

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592815

研究課題名(和文)メタルフリー接着性修復のin vivo/in vitro評価

研究課題名(英文)In vivo/in vitro evaluation of metal-free adhesive restoration

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、見た目にも美しいメタルフリー接着性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)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測定し、評価した。それら得られた結果から、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 esthetic metal-free adhesive restorations under clinical combinations. Microleakage of the restorations, tensile-bond strength to intra-cavity dentin surface and bonding reliability based on bond strength under combination stress simulating intra-oral environment were investigated. Tensile-bond strengths of resin adhesive systems to various types of tooth surface prepared clinically were measured with an in vivo/in vitro portable adhesion tester and evaluated.

From the obtained results, many objective behaviors of metal-free adhesive restorations, that were not clarified by previous researches carried out in the world, were confirmed.

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：メタルフリー修復 接着 in vivo/in vitro 接着強さ 辺縁漏洩 動的荷重ストレス サーマルストレス ワイブル分析

1. 研究開始当初の背景

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(齲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、試料形態の重要性和その規格化の必要性が確認できた。

さらに、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。

一方、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ず、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。

また、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することができるものと考えられる。

2. 研究の目的

「侵襲が少なく、審美的であり、信頼性に長けた歯科治療」は、医療を受ける側の患者(国民)の切なる願いであると同時に、医療を行う歯科医師側にとっても重要な到達目標といえる。

さて、この「侵襲が少なく、審美的であり、信頼性に長けた歯科治療」を具現化する首座的な療法として、歯冠色を有する審美的材料を用いたメタルフリーの接着性修復を挙げることができる。そこで、本研究では、患者・歯科医師双方が求めるメタルフリー接着性修復に焦点を絞り、直接ならびに間接法による質の高い当該修復の達成を図ることを目的に、口腔内環境を想定した in vitro 実験による検討のみならず、口腔内における in vivo

接着強さの測定等を実施しながら、臨床的挙動を推測考察し、新規の材料・修復法の開発や予後の予測について検討する。

3. 研究の方法

本研究課題を達成する方略として、2 系統に配分し実施する。すなわち“複合機能試験機および Micro-tensile bond test を活用した実験系”では、立体的構造を有する窩洞内に施された直接・間接法によるメタルフリー修復が、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ような接着挙動を示すかという点に注目し、研究を実施する。

他方の“in vivo / in vitro 小型接着試験器を活用した実験系”では、メタルフリー直接接着修復における歯質接着性、特にレジン接着システムの接着性を引張り接着強さの観点から評価する。

以下に、それぞれの系統による方法を述べる。

(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

本実験系では、複合機能試験機と Micro-tensile bond test を活用する。具体的には、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、複合機能試験機による口腔内環境ストレス条件の検討、臨床的修復歯面に基づく実験条件の検討、市販ならびに試作修復システムからの被験材料の抽出、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、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、メタルフリー修復材料の基本的物性の評価検討、接合界面部の評価検討を実施する。

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

本実験系では、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、臨床的修復歯面(齲蝕罹患象牙質・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、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、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、接合界面部の評価検討を実施する。

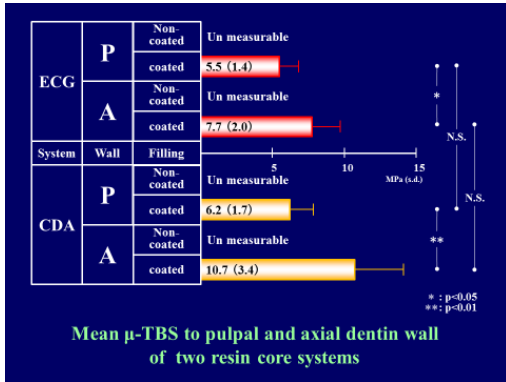
4. 研究成果

以下に、2 系統それぞれの実験系における主要な研究成果の概要を示す。

(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】規格化した 1 級型築造用窩洞に 2 種レジンコアシステムによる歯冠築造を行い、髓床底象牙質ならびに近心軸側壁象牙質への微小接着強さを測定することによって比較検討した。

【成績】得られた結果を下図に示す。



コア材一層塗布を実施しない充填試料 (Non-coated) は調整過程中の離断によって μ-TBS 値が得られなかった。

一方、コア材一層塗布による充填試料 (Coated) の μ-TBS 値は約 10MPa 以下であり、分析の結果、レジンコアシステムの違いにかかわらず、P 壁への μ-TBS 値は A 壁値より有意に小さいことが明らかとなった。また、窩壁象牙質の違いにかかわらず 2 種コアシステムの μ-TBS 値は同等であった。

