咬合により歯牙の受ける衝撃加速度に関する研究

若 林 康 郎

Response of Tooth to Transient Accelerative Vibration during Jaw Motions

Yasuo Wakabayashi

I. 緒 言

咬合に関連する振動現象は誘導部位により咬合音¹⁻³⁾、顎関節音^{4,5)}等として聴取あるいは振動変換器を介して記録され、口腔領域における種々の診断に有効な方法であることが認められている。

一方、顎機能時の歯牙接触に対する研究⁶⁾がなされて以来、動的状態下における歯牙接触の研究が盛んになり、種々な方法⁷⁻¹⁰⁾で検索されている。このうち上下顎歯牙の衝突により発現する振動現象を利用する方法は、天然歯牙の咬合面に変化を与えることなく接触を実証でき、筋電図¹¹⁾、顎頭の運動¹²⁾、あるいは切歯点の運動範囲¹³⁾などの研究に効果的に応用されている。

近年には Schmidt と Harison が 2 個の contact detection device を試作し、振動の誘導部位を直接歯牙に設定する方法の可能性を示唆している¹⁴⁾。

臨床的には咬合調整の補助的手段として指先の振動感覚を利用し、歯牙の振動を触知する診断法¹⁵⁾も行なわれているが、これは感覚的にしやすい¹⁶⁾。

そこで著者は咬合を評価する一方法として、超小型加速度型 pick-up を歯牙に直接取付する方法を考案し、種々な方向から検討を加え、その実用性を確認したのでここに報告する。

II. 研究方法

1. 測定装置の構成および振動変換器

本研究に用いた測定装置は加速度型 pick-up (リオン

Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry,
Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. Syoji Takehana)
愛知学院大学歯学部補綴学教室 (指導: 竹花庄治教授)
昭和 47 年 8 月 22 日受付

Fig. 1 Diagram of equipment setup.

製 PV-11) を振動変換器として、多現象前置増幅器、変調型直流増幅器 (横河製 3125)、直記式電磁 oscillograph 横河製 2915) および振動計 (リオン製 VM-02) 等の構成による他、陰極線 oscilloscope (岩崎製 SS-5157)、較正用発振器、較正用 pick-up を随時接続できるようにした (Fig. 1)。

加速度型 pick-up は圧電素子、慣性質量、保護 case よりなり、圧電素子と慣性質量で質量-バネ系を構成している。この規格は振動系固有振動数 150 kHz、出力約 1.5 mV/G、測定可能周波数 2~20 kHz、縦横感度比 20 db、外形寸法 6φ×8 mm、重量 1 g であり、pick-up から記録器までの感度一様な周波数上限は 2.5 kHz である。

2. 測定軸の設定および pick-up の固定方法

測定方向に対して一定規準を設るため咬合平面を基準とし、これと直角に交る軸を Z 軸、左右方向を Y 軸、前後方向を X 軸とした。これらの軸と指向性の一致する方向に測定用 pick-up を設置した。

Pick-up と歯牙の連結部分は pick-up に付けた脚 (Fig. 2)、これに対応する socket および歯牙接着面よ

Fig. 2 Accelerometers (pick-up). These are assembled within dampproof material. X-axis (Left), Y-axis (Center), Z-axis (Right).

Fig. 3 Relation between pick-up retainer and cast.
A : Level, B : Reference rule, C : Socket,
D : Socket retainer, E : Magnet base.

りなる。

Pick-up の脚は K-metal, socket は合成樹脂で作製し、歯牙との接着面は個々の歯牙の形態に適應させかつ pick-up を正しい位置に保つため次の操作を行なつた。すなわち咬合平面を基準に平行模型を作り、これを surveyor 上に固定し、上顎模型基底部に直角 gauge をのせ基準線とした (Fig. 3)。この模型上で magnet base を利用し、socket 保持部 (Fig. 3 の D) の水平を水準器 (A) で確認しながら上顎歯牙の頬側面と等高な部位に socket を置き、模型上の歯牙と socket の間に即時重合 resin を満した。

Resin 硬化後、余剰部分を修正し歯牙と socket は接着剤、socket と pick-up は impression paste を用いて口腔内に固着した (Fig. 4)。

なお計測対照とした歯牙は上下顎の嵌合、側方滑走を阻害せずに接着面積の十分得られる上顎歯牙に限定した。

3. 測定装置の較正

本研究では波形の大きさを表わすため重力加速度の単

Fig. 4 Y-axis pick-up was attached to the maxillary left first molar.

位を用いた。これは G, gal, または m/sec^2 で表わされ、 $1\text{ G}=980\text{ gal}=9.8\text{ m/sec}^2$ の関係にある。ここでは 1 G の振動を境に物体のおどり始める現象を利用する較正法を用いた。その方法は電磁型振動台上に較正用 pick-up を置き、陰極線 oscilloscope に接続する。一方測定用 pick-up は較正用 pick-up の側部に取付け測定装置に接続した後、振動後の振幅を徐々に増加させ 1 G を陰極線 oscilloscope で確認した。この時測定用 pick-up から得られた信号を測定目的に応じた level に調整した。この方法で確認する 1 G の精度は商用周波数で $\pm 0.5\%$ ¹⁷⁾である。

4. 測定方法

測定は主に加速度の大きさ、波形の発現頻度、持続時間を対照に行なつた。このうち加速度の大きさは 100 Hz 振動子を使用し、記録紙送り速度を 50 cm/min. とした。

波形の観察および持続時間の測定は 3.5 kHz 振動子を使用し、記録紙送り速度を 50 cm/sec. とした。

前者により得られた波形の時間軸を拡大すると Fig. 5 のようになる。これを 30 分割し時間に対応させ X-Y, Y-Z, X-Z に plot して得た加速度軌跡が Fig. 6 である。図中の加速度軌跡の限界線は各軸の最大波高値を示す。これを正投影法第 3 角を用い作図すれば、X-Y 面は咬合平面、Y-Z は前額面、X-Z は矢状面を意味する。

測定値は各軸 50 回上下顎を強く、速やかに閉口させ、得られた波高値から累積度数曲線を作り 50% 値を決定し限界線の作図を行なつた (Fig. 7~12)。また持続時間は平均値で表示した。

なお、記録波形は自然光下で 2 次露光を行ない可視状態にして直接読取り、安定化処理による計測誤差を避け

Fig. 5 Example of induced waves in the neighbourhood of 100 Hz.

た。

5. 被験者

被験者は歯牙硬組織に欠損がなく、咀嚼系器管に異常を認めないいわゆる正常有歯顎被験者であり、頭部姿勢の測定値に及ぼす影響被験者 No. 1), 歯牙の受ける加速度 pattern (No. 2~6), 波形の観察 (No. 7~16) のほかに咀嚼側の習慣を意識する被験者の左右対照性 (No. 17~19) および多現象同時誘導の検索 (No. 20~22) にわけて行なつた。これらはいずれも 23~34 才の成年男子である。

III. 結 果

1. 頭部姿勢による測定値の変化

測定時、頭部姿勢のあり方を予備的に検討する目的で被験者を椅子にかけさせ、正面を向いた時を基準に約 30° (軽度) および約 60° (強度) 頭部を上下左右方向に変化させ、それぞれの加速度の大きさを 616 で測定した (Fig. 7)。

No. 1 において正面では 616 とともに X, Z 軸に大きい加速度が現われている。Y 軸方向は 616 で 5.6 m/sec², 616 で 7.3 m/sec² の小さい値を示している。このため作図は X-Y, Y-Z 投影面が縦に長い pattern となつた。

強い左向き姿勢では Y 軸が増加, Z 軸は減少した。また 616 では Y 軸はほとんど変わらず, 強い右向きでは Z 軸

Fig. 6-1 X-Y construction.

Fig. 6-2 Y-Z construction.

Fig. 6-3 X-Z construction.

の減少が目立つた。

右向き姿勢の時は 616 の X, Z 軸の影響は少ないが Y 軸での増加を示した。また, 616 の X 軸では姿勢を強くするにしたがつて減少を示した。この傾向は Y, Z 軸にも多少認められたが X 軸に示される程明確な変化ではなかつた。

上向きによるものは 616 の Y 軸が増加し, X と Z 軸に漸次減少を示した。616 ではすべての軸で強い姿勢による減少傾向がみられた。

下向きでは他のそれぞれの姿勢から得た結果に比べ

Fig. 7-1 Influence of head posture. (50% value of cumulative frequency)

Fig. 7-2

Fig. 7-3

6|6 とともに測定値の変化は少なかった。

変位幅 (10-90%変動範囲)を 5% の大きい極について比較すれば、正面向きは6|で約 5 m/sec² の比較的安定した値を示した。しかし6|の変位幅はX軸が 11.5, Y軸が 3.7, Z軸が 8.1 m/sec² となり X, Y 軸の差が大きく、頭部姿勢を変化させた時6|のZ軸は増加, X, Y 軸は減少を示し、6|では特定の傾向を捉えにくかった。

Fig. 7-4

Fig. 7-5

Fig. 7-6

以上の結果から頭部姿勢を強度にした時、加速度はY軸を除いて減少の傾向を示し、軽度の時この傾向は明らかではなかった。

したがって以下に行なう研究において頭部姿勢は厳格に規定する必要はなく、正面向きあるいはやや下向きでも測定値に及ぼす影響が少ないことを確認した。

2. 加速度の大きさの pattern

各歯牙の受ける衝撃加速度の大きさの pattern を比較する目的で、片側1から6までの各歯牙について、測

Fig. 7-7

Fig. 7-8

Fig. 8-1 (Fig. 8~12 Value of acceleration response, 50% cum. f.)

Fig. 8-2.

