

## 〈原著論文〉

## 新様式のアパタイト人工歯根の治療成績について

西原 克成\*

(受付1992年8月7日・審査終了1992年12月14日)

## 1. 緒言

近年バイオセラミックスの開発が進み、アルミナ、バイオガラス、合成ヒドロキシアパタイトなど様々なフェインセラミックスが多方面の臨床に応用されている<sup>1-4)</sup>。合成ヒドロキシアパタイト焼結体(以下、アパタイト焼結体と略す)を応用した歯科インプラントも試みられている<sup>5)</sup>。今日歯科インプラントは、骨性癒着ないし骨接合型のものが一般的となっている<sup>5, 6)</sup>。しかしこれらは咀嚼・咬合時に歯に作用するmultiple forceに対応するための、歯根の微小可動性という重要な機能が欠落しているため歯の代替器官には適さないと考えられ、理想的な人工歯根として、機能性線維組織に支持された、peri-implantiumを持つインプラントの開発が、以前から最終目標として掲げられていた<sup>1, 7)</sup>。最近ようやく歯周靭帯に類似した線維組織と固有歯槽骨、すなわち歯の支持構造組織を周囲に誘導する人工歯根が開発されるようになってきた<sup>8, 9)</sup>。筆者は、アパタイト緻密焼結体からなる線維組織付着様式の「アパセラムN型人工歯根」を考案し<sup>8)</sup>、基礎研究ならびに長期の予備臨床試験を行った<sup>10-14)</sup>。骨性癒着のアパタイト焼結体では多数の破折が臨床において報告されたが、歯周部に緩圧機構を有する本様式の人工歯根では破折した症例は1例もなく、長期治療では良好な成績が得られ、人工歯根の強度が特に問題とならないことをすでに報告した<sup>13, 14)</sup>。

本論文は厚生省治療のための中間報告であり、比較的短期間の経過観察による治療試験である。筆者は先に、咀嚼における歯根の微小可動性機能に着目し、自家歯の補強再植ならびに移植術に関する臨床研究を行った<sup>15, 16)</sup>。従来、術後に行われていた歯根の固定による絶対安静を避け、適度な固定下で咀嚼咬合機能を加え、創傷治癒過程で、本来の歯根の有する微小可動性機能—

を付与した。その結果歯根の骨性癒着が防止され、根の置換性吸収を防止することが可能となり、長期にわたる機能(15年以上)を維持することができることをすでに報告した<sup>15)</sup>。また同様にアパタイト顆粒を応用して、長期に安定した再植歯の症例を報告した<sup>15, 16)</sup>。アパセラムN型人工歯根は、この自家再植歯の臨床経験を、アパタイト緻密焼結体の人工歯根に応用したものである。アパタイト焼結体は優れた生体親和性のため、骨組織と癒着するのみならず上皮組織や結合組織と極めて良好に付着する<sup>5, 10, 11)</sup>。本様式の人工歯根は、咀嚼に対応する微小可動性機能を付与するために、再植歯と同様に適度な固定のもとに咀嚼咬合機能を加え、骨性癒着を防止するとともに人工歯根の周囲に、歯周靭帯の代用となる線維組織と固有歯槽骨(alveolar bone proper)の育成をはかるものである<sup>10-12, 17)</sup>。この様式では、骨性癒着の人工歯根に見られる破折ないし周囲骨の特徴的破壊を防止することができる<sup>18-22)</sup>。

本人工歯根に関する一連の基礎研究を通して、植立後のアパセラムN型歯根の表面に極めて良好な上皮付着が得られ、歯根膜腔に相当する間隙が人工歯根周囲に形成され、人工歯根に対して直角ないし鋭角に走行する線維組織を介在した固有歯槽骨に酷似した骨の形成が認められることを明らかにして、すでに報告した<sup>10-12, 17)</sup>。

また、本人工歯根の5年以上にわたる長期の予備治療では、30歳から72歳(平均50歳)の19名26症例に57本の人工歯根を植立したが(遊離端部に16例40本、中間支部に10例17本)、期間中に破折したものは1例もなかった。摘出を必要としたものが3年目、4年目に各1例2本ずつあったほか、4年目に心疾患で死亡した症例が1例3本あった。また、歯周治療で回復した人工歯根周囲歯肉の炎症症例が4例4本あったが、19例50本、約88%が十分に機能して今日に至っている。摘出例4本は7%に相当するが(死亡例を除くと7.5%)、人工歯根の細すぎと補綴物の設計上の誤りによ

\* 東京大学医学部口腔外科学教室 (講師)  
〒113 東京都文京区本郷7-3-1

る感染が原因と考えられた<sup>20)</sup>.

本研究は、歯の欠損症をアパセラムN型人工歯根により回復する療法を確立することを目的とした、治験に関する中間報告である。適応症例を明確にするために、従来の歯科インプラントの禁忌症とみられる種々の症例への応用も試みた。

対象症例は、健康な23歳から69歳までの男性18名、女性18名であった。治験を実施した期間は平成2年4月1日から平成3年12月27日までの約20か月間であった。

## 2. 研究方法および対象

### 1) 人工歯根療法

アパセラムN型人工歯根を用いて歯の欠損症を治療する本療法は、従来の歯科インプラントの術式とは異なり、欠損歯の数に合わせて人工歯根を植立し、歯列全体を一つのまとまった器官と見て形態と機能を、欠損前とほぼ同じ状態に回復することを目的としている。筆者は予備治験(院内)を通して、人工歯根の長期成績が(1)口腔の清掃状態、(2)歯列の機械構造欠陥(歯列弓の歪みや、咬合平面の弯曲、歯列の段差や歯間離開など)、(3)歯と顎骨に加わる習慣性の側方力(口腔とその周辺の習癖に起因する)の三つの要因に大きく影響を受けることを明らかにした<sup>13, 14, 21~26)</sup>。本臨床研究を実施するに際してはこれらの知見を参考として、術前に口腔清掃指導を徹底させ歯周疾患の治療と予防に努めた。また、歯列の機械構造欠陥を全顎にわたり可及的に修正し、同時に口腔ならびにその周辺の習癖<sup>25)</sup>(主として口呼吸とそれに付随する舌の突き出し癖、片側咀嚼癖、睡眠姿勢習癖<sup>27)</sup>など)の矯正指導を十分に行った後に人工歯根植立術を開始した。

### 2) 対象症例

東京大学医学部附属病院歯科口腔外科を受診した患者のうち、原則として健常者で歯の欠損症を有する、本療法を希望する者についてこれを実施した。患者の性別および年齢分布をTable 1に示す。全症例の一覧をTable 2に示す。患者の職業分布をTable 3に示す。

### 3) 材料および手術法

アパセラムN型人工歯根は旭光学工業株式会社にて作製したもので、特徴的な形状を有し、植立する部により前歯、小臼歯・犬歯、大臼歯用と8種類の異なる形態のものを用いた。すなわち長さが15mmで、最大直径(以下直径と略す)5mmの標準型(小臼歯・犬歯

Table 1 Age Distribution

Age	Male	Female	Total
20-29	1	0	1
30-39	0	3	3
40-49	7	6	13
50-59	5	5	10
60-69	5	4	9
Total	18	18	36

Table 3 Occupation Distribution

Occupation	Numbers
Housewife	10
Professor	7
Businessman	7
Executive	4
Teacher	4
Self-employed	2
None	2
Total	36

用)、直径4.5mmと4mmの上顎前歯型、直径4mmの下顎前歯型、直径6mmの上顎大臼歯型、同下顎大臼歯型の6種類と、長さが17mmの上下顎大臼歯部用の2種類を用いた。各種の人工歯根の形状をFig. 1に示す。大臼歯型人工歯根の植立に必要な切削用具をFig. 2に示す。アパセラムN型人工歯根の組成および

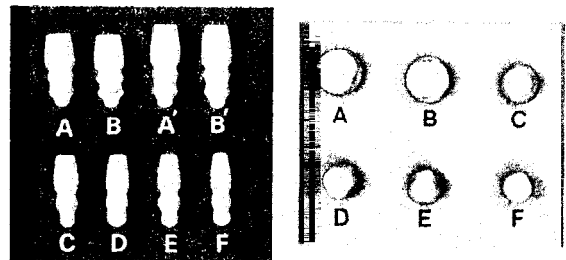


Fig. 1 Apaceram type N artificial roots.