【研究目的】動的荷重ストレスが髄床底を窩底とするレジンコア併用 2 級 MO コンポジットレジン直接修復の辺縁封鎖性に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、色素浸透試験を行い評価検討した。

【成績】下図に 2 種レジンコアシステムによる修復の歯肉側壁および歯頂側壁の色素浸透試験結果を示す。

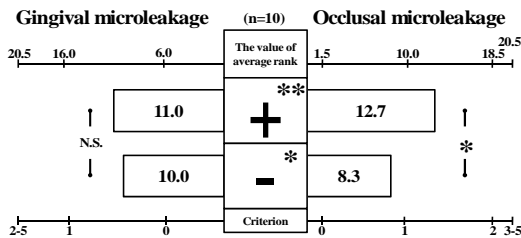


Fig. 2 Gingival and occlusal microleakage of DC with and without dynamic load stress

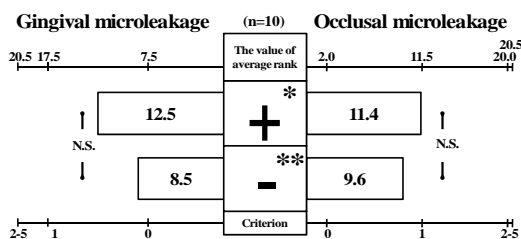


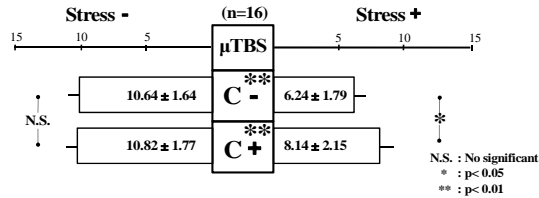
Fig. 3 Gingival and occlusal microleakage of SE with and without dynamic load stress

分析の結果、動的荷重ストレスの負荷は、DC システムによる歯頂側壁の辺縁封鎖性の方に有意な影響を与えていた。また、動的荷重ストレスの有無およびレジンコアシステムの違いにかかわらず、窩壁の違いによって辺縁封鎖性に有意差が認められ、歯頂側壁は

歯肉側壁に比べ、漏洩が生じ易いことが判明した。

【研究目的】レジンコーティングと咀嚼環境想定動的荷重がチェアサイド CAD/CAM を用いたセラミックアンレー修復の窩底部接着強さに及ぼす影響について評価検討を行った。

【成績】本実験の結果を下図に示す。



分析の結果、レジンコーティングの有無・動的荷重の有無は、それぞれ μ-TBS 値に対し有意な影響を及ぼしていた。また、S- 条件下の C+ 値と C- 値には有意差を認めないものの、S+ 条件下では C+ 値が C- 値より有意に大きな値を示した。

さらに、最も臨床に近似した C+S+ 条件下の試料破断面様相は、修復物とレジンセメントによる界面破壊およびセメント内の凝集破壊による混合破壊が主体であった。

【研究目的】フロアブルレジンとユニバーサルレジンによる歯頸部修復に対し口腔内環境を想定した複合ストレスを負荷することにより、辺縁封鎖性、窩洞内微小引張接着強さ (μ-TBS) および接着信頼性の観点から評価検討を行った。

【成績】漏洩評価： Fig. 1 に微小漏洩結果を示す。

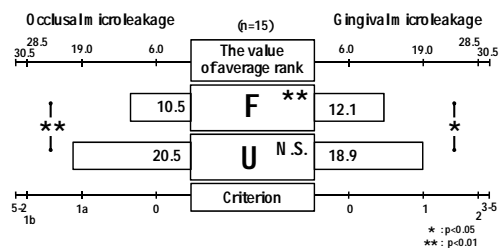


Fig. 1 Difference in microleakage between F and U restorations

歯頂側壁・歯肉側壁共に、F は U より有意に (p<0.01・p<0.05) 小さい漏洩を示した。また、F の歯肉側壁漏洩は歯頂側壁漏洩より有意 (p<0.01) に大きく、

一方、U においては窩壁の違いによる差は認められなかった。

μ-TBS 値評価： F と U の平均 μ-TBS 値 (s.d.) はそれぞれ 30.1(12.4) / 24.4(14.3) MPa であり、有意差を認めなかった。

