下顎骨再建用窒化チタニウムプレートシステム（オハラ®） の開発と臨床的検討

大屋 高德・関 克典・福田 喜安・渋谷 暁
石川 義人・青村 知幸・八木 正篤・檀上 達
工藤 啓吾・藤岡 幸雄・田中 久敏*・石橋 寛二**
小原伊佐夫***

Development of the mandibular reconstruction titanium nitride plate and screw system (OHARA®) and a clinical evaluation

Takanori OHYA・Katsunori SEKI・Yoshiyasu FUKUTA
Satoshi SHIBUI・Yoshihito ISHIKAWA・Tomoyuki AOMURA
Masaatsu YAGI・Tatsushi DANJO・Keigo KUDO
Yukio FUJIOKA・Hisatoshi TANAKA*・Kanji ISHIBASHI**
Isao OHARA***

Abstract: In the past 7 years from September 1984 to September 1991, reconstruction using OHARA® titanium plate system for mandibular defects, was carried out on 15 patients. Patients, 8 male and 7 female, ranged between 10 to 73 years of age.

They were histopathologically classified as 5 malignant tumor, 4 benign tumor, 3 osteomyelitis and 3 others cases.

Operations were performed in 8 cases of segmental resection of the mandible, 7 cases of hemimandibulectomy of the mandible, which were performed in 14 cases of immediate reconstruction for defects and 1 case of secondary reconstruction for defects. Kinds of used titanium-nitride plate were 7 cases of condyle type, 2 cases of angle type, 4 cases of body type, and 2 cases of straight type, which were used only titanium-nitride reconstruction plate in 10 patients, titanium-nitride plate with bone graft in 5 patients and titanium-nitride plate with the subcutaneous flap in 2 patients.

In the clinical course after reconstruction, there were 7 years as the longest and 2 years as the shortest. Recently, it has not been noticed that it is necessary to eliminate the titanium-nitride plate in 13 patients except for 2 patients who died due to another disease.

On the other hand, patients are wearing partial dentures in 8 cases and full dentures in 7 cases by prosthetic treatment.

岩手医科大学歯学部口腔外科学第1講座
(主任：藤岡幸雄教授)

* 岩手医科大学歯学部補綴学第1講座
(主任：田中久敏教授)

** 岩手医科大学歯学部補綴学第2講座
(主任：石橋寛二教授)

*** オハラチタニウム研究所
First Department of Oral and Maxillo-facial
Surgery, School of Dentistry, Iwate Medical

University (Chief: Prof. Yukio Fujioka)

* First Department of Prosthodontics, School
of Dentistry, Iwate Medical University (Chief:
Prof. Hisatoshi Tanaka)

** Second Department of Prosthodontics, School
of Dentistry, Iwate Medical University (Chief:
Prof. Kanji Ishibashi)

*** Ohara Titanium Research Institute
受付日：平成4年1月24日

Key words: titanium nitride plate（窒化チタニウムプレート）, Mandibular reconstruction（下顎再建）

緒 言

下顎骨ならびにその周囲軟組織の欠損に対して、従来より骨移植ならびに筋皮弁が用いられてきているが、義歯を安定した状態に維持できないことが多かった。そこで、著者らは下顎の機能的、審美的回復をはかるために十分な機械的強度を有し、かつ耐食性、生体適合性に優れた下顎骨再建用の純チタニウム（Ti=99.5 wt. %）および窒化チタニウム（TiN）プレートシステム（オハラ®）を開発し、1984年9月から1991年9月までの7年間で15例に使用し、2年以上経過し良好な結果を得ている^{1,2)}。本論文においては、現在までに行った窒化チタニウムプレートによる下顎骨再建の適応範囲、術式、術後成績ならびにその問題点について検討した。

研究対象および手術方法

1. 研究対象
1984年9月から1991年9月までの7年間に、当科において下顎骨切除後にチタニウムプレートによる下顎骨再建を施行し、2年以上経過した症例は、15例であった。下顎骨再建を行った症例での原疾患の内訳は悪性腫瘍が5例、良性腫瘍が4例、その他が3例であった（表1）。再建症例の年齢層は10歳から73歳までの広範囲に及んでいた（表2）。また、性別では、男8例、女7例であった。切除範囲は区域切除が8例、片側切除が7例であった（表3）。

