

平成21年 5月24日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19791415  
 研究課題名 (和文) ミニマルインターベンションを可能とする根管内象牙質接着の確立  
 研究課題名 (英文) Establishment of dependable adhesion to root dentin

研究代表者  
 坪田圭司 (TSUBOTA KEISHI)  
 日本大学・歯学部・助教  
 研究者番号：20386113

研究成果の概要：根管内象牙質に対する支台築造レジンの接着性に関する検討を行った。根管内象牙質の歯冠側、歯根側あるいはその中間部への部位による違いについて検討した結果、異なる部位による差は認められなかった。また、照射器の光強度を変更することによって、接着性および支台築造材レジンの硬化性に及ぼす影響について検討した結果、接着性に関しては、光強度の低いもので接着強さは低くなる傾向を認めた。さらに、物性に関しては、光強度の低いもので物性も低くなる傾向を認めた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	270,000	2,070,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存系治療歯学

キーワード：支台築造レジン，根管内象牙質，歯質接着性，超音波測定，弾性率

## 1. 研究開始当初の背景

歯冠崩壊が著しい失活歯症例においては、印象採得後にメタルを用いた支台築造が用いられている。この支台築造は、間接修復法による製作法が通法であり、技工操作を伴う

多くの制約があるために、健康歯質の犠牲的削除を余儀なくされている。また、メタルを用いた支台築造では、歯質への接着性を持たないセメントを用いることもあり、その適合性によっては応力の集中により歯根破折な

どが引き起こされ、抜歯に至ることもある。さらに、無髄歯における歯根破折の報告は増加する傾向にあることから、可及的に歯質を保存することによって、歯の延命を図る修復方法の確立が望まれている。そこで、金属と比較して歯に近い物性を有し、歯質の削除量が比較的少なく、さらに残存根管歯質の構造的な強化を目指して、これまで歯冠修復材で蓄積された接着技法を応用した直接修復法のレジン支台築造に注目した。しかし、これらレジン支台築造の根管内象牙質に対する接着機構に関しては、歯冠部修復用レジンのそれを応用したものであり、有機質コラーゲンに富んだ象牙前質を含んだ髓腔内象牙質に対する接着性に関しては、ほとんど解明されていないのが現状である。そこで、このような臨床ならびに研究の背景から、最近の齶蝕治療のコンセプトに沿った歯質保存的修復治療の一環として、失活歯の残存歯質を構造的に強化することによって、口腔内におけるその機能を保持させることを目指して、歯質接着性のあるレジンを支台として用いるために、根管内象牙質に対する接着性の研究を企画した。

## 2. 研究の目的

根管治療を受けた歯質の可及的保存ならびにこれを口腔内において有効に機能させることを目的として、これまで不明であった根管内象牙質に対するレジンの接着性に関する検討を行う。さらに、支台築造様レジンの物性はその予後に重大な影響を与えることから、物性試験を行うことによって検討を行う。以上によって、支台築造用レジンの根管内象牙質に対する接着性に関する基礎的事項および支台築造様レジンの物性を明らかにして、失活歯における歯質保存的処置の臨床術式の確立を目指すことを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 根管内象牙質の部位による接着性の違い

接着強さ試験では歯根の部位による接着強さの測定を行うために、根管内象牙質の歯冠側、歯根側あるいはその中間部に分類し、これを被着歯面とした。次いで、これらの被着面に対して各製造者指示条件に従って支台築造用レジンと接着させた。37°C精製水中に24時間保管した後に、各試片を1mm厚にスライスし、SFダイヤモンドバーを用いてその接合部を1mm×1mmに仕上げた。接着強さの測定はマイクロテンサイル用治具(図1)に試片を取り付け、インストロン万能試験機(Type4204, Instron)を用いて、その引張り接着強さの測定を行った。また、接着強さを測定した試片については、走査電子顕微鏡

