

1 回法ジルコニアインプラントの臨床応用

小村 育弘, 田地 豪, 山内 順
 相良 正明, 市川洋一郎, 久保 隆靖
 和田本昌良, 津賀 一弘, 佐藤 裕二
 赤川 安正, 田口 明*, 谷本 啓二*
 大倉 啓孝**

Clinical Application of the One-stage Zirconia Endosseous Implant

Ikuhiro Komura, Tsuyoshi Taji, Jun Yamauchi, Masaaki Sagara, Yoichiro Ichikawa, Takayasu Kubo,
 Masayoshi Wadamoto, Kazuhiro Tsuga, Yuuji Sato, Yasumasa Akagawa, Akira Taguchi*,
 Keiji Tanimoto* and Hirota Okura**

(平成 8 年 9 月 30 日 受付)

緒 言

近年、歯や歯列の欠損により生じる咀嚼や発音の機能障害を回復するために、従来の補綴処置に加え、歯科用インプラントによる処置も選択されるようになってきた。従来よりインプラント材料としては、金属やセラミックスが用いられている。金属は機械的強度に優れ、細かな加工が可能であるなどの利点を有する反面、生体内における金属イオンの溶出が組織に影響を及ぼすことも考えられ¹⁾、その金属色が審美性を損なうなどの問題点が指摘されている²⁾。一方、セラミックスは一般的に極めて高い酸化状態にあることから生体内環境にあっても安定しており、金属にみられるようなイオンの溶出もみられず、歯冠色と類似の色調が得られるなどの利点を持つものの、機械的強度、加工の困難さなどの欠点が指摘されており³⁾、これらを克

服する理想的な材料が求められてきた。ジルコニアは、従来のセラミックスには認められなかった高靱性を有する高強度のセラミックスであり、また、その乳白色の色調が審美的にも優れ、さらにX線不透過性、易切削性等の諸性質を有することから、インプラント材料として注目されてきた⁴⁻⁶⁾。我々の教室では、ジルコニアの良好な生体適合性、生体内での安定性をラットを用いて確認し⁷⁾、さらに、試作した1回法インプラントを大型動物の下顎に植立し、機能下において良好な骨接触状態が維持できることが判明した⁸⁾。これらの結果をふまえ、ジルコニアインプラントの臨床応用を平成5年8月から平成6年10月まで行ったので、平成8年9月までの時点での臨床経過について報告する。

材料および方法

被験者は、広島大学歯学部附属病院第一補綴科を受診した部分無歯顎患者の中から、インプラント治療を強く希望した者を対象とした。これらの者から、術前診査を行い全身のおよび局所的にインプラントの適用が可能と診断され、インプラントに関する十分な説明を行った後、同意の得られた部分無歯顎患者9名(男性:5名,女性:4名,平均年齢54.1歳)を最終的にインプラント適用者とした。術前診査としては、血液検査(血液一般検査, HBs 抗原抗体検査, HCV 関連抗体検査, 梅毒検査), 歯周組織検査, X線診査(パ

広島大学歯学部歯科補綴学第一講座(主任:赤川安正教授)

* 広島大学歯学部歯科放射線学講座(主任:谷本啓二教授)

** 広島大学歯学部附属病院中央技工室(室長:濱田泰三教授)

本論文の要旨は、平成7年11月の第15回日本口腔インプラント学会中国四国支部学術大会において発表した。本論文は、広島大学歯学部附属病院において行われた株式会社呉英製作所からの受託臨床研究における治験症例の観察結果をまとめたものである。

ノラマ、およびデンタル、CT)を行った。CTを用いた診査では、Somatom DRH scanner (Siemens, Germany)を用い、125 kV, 550 mAs, スライス厚 2 mm で撮影することにより、顎骨の構造を三次元的に把握するとともに、骨質を評価するための CT 値を求めた。CT 値は、診査領域の歯槽頂から 4 mm および 8 mm の深さに相当する部位での計測値の平均とした。

