

咬合音の機能分析への応用に関する研究

— 早期接触歯の識別について —

中野 廣一 三浦 廣行 亀谷 哲也
石川 富士郎

岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座* (主任: 石川富士郎教授)

[受付: 1980年10月1日]

抄録: 本研究は、咬合を機能面から解析するために咬合音を利用して、早期接触歯の識別を試みたものである。

左右の側頭部にトランスジューサー (セラミック型マイクロフォン) を設置して、

(a) 上顎各歯に直接 1,000Hz の振動を加え、その信号が左右のトランスジューサーに達するまでの伝達時間差を測定した。

(b) プラスチック冠装着による人工的早期接触時の咬合音について、同様な測定を行った。

歯種別の伝達時間の差については、(a)および(b)の測定結果はほぼ一致していた。

この結果、早期接触時の咬合音から早期接触歯が識別できる可能性が見出された。

はじめに

機能的不正咬合を惹き起こす要因の一つに早期接触があげられる。早期接触歯が存在すると、その歯の歯根膜にある知覚受容器は、外傷的な咬合圧を受け、防御的な反射機構によって顎は偏位を来す。この現象は、主に咬合の発達過程において現われ、とくに顎成長の不調や歯の交換異常からもたらされることが多い。中には自然に消退するものもあるが、多くはそのまま定着して、咬合系の発育とともに咬合異常をさらに悪化させる傾向が強いと言われている^{1,2)}。

実際の矯正臨床においても、この早期接触歯の診査については今日まで種々の試みがなされ

ているが、とくに咬合音を利用してこれを見出そうとする研究は少ない³⁾。

本研究は、咬合の機能的解析法の一助として、咬合音の伝達時間差から早期接触歯を識別しようとしたものである。

実験方法

咬合音を立体的にとらえて、歯列内での早期接触歯を識別するため次のような実験方法をとった。

1) まず、被検者を背板のある椅子に座らせ、2個のトランスジューサーを左右の耳介上方側頭部 (耳珠上縁の上方 8 cm, 後方 5 cm) に、正中矢状面に対して対称となる位置にゴムバンドで固定した。

Study of functional analysis apply to occlusal sound.

—With regard to discrimination of premature contact tooth—

Hirokazu NAKANO, Hiroyuki MIURA, Tetsuya KAMBQAI and Fujiro ISHIKAWA

(Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

*岩手県盛岡市中央通 1 丁目 3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 5 : 148-153, 1980

2) 次に, 上顎左右側第1大臼歯, 小臼歯, 犬歯, 切歯の各歯に対して, 加振器を用いて 1,000Hz の振動を直接加え, その信号の左右側トランスジューサーまでの伝達時間差を測定記録した。

3) つづいて, 上記の各歯に人工的な早期接触状態を与えるために厚さ約 1 mm のプラスチック冠を装着して, 1 歯につき軽いタッピングを 3 回づつ行わせ, その時の早期接触音の伝達時間差を測定した。

被検者としては, 正常な顎運動をする者を選んだ。

実験装置 (図 1) : 咬合音の受信から分析までを, 図 2 のブロックダイアグラムで示した。実験に用いた装置は以下のものである。

1. トランスジューサー

目黒音響研究所製セラミック型マイクロフォンを使用した。周波数特性は, 本研究に使用するために 1,000Hz 付近にピークをもたせてある。直径は 22mm, 厚さ 7 mm の円板状で重さは 2.5g である (図 3)。