Fig. 9-1

Fig. 9-2

定を行なった。作図は前歯部と臼歯部の各歯牙を重ね合せ、それぞれ点線、一点鎖線、実線で示した (Fig. 8~12)。

50% 値は No. 2 で 5.6~24.5, 平均 12.5 m/sec² であった。また No. 3 は 7.3~41.0, 平均 14.4, No. 4 は 5.0~20.0, 平均 10.7, No. 5 は 4.4~11.5, 平均 8.2, No. 6 は 7.4~39.3, 平均 16.6 m/sec² を示した。

歯牙別の平均では、1が 14.8, 2は 12.5, 3は 11.2, 4は 11.1, 5は 13.5, 6は 11.1 m/sec² であり、平均的には1がもつとも大きく4と6がともに小さい値を示した。

軸別ではX軸 9.5, Y軸 10.1, Z軸 17.5 m/sec² になりZ軸がもつとも大きい値となった。

累積度数曲線より得た 10% 値を最小値, 90% 値を最

Fig. 10-1

Fig. 10-2

大値の目安として比較すると No. 2 は 7~36.8, No. 3 は 3.8~48.9, No. 4 は 2.6~29.3, No. 5 は 3.4~14.7, No. 6 は 5.2~47.9 m/sec² であった。また変位幅は約 1~20 m/sec² であり、歯牙別の平均では 1 は 12.5, 2 は 13.1, 3 は 11.3, 4 は 11.6, 5 は 12.2, 6 は 8.9 m/sec² となり、6 がもつとも変位幅は小さく安定し、以下 3, 4, 5, 1, 2 の順であった。

3. 加速度波形の発現様相

咬合あるいは離開により得られる加速度波形の形態を観察する目的で、測定された波形を分類し、その発現頻度を求めた。上下顎の衝突により得られる波形については咬合音として分類⁽⁹⁾⁽²⁰⁾されているものを基準にし、離開波形の形態についても観察を行なった。被験者は No. 7~16 で、測定歯牙は片側 1~6 とした。

i. 咬合波形

基本的な成分としての impact 波形は上下顎歯牙の衝突に際し振動系のあらゆる共振周波数を含む複雑な成分と推定されるが、実際に描記されたものは衝突と同時に立上りの早い振幅の大きい波形である。

Fig. 11-1

Fig. 11-2

一方 slide 波形は level は低く、包絡線がなだらかなであり、意識的な側方滑走動運においては slide 波形中に咬頭嵌合位附近に関連して発現すると思われる peak を認める場合が多い。これらの波形を基本にして種々の組合せの波形を分類した。

10 名の被験者より得た 3660 の波形を観察したところ、主に以下の形態をみた。すなわち

① impact を主体として尾部に slide 状の level の低い振動を伴ったもの。

② impact の発現する前に slide 波形を有するもの。すなわち①の波形の前方に slide 波形を附加したもの。

③ 2 個の impact をはさんでその中に slide 波形を含む形態のもの。

④ 上記③の波形にさらに多くの impact を含んだものの。

⑤ level は低く周期の長い包絡線のなだらかなで高域成分の少ないもの。

等である。このうち①~④までの波形は咬合音によって観察されている。いわゆる combined form であり、

① は I.S., ② は S.I., ③ は I.S.I., ④ は complex に相

Fig. 12-1

Fig. 12-2

Fig. 13 Various occlusal waves from fast closure. The frequency response of equipment was set at overall within limit of 2.5 kHz. (Timing line : 10 msec. interval). Mark * referred Watt, Hedegard (1967) classifications.

当する。また⑤は歯牙の接触到直接由来しないと思われるので伝播状の波形とした (Fig. 13)。

分類上、1 個の impact を I.S., S.I. とし、これは尾部の形態にかかわらず、初相の立上りが最大振幅の 1/3 以上のものを I.S., 1/3 以下のものを slide 成分と見なし S.I. とした。また I.S.I. には初相に slide 成分の現われる波形も含めた。

これらの形態を基準に被験者ごとに歯牙別の分類を行なったものを Fig. 14~23 に示した。

各被験者ごとの発現状況のうち No. 9 では 1~3 にわたって I.S.I. の形をみる事ができた。その頻度は 1 がもつとも多く 2, 3 にゆくに従い少なくなる。一方 No. 13 では 3 より I.S.I. が出現し始め後方歯牙へいく程その頻度は増加した。

主体となる波形を被験者別にみると No. 6, 12, は I.S., 他の被験者は S.I. であった (Table 1.)。

波形のうちもつとも発現頻度の多いものは S.I. であり、ついで I.S., I.S.I., 伝播状, complex の順であつ

Fig. 14 Appearance frequency of occlusal waves (%).

□ : I.S., ○ : S.I., △ : I.S.I., ■ : Propagation of vibration, ● : Complex. (See Fig. 13)

This applies correspondingly to the following cases.

Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17

Fig. 18

Fig. 19

Fig. 20

Fig. 21

Fig. 22

Fig. 23

た。

歯牙別に発現状況を見ると、I.S., S.I., I.S.I. はほぼ同様な傾向がみられたが、伝播状波形は前歯部に限って現われ、1から3へゆくにしたがつて発現頻度は少なくなっている。これに対し complex は臼歯部にだけ現われている。しかしその頻度は僅かで全体として0.1%にすぎなかった (Table 2)。

ii. 離開波形

離開時に得られた波形も咬合により得られたものと同様な方法により2873個について観察を行なった。その結果、

① 半正弦波状あるいは単一正弦波状の形態を有するもの。

② 歯牙の滑走またはその伝播によると思われるもの。

③ 上記の2つの波形の組合わさつたもの。

等に大別できた。

以下波形の形態的な面から①は impact 状、②は slide 状、③は複合形とする (Fig. 24)。

Impact 状の波形は通常高域成分を含まず、また1周期は咬合波形より長く、測定軸の方向によつては同一歯牙であつても半正弦波状、単一正弦波状または正負の非対照性の強いもの等を観察した。slide 状波形は多くの場合、その level は低く測定歯牙の接触滑走かあるいは

Table 1 Frequency of occlusal waves from different subjects. (%)

Form	I.S.	S.I.	I.S.I.	Complex	Propa- gation
Subj.					
7	87.7	12.3	—	—	—
8	11.9	88.1	—	—	—
9	5.3	75.1	15.6	—	4.0
10	6.2	77.1	1.7	—	15.0
11	40.8	59.2	—	—	—
12	95.7	2.8	0.6	0.3	0.6
13	—	71.2	28.8	—	—
14	14.2	82.7	0.9	—	2.2
15	42.6	48.8	6.2	0.3	2.1
16	19.1	77.2	1.1	1.1	1.5
Number	1158	2211	189	5	97
%	31.6	60.4	5.2	0.1	2.7

Table 2 Frequency of occlusal waves from different tooth. (%)

Form	I.S.	S.I.	I.S.I.	Complex	Propa- gation
Tooth					
1	31.2	54.2	6.0	—	8.6
2	31.8	57.9	5.0	—	5.3
3	34.1	62.6	1.6	—	1.7
4	35.6	60.5	3.7	0.2	—
5	28.1	65.0	6.4	0.5	—
6	28.2	62.6	8.3	0.2	—

他の歯牙の接触滑走による振動の伝播であるかの判定は困難であつた。したがって記録紙上に持続的な振幅を得た時は slide 状の波形とした。また複合型の波形は slide 状波形中の前方、中心部あるいは後方部に impact 状波形をみるもの等があつた。これらを分類したものが Fig. 25~34 である。ただし図中の空白部は離開波形を認めなかつたことを示している。

被験者別、歯牙別に離開波形の頻度を集計したものが Table 3, 4 である。

離開波形は咬合により発現するものと同様に各被験者、各歯牙の特性が強く現われたが、全体としてもつとも頻度の高いものは slide 状、ついで複合型、impact 状の順であり、10例中7例に50%以上の slide 状波形の発現をみた。

歯牙別には1から3の impact 状の頻度が比較的多く、4から6では小さな値を示した。これに対して slide 状波形は1でもつとも少なく、5を頂点として後方歯牙へいく程増加する傾向をみせた。複合型の波形は臼歯部で多く観察され、3がもつとも少なかつた。

咬合波形3660に対し離開波形は2873を認め、全体と

Fig. 24 Various of separation waves. (Equipment : over all, Timing line : 10 msec.)

して約 80% の出現率であった。各被験者についてこれを見ると、No. 7 から順にそれぞれ 47.7, 86.6, 79.3, 70.1, 52.1, 97.9, 86.1, 99.7, 93.8, 91.9% であった。歯牙別には 1 の 18.5% の出現率を最大に後方歯牙へゆくに従い減少し、6 で 14.2% であった。

4. 加速度波形の持続時間

i. 咬合波形の持続時間

1 から 6 までの各軸より誘導された波形の持続時間を計測するため、前述の 10 名の被験者より得た 2700 の咬合波形の測定を行なった (Fig. 35~44.)。

Fig. 25 Frequency of separation waves.

◆ : Single impact, ■ : Slide, ● : Combined. (See Fig. 24) This applies correspondingly to the following cases.

Fig. 26

Fig. 27

Fig. 28

持続時間は 4.1~42.3 msec. の範囲で現われ歯牙別に総平均したものは 1 が 11.4, 2 は 12.1, 3 は 11.2, 4 は

Fig. 29

Fig. 30

Fig. 31

Fig. 32

Fig. 33

Fig. 34

Table 3 Frequency of separation waves from different subjects (%)

Form Subj.	Single impact	Slide	Combined
7	82.6	10.7	6.7
8	7.0	89.4	3.6
9	30.0	19.4	50.6
10	—	77.9	22.1
11	46.6	47.4	6.0
12	10.3	50.9	38.8
13	16.1	81.5	2.4
14	—	92.3	7.7
15	1.8	71.6	26.6
16	12.4	62.4	25.2
Numbey	508	1790	575
%	17.7	62.3	20.0

Table 4 Frequency of separation waves from different tooth (%)

Form tooth	Single impact	Slide	Combined
1	33.7	47.8	18.5
2	30.0	48.4	21.6
3	20.8	69.4	9.8
4	3.1	72.7	24.2
5	5.5	77.2	17.3
6	9.3	60.6	30.1

Fig. 35 Duration of occlusal waves. (msec.)

