

漏斗状根管に対するガラス繊維強化樹脂 ポストを応用した支台築造

細野 聡子

Abutment Build up Using Glass Fiber Reinforced Plastic Posts in Funnel-shaped Root Canals

Satoko HOSONO

Recently, several types of fiber reinforced plastic (FRP) posts have been applied to abutment build up. However, in the case of funnel-shaped root canals, it is still unknown what type of build up is appropriate. The purpose of this study is to investigate the possibility of FRP posts to funnel-shaped root canals.

As the experimental tooth for abutment build up, epoxy artificial maxillary lateral incisor was used. The artificial tooth was cut in the cervix and a funnel-shaped root canal with 8 mm length was formed in the root. As the materials for abutment build up, glass fiber reinforced plastic posts (Fiber Posts) 1.2mm, 1.4mm and 1.6mm in diameter, core resin and gold-silver-palladium alloy were used.

Abutment build up was made in the following four different methods. 1. Build up with core resin and a Fiber Post of one of the three different diameters. 2. Build up with core resin and 1.2mm Fiber Posts with six variations in number and arrangement. 3. Build up only with core resin. 4. As control, build up with conventional metal core by casting of gold-silver-palladium alloy. Five specimens were prepared four of each method.

The destruction test was carried out under the following condition. A load was added to the lingual surface of abutment. Loading direction was 45 degrees to the tooth axis. Cross head speed was 0.5 mm/min. After the test, the destruction patterns of specimens were observed.

The results were as follows :

1. There is no significant difference in the destruction strength among the abutments with Fiber Posts regardless of their diameter, number or arrangement posts.
2. All the destructions of the abutment tooth with a post were occurred in the root, and no specimen fractured in the post.
3. The specimens of low destruction strength fractured or cracked near the cervix of the tooth, whereas the specimens of high destruction strength fractured near

the center of the root.

Considering from the results of destruction strength and pattern, it was suggested that in the case of abutment build up in funnel-shaped root canal, it is necessary to consider the elastic modulus of building materials and the thickness of root dentin.

Key words : funnel-shaped root canal, glass fiber reinforced plastic post, abutment build up, destruction strength, destruction pattern

緒 言

日常臨床において、歯質欠損の大きな歯に歯冠修復処置を施す場合には、支台築造が必須となる。現在多用されている支台築造法は、金属鑄造体によるもの、築造用レジンによるものおよび築造用レジンと様々な材質のポストを併用したものの3種類に大別される。

金属鑄造体による支台築造法は、従来残存歯質の強化が期待できるとされ、歯冠崩壊が激しい症例に多用されてきた。しかしながら近年になって、歯質の強化にはほとんど効果がないことが報告され^{1,2)}、逆に金属鑄造体や既製の金属製ポストを使用した支台築造法は、金属と歯質の弾性係数の違いから歯根破折を引き起こす原因になると言われている³⁻⁵⁾。

一方レジンによる支台築造法は、接着技法の発達に伴って適応症も拡大し、審美性を重視する症例や金属アレルギーの症例には特に有効な手段である。しかし、歯冠崩壊が歯肉縁下にまで及ぶ症例には適応困難であり、強度的な問題も指摘されている⁶⁾。

そこで近年、上記のような問題点を解決するために、象牙質と弾性係数が近似した材質のファイバー強化型樹脂を用いたポスト(FRPポスト)と築造用レジンを用いた支台築造が注目されるようになり、多くの基礎的検討がなされている⁷⁻⁹⁾。FRPポストを併用した支台築造は抜歯に至るような歯根破折が生じないと言われており^{10,11)}、審美性にも優れると共に、万が一再根管治療を行う必要が生じた際に除去しやすいといった利点からも、臨床での有用性が示唆されている^{12,13)}。

しかしながら、日常臨床でよく遭遇する歯根部の残存歯質が少ないいわゆる漏斗状根管に対して、

FRPポストを応用した基礎的研究は少ない。そこで、本研究では漏斗状根管に対して、FRPポストと築造用レジンを用いた支台築造法の可能性を追究することを目的として、FRPポストの太さおよび使用本数の違いが、歯根の破壊強度および破壊様相に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