Fig. 2 に、F と U 間の μ-TBS 値に対する累積破壊確率の違いを示す。

ワイブル係数 (m 値) は F : 2.9、U : 1.2 であり、F は U より有意 (p<0.01) に大きい値を示した。また、累積破壊確率 10% における推定

破壊応力値について、F 値は U 値より有意 ($p < 0.01$) に大きい値を示した。

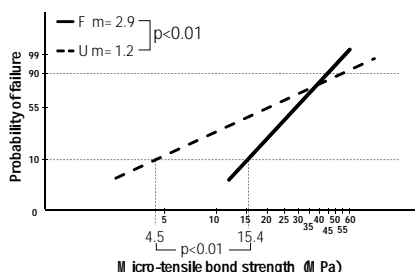


Fig.2 Difference in bonding reliability between F and U restorations

(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】修復頻度の高い歯頸部の齲蝕罹患象牙質 (CAD) および摩耗症露出象牙質 (ALD) に対する接着実態を明らかにすることを目的に、最近の代表的 2 種オールインワン接着システムを用いて、健全切削象牙質 (SD) と健全切削エナメル質 (SE) を対照に初期引張接着強さを測定し、評価検討した。

【成績】Fig. 1 に 2 種システムによる各歯面に対する平均 ITBS 値を示す。

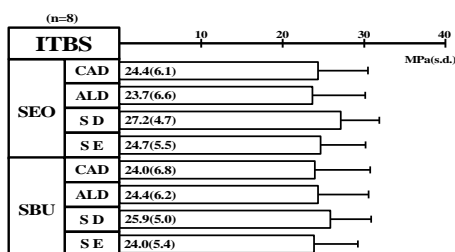


Fig.1 ITBS of two all-in-one adhesive systems to CAD, ALD, SD and SE

分析の結果、歯面・システムの違いは ITBS 値に有意な影響を与えず、各システムによる 4 種歯面間の ITBS 値に有意差は認められなかった。

Fig. 2 に 4 種歯面間の ITBS 値に対する累積破壊確率の違いを示す。

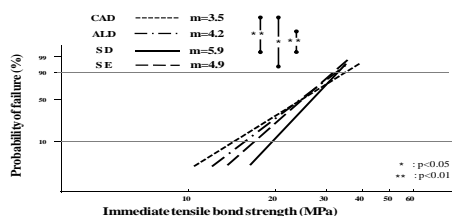


Fig.2 Difference in the probability of failure against ITBS among CAD, ALD, SD and SE

CAD/ALD/SD/SE のワイブル係数 (m 値) はそれぞれ 3.5/4.2/5.9/4.9 を示した。 m 値に対する有意性の検定の結果、CAD 値は SE 値と SD 値に比べ、また ALD 値は SD 値に比べ有意に小さい値であった。以上から、罹患象牙質は健全歯質に比べ、被着体固有の接着強さ獲得に際しての信頼性において、有意に劣ることが判明した。

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 4 件)

- 1) 山田 正, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 動的荷重がハイブリッドセラミックアンレー修復の接着に及ぼす影響. 日本歯科保存学会雑誌, 査読・有, 54: 347 - 360, 2011.
- 2) 小川信太郎, 柵木寿男, 奈良陽一郎: レジンコアシステム応用のコンポジットレジン直接修復における接着実態. 接着歯学, 査読・有, 31: 175 - 190, 2013.
- 3) 山田 正, 柵木寿男, 奈良陽一郎: MODB ハイブリッドセラミックアンレー修復の微少漏洩に及ぼす影響. 日本歯科保存学会雑誌, 査読・有, 57: 83 - 90, 2014.
- 4) 小川信太郎, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 接着性に長けた根管治療後のレジンコア築盛. 歯学, 査読・有, 101 秋季特集号: 49 - 53, 2014.