今回用いた部分安定化ジルコニアインプラント (呉英製作所製、以下インプラントと略す) は、ジルコニウム 94.3%、イットリア 4.1%、その他微量のアルミニウム、カルシウムなどを含有した泥状の原料から、真空脱泡、鋳込み成形、乾燥の各操作を経て 1,500°C にて焼結したものである。インプラントの形状はスクリュタイプとし、その表面にはバレル研磨を施し、歯根部先端は植立時にインプラント窩にアクセスが容易なように 4° のテーパを与えた (図 1)。インプラントのサイズは、直径 3, 4, 5 mm の 3 種類、歯根部の長さ 7, 9, 11, 13, 15, 18, 20 mm の 7 種類、支台部の長さ 7, 8, 9.5, 11, 12.5, 14 mm の 6 種類が用意されており、それらの中から症例に応じてサイズを選択した。使用したインプラントのサイズを表 1 に示した。

インプラント植立手術は、術中の感染を防ぐため本学附属病院中央手術室にて行い、また、手術前日より抗生物質を患者に服用させた。手術手順は、まず浸潤麻酔下にて欠損部の歯槽頂粘膜に遠心から近心に向かい切開を入れ、粘膜骨膜弁を形成した。次に、あらかじめ製作したサージカルステントを装着し、最終的に決定した植立位置と方向に合わせて、滅菌生理食塩水の注水可能なエンジン (インプランター MR-500, 京セラ社製) にデプスドリル (直径 1.6 mm) を装着し、注水下にてガイドホールを形成した。その際、バーの

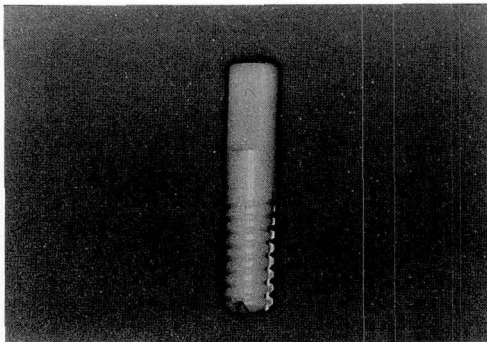


図 1 部分安定化ジルコニアインプラント。スクリュ形状で、血流溝としての縦溝が側面に、回転防止用の十字溝が底部にそれぞれ付与されている。

表 1 今回用いたインプラントの種類と各部のサイズ

種類	全長	歯根部の長さ	支台部の長さ	直径
4B16	16.0	9	7	4
5B16	16.0	9	7	5
4B17	17.0	9	8	4
4C20	20.5	11	9.5	4
5C20	20.5	11	9.5	5

(単位: mm)

回転数は毎分 800 回転とし、さらに滅菌生理食塩水をシリンジにて外側からも注水することにより、骨窩形成時の発熱による骨の損傷をできるだけ最小にするように努めた。直径 2.0 mm, 3.1 mm および 3.8 mm のデプスドリルにより骨窩を拡大した後、ガイドタップ、ボータップをフィンガードライバーに取り付け、インプラント窩側壁にタップを形成した。その後、生理食塩水によりインプラント窩を十分洗浄し、フィンガードライバーに所定の長さのインプラントを取り付け植立した。なお、後方臼歯などで対合歯とのクリアランスが小さい場合は、フィンガードライバーが使用できないため、フリーレンチを使用した。

植立後、粘膜骨膜弁を縫合、インプラントと対合歯とのクリアランスを確認し、接触する場合にはインプラント上部をタービンを用いて削合した。なお、術後の感染予防のため 6 日間の抗生物質、消炎剤を投与した。また、植立後は安静状態を保つように、手術側での咀嚼は禁止し、軟性の食品を摂取するように指示した。安静期間中は歯ブラシや歯間ブラシを用いるブラッシングを指示、実行させた。

インプラント周囲組織の治癒が完了したと考えられる時点 (植立後下顎では最低 3 カ月、上顎では 6 カ月以降) で、インプラント上部 (支台部) の平行性を確認し修正が必要な場合は必要最小限に形成を行い、常温重合レジンにて暫間補綴物を装着し、咬合状態、咬合面形態、インプラントの状態などを経過観察した。特に問題がないことを確認した後、上部構造物作製のための印象採得、咬合採得を行い、上部構造物を作製、装着した。上部構造物には、インプラント長軸方向に咬合力が伝達されるように、咬頭嵌合位において下顎では B, C コンタクト、上顎では A, B コンタクトを重視し、偏心位では離開するように咬合接触を与えた。