1. 使用材料

支台築造を行う歯にはエポキシ樹脂製人工歯の上顎右側側切歯(ニッシン)を用いた。FRPポストとしてファイバーポスト(GC, 以下FPと略記)の ϕ 1.2mm, 1.4mmおよび1.6mmの径が異なる3種類を用いた。また支台築造用レジンにはデュアルキュア型のDCコアオートミックス(クラレ, 以下DCと略記)を用いた。なお、FPの表面処理材としてKエッチャント(クラレ)とセラミックプライマー(GC)を、人工歯根管表面に対するボンディング処理にはクリアフィルDCボンド(クラレ)を用いた。

鑄造支台築造には金銀パラジウム合金(キャストウエルMC, GC)を使用し、合着材として接着性レジンセメントのイオノタイトF(トクヤマ)を用いた。

2. 試料の作製

1) 築造窩洞の形成

試料作製にあたっては、まず人工歯の歯頸部を歯根長が12mmになるように、ダイヤモンドディスクで歯軸に対して直角に切断した後、切断面を湿式研磨機で面出しを行った。次にミリングマシンを用いて、根面の中央に直径2mmのラウンドバーで根管口を形成した。さらにテーパー10°の技工用カーバイドバー(13F, 松風)で、深さが8mm、根管口部の直径が3.4mmになるよ

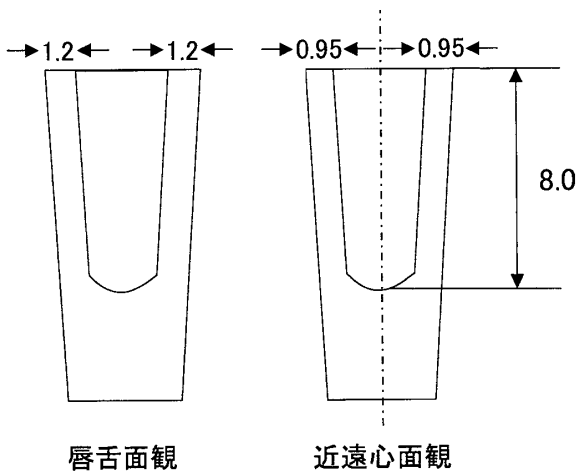


図1 漏斗状根管の断面図

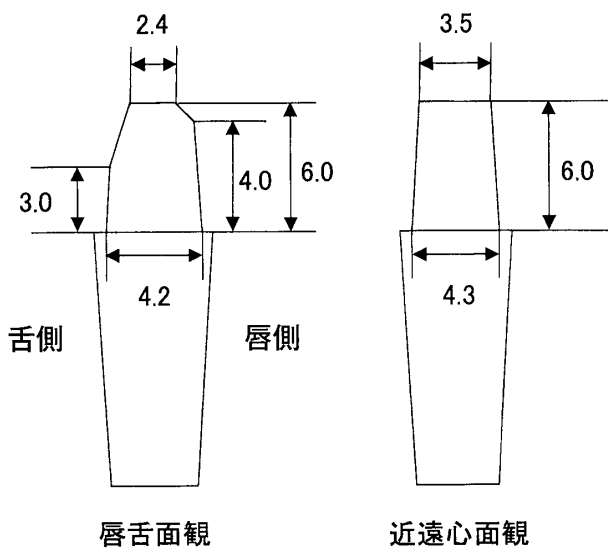


図2 支台築造の模式図

うに根管形成を行った。この時歯頸部残存歯質の厚さは唇舌側がそれぞれ1.2mm、近遠心側がそれぞれ0.95mmとなる(図1)。形成済みの人工歯は、切削片を取り除くため、蒸留水中で5分間超音波洗浄を行った後、エアーで乾燥させた。

2) FP併用レジン支台築造

FP併用レジン支台築造にあたっては、まずFPにKエッチャント(クラレ)を塗布し、5秒後に水洗した後エアーで乾燥させ、次にセラミックプライマーを塗布し自然乾燥させた。人工歯の接着面は、DCボンドのA液とB液をメーカー指示に従い等量混和・塗布し、20秒間放置した後エアーで乾燥させ、さらに光照射器(JETGHT3000, モリタ)を用いて20秒間光照射を行った。その後、根管内にDCコアを填入した後、処理済みのFP

をサベーターを用いて根管先端まで歯軸方向に植立し、コア部を築盛した後40秒間光照射を行った。なおコア部は、予め同じ人工歯を前装冠用に支台歯形成したものから陰型を作り、その陰型を使用して築盛した(図2)。

