原	著
---	---

支台築造に関する研究

——歯冠部歯質が崩壊した支台歯について——

羽野 高根 スサナ

東京医科歯科大学歯学部第2歯科補綴学教室（主任・指導：田端恒雄教授）

（1988年9月30日 受付）

Studies on Post and Core for Abutments without Sufficient Coronal Tooth Structure

Susana Jano Takane

The Second Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director : Prof. Tsuneo Tabata)

In order to effectively restore the teeth which lost their supragingival tooth structure, 1) the difference in the two types of core and dowel: cast dowels and prefabricated post with composite resin, 2) the effectiveness of different cements: zinc phosphate cement, adhesive resin cement without and with 2 types of acid treatment, and 3) the effectiveness of retentive pins were observed in this study. Full coverage cast crowns were made and cemented with zinc phosphate cement to each sample. Compressive force of 10 kg was applied 1,000 times against the lingual surface of each sample, while the junction of the crown and tooth was saturated with India ink. Later, the degree of filtration of the ink was examined.

Results: When both fabricating methods were compared, a smaller filtration was observed in the case of cast post and core. For the cementing method, the use of adhesive resin cement with phosphoric acid treatment showed the smallest filtration. The pins also showed effectiveness.

From this experiment, cast dowels cemented with adhesive resin cement after etching with 40% phosphoric acid showed the best results as the core preceding the final full coverage restorations for the teeth that have lost their coronal structure.

Estudio sobre Endopostes para Dientes Pilares sin Suficiente Estructura Dental Coronaria

Susana Jano Takane

Segundo Departamento de Prostodoncia, Facultad de Odontología,
Universidad Médico Dental de Tokyo
(Jefe del Depto.: Prof. Tsuneo Tabata)

Con el objetivo de encontrar una restauración eficaz para aquellos dientes que han tenido

una pérdida considerable de estructura dentaria coronal, en este estudio se valoró: 1) la diferencia entre dos tipos de endopostes; endopostes colados y endopostes prefabricados en combinación con resina, 2) la eficacia de diferentes cementos, los cuales fueron un cemento de fosfato de zinc y un cemento de resina, este último se usó con 2 diferentes tratamientos ácidos y sin tratamiento ácido, 3) la eficacia del uso de pines accesorios. Se alabó una corona total metálica para cada endoposte y fué cementada con fosfato de zinc. Posteriormente se aplicó una fuerza de 10 kg. 1,000 veces en la superficie lingual de cada muestra, saturando previamente la unión entre la prótesis y el tejido dentario con tinta china para observar después el grado de filtración.

Resultados: Al comparar ambos métodos de elaboración, se observó menor filtración en el endoposte colado. Con respecto a los materiales de cementación, en el cemento de resina se observó menor filtración. El uso de pines se observó eficaz.

En esta investigación se observó como mejor medio de restauración para dientes pilares sin suficiente estructura dentaria coronal, los endopostes colados cementados con cemento de resina con previo tratamiento de ácido fosfórico al 40%.

I. 結 言

歯髄処置が施され、無髄歯になった歯牙は、歯髄からの栄養の供給がなくなり、歯質が脆弱になる^{1~4)}。さらに、抜髄処置が必要となるような歯牙は、一般に、歯冠部歯質の崩壊が大きく、クラウンに対する十分な保持形態を備えることはできない。したがって、無髄歯をクラウンで補綴する際には、支台歯の残存歯質を補強し、十分な保持力を発揮できる支台形態を回復する必要がある、支台築造が必要不可欠となる。

無髄歯に装着されたクラウンが長期間にわたって口腔内で正常な機能を営むためには、支台築造を行って、クラウンの保持力を向上させると同時に、築造体自体が残存歯質によって十分に保持されることが重要である。築造体の保持形態は歯冠部歯質の残存の程度によって異なり、髄室保持から根管保持までさまざまな形態がある。歯冠部歯質が大量に残存している場合には、築造体は残存歯質によって十分に保持され、クラウンや築造体が脱落することはきわめてまれである⁵⁾。しかし、歯冠部残存歯質が少ない場合には、クラウンの保持は築造体の保持に多くを依存することになり、築造体が残存歯質に強固に保持されていないと、クラウンは築造体とともに脱落することになる。

補綴学の臨床においては歯冠部残存歯質が少なくなった症例あるいは歯冠形態を改善するような

症例を診療の対象とすることが、ことに前歯部で多いことから、こうした症例に対する支台築造法は現在重要な研究課題となっている。

そこで、著者は歯冠部歯質が失われた症例に対する保持力の優れた築造法を考案するために、築造体の材質、合着材、補助保持装置などの差異が築造体の保持力へ及ぼす影響について検討を加えた。

II. 研究方法

歯冠部歯質が崩壊し、無髄歯となった上顎前歯を想定して、抜去歯牙に各種の方法で支台築造を行い、クラウンを合着して試料とし、実験的に繰り返し荷重を加えた際の支台歯および築造体の保持状況について検討した。

1. 試 料

1) 支台歯

う蝕がなく、健全な歯髄を有する上顎前歯、下顎犬歯および単根小臼歯（計70本）を抜去後ただちにアルコール中に保存する⁶⁾。各抜去歯牙には、通法に従って抜髄処置を施し、ガッタパーチャ・ポイントおよび糊剤根管充填剤を用いて根管充填を行い、歯冠部の歯質が完全に崩壊した状態を設定して、ほぼ解剖学的歯頸線に沿って歯冠部歯質を切断する。歯冠部を切断した支台歯には、キャストコアまたはレジンコア用の築造窩洞を形成し、それぞれの方法で築造を行う。