(ERA-8800FE, Elionix)を用いて詳細な破壊形式の判定を行った。

歯根象牙質の表面性状を観察するため、被着面となる根面を、各支台築造用レジンに付属する歯面処理材で処理した後、通報に従って臨界点乾燥(凍結乾燥機, Model ID-3, Elionix)を行い、金蒸着後、走査電子顕微鏡(ERA-8800FE, Elionix)を用いて処理面の観察を行った。象牙質と築造用レジンの接合界面の観察を行うために、接着強さ試験と同様に製作した試片をエポキシ樹脂に包埋した後、形成された樹脂含浸象牙質についても同様に観察した。

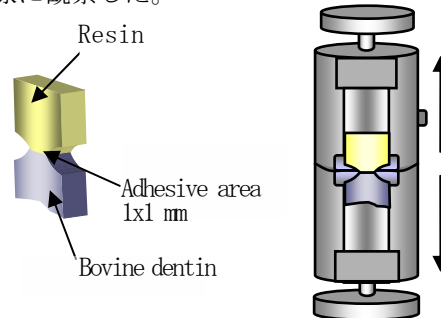


図1 マイクロテンサイル試験

### (2) 光強度の影響

根管内においては可視光線照射器の光線が十分に到達しない可能性があることを想定し、照射器の光強度を変更することによって、これが象牙質接着性および支台築造レジンの物性に及ぼす影響について検討した。

歯質接着性に関しては、表面を調整した象牙質に対して、製造者指示条件で歯面処理を行った後、支台築造レジンと接着させた。支台築造レジンの重合に際しては、照射器の光強度は0, 100, 200, 400 および 600mW/cm<sup>2</sup>の5条件とした。これらの試片は24時間水中保管した後に、接着強さの測定を行った。接着試験はインストロン万能試験機(Type4204, Instron)を用いて、剪断接着試験法にて行った。また、接着強さを測定した試片については、その破断面について実体顕微鏡(SZH-131, olympus)を用いて観察した。

また、支台築造レジンの物性に関しては、練和した支台築造レジンペーストを高さ2mmのモールド内に填塞した後、照射器の光強度を0(照射なし)、200 および 600mW/cm<sup>2</sup>の3条件下で光線照射を行った。これらの試片に対して超音波を用いて縦波音速を求めた。すなわち、パルスレーザ(5900PR, Panametric)、トランスデューサ(V155; V156, Panametric) およびオシロスコープ(Waverunner LT584, LeCroy)から構成される超音波測定システム(図2)を用いて、試片に対する縦波音速を経時的に測定することによって評価した。



図2 超音波測定システム

#### 4. 研究成果

(1) 根管内象牙質の部位による接着性の違い  
 供試した支台築造レジンの接着強さは材料による違いは認められたものの、異なる部位の根管内象牙質に対する接着強さに違いは認められなかった(図3)。また、電子顕微鏡観察においても、根管内象牙質のいずれの部位でも支台築造レジンと良好な接合状態として観察され、部位の違いによる明瞭な形態学的違い認められなかった。本研究では、セルフエッチングタイプのアドヒーズシステム採用しているレジン支台築造を用いた。このシステムでは、アドヒーズが脱灰された歯質に浸透、拡散して硬化する接着メカニズムのため、比較的脱灰程度は低いものである。したがって、根管内象牙質の部位が異なっても、その接着性には違いが生じることがなかったものと考えられた。

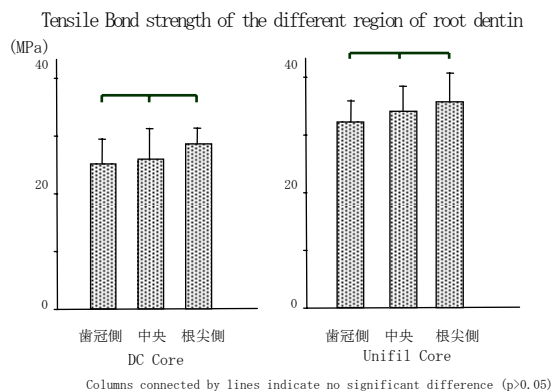


図3 根管内象牙質に対する接着強さ

#### (2) 光強度の影響

象牙質接着性の成績を表1に示した。供試したいずれの製品においても、光強度の上昇に伴って接着強さも向上する傾向を認めたものの、その傾向は製品によって異なるものであった。また、試験後の破壊形式は、いずれの製品においても、光強度の低いもので界面破壊例が多くなる傾向が認められた。