- A : Upper molar type (6 mm in diameter, 15 mm in length)
- B : Lower molar type (6 mm in diameter, 15 mm in length)
- A' : Upper molar type (17 mm in length)
- B' : Lower molar type (17 mm in length)
- C : Standard type (5 mm in diameter, 15 mm in length)
- D : Upper incisor type (4.5 mm in diameter, 15 mm in length)
- E : Upper incisor type (4 mm in diameter, 15 mm in length)
- F : Lower incisor type (4 mm in diameter, 15 mm in length)

Table 2 Patients Treated with AR Therapeutics

No.	Patient	Sex	Age	Implantation Date	AR Numbers	Implanted Site	Numbers Sequential Crown	Date of Evaluation	General Evaluation
1	N.Y.	F	49	May 2'90	2	76	4	Mar. 10'92	excellent
2	H.T.	M	67	May 25'90	3	765	5	Apr. 7'92	good
3	Y.A.	F	49	Jun. 6'90	2	21	4	May 29'92	excellent
4	S.O.	M	49	Jun. 6'90	2	7   8	7 : 2 8 : 4	May 29'92	bad
5	M.N.	F	57	Jun. 15'90	2	67	4	Jul. 3'92	good
6	K.W.	M	50	Jun. 20'90	3	62   1	6 3 2   1 : 4	Jul. 3'92	excellent
7	H.S.	F	35	Jun. 21'90	2	65	3	Jul. 29'91	excellent
8	K.A.	F	38	Jun. 22'90	2	65	4	May 29'92	excellent
9	T.S.	M	55	Jul. 6'90	2	54	4	May 19'92	good
10	J.M.	F	54	Jul. 12'90	1	6	3	Jun. 1'92	good
11	M.T.	F	57	Jul. 18'90	5	6   567 5	567 : 5 6 : 3 5 : 3	Jun. 30'92	poor
12	T.T.	F	67	Jul. 19'90	2	65	4	Apr 9'92	excellent
13	T.Y.	M	50	Jul. 20'90	2	68	4	May 19'92	excellent
14	T.K.	F	69	Jul. 25'90	3	876	5	Jun 2'92	excellent
15	K.S.	M	62	Aug. 1'90	2	7   7	7 : 3 7 : 2 → 4	Nov. 30'91	good
16	T.M.	F	61	Aug. 2'90	3	678	5	Mar. 10'92	excellent
17	H.K.	M	46	Aug. 2'90	4	67 7   7	67 : 4 7 : 4 7 : 2	May 10'92	good
18	S.S.	M	46	Oct. 11'90	1	7	2	Dec. 5'91	excellent
19	A.Y.	M	51	Jun. 20'90 Oct. 30'90	2 1	57 7	5 : 2   7 : 2 7 : 2	Jul. 15'92	excellent
20	S.H.	F	62	Oct. 30'90	2	78	3	May 19'92	excellent
21	A.M.	M	48	Oct. 31'90	3	345	5	Jul. 16'92	excellent
22	T.T.	F	31	Oct. 31'90	1	5	2	Aug. 20'90	excellent
23	E.K.	F	46	Dec. 20'90	9	7621   12467	67 : 4 21   12 : 6 467 : 5	Apr 9'92	good
24	K.O.	M	23	Feb. 26'91	4	1   123	6	Mar. 3'92	excellent
25	T.S.	M	62	Mar. 6'91	4	65 87	4 3	Jun 2'92	excellent
26	I.T.	F	57	Mar. 7'91	2	75	4	May 29'92	good
27	T.N.	F	46	Mar. 14'91	1	1	3	Jul. 5'92	excellent
28	T.O.	M	61	Apr. 17'91	2	78	3	Jul. 16'92	excellent
29	M.S.	F	42	Oct. 12'90 May 22'91	4 3	4567 654	4-7 : 6 654 : 6	Jul. 9'92	good
30	Y.K.	M	55	Jun. 26'91 Mar. 27'91	4 4	321   2 87   67	7 87 : 4	Dec. 12'91	excellent
31	T.T.	M	54	Jul. 3'91	2	7   7	78 : 4 7 : 2 7 : 2	Mar. 10'92	good
32	I.O.	M	66	Jul. 3'91	1	7	2	May 19'92	excellent
33	N.H.	F	49	Jul. 10'91	1	5	3	Nov. 19'91	good
34	J.O.	F	59	Jul. 25'90	1	7	2	Jun. 25'92	excellent
35	T.M.	M	46	Aug. 5'91	2	57	4	Jun. 2'92	excellent
36	M.M.	M	59	Aug. 21'91	2	75	4	May 29'92	excellent

AR : Artificial Root

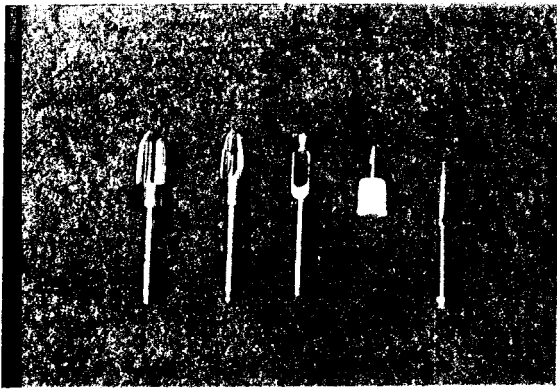


Fig. 2 Instruments for artificial root implantation. From right to left : reamer, guide plug, trephine, bone bar-1 (5 mm in diameter) and bone bar-2 (6 mm in diameter).

Table 4 Component and Material Properties of Apaceram N Type Artificial Root

Component :	Hydroxyapatite
Molecular Formula :	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$
Theoretical Density :	3.16 g/cm <sup>3</sup>
Purity :	99.0%

Table 5 Material Properties of Compact Sintered Apatite

Relative Density :	99.2%
Vickers Hardness :	6.0 GPa
Bending Strength :	220 MPa
Compressive Strength :	500 MPa

物性をTable 4, Table 5に示す。本療法を実施した患者には、口腔清掃法および口腔とその周辺の習癖の矯正訓練を指導してから手術を行った。手術は局所麻酔下にて行った。まずピーソーリーマーにて植立方向の確認を行い、次いでトレフィンを用いて粘膜上から歯槽骨を切削し、これを一塊として歯科用鋭匙にて摘出した。次いで各種歯根に相応するバーを用いて歯槽を形成した。プローベにて人工歯根の植立を確認した後に、嫌気性菌に有効な抗生物質(ラタモキシセフナトリウムの生食溶液)で洗浄後、直径約100 $\mu\text{m}$ のアパタイト顆粒を歯槽壁に塗布し、人工歯根を手指にて軽く圧迫して手術を終了した。次いで、あらかじめ隣在歯支台を形成し、作製しておいた暫間連続固定冠の人工歯根部分を、即時充合レジンにて調整し、これを装着した。暫間連続固定冠の咬合は、外傷咬合となるこ

とを避けるため、対合歯と軽度に接触するようにし、術後・前述の抗生物質の点滴投与を行った。

#### 4) 上部構造の作製と装着

大部分の症例で、術後1か月から2か月経過時に、暫間固定冠を除去し、印象採得を行った。一部に種々の事情で暫間固定冠のまま長期間にわたり経過観察を行った症例もあった。上部構造体の連続固定冠は、主としてデンチタン(クルツプ社・ドイツ)の金属焼き付け陶材冠を用いた。支台歯および人工歯根と固定冠との接着にはSuperbond(サンメディカル社・京都)を用いた。

#### 5) 経過観察および評価方法

術後1週間は特に慎重に経過観察を行い、感染の防止に努めるとともに、咬合状態、舌圧および頬筋圧、睡眠姿勢習癖などによる頭蓋の重量の影響など、側方からの不適当なbiomechanicalな力の影響の有無を観察した。これらの認められた症例については、適当な状態となるように調節や習癖の矯正指導を行った。また、経過観察中に人工歯根の植立状態が浅すぎた症例や、歯根の太さが不適当と考えられた症例については、人工歯根の交換手術を行った。その後は約1か月毎にX線撮影を行い、周囲骨の改造過程の観察を行った。また、歯肉の感染と盲嚢形成の有無を肉眼的ならびに盲嚢探針により観察した。歯肉の退縮は補綴物の装着後から観察を始めた。評価方法は客観的に行うために、経過期間中の偶発症・合併症と、最終評価時の諸所見の点数により判定を行った。評価方法の一覧をTable 6に示す。総合判定で0~3を極めて良好とし、4~8を良好、9~12をやや不良とし、13以上を不良とした。