3) 鋳造支台築造

鋳造支台築造は、通法に従ってFP併用レジン築造体と同一形態のワックスパターンを作製し、クリストバライト埋没材(クリストクイックII, GC)で埋没し、金銀パラジウム合金にて鋳造した。鋳造体はガラスビーズによるサンドブラスト処理後、超音波洗浄を行い、乾燥させた後イオノタイトFでメーカー指示に従って合着した。

4) 支台歯の植立

支台築造が終了した人工歯は、根面の2mm下から根尖までを厚さ0.2mmのワックスで覆い、常温重合レジン(トレレジン, 松風)に包埋、植立した。次にパテタイプのシリコンラバー印象材で上部のコアを採得し、このコアを利用して、歯根部のワックスをシリコンラバー印象材(エグザファインインジェクションタイプ, GC)に置換し、疑似歯根膜とした。これを破壊試験用試料とし、以下の2段階の実験を行った。

実験1: FPの直径の違いが破壊強度に及ぼす影響

試料としてFP1.2mm, 1.4mmおよび1.6mm 1本とDCを併用して築造した試料(以下それぞれFP12, FP14, FP16と略記)の3条件と、比較の対照としてFPを併用せずDCのみで築造した試料(以下REと略記)と鋳造支台築造の試料(以下MCと略記)を各条件5個ずつ作製した。

実験2: FPの本数・配置の違いが破壊強度に及ぼす影響

試料としてFPとDCを併用する際に、FP1.2mmを唇舌方向に2本並べたもの(以下FP2Aと略記)と、近遠心方向に2本並べたもの(以下FP2Bと略記)の2条件、FP1.2mmを舌側1本、唇側2本の3本配置したもの(以下FP3Cと略記)と、舌側2本、唇側1本の3本配置したもの(以下FP3Dと略記)の2条件、FP1.2mmを舌側と唇側に2本ずつ並べ、計4本配置したもの(以下FP4Eと略記)と、これを咬

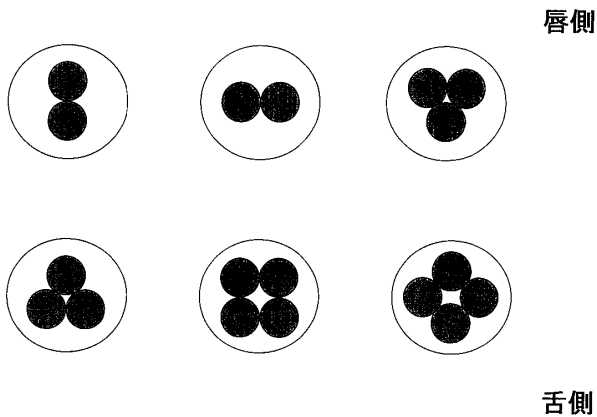


図3 F.Pの本数・配置別模式図

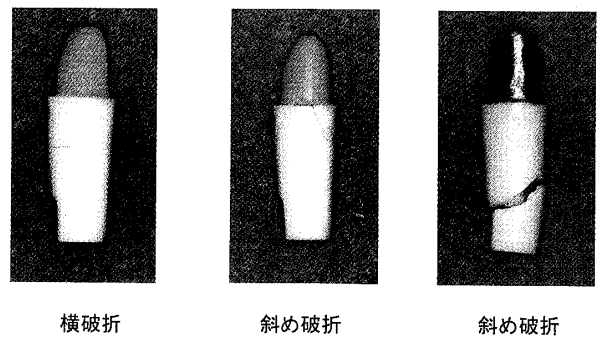


図5 破壊様式

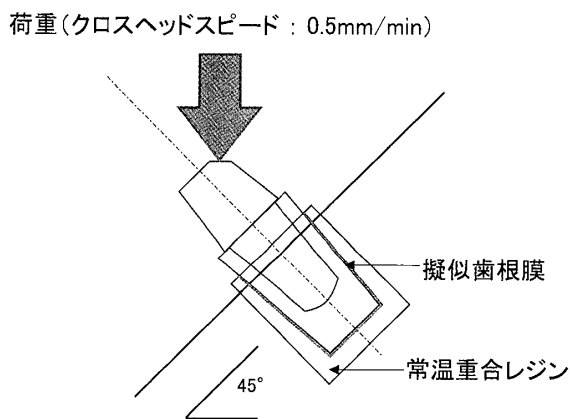


図4 破壊強度試験の模式図

合面観で45°回転させたもの（以下F.P 4 Fと略記）の2条件の計6条件を各5個ずつ作製した(図3)。

3. 破壊強度の測定

破壊強度の測定には、万能試験機 (MODEL-1310DW, アイコーエンジニアリング) を用いた。まず試料を専用治具に固定した後、舌側の切縁から2mm下方で近遠心的中央の位置に、歯軸に対して45°の方向からクロスヘッドスピード0.5mm/minの条件で荷重を加えた。築造体あるいは歯根部が破折した時の荷重を破壊強度として測定した(図4)。各築造法の破壊強度は、一元配置分散分析により差の検定を行った。