	Power Density (mW/cm <sup>2</sup> )				
	0	100	200	400	600
DC	9.4 (3.8) <sup>a</sup>	9.3 (3.1) <sup>a</sup>	10.3 (3.3) <sup>a</sup>	15.2 (2.1) <sup>a</sup>	16.8 (1.9) <sup>a</sup>
Failure mode	0/0/10	0/0/10	0/0/10	2/3/5	3/3/4
UC	10.0 (2.4) <sup>a</sup>	10.4 (2.8) <sup>a</sup>	11.3 (2.0) <sup>a</sup>	14.1 (1.7) <sup>ab</sup>	15.6 (2.9) <sup>a</sup>
Failure mode	0/0/10	0/0/10	1/0/9	2/1/7	2/2/6

No.10. Values in parenthesis indicate standard deviations.  
 Values with the same letter in each core foundation system are not significantly different (p>0.05).  
 Failure mode: Cohesive failure in resin/Cohesive failure in dentin/Adhesive failure.

表1 光強度が象牙質接着性に及ぼす影響

縦波音速の成績を図4, 5に示した。光強度0 mW/cm<sup>2</sup>の条件では、製品によって縦波音速の上昇傾向に違いが認められた。また、いずれの製品においても、光強度の低いものは、これが高いものに比較して、縦波音速が低くなる傾向を認めた。