Fig. 39

Fig. 36

Fig. 40

Fig. 37

Fig. 41

Fig. 38

Fig. 42

11.5, 5は12.3, 6は12.6 msec. であり, 軸別では X 軸 11.1, Y 軸 12.1, Z 軸 12.3 msec. であつた.

標準偏差は 0.4~9.5 msec. の範囲であつた. また最小~最大の持続時間は No. 7 から順に 5.0~12.6, 6.8

~16.6, 8.6~33.6, 7.8~16.5, 5.3~22.4, 7.1~31.1, 9.3~27.9, 6.8~21.2, 5.5~19.4, 4.1~42.3 msec. であり, 最大値は 12.6~42.3 で巾は広く, 最小値の巾は比較的せまく 4.1~9.3 msec. であつた.

Fig. 43

Fig. 44

Table 5 F-ratio in analysis of variance table. (between axis)

Axis						Axis					
Subj., tooth		X-Y-Z	X-Y	Y-Z	X-Z	Subj., tooth		X-Y-Z	X-Y	Y-Z	X-Z
7	1	0.52	1.14	0.01	0.85	12	1	0.83	1.54	0.45	0.43
	2	2.48	7.77*	0.59	1.75		2	6.56*	9.28*	0.13	14.54*
	3	0.15	0.51	0.02	0.12		3	1.04	1.97	1.03	0.02
	4	14.04*	22.86*	16.10*	2.38		4	1.41	0.41	0.59	17.87*
	5	0.43	0.15	0.30	0.86		5	4.31	0.42	8.09*	6.07
	6	1.83	0.80	2.25	3.07		6	2.47	0.94	5.57	1.59
8	1	22.94*	5.05	16.52*	61.20*	13	1	7.81*	10.78*	0.23	12.79*
	2	0.80	0.27	0.45	1.98		2	5.48*	9.64*	0.10	8.80*
	3	14.99*	0.23	18.30*	32.75*		3	8.02*	0.15	8.50*	12.24*
	4	11.20*	1.12	9.01*	48.72*		4	15.51*	25.10*	8.04*	10.53*
	5	21.64*	31.53*	4.02	21.42*		5	0.17	0.47	0.18	0.01
	6	14.82*	18.61*	34.48*	0.01		6	4.83	3.53	1.36	11.16*
9	1	4.58	8.16*	3.77	1.10	14	1	3.52	0.01	5.85	7.05
	2	2.47	3.81	0.72	2.07		2	7.69*	5.41	10.73*	4.12
	3	0.77	0.96	0.77	0.15		3	6.72*	0.90	11.26*	6.33
	4	0.18	0.02	0.15	0.81		4	6.46*	14.12*	1.49	5.17
	5	5.24*	7.77*	2.55	3.79		5	5.71*	0.42	9.23*	9.21*
	6	69.94*	3.15	103.80*	203.57*		6	2.56	4.75	2.21	0.43
10	1	6.04*	7.53	7.53	0.00	15	1	4.79	6.67	1.01	7.84*
	2	15.09*	25.18*	2.16	17.69*		2	4.06	2.68	1.90	7.35
	3	15.18*	18.85*	0.10	42.22*		3	1.04	2.55	0.08	1.59
	4	12.74*	11.41*	1.57	27.64*		4	7.32*	0.63	10.81*	9.07*
	5	4.76	7.88*	3.02	2.13		5	1.09	0.00	2.41	1.49
	6	6.80*	0.94	10.13*	13.00*		6	6.09*	9.04*	0.53	7.09
11	1	9.30*	43.07*	0.21	11.43*	16	1	15.97*	15.51*	0.93	29.86*
	2	6.18*	8.28*	10.75*	0.01		2	1.05	2.08	0.22	0.82
	3	40.95*	61.42*	47.19*	0.34		3	16.80*	28.38	5.51*	14.38*
	4	11.57*	17.51*	10.94*	1.32		4	26.73*	50.95	22.86*	4.90
	5	4.17	0.69	6.35	6.06		5	10.48*	1.26	9.14*	13.63*
	6	136.89*	143.58*	8.15*	463.30*		6	1.55	0.37	2.76	1.95

$F_{01}(2, 40)=5.18$, $F_{01}(1, 30)=7.56$

ii. 測定値相互間の比較

持続時間の読取りに有意な差があるかどうかを検討するために測定軸間および歯牙間で分散分析を行なった。

(Table 5, 6)

順序は同一歯牙の X, Y, Z の 3 軸間について比較した後、X-Y, Y-Z, X-Z 軸間を処理した。歯牙間は 1 から 6 まで同一軸の 6 歯牙について行なった後、1-2, 2-3 の順に 5-6 までの処理をした。

Table 6 F-ratio in analysis of variance table.
(between tooth)

tooth		1-6	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Subj., axis							
7	X	2.54	9.45*	0.12	0.59	3.26	2.59
	Y	4.63*	0.04	2.59	8.97*	4.56	5.50
	Z	3.28*	0.47	0.46	0.03	3.33	18.65*
8	X	19.17*	8.58	52.45*	9.77*	0.71	20.41*
	Y	13.13*	0.42	27.60*	5.82	23.20	32.06*
	Z	13.93*	7.16	13.22*	8.84*	2.38	4.29
9	X	36.85*	0.12	1.36	1.17	0.71	123.45*
	Y	38.23*	24.35*	0.13	2.28	2.49	101.32*
	Z	6.57*	7.59*	0.10	13.70*	6.12	2.54
10	X	8.20*	4.87	2.35	12.47*	1.87	10.18*
	Y	7.03*	7.75*	0.09	0.06	2.05	17.49*
	Z	17.37*	44.24*	0.52	1.97	2.98	0.11
11	X	10.74*	34.02*	3.10	0.52	0.25	4.61
	Y	105.00*	1.66	30.60*	5.55	4.21	138.08*
	Z	174.47*	1.88	1.09	3.61	9.27	370.14*
12	X	3.51*	4.07	4.70	8.12	0.85	0.67
	Y	15.01*	12.82	5.44	0.23	1.90	0.01
	Z	4.08*	5.48	1.52	0.00	2.08	0.43
13	X	4.43*	0.36	5.72	22.54*	6.62	0.38
	Y	12.50*	1.53	13.04*	2.25	5.32	0.42
	Z	8.94*	2.13	0.61	6.25	0.00	3.67
14	X	15.11*	3.92	1.47	12.37*	0.08	2.51
	Y	15.17*	0.10	11.45*	1.93	9.61	20.39*
	Z	11.84*	0.27	9.84*	9.03	0.49	35.96*
15	X	9.41*	23.21*	1.39*	0.24	0.68	6.41
	Y	2.83	10.12*	13.21*	1.83	3.00	0.06
	Z	8.10*	5.67	12.67*	2.15	6.29	5.28
16	X	16.47*	0.05	14.06*	6.97	10.05*	1.90
	Y	8.47*	6.14	11.11*	7.23	7.28	0.64
	Z	14.94*	15.35*	0.35	26.88*	12.12*	10.60*

$F_{01}(5, 84)=3.26$, $F_{01}(1, 30)=7.56$

No. 7 の Y 軸を例にとれば歯牙間の分散分析表は以下のようである。

要 因	平方和	自由度	分 散	分散比
処 理	23.87	5	4.77	4.63
誤 差	86.57	84	1.03	
計	110.44	89		

これは $F_{01}=3.26$ から分散比 4.63 は 1% level で有意差を認めることになる。次に隣接する歯牙同士の分散分析を行なうと、1-2の分散比は 0.04, 2-3は 2.59,

Table 7 Duration of different form occlusal waves (msec.)

Form	Number of data	Mean	S.D	Min.	Max.
I.S.	585	10.5 ± 0.1	1.7	5.0	19.5
S.I.	1251	12.8 ± 0.1	2.0	7.8	33.6
I.S.I.	189	14.5 ± 0.4	2.8	9.3	25.4
Complex	5	27.5 ± 11.0	12.4	14.8	42.3
Propagation	97	12.1 ± 0.3	1.7	8.4	14.6

± = 95% confidence limits

3-4は 8.97, 4-5は 4.56, 5-6は 5.50 になる。これらは $F_{01}=7.56$ から3-4間だけに有意差を認めることになる。表中には分散分析表の分散比のみを示した。

10 例の歯牙 3 軸間における 60 個の分散比は 0.15~36.89 であり, X-Y 間は 0.02~143.58, Y-Z 間は 0.01~103.80, X-Z 間は 0.01~463.30 を示し, 3 軸間で有意差のあるものは 33 個であつた。このうち X-Y 間は 21 個, X-Z 間 19 個に有意差を認めた。

同一軸歯牙間については1から6までの分散比が 2.54~174.47 を示し, 隣接する歯牙間で1-2は 0.04~44.02, 2-3は 0.09~52.45, 3-4は 0.00~27.88, 4-5は 0.00~23.20, 5-6は 0.01~370.14 であつた。1から6までの 6 群の検定において No. 7 の X 軸および No. 16 の Y 軸を除いたすべてに有意差を認めた。有意差のあるものだけについてみると1-2間は 8 個2-3間 10 個, 3-4間 10 個, 4-5間 5 個, 5-6間 12 個であつた。

iii. 咬合波形の形態と持続時間

咬合波形の形態と持続時間の関連性をみるため被験者, 測定歯牙, 測定軸を無視して波形別に持続時間を求めた (Table 7)。

I.S. および S.I. については 80% 以上の発現頻度を示した被験者の歯牙から sampling し, I.S.I., complex, 伝播状の波形は資料数が少ないためすべてを対象とした。

I.S. の持続時間は通常短かいが尾部の slide の状態によつて 19.5 msec. の長い波形も測定された (No. 12 の 1)。またもつとも短い持続時間をしめした No. 16 の 3における 4.1 msec. は I.S. の発現率 13% であつたため表中には No. 7 の 3における 5.0 msec. が最小値として評価されている。

iv. 離開波形の持続時間

離開波形は特定の歯牙あるいは測定軸においてすべての被験者に認めることができた。この持続時間を求めるため測定軸に対し 15 個以上の離開波形を認めた波形について測定した。資料総数は 2025 であり, 結果は Fig.