4. 破壊様相の観察

破壊試験後の試料を肉眼的に観察し、破壊様式、破壊位置および破壊程度について以下の方法で分類した。

1) 破壊様式

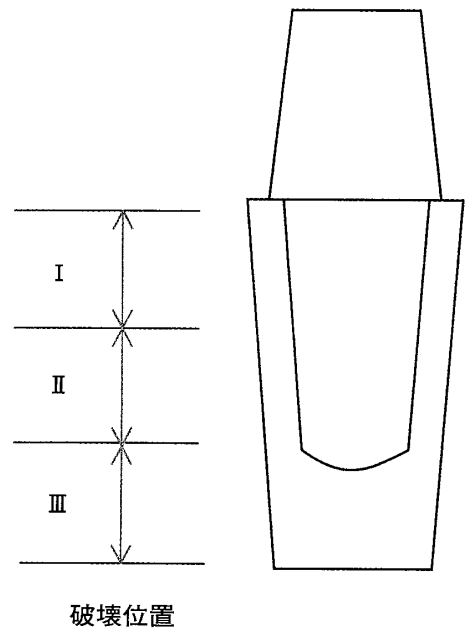


図6 破壊位置の分類

歯根が歯軸に対し直角方向に破壊されているものを横破折, 斜め方向に破壊されているものを斜め破折とした(図5)。

2) 破壊位置

根面から根尖までの歯根長を3等分し、根面側1/3で破壊したものをI, 中央部1/3で破壊したものをII, 根尖側1/3で破壊したものをIIIとした(図6)。

3) 破壊程度

肉眼的に見て歯根に変化がなかったものを変化なし, 歯根に亀裂が入っただけのものを亀裂, 歯根の一部が完全に割断して剥離したものを剥離とした。

結 果

実 験 1

各築造法の破壊強度を図7に示す。また、破壊様相を表1に示す。

1) 破壊強度

破壊強度はF P 12が 165.4 ± 37.2 N, F P 14は 163.1 ± 48.6 N, F P 16は 171.3 ± 64.2 N, MCは 215 ± 90.4 N, REは 115 ± 33.8 Nであった。F P群に比較するとREはやや平均値が低く、MCは逆にやや高い傾向を示したが、統計処理では各築造法の破壊強度の間に有意差は認められなかった。

2) 破壊様相

破壊様相を見てみると、F P 12で肉眼的に破壊は全く認められない試料が2例あったが、それ以外の築造法では歯根の破壊が認められた。またF P群とREでは、ほとんどが横破折であり、斜め破折は5例のうち1例かあるいは全く認められなかった。これに対してMCは全て斜め破折であった。破壊位置については、MCでは全てIIの位置での破壊が観察されたが、F P群およびREでは全てIの位置での破壊であった。破壊程度については、F P 12では変化なしと亀裂が認められた。F P 14とF P 16ではほとんど亀裂であったが剥離も1例ずつ認められた。MCとREでは全て剥離を示していた。またポスト自体が破折した試料は1例も認められなかった。

実 験 2

各築造法の破壊強度を図8に示す。また、破壊様相を表2に示す。

1) 破壊強度

破壊強度はF P 2 Aが 152.3 ± 24.7 N, F P 2 Bは 150.3 ± 32.1 N, F P 3 Cは 184.6 ± 48.0 N, F P 3 Dは 218.3 ± 42.8 N, F P 4 Eは 196.4 ± 35.4 N, F P 4 Fは 235.8 ± 71.3 Nであった。各築造法の破壊強度の間に有意差は認められなかった。

2) 破壊様相

破壊様式を見てみると、全ての築造法で横破折と斜め破折が認められたが、斜め破折がやや多く5例中3~4例を占めていた。破壊位置は、F P 2 Bでは全てIの位置での破壊であったが、それ

