

機関番号：17301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20592302

研究課題名 (和文) 接着ブリッジの有用性を口腔外/口腔内で検証する

研究課題名 (英文) *In vitro/in vivo* evaluation of resin-bonded fixed partial denture

研究代表者

田上 直美 (TANOUE NAOMI)

長崎大学・病院・講師

研究者番号：70231620

研究成果の概要 (和文)：口腔外試験の結果、機能的モノマー処理後アクリル系レジンセメントを用いて接着させることが接着ブリッジの耐久性の向上に有用であることが判明した。また、口腔内試験の結果、接着ブリッジの生存状態に最も影響を及ぼす因子は上顎か下顎かの差であり、ブリッジのタイプ (基本型かコンビネーションか) や金属の種類、前歯か臼歯か等の影響は有意ではないことが判明した。

研究成果の概要 (英文)：As a result of *in vitro* examination, it was found that treatment using functional monomer and luting with acrylic cement were effective to enhancing the bonding durability of resin-bonded fixed partial denture (RBFDP). In addition, as a result of *in vivo* examination, the most influential factor on the survival state of the RBFDP was found to be the location of the RBFDP (maxilla/mandible). Other factors such as RBFDP design (two retainers/combination of retainer and complete crown), type of the alloy of framework, or location of the RBFDP (anterior/posterior), were not meaningful.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・歯科医用工学・再生歯学

キーワード：接着ブリッジ、レジンセメント、疲労限界、4META-MMA-TBB レジン、金属接着プライマー、生存分析

1. 研究開始当初の背景

(1) 口腔外検証

接着ブリッジに使用する歯科用合金とレジンセメントとの接着試験結果は多く報告されてきたが、それらの多くは応力が接合面に平行に係る場合の強さを計測した圧縮剪断試験であった。実際の口腔内の接着ブリッジに対する負荷は接合面へ平行に負荷され

るような単純なものばかりではなく、咬合による繰り返し荷重が特徴的である。従って、口腔内を模倣した負荷を行った場合の接着ブリッジ接着耐久性口腔外実験の必要性が指摘されていた。

(2) 口腔内検証

日本は接着分野で世界有数の技術を有するが、接着ブリッジの生存に関する報告は、

多くが海外からの論文である。これらで発表された使用金属や処理方法は日本の現状とは大きく異なるため、日本と比較して低い臨床成績が報告されている可能性が高い。そこで、接着最先進国である日本で日常的に行われている接着ブリッジ術式に対する学術的な臨床成績報告が待たれている。

2. 研究の目的

(1) 口腔外検証

接着ブリッジの術式は海外のそれとは一線を画すものの、日本においても統一した見解がない。多くの歯科医師が被着面処理の方法やセメントの選択等において異なる術式を行っているのが実状である。本研究の目的は、口腔内を摸した口腔外実験を実施することで、装置の耐久性に最も有用な接着システムを提言することにある。

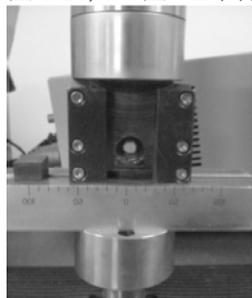
(2) 口腔内検証

研究代表者の所属機関では、長期間にわたる接着ブリッジ評価を継続して行っている。本研究の目的は、過去に装着した接着ブリッジの追跡調査による前向きコホート研究を実施し、研究代表者らが臨床応用している接着システムにて合着（接着）された接着ブリッジについて、臨床評価及び生存分析解析を行うことである。

3. 研究の方法

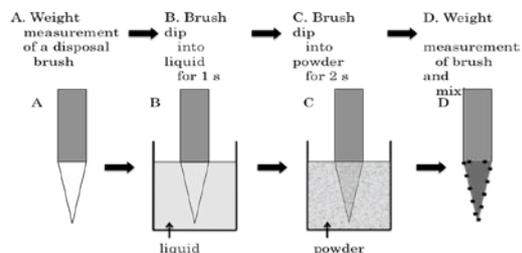
(1) 口腔外検証

①実験1として、接着ブリッジで頻用される12%金銀パラジウム合金とアクリル系レジンの一つである4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride-methyl methacrylate/tri-n-butylborane (4-META-MMA/TBB) レジン (スーパーボンドC&B, サンメディカル) との接着における接着界面の疲労限界を評価した。被着体表面処理はアルミナサンドブラストのみ (NP) とサンドブラスト後イオウ系モノマー含有プライマー塗布 (VP) の2条件とした。表面処理を施した円盤状金属試料に真鍮リングを置きレジンで満たした。熱サイクルを0回と10,000回の2条件とし、万能試験機 (オートグラフAGS10kNG, 島津製作所) を用いて圧縮剪断試験を実施した (n=10)。その後、右図に示す剪断治具を用いて、サーボパルサ (EHF-FB1kN, 島津製作所) にて繰り返し荷重試験を行った。



