

2002年度日中医学協会共同研究等助成事業報告書

－在留中国人研究者研究助成－

2003年 3 月 14 日

財団法人 日中医学協会
理事長 殿

研究者氏名 胡 書海 
所属機関名 昭和大学
指導責任者氏名 川和忠治
職 名 教 授
所 在 地 〒145-8515 東京都大田区北千束2-1-1
電話 03-3787-1151 内線 234

1. 研究テーマ

無髄歯の歯冠補綴処置における minimal intervention technique に関する研究

2. 本年度の研究業績

(1) 学会・研究会等における発表 有 ・ 無 (学会名・演題)

(2) 学会誌等に発表した論文 有 ・ 無 (雑誌名・論文名)

無髄歯の歯冠補綴処置における minimal intervention technique に関する研究

研究者氏名 胡 書海
中国所属機関 中国大連医科大学口腔医学院
日本研究機関 昭和大学歯学部
指導責任者名 教授 川和 忠治
共同研究者名 長田貴幸, 割田研司

要 旨

本研究は、漏斗状根管を有するヒト抜去上顎中切歯に対して、従来法である鑄造支台築造、Minimal intervention (MI) technique として、カーボンファイバー製既製ポスト併用レジン支台築造およびレジン単体による支台築造の3種類を行い、それらの疲労強度を測定することにより、MI technique の有効性について従来法と比較検討した。さらに、ferrule の有無の影響についても同様に検討した。疲労強度の測定は、ヒト口腔内で上顎中切歯に加わる咀嚼圧と同様の繰り返し荷重を機械的に負荷し、歯根部歯質に亀裂が生じるまでの荷重回数と破壊様相を記録した。その結果、MI technique であるレジン支台築造は、既製ポストを付与することによって従来法に匹敵するかそれよりも高い疲労強度を示し、既製ポストを付与しない場合は、耐久性は低いものの、その後の再治療により再び支台歯として機能することが可能であると考えられた。また、少なくとも1mmのferruleは、支台歯の耐久性向上に極めて有利に作用すると考えられた。

Key words Minimal intervention, Root canal, Dentin, Resin composite, Dentin bonding

緒 言:

齲蝕や外傷で失われた歯質は、咬合関係や実質欠損の大きさによって成形修復材料や金属鑄造物、セラミックスなどによって修復される。従来、これら修復法の過程では、修復物保持のために多量の健全歯質や、場合によってはクリアランス確保のために健全歯髄までもが便宜的に犠牲にされてきた。しかし、近年の歯質接着性材料の急速な進歩に伴い、生体保護的な修復法、すなわち Minimal Intervention (MI) が提唱された。MI は主として有髄歯を対象とするが、日常頻繁に行われている無髄歯の歯冠補綴処置においても極めて有効であると考えられる。

無髄歯の歯冠補綴処置は、既に修復された歯の再修復として行われることがほとんどである。従来法として最も一般的に行われている鑄造支台築造は、築造体を間接法で製作するために築造窩洞形成時に健全歯質を便宜的に多量に削除する必要がある。さらに、鑄造支台築造に関連して、二次齲蝕、築造体の脱離や歯根破折などのトラブルが多く見受けられる¹⁾。一方、接着性材料を利用したレジン支台築造は、従来法に比べて健全歯質の切削を必要最低限にとどめることが可能となり、より生体侵襲の少ない修復法であるといえる。

歯根内部に齲蝕が進行した歯あるいは築造体脱離後の歯は、患部歯質を削除することによって歯根部歯質が大きく喪失して菲薄となったいわゆる漏斗状根管となり、将来的に築造体の脱離や歯根破折を生じやすい難症例である。しかし、このような歯を可能な限り保存することは、その後の補綴処置の選択肢が広がることなど臨床に非常に有意義なことである。本研究では、このような歯根部歯質の残存量の少ない症例に対して各種支台築造を行い、疲労強度を測定することにより、帯環効果 (Ferrule effect) の有効性およびレジン支台築造に代表される MI technique と従来法の耐久性について比較検討した。

材料と方法:

