

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462899

研究課題名(和文) CAD/CAM修復を含めた審美性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) Investigation of esthetic adhesive restorations including CAD/CAM 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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、CAD/CAM修復を含めた審美性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、口腔内環境想定ストレス負荷による窩洞内象牙質接着強さやそれら接着強さに基づく接着信頼性などについて検討した。また、in vivo/in vitro両用小型接着試験器による臨床的に処理した各種歯面に対する最近のレジン接着システムの直後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、これまでの研究では明らかにでき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 adhesive restorations including CAD/CAM restoration under clinical conditions. The micro-tensile bond strength to intra-cavity dentin surface and the bonding reliability based on the bond strength under stress-load simulating intra-oral environment were investigated. The immediate tensile-bond strengths of recent resin adhesive systems to various types of tooth surface prepared clinically were measured with an in vivo/in vitro bi-use portable adhesion tester and then evaluated.

From the obtained results, many objective behaviors of esthetic adhesive restorations including CAD/CAM restoration that had not been clarified by previous studies were confirmed.

研究分野：医歯薬学

キーワード：接着修復 CAD/CAM修復 審美性修復 微小接着強さ 接着信頼性 繰り返し荷重 レジン接着システム
CAD/CAM用ブロック

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(齶蝕罹患象牙質や歯頸部摩耗症露出象牙質)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(PAT)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。これら両者の願いや目標を具現化する首座的療法として、MI 療法が活用できる審美的接着修復を挙げることができる。また今後の歯科医療では、デジタルテクノロジーの進展を受け、歯科用 CAD/CAM システムによるメタルフリー審美的修復治療に大きな期待がもたれている。

そこで、本研究では、患者・歯科医師双方が求める CAD/CAM 修復を含めた審美的接着修復に焦点を絞り、直接法と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予測について検討する。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成する方略として、複合機能試験機および Micro-tensile bond test を活用した実験系と *in vivo* / *in vitro* 小型接着試験器を活用した実験系を構築し、これを行う。

以下に、それぞれの実験系について説明する。

(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

レジン系修復材料を用いた修復は、直接修復時においては、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。これらは修復直後の接着を経時的に減弱劣化させ、その結果として臨床的な予後を大きく変化させる。無論、直接法・間接法にかかわらず、修復法や修復材料の最終的な評価は、長期の臨床結果や予後に託されるが、臨床的に起こりうる諸条件を設定した口腔内環境想定(複合ストレス)環境下で客観的に検討することは、次世代の新たな修復法や新規材料の考案と開発に際し大きく寄与できる。そこで、「立体的構造を有する窩洞内に施された CAD/CAM 修復を含めた直接・間接法による審美的接着修復が、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、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接着性、特に微小引張り接着強さを測定し検討する。また、微小漏洩の評価に際しては、色素浸透試験法を併用し検討する。具体的には、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、CAD/CAM 修復物の窩洞適合性および MI 導入 CAD/CAM 修復の接着挙動の評価検討、各種(市販・新規試作)審美的接着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(PAT)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。本実験系は、審美的接着修復、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ものである。具体的には、*in vivo* / *in vitro* 両用小型接着試験器(PAT)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。臨床的修復歯面(齶蝕罹患象牙質・歯頸部摩耗症露出象牙質等)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系統の実験系によ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

【目的】象牙質レジンコーティングならびにセメント接着時のボンディング材事前塗布がチェアサイド型歯科用CAD/CAMシステムによるセラミックアンレー修復の辺縁封鎖性に及ぼす影響について評価検討を行った。

【成果】得られた結果を下図に示す。

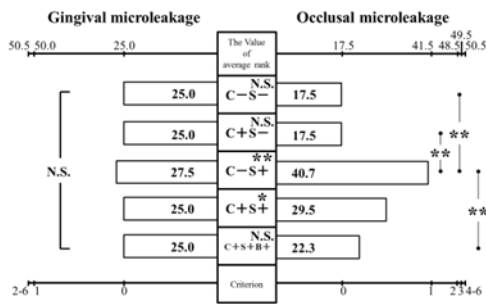
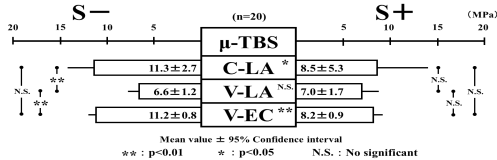