また成功症例および失敗症例の基準を次のように定めた。成功例としては、機能に重大な障害となる症状のない状態を長期間にわたり維持し、患者が人工歯根ならびにその補綴物の状態に満足し、十分なる咀嚼・咬合・構音ならびに審美的機能をいとなんでいる症例を成功の基準とした。一方、人工歯根の機能に重大な障害となる治療成績の不良のものを失敗例とした。同一患者に数本植立した症例では、1本でも治療成績が不良となった場合には失敗例とした。以下、失敗例の基準を記す。1. 明らかな沈下、動揺がある症例、2. 治療が困難な合併症の認められた症例、3. 撤去を必要とした症例、4. 人工歯根が脱落または破折した症例。

治験の実際の実施期間は平成2年4月から平成3年

Table 6 Table for Evaluation

No.	Evaluation	Grade		Point
	Evaluation Implantation Technique			
1	Wound Healing Disturbance	none		0
		positive		2
2	Replantation	none		0
		positive		2
	Signs of inflammation	grade	width	
3	Redness	none		0
		slight	under 2 mm	1
		medium	2 to 4 mm	2
		extreme	over 4 mm	3
4	Swelling	none		0
		slight	under 2 mm	1
		medium	2 to 4 mm	2
		extreme	over 4 mm	3
5	Pus Discharge	none		0
		slight		1
		medium		2
		extreme		3
	Gingival Condition	grade	depth	
6	Pocket Formation	gingival sulcus	under 0.8mm	0
		slight	from 0.8 under 2 mm	1
		medium	from 2 under 3 mm	2
		extreme	over 3 mm	3
7	Gingival Retraction	none	under 0.8 mm	0
		slight	from 0.8 under 1.5mm	1
		medium	from 1.5 under 1.5mm	2
		extreme	over 3 mm	3
	Complication			
8	None	none		0
	Internal (External) Dental Fistula	positive		3
	Osteomyelitis	positive		3
	Sinusitis	positive		3
	Implantation Status	grade		
9	Mobility	none		0
		slight		1
		medium		2
		extreme		3
10	Vertical Mobility	none		0
		slight		1
		medium		2
		extreme		3
	Occlusal State			
11	Masticatory Disturbance	none		0
		slight		1
		medium		2
		extreme		3
	Radiographic Finding			
12	Lamina Dura Formation	clear lamina dura formation		0
		lamina dura formation		1
		obscura lamina dura formation		2
		without lamina dura formation		3
13	Apparent Bone Resorption	none		0
		slight		1
		medium		2
		extreme		3
14	General Functional Disturbance	none		0
		slight		1
		medium		2
		extreme		3
15	Falling Out of AR	failure		

General Evaluation  
Excellent : 0 to 3 points

Good : 4 to 8 points  
Bad : 9 to 12 points

Poor : up to 13 points  
Falling Out : failure

Table 7

Type of Artificial Root	Size	Numbers
Standard Type	5 mm in diameter with 15 length	28
Upper Molar Type A	6 mm in diameter with 15 mm length	21
Upper Molar Type B	6 mm in diameter with 17 length	4
Lower Molar Type A	6 mm in diameter with 15 length	19
Lower Molar Type B	6 mm in diameter with 17 length	4(5 - 1)
Upper Incisor Type A	4.5mm in diameter with 15 mm length	14
Upper Incisor Type B	4 mm in diameter with 15 mm length	5
Lower Incisor Type	4 mm in diameter with 15 mm length	3
	Total	98

Total implanted Artificial Roots : 98

Lower molar of 17 mm in length was changed to one of 15 mm in length.

12月までであったが、最終評価を行った時期は、最も遅いものは平成4年7月であった。経過観察期間は最長のもので25か月、最短のもので4か月、平均17か月であった。

### 3. 研究結果および症例供覧

#### 1) 研究結果

手術は入院にて行った症例が17例(入院回数19回)、外来通院のみで行った症例が19例であった。全症例とも局所麻酔下にて行った。研究結果の一覧をTable 2に示す。手術を行った回数は合計41回で、植立した人工歯根の本数は98本であった。再植立手術を行った症例が2症例あり、2回の手術で4本の人工歯根の再植立を行った。植立した人工歯根の種類の内訳をTable 7に示す。人工歯根の本数別の症例数をTable 8に示す。2本植立例が最も多く16症例で、次いで1本が7例、3本が5例であった。人工歯根の患者別の植立様式をTable 9に示す。植立様式の遊離端型、中間支台型および複合型について図解する(Fig. 3)。遊離端症例が18名で人工歯根数が41本、中間支台症例が10名で28本、これらの複合症例が8例で29本であった。また、人工歯根の症例別(連続冠装置別)の植立様式をTable 10に示す。全症例の臨床成績をTable 11に示す。評価点数の内訳をTable 12に示す。人工歯根の適応症例別(患者別)の成績をTable 13に示す。人工歯根の植立症例別(連続冠装置別)の成績をTable 14に示す。

総合判定結果では、極めて良好が23例で約64%、良好が11例で約31%、やや不良と不良が各1例でそれぞれ約3%であった(Table 13)。人工歯根の植立症例

Table 8 Implanted Numbers of Artificial Roots

ARs	1	2	3	4	5	6	7	9	Total
Case Numbers	7	16	5	4	1	1	1	1	36

ARs : Artificial Roots

Table 9 Type of Implantation(Each Patient)

Implantation	Patients	ARs
Free End Type	18	41
Intermediate Type	10	28
Complex Type	8	29
Total	36	98

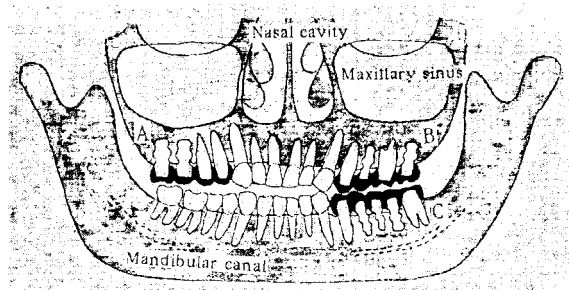


Fig. 3 Illustration of three types of artificial root implantation.

- A : Free end type
- B : Combined type
- C : Intermediate type

別(連続冠装置別)の成績では、極めて良好が遊離端型で30例中21例(70%)・46本中26本(57%)、中間支台型が17例中11例(65%)・42本中29本(69%)、中間支台型と遊離端型との複合型が5例中4例(80%)・10本中8本(80%)であった。良好が遊離端型で30例中8例(27

%)・46本中19本(39%), 中間支台型が17例中5例(30%)・42本中10本(24%), 複合型が5例中1例(20%)・10本中2本(20%)であった。やや不良は中間支台型17例中1例(約6%)・42本中3本(約7%)あり, 不良は遊離端型30例中1例(3%)・46本中1本(2%)に見ら

Table 10 Type of Implantation (Each Crown Splint)

Implantation	Cases	ARs
Free End Type	30	44
Intermediate Type	17	42
Complex Type	5	12
Total	52	98

Table 11 Results of Evaluation

Evaluation	Cases	Numbers of ARs
Excellent	23 (63.8)	71 (72)
Good	11 (30.5)	23 (23)
Poor	1 (2.8)	3 (4)
Bad	1 (2.8)	1 (1)
Total	36 (100%)	98 (100%)

Table 12

Evaluation	Excellent	Good	Poor	Bad	Total
Points	0 1 2 3	4 8	11	18	
Case Numbers	8 5 2 9	4 6	1	1	36

Table 13 Results of Evaluation in Patient

	Excellent	Good	Poor	Bad	Total
Free End Type	1 1	6	0	1	18
Intermediate Type	7	3	0	0	10
Combined type	5	2	1	0	8
Total	23	11	1	1	36

Reimplantation-2 : One was exchanged and one was replanted.  
(free end -one case, intermediate-one case)