1. 材料

本研究で使用した材料を表1に示す。鑄造支台築造には金銀パラジウム合金 (Castwell M.C. 12% gold, GC Corp., Japan) を用い、接着性レジンセメント (Super-bond C & B, Sun Medical, Japan) で装着した。レジン支台築造は、0.5 mol/L EDTA (Wako pure chemical industries, Japan), 35vol% GM (NOF, Japan) および Clearfil New bond (Kuraray Medical, Japan) から成る試作デンティンボンディングシステム (EXP) にて歯面処理後、化学重合型コンポジットレジン (Clearfil FII, Kuraray Medical) を用いて築盛した。既製ポスト併用レジン支台築造には、カーボンファイバー製既製ポスト (C-POST, Bisco, IL, USA) を用いた。全部鑄造冠は金銀パラジウム合金で作製し、ガラスアイオノマーセメント (Fuji I, GC Corp.) で装着した。

2. 試料作製

ヒト抜去上顎中切歯 30 本を通法に従って根管処置した後、ferrule の無いグループ (non-ferruled group) 15 本と歯冠部に高さ 1 mm の ferrule を有するグループ (1-mm ferruled group) 15 本の 2 グループに分類した。築造法は、鑄造支台築造 (CAS), C-POST 併用レジン支台築造 (FRC) および既製ポストを併用しないレジン単体での支台築造 (RPC) を行い、試料数は各条件 5 個とした。

1) 築造窩洞形成

支台歯を解剖学的歯頸線 (Non-ferruled group) あるいは解剖学的歯頸線から 1 mm 歯冠側寄りの位置 (1-mm ferruled group) で水平に切斷後、ダイヤモンドポイントを用いて、根管壁の厚さが約 1 mm になるように深さ 8 mm の漏斗状築造窩洞形成を行った。

2) CAS

築造体のワックスアップは直接法で行い、急速加熱型クリストバライト埋没材 (Cristobalite quick 20, GC Corp.) にて埋没した後、金銀パラジウム合金を用いて鑄造した。築造体の装着は、Super-bond C&B を用いて、メーカー指示の歯面処理後、混合法にて行った。

3) FRC, RPC

レジン支台築造は、既製ポストを併用するもの (FRC) と併用しないもの (RPC) の 2 条件について行った。EXP で歯面処理した後、キャタリストとユニバーサルを練和紙上に採取し、均一になるように 20 秒間練和し、充填用シリンジにて築造窩洞内に充填した。FRC は、コンポジットレジンを築造窩洞内に充填後、中心部にポストを挿入した。いずれの場合も、その後さらに歯冠部にレジンを填塞した。

4) 支台歯形成

全ての試料は、37 °C 水中に 24 時間保管後、ジャケット冠を想定した支台歯形成を行った。高さ 6 mm, ショルダー幅 0.5 mm, マージンの位置は解剖学的歯頸線の位置とした。

5) 鑄造冠

鑄造冠は、直接法でワックスアップし、金銀パラジウム合金を鑄造して作製し、ガラスアイオノマーセメント (Fuji I, GC Corp.) を用いて支台歯に装着した。

6) 試料の包埋

全ての試料は、歯根部を常温重合レジン (Technovit 4004, Heraeus Kulzer, Germany) を用いて内径 1 インチ, 高さ 1 インチのプラスチック製リングに解剖学的歯頸線の 2 mm 下まで包埋した。

3. サーマルサイクル試験

試料を包埋した後、10°C および 45°C のサーマルサイクルを 10,000 回行った。

4. 疲労試験

試料を専用の治具に固定し、疲労試験機 (K-655, Tokyo Giken, Japan) にて歯軸に対し 135° 方向に 5.5 kgf (1.2 Hz) の繰り返し荷重を歯根部に亀裂が生じるまで加え、亀裂発生に要した荷重回数と破壊様相を記録した。荷重位置は支台歯の口蓋側、近遠心中央部でマージンの 2 mm 歯頂側寄りとした。試験結果の統計解析は、SPSS Ver. 10 (SAS Institute Inc.) を用いて行った。各築造法を行った歯の生存率は、Kaplan-Meier 法を用いて解析した。荷重回数の解析では、データの等分散性が認められなかったことから、ノンパラメトリックな一元配置分散分析法である Kruskal-Wallis test および Mann Whitney U-test を行った ($\alpha = 0.05$)。

