原著論文

ファイバーポスト併用レジン支台築造のポスト長に関する研究

大柁 貴俊

A Study on Post Length for Fiber Post and Composite Resin Core Restorations

One Takatoshi

歯科補綴学的意義

ファイバーポスト併用レジン支台築造がポスト長の短縮を可能とするか否かについて、破折強度と破折様相により検討した。その結果、歯冠部歯質 1 mm の条件でポスト長が短くても破折強度に差が認められず、ポストを短くできる可能性が示唆された。しかし、歯冠部歯質 0.5 mm の条件では長いポストが必要であった。また、ファイバーポストを用いても歯冠部歯質 1 mm の条件では再修復不可能な破折様相を示す可能性が示された。

抄 録

目的：ファイバーポスト併用レジン支台築造がポスト長の短縮を可能とするか否かについて検討した。

方法：牛歯をヒト上顎中切歯の歯根形態に倣い加工し、支台歯を製作した。実験条件としてポスト長 3 条件 (2, 5, 8 mm)、歯冠部歯質 3 条件 (0, 0.5, 1 mm) について、ファイバーポスト併用レジン支台築造と鋳造支台築造で修復した失活歯の破折強度と破折様相を比較検討した。

結果：両支台築造方法とも、歯冠部歯質 1 mm ではいずれのポスト長でも破折強度に有意差が認められなかったため、ポスト長を短くできる可能性が示唆された。鋳造支台築造の歯冠部歯質 0 mm では、ポスト長 5 mm, 8 mm を設定することで高い破折強度が得られた。ファイバーポスト併用レジン支台築造の歯冠部歯質 0 mm では、いずれのポスト長でも破折強度に有意差が認められなかった。ファイバーポスト併用レジン支台築造で検討した歯冠部歯質 0.5 mm では、ポスト長 8 mm の破折強度が有意に高くなり、長いポスト長が必要となることが示唆された。一方、歯冠部歯質 0 mm では、ファイバーポストを使用することで再修復可能な破折様相を示したが、歯冠部歯質 0.5 mm, 1 mm では再修復困難な破折様相を示した。

結論：ファイバーポスト併用レジン支台築造において、ポスト長を短縮できる可能性が示唆された。また、ファイバーポストを使用しても再修復困難な破折様相を示す可能性も示唆された。

和文キーワード

コンポジットレジン支台築造, ポスト長, ファイバーポスト, 破折強度, 破折様相

鶴見大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻 (主任：福島俊士教授)

Division of Prosthetic Dentistry, Graduate School of Dental Medicine, Tsurumi University (Chief : Prof. Fukushima Shunji)

受付：2005 年 7 月 27 日 / 受理：2005 年 10 月 24 日

Received on July 27, 2005/Accepted on October 24, 2005

I. 緒 言

支台築造は、主として失活歯に適用され、ひとたび齦や外傷によって失活し、機能を営めなくなった歯を再び利用可能とする臨床的意義の高い術式である。しかし、術後のトラブルも多く、補綴装置全体のトラブルのなかで大きな問題となっている^{1, 2)}。

支台築造のトラブルとして頻度の高いものは、脱落と歯根破折で、前者は頻度としては後者より高いものの当該歯が抜歯の転帰を辿ることは少なく、臨床的に問題なのはむしろ後者である。

歯根破折の原因には、咬合調整の不足やブラキシズムなどの外的要因と、長いポスト長や漏斗状根管などの内的要因とがあり、なかでもポスト材料に金属を使用することが問題視されている。歯根破折は歯根のいずれかの部位に応力集中が発生し、そこが破折の起始点となって破折線が伝播するとされている。ポスト材料が金属である限りにおいては、金属と象牙質との弾性係数が大きく異なるため、応力の発生を抑制できないことが考えられる。これを解決する材料として開発されたのがファイバーポストで、象牙質に近似した弾性係数を有している^{3, 4)}。

一方、歯根破折を防止する立場からは、従来ポストの形状が重視されていたが^{5, 6)}、ここ 20 年余の実験的また臨床的研究により、むしろ残存している歯冠部歯質が重要な意味をもつことが明らかとなった^{7~12)}。

また、接着歯学の目覚ましい進歩により、従来の合着用セメントとは比較にならないほど大きな接着力を発揮するレジン系のセメントおよびコア材料が開発され^{13, 14)}、臨床応用されるようになった。

上記の2つの要因からポスト長を短くできる可能性が指摘されるようになった¹⁵⁾。長いポスト長を準備するための臨床操作は、単に歯根部歯質の喪失を意味するだけでなく、ポスト孔形成時における根管封鎖性の崩壊や根管の穿孔を惹起する危険がある。また、間接的に築造体を製作する際に長く形成されたポスト孔の印象採得や蠟型形成などの操作は、短く形成されたポスト孔と比較して困難となるため、ポスト長を短くする意義は大きいと考えられる。