2. プレートの種類と再建
下顎骨再建に用いたオハラ®チタニウムプレートシステム（以下オハラプレートと略す）の種類は、コンダイルタイプが7例（表4）、アングルタイプが2例（表5）、ボディータイプが4例（表6）、ストレートタイプが2例（表7）で、ストレートタイプは広範囲の区域切除例に使用し、ボディータイプは比較的小範囲の切除例に使用した（表8 a）。オハラプレートは写真1、2に示すようにすべてチタニウム製である。チタニウムプレート単独で再建を行った症例は、10例であり、骨移植併用例は5例であった。このうち新鮮自家腸骨海綿骨細片（以下PCBMと略す）とヒドロキシアパタイト（以下HAPと略す）によって歯槽部造堤^{3~5)}を行ったものが4例、腸骨ブロック骨移植例が1例であった（表8 b）。また、皮弁併用例は2例で、このう

表 1 疾患別の分類

悪性腫瘍	5 (例)
癌腫	3
肉腫	2
良性腫瘍	4
エナメル上皮腫	3
エナメル上皮線維腫	1
その他	6
骨髓炎	3
骨融解症	2
歯源性角化嚢胞	1
計	15 例

表 2 年齢による分類

歳	例
10 ～ 19	1
30 ～ 39	4
40 ～ 49	4
50 ～ 59	1
60 ～ 69	3
70 ～ 79	2
計	15例

表 3 手術方法

	(例)
区域切除	8
片側切除	7
計	15例

ち胸三角筋皮弁（以下D-P皮弁と略す）による即時再建が1例、腹直筋皮弁による2次再建が1例であった（表8 c）。再建部位は下顎骨体部が6例で、このうちオトガイを含むものが4例であった。下顎枝部は9例であり、このなかで下顎頭と顎角を含むものは7例であった（表9）。
3. 骨欠損とプレートの選択
オハラチタニウムプレートシステムによる下顎骨再建の適応と方法は、顎骨欠損の状態によって多種多様に行うことが可能である。これらの欠損様式に対し、適用した窒化チタニウムプレートを顎骨離断別に分類すると次のようであった。

表 4 コンダイルタイプによる下顎再建例

症例 No.	年齢 性別	診 断 名 照射線量 (Gy)	切除範囲	再建様式	補綴処置	観察期間 経 過
1.	31 M	エナメル上皮腫			骨移植 局部床義歯	7年 良好
2.	47 F	骨融解症			骨移植 総義歯 + HAP	6年7か月
3.	73 F	肉腫 ^{60}Co 30Gy			総義歯	6年1か月 良好
4.	68 M	骨融解症			総義歯	3年 良好
5.	63 M	癌腫 ^{60}Co 30Gy			プレート ジョイント 義歯 (局部床義歯)	2年9か月 良好
6.	56 M	癌腫 ^{60}Co 40Gy			腹直筋 皮弁 局部床義歯	2年2か月 良好
7.	49 M	骨髓炎			局部床義歯	2年 良好

(1991年9月1日現在)

写真1 オハラ® チタニウムプレートシステム

写真2 リコンストラクションプレートの種類

a: アルベオバー, b: ボディー, c: ストレート,
d: アングル120°, e: アングル, 130°,
f: コンダイル

表 5 アングルタイプによる下顎再建例

症例 No.	年齢 性別	診 断 名 照射線量 (Gy)	切除範囲	再建様式	補綴処置	観察期間 経 過
8.	32 F	肉腫 ⁶⁰ Co 30Gy			局部床義歯	1年4か月 他病死
9.	10 F	エナメル上皮線維腫			局部床義歯	4年7か月 良好