[学会発表](計 29 件)

- 1) Ogawa S, Maseki T, Nara Y: Effect of dynamic-load-stress on marginal-sealing of class-2-composite-restoration with resin-core reinforcement, American Association for Dental Research 2014, 2014 年 03 月 21 日, Charlotte, North Carolina, USA.
- 2) Maeno M, Yamada T, Maseki T, Nara Y: Effect of dynamic-load and immediate-dentin-sealing on adhesion of CAD/CAM restoration, American Association for Dental Research 2014, 2014 年 03 月 21 日, Charlotte, North Carolina, USA.
- 3) Nara Y, Ishii N, Kawai T, Ogawa S, Dogon I.L.: Bonding reliability of cervical decayed dentin pretreated with recent all-in-one adhesive system, American Association for Dental Research 2014, 2014 年 03 月 20 日, Charlotte, North Carolina, USA.
- 4) 石井詔子, 河合貴俊, 小川信太郎, 長倉弥生, 久保田佐和子, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 歯頸部罹患象牙質に対する接着最近のオールインワン接着システム初期引張接着強さに基づく評価, 第 32 回接着歯学会学術大会, 2013 年 11 月 30 日, 福岡市.
- 5) 前野雅彦, 山田 正, 中村昇司, 柵木寿男, 奈良陽一郎: レジンコーティングと咀嚼環境想定 of 動的荷重が CAD/CAM セラミックアンレー修復の窩底部接着強さに及ぼす影響, 2013 年度日本歯科保存学会秋季学術大会, 2013 年 10 月 17 日, 秋田市.
- 6) 丸山沙絵子, 河合貴俊, 原 学, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 歯頸部修復に対するフロ

- アブルレジン[®]の有用性, 2013年度日本歯科保存学会秋季学術大会, 2013年10月17日, 秋田市.
- 7) 小川信太郎, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 動的荷重ストレスがレジンコアシステム応用コンポジットレジン直接修復の辺縁封鎖性に及ぼす影響, 2013年度日本歯科保存学会春季学術大会, 2013年06月28日, 福岡市.
- 8) Nara Y: Bonding performance of recent all-in-one adhesive systems, The 5th International Congress on Adhesive Dentistry, Special Lecture, 2013年6月15日, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A.
- 9) Maruyama S, Maseki T, Nara Y: Retention of flowable and universal composites in cervical restorations, The 5th international congress on adhesive dentistry, 2013年06月14日, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- 10) Ogawa S, Maseki T, Nara Y: Intra-cavity dentin-wall bond strength of class-2 composite-restoration with resin-core reinforcement, International Association for Dental Research 2013, 2013年03月23日, Seattle, Washington, USA.
- 11) Maruyama S, Kawai T, Yamada T, Hara M, Maeski T, Nara Y, Dogon I.L.: Effect of flowable and universal resin-composites on marginal-sealing of cervical-restoration, International Association for Dental Research 2013, 2013年03月22日, Seattle, Washington, USA.
- 12) Yamase M, Maseki T, Shirota A, Nitta T, Yamada T, Nara Y: Shades of Resin Cements and Try-in Pastes on Ceramic Veneers, International Association for Dental Research 2013, 2013年03月22日, Seattle, Washington, USA.
- 13) Nara Y, Maruyama S, Hara M, Kawai T, Yamada T, Maseki T, Dogon I.L.: Bonding reliability of cervical restoration using flowable and universal resin-composites, International Association for Dental Research 2013, 2013年03月21日, Seattle, Washington, USA.
- 14) Maeno M, Kawai T, Yamada T, Maruyama S, Maseki T, Nara Y, Dogon I.L.: Effect of pretreatment on bonding of resin-cement to various substrates, International Association for Dental Research 2013, 2013年03月21日, Seattle, Washington, USA.
- 15) Yamada T, Maseki T, Nara Y: Effect of dynamic-load on μ -TBS and bonding-reliability of metal-free restoration, International Association for Dental Research 2013, 2013年03月21日, Seattle, Washington, USA.
- 16) 河合貴俊, 前野雅彦, 山田正, 原学, 丸山沙絵子, 長倉弥生, 久保田佐和子, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 各種被着体に対するレジンセメントの接着強さに及ぼす新規汎用性前処理材の効果, 第31回日本接着歯学会, 2012年12月08日, 東京都.
- 17) 丸山沙絵子, 勝海一郎, 河合貴俊, 山田正, 原学, 柵木寿男, 奈良陽一郎: フロアブルレジンによる歯頸部修復の接着実態, 2012年度日本歯科保存学会秋季学術大会, 2012年11月23日, 広島市.
- 18) 小川信太郎, 勝海一郎, 柵木寿男, 奈良陽一郎: 被根管処置レジンコアシステム併用コンポジットレジン2級直接修復における窩洞内象牙質窩壁の接着信頼性に及ぼす繰り返し動的荷重の影響, 2012年度日本歯科保存学会秋季学術大会, 2012年11月22日, 広島市.
- 19) 山田正, 原学, 小川信太郎, 前野雅彦, 丸山沙絵子, 柵木寿男, 奈良陽一郎, 勝海一郎: 動的加重がメタルフリー間接修復の接着強さと辺縁封鎖性に及ぼす影響, 第22回日本歯科医学会総会, 2012年11月09日, 大阪市.
- 20) Maseki T, Yamada T, Nara Y: Mechanical Properties and Polymerization Shrinkage of Recent Flowable Resin Composite, 12th Biennial Meeting of Asian Academy of Aesthetic Dentistry, 23rd Congress of Japan Academy of Esthetic Dentistry, 2012年07月20日, 札幌市.
- 21) 前野雅彦, 秋山沙絵子, 小川信太郎, 山田正, 原学, 柵木寿男, 奈良陽一郎, 勝海一郎, Dogon I.L.: 複合ストレス負荷・非負荷条件下における新規汎用性オールインワン接着システムの歯頸部接着信頼性, 2012年度日本歯科保存学会秋季学術大会, 2012年06月29日, 沖縄県宜野湾市.
- 22) 小川信太郎, 前野雅彦, 秋山沙絵子, 原学, 山田正, 柵木寿男, 奈良陽一郎, 勝海一郎: 動的荷重因子が被根管処置レジンコア併用コンポジットレジン2級修復歯の象牙質接着強さに及ぼす影響, 2012年度日本歯科保存学会春季学術大会, 2012年06月29日, 沖縄県宜野湾市.
- 23) Nara Y, Akiyama S, Maeno M, Hara M, Yamada T, Maseki T, Dogon I.L.: Bonding reliability of all-in-one adhesive systems with/without thermo-mechanical cyclic stress, American Association for Dental Research 2012, 2012年3月24日, Tampa, Florida, USA.
- 24) Maeno M, Akiyama S, Ogawa S, Hara M, Maseki T, Nara Y, Dogon I.L.: Bonding performance of recent all-in-one adhesive systems to abrasion-lesion