インプラント植立直後、暫間補綴物装着時、上部構造物装着時およびその後の定期的リコールの各時期に

表2 インプラント周囲組織を評価する各項目における判定基準

<Gingival Index>

- 0 : 臨床的に正常歯肉
- 1 : 軽度の炎症, 歯肉のわずかな変色または浮腫があるもので, 深針で触れても出血しないもの
- 2 : 中程度の炎症, 発赤を伴う浮腫と光沢があり, 深針で触れると出血するもの
- 3 : 著しい発赤と浮腫, 潰瘍のあるもので, 自然出血しやすいもの

<Plaque Index>

- 0 : プラークの付着なし
- 1 : 遊離歯肉縁に沿って歯面にうすいプラーク層が沈着しており, 歯冠側へは広がっていない
- 2 : 歯肉溝および歯面のいずれか, またはその双方および歯肉縁に中程度のプラークが沈着しているが, 歯冠側への広がりはわずかである
- 3 : 歯肉溝, 歯面のいずれか, またはその双方および歯肉縁に沿って多くのプラークが沈着し, 歯冠側に向かって顕著に広がっている

<プロービングデプス>

6点法にて測定し, その平均値を用いて判定する。

- 0 : 2 mm 未満
- 1 : 2 mm 以上 3 mm 未満
- 2 : 3 mm 以上 4 mm 未満
- 3 : 4 mm 以上

<インプラント周囲の骨吸収>

デンタルX線写真において, 植立直後と比較して, 近遠心の骨吸収量を計測し, その平均値を用いて判定する。

- 0 : 2 mm 未満
- 1 : 2 mm 以上 4 mm 未満
- 2 : 4 mm 以上 6 mm 未満
- 3 : 6 mm 以上

<インプラントの動揺度>

- 0 : 動揺しない
- 1 : やや動揺する (唇舌的方向あるいは近遠心方向に 0.2~1.0 mm 動揺)
- 2 : 動揺する (唇舌的方向あるいは近遠心方向に 1.0~2.0 mm 動揺)
- 3 : かなり動揺する ((唇舌的方向あるいは近遠心方向に 2.0 mm 以上または垂直的に動揺))

<打診痛>

インプラントを打診したとき痛みを訴えるか

- 0 : 訴えない
- 1 : 軽度の痛みを訴える
- 2 : 中程度の痛みを訴える

デンタルX線写真の撮影を行った。インプラント周囲組織の状態を, GI (Gingival Index), PI (Plaque Index), 25 g 一定荷重下でのプロービングデプス, インプラント周囲の骨吸収, インプラントの動揺度, 打診の6項目について判断基準(表2)に従い臨床的評価を行った。

結 果

インプラント適用部位は下顎臼歯部が8症例, 上顎臼歯部1症例で, インプラントの種類別では4B16が8本, 5B16が2本, 4B17が3本, 4C20が1本, 5C20が1本であった(表3)。5C20を埋入したものの(症例No.9)については, 4B16を用いる予定であったが, タップ形成の際, 骨質が脆弱であったため初期固定が期待できず, 術中に変更した。術前診査により得られたCT値は, 最低161HU, 最大802HUであった。上部構造物の設計は, 単冠, インプラント同士の連結冠またはインプラントと天然歯の連結冠とした。

材料は硬質レジン被覆冠あるいは陶材焼付铸造冠とし, 仮着用セメント(ハイボンドテンポラリーハード, 松風社製)を用いて装着した。

平成8年9月現在でインプラント全使用数15本のうち11本の生存が確認され, 上部構造物装着後の経過期間は, 最短で1年1カ月, 最長で2年1カ月であった(表4)。残り4本のうち2本(症例No.8)は, 5カ月の安静期間をおいた後, 上部構造物を装着したが, 動揺が大きくなり咀嚼時痛も認められたため, 上部構造物装着後4カ月で除去した。他の2本(症例No.9)は上部構造物装着後, 患者がリコールに応じず生存あるいは脱落が確認できなかった。今回の臨床評価は, 生存が確認された11本について行った。

