インプラント義歯装着者の口腔感覚に関する研究

第1報 骨内インプラントの圧覚閾値について

山内 六男 天野仁一朗* 川野 襄二

Studies on Oral Sensation in Patients with Implant Denture

Part 1. Tactile Sensibility of Endosseous Implants

Mutsuo Yamauchi, Niichiro Amano* and Joji Kawano

Abstract : The purpose of this study is to investigate the sensory mechanism in jaws that have received dental implants. These cases of course have no periodontal membrane. With the von Frey feather stimulation technique we measured tactile sensibility of 6 subjects with 9 endosseous implants and compared results with those obtained from the remaining natural teeth in these patients and natural teeth in corresponding locations in other patients. We also measured the tactile sensibility in patients with implants after infiltration of anesthesia at the mucous membrane surrounding implant and at the bone surrounding implant.

1. Minimum tactile sensibility in endosseous implant patients was 54.0 g axially and 17.6 g bucco-lingually. Maximum tactile sensibility was 119.9 g. These measurements were much higher in both directions than the results from any of the measurements of natural teeth.

2. When anesthesia was injected at the mucous membrane at the necks of the implants the results obtained were nearly unchanged from the unanesthetised implants, but with bone anesthetised, the tactile sensibility of the patients with implants increased in all cases.

These results suggest that mechanoreceptors in the tissues surrounding the endosseous implants are associated with the determination of tactile forces.

Key words : endosseous implant, oral sensation, tactile sensibility

I. 緒 言

咀嚼運動は口顎系の協調によって営まれており¹⁾, そのなかでも口腔感覚, 特に歯根膜感覚は咀嚼運動の協調

性に大きく影響することが報告されている²⁾. 最近, 生体適合性に優れた人工骨材料の開発のせいもあって, 歯科インプラントの臨床応用にはめざましいものがある. しかしながら, 天然歯列者や義歯装着者の口腔感覚に関しては現在までにある程度まで明らかにされているが³⁾, インプラント義歯装着者の口腔感覚については報告が少なく⁴⁻⁹⁾, 未だ不明な点が多いのが現状である.

そこで著者らは, インプラント義歯装着者の口腔感覚の様相を明らかにする目的で, まず歯根膜の欠如する顎骨内植立インプラントの圧覚閾値を6人の患者において測定した. その結果, インプラントは天然歯に比べ鈍感

朝日大学歯学部歯科補綴学第1講座(主任: 川野襄二教授)

* 九州歯科大学口腔科学講座(主任: 天野仁一朗教授)

The First Department of Prosthodontics, Asahi University, School of Dentistry (Chief: Prof. Joji Kawano)

* The Department of Oral Neuroscience, Kyushu Dental College (Chief: Prof. Niichiro Amano)

昭和62年10月23日受付

ではあるが高い圧覚閾値を有していること、インプラントの圧覚には骨膜とインプラント周囲組織（Peri-implant membrane）¹⁰⁾ 内の圧覚受容器が関与していることなどが判明したので、その詳細を報告する。

II. 実験材料および方法

1. 被験者

補綴処置のためインプラント（京セラ社、バイオセラム）を植立後1カ月以上経過し、インプラント部に異常の認められない患者6名を被験者とした（表1）。また、歯列、歯周組織、顎関節などに異常の認められない正常成人男女8名を対照とした（表2）。

2. von Frey 刺激毛の製作

圧覚閾値の測定には自作した von Frey 刺激毛¹¹⁾を用いた。von Frey 刺激毛は、断面 5 mm×5 mm の正方形で長さ 14 cm のアクリリック棒の先端に直径 0.09～0.59 mm で長さ 10 mm から 18 mm の間のナイロンフ

ィラメントを取り付けて製作した（図1）。刺激毛の荷重量の校正はデジタル天秤（島津製作所、Libror EB-280型）の天秤の受皿に刺激毛を直角に押しつけ刺激毛が屈曲したところでデジタル値を 10 mg 単位で読み取り、これを 5 回行い、最大値および最小値を除いた残り 3 つの計測値を平均して刺激毛の荷重量とした。なお、校正の際アクリリック棒に貼り付けたストレンゲージ（共和電業社、KFC-1-C1-11）の出力を、ブリッジボックス（日本光電社、SR-JA）およびひずみ圧力用アンプ（日本光電社、RP-5）を通してペン書きオシログラフ（日本光電社、W1-385G）に歪波形として描かせ、ほぼ同一の力が加えられていることを確認した（図2）。以上のような手順で数 10 本の刺激毛を製作し、この中から荷重量の異なる 20 種類を選び、実験に用いた（表3）。