表 6 ボディータイプによる下顎再建例

症例 No.	年齢 性別	診 断 名 照射線量 (Gy)	切除範囲	再建様式	補綴処置	観察期間 経 過
10.	68 F	癌腫 ⁶⁰ Co 30Gy			骨移植 + HAP 総義歯	6年10か月 良好
11.	44 M	歯原性角化嚢胞			骨移植 + HAP 局部床義歯	6年8か月 良好
12.	76 F	骨髓炎			アルベ オバー プレート ジョイント 義歯 (総義歯)	3年7か月 良好
13.	40 M	骨髓炎			アルベ オバー プレート ジョイント 義歯 (総義歯)	1年10か月 悪性リン パ腫死亡

表 7 ストレートタイプによる下顎再建例

症例 No.	年齢 性別	診 断 名	切除範囲	再建様式	補綴処置	観察期間 経 過
14.	37 F	エナメル上皮腫			骨移植 + HAP 総義歯	7年2か月 良好
15.	39 M	エナメル上皮腫			局部床義歯	2年7か月 良好

(1991年 9 月 1 日現在)

表 8 再建方法

a. プレートの種類	(例)
コンダイルタイプ	7
ボディータイプ	4
アングルタイプ	2
ストレートタイプ	2
計	15例
b. 骨移植併用例	(例)
HAP+PCBM (歯槽部造堤)	4
ブロック骨移植	1
計	5例
c. 皮弁併用例	(例)
D-P 皮弁 (即時再建)	1
腹直筋皮弁 (2次再建)	1
計	2例

表 9 再建部位

・下顎骨体部 (オトガイを含む例 4例)	6例
・下顎枝部 (下顎頭と顎角を含む例 7例)	9例
計	15例

表 10 補綴処置による分類

義 歯	(例)
局部床義歯	8
総義歯	7
計	15例

1) 区域切除症例

1. オトガイを含む両側性の中間欠損には、機械的強度をより考慮したストレートタイプを使用した。

2. 顎角を含む片側性の中間欠損症例には、アングルタイプを使用し、顎角を含まない片側性の中間欠損には、ボディータイプを使用した。

3. 症例に応じて (1) PCBM と HAP, (2) 腸骨ブロック, (3) アルベオバー (バージョイント方式⁶⁾) による歯槽部造堤を併用した。

2) 片側切除症例

片側の下顎頭を含む下顎正中を越えない片側欠損症例には、コンダイルタイプを使用した。

4. 術前と術中の配慮

あらかじめ術前にチタニウムプレートの金属表面の脱脂, 脱蛋白のための洗浄⁷⁾を行ったものをオートクレービング後に手術に用いた。また, 独自に作製した下顎精密計測器^{8,9)}を使用して, 手術時には切除前後の顔貌の形態を記録し, 左右の対称性をはかった。

さらに, 術後の補綴物の装用を考慮して, 残存歯がある場合には術前に顎間咬合関係の維持用スプリントを作製し, 術中に顎間固定を行った。

結 果

1. 術後経過と合併症の対応

1991年9月1日現在における経過観察期間は最長7年であるが, 術後1年4か月で他病死したアングルタイプ使用の症例 No. 8 と1年8か月後に悪性リンパ腫で死亡したボディータイプの症例 No. 13 の2症例を除き, 5年以上の経過例が6例, 2年以上5年未満が7例であった。

1) 感染について

チタニウムプレートによる下顎骨再建術を施行した15例のうち, 術後感染をきたした症例はなかった。

2) 骨の吸収とプレート露出について

X線所見から判断し, 全例においてプレートとスクリー固定による骨吸収は認めなかった。

また, プレートが露出した症例は1例であった。これはコンダイルタイプの症例 No. 6 で左側片側切除後に, コンダイルタイプのプレートのみで即時再建し, 2次再建として腹直筋皮弁を施行したが, 1年9か月後の義歯の装用中に, 左側顎角部と口腔内右側臼歯頬側付着歯肉の一部にプレートが10mm程露出した。この原因は癌組織を頬部皮下筋層とともに切除したため組織が薄くなってしまい, 加えて術中にアングルプレートの顎角相当部を強く外側に出したためであった。このためプレートは顎角部を切断し露出部を修正し, 閉鎖した。