Fig. 45 Duration of separation waves. (msec.)

Fig. 49

Fig. 46

Fig. 50

Fig. 47

Fig. 51

Fig. 48

Fig. 52

45~54 に示した。

離開波形の持続時間は1.9~49.6 msec. の範囲であった。歯牙別の総平均は1が9.6, 2が8.6, 3が9.5, 4が12.9, 5が9.9, 6は10.5 msec. であり, 2がもつと

も短かく4がもつとも長かつた。これは2で impact 状, 4で slide 状の波形の頻度の高かつたことに起因するものである。

軸別の平均持続時間はX軸9.3, Y軸12.0, Z軸10.2

Fig. 53

Fig. 54

Table 8 Duration of different form separation waves. (msec.)

Form	Number of data	Mean	S.D	Min.	Max.
Single impact	500	4.3±0.1	1.1	1.9	8.3
Slide	1005	12.4±0.2	3.4	3.1	30.9
Combined	580	9.8±0.3	3.8	2.2	28.9

± : 95% confidence limits.

msec. であった。また標準偏差は 0.2~14.0 msec., 最少~最大持続時間は被験者 No. 7 から順にそれぞれ 1.9~10.7, 7.2~23.6, 5.1~24.9, 5.3~28.8, 1.2~19.7, 2.5~25.7, 3.1~28.4, 5.6~30.9, 2.2~28.9, 3.4~49.6 msec. であった。

v. 離開波の形態と持続時間

咬合により得られた波形と同様に波形の形態ごとに持続時間をもとめたものが Table 8 である。

離開波の持続時間として処理したもののうち impact 状は 10 例中 500, slide 状は 7 例中 1005, 複合型は 10 例中 580 の明確な波形のみを sampling した。

Impact 状波形は 3 つの波形中, 持続時間, 偏差ともにもつとも小さく, これに対し slide 状, 複合型はともに大きかった。

5. 咀嚼側を意識する被験者の左右対照性

咀嚼側の習慣を左側を意識する 2 名の被験者 (No. 17,

18) と咀嚼側が明らかではないがむしろ左側を意識する 1 名の被験者 (No. 19) に対し, 6 3 1 1 3 6 の加速度の大きさ, 波形の出現頻度および持続時間の測定を行ない次の結果を得た。

i. 加速度の大きさ

計測法は 1, 2 で行なったものと同様な方法で測定し, その結果を Fig. 55~57 に示した。

No. 17 の 6 1 6 の 50% 値はそれぞれ,

	X 軸	Y 軸	Z 軸
左	6.2	7.8	13.1
右	11.3	5.7	7.2

(m/sec²)

となり, 咀嚼側の習慣を意識する左側において Z 軸が大きい値を示し, 10% 値は 3.1~13.5 で, 50% 値は 4.1~17.6, 90% 値は 5.0~19.3, 10-90% 変動範囲は 2.6~10.5 m/sec² であった。作図による比較では 1 1 1 がほぼ対照的, 3 1 3 は右側 X 軸が小さくなった (Fig. 55)。

No. 18 の 6 1 6 はそれぞれ,

	X 軸	Y 軸	Z 軸
左	12.0	4.8	16.1
右	17.0	6.1	12.9

(m/sec²)

を示し, 10% 値は 3.3~28.2, 50% 値は 4.8~30.5, 90% 値は 6.8~33.6, 10-90% 変動範囲は 3.5~10.6 m/sec² であった。作図による比較では 1 1 は全体的に小さく, 1 3 は X 軸において小さく, 1 6 は Z 軸で大きくなった (Fig. 56)。

No. 19 の 6 1 6 はそれぞれ,

	X 軸	Y 軸	Z 軸
左	12.6	12.4	19.0
右	16.0	7.7	17.8

(m/sec²)

であり, 10% 値は 3.9~42.3, 50% 値は 4.9~44.3, 90% 値は 6.2~46.1, 10-90% 変動範囲は 1.0~9.8 m/sec² であった。作図による比較は 1 1 が全体的に小さく, 3 1 3 は非対照性が強く表われた (Fig. 57)。

以上 3 例の被験者に共通することは 50% 値で咀嚼側を意識する側の 6 で Z 軸に対して大きく, X 軸方向に小さい値を示した。しかし 1 1 1, 3 1 3 には特定の傾向を得ることはできなかった。また 10-90% 変動範囲は 6 で狭い傾向を示した。すなわち No. 17 の 6 の X 軸 2.6, Y 軸 2.5, Z 軸 5.1 m/sec² に対し, 6 1 はそれぞれ 7.7, 6.9, 5.4, No. 18 の 6 は 3.7, 3.5, 4.4 に対し 6 は 10.6,

Fig. 55-1 Value of acceleration response (50% cum. f.).
Subjects were conscious of unilateral preference pattern of mastication (No. 17, 18: Hard, No. 19: Slight).
L: Left, R: Right, 6: 1st molar, 3: Cuspid, 1: Central incisor.

Fig. 55-2

Fig. 55-3

6.0, 6.3, No. 19 の⑥は 1.8, 3.1, 5.9 に対し⑥は 2.3, 5.9, 1.0 m/sec^2 であった。

ii. 波形の発現頻度

発現頻度の結果は Fig. 58~63 に示した。

Fig. 56-1

Fig. 56-2

Fig. 56-3

No. 17 は全体として I.S. が 23%, S.I. が 43%, I.S.I. が 22%, 伝播率が 12% であり ③および⑥に高頻度の S.I. が観察できた (Fig. 58)。

No. 18 は全体として I.S. が 5%, S.I. が 73%, I.S.I. が 21%, 伝播率が 1% を示し、⑥に 100% の頻度の I. S.I. と⑥に 34% の I.S.I. を認めた (Fig. 59)。

Fig. 57-1

Fig. 57-2

Fig. 57-3

No. 19 は全体として I.S. が 15% S.I. が 80%, 伝播状が 5% を示し, 3を除いて S.I. が主流を占めた (Fig. 60).

これらの結果から, 咀嚼側の習慣を明らかに意識する 2 例は高い頻度の I.S.I. の発現を観察し, 左右歯牙の非対照性が強く, むしろ左側を意識するものでは 616 で波

Fig. 58 Frequency of occlusal waves from unilateral mastication subjects. (%)

Fig. 59

Fig. 60

Fig. 61

形の特徴がみられなかった。

一方離開波形は No. 17 で咬合波形に対し 68% の出現率を示し, 全体として slide 状 75%, 複合型 25% で

Fig. 62

Fig. 63

あつた。咬合時 I.S.I. を多く認めた6は68%の複合型がみられた (Fig. 61)。

No. 18 は咬合波形に対し93%の離開波形の出現率を示し、全体として impact 状3%, slide 状65%, 複合型32%であつた。咬合時に I.S.I. を認めた6は約35%の複合型がみられた。

No. 19 は咬合波形に対し91%の離開波形の出現率を示し、全体として impact 状6%, slide 状78%, 複合型16%であつた (Fig. 63)。

iii. 持続時間

持続時間は Fig. 64~66 に示した。

No. 17 は4.7~20.0 msec. の範囲にわたり、標準偏差は0.7~5.1 msec. であつた。3軸の平均値は、

	中切歯	犬 歯	第1大臼歯
左	8.8	9.1	8.8
右	10.5	13.4	12.2

(msec.)

になり、左側において持続時間は短かつた (Fig. 64)。

No. 18 は4.5~20.5 msec. の範囲であり、標準偏差は0.9~2.9 msec. であつた。3軸の平均値は、

Fig. 64 Duration of occlusal waves from unilateral mastication subjects. (msec.)

Fig. 65

Fig. 66

	中切歯	犬 歯	第1大臼歯
左	12.8	10.7	11.3
右	10.1	12.5	13.9

(msec.)

であり、3において持続時間は短かつた (Fig. 65)。

No. 19 は7.9~15.8 msec. であり、標準偏差は0.4~2.0 msec. であつた。3軸の平均値は、

	中切歯	犬 歯	第1大臼歯
左	10.6	10.0	11.1
右	10.6	11.5	11.1

(msec.)

であり、咀嚼側の習慣を意識しにくいこの被験者の左右の持続時間の差はほとんどなかつた (Fig. 66)。

これらの結果から、明らかに咀嚼側を意識する被験者はその側において、36の持続時間が短かく、むしろ左側を意識する被験者は左右対照性が高かった。

6. 多現象誘導および修復物による波形の変化

先には単一歯牙を対象におのおの独立して誘導された波形に対し検討を行なったが、上下顎の衝突状況は一定とは限らず誘導波形にもそのつど影響を及ぼし、それぞれ独立して得られた波形からは相互的な関連性は推測しにくい場合が多かった。

ここではその欠点を補うため、いわゆる正常有歯顎被験者3名(No. 20~22)を選び多現象の同時記録を試み、さらに6に1級 inlay 修復を行ない波形および持続時間の変化を追って観察した。

被験者は6の咬合面溝にいずれも着色程度の齧蝕を認めるほか特に異常のないものであった。波形の誘導部位は6 3|3 6とし、Y軸 pick-up を使用して誘導した。この後6に1級 inlay 窩洞を形成し通法により修復物を作製した。(No. 20, 22. は右側, No. 21 は左側)

修復物は口腔内で咬合調整を行なうため、中心窩は作らず平面に形成し、装着時過高になる形態にした。なお金属は20K金合金を用い、調整は咬合紙, bite-wax を用い咬頭一窩の関係を作るようにした。また被験者が噛みしめた時、異和感の無くなるのを調整完了の目安とした(Fig. 67~70)。

i. 波形の発現頻度

No. 20 における6の術前咬合波形はI.S. 他の歯牙はS.I. により占められていたが、inlay 装着によつて6はI.S.I. に変化し、他の歯牙においても半数近いI.S.I. を観察した。

修復歯牙にみられたI.S.I. は前方 impact の立上りの速い形であつたが他の歯牙でみたI.S.I. は前方 impact 成分の周期は長く伝播によると思われる波形であつた。

1週間放置後は術前に似たI.S. を主体とした pattern になつた。しかしながら6にI.S.I., complex の発現が多くみられた。

Fig. 67-1 の波形から、修復前は6|6の初相の立上りが速く振幅は大であり、その間3|3はslideを呈している。このことから後方歯牙より強い衝突が起こっていることが明らかである。inlay 装着後に6の初相 impact は鋭い立上りをみせ、他は周期の長い伝播状の波形であり、1週間後においてもまだ6にその傾向を示した。

離開波形は6で複合型、他はslice状で咬合波形に対する出現率は100%であつた。これがinlay 修復によりlevelはきわめて低下し、出現率は6|6で約90%、3|3で

Fig. 67-1 Before fitting inlay.