3. 圧覚閾値の測定方法

測定部位は、対照の天然歯列者では上下顎左右側の第1小臼歯から第2大臼歯までの計 16 歯で、インプラント義歯装着者ではインプラントと、インプラント植立部

表 1 被験者の年齢、性別およびインプラントの状態

被験者	年齢	性別	インプラントの植立部位	インプラントの種類	植立後の期間
A	37	男性	5	3 AOL	10カ月
			6 7	16 UOL	10カ月
B	45	女性	5	4 SIL	8カ月
			6 7	12 WOL	8カ月
C	46	女性	7	12 WOL	2カ月
D	50	男性	5	4 SIL	1カ月
			7	8 WOL	1カ月
E	58	女性	7 6	16 UOL	3カ月
F	71	男性	6 7	16 UOL	1カ月

表 2 対照とした被験者の年齢および性別

被験者	年 齢	性 別
1	24	男性
2	24	女性
3	24	男性
4	23	男性
5	27	男性
6	24	男性
7	26	男性
8	23	男性

図 1 von Frey の刺激毛

図 2 校正歪波形

各歪波形の下のパーは、Frey 刺激毛への加圧を示す。5 回加圧した

表 3 刺激毛の種類

No.	直径 (mm)	長さ (mm)	荷重量 (g)
1	0.09	15	0.1
2	0.10	10	0.2
3	0.11	12	0.4
4	0.14	15	0.6
5	0.15	15	0.8
6	0.15	13	1.0
7	0.15	12	1.4
8	0.16	10	1.8
9	0.24	18	3.7
10	0.24	15	5.4
11	0.29	16	7.6
12	0.29	14	9.7
13	0.29	10	12.0
14	0.34	15	17.6
15	0.34	10	21.4
16	0.36	10	26.8
17	0.47	15	54.0
18	0.49	15	61.5
19	0.49	10	94.4
20	0.59	15	119.9

測定時の刺激方向は、歯およびインプラントの長軸方向ならびに舌または口蓋頬方向（舌頬方向）とし、歯の刺激位置は長軸方向では咬合面中央部、舌頬方向では近遠心的歯冠中央部で咬合面より約 2 mm 下方とし、インプラントの場合もこれに準じた。

なお、測定に用いる刺激毛の順序は天然歯では 5.4 g のものから開始し、応答した場合には順次小さな荷重量のものに変え、応答がない場合には大きな荷重量のものに変えていった。インプラントの場合には、54.0 g の刺激毛から開始した。1 本の刺激毛について 3 回測定を行い、最小値を測定値とした。

測定時には、患者に閉眼させた状態で軽く開口位をとらせた。また、刺激毛が被験者の頬粘膜、歯肉、口唇、舌などに触れないようにとくに注意した。

III. 実験結果

1. 天然歯の圧覚閾値

8 人の天然歯列者の上下顎第 1 小臼歯から第 2 大臼歯において測定した長軸方向および舌頬方向の歯の圧覚閾値は、表 4 および 5 に示す通りである。歯軸方向の圧覚閾値は上下顎ともに最小値は 1.0 g、最大値は 21.4 g で、平均値でみると近心位の歯ほど閾値が低く、遠心にゆくに従って高くなった。舌頬方向の圧覚閾値を平均値でみると、長軸方向の場合と同様に、近心位の歯ほど閾値が低かった。また、舌頬方向の閾値は上顎第 2 小臼歯を除くいずれの歯においても歯軸方向の閾値よりも高かった。

位に一致した上下顎同名歯あるいは近接した歯牙とした。また、インプラント義歯装着者ではインプラント周囲組織のどの感覚受容器が圧覚に関与しているかを検討するために、同一患者の同一部位においてインプラント頸部周囲粘膜を 0.2～0.4 ml の塩酸リドカイン注射液（藤沢製薬，エピネフリン含有キシロカイン注射液 2%）で浸潤麻酔した場合とインプラント植立顎骨部を 0.4～0.8 ml の塩酸リドカイン注射液で浸潤麻酔した場合についても測定を行った。