2) 築造窩洞および支台築造法

(1) キャストコアー

根面形成した支台歯の根管部に根管バーを用いて、深さ7mm、直径1.55mm、テーパー1/20の根管孔を形成し、根管孔の舌側には、深さ2mmの回転防止溝を付与して、キャストコアー用の築造窩洞とする(図1)。築造窩洞を形成した支台歯から付加型シリコン印象材(プロビールP, M, バイエル社)を用いて印象を採得し、超硬石膏(ペルミックス・ストーン, カー社)を注入して歯型を作製する。築造体の蠟型採得は、インレーワックス(ブルー・インレーワックス, G-C社)にて行い、ポスト部およびコアー部の蠟型を採得する。コアー部は、形態が一定となるようにあらかじめ作製したポリカーボネート製のマトリックスを使用し、高さ6mm、近遠心幅4mm、頬舌幅4.5mm、テーパー頬舌側5°、近遠心側3.5°に形成し、辺縁形態は幅0.8mmのショルダータイプとする。蠟型の埋没は、通法に従って、クリストバライト埋没材(クリストバライト, 松風社, L/P=0.35)にて行い、湿アスベスト法を採用する。鑄造は金パラジウム銀合金(キャストウェルMC金12%, G-C社)を遠心鑄造機(サーモロール2500, ジェレンコ社)にて行う。鑄造終了後、鑄造リングは室温にて放冷し、温度が室温まで下がった時点で鑄造体を取り出す。鑄造体の硬化熱処理は特にしない。鑄造体はスプルー部を切

図1 キャストコアー用の築造窩洞
根管孔の舌側に深さ2mmの回転防止溝を付与する

断し、形態を修正して、支台歯にセメント合着する(図2)。

(2) レジンコアー

レジンコアー用の築造窩洞形成は、エルマンポストシステム(G-C社)のエルマンリーマーNo.4で行い、深さ7mm、直径1.55mmの根管孔を形成する。レジンコアーのポスト部は、スチールポスト(エルマンポストNo.4, G-C社)を使用し、先端から10mmの長さで切断する。そして、先端から7mmを根管内にセメント合着し、3mmはレジンコアーの保持部とする(図3)。ポスト部を合着したセメントが完全に硬化した後、築造用コンポジットレジン(クリアフィルコアー・ニューボンド, クラレ社)を用いてコア

図2 支台歯に合着したキャストコアー

図3 レジンコアー用のスチールポストを合着した支台歯

スチールポストの先端から7mmは根管内にセメント合着し、3mmはレジンコアーの保持部とする

図4 支台歯に築盛したレジンコア

図5 補助保持形態（ピンホール）を付与した築造窩洞

一部の築盛を行う。コア部の築盛に先立って、支台歯根面部をエッチング処理し、ボンディングエージェントを塗布する。コア部の形態はキャストコアと同じ寸法にマトリックスで成形し、辺縁形態も同様に幅 0.8mm のショルダータイプとする（図4）。

(3) 補助保持装置

歯冠部の歯質の欠損が大きい場合の築造窩洞には、保持力を増大させるために補助的な保持形態を付与することがある⁷⁾。本実験では補助的な保持装置としてピンを使用した。ピンホールの位置は根管孔の舌側 2mm の場所に設定する（図5）。

キャストコア時のピンホールは、パラポストシステムのアクセサリーピンドリル（直径 0.7 mm, ウェルデント社）を用いて、2mm の深さに形成する。このとき、根管孔舌側には回転防止

図6 補助保持装置を付与したキャストコア

図7 レジンコア用の補助保持装置を付与した支台歯

溝を付与しない。ピンの蠟型はコア部の蠟型採得と同時に採得し、通常のキャストコアと同様に埋没、鋳造する（図6）。

レジンコアの場合には、スチールポスト合着後、TMS リンクピンシステムのゴールドドリル（直径 0.675 mm）で深さ 2mm のピンホールを形成し、ねじ込み式の TMS リンクピン（ゴールド直径 0.675 mm, ウェルデント社）を所定の位置にねじ込み（図7）、その上に築造用コンポジットレジンを築盛する。

3) 築造体の合着

(1) 使用セメント

キャストコアおよびレジンコアのスチールポスト部の支台歯への合着には、接着性のないセメントとしてリン酸亜鉛セメント（エリートセメント100, G-C社）を、接着性セメントとしてリン酸エステル系接着性レジンセメント（パナビアEX, クラレ社）を用いる。リン酸亜鉛セメントを使用する際の混液比は、セメントの流動性を考慮して、リン酸溶液 0.5 ml に対する標準粉末量 (1.45 g) の約2/3にあたる 1.0 g とする⁸⁾。接着性セメントの混液比はメーカー指示の L/P=1.0 g/3.2 g とする。

なお、キャストコアを、接着性レジンセメントにて合着するときには、その表面に歯科用電析装置（クラエース モデル-100, クラレ社）を用いて 0.4 μ m の錫メッキ層を作る。

(2) エッチング処理

接着性レジンセメントを使用する際の支台歯表面および金属面に対するエッチング処理に関しては、エッチング処理を行わない場合、10%クエン酸+3%塩化第二鉄溶液による処理⁹⁾を行う場合、および40%リン酸溶液による処理¹⁰⁾を行う場合について検討を加えた（表1）。

エッチング処理を行わないものについては、築造窩洞形成後30秒間水洗し、15秒間乾燥する。10%クエン酸+3%塩化第二鉄溶液によるエッチング処理は、築造窩洞形成後30秒間水洗し、15秒間乾燥した後に30秒間エッチングし、30秒間水洗して、15秒間乾燥する。40%リン酸溶液エッチング処理の場合は、築造窩洞形成後30秒間水洗し、15秒間乾燥した後に60秒間エッチングし、30秒間水

洗して、15秒間乾燥する。

4) ク라운の作製

キャストコアあるいはレジンコアで作製した支台歯にクラウンを間接法で作製し、合着して試料とする。クラウンの外形の形態を一定とするために、蠟型採得はマトリックスで規格して行う。蠟型の埋没・铸造は通法に従い、タイプⅣ合金（キャストイングゴールド MC タイプⅣ, G-C社）を铸造する。支台歯へのクラウンの合着はリン酸亜鉛セメント（L/P=0.5 ml/1.0 g）を使用し、15 kg の荷重を10分間加えて行う。