Table 14 Result of Evaluation in Implantation Type

Implantation Type	Excellent		Good		Poor	Bad	Total			
	Cases	ARs	Cases	ARs			Cass	ARs		
Free End Type	21	26	8	19	0	0	1	1	30	46
Intermediate Type	11	29	5	10	1	3	0	0	17	42
Combined Type	4	8	1	2	0	0	0	0	5	10
Total	36	63	14	31	1	3	1	1	52	98

ARs : Artificial Root Numbers

れた。極めて良好と良好を合わせた症例数は、遊離端型は30例中29例(97%)・46本中45本(約98%), 中間支台型は17例中16例(94%)・42本中39本(93%), 複合型が5例中5例(100%)・10本中全例であった。人工歯根が咬合力をより多く負担する遊離端型と、より安定して機能する中間支台型の成績がともにほとんど同じであった。全症例における患者別の成功率は、36例中35例(97%)・98本中97本(98.8%)で、装置別では52例中51例(98%)であった。

やや不良の症例は睡眠姿勢習癖(枕の位置習慣や横向きの睡眠姿勢)の極めて強い、歯周疾患の進行症例の患者で、手術後数か月は良好であったが、徐々に口腔清掃が不十分となった。多忙から神経症を発症し、精神神経科の治療を受けていた。長期にわたり口腔の清潔な状態を維持することと習癖を矯正することが困難な症例であった。再度口腔清掃の指導を徹底させ、習癖の矯正を強化し、神経症が治癒した現在は著明に回復している。

成績の「不良」となった失敗例は、上顎洞底に骨の十分な厚さのない症例で、院内治験において左上顎第一、第二大臼歯部に人工歯根を植立し、極めて良好な経過を示していた症例であった。植立した人工歯根部を強化する目的で、左上智歯部にさらに1本追加するために植立し、すでに装着していた人工歯根部の連続冠を撤去せずに削除して、追加した人工歯根に、延長した連続冠を追加作製して装着した症例であった。植立部位の関係で補綴物が遠心部に延長されたために、舌圧・頬圧のほか枕の位置習慣による強力な側方力が、追加した人工歯根部に作用したと考えられる症例であった。咬合調整を繰り返したが、沈下と動揺があり歯肉に炎症が認められ、安定した状態に回復するに至っていないのが現状である。

2) 症例供覧

症例1 62歳 女性 主婦(症例番号20)

主 訴 下顎左大臼歯部の遊離端欠損症(178)

既往歴 特記事項なし

治験実施前にすでに右側大臼歯の欠損部<sup>76</sup>に院内治験を実施し、下顎大臼歯型のアパセラムN型人工歯根を2本植立して2年経過している症例であった。<sup>78</sup>の欠損部に、上顎の対咬歯との関係で下顎大臼歯型と標準型の2本の人工歯根を植立した。植立後10週間経過時にデンチタンの焼付け陶材冠を合着し、その後経過良好にて特記すべき事項もなく良好な機能を維持している。

Fig. 4に院内治験にて右側に植立した40か月経過時のX線写真を示す。Fig. 5に<sup>78</sup>に植立した人工歯根の14か月経過時のX線写真を示す。ともに機能対応を示すと考えられる骨梁形成を伴った歯槽硬線

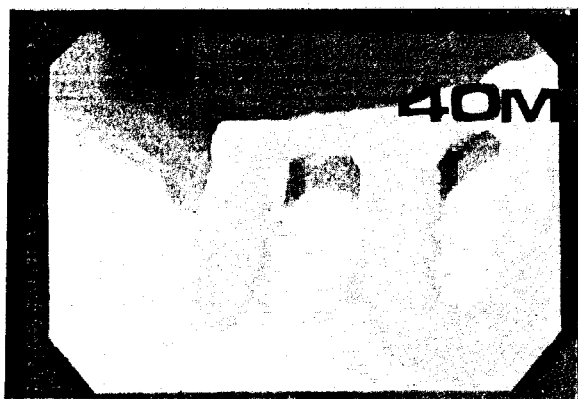


Fig. 4 Case 1 (Case number 20) : 62 year-old female, implanted in right lower molar region, 40-month postop radiograph. Linea alba (lamina dura) with functional trabeculae is clearly observed.

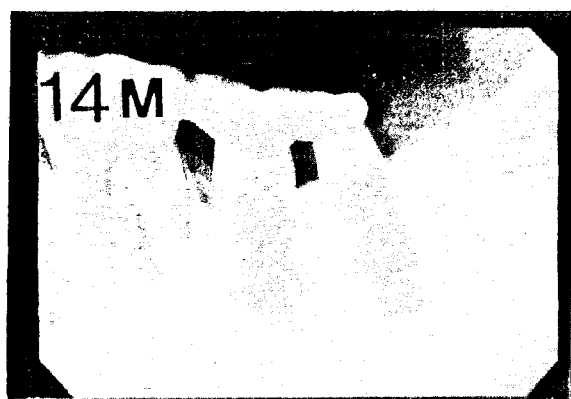


Fig. 5 Case 1 : Artificial roots implanted in left lower molar region, 14-month postop radiograph.

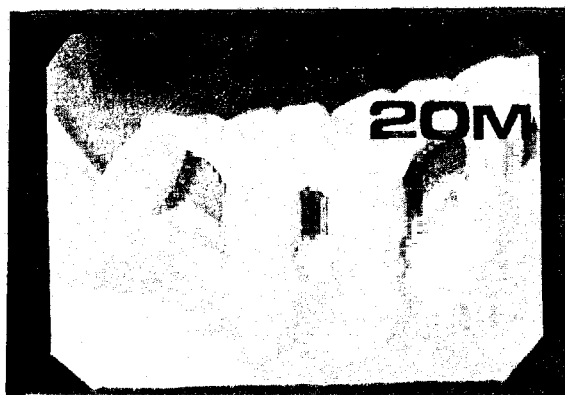


Fig. 6 Case 2 (Case number 14) : 69-year-old female, implanted in right lower molar region, 20-month postop radiograph. Linea alba (lamina dura) formation with functional trabeculae is observed.

(lamina dura=固有歯槽骨に相当する)の形成が良好に観察された。

症例2 69歳 女性 主婦(症例番号14)

主 訴 右下顎大臼歯部の遊離端欠損症(876)

既往歴 特記事項なし

上顎の対咬歯との関係で、<sup>8</sup>に標準型を、<sup>76</sup>に下顎大臼歯型を、合計3本植立した。植立後3か月半経過時にデンチタン焼付け陶材冠を装着した。経過観察時に歯石の除去を行うほか特に処置を必要とせず、良好な機能を維持している。Fig. 6に植立後20か月経過時のX線写真を示す。機能走行のある骨梁形成の認められる歯槽硬線が<sup>76</sup>に見られる。



Fig. 7 Case 3 (Case number 6) : 49-year-old female, first visit appearance with progressive marginal periodontitis. Upper and lower incisors were shed freely.





Fig. 8 Case 3: Orthopantomograph, immediately after initial treatment of periodontitis.

症例3 50歳 男性 会社員(症例番号6)

主 訴 歯周疾患による歯の動揺と歯の自然脱落后の欠損症

既往歴 特記事項なし

著明な口呼吸および睡眠姿勢習慣があり、進行した歯周疾患により $\overline{32}$ 、 $\overline{12}$ と $\overline{31}$ 、 $\overline{23}$ の著明な挺出と動揺があり $\frac{1}{2}$ はすでに自然脱落していた。口腔清掃が不良で、Fig. 7に示すように歯石の沈着が全歯にわたり認められた。欠損部を含め全歯にわたる連続結紮による固定を行い、歯石除去、盲嚢搔爬術を施行し、口腔清掃指導を行った。歯周疾患がある程度回復した段階で動揺の著しい歯を、欠損部を含め暫間連続冠により固定した。この期間のオルソパントモ写真をFig. 8に示す。歯肉の炎症の消退後、 $\overline{2}$ 、 $\overline{1}$ と $\overline{6}$ の欠損部に人工歯根療法を実施した。

$\overline{2}$ に下顎前歯型を、 $\overline{6}$ に下顎大臼歯型人工歯根を植立した。手術時に歯根端切除術と歯根穿孔部の治療を目的として $\overline{2}$ の再植術を行った。植立後約2か月

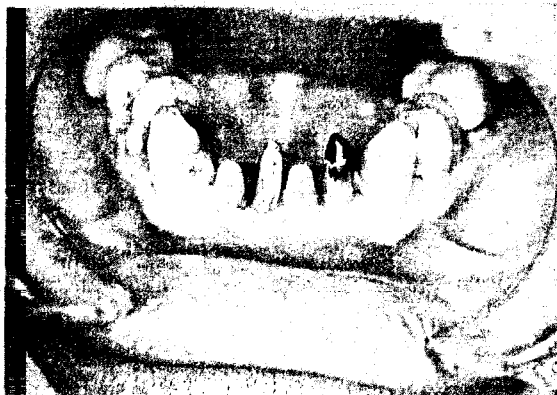


Fig. 9 Case 3: One-month postop picture of artificial roots.