表 4 天然歯の長軸方向の圧覚閾値

(単位：g)

	歯 種	平均値	標準偏差	最大値	最小値
上 顎	第1小白歯	4.9	2.77	9.7	1.0
	第2小白歯	6.7	2.73	9.7	1.4
	第1大白歯	9.7	4.64	17.6	3.7
	第2大白歯	9.6	3.15	17.6	3.7
下 顎	第1小白歯	5.9	3.15	9.7	1.4
	第2小白歯	6.6	2.94	9.7	1.0
	第1大白歯	9.4	4.90	21.4	3.7
	第2大白歯	10.9	6.38	21.4	1.8

表 5 天然歯の舌頬方向の圧覚閾値

(単位：g)

	歯 種	平均値	標準偏差	最大値	最小値
上 顎	第1小白歯	6.0	3.36	12.0	1.0
	第2小白歯	6.0	3.23	12.0	1.4
	第1大白歯	10.3	3.48	17.6	5.9
	第2大白歯	10.6	4.08	21.4	5.9
下 顎	第1小白歯	6.8	3.12	12.0	1.4
	第2小白歯	7.8	3.07	12.0	1.8
	第1大白歯	10.8	4.09	17.6	1.4
	第2大白歯	11.5	4.98	17.6	3.7

表 6 インプラントの長軸方向の圧覚閾値

(単位：g)

被験者	部位	種類	圧覚閾値	残存歯の圧覚閾値	対照の圧覚閾値
A	<u>5</u>	3 AOL	94.4	<u>5</u> : 9.7	<u>5</u> : 6.6 (9.7)
	<u>6 7</u>	16 UOL	54.0	<u>6</u> : 5.9	<u>7</u> : 10.9 (21.4)
B	<u>5</u>	4 S1L	>119.9	<u>5</u> : 21.4	<u>5</u> : 6.6 (9.7)
	<u>6 7</u>	12 WOL	94.4	<u>6</u> : 21.4	<u>7</u> : 10.9 (21.4)
C	<u>7</u>	12 WOL	54.0	<u>7</u> : 17.6	<u>7</u> : 9.6 (17.6)
D	<u>5</u>	4 S1L	>119.9	<u>5</u> : 26.8	<u>5</u> : 6.7 (9.7)
	<u>7</u>	8 WOL	94.4	<u>7</u> : 26.8	<u>7</u> : 10.9 (21.4)
E	<u>7 6</u>	16 UOL	54.0	<u>7</u> : 17.6	<u>7</u> : 10.9 (21.4)
F	<u>6 7</u>	16 UOL	>119.9	測定不能	<u>7</u> : 10.9 (21.4)

() : 最大値

表 7 インプラントの頬舌方向の圧覚閾値

(単位：g)

被験者	部位	種類	圧覚閾値	残存歯の圧覚閾値	対照の圧覚閾値
A	<u>5</u>	3 AOL	26.8	<u>5</u> : 12.0	<u>5</u> : 7.8 (12.0)
	<u>6 7</u>	16 UOL	61.5	<u>6</u> : 9.7	<u>7</u> : 11.5 (17.6)
B	<u>5</u>	4 S1L	>119.9	<u>5</u> : 12.0	<u>5</u> : 7.8 (12.0)
	<u>6 7</u>	12 WOL	61.5	<u>6</u> : 21.4	<u>7</u> : 11.5 (17.6)
C	<u>7</u>	12 WOL	17.6	<u>7</u> : 5.9	<u>7</u> : 10.6 (21.4)
D	<u>5</u>	4 S1L	94.4	<u>5</u> : 21.4	<u>5</u> : 6.0 (12.0)
	<u>7</u>	8 WOL	94.4	<u>7</u> : 21.4	<u>7</u> : 11.5 (17.6)
E	<u>7 6</u>	16 UOL	54.0	<u>7</u> : 21.4	<u>7</u> : 11.5 (17.6)
F	<u>6 7</u>	16 UOL	>119.9	測定不能	<u>7</u> : 11.5 (17.6)