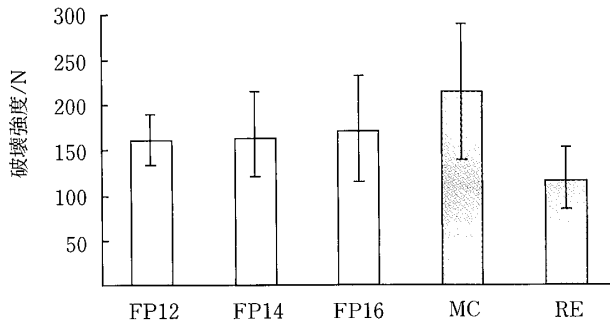


図7 F Pの直径の違いによる破壊強度

表1 F Pの直径の違いによる破壊様相

| 破壊様式 | FP12 | FP14 | FP16 | MC | RE |
|------|------|------|------|----|----|
| 破折なし | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 斜め破折 | 0 | 1 | 1 | 5 | 0 |
| 横破折 | 3 | 4 | 4 | 0 | 5 |
| 破壊位置 | | | | | |
| I | 3 | 5 | 5 | 0 | 5 |
| II | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 破壊程度 | | | | | |
| 変化なし | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 亀裂 | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 剥離 | 0 | 1 | 1 | 5 | 5 |

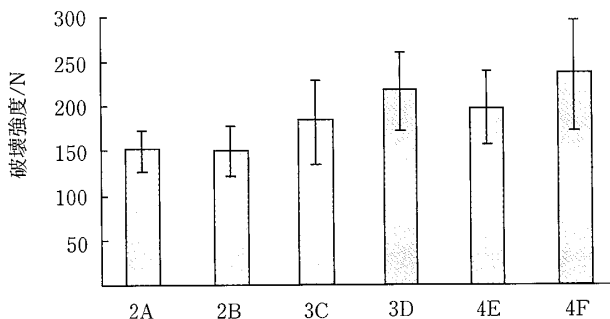


図8 F Pの本数・配置の違いによる破壊強度

表2 F Pの本数・配置の違いによる破壊様相

| 破壊様式 | 2A | 2B | 3C | 3D | 4E | 4F |
|------|----|----|----|----|----|----|
| 破折なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 斜め破折 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 横破折 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 破壊位置 | | | | | | |
| I | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| II | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 破壊程度 | | | | | | |
| 変化なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 亀裂 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 剥離 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |

以外の築造法では I と II の位置での破壊が同じ程度認められた。破壊程度では, F P 2 B, F P 3 C, F P 3 D および F P 4 E で亀裂が 1 ~ 2 例認められたが, ほとんどの試料が剥離を示していた。また実験 1 と同様に, ポスト自体が破折した試料は 1 例も認められなかった。

考 察

近年歯冠補綴の分野において, 健全歯質がある程度残っている症例では, F R P ポストを併用したレジン支台築造が頻繁に応用されている。しかし実際の臨床では, 齶蝕などにより歯冠部歯質がほとんど失われた漏斗状根管に遭遇することが多い。このような症例ではポストの脱離, 歯根破折といったトラブルが生じやすいと言われている¹⁴⁾。F R P ポスト併用レジン支台築造を行う場合は, 根管孔の直径に近似した径の F R P ポストを使用するのが望ましいと言われている¹⁵⁾が, 現在市販されている F R P ポストは, 最大でも直径 2.0mm 以下であり, 実際の漏斗状根管では, 根管内はほとんどがレジんで満たされてしまうのが実情である。

今日まで, 漏斗状根管については歯冠部残存歯質量の違い^{14,16)}や, 歯根部残存歯質量の違いが破壊強度に及ぼす影響^{17~19)}についてこれまでにいくつかの研究が行われてきたが, F R P ポストを複数本併用した場合の支台築造についての検討はほとんど見当たらない。そこで歯冠部歯質の全くない漏斗状根管を想定した試料を作製し, 使用する F P の直径, 本数, 配置が破壊強度および破壊様相にどのような影響を与えるか検討した。

1. 研究方法について

これまで支台築造の破壊試験には, 通常抜去歯が用いられてきたが, 抜去歯は性別, 年齢, 保存状態などが様々である。昨今の社会情勢から, 条件が一定の天然歯根を入手することは困難であり, 形態が一定の漏斗状根管を形成するには無理がある。エポキシ樹脂は他の材質に比べて, 天然歯と類似の接着強さ, 接着耐久性を示していると報告されている²⁰⁾。これらの理由から, 今回は条件が一定の漏斗状根管について, 様々な築造法における破壊強度を測定し, 破壊様相を観察するためエ