2. 補綴処置について

補綴処置としては8例に局部床義歯, 7例に総義歯が装用され, 骨移植と HAP による歯槽部造堤を施行した症例のみならず, プレートのみで再建した症例でも機能的ならびに審美的回復を得ている¹⁰⁻¹²⁾。また, 新義歯の作製時期は早い症例で術後3か月, 遅い症例で6か月後で, スクリー固定部の治癒期間を考えあわせても妥当であると思われた。しかし, プレートのみで再建した場合の義歯の作製は咬合圧の分散のため義歯床の形態を碗状にする配慮が必要であった。

3. 再建後の下顎運動の評価

下顎運動の評価として Sirognathograph (Siemens 社製, 以下 SGG とする) による咀嚼運動について術前・術後に分析し, 比較検討を行った。測定法は下顎切

——シロナソグラフによる下顎運動解析——

b

Y.N, 10歳, 女.

PRE-OP (術前)		right loop	left loop	L.R. loop
	n	6	3	9
Opening	Phase	0.275 0.118	0.300 0.035	0.283 0.096
Closing	Phase	0.300 0.182	0.400 0.121	0.333 0.164
Occluding	Phase	0.272 0.136	0.403 0.116	0.316 0.139
Cycle	Time	0.847 0.304	1.103 0.200	0.932 0.290
		Mean(Sec)S.D.	Mean(Sec)S.D.	Mean(Sec)S.D.

POST-OP (術後)		right loop	left loop	L.R. loop
	n	13	0	13
Opening	Phase	0.288 0.055		0.288 0.055
Closing	Phase	0.203 0.033		0.203 0.033
Occluding	Phase	0.302 0.031		0.302 0.031
Cycle	Time	0.792 0.072		0.792 0.072
		Mean(Sec)S.D.	Mean(Sec)S.D.	Mean(Sec)S.D.

図 1 術前・後における下顎運動の分析結果（症例 No. 11, エナメル上皮線維腫, 10歳）

歯点の運動を記録し、データレコーダーに同時収録したものを電磁オシログラフで 100 nm/sec にて再現し、A/D コンバーターを介してパーソナルコンピューターに入力後、SGG 分析システムⅡで処理した。

すなわち、例として、アングルタイプを使用した症例 No. 2 においては、左側下顎第 2 小臼歯から同側下顎枝

にエナメル上皮線維腫が発生した例で、前頭面咀嚼運動パターン¹³⁾が、術前では TYPE I すなわち閉口路が開口路より作業側(右側)を通り、かつ最大開口点が作業側(右側)に存在するタイプであったが、術後3年11か月でも同様のパターンを示した(図1 a, b)。咀嚼運動経路における咀嚼運動の速度は right loop において開口相時間は術前に比べて術後のほうが延長し、閉口相時間は術後のほうが短縮していた。咬合相時間は術後のほうが延長し、咀嚼周期は術後のほうが短縮していた。

また、術前では最大速度の値やその発生位置のばらつきが極端に大きい horizontal dispersion¹⁴⁾を示していたが、術後ではばらつきが小さく、また収束もほとんど認めなかったことから、経年的な義歯装用の習熟により、比較的安定した咀嚼運動パターンが得られたことがあきらかになった。

また、症例 No. 15 は、下顎骨に発生したエナメル上皮腫の診断のもと、5~7 の下顎骨区域切除を窒化チタニウムプレートのみによる即時再建を施行した症例に対し、顎義歯を装着し、その経過と機能性について検討した。

再建後の口腔内は 8 が残存するのみで、再建部は陥凹し、被覆粘膜は可動性で再建用金属プレートが触知された。顎義歯は 8 を鉤歯とし、解剖学的咬合面を有する人工歯を用いた。顎義歯装着後の機能性を検討するため、下顎運動、咀嚼筋 EMG の分析および食品別の咀嚼能率判定を行った。この結果、顎義歯装着時の下顎運動範囲にやや制限が認められた。また、カマボコの右側での咀嚼サイクルは平衡側に偏位していたが、安定した咬合相が得られた。