Fig. 67-2 Later correction.

Fig. 67-3 After 1 week.

Fig. 68-1 Frequency of occlusal waves. (%)

Fig. 70-1 Frequency of occlusal waves. (%)

Fig. 68-2 Frequency of separation waves. (%)

Fig. 70-2 Frequency of separation waves. (%)

Fig. 69-1 Frequency of occlusal waves. (%)

Fig. 69-2 Frequency of separation waves. (%)

約80%になり主に impact 状, slide 状の成分になった。1週間後3]にの離開波形は消失した。

図の離開波形は術前6]6]で比較的 level が大きく後方歯牙に強い接触を思わせるのに対し、術後は level の大

きさ、位相差から右側が遅い離開を示した。

No. 21 の咬合波形は術前3]で I.S.I. が主体になり他は S.I. であった。inlay 装着によつても変化は少なく、I.S.I. の後方成分を少なくしたような形態の I.S. が約20%の頻度で全体にわたつてみられた。1週間後は6]に13%程度の I.S.I. をみたが多くの波形は術前と類似した様相を呈した。

離開波形は術前3]6]に100%，6]3]は約80%の出現率であつた。修復により6]は87%，3]は0%，3]は13%，6]は40%に低下し、1週間後に左側は術前の出現率に戻り右側もそれぞれ類似した状態となつた。

No. 22 の咬合波形は6]で I.S. により占められていたものが修復により I.S.I. 約70%，complex 約30%になり I.S.I. 化はこの症例にもみることができた。

離開波形は6]の impact が修復により消失し、反対に6]は1週間後 impact が発現した。

以上のことから inlay 修復をした3例中2例に著明な I.S.I. 化をみることができた。また離開波形は特定な波形に転化する傾向は得られなかつたが、修復直後において出現率の低下を観察した。

ii. 持続時間

咬合、離開波形の持続時間は Table 9 に示した。

修復対合歯牙の咬合波形平均持続時間は No. 20 で術前10.0に対し修復直後は14.4，1週間後は10.6 msec.,

Table 9 Duration of occlusal and separation waves. (msec.)

Subj., Tooth		Occlusion		Separation	
		Mean	S.D	Mean	S.D
No. 20	L6	9.1	1.2	14.4	9.0
	(B) L3	8.8	0.8	11.2	3.3
	R3	8.9	1.0	9.7	2.8
	R6	10.1	0.9	11.5	2.7
(C)	L6	15.1	3.4	19.3	15.9
	L3	16.5	5.0	7.9	10.3
	R3	14.4	2.6	2.2	3.4
	*R6	14.4	2.6	39.1	3.0
(A)	L6	9.5	4.5	2.7	0.6
	L3	10.0	1.1	14.5	5.4
	R3	9.1	0.7	—	—
	*R6	10.6	1.4	10.7	1.9
No. 21	L6	20.1	6.8	4.0	1.2
	(B) L3	25.3	3.1	46.7	7.4
	R3	24.6	2.7	8.9	1.9
	R6	25.4	4.5	17.2	1.2
(C)	*L6	25.5	10.5	2.0	0.5
	L3	26.2	9.4	—	—
	R3	25.5	3.1	3.9	0.3
	R6	25.2	9.5	7.3	1.3
(A)	*L6	23.3	4.7	4.3	1.0
	L3	25.5	3.9	25.9	2.7
	R3	24.8	3.5	10.6	2.1
	R6	25.0	4.8	13.0	2.1
No. 22	L6	9.6	0.9	2.5	0.8
	(B) L3	11.6	0.7	9.2	3.1
	R3	10.3	0.7	6.2	4.3
	R6	9.8	0.5	9.0	1.6
(C)	L6	14.9	2.6	15.9	6.0
	L3	15.8	3.6	24.4	15.9
	R3	13.2	3.1	10.5	4.7
	*R6	18.0	3.0	11.0	0.6
(A)	L6	9.6	0.9	4.4	1.9
	L3	10.9	1.9	—	—
	R3	10.0	1.0	—	—
	*R6	10.0	0.9	2.7	1.8

* : Restorative teeth

(B) : Before fitting inlay, (L) : Later correction,

(A) : After 1 week.

No. 21 はそれぞれ 20.1, 25.5, 23.3, No. 22 は 9.8, 18.0, 10.0 msec. に変化し術前から 1 週間後にわたって No. 21 において有意差をみる事ができなかった (Table 10). また術前と 1 週間経過後は No. 20 の 3 を除いて 3 例ともに有意差はなかった。

離開波形の修復対合歯牙の平均持続時間は No. 20,

Table 10 F-ratio in analysis of variance table.

Subj., Tooth		B-L-A	B-S	L-A	B-A
20	L6	33.00*	37.24*	37.15*	1.09
	L3	30.05*	37.20*	24.34*	14.61*
	R3	51.43*	57.79*	56.18*	0.61
	R6	26.26	36.88*	25.03*	1.53
21	*L6	1.82	2.89	0.56	1.97
	L3	0.11	0.16	0.07	0.09
	R3	0.09	0.11	0.07	0.02
	R6	0.09	0.00	0.01	0.01
22	L6	51.13*	56.66*	56.82*	0.02
	L3	18.46*	19.47*	21.78*	2.00
	R6	13.09*	12.83*	15.05*	1.05
	R6	99.82	112.61*	98.86*	0.96

$F_{01}(2, 40)=5.18$ $F_{01}(1, 30)=7.56$

B : Before fitting inlay, L : Later correction

A : After 1 week.

22 が修復直後に持続時間の延長をみたが No. 21 は波形の impact 化に伴って持続時間は短縮した。

IV. 考 察

1. 研究方法

振動変換器は振動量の単位によりそれぞれ変位, 速度, 加速度型に分けられる. この中から目的に合致した変換器を使用すればよい²¹⁾が本研究の目的は単一歯牙の振動である. したがって変位型, 速度型の振動変換器は外形寸法が通常大きく歯牙に取付けた時, 歯牙一歯根膜系の振動挙動に大きく影響を及ぼす.

この影響を最小限に止めるため, ここでは超小型加速度型振動変換器を使用した. これは圧電素子 (Zircon 酸 titan 酸 barium) と慣性質量より成る単純な構造を有するため変換器は小型, 軽量化されやすく, その特性は衝撃に対する応答としても古くから計算されている²²⁾. 実際に使用したものは外形寸法 6φ×8 mm, 実質量 1 gram であるが, 歯牙取付のための脚, socket を加えれば約 1.5 gram になる. これ以外にも lead 線, 頬 (唇) の圧力等で実際にはこれよりやや大きい値を示すと思われる.

またこの pick-up (振動変換器) は振動方向に対し指向性を有するため, 歯牙に無作為に設定するのではなく一定の基準を設けた. すなわち咬合平面を基準としておのおのの直交する座標を決め模型上の最大咬頭嵌合位をもつて上顎歯牙の頬側, もしくは唇側に平行移動させた位置とした. socket の大きさから測定位置は遠心歯間

乳頭の高さから下方約 1.9 mm, 前方 5.6 mm, 頬 (唇) 側方向 4.1 mm の部位に相当する。

Pick-up の特性から前置増幅器は高 impedance 入力のものを利用し直流増幅器により電磁 oscillograph の振動子駆動に必要な出力を得た。

測定器, pick-up の精度は 1 G 以上の振動により物体のおどる現象を利用し検定を行なった。これに用いた較正用振動台は電磁型を使用した。この構造は駆動 coil と core により可動鉄片を振動させるもので、磁束による影響をなくするため金属球は K-metal の鋳造体を使用した。pick-up は振動台の中央部におき駆動用電源を 0 V から順次上昇させ、陰極線 oscilloscope により 1 G を確認した。

振動子の指示精度は波形の大きさを計測したものが± 2% であり、被験者の顎の開閉動作による差が十分大きく実用上支障はないものと見なした。

被験者は愛知学院大学歯学部 of 学生および職員のうち臨床的に咀嚼筋群、顎関節、歯周組織等が健全で欠損歯牙、修復物のない 23~34 才の男子 22 名であつた。各被験者は指示により咬頭嵌合位を明確に示し、咬合状態は Angle の 1 級と称される嵌合をもち、歯牙の形態、植立、排列に特に異常はなく個性正常咬合と見なされ、下顎運動に際して特異な動きが認められないもので正常有歯顎被験者としての pattern を検索するのに適したものを選んだ。

上下顎歯牙の衝突速度により得られる波形の変化は咬合音によつても指摘されている¹⁸⁾がこの方法でも明らかな差異が認められた。空口時と咀嚼時の歯牙接触は筋電図的に異なつた見解があり^{23,24)}、また習慣の開閉運動(平常、通常開閉運動)の経路は毎回異なり^{25,26)}上下顎歯牙の最初の接触位置も種々の分布を示す¹³⁾。本研究においてもその影響は現われたが、ここでは噛み方に対する基準を設ける意味で被験者に楽な開口姿勢から速に上下顎が安定な位置に固定されるまで閉じるような動作を何回も繰り返す指示を与え、1 つの軸の測定後数分の休息をさせ疲労に対する考慮を払つた。