結果:

各グループの疲労強度の平均値を表2に、non-ferruled group および 1-mm ferruled group のKaplan-Meier 累積生存率曲線をそれぞれ図1, 2に示す。歯根部の亀裂発生に要した荷重回数、すなわち疲労強度は、1-mm ferruled group が non-ferruled group に比べて有意に高い値を示した ($p < 0.001$)。各築造法における疲労強度は、ferruleの有無に関わらず、RPC<CAS<FRCの順であった (Mann-Whitney U-test: $p < 0.05$)。累積生存率曲線からも、FRCはCAS、RPCに比べて歯根部に亀裂を生じるまでの期間が長いことが示された。破壊様相の観察から、RPCは、全ての試料で築造体が破折したが、歯根部の亀裂は全く認められなかった。CASおよびFRCでは、ともに築造体の破折は認められなかったものの、全ての試料で歯根部に亀裂を生じた。

考察:

本研究は、人工的に漏斗状根管を付与した上顎中切歯に対して各種支台築造を行い、ferruleの有効性、MI techniqueと従来法の耐久性について比較検討した。

従来法である鑄造支台築造は、最も適応範囲の広い築造法であり、金銀パラジウム合金を用いて通法に従って製作した。装着材料としては、象牙質に対して高い接着性を有するといわれている接着性レジンセメントを用いた。レジンによる支台築造は、その熱膨張係数や、吸水率を考慮すると築造体のマージンが歯肉縁下まで達している症例では使用に限界があると考えられてきた²⁾。また、歯質に近似した機械的性質を有していることや、接着性レジンセメントと同様に象牙質に対する接着性の向上が図られ、鑄造支台築造のみが適応の症例や残存歯質の少ない症例への応用が検討されている²⁾ことから、本研究でも築造法の一つとして選択した。また、レジンによる築造法では既製ポストの併用が望ましい³⁾とされており、本研究では、既製ポストとしてG-POSTを併用した方法と、既製ポストを併用しない方法の2種類のレジン支台築造について検討を行った。G-POSTは、高い引張強さと象牙質の弾性係数に近似した弾性係数を有し、歯根破折防止効果があるとされているカーボンファイバー製既製ポストである。コア材料には、化学重合型コンポジットレジンを用いた。これは、光が届きにくいポストなどの影になる部分や深部も化学重合により硬化し、築盛量の大きな支台築造にも使用できること、また、重合収縮による根管壁からの剥離を防ぐために選択した。さらに、本研究で使用した試作デンティンボンディングシステムとの組み合わせにより、象牙質に対して優れた接着性を有している。

支台築造した歯の保持力を実験的に検討する方法としては、築造体の破壊や脱落あるいは残存歯質の破折が起こるまで荷重を徐々に増加させた破壊強度試験⁴⁻⁸⁾と口腔内で行われる咀嚼運動、咀嚼力を想定し、荷重を繰り返し加える疲労試験⁹⁻¹²⁾がある。また、クラウン装着前の築造体に直接荷重を加える方法^{5-7, 9-11)}とクラウン装着後に荷重を加える方法^{8, 12)}がある。本研究では、クラウンを装着し、実際の口腔内で生じる力の大きさと方向を想定して、上下顎前歯の咬合接触角を想定した歯の長軸に対して45°の口蓋側方向から荷重量5.5 kgf、荷重頻度1.2 Hz (72 times/min)の繰り返し荷重を負荷し、歯根部に亀裂を生じるのに必要な荷重回数を記録し、これを疲労強度として評価した。また、Kaplan-Meier法を用いた生存分析により、各築造支台歯の生存率を評価した。

