

平成22年 5月21日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19592214
 研究課題名（和文） コンポジットレジン接着修復の臨床的条件下における評価検討
 研究課題名（英文） Evaluation of resin composite adhesive restoration
 under clinical conditions

研究代表者
 奈良 陽一郎（NARA YOICHIRO）
 日本歯科大学・生命歯学部・教授
 研究者番号：80172584

研究成果の概要（和文）：

本研究では、コンポジットレジン接着修復の臨床的条件下における挙動を明らかにすることを目的に、口腔内環境想定複合ストレス負荷による微小漏洩・窩洞内象牙質接着強さ・微小接着強さに基づく接着信頼性等について検討した。また、*in vivo* / *in vitro* 両用小型接着試験器による臨床的修復歯面を含めた各種歯面に対するレジン接着システムの引張接着強さを評価した。その結果、従前の研究では明らかにされなかった多くの客観的な事象を確認した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research project was to examine the behaviors of resin composite adhesive restoration under clinical condition. Microleakage of adhesive systems, tensile-bond strength to intra-cavity dentin surface and bonding reliability based on bond strength were investigated with combination stress load simulating oral environment. Immediate tensile-bond strengths of resin adhesive systems to various types of tooth surface including prepared surfaces for clinical resin composite restoration were measured and evaluated. From the results, many objective behaviors of resin composite adhesive restoration that had not been clarified by previous researches carried out in the world were confirmed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：(1)コンポジットレジン修復 (2)レジン接着システム (3)歯頸部V字状窩洞
 (4)複合ストレス (5)微小引張接着強さ (6)色素浸透試験 (7)ワイブル分析
 (8)*in vivo* / *in vitro* 接着強さ

1. 研究開始当初の背景

(1) 立体的構造を有する窩洞内における各種歯科材料の接着強さをはじめ、多様な組織学的変化を認める被修復歯面、特に象牙質面(齶蝕罹患象牙質や歯頸部摩擦症露出象牙質)に対する接着強さの測定に際しては、**Micro-tensile Bond Test** の活用とその有用性が世界的容認を受けている。しかし、修復歯から切り出し用いる試料形態の違いは、測定によって得られる引張り接着強さに少なからず影響を及ぼしていると考えられ、実験を行ったところ、試料形態の重要性とその規格化の必要性が確認できる。

(2) 臨床的修復を行った **in vitro** 試料に対し、申請者考案(昭和62年)の複合機能試験機を用いて口腔内環境想定(複合ストレスを負荷し、ついで、試料から規格化した狭小面接着試験用切片を薄切・調整し、その微小引張り接着強さ(μ -TBS値)を測定し、検討する実験系を構築した。この実験系は、修復材料・修復法・負荷条件・修復対象等を変化させることによって、従前の方法では知り得なかった新たな知見を明示することができ、更には新規材料や修復法の開発ならびに予後の予測にも大きく寄与できるものと考えられる。

(3) 申請者が開発(平成9・10年)改良(平成11~13年)した **in vivo / in vitro** 小型接着試験器は、実験室環境下のみならずヒト口腔内においても患者や患歯に侵襲を与えることなく、各種歯科材料の引張り接着強さが測定可能であり、国内外を問わず、一定の測定条件下において **in vivo** 値と **in vitro** 値を同様に測定できる試験器は本試験器以外に存在しない。

(4) 得られた **in vivo** 値と **in vitro** 値は同一次元上で比較検討できることから、本試験器を活用した実験系は、実験室環境下の結果と臨床的結果を融合させることができる優れた手法であり、各種歯科材料や修復法の客観的評価に貢献できるものと考えられる。

2. 研究の目的

(1) 複合機能試験機および **Micro-tensile bond test** を活用した実験系について

レジン系修復材料を用いた修復は、修復時には窩洞内で重合収縮が生じ、さらに修復直後から苛酷な口腔内環境、すなわち咀嚼力、温度、湿潤などに代表される因子が交錯した複合的なストレス下に曝される。

そこで、「立体的構造を有する窩洞内に施された修復が修復中ならびに修復後の多様なストレスを受けた後にどの様な接着挙動を示すか」という点に注目し、これらを明らかにすることを目的に、複合機能試験機と **Micro-tensile bond test** を活用しながら、多様なストレスを受けた