本研究では、ファイバーポスト併用レジン支台築造法がポスト長の短縮を可能とするか否かについて、従

来用いられている鑄造支台築造法をコントロールとし、両支台築造法で修復した失活歯の破折強度と破折様相により検討した。

II. 実験材料および方法

1. 実験条件

本研究で設定した実験条件を表1に示す。支台歯形成後のマージンから歯冠部残存歯質の高径によって Type I ~ III に分類した。Type III における各種支台築造方法の模式図を図1に示す。Type I, Type II, Type III はそれぞれ歯冠部歯質の高径を 0, 0.5, 1 mm とした。Type I, III は鑄造支台築造とファイバーポスト併用レジン支台築造について、Type II はファイバーポスト併用レジン支台築造のみについて実験を行った。それぞれの条件でポスト長を全部鑄造冠のマージンから 2, 5, 8 mm の深さに設定した。すべての条件で根面形態は平面とし、マージン形態はショルダーとした。以上、各条件7試料を製作し、15条件105試料について比較検討を行った。

2. 試料の製作

試料として抜去した牛下顎前歯を使用した。まず、ヒト上顎中切歯の複製模型 (BS-SB.1-#11, ニッシン) を用いて、それぞれの歯冠部残存歯質の高径に合わせたマスターモデルを製作した。次に歯冠部を切断し、120号まで根管拡大した牛歯を CELAY システム (Mikrona, スイス) を使用し、マスターモデルの形態に倣い加工した。加工した牛歯は根管充填 (オブチュレーションシステム, TOHO) を行ったのち、37℃ 蒸留水中に保管した。

1) 築造窩洞形成

旋盤を使用し、基部の直径 1.6 mm, 長さ 10.0 mm, 片側テーパー 1.1° の根管形成バー (CP-4, CA-4, CAF-4, ワンアンドスリーカミムラ) にて Type I の条件では 2, 5, 8 mm の深さのポスト孔形成、Type II の条件では 2.5, 5.5, 8.5 mm の深さのポスト孔形成、Type III の条件では 3, 6, 9 mm の深さのポスト孔形成をそれぞれ行い、全部鑄造冠のマージンからのポスト長を 2, 5, 8 mm に規定した。その後、根管清掃用ブラシを用いて平均粒径 25 μ m の酸化アルミニウム粒子と精製水で根管内を清掃した。

表 1 Specimen types of fifteen groups
各試料の条件

Depth of post hole (mm)	Type	Coronal tooth structure (mm)	Core materials	Groups
2	I	0	Cast metal post and core	I (2) M
			Fiber post and composite resin core	I (2) F
	II	0.5	Fiber post and composite resin core	II (2) F
			Cast metal post and core	III (2) M
	III	1	Fiber post and composite resin core	III (2) F
			Cast metal post and core	I (5) M
5	I	0	Fiber post and composite resin core	I (5) F
			Fiber post and composite resin core	II (5) F
	II	0.5	Fiber post and composite resin core	III (5) M
			Fiber post and composite resin core	III (5) F
	III	1	Cast metal post and core	I (8) M
			Fiber post and composite resin core	I (8) F
8	I	0	Fiber post and composite resin core	II (8) F
			Cast metal post and core	III (8) M
	II	0.5	Fiber post and composite resin core	III (8) F
			Cast metal post and core	I (5) M
	III	1	Fiber post and composite resin core	I (5) F
			Fiber post and composite resin core	II (5) F

図 1 Schematic diagrams of the specimen types of Type III
Type IIIにおける各種支台築造方法の模式図

2) 鑄造支台築造

印象採得用個歯トレーを使用し、付加型シリコーン印象材（エグザファイン，ジーシー）で印象採得後、超硬石膏（ニューフジロック，ジーシー）で作業模型を製作した。作業模型上でパテ状シリコーン印象材のコアを使用して一定のコア形態にワックスアップを行い、通法に従って埋没、鑄造を行った。鑄造には 12% 金含有金銀パラジウム合金（キャストウエル M.C. 12% ゴールド，ジーシー）を使用した。平均粒径 50 μ m の酸化アルミニウム粒子を用いて築造体接着面に 5 気圧のサンドブラスト処理を 5 秒間行い、金属接着性プライマー（メタルプライマー II，Lot. No. 0410182，ジーシー）を塗布した。接着性レジンセメ

ント（リンクマックス，Lot. No. 0407231，ジーシー）を築造体接着面に塗布し、メーカー指示に従い接着操作を行った。接着操作中は製作した治具に支台歯を歯軸方向に固定し、サベイヤーを使用して垂直方向から 4.9N の荷重を 5 分間加えた。

3) ファイバーポスト併用レジン支台築造

本研究では直径 1.6 mm のグラスファイバーポスト（試作ファイバーポスト，GC-AFP-1101，ジーシー）を使用した。ファイバーポストはシラン処理（セラミックプライマー，Lot. No. 0501181，ジーシー）後、エアー乾燥して使用した。支台築造用コンポジットレジン（ユニフィル® コア，Lot. No. 0404152，ジーシー）をメーカー指示に従って充填用シリンジ（ニードルチューブ，セントリックス）を用いてポスト孔内に充填し、ファイバーポストをポスト孔の中心で歯軸に対して平行に挿入した。その後、コア形態を印象採得した透明な印象材（Memosil2，ヘレウス）に支台築造用コンポジットレジンを充填し、歯冠部方向から圧接後、光照射を行った。

4) 支台歯形成と全部鑄造冠の製作

支台歯形成は CELAY システムを使用してすべての試料に対して最終的に同一の支台歯形態を与えた。全部鑄造冠の使用材料、製作手順、接着操作は鑄造支台築造に準じた。全部鑄造冠の口蓋側には破折試験の荷重方向を規定するため歯軸に対して 45° の角度をもつ平面を設定した。