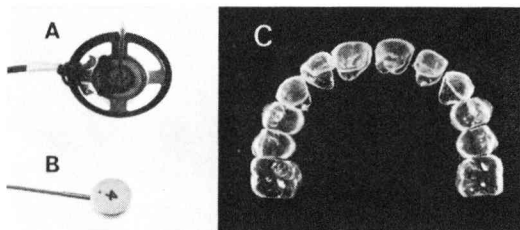


図 3 A 加振器
B セラミック型トランスジューサー
C プラスチック冠

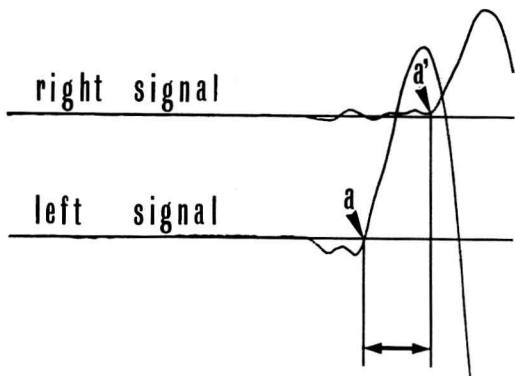


図 4 咬合音の伝達時間差の測定
a-a' : 伝達時間差

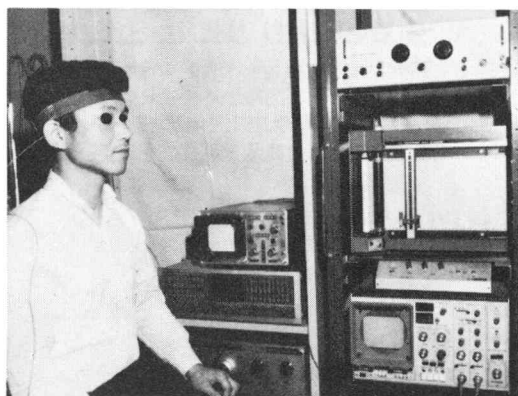


図 1 測定装置全景

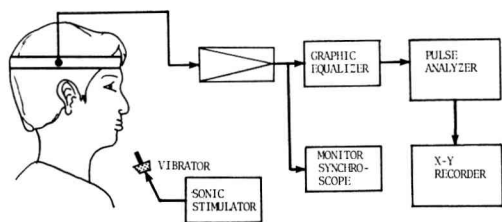


図 2 測定装置のブロックダイアグラム

2. グラフィックイコライザー

日本ビクター社製 S E A—80型を使用した。DCから 20,000Hz までを 10の帯域に分割できる。各帯域について ±12dB の増幅, 減衰が可能である。

3. モニター装置

岩崎通信機社製ブラウン管シンクロスコープ S S—5150型を使用した。

4. データ処理装置

日本光電社製 A T A C—350 型を使用した。

5. 記録装置

渡辺測機社製 X—Yレコーダー W X—441型を使用した。

6. 加振器

サンヨー電気社製直径 5 cm ダイナミック型スピーカーを改造して使用した (図 3)。

7. ジェネレーター

日本光電社製 SOUND STIMULATOR を使用した。

測定方法：左右のトランスジューサーで受信した信号をグラフィックイコライザーで濾波し、データ処理装置に入力して、ブラウン管上にデジタル信号に変換した波形で表示した。次に、この波形をX-Yレコーダーを用いて描記させ、立ち上がり点間の距離をノギスで計測して、信号の伝達時間差を求めた(図4)。

予備実験

1. S/N比の測定

あらかじめ、実験室内の暗騒音の測定を行った。咬合音を受信するときと同様にトランスジューサーを耳介上方側頭部に固定して、本実験と同じ条件で測定を行った。

その結果、暗騒音は 25dB から 35dB であり (65Hz 付近にピークをもつ)、咬合音は 80dB 以上であることから S/N比は 45dB 以上であり、測定には支障がないものと考えられた。

2. トランスジューサーの位相特性

厚さ 8 mm のガラス板の上に、厚さ 4 mm の均一な材質の軟性樹脂製の板を置き、その上に本実験に用いるセラミック型トランスジューサー 2 個を 15cm の間隔を置いて固定した。次に、同じ板上で 2 つのトランスジューサーから等距離の位置に加振器を設置して、日時を変えて 1,000 Hz の信号を 5 回づつ、2 度、計 10 回発生させ、その受信した信号の位相差を測定した。

その結果、位相のズレは平均 0.18mm、標準誤差は 0.147 であり、十分な安定性、再現性を示すことが確かめられた。

実験結果

1. 被検者 A 26 歳 男性

人工的の早期接触音と 1,000 Hz 加振時の信号の伝達時間差を比較すると、平均値では右側の第 1 および第 2 小臼歯を除き、各歯についてはほぼ近似した値 (range ± 30 μsec) が得られた。また、第 1 大臼歯で約 380 μsec から 360 μsec、第 1 小臼歯 (左側) で約 320 μsec、中切歯で 100 μsec から 50 μsec と臼歯から切歯に移行する