() : 最大値

2. インプラントの圧覚閾値

6人の被験者の骨内インプラントにおいて測定した長軸方向および舌頬方向の圧覚閾値は、表6および7に示す通りである。長軸方向の圧覚閾値の最小値は 54.0 g

であった。最大値は被験者 B, D, F において 119.9 g の最大荷重量をもつ刺激毛 No. 20 で刺激しても応答がない部位もあったので、119.9 g 以上であった。インプラントの圧覚閾値は、インプラント義歯装着者の残存歯お

表 8 局所麻酔によるインプラントの長軸方向の圧覚閾値の変化

(単位: g)

被験者	部 位	麻酔前	頸部周囲粘膜麻酔後	植立顎骨部麻酔後
A	$\overline{5}$	94.4	119.9	>119.9
	$\overline{6\ 7}$	54.0	61.5	>119.9
B	$\overline{6\ 7}$	94.4	94.4	>119.9
C	$\overline{7}$	54.0	54.0	>119.9
D	$\overline{7}$	94.4	94.4	>119.9
E	$\overline{7\ 6}$	54.0	54.0	>119.9

表 9 局所麻酔によるインプラントの頬舌方向の圧覚閾値の変化

(単位: g)

被験者	部 位	麻酔前	頸部周囲粘膜麻酔後	植立顎骨部麻酔後
A	$\overline{5}$	26.8	54.4	>119.9
	$\overline{6\ 7}$	61.5	94.4	>119.9
B	$\overline{6\ 7}$	61.5	61.5	>119.9
C	$\overline{7}$	17.6	17.6	>119.9
D	$\overline{5}$	94.4	94.4	>119.9
	$\overline{7}$	94.4	94.4	>119.9
E	$\overline{7\ 6}$	54.0	54.0	>119.9

よび対照の天然歯の閾値よりもかなり大きな値を示した。

舌頬方向の圧覚閾値は、最小値が 17.6 g であり、最大値は被験者 B および F において最大荷重 119.9 g の刺激毛による刺激にも応答しなかった部位があったので、119.9 g 以上であった。また、舌頬方向の圧覚閾値は、長軸方向の閾値の場合と同様に残存歯および対照の天然歯の閾値よりも高かったが、長軸方向の閾値よりもやや低かった。

3. インプラントの圧覚閾値の麻酔による影響

前述のように 6 人の被験者においてインプラントの圧覚閾値を測定した後、直ちにインプラント周囲組織に浸潤麻酔を施し、麻酔効果の発現した時点で再びインプラントの圧覚閾値を測定した。インプラント周囲組織の麻酔は、インプラント頸部と植立顎骨部とに分けて行った。なお、前述の測定実験において最大荷重の刺激毛に対しても応答しなかった被験者 B, D, F の非常に高い閾値のインプラント部位については、麻酔による影響を検討しなかった。

長軸方向の圧覚閾値については表 8 に示すように、6 インプラントのうち 4 インプラントにおいてインプラン

ト頸部周囲の麻酔前後で変化がみられなかったが、被験者 A の 2 インプラントのみに麻酔後の閾値の上昇が認められた。インプラント植立顎骨部の麻酔後には、すべてのインプラントで最大荷重 119.9 g の刺激毛による刺激にも応答しなくなった。舌頬方向の閾値については表 9 に示すように、長軸方向の閾値の場合と同様、被験者 A のみにインプラント頸部周囲粘膜への麻酔で閾値の上昇が認められた。また、顎骨部麻酔後には長軸方向の場合と同様に、すべてのインプラントにおいて最大荷重の刺激毛による刺激にも応答を示さなくなった。

IV. 考 察

インプラントで補綴を行った場合に、補綴後に咀嚼機能がどのように変化するかについてはこれまで報告されており¹²⁻¹⁴⁾、インプラントは有床義歯に比べ順応するのにより長期間を要するが、順応後には有床義歯よりも円滑な咀嚼が行われるといわれている。その理由としては、インプラント義歯による咀嚼の場合の感覚フィードバック機構には、局部床義歯による咀嚼の場合にみられる粘膜からの求心性情報が欠如するので、対合歯および連結した天然歯からの感覚情報に大きく依存しようとする