図 2 Classification of failure modes of nonvital teeth with post and cores

Failure mode A : The lowest point of the fracture line is located above margin line of the full cast crown. Failure mode B : The lowest point of the fracture line is located between the margin and the tooth root embedded in the resin. Failure mode C : The lowest point of the fracture line is reaching the inside of the tooth root embedded in the resin. Failure mode D : There exist more than one fracture line that run both vertically and horizontally

築造した失活歯の破折様相の分類

破折様相 A : 破折線の下縁が全部鑄造冠のマージンより上部にある。破折様相 B : 破折線の下縁が全部鑄造冠のマージンから包埋用レジンの間にある。破折様相 C : 破折線の下縁が包埋用レジンの縁下に及んでいる。破折様相 D : 破折線の下縁が包埋用レジンの縁下で縦破折と横破折が混在している

5) 支台歯形成と全部鑄造冠の製作

付加型シリコンラバー印象材（デュプリコーン，松風）による擬似歯根膜を 200 ～ 400 μ m の厚みで歯根周囲に付与し，アルミニウム製リングの中央に歯の長軸を垂直にして全部鑄造冠のマージンから 2 mm 下方まで常温重合レジン（プロビナイス，松風）を用いて包埋した。

3. 破折強度の測定と破折様相の観察

破折強度の測定は，万能試験機（オートグラフ AGS-5kND，島津製作所）を用いて，クロスヘッドスピード 0.75 mm/min で歯軸に対して，45°方向から片持ち梁形式の静荷重を加えて行った。その際，荷重-時間曲線を記録し，曲線が示す最初の顕著な屈曲を示した値を破折強度とした。また，試験後の試料の破折様相をフクシン染色液と双眼実体顕微鏡により観察し，橋本ら¹⁶⁾の方法によって図 2 に示す A ～ D の 4 種類に分類した。

4. 統計分析

統計処理には，統計用解析ソフト SPSS (10.0J,

SPSS Japan) を用いた。得られた破折強度は一元配置分散分析後，Tukey の検定を用いて多重比較を行った。分類した破折様相については正確確率を求めて Pearson の χ^2 検定を行った。

III. 結 果

1. 破折強度

実験で得られた鑄造支台築造法の破折強度を図 3 に，ファイバーポスト併用レジン支台築造法の破折強度を図 4 に示す。また，多重比較によって得られた検定の結果を表 2 に示す。

1) 鑄造支台築造

Type I では I (2)M が I (5)M, I (8)M と比較して有意に低い値を示した。I (5)M と I (8)M 間には有意差は認められなかった。Type III では III (2)M, III (5)M, III (8)M 間に有意差は認められなかった。Type I と Type III 間の比較では I (2)M と III (2)M 間，I (5)M と III (5)M 間，I (8)M と III (8)M 間のそれぞれに有意差が認められた。

2) ファイバーポスト併用レジン支台築造

Type I の I (2)F, I (5)F, I (8)F 間，および Type III の III (2)F, III (5)F, III (8)F 間に有意差は認められなかった。Type II では II (2)F と II (5)F, II (5)F と II (8)F 間に有意差は認められなかったが，II (2)F と II (8)F 間には有意差が認められた。

Type I と Type II の各ポスト長間の比較では，I (2)F と II (2)F 間には有意差は認められなかったが，I (5)F は II (5)F と，I (8)F は II (8)F と比較してそれぞれ有意に低い値を示した。また，Type II と Type III の各ポスト長間の比較では，II (2)F と III (2)F 間に有意差が認められたが，II (5)F と III (5)F, II (8)F と III (8)F 間には有意差は認められなかった。さらに Type I と Type III の各ポスト長間の比較では，I (2)F と III (2)F, I (5)F は III (5)F, I (8)F と III (8)F 間にそれぞれ有意差が認められた。また，鑄造支台築造との同ポスト長間の比較では，Type I, Type III とともにすべての条件で有意差は認められなかった。

2. 破折様相

本研究における破折様相の分類結果を表 3 に示す。鑄造支台築造の Type I では，I (2)M はすべて破折

図3 Failure loads of cast metal post and core methods
 鑄造支台築造法の破折強度

図 4 Failure loads of fiber post and composite resin core methods
ファイバーポスト併用レジン支台築造法の破折強度

表2 Comparison of failure loads among fifteen groups
破折強度の多重比較

I(2)M															
I(5)M	0.017*														
I(8)M	0.001*	1.000													
III(2)M	0.000*	0.001*	0.013*												
III(5)M	0.000*	0.014*	0.118	1.000											
III(8)M	0.000*	0.000*	0.000*	0.877	0.3850										
I(2)F	0.944	0.656	0.196	0.000*	0.000*	0.000*									
I(5)F	0.923	0.706	0.229	0.000*	0.000*	0.000*	1.000								
I(8)F	0.041*	1.000	0.999	0.000*	0.005*	0.000*	0.837	0.873							
II(2VF)	0.009*	1.000	1.000	0.002*	0.025*	0.000*	0.527	0.580	1.000						
II(5)F	0.000*	0.788	0.994	0.350	0.851	0.002*	0.005*	0.006*	0.592	0.88					
II(8)F	0.000*	0.000*	0.004*	1.000	0.998	0.977	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.168				
III(2)F	0.000*	0.001*	0.016*	1.000	1.000	0.844	0.000*	0.000*	0.000*	0.002*	0.394	1.000			
III(5)F	0.000*	0.084	0.409	0.988	1.000	0.107	0.000*	0.000*	0.037*	0.133	0.993	0.919	0.993		
III(8)F	0.000*	0.000*	0.000*	0.995	0.786	1.000	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.014*	1.000	0.992	0.374	
Groups	I(2)M	I(5)M	I(8)M	III(2)M	III(5)M	III(8)M	I(2)F	I(5)F	I(8)F	II(2)F	II(5)F	II(8)F	III(2)F	III(5)F	III(8)F