につれて伝達時間差は徐々に減少する傾向が認められた (図 5)。

2. 被検者 B 27 歳 男性

被検者 A と同様に、人工的の早期接触音と

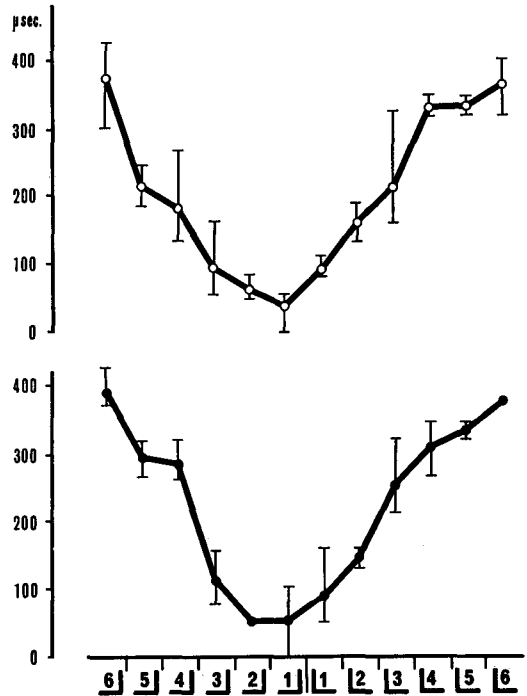


図 5 被検者 A の歯種別一咬合音伝達時間差曲線
 ○—人工的早期接触時の咬合音伝達時間差
 ●—1000 Hz 加振時の振動伝達時間差
 縦線は最高値と最低値を示す

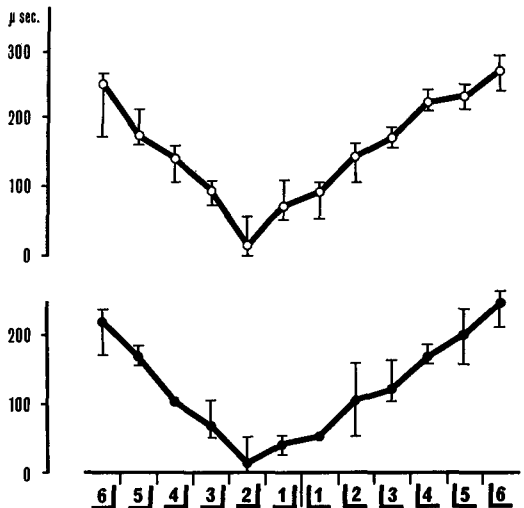


図 6 被検者 B の歯種別一咬合音伝達時間差曲線

1,000Hz 加振時の信号伝達時間差は近似 (range $\pm 20\mu\text{sec}$) していた。また、臼歯から切歯に移行するにつれて、伝達時間差が減少する傾向も認められたが、その測定値は第1大臼歯で約 $270\mu\text{sec}$ から $220\mu\text{sec}$ 、第1小臼歯で $160\mu\text{sec}$ から $100\mu\text{sec}$ と、被検者Aとくらべて約 $100\mu\text{sec}$ 伝達時間差が短かった。伝達時間差の最も短い部位は、右側側切歯で、前歯部では左右側同名歯について伝達時間差の正中に対する対称性が認められなかった (図6)。

以上のことから、プラスチック冠の装着による人工的早期接触音と 1,000 Hz の振動を、直接、歯に加えた場合の信号伝達時間差は、それぞれの歯種についてほぼ近似した値であった。また、伝達時間差は左右同名歯においても必ずしも一致するわけではなく、個体間の変化も大きかった。

考 察

1. 実験装置とその条件について

1) トランスジューサーについて

咬合音は、音響学的には種々の周波数成分を含む雑音である。

正常咬合者の咬合音を空気伝導を介して直接測定すると、織田⁹⁾は周波数帯域が DC から 1,200Hz で主成分は 800Hz 前後であると述べ、高宮⁵⁾はパワースペクトルを求めたところ低帯域、中間帯域、高帯域に分けることができ、最大のピークは中間帯域の 901.9 Hz にあり、次は低帯域の 316.9 Hz で高帯域の 3,670.9 Hz にもピークがみられたと報告している。