後のコンポジットレジン修復の接着性、特に微小漏洩と窩洞内窩壁歯面に対する接着強さを測定し検討する。

なお、微小漏洩の評価に際しては、色素浸透試験法を併用し、また三時限的要素が影響を与える窩洞内窩壁歯面に対する接着強さの測定に際しては、**Micro-tensile Bond Test** 法を準用する。

(2) **in vivo / in vitro** 小型接着試験器を活用した実験系について

歯質接着性の評価に際しては、従来から多岐にわたる方法によって検討が行われているが、特に接着強さによる評価検討は、基礎的にも臨床的にも重要な示唆に富んでいる。そこで、本実験系では、レジン修復システムの歯質接着性を接着強さの観点から評価するものであるが、従来の検討法と明らかに異なる手法として、接着強さの測定を **in vitro** 環境下のみならず **in vivo** 環境下において実施し、測定値について検討する。

3. 研究の方法

(1) 複合機能試験機および **Micro-tensile bond test** を活用した実験系について

期間内の具体的な研究方法ならびに進行手順としては、まず第1段階として、①臨床的貢献度が高く、かつ複合機能試験機と **Micro-tensile bond test** の特徴を最大限に発揮できる実験計画の検討、②複合機能試験機によって修復試料に対し負荷する適切なストレス条件の検討、③臨床的修復歯面の質的・形状的差異に基づく条件の検討、④市販ならびに試作修復システムからの被験材料の抽出を行う。ついで、第2段階では、⑤規格化 **Micro-tensile Bond Test** 法と複合ストレス負荷試験との組合せ実験による評価検討、⑥質的・形状的差異設定の臨床的修復歯面に対する μ -TBS 値の評価検討、⑦各種(市販・新規試作)修復システムの基本的物性の評価検討、⑧接合界面部の評価検討を実施する。さらに第3段階では、⑨得られた実験・観察結果を臨床的見地から総合的に評価検討し、次年度以降の実験計画構築に役立てると共に、新規素材・修復法の開発改良に活用する。

(2) **in vivo / in vitro** 小型接着試験器を活用した実験系について

具体的な研究方法ならびに進行手順としては、第1段階として、①本研究代表者が平成9~13年に開発改良した **in vivo / in vitro** 両用小型接着試験器を用いた評価項目(被験材料・被験歯質・歯面処理法等)の検討を行う。ついで、第2段階では、②臨床的修復歯面(齶蝕罹患象牙質・歯頸部摩擦症露出

象牙質等)に対する in vivo 測定による評価検討、③臨床的修復歯面・健全歯面に対する in vitro 測定による評価検討、④各種接着システムの信頼性に長けた歯面処理法の in vitro 値による評価検討、⑤接合界面部の評価検討を実施する。さらに第3段階では、⑥得られた実験・観察結果について、総合的に臨床的分析と評価検討を行い、次年度以降の実験計画の構築に役立てると共に、新規素材・修復法の開発改良に寄与させる。

4. 研究成果

(1) 複合機能試験機および Micro-tensile bond test を活用した実験系について

【研究目的】本実験では、3種市販ワンボトル・オールインワン・アドヒーズシステムを用いた歯頸部修復に対する口腔内環境想定での複合ストレスによる影響を明らかにすることを目的に、微少漏洩と微小引張り接着強さ(μ -TBS)および信頼性の観点から評価検討した。

【成績】漏洩試験: Fig.1 に、4 修復システムの微少漏洩結果を示す。

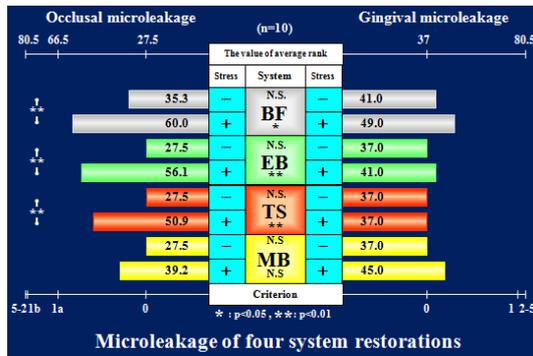
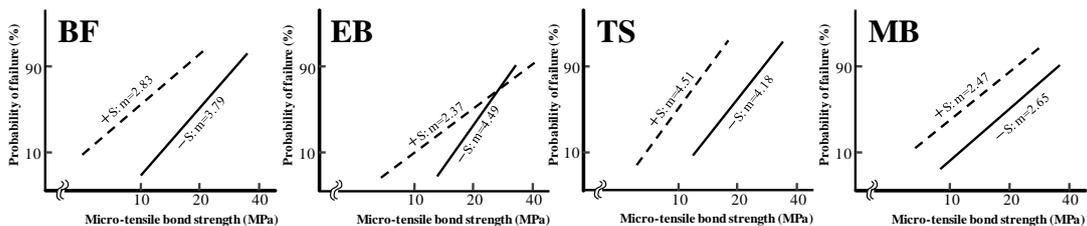