疲労強度データ取得のための試験方法としてはステアケース法を用い、疲労限界値を算出した (n=15)。また、コントロールとしてコンジット系レジンセメント (RelyX Unicem, 3M ESPE) においても同様の実験を行い、アクリル系レジンの結果と比較した。

②実験2として、レジンのポリマー粉末組成が12%金銀パラジウム合金との接着強さに及ぼす影響を調べた。新規開発された球形フィラー含有 polymethyl methacrylate (PMMA) 粉末をポリマーとして用いた4-META-MMA/TBB レジンについて、12%金含有金銀パラジウム合金との剪断接着強さを計測し、従来型粉末や過酸化ベンゾイル (BPO)-アミン重合型 MMA セメント (マルチボンドII, トクヤマデンタル) による結果と比較し、性能を評価した。剪断試験の方法は、実験1と同様とした。新規ポリマーは筆積み用であるが、組成が同じ PMMA であることから、筆積み法及び混和法の双方の手法において接着し、比較を行った。その他、レーザーによる粒度分布測定 (Particle Size Analyzer, LS13 320, Beckman Coulter inc.) や Brunauer-Emmett-Teller (BET) 法による表面積測定、走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察も行った。操作性については下図に示すような手法で、4-META-MMA/TBB 液を浸したディスポーザル筆が一度に把持しうるポリマー量を計測して評価した。剪断試験以外のパラメータについては、従来型との比較を行った。



③実験3として、純チタンについて接着破断界面の分析を行った。純チタンにアルミナサンドブラスト処理及びアセトン洗浄を行い、リン酸エステル系モノマーで処理後、4-META-MMA/TBB レジンでアクリル円盤と接着させ、熱サイクル 5000 回付与後圧縮剪断試験を行い、破断面を XPS にて分析した。分析点は破断面のうち界面剥離と判定された部で、破断面全体のおおよそ中央の位置とした。

④その他、関連の材料に関する口腔外実験を実施した。

(2) 口腔内検証

長崎大学病院において装着された、179 名の患者の 2 歯支台、1-2 本橋体の接着ブリ

ッジ 209 装置について前向きコホート研究を実施した。調査したパラメータは、性別、ブリッジタイプ（基本型 or コンビネーション型）、金属の種類（金銀パラジウム合金 or コバルトクロム合金）、上顎下顎の別、前歯臼歯の別、欠損歯数（1 本 or 2 本）の 6 項目とした。臨床成績は全て、口腔内審査にて取得した。失敗例は脱離、剥離、フレームの破折の 3 項目とし、ブリッジと無関係な齶蝕や歯根破折、治療目的の除去等は失敗として含めず、打ち切り症例として処理した。1 年以内の定期検診に応じない患者は脱落症例とし、分析に含めないこととした。生存状況については、 Kaplan-Meier 法、ログランク検定法、コックス回帰分析を用いて生存分析を行い解析した。

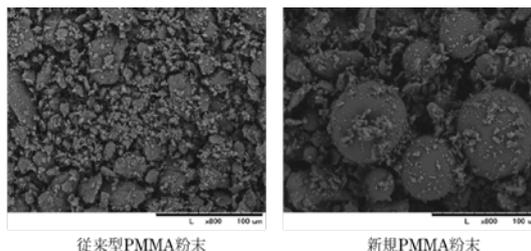
4. 研究成果

(1) 口腔外検証

①実験 1 の結果、熱サイクル 0 回において疲労限界は NP で 22.0 MPa、VP で 26.8 MPa を示し、有意に VP が高かった ($p < 0.05$)。疲労限界は熱サイクル付与により低下を認め、NP で 0.3 MPa、VP が 8.3 MPa であった。疲労強度においても VTD プライマーの効果が顕著であることが明らかになった。しかしながら、双方において疲労限界が低かったことは、水中熱サイクル負荷によりノンフィラー型であるレジンの機械的強度が低下したためであり、臨床応用のための問題点であると思われる。一方、コンポジット系セメントでは、剪断接着強さは高い値を示したが、疲労限界値は接着強さより顕著に低い値となり、アクリル系レジンセメントとは異なる傾向を示した。コンポジット系では繰り返し荷重によりフィラー界面に微小な亀裂が生じやすいと推測された。