現在までのところ, インプラントの破折, 破損や上部構造物の破損, 脱落は観察されていない。また, 色調に関しては, 乳白色で天然歯に近いため患者の満足が得られている。

最終リコール時の各診査項目中, GI, PI, およびプ

表3 症例の一覧

症例 No.	略名	性別	術時年齢	適用部位	インプラントの種類	植立本数	CT値 (HU)	対合歯	上部構造物
1	Y.U.	女	34	4	4C20	1	274	天然歯	単独冠 (陶材焼付鑄造冠)
2	K.W.	男	55	5	4B16	1	442	クラウン 天然歯	II _{HA} 連結冠* (硬質レジン被覆冠)
3	T.Y.	女	58	4567	4B16 (近心) 4B16 (遠心)	2	378 449	ブリッジ	II 連結冠 (硬質レジン被覆冠)
4	T.Y.	男	50	76	4B17 (近心) 4B17 (遠心)	2	637 570	クラウン	II 連結冠 (硬質レジン被覆冠)
5	A.F.	女	45	67	4B17 (近心) 4B16 (遠心)	2	161 461	ブリッジ	II 連結冠 (硬質レジン被覆冠)
6	I.O.	男	62	76	5B16 (近心) 5B16 (遠心)	2	802 296	部分床義歯	II 連結冠 (硬質レジン被覆冠)
7	M.T.	女	54	6	4B16	1	262	天然歯	天然歯との連結冠 (陶材焼付鑄造冠)
8	M.S.	男	70	765	4B16 (近心) 4B16 (遠心)	1	425 354	クラウン 天然歯	II 連結冠 (硬質レジン被覆冠)
9	K.F.	男	59	67	5B20 (近心) 4B16 (遠心)	2	378 449	クラウン 天然歯	II 連結冠 (硬質レジン被覆冠)

*: 遠心側に既に植立されていたハイドロキシアパタイト被覆インプラント (I_{HA}) との連結冠。

表4 最終リコール時での臨床成績

症例 No.	略名	GI	PI	プロービング デプス	骨吸 収	動揺 度	打診	経年数**
1	Y.U.	0	0	0	1	0	0	1年4カ月
2	K.W.	0	0	0	0	0	0	1年10カ月
3	T.Y.	近心	0	0	0	1	0	2年1カ月
		遠心	0	0	0	1	0	
4	T.Y.	近心	0	0	0	1	0	1年10カ月
		遠心	0	0	0	1	0	
5	A.F.	近心	0	0	0	2	1	1年5カ月
		遠心	0	0	0	1	0	
6	I.O.	近心	0	0	0	1	1	1年8カ月
		遠心	0	0	0	1	1	
7	M.T.	0	0	0	1	2	0	1年1カ月
8	M.S.	近心 遠心	除 去					
9	K.F.	近心 遠心	中 断					