一方、速度は開口相、閉口相ともにばらつき、とくに開口相初期に速度の減少がみられた。左側の咀嚼では、運動経路、速度成分ともにばらつきが大きく、不安定な咬合相を呈した。左右咬筋、側頭筋の EMG から求めた Duration/Cycle の CV 値は、9.89~18.15 であり、側頭筋よりも咬筋、非咀嚼側よりも咀嚼側で安定した筋活動が観察された。Interval の CV 値は、左咀嚼で 19.64~23.45 を示し、筋活動が不安定であった。食品別咀嚼能率判定表を用いたアンケート調査からは、日常の食生活に支障のないことが示された¹⁵⁾。現在、トランス・マンディブラー・ステーブル・インプラントの併用で、より安定性の高い義歯を装用できるよう臨床応用に入っている¹⁶⁾。

考 察

1. 自家骨移植と人工生体材料

近年、腫瘍切除後の広範囲な顎骨ならびに軟組織欠損部には、種々の筋皮弁や骨付き筋皮弁、あるいは新鮮自家腸骨移植¹⁷⁾による再建が行われてきた。従来、下顎骨

の再建に腸骨移植を用いることは、さまざまな点で優れているとされている。しかし、腸骨採取に伴う合併症、とくに移植骨の吸収や感染¹⁸⁾などがあることが報告されており、また10歳以下の年少者では、腸骨の骨稜部は未化骨で長管骨の骨端軟骨に相当する骨起として、寛骨の growth center の1つとなっている点を考慮し、可及的に軟骨を損傷しないように注意する必要がある¹⁹⁾。このように骨盤の発育途中の若年者や下顎枝を中心とした顎骨離断例、さらには、患者の腰に力を入れる必要のある職業などでは腸骨移植を施行せずにチタニウムプレートのみで下顎骨再建を施行し、高い機能的、顔貌の形態的回復が可能となってきた。

一方、金属プレートによる下顎骨再建は、1970年代に A-O プレートや Luhr プレート(Co-Cr 合金)、さらに Champy プレートなどが開発されたが、いずれも長期的にはニッケルやコバルトなどの毒性の強い金属イオンの溶出によるプレート周囲組織への為害作用や全身へのアレルギー反応が考慮され、別所ら²⁰⁾は現段階においてステンレス鋼などの生体用金属製プレートは治療目的が達成されれば、可及的早期に除去すべきであると述べている。したがって、2度におわたる手術で患者への負担が問題とされてきた生体許容性の金属材料である Co-Cr 系合金やステンレス鋼に代わって、最近では生物学的にも安定で、骨への適合性や組織親和性に優れた純チタニウムおよびチタニウム合金が人工骨や人工歯根として使用されることが一般的になってきた^{21~25)}。

2. 窒化チタニウム (TiN) プレートについて

Breme²⁶⁾は生体材料として要求される特性として、次のものをあげている。すなわち、耐腐食性、生体親和性、生体適合性、好適な機械的特性、さらに加工性能などである。

チタニウムは生体用金属材料として、その優れた特性が古くから注目されていた^{27,28)}。しかし、一般的には加工が難しく普及していなかったが、鑄造技術²⁹⁾の進歩により、口腔外科領域でも骨移植の補強に用いられていた³⁰⁾。しかし、純チタニウムでは他の生体金属材料に比べて強度が小さく³¹⁾、比較的表面が軟らかい。そこで、その欠点を補うために Ti-6 Al-4 V 合金が開発され整形外科領域で広く用いられ³²⁾、また形状記憶合金として Ti-Ni 合金³³⁾が開発され機械的強度の向上がなされたが、バナジウムは細胞毒性が強く腫瘍の発生が報告されており、またニッケルやクロムもまた同様に毒性が強く金属イオンが溶出した場合には生体に対する皮膚アレルギーなどの影響が非常に問題となっていた。このような生体為害性の懸念からニッケルを全く含有しない TiPd-Co 系生体用形状記憶合金の開発が試みられている³⁴⁾。また、本邦では1985年に金属材料の溶出試験項目が規定され現在にいたっている³⁵⁾。