Fig. 1 Microleakage of four system restorations

統計学的分析の結果、歯頂側壁においては、BF・EB・TS いずれも、+S が -S より有意 ($p < 0.01$) に大きな漏洩を示したものの、MB では同等であった。一方、歯肉側壁においては、システムにかかわらず、+S と -S との漏洩は同等であった。さらに、4 修復システムの漏洩は、複合ストレスの有無・窩壁の違いにかかわらず同等であった。また、-S の歯頂側と歯肉側壁間の漏洩は、システムにかかわらず同等であったものの、+S では BF・EB・TS の歯頂側漏洩は歯肉側より有意 ($p < 0.05$) に大きく、MB においては同等であった。

接着試験: Fig.2 に、4 修復システムの平均 μ -TBS 値 (s.d.) を示す。

分析の結果、BF・MB の+S 値は、-S 値より



Probability of failure against micro-tensile bond strength

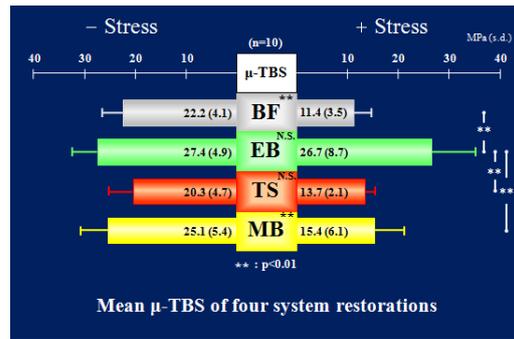


Fig. 2 Mean μ -TBS of four system restorations

有意 ($p < 0.01$) に小さいものの、EB・TS の μ -TBS 値は、複合ストレスの有無にかかわらず同等であった。また、-S の 4 修復システム値は同等であったものの、+S では EB が BF・TS・MB より有意 ($p < 0.01$) に大きな値を示した。

信頼性評価: 下段の 4 図に、4 種システムそれぞれについて、 μ -TBS 値と累積破壊確率との関係を表す回帰直線によって、-S と +S 条件間の違いを示す。ワイブル分析の結果、4 種システムの -S / +S 条件下におけるワイブル係数 (m 値) は、BF:3.79/2.8、EB:4.49/2.37、TS:4.18/4.51、MB:2.65/2.47 であった。各システムの m 値について -S と +S 間の有意差検定を行った結果、BF と EB では +S 値が -S 値より有意 ($p < 0.01$) に小さく、ストレスの負荷によって、窩洞内象牙質壁に対する各システム固有の接着強さ獲得のための信頼性は低下することが判明した。一方、TS と MB の $\pm S$ 値には有意差は認められず、ストレスが負荷された場合でも信頼性は同等であることが明らかとなった。さらに、-S 条件下における BF・EB・TS システム固有の接着強さ獲得のための信頼性は MB より有意 ($p < 0.01$) に優れ、+S 条件下では MB の信頼性と同等または優れることが判明した。

【研究目的】本実験では、口腔内環境における代表的ストレス因子である温度負荷と荷重負荷に注目し、それらの単独ならびに複合ストレスが歯頸部コンポジットレジン修復の接着に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、微少漏洩と微小引張り接着強さ (μ -TBS) の点から評価検討した。