5) 試料数の内訳

試料の総数は70個で、その内訳は表2に示すとおりである。

築造体をキャストコア、レジンコアとしたものはそれぞれ35個である。合着材としてリン酸亜鉛セメントを使用するものは各5個ずつとし、そのほかは接着性レジンセメントを使用する。接着性レジンセメントにより合着するもののうち、エッチング材を使用しないものは各5個、エッチング処理を行うものは、10%クエン酸+3%塩化第二鉄溶液による処理、40%リン酸溶液による処理ともに各10個ずつ作製する。さらに、築造窩洞にピンを付与し、40%リン酸溶液でエッチングして接着性レジンセメントで合着するものは各5個ずつ作製する。

2. 荷重装置および荷重方法

支台歯を常温重合レジンで固定し、クラウンを合着して、室温水中に24時間保存した後に、これを試料として荷重試験を行う。荷重には繰り返し荷重装置を使用する（図8）。本装置は空気圧を変えることによって荷重量が変更できるとともに、

表1 エッチングの方法

エッチング材	水洗	乾燥	エッチング	水洗	乾燥
なし	30秒	→ 15秒			
10%クエン酸 + 3%塩化第二鉄	30秒	→ 15秒	→ 30秒	→ 30秒	→ 15秒
40%リン酸	30秒	→ 15秒	→ 60秒	→ 30秒	→ 15秒

表2 試料数の内訳

	リン酸 亜鉛セ メント	接着性レジンセメント			
		エッチ ング なし	クエン 酸エッ チング	リン酸 エッチ ング	ピン 付与
キャスト コア	5	5	10	10	5
レジンコ ア	5	5	10	10	5

図8 繰り返し荷重装置

図9 試料への荷重
荷重に際しては試料の歯頸部辺縁を墨汁で浸す

ツインタイマーによって荷重時間を設定できる。荷重時には、図9に示すように、クラウン辺縁部を墨汁で浸し、試料のクラウンの舌側に、歯軸に対して45°の方向から10kgの繰り返し荷重を1,000回加えた。

3. 保持力の評価

荷重試験後、クラウンおよび築造体を支台歯から、新たに作製した合釘撤去装置を用いて撤去し、築造体、支台歯の着色状態を観察する(図10)。

図10 墨汁により着色した試料
根面部は支台歯、ポスト部は築造体を観察して、着色度を測定する

図11 着色度の測定方法

根面部着色度：築造体と接する根面の面積を100とし、着色面積Sが占める割合を数値化する

ポスト部水平方向：根管口全周を100とし、円周方向での着色距離Aを数値化する

ポスト部垂直方向：根管長Lを100とし、根尖方向へ着色距離dを数値化する

築造体と支台歯間の着色は根面部とポスト部に分けて観察する。根面部の着色はセメント合着面を100としたときの着色面積を、ポスト部の着色は、水平的には根管口全周を100としたときの円周での着色距離を、垂直的には根管長を100としたときの根尖方向への着色距離をそれぞれ着色度として表現する(図11)。クラウンの着色度はクラウンと支台歯ショルダー部との合着面を100としたときの墨汁の広がり着色度として表現する。そして、これらの各着色度を総合して、築造体の保持力を評価する。

なお、補綴物撤去時の外れ方も同時に観察し、クラウンだけ外れた場合とクラウンと築造体が一体として外れた場合とに分けて、保持力評価の一助としている。

Ⅲ. 結 果

70個の試料に荷重試験を行った結果が表3～6である。なお、表中の着色度は各試料の平均値の小数点以下1桁を四捨五入した数値で、()内は標準偏差を示す。すなわち、着色度100とは、すべての試料で墨汁が全面に広がったことを意味する。

1. キャストコアーによる築造

キャストコアーで築造した試料は荷重試験の結果、いずれも墨汁による着色を示したが、築造体部の着色度は合着条件、部位によって7～56と大きい差異を示した(表3、図12)。

築造体のリン酸亜鉛セメントによる合着、エッチングなしの接着性レジンセメントによる合着、10%クエン酸+3%塩化第二鉄によるエッチング後の接着性レジンセメントによる合着の3条件間では部位による着色傾向が類似しているとともに着色度の差も小さかった。これに対して、40%リン酸溶液エッチング後の築造体の接着性レジンセメントによる合着という条件下では前3者に比べて、着色度は根面部、ポスト部とも最も小さく、ことにポスト部では3者の平均値の20～30%程度という小さな値を示した。

クラウン部の着色度は、築造体部より全体とし

表3 着色度とクラウンの撤去様相
(キャストコアー)

合着材	エ ッ チ ン グ	着 色 度				クラウン とともに 築造体が 外れる割合 (%)
		築 造 体			クラウ ン部	
		根面部	ポスト部			
			水 平	垂 直		
リン酸亜鉛セメント	—	55 (10)	33 (18)	17 (8)	71 (16)	80
接着性レジンセメント	な し	53 (12)	46 (28)	29 (35)	59 (7)	100
	クエン酸	56 (30)	50 (37)	26 (26)	80 (20)	100
	リン酸	21 (15)	9 (15)	7 (11)	57 (30)	60

() 内は標準偏差

図12 合着方法と着色度 (キャストコアー)

て大きな値を示していたが、各条件間では築造体部とほぼ類似の傾向にあった。

支台歯からのクラウン撤去時に築造体が一体として外れる割合は、40%リン酸溶液エッチング後に築造体を接着性レジンセメントで合着したもので最も小さくなり、60%であった。

2. レジンコアーによる築造

レジンコアーで築造した試料は荷重試験の結果、いずれも着色を示し、築造体部の着色度は3～86とキャストコアーで築造した試料より全般的に大きな値を示した(表4、図13)。

築造体のリン酸亜鉛セメントによる合着、エッ

表4 着色度とクラウンの撤去様相
(レジンコア)

合着材	エ ッ チ ン グ	着 色 度				クラウン とともに 築造体が 外れる割 合 (%)
		築 造 体			クラウ ン部	
		根面部	ポスト部			
			水 平	垂 直		
リン酸亜鉛セメント	—	86 (16)	73 (22)	49 (10)	100 (0)	60
接着性レジンセメント	な し	71 (24)	60 (37)	46 (44)	83 (21)	80
	クエン酸	51 (25)	35 (38)	22 (28)	93 (13)	100
	リン酸	50 (27)	6 (14)	3 (8)	84 (19)	60