Fig. 10 Case 3: 19-month postop appearance, 3 years after initial treatment of periodontitis. Gingival inflammation has recovered.



Fig. 11 Case 3: Orthopantomograph, 19 months postop, 3 years after initial treatment of periodontitis.

経過時にデンチタン焼き付け陶材の連続冠を装着した。Fig. 9は植立後約2か月の状態を示す。Fig. 10は $\overline{2}$ 、 $\overline{1}$ 、 $\overline{12}$ の連続冠装着状態の植立後19か月の写真である。歯周疾患は著明に改善されている。Fig. 11は同時期のオルソパントモ写真である。Fig. 8と比較して歯槽骨の吸収部の著明な回復が認められる。現在、睡眠姿勢習癖の矯正を引き続き指導している。

症例4 59歳 男性 大学教授(症例番号36)

主 訴 右上顎臼歯の歯肉の腫脹と歯の動揺  
近医にて $\overline{5}$ を抜去後 $\overline{75}$ の局部床義歯を装着後、数か月経過時に歯肉の腫脹を伴う歯の動揺を自覚した。

既往歴 初診時に特記事項はなかったが、人工歯根療法を開始した直後に消化管の腫瘍が発見され、長期の療養を要した。

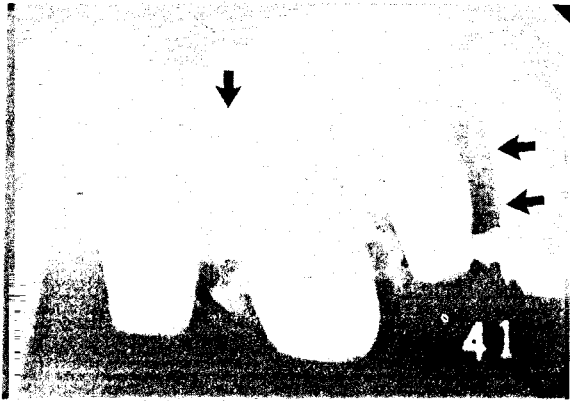


Fig. 12 Case 4 (Case number 36) : 59-year-old male, with partially progressive periodontitis, immediately after implantation. Radiograph shows marked bone destruction (arrows).

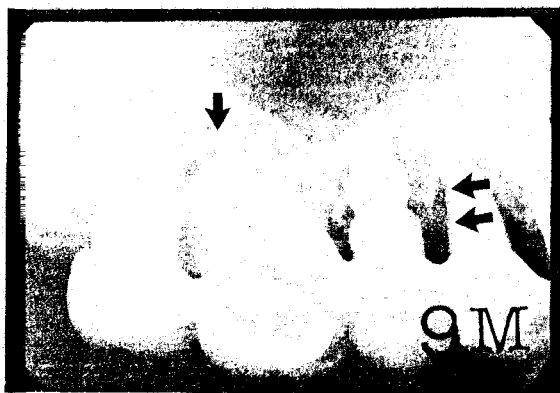


Fig. 13 Case 4 : Radiograph, 9 months postop. Marked bone regeneration is observed (arrows).

長期療養のため最終補綴物の装着が治験期間中にならなかった症例である。初診時に抗生物質の投与を行い、挺出して動揺していた64の削除により咬合時の安静をはかり、結紮固定を行った。消炎後盲嚢搔爬を行い、64の動揺が消退し、歯肉が安定した段階で5に標準型、7に上顎臼歯型人工歯根(長さ17mm)を植立した。植立直後のX線所見をFig. 12に示す。4と7の遠心部に歯槽骨の破壊吸収像が認められる(矢印)。Fig. 13は植立後9か月経過時のX線像であるが、骨の吸収部の著明な回復が認められる(矢印)。植立後暫間固定冠を装着し、術後7か月経過時に上部連続冠をデンチタン焼き付け陶材冠で作製し装着した。消化管腫瘍に対する手術や化学療法にもかかわらず、義歯



Fig. 14 Case 5 (Case number 23) : 46-year-old female, with partial edentulous upper and molar regions. Teeth with marginal periodontitis, impacted left upper wisdom tooth (black arrow), and thin alveolar bone under maxillary sinus (white arrow) are observed in orthopantomograph.

の鉤による外傷性咬合を主因とする歯周疾患で、破壊の進行した歯槽骨が人工歯根療法による咬合力の分散によって回復した例であり、本療法の有効性を示す症例である。

症例5 46歳 女性 教員(症例番号23)

主 訴 76|67欠損と③21|12③の橋義歯の破損に対する人工歯根療法の希望

既往歴 特記事項なし

左上顎には埋伏智歯が存在しており(Fig. 14 : 矢

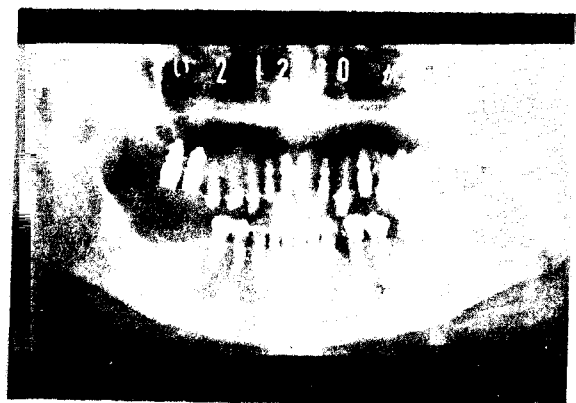


Fig. 15 Case 5 : Orthopantomograph, immediately after implantation of 9 artificial roots. Artificial roots were implanted after replantation of impacted wisdom tooth for use.

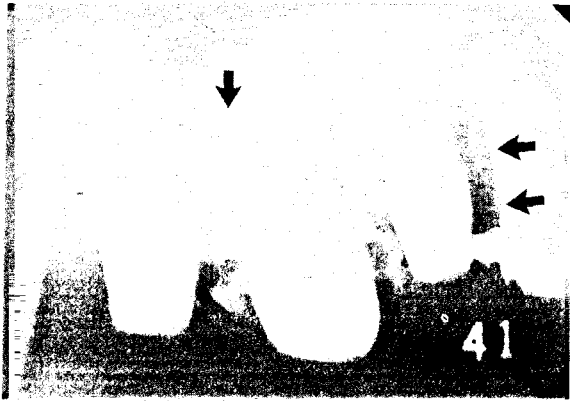


Fig. 12 Case 4 (Case number 36) : 59-year-old male, with partially progressive periodontitis, immediately after implantation. Radiograph shows marked bone destruction (arrows).

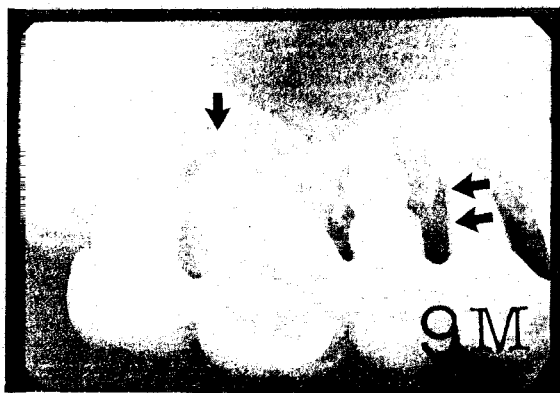


Fig. 13 Case 4 : Radiograph, 9 months postop. Marked bone regeneration is observed (arrows).