るために順応するのに長期間を要するのではないかと考えられる。また、順応後の咀嚼の円滑性の程度は歯牙粘膜支持形式と歯牙支持類似形式とで異なると考えられる¹⁵⁾。

三谷¹⁶⁾は、インプラントに偏心位誘導面を付与しても咀嚼パターンの変更を誘起しえないこと、また、Mushimoto ら¹⁷⁾はオーバーデンチャーの支台歯であるインプラント周囲に、浸潤麻酔を行っても咀嚼筋活動の時間的パラメーターに変化がないことを報告している。これらの報告から、インプラント自体からの感覚入力には咀嚼機能の制御にあまり寄与しないとも考えられる。しかし、これらの数少ない実験結果から咀嚼運動に対するインプラント自体からの感覚フィードバックを否定するのは早計であって、この問題に関しては今後の研究が待たれる。インプラント自体の感覚については従来報告が少なく⁴⁻⁹⁾、インプラントを利用した補綴臨床を行う上ではこの方面の研究がきわめて有意義である。以下、今回われわれの行ったインプラントの圧覚閾値の測定実験について考察を加える。

1. 実験方法について

従来、天然歯の圧覚閾値の測定に関して Manly ら¹¹⁾は von Frey 刺激毛を、Loewenstein ら¹⁸⁾は spring estesiometer、Linden¹⁹⁾は electromechanical transducer、玉井²⁰⁾はストレンゲージ応用の荷重計によりそれぞれ圧覚閾値を求めているが、本実験では測定に際して特別な装置を必要とせず、簡便に行え、かつ予備実験の結果測定値の再現性が高い、Manly ら¹¹⁾と同様の von Frey 刺激毛を使用した。

インプラント植立後の周囲組織の回復には長期間を要し²¹⁾、特に植立後2～4週目までの時期は組織回復過程が著明であり、固定性が一時的に低下するといわれている²²⁾。したがって、臨床ではインプラント植立直後は残存歯と合体させた固定をはかり、最終的な上部構造物の装着はインプラント植立1カ月後に行うことが多い²³⁾。本研究においてはインプラント植立から圧覚閾値の測定を行うまで1カ月以上の間隔をあけた。

2. 実験結果について

本研究において、8人の天然歯列者の上下顎第1小臼歯から第2大臼歯における圧覚閾値を測定したところ、歯軸方向では3.7～12.0 g、舌頬方向では3.7～21.4 gであり、また近心位の歯牙ほど圧覚閾値が小さい結果が得られた。これらの結果は Manly ら¹¹⁾および玉井²⁰⁾の

報告におけるものとほぼ同様の結果であった。

6人の被験者の9部位のインプラントにおいて測定した圧覚閾値は、長軸方向、舌頬方向ともすべてのケースにおいて同一被験者の同一インプラント部位に対応する残存歯の圧覚閾値に比べ高かった。また、インプラントの圧覚閾値は、被験者Cにおける7の舌頬方向の閾値のみ例外であったが、長軸方向、舌頬方向ともすべてのケースにおいて、それぞれのインプラント部位に対応する正常歯列者の、天然歯の圧覚閾値の最大値よりも著しく高かった。この2つの実験結果から、インプラントの圧覚閾値は天然歯のそれに比較して高いと断定できる。

われわれと同様の方法で骨内インプラントの圧覚閾値を測定した山根ら⁷⁾は、バイオセラムインプラントでは最小値1.1 gから最大値66.0 gを、ブレードベントインプラント（オトロニクス社）では最小値15.5 g、最大値66.0 g以上を、中空型のITIインプラント（ストローマン社）では1例のみ66.0 gの刺激毛による刺激に応答したが他の例ではすべて応答しなかったと報告している。一方、Alumina Tübingen Implantの圧覚閾値を測定したMühlbradt⁴⁾およびMühlbradt ら⁵⁾は、最小値28 cN（約280 g）、最大値161 cN（約1610 g）を報告している。このように、われわれ以外の研究における骨内インプラントの圧覚閾値も天然歯のそれに比べ高いことが分かる。われわれおよび山根ら⁷⁾の報告も含めて、Alumina Tübingen Implantにおいて最も高い圧覚閾値が認められるのは、このタイプのインプラントはバイオセラム・タイプなどに比べ形状および表面積が大きいため、測定時のインプラントの変位がきわめて少ないことによると考えられる。さらに、われわれの今回の研究においてインプラントの舌頬方向の圧覚閾値は長軸方向のそれに比べて低い値を示した。これはインプラント周囲の線維性結合組織の線維の走向がインプラントに対して平行である¹⁰⁾のために、測定時の舌頬方向の荷重が長軸方向の荷重に比べてインプラントの変位を起こしやすいためであると考えられる。