() 内は標準偏差

図13 合着方法と着色度 (レジンコア)

チングなしの接着性レジンセメントによる合着、10%クエン酸+3%塩化第二鉄によるエッチング後の接着性レジンセメントによる合着の3条件間では部位による着色傾向が類似しているとともに、着色度の差も大きくなかった。これに対して、40%リン酸溶液エッチング後の築造体の接着性レジンセメントによる合着という条件下では前3者に比べて着色度は小さく、ことにポスト部では3者の平均値の10%前後という小さな値を示した。これらの合着材およびエッチング処理の相違による着色状態の変化は、傾向としてキャストコアによる築造時と同様であった。

クラウン部の着色度は築造体部より大きく、いずれの条件下においても80以上となっていた。

クラウン撤去時に築造体が一体として外れる割合は、築造体のリン酸亜鉛セメントによる合着および40%リン酸溶液エッチング後の接着性レジンセメントによる合着という条件下で60%と少なかった。

3. 補助保持装置 (ピン) を付与した築造

キャストコアおよびレジンコアにピンを付与して築造した試料に関する荷重試験の結果が表5, 6である。なお、表中ピンは付与していないが合着材およびエッチング処理が同様の、すなわち40%リン酸溶液エッチング後に築造体を接着性レジンセメントで合着した試料に関する結果も比較のために併記した。

表5 ピン付与時の着色度とクラウンの撤去様相
(キャストコア)

ピンの有無	着 色 度				クラウンと ともに築造 体が外れる 割合 (%)
	築 造 体 部			クラウ ン部	
	根面部	ポ ス ト 部			
		水 平	垂 直		
ピ ン	21 (24)	10 (20)	2 (5)	73 (22)	0
な し	21 (15)	9 (15)	7 (11)	57 (30)	60

() 内は標準偏差

表6 ピン付与時の着色度とクラウンの撤去様相
(レジンコア)

ピンの有無	着 色 度				クラウンと ともに築造 体が外れる 割合 (%)
	築 造 体 部			クラウ ン部	
	根面部	ポ ス ト 部			
		水 平	垂 直		
ピ ン	56 (22)	0 (0)	0 (0)	88 (14)	20
な し	50 (27)	6 (14)	3 (8)	84 (19)	60

() 内は標準偏差

築造体にピンを付与することにより、築造体部の着色はポスト部で減少傾向を示し、ことにレジンコアでの築造の際にその着色度は0となった。

また、ピンホール部の着色はキャストコアでは入口付近に限定され、レジンコアではまったくみられなかった。

なお、クラウン部の着色度はピンを付与したときの方が増加を示した。

クラウン撤去時に築造体が一体として外れる割合はピンの付与で減少し、キャストコアでの築造の際には0%となった。

IV. 考 察

歯冠補綴は歯冠の大部分が崩壊した歯牙に対して行われることが多く、その90%近くは無髄歯を対象としている¹¹⁾。したがって、歯質の補強、クラウンの保持力の強化などの理由から支台歯の築造は歯冠補綴にとって避けられない過程となっている。また、戸代原¹²⁾によれば歯冠補綴物の脱落の最大の原因は支台築造の不良によるもので、その84%を占めるという。こうしたことから、歯冠補綴物の術後経過を成功に導くためには保持力に優れた築造を行うことがきわめて重要なこととなる。

支台築造に関する記載は古く Ewing¹³⁾ や Schmidt¹⁴⁾ などからみられるが、その理論的裏付けはおもに継続歯について行われてきた^{15~19)}。築造の研究には大別して歯質の保護に関する力学的研究^{20~32)}と保持力に関する研究^{15, 16, 18, 33~39)}があるが、なかには実験系、たとえば荷重法、試料の形態などが臨床での状況と遠く隔たっているものもある。しかし、築造体のポストの長さ、太さの要件^{15, 16, 18, 40)}、そして残存歯質量が多くまた荷重に相対する側の残存歯質がより有効なこと^{5, 34)}などは明らかになっている。

近年、金属焼付けポーセレンクラウンが優れた精度をもち、術式的に安定してきたことから、前歯部での歯冠補綴の大部分は継続歯から金属焼付けポーセレンクラウンへの変化を示し、これに伴

って前歯部での支台築造の頻度が高くなった。前歯部の築造窩洞の形成では隣接面歯頸部う蝕や歯冠形態改善の必要性、あるいは咬合関係に原因して歯冠部歯質のほとんどを削去しなければならない症例が多い。すなわち、前歯部での築造窩洞は築造体の保持力に関しては不利な形態となることが多い。

そこで、著者は根面形成様の築造窩洞に対する保持力の優れた築造法を求めべく、咀嚼力作用下の口腔内を想定して抜去歯牙にキャストコアおよび近年使用されはじめたコンポジットレジンコアによる築造を行い、繰り返し荷重を加えて各築造体が示す保持力に検討を加えることとした。

1. 研究方法

1) 試 料

(1) 支台歯

本実験の目的には、合着材として接着性レジンセメント、コア材として築造用コンポジットレジンが示す接着力の築造体の保持力への効果を検討することもあるので、支台歯としてヒトの抜去歯牙を使用する必要がある。

歯牙は抜去後空気中や水中で保存すると、象牙質中に含まれる有機成分が変性を起こして、歯質が脆弱化する。また、フォルマリン中に保存すると、歯質が劣化するといわれている⁶⁾。そこで、歯牙は抜去後ただちにアルコール中に保存した。アルコール中に保存すると象牙質中の有機質は固定され、歯牙硬組織に保存の影響が及ぶことは少ない。しかし、アルコールの脱水作用によって、歯牙中の水分が減少し、強度が低下する恐れがあるので、支台歯に補綴物を合着後、荷重実験を行うに先立って、24時間水中に保存した。