長期療養のため最終補綴物の装着が治験期間中にならなかった症例である。初診時に抗生物質の投与を行い、挺出して動揺していた64の削除により咬合時の安静をはかり、結紮固定を行った。消炎後盲嚢搔爬を行い、64の動揺が消退し、歯肉が安定した段階で5に標準型、7に上顎臼歯型人工歯根(長さ17mm)を植立した。植立直後のX線所見をFig. 12に示す。4と7の遠心部に歯槽骨の破壊吸収像が認められる(矢印)。Fig. 13は植立後9か月経過時のX線像であるが、骨の吸収部の著明な回復が認められる(矢印)。植立後暫間固定冠を装着し、術後7か月経過時に上部連続冠をデンチタン焼き付け陶材冠で作製し装着した。消化管腫瘍に対する手術や化学療法にもかかわらず、義歯



Fig. 14 Case 5 (Case number 23) : 46-year-old female, with partial edentulous upper and molar regions. Teeth with marginal periodontitis, impacted left upper wisdom tooth (black arrow), and thin alveolar bone under maxillary sinus (white arrow) are observed in orthopantomograph.

の鉤による外傷性咬合を主因とする歯周疾患で、破壊の進行した歯槽骨が人工歯根療法による咬合力の分散によって回復した例であり、本療法の有効性を示す症例である。

症例5 46歳 女性 教員(症例番号23)

主 訴 76|67欠損と③21|12③の橋義歯の破損に対する人工歯根療法の希望

既往歴 特記事項なし

左上顎には埋伏智歯が存在しており(Fig. 14 : 矢

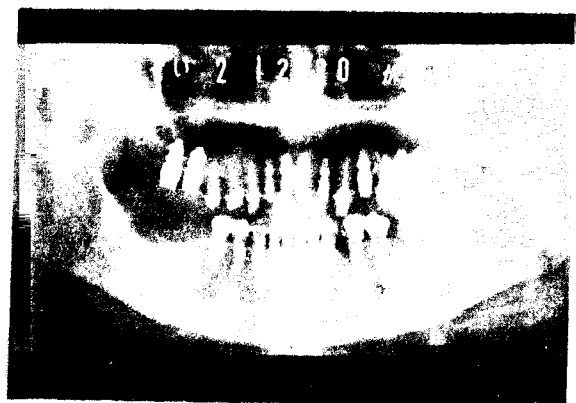


Fig. 15 Case 5 : Orthopantomograph, immediately after implantation of 9 artificial roots. Artificial roots were implanted after replantation of impacted wisdom tooth for use.

印), 左上顎洞底の骨が薄く, X線写真にて約2~3 mmの厚さと判断されたため(Fig. 14: 矢印白), 人工歯根の遊離端状態での応用は困難と思われた。そこ

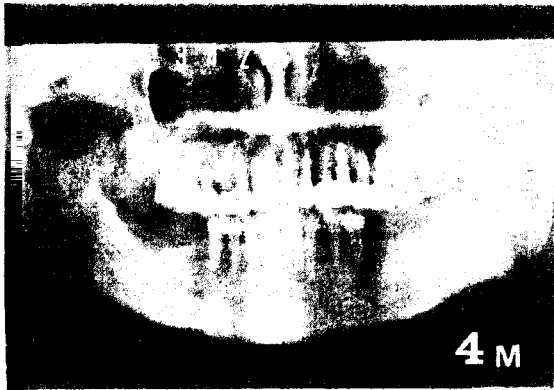


Fig. 16 Case 5: Orthopantomograph, 4 months postop.

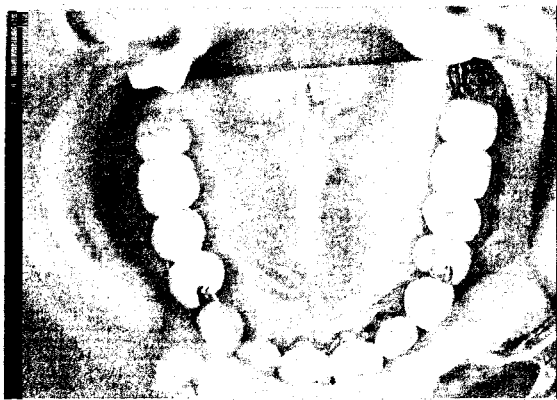


Fig. 17 Case 5: Sequential crown splints with key-ways. No marked gingival inflammation is observed.

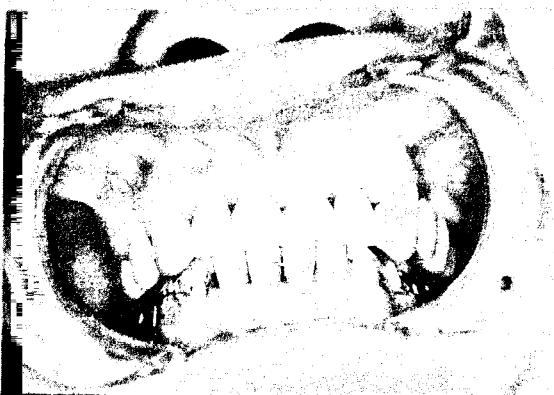


Fig. 18 Case 5: Photo 16 after implantation. Gingiva around artificial roots appears normal.

で埋伏した[8]を支台として活用するためにいったん摘出し, アパセラムGを歯槽に植入し, [8]の根尖を約1 mm削除し, 歯髓腔に血行が得られやすいようにし<sup>22)</sup>, 歯冠が萌出した状態で再植立を行い, 再植歯が生着した2か月経過時に人工歯根の植立術を行った(Fig. 15). 1回に9本を約1時間半で植立した。4か月後に3|3にkeywayを各1個ずつ用いて7+8にわたる連続固定冠を装着した(Fig. 16). 左上顎に認められた薄い上顎洞底の骨の部分に, 穿孔して植立した人工歯根の周囲には, X線写真で明らかな骨の形成が認められ, 歯列の形態と機能とがともに極めて良好に回復された症例である(Fig. 17, Fig. 18).

### 3) 人工歯根植立症例の総評

本研究に用いた人工歯根は, 顎骨との結合様式が天然歯のものに準ずるものであり, したがって植立後の周囲歯槽骨のX線像には天然歯と同様に歯槽硬線が認められる。この点が骨性癒着の人工歯根のX線像と著しく異なる点である。歯肉の健全な, 単純な2-3歯の遊離端欠損症例では本人工歯根療法を極めて確実に適用することができる。欠損歯を伴う歯周疾患患者に応用した人工歯根療法でも, 歯周疾患の治療を行った後に極めて有効に適用することができた。しかし歯周疾患は, 細菌学的要因のみを制御しても歯列の機械的構造欠陥を修復したりbiomechanicalに加えられる側方力を除かない限り, 完全な治癒をはかることが難しく, 咬合平面の修正や歯冠形態の修復, 歯隙(diastema)の解消はもとより, 口腔周辺の習癖などにより歯に加えられる, 側方力を除去しない限り有効に治療することはできない<sup>23)</sup>。したがって本療法においても, 習癖の除去が極めて重要であった。失敗例として, 人工歯根の撤去・脱落・破折などは全くなく, 十分に満足すべき機能の得られなかった症例が1例1本あったのみである。いずれの症例においても, 本来存在していた歯の位置に, 代替の人工歯根を植立することによって欠損歯を回復する療法として, 極めて有効であった。

### 4. 考 察

本臨床研究は, 予備治験(院内治験)の約5年間の経験を参考にして実施した厚生省の治験のための短期試験であり, 中間報告書である。予備試験において, 人工歯根周囲に極めて良好な骨のremodellingの像がX線写真により得られた<sup>13, 14, 21, 22)</sup>。本臨床研究から, 線維組織付着様式のアパセラムN型を, 単純な歯の欠損

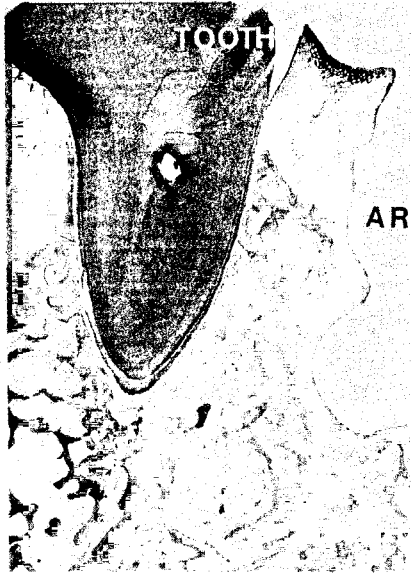


Fig. 19 Decalcified specimen of dog, 6 weeks postop. Epithelial attachment to hydroxyapatite artificial root (AR) resembling natural tooth is observed. Formation of alveolar bone proper is also observed. Periodontal space is still wide because so soon after operation.