一方、チタニウムにおいても長期埋入により極微量の

チタニウムイオン溶出に伴ってとくに肺にチタニウムイオンが蓄積することがいわれており³⁵⁾、最近では慢性毒性として二酸化チタニウム (TiO₂) による軽度の肺線維化を生じることが報告されている³⁶⁾。近年、このような金属イオンの溶出を抑制し、なおかつ機械的強さを増加させるために、新しいチタニウム合金の開発や表面処理についての研究が多数行われている。金属表面の硬化処理には窒化処理法があり³⁷⁾、これには化学蒸着法と物理的蒸着法の方法がある。オハラチタニウム研究所の中村らは、前者の方法によって純チタニウムやチタニウム合金に窒化処理する装置を開発した³⁸⁾。また、後者の方法によるものについてはすでに生体に対してマイナスとなる影響はなかったことが確認されている³⁹⁾。

3. 症例の適応と限界について

下顎骨再建、とくに悪性腫瘍手術後の即時再建は十分なる原発巣の切除と領域リンパ節の郭清が前提である⁴⁰⁾。したがって、原発巣のコントロールおよび転移がないことが重要で、チタニウムプレートおよびスクリューは悪性腫瘍や再発しやすい良性腫瘍の経過観察の際にCT上でのアーチファクトがなく、またチタニウムスクリューは緻密骨と直接接合し、周囲の骨新生が良好なことが利点である⁴¹⁾。

また、術前の照射量が 30 Gy 程度でも化学療法を併用することにより 1 年前後で放射線性骨壊死に陥る症例も報告されているので⁴²⁾、十分に顎骨組織の経年的変化に注意する必要がある。一方、若年者に用いた場合には下顎骨の成長、発育を考慮したプレートの交換時期が問題であるが、現在は顎骨の成長を予測して、オーバーコレクションしている。

また、チタニウムは表面が非常にデリケートなので表面のコントロール、脱脂・脱蛋白がなされ金属プレートに異種蛋白などの汚染がないものを用いることと、術中にチタニウムよりも卑な金属製の手術機械・器具と接触しないようにすることはイオン化を防ぐために重要である⁴³⁾。

また、口内法によるアプローチは顎下部、オトガイ下部に皮切を加えることなく、口腔内より下顎骨を離断し、即時再建を行う手術方法で、術後の審美性に優れていることはいうに及ばず、顔面神経下顎縁枝の損傷や顎部軟組織の血行障害なども生ずることなく、外からの術後の感染率も低いことが挙げられ、従来よりその有用性が報告されている^{44~46)}。しかし、周囲軟組織に浸潤している悪性腫瘍例は、口内法では、完全な切除が困難で、適応に制限があると考えられる。

結 語

1. 1984年9月から1991年9月までの7年間に、オハラチタニウムプレートシステムにより下顎骨再建を施行

した15例について、その手術方法と術後2年以上の経過例について検討した。

2. 全例に術後の義歯装用が可能であった。また、下顎運動を解析した結果、ほぼ満足できる結果を得た。

3. 下顎骨再建用の窒化チタニウムプレートにより、顎・顔面形態および顎口腔機能の半永久的な回復が期待できることが示唆された。

本論文の要旨は、日本口腔外科学会総会 (第33回1988年名古屋市、第34回1989年郡山市、第35回1990年岡山市)、口腔科学会総会 (第45回1991年京都市)、口腔腫瘍学会 (第8回1990年浦和市)、日本頭頸部腫瘍学会 (第12回1988年横浜市、第14回1990年宇都宮市)、日本顎顔面補綴学会 (第6回1989年甲府市)、ヨーロッパ顎顔面外科学会 (第9回1988年アテネ市、第10回1990年ブリュッセル市)、大韓口腔顎顔面外科学会 (第31回1990年ソウル市)、国際顎顔面外科学会 (1987年フランス、1990年チェコ)、国際顎顔面外科シンポジウム (1991年ドイツ)、第2回国際口腔癌学会 (1991年ニューデリー市) において発表した。