ポキシ人工歯を使用して実験を行った。歯種としては, 漏斗状根管を形成しやすい太さと長さを考慮して上顎側切歯を選択した。

本実験で形成した漏斗状根管は, 長さは根管形成の基本が歯冠長以上で, かつ歯根長の 2/3 とされている²¹⁾ことから, 今回の歯根長 12mm を参考に 8mm とし, 太さは長田らの研究¹⁷⁾を参考にして, 技工用カーバイドバーを使用して形成した。

F R P ポストは現在市販されているものの中から, 太さが数種類あること, 漏斗状根管に複数本挿入できることを基準として, テーパー形態のファイバーポスト (G C) を選択した。築造用レジンには, 予備実験の結果から接着性および機械的強度に優れ, 気泡混入の少ないクリアフィル D C コアオートミックスを選択した。鑄造支台築造は, 現在臨床で最も使用頻度の高い金銀パラジウム合金を使用し, これを対照群とした。

2. 結果について

実験 1

F P 12, F P 14, F P 16, M C および R E の破壊強度の間に有意差は認められなかったが, 平均値では M C の破壊強度は大きく, R E の破壊強度は小さくなる傾向がみられた。有意差が出なかった理由は標準偏差が大きかったことであるが, この原因としては, 漏斗状根管を形成する際の発熱や振動などにより, 人工歯内部にマイクロクラックが発生した可能性や, 根管表面の粗さが微妙に異なって形成された可能性などが考えられる。また M C では合着に使用したイオノタイト F が硬化する際の, カルシウムアルミノシリケートガラスの反応状態が微妙に異なった可能性なども残されているが, 詳細は不明であり今後の検討課題としたい。

また破壊様相を見てみると, M C は全て II の位置で破壊したのに対し, R E は全て I の位置での破壊であった。これは R E ではレジンの弾性係数が金銀パラジウム合金に比較すると小さいため, 荷重が加わった時に築造体に変形しやすく, 歯質の一番薄い歯頸部付近が支点となって応力が集中したのではないかと考えられる。したがって破壊強度も低くなり, I の位置で破折したのではないかと推測される。これに対し M C は, 相対的に金

銀パラジウム合金の弾性係数が大きいため、荷重が加わっても変形せずに応力がポストの先端部に集中し、その付近即ちⅡの位置での破折が起こり、破壊強度も大きくなったのではないかと考えられる。

有限要素法で支台築造の応力集中を調べた実験²²⁻²⁴⁾でも、レジン支台築造およびFRPポスト併用レジン支台築造では、歯頸部で応力集中が認められたのに対し、鋳造支台築造ではポスト先端部で応力集中が認められたと報告されている。今回の実験結果もこれを裏付ける結果を示している。また今回の実験では、ポストを併用した試料の破折や亀裂は全て人工歯の歯根部で起こり、ポスト自体が破折した試料は1例も認められなかった。これはFPと比較するとエポキシ樹脂の弾性係数は低く、漏斗状根管を形成して薄くなった根管壁の強度が、そのまま支台築造の破折強度として現れたためと考えられる。このこともポストの有無と種類による破折強度に有意差が出なかった一因ではないかと推察される。以上のことから漏斗状根管では築造体自体の強度と同時に、歯根部歯質の強度が臨床的に問題となることが同われ、特に応力が集中する部位の歯質の厚さが、破壊強度に大きく影響したのではないかと推察される。

FP群は平均値ではREよりも破壊強度が大きい傾向を示した。これはFPを併用することで、レジン単独の築造体よりも弾性係数が高くなり、変形しにくくなって歯頸部付近への応力集中も緩和されたためと考えられる。また破壊程度を見てみると、REが全て剥離であったのに対し、FP群は亀裂で止まっていた。このことから、FPが築造体を補強する役割を果たして変形を抑えたために、歯根の破折が起きても完全に破断されるのではなく、亀裂だけで止まったのではないかと推察される。

実験 2

併用するFPの本数および配置の違いで破壊強度に有意差は認められなかった。この理由としては、前述のように今回形成した漏斗状根管では、歯頸部付近の歯質が薄くなったため、FPの強度が歯根の強度を上回ったことが考えられる。したがって、FPの本数を増やして築造体自体の強度