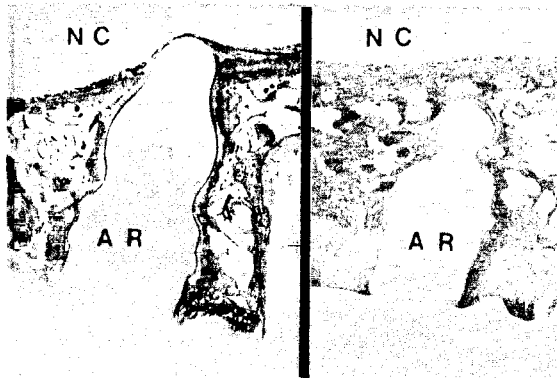


Fig. 20 Undecalcified (left) and decalcified (right) specimens of the same artificial root ( $ZrO_2$ ) implanted in upper premolar region, 16 months postop. AR : Artificial root  
NC : Nasal cavity  
Formation of alveolar bone proper with trabeculae and fibrous tissue at orthogonal or acute angle to the root surface is observed.

症から進行した歯周疾患患者や顎堤の陥凹した症例に応用した人工歯根療法が、歯の部分欠損症例に対して極めて有効であることが明示された。

歯の代替器官の研究には、材質の生体反応すなわち材質効果(material effect)のみならず、形状効果(shape effect)および機能効果(functional effect)の3者の総合的な究明が必要と考えられる<sup>17, 18, 22, 28, 29</sup>。



Fig. 21 Enlarged part of Fig. 18. Parallel dense fibrous tissue with orthogonal fibers and cells is observed.



Fig. 22 Enlarged part of Fig. 20. Parallel fibrous tissue attaching to artificial root with angled fibers and cells in a row (arrows) is observed.

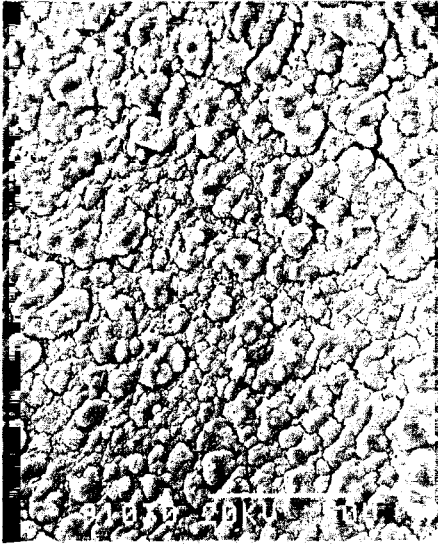


Fig. 27 Calcified artificial root surface observed by SEM, 18 months postop.

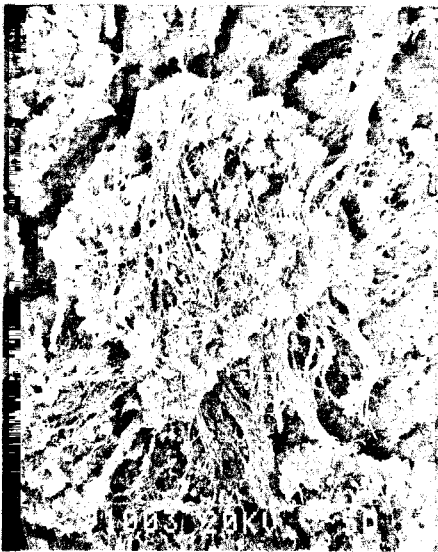


Fig. 28 Calcified tissue with fibers attaching to artificial root surface, observed by SEM, 24 months postop.

こすことが示唆された (Fig. 22 : 矢印). 抜去した人工歯根の表面には大きさと形状がセメント芽細胞に酷似した細胞群の付着像が、走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察され (Fig. 25), これらが、時間の経過とともに石灰化し (Fig. 26, Fig. 27), 植立後24か月では線維の埋入が認められる石灰化層が観察された<sup>10,11)</sup> (Fig. 28). この人工歯根表面の沈着物を、FTIR (Fourier Transmitted Infra Red) Analysisとマイクロアナライザーで分析し、セメント質に極めて近い石灰化質

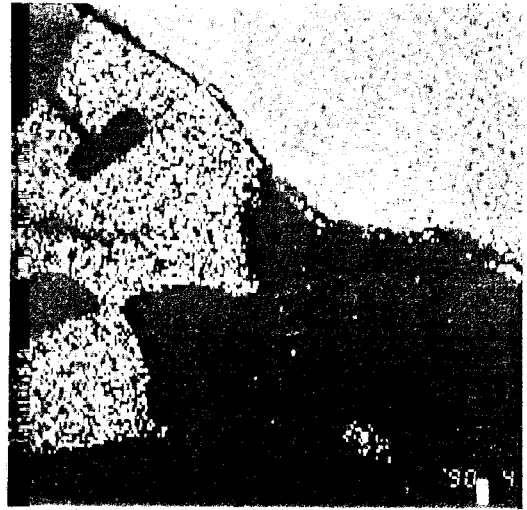


Fig. 29 X-ray map, detecting calcified substance formed between hydroxyapatite artificial root and bone or fibrous tissue interface.

であることをすでに報告した<sup>10)</sup> (Fig. 29).

また筆者は本様式と骨性癒着の同形の人工歯根を顎骨に植立したモデルを作製し、機能下における人工歯

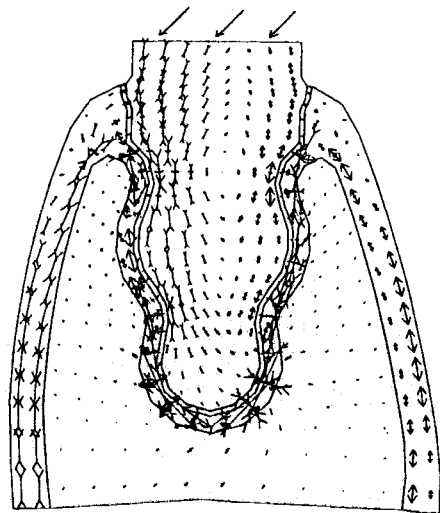


Fig. 30 FE analysis (principal stress trajectory) pattern of loading 45° to horizontal plane. Stresses are borne by artificial root. Principal stress trajectories are converted by periodontal elastic tissue to parallel and orthogonal components (element) against root surface. From this analysis, periodontal ligament is recognized as a converting system in the direction of principal stress trajectories.

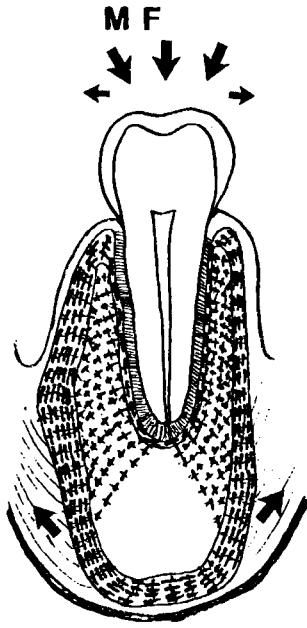


Fig. 31 Schema of the tooth in biomechanics. The tooth is a mechanical system which bears multiple masticatory forces, then disperses stress almost equally and mitigates around the tooth. The principal stress trajectories are converted perpendicular and parallel in periodontal ligament. Both trajectory components are assumed to evoke osteogenesis, i.e., alveolar bone proper and bone trabeculae. Principal stress trajectories, running in alveolar bone proper, orient to cortex of the jawbone. The other trajectories running in bone trabeculae orient also to cortex of the jawbone. Both trajectories end in cortex of the jawbone. Namely, the tooth is a mechanical system, on which cortices of the jaws bear multiple masticatory forces.