【成績】漏洩試験：Fig.1 に、4 種実験条件の歯頂側壁および歯肉側壁の微小漏洩結果を示す。

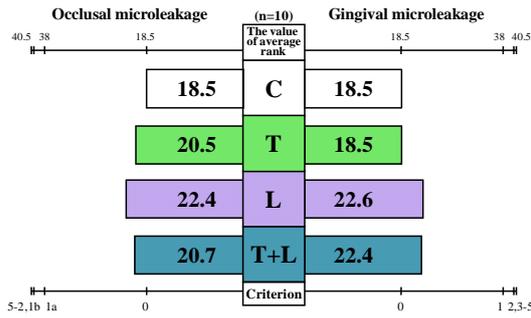


Fig.1 Microleakage of four types of experimental condition

分析の結果、4 条件間の漏洩値に有意差は認められず、また各条件における歯頂・歯肉側壁間の漏洩値にも有意差は認められなかった。

接着試験：Fig.2 に、4 種実験条件の平均 μ -TBS 値 (s. d.) を示す。

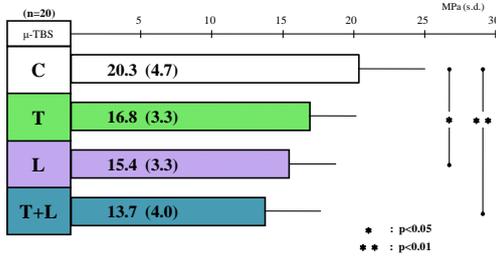


Fig.1 Mean μ -TBS of four types of stress condition

分析の結果、ストレス条件の違いは μ -TBS 値に有意な影響を与え、さらにTはCと同等の μ -TBS 値を示すものの、LおよびT+Lの μ -TBS 値はCより有意に低い値であった。なお、ストレスを加えた3種条件間の μ -TBS 値は統計学的に同等であった。

(2) *in vivo* / *in vitro* 小型接着試験器を活用した実験系について

【研究目的】実際の臨床における修復対象歯面は狭小かつ複雑な形態を呈している。また、被着面となる歯質、特に象牙質においては齶蝕象牙質第1層を除去した齶蝕罹患(影響)象牙質やくさび状欠損部の露出象牙質である場合が多く、健全象牙質とは組織学的にも構造的にも異なる対象といえる。また、口腔内に存在する歯を対象とした臨床的環境下における接着状態と抜去歯を対象とした実験室環境下における接着状態を比較すると、単に対象歯の生死の違いだけではなく、接着操作中の難易度や被着体自体ならびに周囲環境の湿度・温度などが大きく異なることから、両者間に差異が生じて何ら不思議はない。そこで、研究では、これら修復対象歯面に対する *in vivo* / *in vitro* 接着強さを測定し、客観的に評価検討した。

【成績】①健全歯質に対する *in vitro* 接着強さ

図1に、近年の代表的レジジン接着システム11種による歯頸部健全エナメル質・象牙質に対する *in vitro* 引張り接着強さ直後値を示す。



図1 歯頸部健全エナメル・象牙質に対する *in vitro* 引張り接着強さ

測定の結果、オールインワンシステムを含む各種システムの歯頸部歯質に対する接着強さは、エナメル質・象牙質にかかわらず約18MPa以上の値を示した。また、歯面処理ステップの簡略化や抗菌性・フッ素徐放性の兼備などがなされた最近のシステムの多くは、リン酸等を用いた積極的な酸処理後にプライミングボンディングを実施するシステム(SB)と比べ、同等あるいは優れた接着強さの獲得が可能であることが明らかとなった。

②齶蝕罹患象牙質に対する *in vivo* / *in vitro* 接着強さ

図2に、代表的な2ステップ型セルフエッチングプライマーシステム1種と3ステップ型アシッドエッチングアドヒーシブシステム1種による歯頸部齶蝕罹患象牙質に対する *in vivo* / *in vitro* 値を示す。

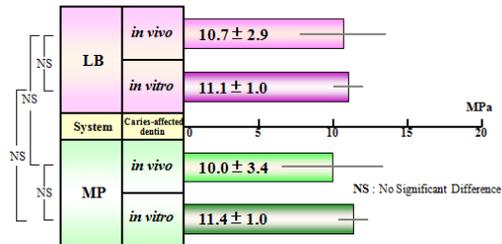


図2 齶蝕罹患象牙質に対する *In vivo* / *in vitro* 接着強さ

統計学的分析の結果、口腔内環境値である *in vivo* 平均値は、実験室環境値である *in vitro* 平均値より約5~10%小さな値を示し、口腔内における接着修復の難しさと同時に、的確な接着操作の励行が術者に求められることが示唆された。

③くさび状欠損部露出象牙質に対する *in vivo* / *in vitro* 接着強さ

図3に、代表的2ステップ型セルフプライミングアドヒーシブシステム(SB)によるくさび状欠損部露出象牙質と健全象牙質に対する *in vivo* / *in vitro* 接着強さを示す。