*_p<0.05

様相 B, I (8)M はすべて破折様相 D を示し、両者間に有意差を認めた。また Type III では、III (2)M と III (5)M がそれぞれ III (8)M との間に有意差を認めた。ただし、ほとんどすべてが破折様相 C または D を示した。

ファイバーポスト併用レジン支台築造の Type I では、I (2)F, I (5)F, I (8)F 間に有意差は認められず、ほとんどすべてが破折様相 B を示した。Type II でも、各条件間に有意差は認められなかった。Type III では、III (2)F と III (5)F がそれぞれ III (8)F との間に有意差を認めた。ただし、すべてが破折様相 C または D を示した。

同じ Type 内における鋳造支台築造とファイバーポ
スト併用レジン支台築造の比較では, Type I では,
I (8)M と I (8)F との間に有意差が認められた.
Type III では有意差は認められなかった.

IV. 考 察

1. 研究方法について

破折強度について検討している研究の多くは一般に天然歯を用いている。しかし、性別や年齢、抜歯にいたった経緯などが異なるため実験結果に影響を与える可能性がある。本研究では牛歯根を用い、CELAY システムで倣い加工することで同一形態の研究用試料を製作した^{15, 17, 18)}。また、審美的要求が高く、臨床上修復の頻度が高い上顎中切歯¹⁹⁾を研究対象とした。

1) 実験条件について

本研究では、ポスト長が破折強度と破折様相に及ぼす影響を知るために、全部鑄造冠のマージンより 2, 5, 8 mm のポスト長を設定した。

表3 Failure modes of the specimen groups
各条件における破折様相の分類結果

Failure modes	Groups								
	I(2)M	I(5)M	I(8)M				III(2)M	III(5)M	III(8)M
A	0	0	0				0	0	0
B	7	3	0				2	0	0
C	0	4	0				5	7	0
D	0	0	7				0	0	7
	I(2)F	I(5)F	I(8)F	II(2)F	II(5)F	II(8)F	III(2)F	III(5)F	III(8)F
A	0	0	0	2	0	0	0	0	0
B	7	6	7	4	3	4	0	0	0
C	0	1	0	1	4	2	7	7	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	7

Unit : Teeth

ポスト長 2 mm は、歯槽骨縁上までポスト孔形成した条件、ポスト長 5 mm は歯槽骨縁下 3 mm までポスト孔形成した条件とした。ポスト長 8 mm は根管充填材を歯根先端から 4 mm 残してポスト孔形成した条件とした。また、それぞれのポスト長に対して歯冠部歯質が歯冠補綴装置により発揮されるフェルール効果について検討するため、残存歯質量 0 mm (Type I)、0.5 mm (Type II)、1 mm (Type III) の条件を設定した。

マージン形態はフェルール効果が得られる残存歯質量を明確にするためショルダー形態とした²⁰⁾。

2) 築造方法について

現在もっとも一般的な築造方法に、レジン築造法、既製ポスト併用レジン築造法、鋳造支台築造法がある。本研究は、高い破折強度を得るのが最も困難な歯冠部歯質量 0 mm の条件を含んでおり、この条件のときレジンのみによるレジン築造法の破折強度は十分でないことがわかっている^{15, 16, 21)}、この築造法は実験対象から除外した。

また、既製金属ポスト併用レジン築造法と鋳造支台築造法は、破折強度および破折様相においてほとんど同じ挙動を示すことから²¹⁾、一般的な築造法である鋳造支台築造法を実験対象として採用した。

ファイバーポストは、歯冠部歯質量が 0 mm であってもある程度高い破折強度を期待できること、それについて破折様相に関しても望ましい様相が望めること、そして前述のようにレジンセメントやコンポジットレジンと高い接着力を示すことから選択した²²⁾。ファ

イバーポストは世界に約 30 種類あるといわれているが、現在もっとも一般的なグラスファイバーの試作品を用いた²³⁾。また本実験では、ファイバーポスト併用レジン支台築造を行う際、直接修復することができ、来院回数を短縮できるなどの利点をもつ直接法を採用した。

3) 測定方法について

ポスト長が支台築造に与える影響を検討するには、築造体のトラブルとして上部構造と一体となった築造体の脱落の頻度が最も高いことから、ポスト長と保持力の関係が追究されてきた^{14, 24, 25)}。すなわち、ポストの引き抜き試験によって比較されてきた。しかし、今日の接着性レジンセメントが旧来のセメントと比べて遙かに高い歯質への接着力を有していること、比較すべき築造方法のなかにポストを有しないコア用レジンのみによる方法が含まれていること、ファイバーポストのトラブルとして懸念されるのが築造体を含んだ歯質の破折であることから、本研究での測定は静荷重負荷による破折試験によった。