根周囲の応力分布状態を有限要素法により解析し、動物実験で得られた標本との比較を行った<sup>25, 28, 29</sup>。その結果骨性癒着の歯根では、人工歯根と歯槽骨の一部に応力集中が見られ、動物実験ではこの部に一致して著明な骨の破壊が認められた<sup>10</sup>。これに対して本様式的人工歯根周囲では、応力が平均化されて分布し、本来の顎骨と周囲組織の生体構造に適合した応力分布を示していた<sup>18, 22, 29, 30</sup>。病理標本と分析結果との対比では、主応力線の走行に一致して固有歯槽骨、骨梁、顎骨皮

質骨が形成されると考えられる実験結果が得られた。これらの研究から、本来の靭帯結合の歯が、多方向性の咀嚼力を歯冠と歯根でいったん負担し、歯周靭帯を介して、周囲の骨組織に応力を平均化して分布させる咀嚼力の担体(vehicle)であることを明らかにした<sup>10, 18, 29, 30</sup>。Fig. 30とFig. 31の模式図に示すように歯根に生じた主応力線は、歯周靭帯により、明瞭に直交する2成分に変換され、歯根に平行のものは固有歯槽骨を作り、直交するものは骨梁を形成すると考えられる。固有歯槽骨を走行する主応力線は顎骨の皮質骨に連なり、骨梁を通る主応力線も顎骨の皮質骨に達しここで終わる。つまり咀嚼力は歯と歯周組織を介して、顎骨の皮質骨で負担されているのである(Fig. 31)。この解析結果は、歯が咀嚼力・咬合力を負担するシステムであることを示しているが、歯冠の頬・舌ないし唇・舌側から受ける側方力を十分に負担することができないことをも示している。本治療試験においても遊離端症例で、睡眠姿勢習癖による頬側からの側方力(頭蓋の重量による枕の圧力)を受けたために失敗例となったものが1例あった。実際に歯は咬合力の1000分の1程度の持続性の側方力で移動したり動揺を生ずることが臨床的に古くから知られている<sup>23-25, 27</sup>。歯列矯正術は、この経験をもとにして約25gから70gの一定方向性に作用する側方力を、治療目的に応用したものである。

本治療結果では、人工歯根の破折および脱落例はなかった。また、大部分の症例で歯槽骨の破壊的吸収は認められず、X線所見でも、固有歯槽骨とそれに付着する骨梁が、ほぼFE解析の主応力線に一致して形成されている像が得られた。一方骨性癒着のバイオグラム人工歯根の破折・脱落や、骨性癒着様式のアパセラムT型人工歯根において多数の人工歯根の破折と脱落が認められたことは、FE解析によるbiomechanicalな応力の解析結果とよく一致する。

アパセラムN型人工歯根は動物実験においても、実地臨床においても極めて良好な上皮付着が得られるので、術直後からの機能に対して、適確な抗生物質の投与と適切な暫間固定冠により、感染が有効に防止される。本療法は、外科侵襲が少なく、手術と同時に歯列の形態と機能の両者を回復することが可能であるので、患者と術者にとって極めて長所の多い療法である。また、歯周部に形成される歯の支持構造体(固有歯槽骨と歯周靭帯)は歯根に力が加わらないと、天然の歯においても退縮、消失する経過をたどるから<sup>31-33</sup>、人工

歯根に対しても、手術直後から弱い咬合力や咀嚼力を加える必要がある。これにより骨性癒着が防止されるとともに歯周支持組織の育成がはかられる。

以上述べたごとく、従来の歯科インプラントと比較してアバセラムN型人工歯根は歯の欠損症の治療に極めて有効であることが示された。

## 5. 結論

東京大学医学部附属病院歯科口腔外科において、線維組織付着様式のアバセラムN型歯根を用いて、人工歯根療法の治療試験を行った結果以下の結論を得た。

1. 対象症例は健常な男性18名、女性18名の計36症例であった。年齢では40歳代が最も多く13名、次いで50歳代の10名で60歳代が9名、30歳代が3名、20歳代が1名であった。人工歯根の植立様式は、連続冠装置別に見ると遊離端型が30例46本、中間支台型が17例42本、複合型が5例10本で、植立した人工歯根の総数は98本であった。
2. 総合判定の結果、極めて良好が23例で人工歯根が71本、良好が11例23本、やや不良が1例3本、不良が1例1本であった。したがって36例中成功例が35例で、成功率は症例別で97%であった。人工歯根数は98本中97本が成功例で約99%であった。
3. 総合判定結果の極めて良好と良好を合わせた症例を装置別(総数52装置)に見ると遊離端型が、30例中29例、中間支台型が17例中16例、複合型が5例中5例であった。
4. 脱落例、破折例、撤去例は皆無であった。総合評価が不良となった失敗例は、20か月の治験期間中に36例中1例1本あったが、8に植立した適応症の判断の誤りと補綴装置の不适当および習癖の矯正の失敗によるためと考えられた。
5. 以上のことからアバセラムN型の人工歯根は、遊離端欠損症例、歯周疾患を伴う欠損歯例、および造堤術を必要とする顎骨の退縮した歯の欠損症の回復に、極めて有効であることが示された。

## 謝辞

本研究の実施に当たり、人工歯根の製作を担当して頂きました旭光学工業株式会社ニューセラミックス部日高恒夫部長、平山泰彦主任研究員に深甚なる感謝の意を捧げます。治験の実施に当たりまして、終始あたたく御支援を賜りました口腔外科学教室主任赤川徹弥教授に深甚なる感謝の意を捧げます。また、御協力

頂きました教室員一同に深く感謝の意を捧げます。

## 引用文献

- 1) H. Kawahara, "Future Vision of Implantology", *Implantology and Biomaterials, Proceedings of 1980 IIBS and the 9th JSID Meeting*, Edited by Kawahara, pp. 1-17(1980).
- 2) 市村健夫, ほか, "バイオセラミックス—生体活性ガラスを用いた人工歯根—", *機能材料*, 5(2), 5-11(1985).
- 3) 青木秀希, ほか, "アバタイトの歯科材料への応用に関する研究(第一報)", *歯理工誌*, 17(39), 200-205(1976).
- 4) 青木秀希, "新しい歯科インプラント材料としてのアバタイト焼結体", *歯界展望*, 49(4), 567-575(1977).
- 5) 小木會誠, "アバタイト・セラミックスとデンタルインプラントについて", *The Quintessence*, 4(3), 389-407(1985).
- 6) P. I. Branemark, "Osseointegration and Its Experimental Background", *J. Prosthet. Dent.*, 50, 399-410(1983).
- 7) D. F. Williams, "Implantable prostheses", *Phys. Med. Biol.*, 25, 611-36(1980).
- 8) K. Nishihara and T. Akagawa, "Development and Clinical Application of Natural-Type Hydroxyapatite Artificial Roots", *Oral Implantology and Biomaterials*, Elsevier Science Publishers B. V., Netherlands, pp. 41-46(1989).
- 9) D. Buser, K. Warrer, and T. Karring, "Formation of a Periodontal Ligament Around Titanium Implants", *J. Periodontol.*, 61(9), 597-601(1990).
- 10) K. Nishihara, T. Kobayashi, and T. Akagawa, "Studies on Periodontal Tissue Around a New Type Hydroxyapatite Artificial Root", *Bioceramics* 3, Phillips Brothers Printers, U.S.A., pp.171-181(1991).
- 11) K. Nishihara, T. Kobayashi, and T. Akagawa, "Light Microscopic and SEM Observation of Tissue Around New Type Artificial Roots", *Phosphorous Research Bulletin* 1, 185-190(1991).
- 12) K. Nishihara and T. Akagawa, "Comparative Studies on Periodontal Tissues Around New Type Artificial Roots Made of Zirconium Oxide, Titanium and Hydroxyapatite", *Phosphorous Research Bulletin* 1, 179-184(1991).
- 13) K. Nishihara and T. Akagawa, "Case Report on Artificial Root Therapeutics", *Bioceramics* 3, Phillips Brothers Printers, U.S.A., pp. 183-192(1991).
- 14) K. Nishihara and T. Akagawa, "Clinical Applications of Hydroxyapatite Artificial Root of Fibrous Tissue Attachment Type", *Bioceramics* 4, Butterworth-Heinemann Ltd, London, pp. 223-230(1991).
- 15) K. Nishihara and T. Akagawa, "On Autogenous Tooth Transplantation with Application of Sintered Hydroxyapatite Granules", *Phosphorous Research Bulletin* 1, 197-202(1991).