2. 結 果

i. 測定時の頭部姿勢について

頭部姿勢の変化は開口あるいは閉口に関与する咀嚼筋群に直接影響を及ぼさないとされる^{27,28)}。ここでは測定時頭部姿勢のあり方を予備的に調査するため姿勢を変化させることなく頭部のみを左右上下方向に向けた時の変化を測定した。その結果、正面向きを基準として頭部姿勢を強く変化させる場合は通常加速度 level は低下する

傾向をみせた。しかし左側の Y 軸は増加を示している。これは頭部姿勢の変化によつて下顎の衝突速度が低下する一方、下顎の偏位により側方的な衝撃成分の増加したことを意味する。また頭部下向きでの変化の少なかつたことを含めれば、頭部頸部附近の筋肉や皮膚の緊張にも頭部姿勢に及ぼす影響を負う 1 因子があるようにも思われる。得られた結果から測定時の姿勢は被験者を椅子に楽にかけさせ、頭部を動かすことなく正面の目標物に視線を向けさせれば十分であると判断した。

ii. 加速度の大きさについて

実測した加速度の大きさは下顎運動の複雑な要素をも含み²⁹⁾正規に分布しない場合もあり分布から大きく外れた値をたびたび観測した。分布の極端な値の影響を避けるため実測値は累積度数曲線の中央値によりその大きさを比較し、10% 値を最小値、90% 値を最大値の目安とし 10—90% 変動範囲を分散度の尺度とした。この中央値 (50% 値) は平均値と最頻度値の 1/3 の部分に相当する。

計測結果の一般的傾向として前歯部は大きく、臼歯部は比較的小さな値を示している。これは前歯部と臼歯部の歯根膜面積の広さ³⁰⁾に由来する歯牙—歯根膜系の機械的応答、あるいは変換器の質量、形態、取付位置による影響等の因子が考えられる。

本来変位は加速度を 2 次積分したものに他ならない。便宜上実測された値を定常振動と仮定すれば計測された 100 Hz 成分の加速度から変位量は 50% 値で最小 11~最大 103 μ の範囲であり歯牙別の平均は中切歯 37, 側切歯 31, 犬歯 28, 第 1 小臼歯 28, 第 2 小臼歯 34, 第 1 大臼歯 28 μ であり、軸別の平均は X 軸 24, Y 軸 25, Z 軸 44 μ であつた。

歯根膜の物理的特性は歯牙の荷重に対する変位^{31,32)}から歯根膜の粘弾性としての取扱³³⁻³⁵⁾を経て、最近は振動に対する応答としても研究されている。振動系としての取扱は古くから実験的に行なわれている³⁸⁾が近年研究方法、精度の向上に伴い生体での物理的な特性として、あるいは他の領域からその本態が明らかにされつつある³⁹⁾。しかし未だ明確ではなく、実際に咬合によつて起こる歯牙の変位様相はきわめて複雑と考えられる。

ここで歯牙、歯根膜、歯槽骨を各々質量、弾性と粘性減衰、基礎とした 1 自由度系と仮定すれば、歯牙に加振力の加わつた時の振動伝達率は中切歯の場合、共振周波数を 400 Hz 附近として^{34,36,37)} 560 Hz 以下で歯根膜の粘性によつて共振振動の吸収能は発揮され 560 Hz では歯槽骨にそのまま伝達される。これ以上の成分は減衰比 1

以下となつて伝わる⁴⁰⁾。伝達された振動は頭蓋で特有な応答を示し⁴¹⁾他の歯牙の起振力となる。この他に接触点からの伝播、対合歯牙の影響が含まれ被測定歯牙に直接、接触衝突が起こらないとしても歯牙は振動を起こす。このように測定された値はすべて歯牙の直接の衝突による他、各種成分が伝播された複雑な成分を含むものである。結果的にみて加速度の大きさは歯牙のZ軸方向すなわち垂直方向に大きな値を観測しX、Y軸方向に特に大きいとはいえなかつた。

iii. 波形について

咬合音として Watt^{19,20)}は上下顎衝突時立上りの早い波形を impact、歯牙滑走による波形を slide とし、これらの結合したものを combined form としてあげ、それぞれ I.S., S.I., I.S.I., complex 形とし、異なつた被験者あるいは同一被験者によつても各種の咬合条件によりちがつた波形を観察している。誘導部位を歯牙に直接設定する本研究方法によつても波形の発現由来は歯牙の衝突、滑走によるものであり、実際にここで観察された波形もこれらの形をよく整えていることからこの基準に従い、さらに伝播状の波形を加えて分類を行なつた。

加速度波形中の成分はきわめて複雑であると思われるが、記録された波形の形態は前にも述べたごとく歯牙の最初の衝突から安定な嵌合をするまでに要する距離と時間、すなわち下顎の偏位の程度と衝突滑走速度が大きく波形に影響をおよぼす。

ここでみた I.S. のほとんどが持続時間は短かく、上下顎歯牙衝突直前の下顎の偏位の程度は少ないと思われた。

S.I. における前方の slide 成分は下顎が安定な位置になるまでの測定歯牙あるいは他の歯牙の滑走、もしくは伝播と思われる。

I.S.I. は S.I. と本質的に同一な意味を含む場合もある。No. 9 の被験者にみるように前歯部は I.S.I.、臼歯部は S.I. の形態を整えた時、下顎は安定な嵌合位置より前方の経路をとるため中切歯附近で最初に衝突し、その振幅は後方歯牙に伝播され低い level slide の成分として臼歯に発現する。逆に No. 13 のごとく臼歯部に I.S.I. を観察し前歯部に S.I. をみる時は臼歯部に最初の強い衝突のあることを示唆する。

Complex 形は I.S.I. の前方、中間または後方に位相が異なつた歯牙接触による impact あるいはその伝播の附加された場合の他に、ゆつくり噛み合せた時歯牙にかかる強制振動力の影響による歯牙振動の大きさの変化やその伝播による場合も考えられる。ここで得られたものは impact 成分が多く、発現頻度はきわめて少ないこと

から偶然的な噛み方によつて後者に由来して得られたものと思われる。

伝播状の波形は前歯部に多く観察された。これらの波形を伝播状波形とした理由は

- ① 歯牙の衝突を思わせる明確な波形の立上りはなく、高域成分を欠如していた。
- ② 実測された波形の周期が長かつた。
- ③ 波形は他に比べ低い level であつた。

等の理由である。前歯部の接触関係には種々の論議がある^{42-45, 49)}が、動的状态下により得られた本研究の結果は真の咬合接触によらないと考えられる伝播状の波形を10例中6例の前歯部より得た。その頻度は2~55%であり、前歯部の接触は一部欠如する場合もあつた。

咬合音により separation noise として取扱われる離開波形は歯周疾患、不正咬合において特に長びくとされる²⁾。咬合により得られた波形と同様に離開波形についても正常有歯顎被験者を対象に観察し形態的な面から3種類の波形に大別した。この中で impact 状とするものは半正弦波状または単一正弦波状のもので、前歯部は咬合時にみられた伝播状波形と周期は類似しており、臼歯部にみられるものはこれに比べ周期が短かく観察された。前歯部においては通常1個の peak をみるが臼歯部では数個の peak で構成される場合もある。これは上下顎の噛み合わさつた状態から離開する時、歯牙に加わつた力を突然開放するため、歯根膜は歯牙を復帰させるように働き発現するかあるいは共振周波数附近を刺激する変化の加わつたものと考えられる。一方 slide 状波形は離開時、被験歯牙の真の滑走あるいは伝播による筈であるが通常 level は低く識別は困難であり強いてその判定は下さなかつた。複合型波形のうち slide 状波形の後方に impact をみるものは、歯牙の滑走から離開時に impact 状波形と同じ理由をもつて出現すると考えられる。前方または中間に impact をみるものは歯牙にかかる強制力の変化により共振周波数附近を駆動するためかあるいは impact 状波形の伝播によるものと思われる。

以上のような離開波形は正常有歯顎被験者の特定な歯牙においてすべて認めることができ各個人、歯牙により特有な形態の分布と出現頻度を示した。

iv. 持続時間について

ここで得られた持続時間は歯牙が最初に衝突し下顎が安定な位置に固定される時間で決定され、これに機械系、電気系の減衰が附加されたものである。衝撃の持続時間は通常、衝撃の開始から最大になるまでを意味する²⁾が本検索においては歯牙の衝突と滑走が大きな意味を

もつため計測に際し波形の開始から終了までの時間を対象とした。

下顎の衝突速度に対する波形の変化¹⁸⁾は 140 mm/sec. の時、2 重の接触を示す波形に対し 10 mm/sec. 速度が増加すれば 2 重の接触を示す波形は消える。それに反して 170→200 mm/sec. の 30 mm/sec. の速度の変化による波形の変化は少ないと見なされている。本研究では下顎の衝突速度は明らかでないが後者に属する波形の持続時間である。したがって比較する接触の種類は Watt の示した centric occlusion で咬合の評価は良好とされる部分である。これによれば資料数 44 個、最小～最大 10～50 msec. 平均 24 ± 0.88 msec. であり、上述の理由からここで得られた平均持続時間は最小の 10 msec. 附近に相当するものと思われる。実際に計測された持続時間は資料数 2700 個、最小～最大 4.1～42.3 msec., 平均 12.0 ± 0.1 msec. となりほぼ一致する結果を得た。またこれらは個人、歯牙により特定の傾向を示した。

波形に現われた前方 slide 成分の持続時間から下顎が偏心位から対合歯牙である上顎頰側咬頭舌側斜面に衝突し嵌合する位置^{43,44)}に行く時間は正常有歯顎被験者において早く閉口させた時約 1～4 msec. 要することになる。