また、実際に口腔内の支台歯に作用する力は、力の大きさとしては小さいものの、繰り返し作用する荷重であることから、in vitro の実験では繰り返し荷重試験が適切であるとの意見がある^{3, 11, 15, 18, 26)}。合着用セメントが歯質接着性を有しない旧来のセメントである場合には、繰り返し荷重試験によりセメントあるいは界面の破壊が引き起こされる傾向にあり^{11, 26)}、疲労耐久性の評価が容易であった。しかし、今日のレジンセメントでは破壊が起こりにくく、西村¹⁵⁾の研究

においても 37℃ 水中下で 250 N の繰り返し荷重を 1 Hz, 30 万回かけたが、歯根破折あるいは亀裂を生じた試料は皆無だったとしている。そこで、レジンセメントを使用して試料を製作した本実験では繰り返し荷重による評価を採用しなかった。

2. 歯冠部残存歯質が 0 mm の場合

歯冠部の残存歯質が 0 mm の場合、すなわち本実験における Type I は、支台築造するうえで最も厳しい条件で、鑄造支台築造においてもレジン築造においても、ほかの少しでも歯冠部歯質が残存する条件と比べると有意に低い破折強度を示すことが知られている^{16, 21, 27)}。しかし、日々の臨床における症例の頻度としては決して少なくない。この条件の支台歯をどのように支台築造すべきかは支台築造に関する研究における最大のテーマの 1 つといえる。

1) 鑄造支台築造

鑄造支台築造の場合では、2 mm のポストは 5 と 8 mm のポストと比べ有意に低い破折強度を示した。したがって、接着性レジンセメントを使ってもポストは短くできないといえる。しかし、5, 8 mm のポストの強度も残存歯質が 1 mm の場合と比べると有意に低く、十分な強度を備えているとはいえない。

一方、5 と 8 mm のポストが同様の破折強度を示したことも興味深い。これは歯槽骨縁下の深さまでポストを設定したことで、歯槽骨が歯根を把持して破折抵抗性を示した可能性がある²⁸⁾。さらに、長いポストは短いものに比べ応力が分散される傾向にあり²⁹⁾、2 mm のポストでは高い応力が発生し、低い破折強度を示したと考えられる。

また、旧来のリン酸亜鉛セメントを用いた場合、短いポストと長いポストの保持力に有意差が認められている^{14, 24)}。しかし、接着性レジンセメントを用いると異なるポスト長でも引き抜き強さに差がないとの報告があり¹⁴⁾、保持力が必ずしもポスト長に比例しないことを示している。

次に、破折様相をみると、2 mm のポストはすべて破折様相 B を示して再修復可能と思われたが、8 mm のポストはすべて破折様相 D を示し、再修復不可能と思われた。8 mm のポストの結果は金属ポストを用いた場合の特徴としてすでに明らかだったことである²¹⁾。しかし、2 mm のポストが破折様相 B を示したことは、

金属ポストであってもポスト長が短い場合には再修復可能となりうることを示していて興味深い。

2) ファイバーポスト併用レジン支台築造

ファイバーポスト併用レジン支台築造の場合には、2, 5 および 8 mm のポストの破折強度間に有意差は認められず、この限りではポスト長を短くできるといえる。しかしいずれの強度も 600 N 以下で、臨床的には十分とはいえない。

破折様相はいずれのポスト長においても、ほとんどあるいはすべて破折様相 B で、再修復可能な様相を示した。特に 5, 8 mm のポストであっても再修復不可能の様相とならなかったことは、金属ポストとの大きな相違で、ファイバーポストの機械的な特徴が出ている。すなわち、鑄造支台築造は築造体自体が破折することはなかったが、ファイバーポスト併用レジン支台築造は築造体自体が破折することで再修復可能な破折様相を示したと考えられる。

以上を考え合わせると、歯冠部歯質 0 mm の条件でファイバーポストを利用したレジン築造をすることは十分な破折強度を示すとはいえないため、現状では推奨できない。ただし、歯冠部歯質 0 mm といっても、根面形態が解剖的歯頸線に沿って曲面を描いている場合や^{15, 30)}、根面周囲へベベルや小さいショルダーを形成した場合については¹⁸⁾、破折強度を向上できる可能性がある。

3. 歯冠部残存歯質が 1 mm の場合

築造体の破折強度を高めるうえで歯冠部の残存歯質量が最も重要な因子であることは、近年の支台築造に関する研究から得られた重要な成果である^{10~12, 16, 21, 26, 27, 31, 32)}。ただし、一体どの程度の歯冠部歯質があればよいかに関しては必ずしも統一した見解は得られていない。

教室の石原²¹⁾は歯冠部歯質が 2 mm あれば、レジンのみの築造体も鑄造支台築造も同等の破折強度を示したとして、歯冠部歯質 2 mm の重要性について述べ、Libman ら²⁶⁾は歯冠部歯質 1.5 mm が必要であるとした。しかし、さらに臨床に近い条件で実験した橋本ら¹⁶⁾によれば、歯冠部歯質が 1 mm あれば 2 mm のものと同等であるとしている。すなわち、歯冠部歯質に必要な残存歯質量について、ごくわずかな歯質の量が大きく影響することになり、さらに詳細な追が必要な