Fig. 2 Difference in gingival and occlusal microleakage among five experimental conditions

動的荷重・象牙質コーティング・ボンディング材事前塗布の有無にかかわらず、歯肉側窩縁からの漏洩は生じにくいことが明らかとなった。また、咬合面窩縁からの漏洩は動的荷重の負荷によって生じ、象牙質コーティングとボンディング材事前塗布の併用は有意に辺縁封鎖性を改善することが判明した。

【目的】新規接着性レジンセメントシステムと新規ハイブリッド型レジンブロックを用いたCAD/CAMアンレー修復の接着挙動について着目し、切削加工用ブロックの違いと動的荷重ストレスの有無による影響を含め、微小引張接着強さ(μ-TBS)を指標として評価検討を行った。

【成果】得られた結果を下図に示す。



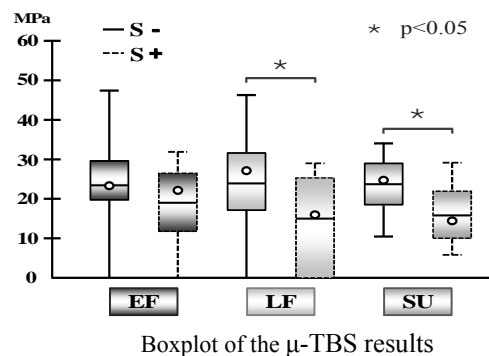
Mean μ-TBS of three CAD/CAM restorations with / without dynamic cyclic load stress

動的荷重ストレスの負荷によって、長石系ブロックとの接着は数値的に堅持されるものの、新規レジンブロックとの接着、加えて自己接着能を具備しないセメント EC と長石系ブロックとの接着 (V-EC) は有意な侵襲を受けることが確認できた。このブロックによる差異は、ストレスの有無によっても変化している。特に、臨床的環境を想定した S+ 条件に注目した場合、3種修復の接着破壊に要

する応力値は同等ではあるものの、レジンセメントとの接着には、ミリング面の無機質/レジン比率や表面微小形状などを影響因子とする“接着の質”に違いがあることが考えられる。CAD/CAM 歯冠部修復の接着挙動は、用いるレジンセメントと切削加工用ブロックとの組み合わせによって異なることが明らかになった。

【目的】フロアブルレジンによる咬合面 1 級修復の接着実態を明らかにすることを目的に、ユニバーサルレジンを対照として臨床的な修復を行い、口腔内環境を想定した繰り返し動的荷重ストレスの有無条件下における窩洞内微小引張接着強さ(μ-TBS)から評価検討を行った。

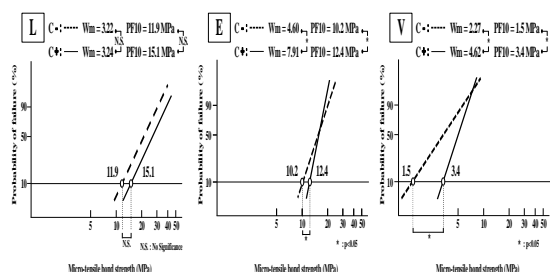
【成果】得られた結果を下図に示す。



ストレスの有無条件にかかわらず、修復用レジンの違いはμ-TBS値に有意な影響を与えていないことが判明した。しかし、修復用レジンに注目した場合、LFとSUはストレス負荷によって、μ-TBS値は有意に低下した。また、測定試料調製中の離断試料数は S- 条件で EF:1、LF:2、S+ 条件で EF:2、LF:6 であった。以上から、大白歯咬合面 1 級修復の髓側壁象牙質接着強さに及ぼす動的荷重ストレスによる影響は、修復用レジンによって異なり、フロアブルレジンの EF による修復はストレスによる影響を受けにくいことが確認された。

【目的】レジンコーティングの有無条件下におけるメタルフリーCAD/CAM アンレー修復の接着を明らかにすることを目的に、咀嚼環境想定動的荷重ストレス負荷後の窩洞内微小引張接着強さ(μ-TBS)を測定することによって評価検討した。