本研究および山根ら⁷⁾、Mühlbradt ら^{4,5)}の報告から、インプラントには天然歯にくらべてかなり閾値が高いものの圧覚が存在することが明らかになったが、果してインプラントの圧覚にはどの部位の感覚受容器が関与しているのかが問題となってくる。これに関して、河村²⁴⁾は骨膜およびインプラント周囲組織内の感覚受容器の関与を指摘している。他方、Mühlbradt⁴⁾はインプラントと頸部粘膜との接合部の感覚受容器の関与を示唆している。そこで著者らは、同一被験者の同一部位のインプラ

ントにおいて頸部粘膜のみに浸潤麻酔を行った場合と顎骨部に行った場合とで麻酔前後の圧覚閾値に違いがあるかを調べた。その結果、頸部粘膜の麻酔では麻酔前後の圧覚閾値にほとんど変化がみられないのに対して、顎骨部麻酔では麻酔後すべてのケースにおいて最大荷重 119.9 g の刺激毛による刺激にも応答しなくなった。この結果から、線維性結合組織を介して顎骨に植立しているインプラントの圧覚には、骨膜およびインプラント周囲組織内の mechanoreceptors が関与している可能性が示唆された。村松¹⁰⁾はブレードベントインプラント植立後の組織的研究から、いわゆる Peri-implant membrane 中には顎骨神経が分布しており、またインプラント周囲の骨形成部にも多数の神経繊維の分布が認められたので、インプラント周囲組織内には自己受容器が存在すると主張している。今後インプラントの圧覚に関与する mechanoreceptors についての組織学的および神経生理学的研究が待たれる。

V. 結 論

歯根膜の欠如するインプラントの感覚機構を検討する目的で、von Frey の刺激毛を用いて骨内インプラントを植立している6人の被験者の9部位のインプラントの圧覚閾値を測定し、同一被験者の同一インプラント部位に対応する残存歯、およびそれぞれのインプラント部位に対応する正常歯列者の天然歯の圧覚閾値と比較検討した。また、同一被験者の同一部位のインプラントにおいてインプラントの周囲組織に浸潤麻酔を施し、麻酔前後の圧覚閾値を比較することによって、インプラントの圧覚に関与する感覚受容器の所在についても検討した。

得られた結論は以下の通りである。

1. 測定したインプラントの長軸方向および舌頬方向の圧覚閾値は、最小値がそれぞれ 54.0 g, 17.6 g であり、最大値は両方向とも 119.9 g 以上であった。これらのインプラントの圧覚閾値は長軸方向、舌頬方向ともすべてのケースにおいて、同一被験者の同一インプラント部位に対応する残存歯の圧覚閾値、およびそれぞれのインプラント部位に対応する正常歯列者の天然歯の圧覚閾値に比較して著しく高かった。

2. インプラント周囲組織をインプラント頸部粘膜と顎骨部に分けて浸潤麻酔を施し、麻酔前後の圧覚閾値を比較したところ、頸部粘膜の麻酔ではほとんどのケースにおいて変化がみられなかったが、顎骨部の麻酔ではすべてのケースにおいて著明な圧覚閾値の上昇が認められ