ことを示した。

本研究では、ポスト材料を変えたとき、すなわち金属でなくファイバーを用いたときにも、上記の歯冠部歯質 1 mm が同様の意味をもつかについてまず確かめた。

1) 鑄造支台築造

歯冠部歯質 1 mm である Type III の鑄造支台築造で、ポスト長 2, 5, 8 mm のポストがいずれも同様の破折強度を示したことは、この条件のときポストは短くできることを意味している。この結果は、歯冠部歯質 2 mm でリン酸亜鉛セメントを用いた条件ではあるが、渡辺³¹⁾が 3, 5, 7 mm のポスト長が同等であったとしたことと一致する。一方、橋本ら¹⁶⁾は歯冠部歯質 1 mm の条件があればポスト長 0 mm であっても、ポスト長 8 mm の鑄造支台築造や既製金属ポスト併用レジン築造と同等の破折強度を示すとしており、歯冠部歯質が 1 mm あるとき、ポスト長はほとんど意味を有しないとしている。

2) ファイバーポスト併用レジン築造

ファイバーポスト併用レジン支台築造の場合も、鑄造支台築造の場合と同様に、破折強度はポスト長の影響を受けず、ポスト長を短くできる可能性を示唆していた。また、鑄造支台築造の破折強度と同等の強度を示してもいた。

ただし、破折様相からみると、鑄造支台築造の場合と同様に、ファイバーポスト併用レジン築造の場合も再修復困難な様相を示し、ファイバーポストを使う利点に疑問を残す結果であった。西村ら³⁰⁾は歯冠部歯質 1 mm に相当する根面形態のとき、ポスト長 8 mm のファイバーポスト併用レジン支台築造は、破折強度としては鑄造支台築造と同等でありながら、すべて再修復可能な破折様相を示したと今回と異なる結果を報告している。このような差は、今回使用したファイバーポストが西村の用いたファイバーポストより弾性係数が大きく²³⁾、歯根内のポスト周囲に応力が発生したためと考えられる。

一方、ファイバーポスト併用レジン支台築造の条件で歯冠部歯質 0 mm のとき再修復可能な破折様相を示し、歯冠部歯質 1 mm で再修復不可能な破折様相を示したので、両者の破折様相の差が歯冠部歯質の有無にかかわっていることも容易に想像がつく。この 1 mm の歯冠部歯質あるいはこれを把持するフェルールが

介在するセメントの接着強さと相まって歯頸部を補強し、この部分での破折を防止したものと考えられる³²⁾。

4. 歯冠部残存歯質が 0.5 mm の場合

以上のように、ファイバーポストを用いるとき、歯冠部歯質が 0 mm の場合には、ポスト長を短くできる可能性があるが破折強度が十分でなく、歯冠部歯質が 1 mm の場合には、破折強度と破折様相いずれにおいても鑄造支台築造と同等となったので、歯冠部歯質が 0.5 mm の場合について、さらに詳細に検討することにした。

歯冠部歯質が 0.5 mm のときのファイバーポスト併用レジン築造の破折強度はポスト長によって異なった。すなわち、ポスト長 8 mm のとき歯冠部歯質 1 mm のときと同等の強度を示したが、ポスト長 2 mm では 8 mm と比べ有意に低い強度を示し、歯冠部歯質 0 mm のときと同等であった。すなわち、歯冠部歯質 0.5 mm の条件では、破折強度の観点からはポスト長を短くすることは困難と思われた。ただし、破折様相からみると、両者はともに再修復可能な様相を示した。歯冠部歯質 0.5 mm の意義を主張したのは渡辺³¹⁾で、これの有無によって漏洩の程度が著しく異なるとした。また、大塚¹⁸⁾も 0.5 mm のベベルやショルダーの付与が破折強度の向上に有効であることを明らかにした。

すなわち、実際の臨床で歯冠部歯質が 0.5 mm しかとれない場合には、ポスト長を長くして保持力を確保すべきと思われる。

5. ポスト長について

根管に設けられるポストの長さはポストの保持力と強い関連があり、歯冠継続歯では歯冠長と等長あるいは歯根長の 2/3 以上の長さが必要とされた⁶⁾。また、臨床的にも歯冠長と同等かそれ以上のポスト長を与えた術後経過は、これより短いポストと比べて良好であるとのデータも示された³³⁾。ただし、これらの原則や臨床データは接着性レジンセメントが開発される以前のもので、今日では新たな原則を追究する必要がある。

一方、破折強度の面からみると、金属ポストの挿入が歯根の強度の向上に役立っておらず、それより歯冠部歯質の量が重要であることが示された^{10, 16, 21, 27, 31, 32)}。