Dentin ferruleは歯冠部におけるマージンからの残存歯質であり、これを確保することによって高い疲労強度を得ることが可能となる。本研究の結果から、少なくとも1 mmのferruleが存在すれば、ferruleの無い支台歯に比べて有意に高い疲労強度を示した。しかし、鑄造支台築造では、築造窩洞形成時にアンダーカットを全て取り除かなくてはならないこと、さらに日常臨床では、築造体を間接法で製作することがほとんどであり、作業用模型のチッピング防止のために菲薄な歯質を便宜的に削除する必要がある。すなわち、歯冠部に残存している歯質を多量に切削することになり、このため十分なferruleを確保できなくなる可能性が高い。このようなケースでは、外科的ないし矯正的挺出処置を行い、ferruleを確保する必要があると考えられる。一方、レジン支台築造では窩洞のアンダーカットを許容でき、さらに直接法で築盛するために従来法のように無駄に歯質を削除する必要など無いことから、鑄造支台築造に比べてferruleの確保に関して極めて有利であると考えられる。

近年、歯根象牙質に近似した弾性係数を有する材料で支台築造することは、歯根破折の減少につながると考えられており¹⁾、³⁾、鑄造支台築造とレジン支台築造では、築造材料の物理的性質、特に弾性係数が大きく異なり、これが支台築造した歯の疲労強度に影響を及ぼしたと考えられた。鑄造支台築造では、高い弾性係数を有する金銀パラジウム合金を用いた築造体の撓み量は、弾性係数の低いレジン支台築造に比べて少なく、その結果、支台歯にかかる負担が増加し、比較的早期に歯根部の亀裂を生じたと考えられた。反対に、レジン単体による支台築造では、築造体の撓み量は歯根部歯質に比べて若干多く、築造体の

機械的強度が低いことから、築造体のみが破折し歯根部歯質の亀裂発生を防ぐことができたと考えられた。このように歯根が破折せず、築造体のみが破折した場合、その後の再治療により再び支台歯として機能できる可能性が高く、その耐久性は低いものの fail-safe な築造法であるといえる。象牙質に近似した弾性係数を有する C-POST を併用したレジン支台築造は、ポストによる築造体の補強効果によって築造体が破折しなかったと考えられた。また、築造体の機械的性質がレジン単体による支台築造と比較してより残存歯質に近似した状態となり、築造体と残存歯質が一体化したことが疲労強度の向上につながったと考えられた。Krejci らは¹⁴⁾、ヒト上顎中切歯に加わる咬合力は 5.5 kgf (毎分 72 回)、であり、5 年間で約 120 万回の荷重が加わるとしている。本研究から得られた繰り返し荷重の回数をこれに当てはめると、最も荷重回数の高かった C-POST 併用レジン支台築造 (1-mm ferruled group) では、少なくとも約 3 年は口腔内で安定した状態を維持できる可能性があると考えられた。

以上のことから、MI technique であるレジン支台築造は、既製ポストを付与することによって従来法に匹敵するかそれよりも高い疲労強度を示し、既製ポストを付与しない場合は、耐久性は低いものの、その後の再治療により再び支台歯として機能することが可能であると考えられ、漏斗状根管を有する支台歯の治療法として非常に有用であると示唆された。また、少なくとも 1 mm の ferrule は、支台歯の耐久性向上に極めて有利に作用すると考えられた。