歯牙の振動方向は加速度の大きさを比較した測定結果から明らかなように咬合に際しかなり自由度の高い運動が推測できる。本来同一歯牙は同一の持続時間を持つが、歯牙の振動方向と pick-up の取付方向から測定波形の読取り時間は多少異なると思われた。そこで処理間の差と誤差分散の比をもつて処理平均を比較した。理想的には有意性をこまかに検索すべきであるが、生体を測定対照とした本研究は下顎の速度、偏位の程度等、制御し得ない条件、因子を有するため 1% level で有意差のあるものだけを取り上げた。結局統計的には同一歯牙の軸間についておおよそ半数の有意差を認め、この中で特定の傾向を確認するのは困難であつた。これに対し異なつた歯牙の間にはほとんどのものに有意差を認めた。これは第 2 小臼歯と第 1 大臼歯の間にもつとも多く、側切歯大臼歯間および犬歯—第 1 小臼歯間は同等、ついで中切歯—側切歯間であり、第 1 小臼歯と第 2 小臼歯間をもつとも少なく、第 1 大臼歯、犬歯、中切歯の独立性が比較的高いことを示している。

離開波形の持続時間も下顎の開口速度、経路等に影響されるが、歯周疾患、不正咬合に際し常に長びくとされている²⁾。これは歯周疾患によつて歯根膜の粘性抵抗、弾性定数の低下³⁷⁾および歯牙動揺の増加により離開時対合歯牙の追従性が大きくなるためと思われる。一方不正

咬合によるものは上下顎歯牙の嵌合の深さ、咬頭の尖鋭度^{47,48)}に関連した歯牙滑走部分の増大によるもの等が考えられる。

正常有歯顎被験者によつて得られる離開波形も咬合によるものと同様によく個性を現わすが、slide 状波形、複合型波形の持続時間から、歯牙の嵌合した位置より離開が完了するまでに要する時間は平均 11.4 ± 0.2 (2.2～30.9) msec. であつた。しかしこれは真の滑走によるものとは限らず伝播した持続時間をも含む処理であるため、離開時接触滑走を起こす歯牙の波形に限定した時にはこれよりやや延長した持続時間が想像される。

v. 咀嚼側を意識する被験者について

臨床的に正常有歯顎とされる場合でも咀嚼側の(習慣性咀嚼側、片側性咀嚼)を意識する場合がある⁴⁹⁾。咬合小面あるいは static な接触関係の研究によつてはこの影響はみられない⁵⁰⁾が咬頭の傾斜に関連するともいわれている⁵¹⁾。いわゆる正常有歯顎を有し、ともに左側に咀嚼の習慣を意識する 3 名の被験者を得たので、この測定法により加速度の大きさ、発現波形および持続時間について測定した。この結果左右差は第 1 大臼歯に共通な傾向を示した。すなわち加速度の大きさは咀嚼側を意識する側で軸方向が大きく、持続時間を含めれば、この側において噛み合せに際し速にしかも強固な嵌合が可能な状態であるといえる。

誘導された別個の波形から歯牙の接触状況を推察すれば No. 17 は左側犬歯で I.S. 95% の頻度を認め同部附近に最初の接触が多く、他歯牙はこの影響を受け前方に滑走成分を有するものと思われる。No. 18 は最初の衝突とみられる立上りの早い波形を左側第 1 大臼歯に I.S. I. として発現し、他歯牙は伝播の影響を受け slide 成分として読取られると考えられる。Silverman²⁸⁾によれば咀嚼時、舌により食品の運ばれた方向へ下顎が偏位するとされるが、咀嚼側の習慣を明確に意識する 2 名の被験者は空口時の運動においても初期の強い接触が同側に認められた。しかしむしろ左側を意識する被験者は右側犬歯に最初の強い接触が推定され、他の 2 名とは逆の傾向を示した。

咀嚼の習慣はまだ十分な研究はされていないが、Ramfjord²⁹⁾は咬合干渉に順応する場合もしばしばあるとしている。前の 2 例においては最初に接触する側が左側にあると推定されたにもかかわらず、右側大臼歯に 2 重の接触を示す I.S.I. の形態を一部観察し異常な接触を想像させた。しかしこれが咀嚼側の習慣を生じた本質的な原因かあるいは他の因子により発現した 2 次的な波形

なのか判定は困難であった。

vi. 多現象誘導および修復物による効果について

独立して得られた波形から統計的に歯牙の接触、離開状態を推察することは可能であるが、同時に多数歯牙から波形を誘導すればさらに明確な判断が可能である。咬合音、顎関節音においても2成分の比較が行なわれている^{4,18)}。ここで行なった方法は1歯牙に対応して pick-up の取付が可能であるため、歯牙のうち独立性の高かった左右側犬歯と第一大臼歯から誘導を行ない、その波形から特殊な方法⁵²⁾を用いず歯牙の接触状況を明確に判断できた。No. 20 は波形の立上り状態から右側臼歯部附近に最初の衝突が存在し、また離開時波形の大きさから同側犬歯に強い slide 状波形がみられる。したがって同部附近を強く滑走して開口するといえる (Fig. 67-1)。同様に No. 21 の左右側犬歯に現われた impact の大きさから、前歯部に最初の衝突を起こし、離開波形からは左側臼歯部に影響を与える開口経路をとった。No. 22 は右側臼歯に最初に接触し同部附近に滑走を起こし離開すると想像される。以上のように多現象化により動的状態における歯牙の衝突、離開状況を判断する有効な手段であることを確認した。

修復物による波形の変化は咬合音によっても著明な変化として捉えられており、偏向性咬頭接触と適応性変化の結果であるとされる³⁾。人為的に作られた咬合面の形態により顎の運動 pattern が影響される^{47,48)}。また鋳造体による歯冠修復はきわめて慎重な注意を要す⁵³⁾が、ここでは1級 inlay 修復を採用した。理由はもつとも基本的かつ重要な上下顎関係である咬頭一窩の関係を明確に確認でき、機能的な咬合を司る天然歯牙の咬合面に与える影響を最小限に止めるためである。製作した inlay は平坦な面を持ち口腔内で咬頭一窩の関係を作るように調整を行なった。上下顎歯牙の関係を確認する方法は多く、咬合紙^{15,54)}、wax^{54,55)}、typewriter ribbon²⁹⁾、wax と咬合紙を重ね合わせたもの⁵⁶⁾、laquer⁵⁷⁾、感圧紙⁵⁸⁾、modeling compound⁵⁹⁾、silicone⁶⁰⁾、eugenol past, base plate、他に最近では resin⁶¹⁾等も使用されている。

ここでは臨床上実用性の高い咬合紙と wax の併用により、また調整完了の基準は被験者が噛みしめた時異和感のなくなるまでとした。したがって inlay の高さは歯根膜の感受性外の位置⁶²⁾あるいはそれ以下になったことを意味する。この時点で誘導された波形は2例において当該部に I.S.I. の発現頻度が高くなり、他の歯牙への伝播も著明になった。これは咬頭嵌合位に到る以前の inlay による干渉の結果を示し、調整された inlay の陥凹に嵌

合する前に上顎舌側咬頭が陥凹部の辺縁に衝突するものと思われる。また修復前、前歯部に最初の衝突を想像させた被験者 (No. 21) にはこの傾向は明らかではなかった。しかし波形の発現頻度において調整直後に変化が現われた。1週間後にみられた波形の発現相様は3例ともに修復前に類似した pattern を得た。これは生体の適応性変化³⁾の他に inlay 自体の口腔内における物理的な環境に対する順応も考えられる。

V. 結 論

超小型加速度型振動変換器を上顎歯牙に直接取付け、開口と閉口時に誘導された波形を種々な方向から検索を加え、その実用性を確認し以下の結論を得た。

1. 加速度の大きさは個人、歯牙、測定軸によつて特性を有したが一般的には咬合平面に対し垂直方向の成分を多くみた。

2. 咬合によつて得る波形の形態は従来、咬合音で観察されているものの他に当該歯牙の衝突に由来しないと考えられる伝播状の波形を前歯部に観察した。

3. 離開によつて得た波形は特定の歯牙あるいは軸で正常有歯顎被験者においてすべて認めた。その形態は impact 状、slide 状またはこれらの組合わさつたものであつた。

4. 加速度波形の持続時間も個性は強調されるが咬合によるものは平均的に臼歯で長く、犬歯は短く読取られ、歯牙のうち中切歯、犬歯、第1大臼歯の独立性が高かつた。

5. 咀嚼側を意識する被験者は同側第1大臼歯において垂直方向の level が大きく安定し、持続時間は短かい傾向を示した。

6. 同時に多数歯牙より誘導した波形は歯牙の衝突、離開状況を判断するきわめて有効な手段であることが明らかになった。

7. 修復物による影響はこの方法によつても持続時間の延長を見出し、さらに咬合の変化を波形上で確認することができた。

稿を終るに臨み、本研究に終始御懇篤なる御指導、御校閲を賜つた竹花庄治教授に深甚なる謝意を表すとともに、研究に種々の御援助、御協力をいただきました補綴学教室諸先生並に被験者の方々に深謝致します。

(本研究の一部は昭和46年度文部省科学費補助金に負うものである。)