すなわち、築造窩洞形成時にできる限り多くの歯質を残すことの意義が強調されるようになった。

このように、ポストの使用目的が歯根部歯質の補強でなく、築造体のコア部を歯質に固定するための保持装置であることが明らかとなるに及んで、改めてポスト長の意味を検討する必要性が出てきた。実際の臨床では、長いポストを設置するための根管充填剤除去時の機械的な刺激が根管の封鎖を破壊し、Coronal leakage を起こしているとの指摘があること、ときには根管の穿孔が惹起されること、長いポスト孔が印象採得や蠟型採得など後の操作を困難にし、結果的に製作物の適合精度を低下させている可能性があることなど、長いポストに起因する問題点があるからである。他方でコア材料の機械的および化学的性質が著しく改善され、特に象牙質への接着力が顕著に向上したことから、ポストに頼らないコアの設置が可能となってきた。すなわち、石原²¹⁾はコア用レジンのみによる支台築造であっても歯冠部歯質が2 mm あるならば鑄造支台築造と同等であるとし、橋本ら¹⁶⁾は歯冠部歯質が1 mm であっても既製金属ポスト併用レジン築造や鑄造支台築造とおよそ同等であるとし、西村¹⁵⁾は根面が解剖的歯頸線に従うならば0 mm であっても同等であるとした。特に西村はポスト長が2.5 mm であっても8.5 mm のときと同等の強度を示すとした。

ただし、レジンのみによる支台築造の欠点は、歯冠部歯質が0 mm のとき破折強度が有意に低下することである。したがって、このときは鑄造支台築造を用いるべきとされている。しかし、鑄造支台築造ではひとたび歯根破折が発生すると再修復不能な破折様相を示す。このジレンマを新材料であるファイバーポストが解決できるかを検討するのが本研究の主旨であった。

結果的に、歯冠部歯質が1 mm のときは、両築造法においてポスト長を変えても破折強度、破折様相とも同様となり、両者に差は認められなかった。すなわちポスト長からみるとポストを短くできると思われる。一方、歯冠部歯質が0 mm のときは、両築造法ともポスト長を長くしても十分な破折強度は望めないもので、破折様相の観点からファイバーポスト併用レジン支台築造のほうがむしろ優れている。しかし、歯冠部歯質が1 mm の条件と比較すると十分な破折強度を有しているとはいえず、臨床的には不十分と思われる。

また、歯冠部歯質が0.5 mm のときには、ポスト長を8 mm とすることで破折強度が向上し、破折様相も歯冠部歯質が1 mm のときよりも改善している。この条件での鑄造支台築造については実験していないが、歯冠部歯質が0 mm, 1 mm いずれの場合もすべて破折様相 D を示し、歯冠部歯質が0.5 mm の場合も同様であると推測されるので、歯冠部歯質が0.5 mm あるならば、ファイバーポスト併用レジン支台築造を採用すべきと思われる。

実際の臨床では、歯冠部歯質が1 mm 以上あるときはポスト孔を深く形成する必要はなく、歯冠部歯質がそれより少ないときには少なくとも0.5 mm の歯冠部歯質を確保し、ポスト長を長くとるべきである。ただし、ポスト自体の強度を向上させたり、根面形態が解剖的歯頸線に沿って曲面を描いている場合や^{18, 30)}、根面周囲のベベルや小さいショルダーを形成した場合¹⁸⁾など、別の方法で破折強度の向上が図れる場合には長いポストが必要とならない可能性もある。

V. 結 論

ファイバーポスト併用レジン支台築造が臨床的に有用なポスト長の短縮を可能とするか否かについて、鑄造支台築造をコントロールとして破折強度と破折様相に及ぼす影響を静荷重試験で検討した結果、以下の結論を得た。

1. 歯冠部の残存歯質量が1 mm あれば、鑄造支台築造、ファイバーポスト併用レジン支台築造ともに破折強度的にはポスト長を短くできる可能性が示唆された。また、破折様相はともに再修復不可能な様相を示し、両築造法における差は認められなかった。

2. 残存歯質量が0 mm の場合、両築造法のいずれのポスト長においても破折強度が低く、臨床で使用するには十分でなかった。ただし、破折様相ではファイバーポスト併用レジン支台築造法が鑄造支台築造法よりも優れていた。

3. ファイバーポスト併用レジン支台築造のみで検討した残存歯質が0.5 mm の場合には、ポスト長を長くすることによって破折強度が増した。したがって、ポスト長を短くすることは適切でなかった。