参考文献：

- 1) 森田 学, 石村 均, 石川 昭ほか. 歯科修復物の使用年数に関する疫学調査. 口腔衛生会誌 45: 788-793, 1995.
- 2) 福島 俊土. 支台築造 今どう考えるか. 日歯医師会誌 50: 848-856, 1997.
- 3) 中野 浩輔, 矢谷 博文, 藤田 栄伸ほか. コンポジットレジンによる支台築造の実験的研究 第 1 報 メタルポストによる築造体の補助効果およびメタルポストの長さおよび太さが築造体の維持力に及ぼす影響. 補綴誌 35: 103-110, 1991.
- 4) 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.
- 5) Trope M, Maltz DQ, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. Endod Dent Traumatol 1: 108-111, 1985.
- 6) Robbins JW, Earnest LA, Schumann SD. Fracture resistance of endodontically-treated cuspids. Am J Dent 6: 159-161, 1993.
- 7) Cohen BI, Condos S, Deutsch AS et al. Fracture strength of three different core materials in combination with three different endodontic posts. Int J Prosthodont 7: 178-182, 1994.
- 8) Martinez-Insua A, Silva LD, Rilo B et al. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. J Prosthet Dent 80: 527-532, 1998.
- 9) Dietschi D, Romelli M, Goretti A. Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. Int J Prosthodont 10: 498-507, 1997.
- 10) Cohen BI, Pagnillo MK, Newman I et al. Cyclic fatigue testing of five endodontic post designs supported by four core materials. J Prosthet Dent 78: 458-464, 1997.
- 11) Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. J Prosthet Dent 81: 262-269, 1999.
- 12) Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. Int Prosthodont 9: 131-136, 1996.
- 13) 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.
- 14) Krejci I, Lutz F. In vitro Testverfahren zur Evaluation dentaler Restaurationssysteme. 3. Korrelation mit in vivo Resultaten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1990; 100: 1445-1449.

表1. Materials used in this study

Materials	Products	Manufacturers
Dentin bonding system (Experimental)	0.5 mol/L EDTA	Wako Pure Chemical Industries, Japan
	35vol% GM	NOF, Japan
	Clearfil New Bond	Kuraray Medical, Japan
Self-cured resin composite	Clearfil FII	Kuraray Medical
Prefabricated carbon-fiber post	C-POST #1 (φ1.4 mm)	Bisco Inc, USA
Au-Ag-Pd Alloy	Castwell M.C. 12% gold	GC Corp., Japan
Resin-based luting cement	Super-Bond C&B	Sun Medical, Japan
Glass ionomer cement	Fuji I	GC Corp.

表2. Number of loading cycles for different ferrule length and type of restoration

Group	Method	Ferrule length (mm)	Mean±SD (10 ³ times)*
1	CAS	0	215.4±75.3 ^b
2		1	359.0±73.2 ^c
3	RPC	0	51.0±3.8 ^a
4		1	120.8±35.7 ^b
5	FRC	0	347.0±104.6 ^b
6		1	726.8±243.0 ^d

*Mean values with the same superscript letter did not differ significantly from each other ($p > 0.05$).

图1. Survival rates for non-ferruled group

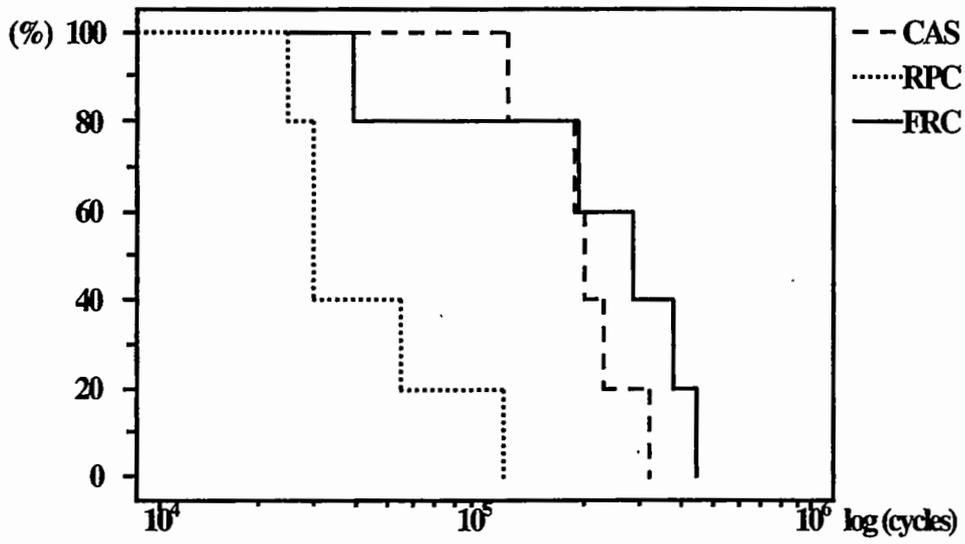


图2. Survival rates for 1-mm ferruled group