引 用 文 献

- 1) 大屋高德：金属プレートによる下顎再建の現状と将来 1. ザ・クインテッセンス 7: 141-149 1988.
- 2) 大屋高德：金属プレートによる下顎再建の現状と将来 2. ザ・クインテッセンス 7: 107-118 1988.
- 3) 柴田貞彦：新鮮自家骨髄とハイドロキシアパタイト顆粒の混合埋入に関する実験的研究—皮下ならびに顎骨欠損部への埋入—. 日口外誌 34: 2178-2187 1988.
- 4) 斎藤善広：同種脱灰骨、新鮮自家骨髄、ヒドロキシアパタイト顆粒の単独および混合埋入に関する実験的研究—皮下ならびに顎骨欠損部への埋入—. 日口外誌 36: 21-36 1990.
- 5) 八木正篤：新鮮自家骨髄とヒドロキシアパタイト顆粒の混合埋入に関する実験的研究—ゼラチンカプセルの骨形成への影響と賦形成について—. 日口外誌 37: 281-293 1991.
- 6) 大屋高德、藤岡幸雄、他：純チタンプレートによる新しい下顎再建法—バージョイント義歯の方式を応用して— (抄). 日口外誌 34: 2908 1988.
- 7) 関根 弘：2. 臨床的立場から、三浦維四、井田一夫編：チタンの歯科利用、第1版、クインテッセンス、東京、1988、223-228頁。
- 8) Ohya, T., Fujioka, Y., et al.: Functional and aesthetic immediate reconstruction of the mandible using a pure-titanium reconstruction plate. 岩医大歯誌 12: 336-341 1987.