を向上させても、歯根の強度はほとんど変化しないため、破壊強度に有意差が現れなかったのではないかと推測される。

しかしながら、FPを複数本併用することによる破壊様相はやや異なっていた。例えばFPを2本併用した場合、FP2Aでは破壊位置はⅠとⅡが同程度の割合で見られたが、FP2Bでは全てⅠの位置での破壊が認められた。これはFPを荷重の加わる方向に対して縦列に配置したFP2Aでは、荷重に対する築造体の抵抗力が強くなって変形量は少なくなり、並列に配置したFP2Bでは、築造体の変形量がFP1本の時と同程度になったためと考えられる。またFPを3本以上併用した場合には、Ⅱの位置での破壊が増える傾向が認められた。これは根管の中でも唇側にFPが配置されることにより、やはり築造体の変形しにくくなり、荷重時唇側歯頸部に加わる圧縮応力が小さくなったためではないかと思われる。

また破壊強度と破壊位置の関係を分析したところ、破壊強度が低い試料はⅠの位置で破壊し、破壊強度が高い試料はⅡの位置で破壊する傾向が認められた。このことから、築造体自体の弾性係数が高く変形しにくい場合は、ポスト先端付近に応力集中が起こることが同われる。またⅠの位置で破折した試料では、唇側の歯質が破折している場合が多かった。これも前述のように、舌側から荷重が加わった時に、弾性係数が低い築造体では唇側に曲げられ、歯頸部付近の唇側歯質に圧縮応力が集中したためと考えられる。

今回の実験で使用したエポキシ樹脂製人工歯は、弾性係数が天然歯象牙質より低く象牙細管も存在しないため、この破壊強度をそのまま臨床に適用することはできない。しかしながら破壊強度の絶対値は実際の臨床と異なっても、破壊様相の違いについては把握できたものと考えている。

以上のことから、歯冠部歯質の少ない漏斗状根管にFRPポストを併用した支台築造を行う場合には、非荷重側の歯頸部付近の歯質量に注意し、できるだけ根管の非荷重側にFRPポストを配置して、築造体の弾性係数を高めることが有効と思われる。

歯冠部歯質が失われた漏斗状根管に支台築造を

行った場合、外力による破壊は築造体内部で起こるのではなく、ほとんど薄くなった歯根部歯質で発生した。したがってこのような症例に、FRPポストと築造用レジンを用いた支台築造を行う場合には、非荷重側歯頸部付近の残存歯質量が、予後の良否を左右する重要な因子となることが伺われる。また残存歯質の量に応じて、併用するFRPポストの数と配置を考慮する必要があることが示唆された。

結 論

歯冠部歯質の全くない漏斗状根管に対して、FRPポストと築造用レジンを用いた支台築造法の是非を検討するため、FRPポストの太さおよび使用本数の違いが、歯根の破壊強度と破壊様相に及ぼす影響について実験を行い、以下の結論を得た。

1. 併用するFRPポストの直径、本数および配置の違いによる歯根の破壊強度に有意差は認められなかった。

2. FRPポスト1本と築造用レジンを用いた支台築造では、破壊は全て歯根の上部1/3の位置で起こったが、鋳造支台築造では全て歯根中央部1/3の位置で破壊した。

3. ポストを併用した支台築造では破壊は全て歯根部で起こり、ポスト自体が破折した試料は認められなかった。

4. 破壊強度が低かった試料は歯根の上部1/3で破壊し、逆に破壊強度が高かった試料は歯根の中央部1/3で破壊する傾向が認められた。

以上のことから、漏斗状根管に支台築造を行った場合、築造体の弾性係数が歯根の破壊様相に影響し、FRPポストを併用したレジン支台築造を行う場合には、非荷重側の根管壁の厚さが重要となることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究にあたり終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました奥羽大学大学院歯学研究科嶋倉道郎教授、ならびに専門の立場から御指導と御協力を賜りました奥羽大学生体材料学講座川島功教授に謹んで感謝の意を表します。さらに、研究遂行に際し、貴重なる御助言を戴きました奥羽大学歯学部補綴学講座鎌田政善教授、前奥

羽大学生体材料学講座長山克也教授に深謝致します。最後に、本研究に御協力下さいました生体材料学講座、歯科補綴学講座の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