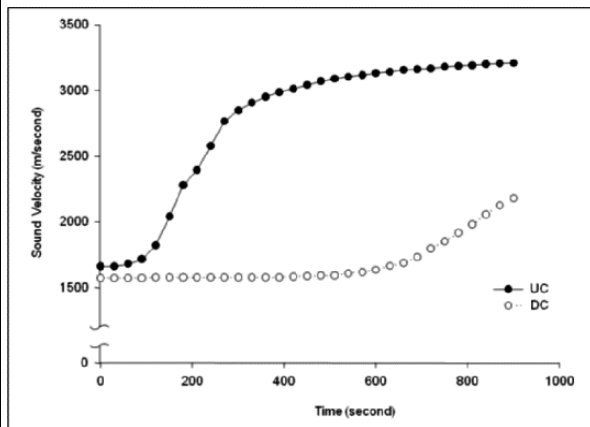


図4 非照射が支台築造レジンの弾性率に及ぼす影響

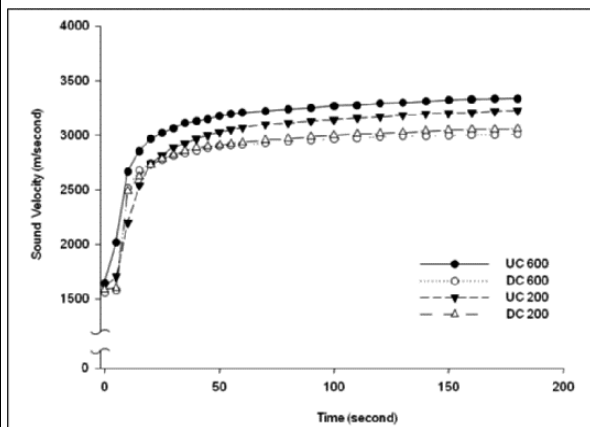


図5 光強度が支台築造レジンの弾性率に及ぼす影響

以上の結果から、デュアルキュアによる重合システムを採用している支台築造レジンは、可視光線照射器の光強度の影響を受けることが判明した。また、製品による重合システムの違いによって光強度による影響に違いがあることが判明した。臨床に際しては、照射器の光強度が十分に到達しない部では、接着性の低下および支台築造レジンの物性が留意する必要性が示唆された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① Oto T, Yasuda G, Tsubota K, Kurokawa H, Miyazaki M, Platt JA (2009) Influence of power density on polymerization behavior and bond strength of dual-cured resin direct core foundation systems *Oper Dent* 34, 192-199, 査読有
- ② Ikeda M, Tsubota K, Takamizawa T, Yoshida T, Miyazaki M, Platt JA (2008) Bonding durability of single-step adhesives to previously acid-etched dentin, *Oper Dent* 33, 702-709, 査読有
- ③ Maeda T, Yamaguchi K, Takamizawa T, Rikuta A, Tsubota K, Ando S, Miyazaki M (2008) pH changes of self-etching primers mixed with powdered dentine, *J Dent* 36, 606-610, 査読有
- ④ Ando S, Watanabe T, Tsubota K, Yoshida T, Irokawa A, Takamizawa T, Kurokawa H, Miyazaki M (2008) Effect of adhesive application methods on bond strength to bovine enamel, *J Oral Sci* 50, 181-186, 査読有
- ⑤ Tsubota K, Mori K, Yasuda G, Kawamoto R, Yoshida T, Yamaguchi K, Kurokawa H, Miyazaki M (2008) Setting behavior of luting cements monitored by an ultrasonic method, *J Oral Sci* 50, 117-121, 査読有
- ⑥ Watanabe T, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, Ando S, Miyazaki M (2008) Effect of prior acid etching on bonding durability of single-step adhesives. *Oper Dent* 33, 426-433, 査読有
- ⑦ Takamizawa T, Yamamoto A, Inoue N, Tsujimoto A, Oto T, Irokawa A, Tsubota K, Miyazaki M (2008) Influence of light intensity on contraction stress of flowable resins. *J Oral Sci* 50, 37-43, 査読有
- ⑧ Mori K, Inage H, Kawamoto R, Tonegawa M, Kurokawa H, Tsubota K, Takamizawa T, Miyazaki M (2008) Ultrasonic monitoring of the setting of glass-ionomer luting cements. *Eur J Oral Sci* 116, 72-76, 査読有
- ⑨ 黒川弘康, 大城麻紀, 池田昌彦, 砂田識敦, 遠藤優子, 加藤亜樹, 坪田圭司, 宮崎真至, 金丸壽良, 若松英輝 (2007) ホワイトニング剤がウシ象牙質の弾性率およびヌープ硬さに及ぼす影響. *日歯保存誌* 50, 681-687, 査読有
- ⑩ 浅賀庸平, 黒川弘康, 坪田圭司, 池田昌彦, 岩佐美香, 澁谷陽子, 利根川雅佳, 宮崎真至 (2007) 根管象牙質の部位の違いがコア用レジン接着性に及ぼす影響. *接着歯学* 25, 170-176, 査読有
- ⑪ Uyama S, Irokawa A, Iwasa M, Tonegawa M, Shibuya Y, Tsubota K, Takamizawa T, Miyazaki M (2007) Influence of irradiation time on volumetric shrinkage and flexural properties of flowable resins. *Dent Mater J* 26, 892-897, 査読有
- ⑫ Uekusa S, Tsubota K, Tonegawa M, Tsuchiya H, Iwasa M, Kawamoto R, Takamizawa T, Miyazaki M (2007) Microtensile bond strengths of single-step self-etch adhesive systems to bovine dentin. *J Oral Sci* 49, 183-189, 査読有
- ⑬ 大岡悟史, 坪田圭司, 吉田武史, 天野紫乃, 木島武尊, 井上直樹, 砂田識敦 (2007) 試作人工歯に対する光重合型レジンの接着強さ; *日歯保存誌* 50, 325-331, 査読有
- ⑭ Kurokawa H, Miyazaki M, Takamizawa T, Rikuta A, Tsubota K, Uekusa S (2007) One-year clinical evaluation of five single-step self-etch systems in non-carious cervical lesions. *Dent Mater J* 26, 14-20, 査読有

[学会発表] (計 18 件)