- 9) 大屋高德, 柴田貞彦, 他: 下顎再建用計測器機の開発と臨床応用. 日口外誌 33: 366-370 1987.
- 10) Ohya, T., Shibata, S., et al: Massive osteolysis of the maxillofacial bones. Report of two cases. Oral Surg Oral Med Oral Path 70: 698-703 1990.
- 11) 大屋高德: 義歯装用のための補綴前外科処置の重要性 (総説). 横浜顎顔面口外誌 2: 1-8 1990.
- 12) Ohya, T., Yagi, M., et al: Secondary reconstruction of the alveolar process after correction of mandibular discontinuity defects. J Oral Maxillofac Surg 48: 34-37 1990.
- 13) 鹿野洋一: 総義歯装着者の咀嚼機能評価に関する臨床的研究—正常有歯顎者と総義歯装着者の咀嚼運動の比較について—. 補綴誌 34: 318-332 1990.
- 14) 桑原俊也, 吉岡慎郎, 他: 顎関節異常が咀嚼運動に及ぼす影響に関する研究—咀嚼スピードについて—. 補綴誌 34: 728-738 1990.
- 15) 吉田 実, 青木 一, 他: 下顎骨区域切除後の顎義歯の1症例 (抄). 顎顔面補綴 13: 46 1990.
- 16) Irwin, A.S., Dale, M.: A sixteen-year evaluation of the mandibular staple bone plate. J Oral Maxillofac Surg 44: 60-66 1986.
- 17) 松浦正朗, 瀬戸皖一, 他: 自家遊離腸骨移植による下顎再建とその術後経過について. 日口外誌 34: 1366-1381 1988.
- 18) 名倉英明: 顎骨良性腫瘍手術後の新鮮自家骨移植による顎骨再建. 日口外誌 34: 1004-1009 1988.
- 19) 市ノ川義美, 他: 口腔外科における腸骨骨片採取法. 「整形外科」編集委員監修; 別冊整形外科 No. 8 骨・軟骨移植の基礎と臨床. 南江堂, 東京・京都, 1985, 120-123頁.
- 20) 別所和久, 平野吉雄, 他: 金属製顎修復インプラントについての検討—Champerのミニプレートが生体内における変化と有害作用を中心に—. 日口外誌 34: 1406-1413 1988.
- 21) 平 博彦, 村瀬博文, 他: 下顎枝矢状分割法へのA.O. ミニプレート 固定応用例の臨床的検討. 日口外誌 35: 1827-1835 1989.
- 22) Abbas, A.Y.: Reconstruction of gun-shot wounds of the mandible. J Cranio-Max-Fac Surg 18: 310-314 1990.
- 23) Kugar, E.: Reconstruction of bone and soft tissue in extensive facial defects. J Oral Maxillofac Surg 40: 714-720 1982.
- 24) Raveh, Y., Stich, H., et al.: New concepts in the reconstruction of mandibular defects following tumor resection. J Oral Maxillofac Surg 41: 3-16 1983.
- 25) Spiessl, B.: A new method of anatomical reconstruction of extensive defects of the mandible with autogenous cancellous bone. J Maxillofac Surg 8: 78 1981.
- 26) 川辺 晃: チタンおよびチタン合金の生体材料としての選択. チタニウム, ジルコニウム 36: 194 1988.
- 27) 若松英吉: チタンの整形外科的利用に関する基礎的研究. 日整外誌 27: 227-228 1954.
- 28) 若松英吉: チタンの整形外科的利用に関する基礎的研究 (第2報). 日整外誌 28: 276-277 1954.
- 29) 中村精三: 歯科用チタンの鍛造. 金属 4: 16-19 1988.
- 30) 長谷川 明, 渡辺 至, 他: Titanium plate 補強による下顎骨即時再建手術について. 日口外誌 22: 25-51 1976.
- 31) 青木秀希: 各種人工材料の特性と生体の反応—物性と生体適合性—. 歯医学誌 10: 154-157 1991.
- 32) 中山裕一郎: 整形外科で用いられる金属材料. 室田景久, 臼井康正, 他編集; 図説 整形外科診断治療講座 第15巻 人工関節・バイオマテリアル, メジカルビュー社, 東京, 1990, 180-195頁.
- 33) 木村 博, 莊村泰治: 酸化膜被覆による Ti-Ni 形状記憶合金の耐食性の改善. 歯材器 7: 106-110 1988.
- 34) 高田雄京, 細谷 誠, 他: 生体用形状記憶合金に関する研究 (第1報)—TiPd 合金および TiPd-Co 合金における相変態—. 歯材器 10: 123-129 1991.
- 35) 森脇 豊: 各種人工材料の特性と生体の反応—歯科材料の細胞毒性と生体適合性—. 歯医学誌 10: 150-153 1991.
- 36) 道 健一: 口腔外科への応用と問題点—人工骨, 人工歯根について—. 歯医学誌 10: 171-175 1991.
- 37) 吉成正雄: イオンプレATINGの歯科修復物への応用に関する研究 第1報 TiN イオンプレATINGについて. 歯材器 3: 71-78 1984.
- 38) 中村精三, 筒井義一: チタン製品の窒化処理. 特許公報 B2: 143-147 1988.
- 39) Gizatullin, R.G. and Khairullin, D.N.: Biological evaluation of titanium nitride used for coating dental prosthesis. Stomatologia (Mosk) 65: 50-51 1986.
- 40) Kudo, K. and Fujioka, Y.: Clinical course and evaluation of shape and function after reconstruction using various pedicle flaps for oral and maxillofacial defects. Int J Oral Maxillofac Surg 16: 529-539 1987.
- 41) Ohya, T. and Ohara, I.: Pure titanium reconstruction plate and screw system in reconstruction of the mandible. Asian J Oral Maxillofac Surg 3: 46-56 1991.
- 42) 内田雄基, 久保田英朗, 他: チタンメッシュト

- レイ, 自家骨移植および Deltopectral flap(D-P 皮弁) を用いた再建を行った咽頭から食道まで存在した癌治療後の下顎骨放射線骨壊死症例の経験. 口腔腫瘍 2: 208-218 1990.
- 43) Geis-Gerstorfer, J., Weber, H., et al.: *In vitro* substance loss due to galvanic corrosion in Ti Implant/Ni-Cr supraconstruction systems. Int J Oral Maxillofac Implants 4: 119-123 1989.
- 44) Obwegeser, H.L.: Simultaneous resection and reconstruction of parts of the mandible via the intraoral route in patients with and without gross infections. Oral Surg Oral Med Oral Path 21: 693-705 1966.
- 45) 小野尊睦, 飯塚忠彦: 4. 口内法による下顎骨再建. 大谷隆俊, 園山 昇, 他編集; 図説 口腔外科手術学 下巻. 第1版, 医歯薬出版, 東京, 1988, 765-789頁.
- 46) Lello, G.E.: Intraoral reconstruction of mandibular defects after tumor resection. J Oral Maxillofac Surg 44: 864-870 1986.