** : 上部構造物装着後, 最終リコール時までの期間を示す。

ロービングデプスは、いずれのインプラントにおいても0を示しインプラント周囲組織の状態が良好であることが確認された。また、打診もすべてのインプラン



図2 動揺の認められなかった症例 (No. 3) の上部構造物装着1年11カ月の口腔。
インプラント周囲に炎症症状は認められない。

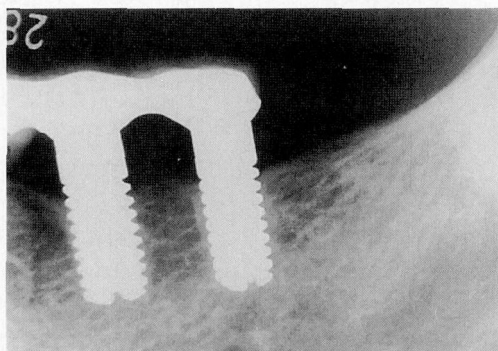


図3 動揺の認められなかった症例 (No. 3) の上部構造物装着1年11カ月のデンタルX線写真。
インプラント頸部皮質骨にわずかな盃状の骨吸収像が認められる。

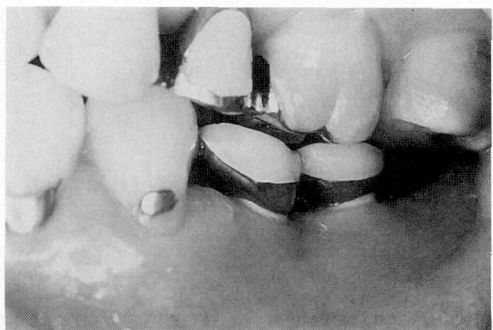


図4 動揺の認められた症例 (No. 5) の上部構造物装着1年3カ月の口腔。
インプラント周囲に炎症症状は認められない。

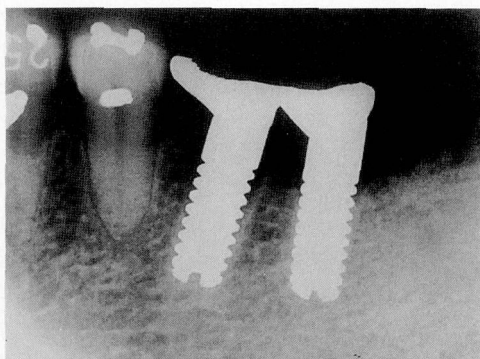


図5 動揺の認められた症例 (No. 5) の上部構造物装着1年3カ月のデンタルX線写真。
近心インプラント頸部皮質骨には、歯根部約1/3の骨吸収像が認められ、遠心インプラント頸部皮質骨にも盃状の骨吸収像が認められる。

トで0であった。インプラント周囲の骨吸収は11本中10本に認められたが、1本(症例 No. 5)を除きインプラント周囲皮質骨部における軽度の盃状吸収であった。動揺度については、評価したインプラント11本中4本に軽度の動揺が認められた。動揺が認められない症例を図2、図3に、動揺の認められた症例を図4、図5に示す。

考 察

ジルコニアインプラントは、極めて良好な生体適合性を示すこと、曲げ強度は多結晶アルミナの約2倍で、その強度は長期間生体内にあっても低下しないことなどがこれまでの研究から明らかになっている^{7,9)}。さらに、その機械的強度は現在インプラント体の滅菌方法として普遍的なオートクレーブによる高温高圧蒸気存在下でも変化はみられないことも示されている¹⁰⁾。また、インプラントの色調は乳白色で審美的に優れ、歯科用タービンでの切削も可能でX線不透過性を示すなど優れた性質も兼ね備えている。これらのことをふまえ、今回臨床応用を行った。

色調に関しては、乳白色で天然歯に近いため、患者の高い満足が得られた。また、インプラントは実際、歯科用タービンでの切削も可能で、さらにこれまで破折・破損は認められていない。これら、審美性、易切削性、強度に関しては、これまでの研究と同等の良好な結果が得られた。

しかし、今回植立したインプラントでは、11本中10本に骨吸収が、11本中4本に動揺が認められ、動物実験^{8,9)}にみられたオッセオインテグレーションの獲得は出来なかった。

インプラント頸部の骨吸収の原因としては、インプラント周囲組織の炎症、機能圧が加わった際に発生するインプラント頸部皮質骨への応力集中¹¹⁾、植立ただちに口腔内にインプラントが露出することによる、周囲組織（舌、頬粘膜）からの機械的刺激の持続などが考えられる。今回、最終リコール時の GI, PI, プロビングデプスはいずれも 0 を示し周囲組織の炎症は認められず、炎症による骨吸収は起こらなかったと考えられる。van Rossen ら¹²⁾、末次および松下¹³⁾ は単独植立の骨支持型インプラントに対する応力分布を検討し、緩衝機構の有無に関わらずインプラント体頸部皮質骨に応力集中が大きく、海綿骨部には少ないことを報告した。また、宅間¹⁴⁾ は応力の集中する部位と骨吸収との間には直接的な相関関係があることを明らかにしている。これらの所見は骨支持型インプラントでは頸部皮質骨部に骨吸収が起り、骨レベルが低下することはある程度避けられないことを示している。Adell らの報告¹⁵⁾ では、初期の直接的骨接触を達成できたブローネマルクインプラントでは埋入後 1 年間で 0.5~1.0mm の骨吸収が認められ、その後は安定して経年的に 0.1mm 以下の骨吸収しか示さないとされている。今回認められた骨吸収は、植立後 1 年で 2mm 以上であり、Adell らの結果よりも大きかった。これは、頸部への応力集中、周囲組織からの機械的刺激に加えて、インプラントが動揺することによってさらに骨吸収を促進したことが考えられる。