一方、本研究のように頭蓋の皮膚を介して咬合音を受信した場合は、歯の衝突による歯自体の固有振動に加えて、骨伝導による頭蓋骨の振動をも同時に記録することになる⁶⁾。永木ら⁸⁾は眼窩下部にトランスジューサーを設置し、咬合音を DC から 2,000 Hz と 2,000 Hz から 18,000 Hz までの周波数帯域に分割し、パワースペクトルを求めた結果、中心咬合位では 500 Hz から 700Hz、1,900Hz から 2,400 Hz 付近にピークが認められたと述べており、低周波

領域のパワースペクトルは歯、頭蓋骨の固有振動数をあらわし、高周波領域のものは歯の表面に発する咬合音をあらわしているとしている。また、高宮⁵⁾は外耳道からの採録では、周波数は DC から 1,500 Hz までで、1,500 Hz 以上の周波数は全くみられず、その理由としては外耳道までの伝達距離が長いので高い周波数が減衰してしまったからであるとしている。

20 Hz から 20,000 Hz までフラットな特性をもったコンデンサー型マイクロフォン (ビクター社製 MU-S 80) を用いた側頭部における咬合音パワースペクトルの測定では、周波数帯域は DC から 2,000 Hz で 850 Hz から 1,200 Hz の間にピークが認められた。先人の報告にみられる高域の周波数成分が得られなかったのは、高宮⁵⁾の報告同様、皮膚、筋肉などの軟組織が濾波器となって高域周波数成分が減衰したためであると考えられる。

そこで今回の研究では、(1)側頭部で受信した咬合音のパワースペクトルのピークが、850 Hz から 1,200 Hz の間にあること。(2)皮膚、筋肉毛髪の動き、脈博、トランスジューサーのリード線の動揺などの影響による低周波成分を取り除くこと。(3)できるだけ種々の周波数成分の混在を除き、咬合音伝達時間差の測定における立ち上がり点の設定および計測、位相差計測を容易にすること。

以上を満足させるために、周波数特性を 1,000 Hz 付近に限定させたセラミック型トランスジューサーを使用した。また、トランスジューサーから得られる信号の周波数帯域をさらに 1,000 Hz 付近に限定するためにグラフィックイコライザーを併用した。

なお、加振器の振動周波数を 1,000 Hz に定めたのは上記(1)と(3)の理由からである。

2) トランスジューサーの設置部位について

咬合音を顔面頭蓋上から採録する部位としては、Brenmen⁹⁾、雨宮¹⁰⁾が前頭部、Watt⁷⁾永木ら⁸⁾は眼窩下部を選択している。その理由として、これらの部位は、顎関節音あるいは軟組織の運動音の混入が少なく、より明確な咬合音

が採録できることをあげている。

しかしながら、単なる歯列の接触音の採録ではなく、早期接触歯を識別することを目的とした場合には、個々の歯からの信号が左右のトランスジューサーまで伝達する時間差が、できる限り大きく出ることが望ましい。そこで、本研究ではこの条件を満たす部位として耳介上方側頭部を選択した。

2. 実験結果について

一つの音源の方向および位置を識別するためには、少なくとも2つのトランスジューサーを用いて、受信信号の強度差、時間差あるいは位相差の測定が必要である。

Watt⁷⁾ は両耳用聴診器を用いて、左右眼窩下部から咬合音を採録することにより咬合衝撃音の時間差が $200\mu\text{sec}$ でも感知できるとしている。石岡¹¹⁾ は骨伝導系を確かめる目的で左右眼窩上下4カ所にマイクロフォンを付けて、右側の犬歯の衝撃音を収録したところ、部位による明らかな時間差があり、周波数、パワースペクトル、ゲイン特性、位相特性などの分析結果から衝撃側の眼窩下部と、それ以外の部位では、それぞれ独自の骨伝導を有することが推察されたと報告している。また高宮¹²⁾ も骨伝導咬合音の測定から、各部位間で固有の骨伝導系の存在を考え、咬合音のパワースペクトルや伝達関数を測定することで咬合部位の推定が可能であることを示唆している。

私たちの研究結果では、人工的早期接触音、あるいは直接歯に $1,000\text{ Hz}$ の振動を加えた場合の信号伝達時間差は、臼歯で最も大きく、切歯に移行するにつれて徐々に減少する傾向がみられ、歯列内における個々の歯の識別が可能であった。しかし、得られた値は図5、図6に示す通り必ずしも左右対称形ではなく、また個体差も存在していた。この理由については、音源とトランスジューサー間の距離の変化に加えて、前述した顎骨、軟組織などの各部位固有の咬合音伝達系に個体差があるためであると考えられた。