文 献

- 1) Watt, D.M. : A preliminary report on the auscultation of the masticatory mechanism, *Dental Practitioner.*, 14 : 27-30, 1963.
- 2) Watt, D.M. : Gnathosonics-A study of sounds produced by the masticatory mechanism, *J. Pros. Dent.*, 16 : 73-82, 1966.
- 3) Watt, D.M. : Clinical applications of gnathosonics, *J. Pros. Dent.*, 16 : 83-95, 1966.
- 4) Nicolai, L. : Über das stereostethoskop, *Klin Wochenschrift.*, 15 : 91-92, 1963.
- 5) Findlay, I.A., Kilpatrick : An analysis of the sounds produced by the mandibular Joint, *J. Dent. Res.*, 39 : 1163-1171, 1960.
- 6) Jankelson, B., Hoffman, G.M., Hendoron, J.A. : Physiology of the stomathic system, *J.A.D.A.*, 46 : 375-386, 1953.
- 7) Anderson, D.J., Picton, D.C.A. : Tooth contact during chewing, *J. Dent. Res.*, 36 : 21-26, 1957.
- 8) Grah, H., Zander, H.A. : Tooth contact patterns in mastication, *J. Pros. Dent.*, 13 : 1055-1066, 1963.
- 9) Butler, J.H. : Recent reserch on physiology of occlusion, *D. Clin. North America*, 13 : 555-566, 1969.
- 10) Glickman, I., Pamijer, J.H.N., Roeber, W.F., Brion, M.A.M. : Functoinal occlusion as revealed by miniaturized radiotransmitters, *D. Clin. North America*, 13 : 667-679, 1969.
- 11) Griffin, C.J., Munro, R.R. : Electoromyography of the jaw-closing muscles in the open-close-clench cycle in man, *Archs.Oral. Biol.*, 14 : 141-149, 1969.
- 12) Brenman, H.S., Mackowiak, R.C., Friedman, M.H. F. : Condyler displacement recordings as an analog of mandibular movements, *J. Dent. Res.*, 47 : 599-602, 1968.
- 13) 川口豊造 : 電氣的測定装置による習慣的開閉運動および嚥下運動時歯牙接触位に関する研究, *補綴誌*, 12 : 398-428, 1968.
- 14) Schmidt, J.R., Harrison, J.D. : A method for simultaneous electromyographic and tooth contact recording, *J. Pros. Dent.*, 24 : 387-395, 1970.
- 15) Ross, I.F. : Occlusion, Saint Louis, 1970, C.V. Mosby Co., pp. 185-187.
- 16) 大島正光 : 振動と生体 (I), *鉄鋼労働衛生*, 2 : 8-20, 1953.
- 17) 古川英一 : 振動および衝撃測定, 東京, 昭和 41, 誠文基新光社, 269-324 頁.
- 18) Watt, D.M. : Gnathosonic study of tooth impact, *Dent. Practit.*, 17 : 317-324, 1967.
- 19) Watt, D.M. : Gnathosonics in occlusal evaluation, *J. Pros. Dent.*, 19 : 133-143, 1968.
- 20) Watt,D.M., Hegard, B. : The stereostethoscope—An instrument for clinical gnathosonics, *J.Pros. Dent.*, 18 : 458-463, 1967.
- 21) 桜井良文, 小畑耕郎 : 振動・衝撃の計測, 東京, 昭和45, 朝倉書店, 114-178 頁.
- 22) Levy, S., Kroll, W.D. : Response of acceleremeters to transient accelearation, *Journal of Reserch of the Bureau of Standard*, 45 : 303-309, 1950.
- 23) Hannaw, A.G., Matthews, B.M., Yem, R. : Change in the activity of the masseter muscle flowing tooth contact in man, *Archs. Oral Biol.*, 14 : 1401-1406, 1969.
- 24) Schaerer, P., Stallard, R.E. : Occlusal interference and mastication "An electromyographic study", *J. Pros. Dent.*, 17 : 438-449, 1967.
- 25) 根本一男 : 有歯顎下顎切歯点における 3 次元的運動限界の研究, *補綴誌*, 6 : 1-40, 1962.
- 26) 福島俊士 : 習慣的開閉運動における顎頭運動の研究, *補綴誌*, 15 : 267-209, 1971.
- 27) Posselt, U. : Physiology of occlusion and rehabilitation, London, 1966, Lowe & Brydone Ltd., pp. 6-9.
- 28) Silverman, M.M. : Occlusion, Washington, 1962, Mutual Publishing Co., pp. 84-89.
- 29) Ramfjord, S.P., Ash, M.M. : Occlusion, Philadelphia, 1966, W.B. Saunders Co., pp. 62-93.
- 30) Tylman, S.D. : Theory and practice of crown and bridge prosthodontics, Saint Lowis, 1965, C.V. Mosb Mosby Co., pp. 171-174.
- 31) 木村一雄, 石橋真澄 : ダイアルゲージを応用した歯牙動揺測定装置に就いて, *口病誌*, 19 : 115-117, 1952.
- 32) O'Leary, T.J. : Tooth mobility, *D. Clin. North America*, 13 : 567-579, 1968.
- 33) Parfit, G.J. : Measurement of physiologycal mobility of individual tooth in an axial force, *J. Dent. Res.*, 39 : 608-618, 1960.
- 34) 倉島晃一 : 歯周組織の力学的性状に関する研究, *口病誌*, 30 : 361-385, 1963.
- 35) Bien, S.M. : Hydrodynamic damping of tooth movement, *J. Dent. Res.*, 45 : 907-914, 1966.
- 36) 加藤熙 : 正常及び病的な歯周組織の共振周波数の測定, *口病誌*, 35 : 58-81, 1968.
- 37) 八島輝明 : 歯の機械インピーダンス測定, *口病誌*, 38 : 556-573, 1971.
- 38) Manlay, R.S., Yurkstas, A., Reswick, J.B. : An

- instrument for measuring tooth mobility, J. Periodont. 22 : 148-155, 1951.
- 39) 上条雍彦, 他 : 「歯根膜の構造と機能」(口演抄録), 歯基礎誌, 12 : 256-264.
 - 40) 飯野香 : 防音装置の設計, 東京, 昭和 41, 理工図書, 260-270 頁.
 - 41) Conant, J.R. : Sound transmission used for studying masticatory force distributing pattern, J. Periodont., 33 : 322-327, 1962.
 - 42) Schuyler, C.H. : Anevaluation of incisal guidance and its influence in restrative dentistry, J. Pros. Den., 9 : 374-378, 1958.
 - 43) Schuyler, C.H. : The function and importance of incisal guidance in oral rehabilitation, J. Pros. Den., 13 : 1011-1029, 1963.
 - 44) Stallard, H., Stuart, C. : Concept of occlusion, D. Clin. North America, 7 : 591-607, 1963.
 - 45) Beyron, H. : Optimal occlusion, D. Clin. North America, 13 : 537-554, 1969.
 - 46) Schuyler, C.H. : Freedom in centric, D. Clin. North America, 13 : 681-686, 1969.
 - 47) Trapozzano, V.R. : Tests of balanced and non-balanced occlusion, J. Pros. Den., 10 : 476-487, 1960.
 - 48) Woelsted, J.B. : Effect of posterior tooth form on jaw and denture movement, J. Pros. Den., 12 : 922-939, 1962.
 - 49) 太田勝美 : 片側性咀嚼について, 口病誌, 38 : 64, 1970.
 - 50) 中尾勝彦 : 天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究, 補綴誌, 14 : 1-21, 1970.
 - 51) Beylon, H. : Characteristics of functionally optimal occlusion and principles of occlusal rehabilitation, J.A.D.A., 48 : 648-656, 1954.
 - 52) Watt, D.M. : Report on a method of direct occlusal analysis, Dent. Pract., 15 : 416-420, 1965.
 - 53) 竹花庄治 : 鑄造体による歯冠修復について, 日本歯科評論, 308 号 : 37-48, 1968.
 - 54) Shore, N.A. : Equilibration of the occlusion of natural dentition, J.A.D.A., 44 : 414-427, 1952.
 - 55) Weinberg, L.A. : Rationale and technique for occlusal equilibration, J. Pros. Den., 14 : 74-86, 1964.
 - 56) Brecher, S.C. : Clinical procedure in occlusal rehabilitation, Philadelphia, 1966, W.B. Saunders Co., pp. 180-190.
 - 57) Trost, T. : Diagnosing minute deflective occlusal contacts, J. Pros. Den., 14 : 71-73, 1964.
 - 58) 稲川英史 : 天然歯列における上下顎間接触状態に関する研究, 歯科学報, 70 : 69-92, 1970.
 - 59) 落合通雄 : 各咬合症における自然歯列及び各歯牙対合接触状態に関する研究, 日大歯学, 38 : 448-495, 1964.
 - 60) 野村孝太郎他 : 鑄造冠製作過程における咬頭嵌合位の推移, 補綴誌, 15 : 121-125, 1971.
 - 61) Abadie, F. A. : Plastic stoping—its multiple uses, J. Pros. Den., 24 : 103-107, 1970.
 - 62) Siirira, S.H., Laine, P. : The tactile sensibility of the paradontium to slight axial loadings of the teeth, Acta. Odont. Scandinav., 21 : 415-429, 1963.

Response of Tooth to Transient Accelerative Vibration During Jaw Motions

By

Yasuo Wakabayashi

Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Aichi-Gakuin
University (Chief : Prof. Syoji Takehana)

Miniturized accelerometers were used to detect the tooth vibration during the motions of opening and closing jaws in this study. During recording procedure, accelerometers were retained with socket to the buccal surface of maxillary tooth. This method does not disturb normal mandibuler movements keeping natural tooth as it is.

The purpose of this study was to develop practical use of this method in assessment of occlusion. Twenty-two male subjects were selected for this study, their age range was from 23 to 34. Each subject possessed a full complement of tooth. They were subjected to ① influence of head posture (Subject No. 1), ② value of acceleration response (No. 2~6), ③ observation of occlusion and separation waves (No. 7~16), ④ examination of uniatlateral mastication (No. 17~19), ⑤ synchronous records from effect of occlusion by inlay restration (No. 20~22).

From this observation the following summary can be obtained.

- (1) The "slight" change in head posture had little on the value of acceleration response.
- (2) Tooth transient vibration during jaw closing showed many vertical vibratory motions.
- (3) Propagation waves were obtained from anterior tooth during jaw closing, may be the determining factor on tooth contacts.
- (4) Basic components of separation waves were single impact, slide and combined forms.
- (5) Subjects of unilateral preference pattern of mastication on the first molar were proved many vertical vibratory motions in its side, and occlusal waves were short duration.
- (6) Synchronous records may be made of use in future studies.