インプラントの動揺は 11 本中 4 本に認められ、そのうち 3 本には、安静期間直後から動揺が認められた。インプラントが動揺を起こす原因としては、インプラントの歯根部の長さ、インプラントの直径、植立

部位の骨質、などが考えられる。

Lekholm ら¹⁶⁾ は、インプラントの歯根部の長さとお治療の失敗との間に相関を認め、同じ直径であれば、より長いものの方が成功する確率が高いと報告している。今回用いたインプラントの歯根部の長さは 11mm と 9mm の 2 種類であった。11mm を用いたものには動揺が認められず（表 5）Lekholm らの報告に一致した。

インプラントの直径に関しては、直径が増すごとにインプラントの表面積が増加するため、骨と接触面積が大きくなりインプラント治療成功のためには有利であるとされているものの、まだ長期の経過追跡はなく確証は得られていない。今回、直径 4mm と 5mm のものを用いたが、5mm 方に動揺を生じており、動揺とインプラントの直径との関係は明かではない。

安静期間直後に動揺がなかったが、最終リコール時には動揺が認められるようになった 1 本（症例 No. 5）は、インプラント同士を連結したものであった。上部構造物装着状態では両者に動揺があるように観察されたが、上部構造物を外した状態で確認すると、実際に状態の悪いものは近心の 1 本であり、遠心のもの単独では動揺はみられなかった。近心の植立部位の CT 値は、161HU と他に比較して小さい値を示した。これは、成人女性の顎下臼歯部海綿骨の標準的な CT 値（約 200 HU）¹⁶⁾ を下回っており、骨質がインプラント植立には十分でなかったことが考えられる。

症例 No. 6 と No. 7 の 3 本は、骨質（CT 値）は十分であり、またインプラントの歯根部の長さ、インプラントの直径は他のものと同等の条件であったにも関わらず、安静期間直後で既に動揺が生じた。これは、

表 5 インプラントの動揺と因子の関係

	動揺なし（良好）						動揺あり（不良）				
	11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
インプラントの歯根部の長さ (mm)	11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
インプラントの直径 (mm)	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4
CT 値 (HU)	274	442	378	449	637	570	161	461	802	296	262
安定期間直後の動揺度	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
最終リコール時の動揺度	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1
年齢 (歳)	34	55	58		50		45		62		54
部位	4	5	4567		76		67		76		6
略名 (症例 No.)	Y. U. (No. 1)	K. W. (No. 2)	T. Y. (No. 3)		T. Y. (No. 4)		A. F. (No. 5)		I. O. (No. 6)		M. T. (No. 7)

初期の直接的骨接触を達成できなかったことが原因となっていると考えられる。本インプラントシステムは1回法であり、植立直後からインプラントが口腔内に露出し、外来から力の影響を受けやすい。そのため、動物実験⁸⁾では3カ月間軟性食を与えて好成績を得たのをふまえ、臨床においては軟らかい食品をインプラント植立していない側で咀嚼するように患者指導した。しかし、臨床では動物実験にみられた初期の直接的骨接触の獲得が達成されなかった。これは、患者が社会生活を営むうえで、3カ月間軟性食のみを摂食するということが困難であり、十分な骨接触界面が確立される前に咀嚼圧や周囲組織からの外力が加わり、初期固定が得られなかったためと考えられる。さらに、植立術式がタップ形成後手指にて行うため、その操作上、セルフタップに比べて初期固定が得にくいことも動揺を生じやすい原因の一つと考えられる。