文 献

- 1) 戸代原孝義, 渡辺律子, 丹下幸信ほか. 支台築造に関する臨床的観察(2)—脱落歯冠修復物における支台築造—. 補綴誌 28 : 271-283, 1984.
- 2) 福島俊士, 坪田有史. 支台築造の予後成績. 補綴誌 45 : 660-668, 2001.
- 3) Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ce-ramic root canal posts. J Adhesive Dent 2 : 153-158, 1999.
- 4) Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. Dent Mater 20 : 29-36, 2004.
- 5) Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth : a literature review. Part II. Maintaining the apical seal. J Prosthodont 4 : 51-53, 1995.
- 6) Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth : a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. J Prosthodont 4 : 122-128, 1995.
- 7) Lovdahl PE, Nicholls JI. Pin-retained amalgam cores vs. cast-gold dowel-cores. J Prosthet Dent 38 : 507-514, 1977.
- 8) Guzy GE, Nicholls JI. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. J Prosthet Dent 42 : 39-44, 1979.
- 9) Trope M, Langer I, Maltz D et al. Resistance to fracture of restored endodontically treated premolars. Endod Dent Traumatol 2 : 35-38, 1986.
- 10) Morgano SM. Foundation restorations in fixed prosthodontics : Current knowledge and future needs. J Prosthet Dent 82 : 643-657, 1999.
- 11) Isidor F, Brondum K, Ravnholt G. The Influence of post length and ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. Int J Prosthodont 12 : 78-82, 1999.
- 12) Creugers NH, Mentink AG, Fokkinga WA. 5-year follow-up of a prospective clinical study on various types of core restorations. Int J Prosthodont 18 : 34-39, 2005.
- 13) 天川由美子. 鋳造支台築造とレジン支台築造の保持力に関する研究. 補綴誌 42 : 1054-1065, 1998.
- 14) Nissan J, Dmitry Y, Assif D. The use of reinforced composite resin cement as compensation for reduced post length. J Prosthet Dent 86 : 304-308, 2001.
- 15) 西村 康. 歯冠部歯質が失われた失活歯に対する支台築造に関する研究. 補綴誌 48 : 49-58, 2004.
- 16) 橋本 興, 坪田有史. 漏斗状ポスト孔の支台築造に関する研究. 補綴誌 46 : 54-63, 2002.
- 17) 長谷川晃嗣. 倣い切削による修復物の製作—セレイシシステムの精度向上のテクニク—. DE 122 : 35-38, 1997.
- 18) 大塚真範. 歯冠部歯質が失われた支台歯のマージン形態が破折強度および破折様相に及ぼす影響. 補綴誌 49 : 74-83, 2005.
- 19) 坪田有史, 深川菜穂, 西村 康. 支台築造の比較統計的観察 第4報. 補綴誌 48 : 394-403, 2004.
- 20) Nicholls JI. The dental ferrule and the endodontically compromised tooth. Quintessence Int 32 : 171-173, 2001.
- 21) 石原正隆. 支台築造された失活歯の残存歯質が破折強度および破折様相に与える影響. 鶴見歯学 24 : 157-170, 1998.
- 22) Akkayan B. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. J Prosthet Dent 87 : 431-437, 2002.
- 23) 坪田有史, 福島俊士. 支台築造—ファイバーポスト. QDT 30 (5) : 42-45, 2005.
- 24) 花村典之. 継続歯合釘に関する研究 第2報 合釘のテーパ. 長さの保持力に及ぼす影響について. 補綴誌 8 : 162-172, 1964.
- 25) Johnson JK, Sakumura JS. Dowel form and tensile force. J Prosthet Dent 40 : 645-649, 1978.
- 26) Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. Int J Prosthodont 8 : 155-161, 1995.
- 27) Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 63 : 529-536, 1990.
- 28) Turner CH. The utilization of roots to carry post-retained crowns. J Oral Rehabil 9 : 193-202, 1982.
- 29) 鶴山秀夫. 支台築造に関する力学的研究. 鶴見歯学 7 : 79-98, 1981.
- 30) 西村 康, 坪田有史, 大塚貴俊ほか. 繰り返し荷重によるファイバーポスト併用レジン支台築造の検討. 補綴誌 48 : 111 回特別号 : 86, 2004.
- 31) 渡辺厚生. 支台築造に関する研究—歯冠部残存歯質の影響について—. 補綴誌 34 : 7-17, 1990.
- 32) Ng CC, Al-Bayat MI, Dumbrigue HB. Effect of no ferrule on failure of teeth restored with bonded posts and cores. Gen Dent 52 : 143-146, 2004.
- 33) Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. J Prosthet Dent 52 : 28-35, 1984.

著者連絡先 : 大塚 貴俊

〒 230-8501 神奈川県横浜市鶴見区鶴見
2-1-3

TEL : 045-581-1001

FAX : 045-573-9599

E-mail : one-takatoshi@tsurumi-u.ac.jp

A Study on Post Length for Fiber Post and Composite Resin Core Restorations

One Takatoshi

Division of Prosthetic Dentistry, Graduate School of Dental Medicine, Tsurumi University

(Chief : Prof. Fukushima Shunji)

J Jpn Prosthodont Soc 50 : 180-190 , 2006

ABSTRACT

Purpose : This in vitro study investigated the use of short posts for fiber post and composite resin core restorations.

Methods : A replica of a human maxillary central incisor was prepared from bovine teeth using the CELAY system (MIKRONA, Switzerland). Specimens consisted of three different post lengths (2, 5, 8 mm) and three types of remaining coronal tooth structure (0, 0.5, 1 mm). The failure load and failure mode in the fiber post and composite resin core and cast metal post and core restorations were compared.

Results : There was no significant difference in failure load between both post and core methods with 1 mm of remaining coronal tooth structure. Therefore, shorter posts may be used in this condition. High failure loads were recorded with 5 and 8 mm post lengths that had 0 mm of remaining coronal tooth structure in cast metal post and core restorations. However, there was no significant difference in failure load with any post length in fiber post and composite resin core restoration. A high failure load was recorded with 5 mm and 8 mm post lengths that had 0.5 mm of remaining coronal tooth structure. A long post may be required in cases with less coronal tooth structure. The failure mode was repairable for fiber posts with 0 mm of remaining coronal tooth structure. However, the failure mode was impossible to repair in those that had 0.5 mm, 1 mm of remaining coronal tooth structure.

Conclusion : This in vitro study suggested that short post lengths would be adequate for fiber post and composite resin core restorations. However, the failure mode may be impossible to repair when using a fiber post.

Key words

composite resin post and core, post length, fiber post, failure load, failure mode