- ① 田村ゆきえ (2009) 試験法が象牙質接着性に及ぼす影響. 第 27 回日本接着歯学会学術大会, 平成 21 年 2 月 22 日, 仙台
- ② 岩佐美香 (2009) アドヒーズの塗布法がセルフエッチシステムの接着性に及ぼす影響. 第 27 回日本接着歯学会学術大会, 平成 21 年 2 月 21 日, 仙台
- ③ 陸田明智 (2008) 酸の影響を受けた象牙質へのシングルステップシステムの接着性. 第 21 回歯科医学会総会, 平成 20 年 11 月 15 日, 横浜
- ④ 澁谷陽子 (2008) ワンステップシステムの保管条件が歯質接着性に及ぼす影響. 日本歯科保存学会 2008 年度秋季学会 (第 129 回), 平成 20 年 11 月 7 日, 富山
- ⑤ 黒川弘康 (2008) サーマルサイクリングの負荷が光重合型レジンの研磨性状に及ぼす影響. 第 19 回日本歯科審美学会学術大会, 平成 20 年 10 月 12 日, 新潟
- ⑥ 吉田武史 (2008) ジルコニア, アルミナへの自己接着性レジンセメントの接着. 第 19 回日本歯科審美学会学術大会, 平成 20 年 10 月 12 日, 新潟
- ⑦ 山本 明 (2008) 試作光重合型レジンの初期重合挙動の観察. 第 52 回日本歯科理工学会学術講演会, 平成 20 年 9 月 20 日, 大阪
- ⑧ Kurokawa H (2008) Ultrasonic monitoring of the setting of adhesive resin cements. 86th General Session & Exhibition of the IADR, 平成 20 年 7 月 4 日 Toronto, Canada
- ⑨ 千葉康史 (2008) エアブロー条件がワンステップシステムの接着性に及ぼす影響. 日本歯科保存学会 2008 年度春季学会 (第 128 回), 平成 20 年 6 月 5 日, 新潟
- ⑩ 陸田明智 (2008) CPP-ACP がシングルステップシステムの歯質接着性に及ぼす影響. 第 51 回日本歯科理工学会学術講演会,

- 平成 20 年 4 月 27 日, 横浜
- ⑪ Iwasa M (2008) Enamel bond strength of adhesive from the same manufacture. International Symposium for Adhesive Dentistry, 平成 20 年 2 月 16 日, 金沢
  - ⑫ Tsubota K(2008) pH changes of single-step self etching adhesives mixed with powdered dentin. International Symposium for Adhesive Dentistry, 平成20年2月16日, 金沢
  - ⑬ Tsubota K (2007) Effect of prior acid etching on bonding durability of single-step adhesives. International Dental Materials Congress・第 50 回日本歯科理工学会学術講演会併催, 平成 19 年 11 月 23 日, Bangkok, Thailand
  - ⑭ 川本 諒 (2007) 術者の違いがシングルステップシステムの歯質接着性に及ぼす影響. 第 18 回日本歯科審美学会・第 26 回日本接着歯学会学術大会併催, 平成 19 年 11 月 17 日, 福岡
  - ⑮ 天野紫乃 (2007) アドヒーズの塗布時間がシングルステップシステムの歯質接着性に及ぼす影響. 第 18 回日本歯科審美学会・第 26 回日本接着歯学会学術大会併催, 平成 19 年 11 月 17 日, 福岡
  - ⑯ 天野紫乃 (2007) LED 照射器の照射特性に関する研究. 日本歯科保存学会 2007 年度春季学会, 平成 19 年 6 月 7 日, 大宮
  - ⑰ 坪田圭司 (2007) シングルステップシステムの基本的接着性能. 日本歯科保存学会 2007 年度春季学会, 平成 19 年 6 月 7 日, 大宮
  - ⑱ 山本 明 (2007) レーザースペックル法を用いた光重合型レジンの重合収縮挙動の解析. 第 59 回日本大学歯学会総会・学術大会, 平成 19 年 5 月 19 日, 東京

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

坪田圭司 (TSUBOTA KEISHI)

日本大学・歯学部・助教

研究者番号：20386113

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：