た。このことからインプラントの圧覚は、骨膜およびインプラント周囲組織内の mechanoreceptors が関与している可能性が示唆された。

本論文の要旨は第75回日本補綴歯科学会学術大会(昭和59年10月26日、福岡)において発表した。

文 献

- 1) 河村洋二郎：口腔生理学，初版，94～97，永末書店，京都，1966。
- 2) 井上富雄，増田裕二，西塔 治，中村隆志，長島 正，森本俊文：大脳皮質性誘発顎運動に対する口腔感覚の影響，歯基礎誌，28(補冊)：138，1986。
- 3) 覚道幸男：床義歯の生理学，初版，261～310，学建書院，東京，1975。
- 4) Mühlbradt, von L.: Neurophysiologische Methoden und Untersuchungen zu Rezeptorfunktion an Implantaten, Dtsch zahnärztl Z, 33: 363～364, 1978。
- 5) Mühlbradt, L., Meyle, J. Lukas, D. und Schulte, W.: Die Tastsensibilität Tübinger Sofortimplantate, Dtsch zahnärztl Z, 35: 334～338, 1980。
- 6) Lundqvist, S. and Haraldson, T.: Occlusal perception of thickness in patients with bridges on osseointegrated oral implants, Scand J Dent Res, 92: 88～92, 1984。
- 7) 山根 進，中川茂吉，下御領良二：インプラント支台に対する圧刺激閾，歯界展望，66: 1149～1152, 1985。
- 8) 山根 進，中川茂吉，下御領良二，津田隆志：インプラント支台を伴ったブリッジの圧刺激閾，Quintessence, 5: 1660～1664, 1986。
- 9) 山根 進，中川茂吉，下御領良二，津田隆志：下顎骨膜下インプラントに対する圧刺激閾，インプラント誌，7: 14～18, 1986。
- 10) 村松 力：骨内インプラント周囲結合組織の組織学的研究—Peri-implant membrane の構造について—，松本歯学，8: 197～209, 1982。
- 11) Manly, R.S., Pfaffman, C., Lathrop, D.D. and Keyser, J.: Oral sensory thresholds of persons with natural and artificial dentitions, J Dent Res, 31: 305～313, 1952。
- 12) 赤川安正，盛植泰照，岡根秀明，玉川 博，山根稔夫，長沢 亨，津留宏道：骨内インプラントを応用したインプラント義歯装着者の咀嚼筋活動，特にクラスプ義歯との比較について，インプラント誌，3: 39～46, 1981。
- 13) 近藤倫明，赤川安正，岡根秀明，里見圭一，平井浩二，田中 匠，川本耕二，橋本正毅，津留宏道：インプラント義歯装着者の咀嚼筋活動—Kennedy II 級1類の場合—，広歯誌，16: 168～174, 1984。

- 14) 山内六男, 伊藤弘昭, 山田嘉昭, 川野襄二: セラミック・インプラントを用いたオーラル・リハビリテーションと咀嚼筋活動の経時的観察, インプラント誌, 6: 65~73, 1985.
- 15) 山内六男, 伊藤弘昭, 恩田真司, 有住和浩, 川野襄二, 片側性遊離端欠損のインプラント義歯による補綴法の検討, インプラント誌, 7: 56~63, 1986.
- 16) 三谷春保: インプラントと咬合論, 歯界展望別冊インプラントの臨床: 79~89, 1975.
- 17) Mushimoto, E., Kanehira, H. and Mitani, H.: An electromyographic study on the supporting mechanism of implant-mucosa-bearing overdenture, International congress of implantology and biomaterials in stomatology, 207~213, 1980.
- 18) Loewenstein, W.R. and Rathkamp, R.: A study on the pressoreceptive sensibility of the tooth, J Dent Res, 34: 287~294, 1955.
- 19) Linden, R.W.A.: Touch thresholds of vital and nonvital human teeth, Experimental Neurology, 48: 387~390, 1975.
- 20) 玉井久貴: 歯牙および義歯床下粘膜の圧感覚に基づく咬合記録に関する研究, 歯科学報, 78: 1751~1781, 1978.
- 21) 杉本忠夫: バイオセラムインプラントに関する実験的研究, 九州歯会誌, 38: 1~25, 1984.
- 22) 三谷春保, 虫本栄子, 江藤隆徳, 土居 昂, 兼平治和: 下顎総義歯のための anchor としての Snap-lock Bioceram implant について, 補綴誌, 25: 8~14, 1981.
- 23) 川原春幸, 柴田寛一, 山上 哲, 山根稔夫: バイオセラム・サファイアインプラントの手引き<歯科編>, 57~84, バイオセラム・オーラル・インプラント研究会, 京都, 1979.
- 24) 河村洋二郎: インプラントと生理学, 歯界展望別冊 インプラントの臨床: 41~46, 1975.