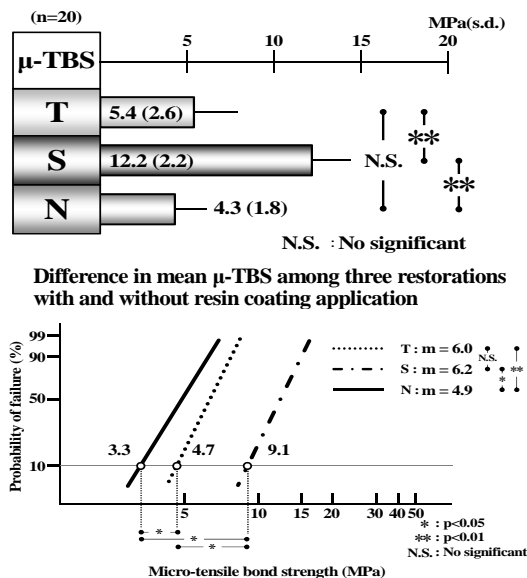
【成果】得られた結果を下図に示す。



ブロックの違いにかかわらず、C+群はC-群に比べ同等または有意に大きな μ -TBS値を示した。一方、コーティングの有無にかかわらず、ブロックの違いは μ -TBS値に対し有意な影響を与え、LとEはVに比べ有意に大きな μ -TBS値を示した。また、ブロックの違いにかかわらず、C+群はC-群に比べ同等または有意に大きな W_m 値を示した。さらに、コーティングの有無にかかわらず、ブロック固有の μ -TBS値獲得のための信頼性は、Eが最も優れていた。加えて、PF10に注目した場合、EとVのC+値はC-値に比べ有意に大きく、Lでは有意差を認めなかった。また、PF10はコーティングの有無にかかわらず、LとEの値はV値に比べ有意に大きかった。以上から、レジンコーティングの応用は、メタルフリーCAD/CAMアンレー修復の接着強さ、接着信頼性および耐久性の向上に有効であった。

【目的】 CAD/CAM セラミックアンレー修復の接着に対するレジンコーティングの効果について明らかにすることを目的に、咀嚼環境想定 of 動的荷重負荷条件下における窩洞内微小引張接着強さ(μ -TBS)を測定することによって評価検討を行った。

【成果】 得られた結果を下図に示す。



Difference in the Weibull modulus (m) and the stress values for the 10% probability of failure among three restorations with and without resin coating application

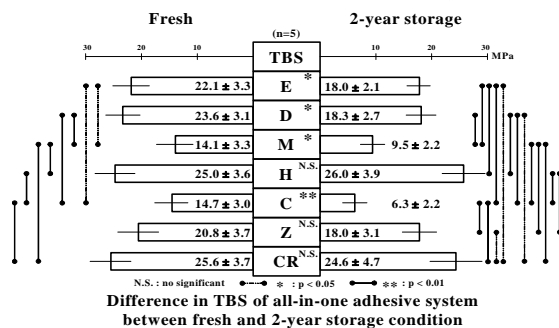
T/S/N 群の各 ptf 数は 3/0/2 であった。分析の結果、T 群と N 群の間には有意差を認めなかったものの、S 群は T・N 群より有意に大きい値を示した。T/S/N 群の Weibull 係数は、T・S 群が N 群より有意に大きい値を示した。さらに、臨床的示唆に富む累積破壊確率 10% に対する推定応力値は、T 群が N 群より、さらに S 群が T・N 群より有意に大きい値を示した。

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

【目的】 2年間の常温保管期限が、汎用性オ

ールインワンアドヒーズシステムの各種被着体接着強さに及ぼす影響を明らかにすることを目的に、一般的な直接修復と補修復を想定した歯質および各種被着体に対する引張接着強さを測定し、評価検討を行った。

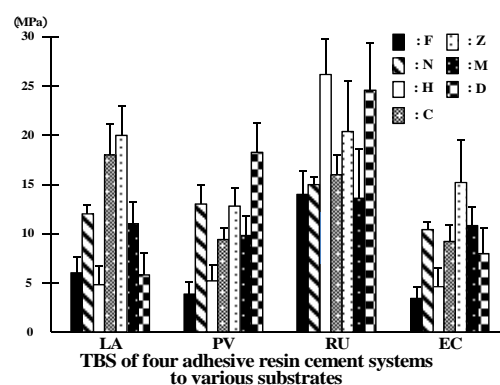
【成果】 得られた結果を下図に示す。



2年間の常温保管が代表的な汎用性オールインワンアドヒーズシステムの TBS に与える影響は、被着体によって異なっていた。その実態は、高密度充填型歯冠用硬質レジン、ジルコニア、コンポジットレジンへの接着強さは新鮮処理液と同等の値を示すものの、健全エナメル・象牙質、12%Au-Pd 合金、長石系ガラスセラミックスでは有意な接着強さの低下が認められた。