dentin, American Association for Dental Research 2012, 2012年3月24日, Tampa, Florida, USA.

25) Hara M, Akiyama S, Maeno M, Ogawa S, Yamada T, Maseki T, Nara Y, Dogon I.L.: Bonding durability of recent all-in-one adhesive systems under Thermocycled Repeated-load, American Association for Dental Research 2012, 2012年3月24日, Tampa, Florida, USA.

26) Yamase M, Maseki T, Nitta T, Shirota A, Yamada T, Nara Y: Color Difference Between Resin Cement and Try-in Paste, American Association for Dental Research 2012, 2012年3月22日, Tampa, Florida, USA.

27) 秋山沙絵子, 前野雅彦, 原 学, 山田正, 柵木寿男, 貴美島 哲, 奈良陽一郎, 勝海一郎: 新規汎用性オールインワン接着システムの接着性能, 2011年度日本接着歯学会学術大会, 2012年1月21日, 函館市.

28) 秋山沙絵子, 前野雅彦, 小川信太郎, 山田正, 原 学, 柵木寿男, 奈良陽一郎, 勝海一郎, Dogon I.L.: 新規オールインワン接着システムの歯頸部辺縁封鎖性に及ぼす口腔内環境想定 of 複合ストレスによる影響, 2011年度日本歯科保存学会秋季学術大会, 2011年10月20日, 大阪市.

29) 小川信太郎, 前野雅彦, 秋山沙絵子, 原学, 山田正, 柵木寿男, 奈良陽一郎, 勝海一郎: 1級型歯冠築造用窩洞におけるレジンコアの接着実態, 2011年度日本歯科保存学会春季学術大会, 2011年6月9日, 千葉県舞浜市.

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

柵木寿男 (MASEKI TOSHIO)
日本歯科大学・生命歯学部・准教授
研究者番号: 50256997

山田正 (YAMADA TADASHI)
日本歯科大学・生命歯学部・助教
研究者番号: 60615178

山瀬勝 (YAMASE MASARU)
日本歯科大学・生命歯学部・准教授
研究者番号: 80301571
2013年4月1日付 講師から昇進

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

小川信太郎 (OGAWA SHINTARO)
日本歯科大学・生命歯学部・助教
研究者番号: 80707646
2013年4月1日付 助教

(3) 連携研究者

該当者なし