本論文の要旨は、第43回奥羽大学歯学会（平成19年6月郡山市）において発表した。

文 献

- 1) Mcdo, A. V., King, P. A. and Setchell, D. J. : An *in vitro* study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. *Int Endod J* **23** ; 304-312 1990.
- 2) Trope, M., Maltz, DO. and Tronstad, L. : Resistance of fracture of restored endodontical treated teeth. *Endo Dent Traumatol* **1** ; 108-111 1992.
- 3) 長谷川晃嗣, 小田 豊 : 破折を起こさない支台築造を考察する—既製根管ポストと歯根の破折について—. *接着歯学* **16** ; 88-95 1998.
- 4) 山口正義, 藤沢真理子, 篠原勝彦, 上谷 徹ほか : 歯牙破折の実態調査. *岐歯学誌* **16** ; 571-576 1989.
- 5) Tiziano, T., Mario, B. and Marco, C. : Vertical root fracture in endodontically treated teeth : A clinical survey of 36 cases. *J Endodo* **19** ; 87-90 1993.
- 6) 塩沢育巳 : 鋳造コアとレジンコアの選択基準. *補綴誌* **47** ; 253-260 2003.
- 7) 坪田有史, 深川菜穂, 北村 茂, 大柁貴俊ほか : 各種接着材によるファイバーポストの引き抜き強さ. *接着歯学* **24** ; 136-144 2006.
- 8) 松永健嗣 : レジン支台築造におけるファイバーポストの形状に関する研究. *日歯内療誌* **24** ; 16-19 2003.
- 9) 大柁貴俊 : 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. *補綴誌* **50** ; 180-189 2000.
- 10) 石上恵一, 倉澤都文, 山口泰彦 : ファイバーポスト併用レジン築造の問題点と可能性—議論の端緒にあたって—. *補綴誌* **50** ; 145-165 2006.
- 11) Mannocci, F., Ferrari, M. and Watson, T. F. : Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbonquartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J Adhe Dent* **2** ; 153-158 1999.
- 12) 塩野英昭 : 支台築造の新しい潮流 ファイバーポストに関する総説と臨床例. *Dental Review* **62** ; 131-140 2002.
- 13) 柏田聡明 : 築造体が果たすこと、築造体に望むこと. *補綴誌* **47** ; 462-464 2003.
- 14) 渡辺厚生 : 支台築造に関する研究—歯冠部残存歯質量の影響について—. *補綴誌* **34** ; 7-17

- 1990.
- 15) 北村 茂, 積田光由, 坪田有史, 小久保裕司ほか: 二次元有限要素解析による支台築造の力学的検討. 鶴見歯学 **33**; 21-29 2007.
 - 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) 長田貴幸, 割田研司, 川和忠治: 歯根部残存歯質量が支台築造した歯の破壊強度に及ぼす影響: 天然歯による予備的検討. 補綴誌 **44**; 757-767 2000.
 - 18) 岡本和彦, 猪野照夫, 日比野靖, 曾根峰世ほか: 支台築造の歯根破折に関する実験的研究—歯根部歯質の残存量および支台築造法の影響について—. 明海歯学誌 **35**; 69-75 2006.
 - 19) Sorensen, J. A. and Engelman, M. J.: Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent **64**; 419-424 1990.
 - 20) 菅島正行: 模型実習用人工歯材料に対するコンポジットレジン接着性の検討. 奥羽大歯学誌 **32**; 79-91 2005.
 - 21) 青木英夫, 田端恒雄, 横塚繁雄, 熱田 充ほか: クラウン・ブリッジ補綴学 第2版; 223-235 医歯薬出版 東京 1999.
 - 22) Pegoretti, A., Fambri, L., Zappini, G. and Bianchetti, M.: Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. Biomaterials **23**; 2667-2682 2002.
 - 23) 岡本和彦, 猪野照夫, 岩瀬直樹, 清水栄太郎ほか: 三次元有限要素法を用いたポストコア装着歯における応力解析—歯根部残存歯質および支台築造法が歯根部歯質の応力分布に及ぼす影響について—. 明海歯学誌 **36**; 30-36 2007.
 - 24) 川崎貴生, 高山芳幸: 無髄歯の予後を良好にするための築造体とは. 補綴誌 **47**; 244-252 2003.
- 著者への連絡先: 細野聡子, (〒963-8611)郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科補綴学講座
Reprint requests: Satoko HOSONO, Department of Prosthetic Dentistry, Ohi University School of Dentistry 31-1 Misumido, Tomita, Koriyama 963-8611, Japan