【目的】 最近のレジンセメントシステムによる各種被着体に対する接着特性について検証することを目的に、引張接着強さの観点から検討を行った。

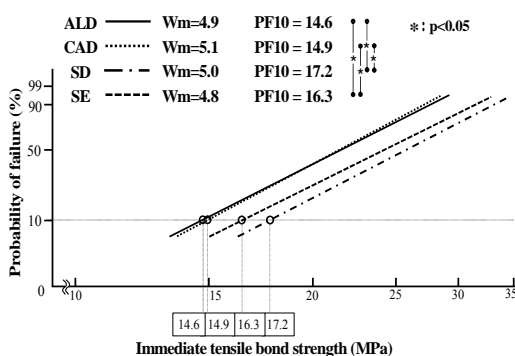
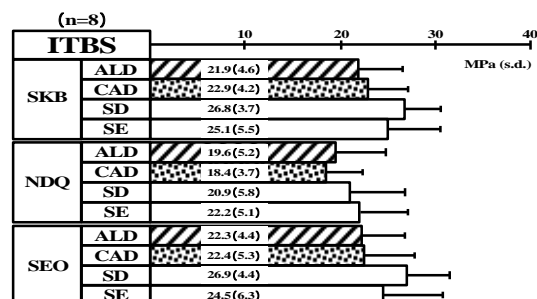
【成果】 得られた結果を下図に示す。



セメントシステムおよび被着体の違いは共に TBS 値に有意な影響を与え、また TBS 値に対するセメントシステムの効果は、被着体によって有意に異なることが明らかとなった。セメントシステムに注目すると、LA の前処理ならびに自己接着能は、無機質が被着面の主体となる場合に有効であると推察された。また歯面用前処理材；PANAVIA V5 Tooth Primer の優れた改質効果に加え、RU の汎用性前処理材；Scotchbond Universal の有効性が認められた。以上から、最近のレジンセメントシステムは、被着体によって有意に異なる接着特性を示すことが明らかとなった。

【目的】処理液塗布後に“待ち時間なし”で微風乾燥可能な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、摩耗症露出象牙質(ALD)と齲蝕罹患象牙質(CAD)への初期引張接着強さ(ITBS)を測定し、これら値に基づく接着評価を図った。

【成績】得られた結果を下図に示す。



接着システム / 歯質の違いは ITBS 値に対し有意($p < 0.01$ / $p < 0.05$)な影響を与えていた。3種システムの ITBS 値は SKB SEO > NDQ の順に大きな値を示し、SKB・SEO と NDQ 間に有意差を認めた ($p < 0.01$)。一方、歯質の ITBS 値は SD SE ALD CAD の順に大きな値を示し、SD と CAD 間にのみ有意差を認めた ($p < 0.05$) が、各システムによる 4 種歯質値には有意差を認めなかった。また、4 種歯質間の Wm 値に有意差は認めなかった。一方、罹患象牙質(ALD・CAD)の PF10 値は健全切削象牙質(SD・SE)値に比べ、それぞれ有意 ($p < 0.05$) に小さい値を示した。

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) Ishii N, Maseki T, Nara Y. Bonding state of metal-free CAD/CAM onlay restoration after cyclic loading with and without immediate dentin sealing. Dental Materials journal, 査読・有, Vol. 36, 2017, 357-367
doi : 10.4012/dmj.2016-289 .
- 2) Kawai T, Maseki T and Nara Y. Bonding of flowable resin composite restorations to class 1 occlusal cavities with and without cyclic load

stress. Dental Materials Journal, 査読・有, Vol. 35, 2016, 408-417
doi : 10.4012/dmj.2015-325.