総 括

ジルコニアインプラントを9名の患者に合計15本応用した。そのうち、動揺が大きくなり咀嚼時痛も認められ、上部構造物装着後4カ月で除去した1本と、リコールに応じず未来院の1名(2本)を除く、11本に関して評価した。すべてのインプラントにおいて周囲組織に発赤、腫脹等の炎症所見は認められず、また、インプラント体の破折や上部構造物の破損も認められなかった。しかし、11本中4本に動揺が認められ、オッセオインテグレーションが獲得、維持出来ていなかった。これは、植立術式、食事内容の規制等の管理、さらに、植立後の安静状態の確保が必ずしも十分でなかった可能性が考えられた。本インプラントを今後臨床に応用するにあたっては、植立術式の改善、植立後の安静状態の確保をより確実にすることが必要であろう。今後、現在の症例の経過を追跡していきたい。

文 献

- Osborn, J.F., Willich, P. and Meenen, N.: The release of titanium into human bone from a implant coated With plasma-sprayed titanium. *Adv. Biomater.* **9**, 75-80, 1989.
- 安村 庸: 生体金属材料について. 医器材研報 **11**, 1-11, 1977.
- Albreksson, T., Zarb, G. Worthington, P. and Eriksson, A.R.: The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **1**, 11-25, 1987.
- Nagai, N., Takeshita, N., Hayashi, J., Kuwana, y., Shirasuga, N., Maruyama, H., Sekine, H. and Fujii, Y.: Biological reaction of zirconia ceramic as a new-implant material in the dental field. *Jap. J. Oral Biol.* **24**, 759-762, 1982.
- 永井教之, 竹下信義, 丸山晴義, 白須賀直樹, 関根 弘, 岸 正孝, 今村嘉宣, 鮎沢信夫: ジルコニア・セラミックス歯科インプラントの基礎的研究—骨内インプラント周組織の病理組織学的検索—. 補綴誌 **28**, 498-514, 1984.
- 永井教之: 歯科インプラント周組織構造とその病理—天然歯周組織との比較において—. ザ・クインテッセンス **4**, 1781-1800, 1985.
- Ichikawa, Y., Akagawa, Y., Nikai, H. and Tsuru, H.: Tissue compatibility and stability of a new zirconia ceramic in vivo. *J. Prosthet. Dent.* **68**, 322-326, 1992.
- 釜山憲二, 八塚信博, 石田幸秀, 天間裕文, 久保隆靖, 和田本昌良, 永金幸治, 橋本正毅, 赤川安正: 1回法ジルコニアインプラントの安静植立後における骨界面に関する実験的研究. 広大歯誌 **26**, 354-359, 1994.
- 市川洋一郎: 咀嚼圧負荷時期の相違がジルコニアセラミックスインプラントの組織界面構造に及ぼす影響に関する実験的研究. 学位論文, 広島大学, 1991.
- 赤川安正, 市川洋一郎, 久保隆靖, 佐藤裕二, 橋本正毅, 津留宏道, 小谷一典: 高圧蒸気滅菌後のジルコニアセラミックの破折強度. 広大歯誌 **25**, 159-162, 1993.
- 堤 定美: 骨結合型人工歯根と周囲骨組織における応力分布について. *Quintessence Dental Implantology* **1**, 406-413, 1993.
- van Rassen I.P., Braak, L.H., de Putter, C. and de Groot, K.: Stress-absorbing elements in dental implants. *J. Prosthet. Dent.* **64**, 198-205, 1990.
- 末次恒夫, 松下恭之: インプラント支持の有限要素法による解析; 口腔インプラント学 (川原春幸編). 医歯薬出版, 東京, 212-222, 1991.
- 宅間雅彦: インプラント周囲組織の機能的適応に関する力学的および組織学的研究. 日口腔インプラント誌 **1**, 1-32, 1988.
- Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., Brånemark, P.I., Lindhe, J., Eriksson, B. and Sbordone, L.: Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A 3-year longitudinal prospective study. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* **15**, 39-52, 1986.
- Lekholm, U., Steenberghe, D., Herrmann, I., Bolender, C., Folmer, T., Gunne, J., Henry, P., Higuchi, K., Laney, W.R. And Linden, U.: Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: A prospective 5-year multicenter study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* **9**, 627-635, 1994.
- 田口 明: Dual energy quantitative computed tomography による下顎骨骨塩密度測定に関する基礎的研究. 広大歯誌 **24**, 18-38, 1992.