(2) 築造窩洞および築造体

築造窩洞の形態は歯冠部歯質が崩壊した状態を想定して、歯冠部を歯頸線で切断した。歯冠部の歯質が少なくとも1mm残存していると、築造体は十分保持され、築造体の脱落は比較的少ない⁵⁾が、本実験で設定したような残存歯質量が少ない症例では十分な長さ、形態のポストが築造体の保

持には必要である。本実験の目的は築造体の材質、合着材の差異が保持力へ及ぼす影響を比較することにあるので、築造体、ことにポストの形態は適正なものが要求される。そこで、継続歯に関する花村¹⁶⁾の引き抜き試験による結果、大塚⁴⁰⁾の有限要素法による結果などを参考として、試料の築造体のポストを長さ 7 mm、直径約 1.5 mm、テーパー 1/20 とし、2 mm の回転防止溝を付与した。

キャストコアは臨床術式に準じて、弾性歪が最も小さい付加型シリコン印象材を用いて間接法で作製した。築造体のコア部の蠟型は平均的な前歯部金属焼付けポーセレンクラウンの支台形態に規格したマトリックスを用いて採得した。埋没・ casting は通法に従い、金属は金パラジウム銀合金とした。 casting 後は casting リングを室温中で放冷して、硬化熱処理効果を与えた。このように築造体を間接法で作製することによって、築造体の歯質との適合状態を臨床と同程度にすることができた。

レジンコアでのポストは材質的に硬く、永久変形を起こしにくいスチール製の既製ポストとした。既製のポストにはネジ込み型とセメント合着型とがあるが、歯根破折の危険がないセメント合着型でテーパーのあるエルマンポストを用いた。築造体コア部の形態、大きさはマトリックスを用いて、キャストコアとまったく同様に規格して作製した。

このような築造体の作製法によって、築造法の違いによる保持力の差異の検討が可能となった。

キャストコアおよびレジンコアにはさらに規格した形態のクラウンを間接法で作製、合着して試料としたので、臨床と類似した様式でクラウンを介して荷重を築造体に加えることができるようになった。

(3) 補助保持装置

歯冠部歯質が崩壊した支台歯に対して保持力が十分ある築造体を作製するためには補助保持装置を付与することが多く、補助ピンがよく使用される。本実験では、支台歯を上顎前歯と想定し、クラウンの舌側から繰り返し荷重を加えているの

で、ピンを付与する位置はポストの舌側とした。キャストコア時のピンはコアとともに casting して作製した。レジンコア時のピンは保持力がより強いと考えられるネジ込み式の TMS リンクピンを使用した。このピンは規格化されたドリルで穿孔した穴に合ったピンをエンジンの回転でネジ込む方式になっていて、強い力がピンに加わった瞬間にピンは自動的に折れる、いわゆるセルフ・スレディング方式になっているので、歯質を破損する危険はきわめて少ない。

2) 合着用セメント

(1) 使用した合着用セメント

リン酸亜鉛セメントは合着用セメントとして古くから使用されていて、使用頻度は最も高いが、接着力はなく、合着力は嵌合力に依存している。合着力として、嵌合力のみならず接着力をも期待する考え方があり、カルボキシレートセメント、グラスアイオノマーセメント、レジン系セメントなど種々の接着性セメントが開発されてきた。築造体の保持力に対してセメントがもつ接着性の効果を検討することも本実験の目的の 1 つなので、合着材として、接着力のないリン酸亜鉛セメントと接着力を期待できるレジンセメントとを使用した。レジンセメントとしては、4META 系とリン酸エステル系の 2 種類の接着性レジンセメントが主流であるが、練和後の流動性が優れていて、補綴物の浮き上がり量を少なくすることが可能であり、また、圧縮強さに優れたリン酸エステル系の接着性レジンセメントを使用した。

(2) 接着性レジンセメント使用時のエッチング

接着性レジンセメントを使用する際には接着力を向上させるためにエッチング処理を行う。エッチングはエナメル質に修復物を合着するとき有効であるといわれており、本実験のように象牙質に合着する場合の効果については不明な点が多い。象牙質を形成すると、象牙細管が表面に露出し、象牙細管には象牙質の削片が填入されて、いわゆるスメア層が形成される。そこで、スメア層除去に効果があるといわれている 40% リン酸溶液によるエッチング法、リン酸溶液に比べてエッチ

ング効果は少ないが、安定した洗浄力をもつ10%クエン酸+3%塩化第二鉄溶液によるエッチング法およびエッチングなしの3方法の効果を比較し、エッチングの有効性について検討を加えた。

3) 荷重方法および荷重量

荷重には繰り返し荷重装置を使用した(図8)。本装置のシリンダーの先端には荷重用の鋼球が付いて、この鋼球をクラウンの舌側に常に接触させて荷重した。したがって、本装置によって生じる力は、衝撃力ではなく圧縮力である。この力は、口腔内で上下顎歯牙が咬合接触した状態からさらに噛み込むときの力、すなわち咀嚼末期に発揮される咀嚼力に類似している。また咀嚼力は垂直力で10 kg程度⁴¹⁾、側方力で5 kg以下⁴²⁾である。そこで、口腔内の上顎前歯部で行われる咀嚼運動、咀嚼力を想定し、本装置で荷重量10 kg、荷重時間0.5秒、開放時間1秒として歯軸に対して45°の舌側方向から試料に荷重を加えて、機能下での築造体の保持力を検討した。また、荷重回数はそれぞれの試料での実験結果に差異が現れる1,000回とした。

4) 保持力の評価

過大な力加わると、合着材の崩壊や歯牙の破折などが起こってクラウンあるいは築造体は脱落することがある。しかし、このようなことはまれであり、ここでは口腔内の通常環境におかれた歯冠補綴物の脱落に抵抗する保持力を研究対象としている。

クラウンに荷重が加えられると、力はクラウンを介して築造体、支台歯へと伝達され、このときクラウンと支台歯の間、築造体と支台歯との間に、ある時点で間隙を生じることになる。この間隙は長期間咀嚼力が加わり、温度変化や水分などがある口腔内環境にあると次第に広がり、間隙がある大きさの広がりによって達すると、歯冠補綴物の脱落が起こると考えられる。そこで、歯冠補綴物が脱落する以前にこの間隙を比較的初期の段階でとらえて、これを測定し、この間隙から築造体の保持力を推測評価することにした。

