において発表した。

本研究に対し種々ご協力を賜った株式会社モリタならびにモリタ京都工場、日野節造氏に対し厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Brenman, H.S. and Hattler, A.B.: Myograms and occlusograms, Dent. Prog., 3: 253~261, 1963.
- 2) Watt, D.M.: Gnathosonics-A study of sounds produced by the masticatory mechanism, J. Prosthet. Dent., 16: 73~82, 1966.
- 3) Watt, D.M.: Clinical applications of gnathosonics, J. Prosthet. Dent., 16: 83~95, 1966.
- 4) Watt, D.M.: Gnathosonics in occlusal evaluation, J. Prosthet. Dent., 19: 133~143, 1968.
- 5) Watt, D.M.: Use of sound in oral diagnosis, Proc. roy. Soc. Med., 63: 793~797, 1970.
- 6) 雨宮幸三: 咬合音に関する研究, 歯科医学, 35: 625~656, 1972.
- 7) 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.
- 8) Nevakari, K. and Siirilä, H.S.: A frequency analysis of tooth vibration during audible gnashing of teeth, Acta Odontol. Scand., 28: 213~222, 1970.
- 9) 石岡 靖: 人体における音響振動と咬合分析, 新潟歯学, 4: 51~65, 1975.
- 10) 織田篤憲: 咬合音の分析, 歯科医学, 40: 239~261, 1977.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 田中良種: 咬合音による咬合診断の実際, 歯科ジャーナル, 17: 611~619, 1983.
- 14) 羽田 勝, 野口志朗, 高津佳彦, 宮本雅司, 大山高志, 松本直之: 咬合音による早期接触歯の同定, 第 1 報 模型実験による可能性の検討, 補綴誌, 26: 829~835, 1982.
- 15) 野口志朗, 羽田 勝, 高津佳彦, 宮本雅司, 大山高志, 根津正樹, 江上 均, 松本直之: 咬合音による早期接触歯の同定, 第 2 報 全部床義歯模型における可能性の検討, 補綴誌, 27: 980~985, 1983.
- 16) 小林義典: 咬合音による咬合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.
- 17) 小鹿典雄: 顎関節症における咬合音ならびに咀嚼筋筋電図に関する研究, 歯科学報, 78: 535~586, 1978.
- 18) 本間修平, 福永隆四, 吳 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, 1982.
- 19) 原 耕二: 咬合治療の効果と咬合音診断, 歯医学誌, 3: 5~26, 1984.