3. 臨床応用への可能性について

上顎各歯について、人工的早期接触音と歯に直接 $1,000\text{ Hz}$ の振動を加えた場合の信号の伝達時間差がほぼ近似していたことから、以下の方法で、早期接触歯を識別できる可能性が得られたと考える。

1) 早期接触による機能的異常があると思われる患者について、上顎各歯にあらかじめ $1,000\text{ Hz}$ の振動を加え、それぞれの伝達時間差を測定記録する。

2) 次に、早期接触音の伝達時間差を測定して、1) で得られた測定記録との照合から、早期接触歯の識別を行う。

今後、functional wax bite method¹⁾、マイオモニターによる方法¹²⁾、バイオフィードバック理論を応用した方法¹³⁾などの早期接触診査法を併用して、本方法をさらに検討し、臨床への応用を計りたいと考えている。

ま と め

被検者の左右側頭部にトランスジューサーを設置して、(a)上顎各歯に直接 $1,000\text{ Hz}$ の振動を加え、その信号が左右のトランスジューサーに達するまでの伝達時間差を測定した。(b)また、人工的早期接触時の咬合音について、同様の測定を行った。この(a)と(b)の測定値の比較から次の結果を得た。

1. 歯種別の伝達時間差について、(a)および(b)の測定結果はほぼ一致していた。

2. 伝達時間差は、大臼歯で最も大きく、小臼歯、犬歯、切歯と徐々に小さくなる傾向が認められた。

3. 被検者AとBでは、大臼歯の伝達時間差に約 $100\mu\text{sec}$ の開きがあり、個体間で伝達時間差に大きな変化が認められた。

4. 1の結果が得られたことから、あらかじめ患者に(a)の操作を行い、次に早期接触時の咬合音伝達時間差を測定して、(a)の値と比較することにより早期接触歯を識別できる可能性が示唆された。

Abstract : The purpose of this study was made to discriminate the premature contact tooth from the aspect of the occlusal sound.

A couple of transducer (ceramic type microphone) was placed on the both side of temple region.

a) 1,000Hz vibration was directly applied to the each tooth of maxilla, and the propagation-time-difference of signals were measured.

b) Occlusal sounds from premature contact using the tooth crown on the maxillary dental arch were received and the same measurements were done.

The measured propagation-time-differences of a) and b) were nearly equal.

From these results, it suggest that the premature contact tooth is detected from the occlusal sound.

文 献

- 1) 神山光男：不正咬合の機能分析法，日矯歯誌，23：227-236，1964.
- 2) 花岡 宏：機能的異常の診断と治療，歯界展望別冊こどもの歯科，第1版，医歯薬出版，東京，294-302ページ，1979.
- 3) Sharkey, S. W. : Gnathosonic in orthodontics, *Europ. orthodont. Soc. Trans.* : 275-282, 1969.
- 4) 織田篤憲：咬合音の分析，歯科医学，40：239-261，1977.
- 5) 高宮紳一郎：咬合音の骨伝導に関する研究：歯科学報79：1317-1379，1979.
- 6) Békésy, G. V. : Vibration of the head in a sound field and its role in hearing by bone conduction, *J. acoust. Soc. Amer.*, 20 : 749-760, 1948.
- 7) Watt, D. M. and Hedegard, B. : The stereostethoscope — an instrument for clinical gnathosonics, *J. prosth. Dent.*, 18 : 458-464, 1967.
- 8) 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，日補綴歯会誌，19：43-58，1975.
- 9) Brenman, H. S. and Millsip, J. S. : A "Sound" approach to occlusion, *Bull. Phila. Count. dent. Ass.*, 24 : 4-8, 1959.
- 10) 雨宮幸三：咬合音に関する研究，歯科医学，34：625-656，1972.
- 11) 石岡 靖：人体における音響振動と咬合分析，新潟歯学会誌，4：51-65，1979.
- 12) 山田建二郎：矯正臨床への Myo-monitor の試用，日矯歯誌(会)，33：223，1974.
- 13) 渡辺 誠, 根本一男：バイオフィードバックと歯科臨床，歯界展望，52：977-989，1978.