物質界面に生じた間隙を観察するためのトレー

サーとしては、種々の有機色素やラベルした元素などが使用されているが、これらはいずれも粒子が微細すぎて静的状態でも象牙質やセメントを染色することから、荷重の加わった動的状況下で生じる間隙の測定には不適當である。これに対して墨汁は直径0.1 μm 前後のカーボン粒子のコロイド溶液で、象牙細管に侵入することはないが、間隙細部にまで侵入する⁴³⁾ので、荷重によって生じた間隙の染色に適している。

荷重によって生じた間隙、すなわち墨汁による着色は築造体部とクラウン部に分けて評価した。築造体部は最初に着色する根面部と築造体を保持するうえで重要なポスト部とに分けて着色度を定めた。また、クラウン部の着色は支台歯のショルダー部だけを対象としているので、クラウン辺縁部から築造体部への間隙の時間的進行状況を示す。

築造体各部の着色度は、同一条件下での荷重による築造体と支台歯との間に生じた間隙の広がり程度を示していることになるのでこれらを総合的に検討すると、各試料間での相対的な築造体の保持力を求めることができる。

2. キャストコアーとレジンコアー

築造体部の着色度は合着材、エッチング処理法の影響を受けるが、全体としては根面部でキャストコアーの方がレジンコアーより着色度は有意に小さかった。また、リン酸亜鉛セメントで合着した築造体の根面部、ポスト部、および40%リン酸溶液でエッチング処理後に接着性レジンセメントで合着した築造体の根面部においてはキャストコアーの方が着色度は小さく(図14, 15)、有意差が認められた(表7)。一方、レジンコアーの方の着色度が有意差をもって小さくなるという築造体の合着条件はまったくなかった。したがって、キャストコアーの方がレジンコアーより一般的には保持力に優れているといえよう。

リン酸亜鉛セメントで合着したキャストコアーとレジンコアーの保持力の差は築造体のポスト部の適合性と材質に原因するものと考えられる。キャストコアーは歯科精密鑄造法によって作製したが、レジンコアーでは既製のポストを使用したこ

とから適合性が劣り、セメント層はキャストコアーに比べて厚くなる。圧縮強さが劣るリン酸亜鉛セメントは、セメント層が厚くなると変形、破壊を起こしやすくなり、そのためにレジンコアーで

図14 コアーの作製方法と着色度
リン酸亜鉛セメントによる合着

図15 コアーの作製方法と着色度
接着性レジンセメント（リン酸エッチング）による合着

表7 キャストコアーとレジンコアーにおける着色度の差の検定

		根面部	ポスト部	
			水 平	垂 直
リン酸亜鉛セメント		*	*	*
接着性レジンセメント	エッチングなし	N	N	N
	クエン酸エッチング	N	N	N
	リン酸エッチング	*	N	N

N：有意差なし

*：危険率5%で有意差あり

保持力が劣ることになったものと考えられる。また、キャストコアーはコアー部とポスト部が一体となっているために築造体自体が歪むことは少なく、レジンコアーはコアー部とポスト部との材質が異なるために荷重が加わって築造体の変位をはじめると築造体自体が歪み、セメントの破壊がさらに進行することも原因となっているのであろう。なお、こうした築造体自体の歪みは、レジンコアーに共通のことで、クラウン部の着色度がすべてのレジンコアーでキャストコアーより大きくなっていることから推測できる。

一方、接着性レジンセメントで合着したキャストコアーとレジンコアーとで着色度に大きな差はみられなかったが、これは、接着性レジンセメントの圧縮強さがリン酸亜鉛セメントに比べて強く、10 kg 程度の荷重ではセメントの変形、破壊は起きにくく、セメント層の厚さの違いが結果に直接には現れてこないためであろう。

3. 合着用セメントの影響

接着性のないセメントとしてはリン酸亜鉛セメントを、接着性セメントとしてはリン酸エステル系の接着性レジンセメントを使用した。築造体を接着性レジンセメントで合着しても、エッチング処理法によって着色度は大きな影響を受けた。すなわち、エッチングなしあるいは10%クエン酸+3%塩化第二鉄によるエッチング後のリン酸エステル系接着性レジンセメントによる築造体の合着では、リン酸亜鉛セメントによって合着した築造体も含めて3者ほぼ同様の着色度を示し、接着性レジンセメントの接着効果はみられなかった。しかし、40%リン酸溶液でエッチング処理した後にリン酸エステル系接着性レジンセメントで合着した築造体では着色度が著しく小さくなり、他の合着条件に比べて有意差が認められた(表8)。

この築造体の着色度に関する傾向はキャストコアーでも、レジンコアーでもほぼ同様である(図12, 13)。

高濃度のリン酸溶液による象牙質のエッチングは硬組織の構造的劣化の原因となったり、歯髄に対して為害作用を示すといわれている⁴⁴⁾が、支台

表 8 各種合着法における着色度の差の検定

		根面部	ポ ス ト 部	
			水 平	垂 直
リン酸亜鉛セメント — リン酸エッチング + 接着性レジンセメント		**	**	**
接着性レジン	エッチング なし — クエン酸エッチング	N	N	N
	クエン酸エッチング — リン酸エッチング	*	**	**
	リン酸エッチング — エッチング なし	**	**	**

N : 有意差なし

* : 危険率 5 % で有意差あり

** : 危険率 1 % で有意差あり

築造では無髄歯が対象となっているので、硬組織への為害性のみ留意すればよいことになる。40%リン酸溶液で支台歯形成した象牙質の表面を1分間エッチングすると、象牙質の削片が象牙細管を栓塞して形成したスマエ層に作用して、栓塞物が除去され、象牙細管が明確になる。さらに、管周象牙質が脱灰されて象牙細管の入口が拡大される⁴⁵⁾。このことによってリン酸エステル系の材料ではボンディング材や接着性レジンセメントが象牙細管内に侵入することが可能となり、タグによる嵌合効果が十分に発揮されて、築造体と支台歯間に間隙が生じにくくなり、築造体の保持力は高まるのであろう。