②実験 2 の結果、新規ポリマーによる接着強さは表面処理や熱サイクルにおける条件の相違に関わらず、市販 MMA 系レジンセメントより有意に高かった。筆積法と混和法で比較すると、全ての条件において筆積法が高い値を示した。特に、プライマー処理+熱サイクルという条件においては、筆積法が 37.9 ± 4.3 MPa だったのに対し、混和法では 14.0 ± 6.9 MPa と大きな差が見られた。2 つのポリマー間には粒度分布の差は殆ど見られなかったが、表面積は新規ポリマーが低かった。また SEM 像観察では、従来型のポリマーが不定形を呈しているのに対し、新規ポリマーでは様々な粒径の球形ポリマーが右上図のように観察された。接着ブリッジの臨床成績を良好にするには、適切なセメント（ポリマー）を選択し、また適切な方法にて装着する必要

性があると思われた。

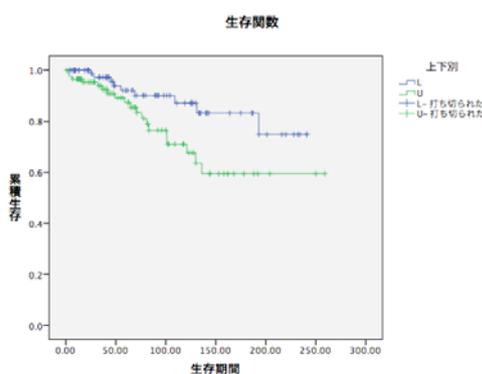


③実験 3 の結果、アルゴンエッチング 0 秒（表層）、180 秒、360 秒後のチタン Mass % は 5.23、8.10、9.69 %、リンは 0.25、0.48、0.52 % となった。この結果より、肉眼的界面剥離部の破壊は、機能性モノマーの金属との反応層末端（リン酸基）ではなく、中間部もしくは高分子との重合部で生じると考えられた。

④その他、関連材料に関する口腔外検証として、5. に記載した内容に関する実験を行い、研究発表を行った。

(2) 口腔内検証

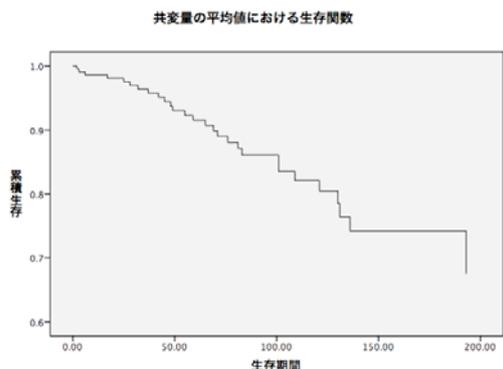
本追跡調査において、定期検診に応じ臨床的な評価が可能であった症例は 150 人 178 症例であった（脱落率 16.2%）。Kaplan-Meier 法及びログランク検定法の結果、今回分析した 6 項目のパラメータの中で、接着ブリッジの生存状態に有意に影響を及ぼした因子は上顎か下顎かの差であり ($p = 0.02$)、その他のパラメータの影響は有意ではないことが判明した。下図に Kaplan-Meier 法による上下別の累積生存率の推移を示す。



また、次頁にコックス回帰分析における共変量の平均値における生存関数の推移を示す。

コックス回帰分析においても上下別の有意確率のみ 0.03 で有意水準 ($\alpha = 0.05$) を下回っており、上下別の差が影響を及ぼすことが分かった。上下別の差は接着ブリッジの予後に影響を及ぼさないという報告が多いが、本研究では生存率そのものが他の報告より高いこと、特に上顎前歯部接着ブリッジでは、

接着界面に対して前方もしくは側方運動時に引っ張り応力が強く負荷されるため、本研究の結果となったと推測された。



(3) 研究成果総括

本研究で得られた結果より、アルミナサンドブラスト+接着性モノマー処理+アクリル型レジンセメントによる接着というシステムによる接着ブリッジの有用性が、口腔外及び口腔内の双方において検証された。この接着システムは日本発且つ日本独自のシステムである故に、国外では認知度が低いため、今後も継続して本研究の成果を国内外へ発信していく必要がある。

今後は、本研究で検証できなかったコンポジット型との比較を行うと共に、高い成果が得られたアクリル型レジンに対し、更なる強度の向上を図る材料開発へと展開させたい。

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 11 件)

- ① H. Yanagida, N. Tanoue, T. Ide, H. Matsumura: Evaluation of two dual-functional primers and a tribo-chemical surface modification applied for bonding an indirect composite resin to metals, *Odontology*, 97:103-108, 2009.
- ② N. Tanoue, K. Nagano, S. Yanamoto, A. Mizuno. Comparative evaluation of the breaking strength of a simple mobile mandibular advancement splint, *European Journal of Orthodontics*, 31(6): 620-624, 2009.
- ③ K. Koizumi, N. Tanoue, D. Nakayama, T. Ishii, H. Matsumura: A three-unit posterior resin-bonded fixed partial denture seated one year after extraction of second molar: A clinical

report, *International Chinese Journal of Dentistry* 9: 15-18, 2009.