統計学的分析の結果、環境の違いにかかわらず、くさび状欠損部露出象牙質への値は健全象牙質の値に比べ約15%小さな値を示し、接着強さ獲得において難点を有する歯質であることが明らかとなった。

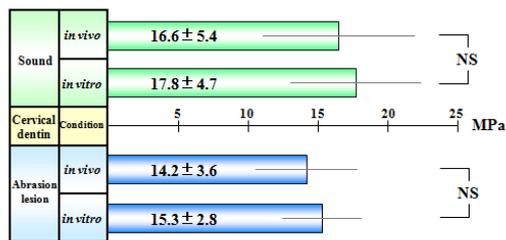


図3 セルフプライミングアドヒージブシステムのくさび状欠損部露出象牙質と健全象牙質に対する in vivo / in vitro 接着強さ

以上に記載した「複合機能試験機および Micro-tensile bond test を活用した実験系」および「in vivo / in vitro 小型接着試験器を活用した実験系」から得られた結果は、国内外で発表された過去の研究では検知できなかった事象を明らかにし、今後の歯科医療に寄与する基礎的臨床的貢献をなしたと思われる。今後は、両実験系に改善を図り、in vivo と in vitro 両環境下における挙動をより客観的に評価検討する。

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4件)

- ① 奈良陽一郎：辛くなく、綺麗で、しっかりとした修復治療を求めて、日歯医学会誌，査読・有，27：69-72，2008.
- ② 鈴木貴規，奈良陽一郎．Er:YAG レーザー照射が歯頸部コンポジットレジン修復の接着信頼性に及ぼす影響．接着歯学，査読・有，26(1)：17-29，2008.
- ③ 相原英信，貴美島 哲，奈良陽一郎，勝海一郎．レジニアドヒープシステムの齶蝕罹患象牙質に対する接着強さと DIAGNOdent™ 値および齶蝕検知液染色度との関係．日歯保存誌，査読・有，51(2)：191-202，2008.
- ④ 長谷川 充，奈良陽一郎．窩洞形態がセルフエッチアドヒープシステムの窩底部象牙質接着に及ぼす影響．日歯保存誌，査読・有，52(1)：68-80，2008.

〔学会発表〕(計27件)

- ① Nara Y，Hara M，Yamada T，Ogawa S，Maseki T，Kimishima T，Dogon I.L.：Bonding durability of All-in-one adhesive systems under thermo-mechanical repeated stress，88th International Association for Dental Research，2010年3月4日，米国ワシントンDC.
- ② 原 学，山田 正，柵木寿男，貴美島 哲，奈良陽一郎，勝海一郎．ワンステップ型レジン接着システムの初期接着強さにおける特徴，第21回日本歯科医学会総会，

2009年11月14日，横浜市。

- ③ 奈良陽一郎：歯頸部コンポジットレジン修復に役立つサービカルフェンス，第20回日本歯科審美学会学術大会，審美修復スキルアップセミナー，2009年9月19日，東京.
- ④ 原 学，貴美島 哲，奈良陽一郎，勝海一郎：口腔内環境想定ストレス因子が歯頸部コンポジットレジン修復の接着に及ぼす影響，第130回日本歯科保存学会，2009年6月11日，札幌市.
- ⑤ 山田 正，原 学，長谷川 充，貴美島 哲，柵木寿男，長倉弥生，久保田賢一，奈良陽一郎，勝海一郎：ビーム状試料の断面積が微小引張り接着強さに及ぼす影響，第129回日本歯科保存学会，2008年11月6日，富山市.
- ⑥ 長谷川 充，奈良陽一郎，勝海一郎：窩洞形態が歯冠部コンポジットレジン修復の窩底部象牙質接着強さに及ぼす影響，第19回日本歯科審美学会総会・学術大会，2008年10月12日，新潟市.
- ⑦ Nara Y，Hara M，Yamada T，Suzuki T，Maseki T，Kimishima T，Dogon I.L.：Bonding performance of recent self-etch adhesive system under combination stress，86th International Association for Dental Research，2008年7月3日，カナダ・トロント市.
- ⑧ Maseki T，Hara M，Yamada T，Shirota A，Suzuki T，Kimishima T，Nara Y，Dogon I.L.：Microleakage of recent self-etch adhesive systems under thermocycled repeated-load stress，86th International Association for Dental Research，2008年7月3日，カナダ・トロント市.
- ⑨ Kimishima T，Nitta T，Maseki T，Nara Y，Dogon I.L.：Relationship among carious dentin bond strength of adhesives，DIAGNOdent value and dyeing degree，86th International Association for Dental Research，2008年7月4日，カナダ・トロント市.
- ⑩ 山田 正，原 学，鈴木貴規，長倉弥生，柵木寿男，貴美島 哲，I.L.Dogon，奈良陽一郎，勝海一郎：ワンボトル・オールインワン・アドヒープシステムを用いた歯頸部修復に及ぼす複合ストレスの影響，第128回日本歯科保存学会，2008年6月5日，新潟市.
- ⑪ Maseki T，Yamada T，Hara M，Hasegawa M，Suzuki T，Kimishima T，Nara Y：Appearance of resin-dentin interface observed by FE-SEM，the International Dental Materials Congress 2007 in Bangkok，