10%クエン酸 + 3%塩化第二鉄によるエッチングは40%リン酸溶液によるエッチングより、清掃効果や脱灰効果が少ないといわれているが、エッチング処理後に 4 META 系の接着性レジンセメントを使用すると強い接着効果が発揮される⁹⁾。しかし、本実験ではリン酸エステル系の接着性レジンセメントを使用したので、このエッチング法では、接着効果が発揮されにくく、築造体と支台歯との間に間隙が生じやすいという結果になった。すなわち、4 META 系レジンセメントとリン酸エステル系レジンセメントでは接着機構に違いがあり、エッチング処理法によっては本来の接着効果が現れないということであろう。

以上のことから、築造体に優れた保持力をもたせる合着法はキャストコア、レジンコアいずれの材質の築造体でも支台歯を40%リン酸溶液でエッチングした後に接着性レジンセメントで合着する方法であることが明らかとなった。

4. 補助保持装置（ピン）の効果

キャストコアあるいはレジンコアに補助保持装置としてピンを付与しても、築造体部の着色度に有意の減少効果はみられなかった。しかし、ピンホール部の着色はキャストコアではピンホールの入口に限定され、レジンコアではまったくみられなかった。したがって、ピンは築造体と支台歯間の間隙の広がり抵抗していることになり、これがキャストコアのポスト垂直部の着色度 2、レジンコアポスト部の着色度 0 という数値になって現れているのであろう。そして、荷重回数を重ねるとピンの保持効果がさらに明確になるものと考えられる。

5. 各種築造法に対する臨床的評価

着色度による築造体の保持力の評価は相対的な評価であるので、歯冠補綴の臨床に直結することはできない。しかし、本実験でのキャストコアをリン酸亜鉛セメントで合着した築造法は、継続歯に関する花村^{15,16)}らの研究結果に基づくものであり、また、この基準は臨床的には術後調査の結果として現れている^{12,46)}ので、築造体の保持力に

関する評価の基準となり得る。もちろん、継続歯と築造体を支台とするクラウンとでは力学的構造に差異があるので、着色度をそのままに比較することは困難であり、安全度を大きくとった方向からの検討が必要であろう。

このような観点からみると、臨床においてはキャストコアー、レジンコアーのいずれであっても、ことにレジンコアーでは40%リン酸溶液でエッチング後にリン酸エステル系接着性レジンセメントで合着することが優れた保持力を得るためには必要ということになる。また、残存歯質に余地があれば、補助保持装置としてピンを付与することも保持力を高めるうえでの1つの方法として評価できよう。

V. 結 論

歯冠部歯質が失われた支台歯に対して優れた保持力をもつ築造体を求めて、新鮮抜去歯牙に各種の方法で築造を行い、繰り返し荷重時に築造体と支台歯との間に生じる間隙を墨汁で着色して、着色度から各築造体の保持力に検討を加え、以下の結論を得た。

1. キャストコアーとレジンコアーの保持力は合着法の影響を受けるが、一般的にはキャストコアーの方が優れた保持力を示した。

2. 築造体の保持力を最も高める合着法は、キャストコアー、レジンコアーのいずれについても40%リン酸溶液でエッチング後に接着性レジンセメントで合着する方法であった。

また、この方法で合着した築造体は歯冠補綴学の臨床においても十分な保持力を示すものと考えられる。

3. 補助保持装置としてピンを付与することによって、築造体の保持力の向上に効果をみることができた。

謝 辞

稿を終えるに臨み、ご指導ならびにご校閲を賜りました田端恒雄教授につつしんで感謝の意を表します。

また、本研究に種々ご援助下さいました第2 歯科補

綴学教室の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

本研究の要旨は、第78回日本補綴歯科学会学術大会において発表した。

文 献

- 1) 加藤一男：歯質の物理化学的性質。口病誌29：56-69, 1962.
- 2) Helfer, A. R., Melnick, S. and Schilder, H. : Determination of moisture content of vital and pulpless teeth. Oral Surg. 34 : 661-670, 1972.
- 3) Seltzer, S. and Bender, I. B. : The dental pulp. Philadelphia and Toronto, 1975, J. B. Lippincott Co.
- 4) Carter, J. M., Sorensen, S. E., Johnson, R. R., Teitelbaum, R. L. and Levine, M. S. : Punch shear testing of extracted and endodontically treated teeth. J. Biomechanics 16 : 841-848, 1983.
- 5) 渡辺厚生, 塩沢育己, 田端恒雄：支台築造のくり返し荷重法による検討。補綴誌 29 : 1444, 1985.
- 6) 岩井正明：人の歯のエナメル質の微細構造と硬さに関する研究。口病誌 36 : 299-319, 1969.
- 7) Courtade, G. L. and Timmermans, J. J. : Pins in restorative Dentistry. St. Louis, 1971, The C. V. Mosby Co.
- 8) 塩沢育己：セメント合着による全部铸造冠の三次元的変位に関する研究。補綴誌 23 : 86-102, 1977.
- 9) 中林宣男, 竹山守男, 小島克則, 増原英一：歯科用即硬性レジンに関する研究(第19報)－4 META/MMA-TBB 系レジンの前処理象牙質への接着－。歯理工誌 23 : 29-33, 1982.
- 10) Gottlieb, E. W., Retief, D. H. and Jamison, H. C. : An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part, I : Tensile bond strength studies. J. Prosthet. Dent. 48 : 48-51, 1982.
- 11) 長谷川成男, 望月 洋, 佐藤尚弘：クラウンのマージンと辺縁歯肉－マージン・チェッカーを作って－。日本歯科評論 498 : 47-57, 501 : 45-52, 502 : 45-62, 1984.
- 12) 戸代原孝義, 渡辺律子, 丹下幸信, 池島久美子, 竹下 忠, 福島俊土, 花村典之：支台築造に関する臨床的考察(2)－脱落修復物における支台築造－。補綴誌 28 : 271-283, 1984.
- 13) Ewing, J. E. : Atypical porcelain jacket crown preparations. J. Prosthet. Dent. 2 : 815-830, 1952.
- 14) Schmidt, H. : Stifzahn oder Volkronen? Zahnärztl. Rdsch. 58 : 40-42, 1949.
- 15) 花村典之：継続歯合釘に関する研究(第一報)