- ④ Y. Matsumoto, M. Furuchi, A. Oshima, N. Tanoue, H. Koizumi, H. Matsumura: Effect of preliminary irradiation on the bond strength between a veneering composite and alloy. *Dental Materials Journal*, 29(1):84-88, 2010.
- ⑤ S. Shimoe, N. Tanoue, T. Satoda, T. Murayama, H. Nikawa, H. Matsumura: Evaluation of single liquid primers with organic sulfur compound for bonding between indirect composite material and silver-palladium-copper-gold alloy. *Dental Materials Journal*, 29(1): 25-29, 2010.
- ⑥ Y. Matsuda, H. Yanagida, T. Ide, H. Matsumura, N. Tanoue: Bond strength of poly(methyl methacrylate) denture base material to cast titanium and cobalt-chromium alloy, *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(3):223-229, 2010.
- ⑦ H. Koizumi, T. Ishii, K. Naito, T. Yoneyama, N. Tanoue, H. Matsumura: Effects of triazine dithione and hydrophobic phosphate monomers on bonding to Ag-Pd-Cu-Au alloy and titanium with a methacrylic resin-based luting agent, *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(3): 215-222, 2010.
- ⑧ D. Nakayama, H. Koizumi, F. Komine, Markus B. Blatz, N. Tanoue, H. Matsumura: Adhesive bonding of zirconia with single-liquid acidic primers and a tri-*n*-butylborane initiated acrylic resin, *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(4): 305-310, 2010.
- ⑨ N. Tanoue, K. Nagano, T. Sawase, H. Matsumura: A nine-year clinical case study of a resin-bonded fixed partial denture seated on the maxillary anterior teeth. *Journal of Prosthodontic Research* 54(3):143-146, 2010.
- ⑩ H. Matsumura, H. Shimizu, N. Tanoue, H. Koizumi: Current bonding systems for resin-bonded restorations and fixed partial dentures made of silver-palladium-copper-gold alloy.

Japanese Dental Science Review, 47: 82-87, 2011.

- ① N. Tanoue, H. Yanagida, T. Sawase: Evaluation of a newly developed polymethyl methacrylate powder for brush-dip technique. Journal of Prosthodontic Research, in press.

[学会発表] (計3件)

- ① N. Tanoue: Repair of a resin-bonded fixed partial denture with overcasting, Korean Academy of Esthetic Dentistry 2009 Autumn Meeting (Seoul), November 8, 2009. {Program and Abstracts, 29p, 2009.}
- ② N. Tanoue: Sprinting of anterior teeth with glass-fiber-reinforced material. 11th Biennial Meeting of Asian Academy of Aesthetic Dentistry (Kuala Lumpur), May 14-17, 2010.
- ③ 田上直美, 柳田廣明: 鑄造用純チタンと義歯床用裏装材との接着に影響を及ぼす因子の検討. 第29回日本接着歯学会学術大会(岡山). 2月5, 6日, 2011. {第29回日本接着歯学会学術大会講演集, 接着歯学, 28(4), 217p, 2010.}

[その他]

ホームページ等

長崎大学 学術研究成果リポジトリ

<http://naosite.lb.nagasaki-u.ac.jp/dspace/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田上直美 (TANOUE NAOMI)

長崎大学病院・冠補綴治療室・講師

研究者番号: 70231620

(2) 研究分担者

柳田廣明 (YANAGIDA HIROAKI)

長崎大学・医歯薬学総合研究科・助教

研究者番号: 20380925

井手孝子 (IDE TAKAKO)

長崎大学・医歯薬学総合研究科・助教

研究者番号: 00291534

(H20, 21→H22: 連携研究者)

田中卓男 (TAKUO TANAKA)

鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授

研究者番号: 40113584

(H20→H21, 22: 連携研究者)

松村英雄 (MATSUMURA HIDEO)

日本大学・歯学部・教授

研究者番号: 40199857

(H20→H21, 22: 連携研究者)

(3) 連携研究者

井手孝子 (IDE TAKAKO)

長崎大学・医歯薬学総合研究科・助教

研究者番号: 00291534

(H22←H20, 21: 分担研究者)

田中卓男 (TAKUO TANAKA)

鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授

研究者番号: 40113584

(H21, 22←H20: 分担研究者)

松村英雄 (MATSUMURA HIDEO)

日本大学・歯学部・教授

研究者番号: 40199857

(H21, 22←H20: 分担研究者)