- 2007年11月23日, タイ・バンコック市.
- ⑫ 貴美島 哲, 原 学, 鈴木貴規, 奈良陽一郎, 勝海一郎: 臨床的複合ストレスによって影響を受けた新規多目的ワンボトルワンステップ接着システムの歯頸部接着, 第127回日本歯科保存学会, 2007年11月8日, 岡山市.
- ⑬ 山田 正, 原 学, 鈴木貴規, 柵木寿男, 貴美島 哲, 奈良陽一郎, I. L. Dogon, 勝海一郎: オールインワンアドヒーズシステム歯頸部エナメル質・象牙質に対する初期引張り接着強さ, 第127回日本歯科保存学会, 2007年11月8日, 岡山市.
- ⑭ 鈴木貴規, 原 学, 長谷川 充, 柵木寿男, 貴美島 哲, 奈良陽一郎, 勝海一郎: 新規1液ワンステップレジック接着システムの複合ストレス負荷後における歯頸部接着, 第126回日本歯科保存学会, 2007年6月8日, 大宮市.
- ⑮ Nara, Y., Hara, M., Hasegawa, M., Suzuki, T., Maseki, T., Kimishima, T., Dogon, I. L.: Bonding performance of all-in-one adhesive systems to enamel and dentin, 85th International Association for Dental Research, 2007年3月22日, 米国ニューオーリンズ市.

[図書] (計2件)

- ① 奈良陽一郎, 柵木寿男, 貴美島 哲: 「コンポジットレジック修復」の項目分担, 医歯薬出版株式会社, 保存修復クリニカルガイド第2版, 2009, 177頁 (72-79).
- ② 奈良陽一郎, 貴美島 哲, 鈴木貴規, 代田あづさ, 新田俊彦, 柵木寿男: 「*In vivo / in vitro* 両用小型接着試験器による測定値から」, 「コンポジットレジック修復用各種市販製品の特徴」の項目分担, 接着性コンポジットレジック修復の基礎と臨床, パブリッシャーズ, 株式会社ヒョーロン, 2007, 223頁 (79-84, 187-215).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奈良 陽一郎 (NARA YOICHIRO)
日本歯科大学・生命歯学部・教授
研究者番号: 80172584

(2) 研究分担者

貴美島 哲 (KIMISHIMA TETSU)
日本歯科大学・生命歯学部・講師
研究者番号: 90247023

代田 あづさ (SHIROTA AZUSA)
日本歯科大学・生命歯学部・講師
研究者番号: 10307960

新田 俊彦 (NITTA TOSHIHIKO)
日本歯科大学・生命歯学部・講師
研究者番号: 20247042

鈴木 貴規 (SUZUKI TAKANORI)
日本歯科大学・生命歯学部・講師
研究者番号: 30409221
2007年度末に退職

山瀬 勝 (YAMASE MASARU)
日本歯科大学・生命歯学部・講師
研究者番号: 80301571
2008年度から鈴木貴規の後任

柵木 寿男 (MASEKI TOSHIO)
日本歯科大学東京短期大学・准教授
研究者番号: 50256997
2008年度に連携研究者へ異動

(3) 連携研究者

柵木 寿男 (MASEKI TOSHIO)
研究者番号: 50256997
2008年度から連携研究者
2008年度に日本歯科大学東京短期大学・准教授から教授に昇進
2009年度に日本歯科大学東京短期大学・教授から日本歯科大学・生命歯学部・准教授に異動