- 合釘のたわみ強さについて. 補綴誌 8 : 146-161, 1964.
- 16) 花村典之: 継続歯合釘に関する研究 (第二報) 合釘のテーバー, 長さの保持力に及ぼす影響について. 補綴誌 8 : 162-172, 1964.
 - 17) 天野秀雄: 継続歯の根面に加わる咬合力および咀嚼力に関する研究. 補綴誌 14 : 80-98, 1970.
 - 18) 青木保之: 合釘の形態による保持力の差について. 鶴見歯学 6 : 181-197, 1980.
 - 19) Colley, I. T., Hampson, E. L. and Lahman, M. L.: Retention of post crown. Brit. Dent. J. 124 : 63-66, 1968.
 - 20) 鶴山秀夫: 支台築造に関する力学的研究. 鶴見歯学 7 : 1-20, 1981.
 - 21) 青山 繁: 支台築造に関する力学的研究—二根管に保持を求めた場合—. 鶴見歯学 10 : 121-145, 1984.
 - 22) 鶴山秀夫, 飯村美奈子, 青木保之, 花村典之: 各種合釘形態の違いが支台歯根に及ぼす影響. 鶴見歯学 5 : 69-80, 1979.
 - 23) 神山範子: 支台築造に関する力学的研究, 特に脱落時の変化について. 鶴見歯学 10 : 399-418, 1984.
 - 24) 横山建介: 前歯部に応用されるキャストコアの形態に関する 力学的研究. 補綴誌 21 : 43-55, 1977.
 - 25) 西山大介: 前歯部に応用される Cast Core に関する 力学的研究—歯冠部歯質の残存程度による影響について—. 補綴誌 25 : 381-394, 1981.
 - 26) 大塚 潔, 末瀬一彦, 甘利光治, 坂本義典, 川上 健, 坪田雅雄, 古森輝彦: 合釘の長さ, 太さの変化にともなう合釘および支台歯の力学的挙動について. 歯科医学 45 : 99-107, 1982.
 - 27) 高橋典章, 北上徹也, 甘利光二, 坂本義典, 村井矩明, 小森忠幸: 無髄歯支台における補綴歯冠形態の差が残存歯質に及ぼす力学的影響. 歯科医学 42 : 72-80, 1979.
 - 28) 中沢 靖, 村岡清孝, 横山建介, 中村靖夫, 高木勝憲, 中川英介: 各種合釘形態が支台歯根に及ぼす影響に関する 力学的研究. 補綴誌 18 : 58-69, 1974.
 - 29) Schmeißner, H.: Vergleichende Belastungsversuche an Stumpfaufbauten mit unverschraubbarer und verschraubbarer Stiftverankerung. Dtsch. zahnärztl. Z. 38 : 163-166, 1983.
 - 30) Trabert, K. C., Caput, A. A. and Abou-Rass, M.: Tooth fracture—A comparison of endodontic and restorative treatment. J. Endodonti. 4 : 341-345, 1978.
 - 31) Hoag, E. P. and Dwyer, T. G.: A comparative evaluation of three post and core techniques. J. Prosthet. Dent. 47 : 177-181, 1982.
 - 32) Tjan, A. H. L. and Whang, S. B.: Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. J. Prosthet. Dent. 53 : 496-500, 1985.
 - 33) 荒木章純: 鑄造による築造体の保持力について. 愛院大歯誌 19 : 103-107, 1981.
 - 34) 野口幸彦: 鑄造支台築造の保持力に関する研究. 補綴誌 29 : 771-788, 1985.
 - 35) 清水忠明: 支台築造用複合レジン の保持力に関する研究. 補綴誌 29 : 1162-1182, 1985.
 - 36) Tjan, A. H. L. and Miller, G. D.: Comparison of retentive properties of dowel forms after application of intermittent torsional force. J. Prosthet. Dent. 52 : 238-242, 1984.
 - 37) Ruemping, D. R., Lund, M. R. and Schnell, R. J.: Retention of dowels subjected to tensile and torsional forces. J. Prosthet. Dent. 41 : 159-162, 1979.
 - 38) Fujimoto, J., Norman, R. D., Dykema, R. W. and Phillips, R. W.: Comparison of pin-retained amalgam and composite resin cores. J. Prosthet. Dent. 39 : 512-519, 1978.
 - 39) Standlee, J. P., Caput, A. A. and Hanson, E. C.: Retention of endodontic dowels: Effect of cement, dowel length diameter, and design. J. Prosthet. Dent. 39 : 401-405, 1978.
 - 40) 大塚 潔: 前歯における合釘ならびに歯根部歯質の応力解析. 補綴誌 27 : 1001-1020, 1983.
 - 41) 三浦不二夫, 角田正明: 咬合圧 (咀嚼圧) に関する研究. 日本歯科医師会雑誌 7 : 293-298, 1954.
 - 42) 田中貴信: 頬舌側側方咬合力について. 補綴誌 16 : 321-349, 1973.
 - 43) 本間信策: 各種修復材料の microleakage に関する研究 (2) 圧搾空気法の評価—特に墨汁試験法による辺縁封鎖性試験 との比較. 日歯保誌 19 : 203-208, 1976.
 - 44) Brännstöm, M. and Johnson, G.: Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surface; A scanning electron microscopic investigation. J. Prosthet. Dent. 31 : 422-430, 1974.
 - 45) 谷 嘉明: 象牙質接着のための前処理法とボンディングの意義. 歯界展望別冊/歯科臨床と接着, 東京, 1983, 医歯薬出版, 55-66.
 - 46) 丹下幸信, 池島久美子, 渡辺律子, 戸代原孝義, 竹下 忠, 花村典之: 支台築造に関する臨床的観察 (1). 補綴誌 27 : 475-484, 1983.