- 3) 丸山沙絵子, 柵木寿男, 奈良陽一郎 . 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の接着差違 . 日本歯科保存学会雑誌, 査読・有, 57 巻, 2014, 429-441
doi : 10.11471/shikahozon.57.429.
- 4) 前野雅彦, 山田 正, 奈良陽一郎 . CAD/CAM セラミックアンレー修復の接着 - 象牙質レジンコーティングが窩洞内接着強さに及ぼす効果 - . 接着歯学, 査読・有, 32 巻, 2014, 77-87

〔学会発表〕(計 11 件)

- 1) Koshida S, Hayashi K, Kawai T, Ogawa S, Nagakura Y, Maseki T, Nara Y: Bonding of waiting-time-free all-in-one adhesive systems to cervical lesion dentin, International Association for Dental Research 2017, 2017/03/24, San Francisco (USA)
- 2) Ishii N, Maseki T, Nara Y: Bonding state of metal-free CAD/CAM restoration after cyclic loading w/o immediate dentin sealing, International Association for Dental Research 2017, 2017/03/23, San Francisco (USA)
- 3) Nara Y, Ishii N, Maeno M, Ogawa S, Kawai T, DOGON I.L.: Effect of metal-free block on bonding of CAD/CAM restoration under thermomechanical cyclic stress, International Association for Dental Research 2017, 2017/03/23, San Francisco (USA)
- 4) Hayashi K, Ogawa S, Hara M, Maseki T, Nara Y: Bonding performance of waiting-time-free all-in-one adhesive systems under thermo-mechanical cyclic stress, International Association for Dental Research 2017, 2017/03/23, San Francisco (USA),
- 5) Murata T, Maeno M, Ogawa S, Maseki T, DOGON I.L., Nara Y: Effect of immediate dentin sealing application on bonding of CAD/CAM ceramic onlay restoration, International Association for Dental Research 2017, 2017/03/23, San Francisco (USA)
- 6) Nara Y, Ishii N, Maeno M, Ogawa S, Kawai T and DOGON I.L.: Bonding reliability of CAD/CAM onlay restoration using hybrid resin composite milling block, American Association for Dental Research 2016, 2016/03/17, Los Angeles (USA)
- 7) Kawai T, Maseki T, Nara Y, Dogon I.L.: Actual bonding state of class 1 restoration using flowable resin composites compared to universal resin

composite, International Association for Dental Research 2015, 2015/03/13, Boston (USA)

- 8) Nara Y, Maeno M, Murata T, Dogon I.L.: Effect of two year storage on bonding of all-in-one adhesive system, International Association for Dental Research 2015, 2015/03/12, Boston (USA)
- 9) Murata T, Maeno M, Ogawa S, Maseki T, Nara Y, Dogon I.L.: Bonding of latest adhesive resin cement systems to various substrates, International Association for Dental Research 2015, 2015/03/12, Boston (USA)
- 10) Ishii N, Maeno M, Ogawa S, Maseki T, Nara Y: Bonding behavior of CAD/CAM restoration using new hybrid resin composite block and resin adhesive cement, International Association for Dental Research 2015, 2015/03/12, Boston (USA)
- 11) Maeno M, Maseki T, Nara Y: Effect of cyclic load stress and additional pretreatments on microleakage of CAD/CAM restoration, International Association for Dental Research 2015, 2015/03/12, Boston (USA)

〔図書〕(計 6 件)

- 1) 奈良陽一郎, 柵木寿男, 小川信太郎, 株式会社 永末書店, 保存修復 21, 2017, 321
- 2) 奈良陽一郎, 柵木寿男, 医歯薬出版株式会社, 保存修復クリニカルガイド, 2015, 177
- 3) 奈良陽一郎, 医歯薬出版株式会社, 接着歯学 第2版, 2015, 186
- 4) 奈良陽一郎, 株式会社デンタルダイヤモンド社, 日常臨床のレベルアップ&ヒント, 2015, 183
- 5) 奈良陽一郎, 柵木寿男, 株式会社デンタルダイヤモンド社, コンポジットレジン修復のベーシック&トレンド, 2015, 149
- 6) 奈良陽一郎, 柵木寿男, 医歯薬出版株式会社, 保存修復学 第6版, 2015, 272

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: 8 0 1 7 2 5 8 4

(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: 5 0 2 5 6 9 9 7

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: 8 0 7 0 7 6 4 6

前野 雅彦 (MAENO MASAHIKO)
日本歯科大学・生命歯学部・助教
研究者番号: 2 0 7 3 6 3 3 4

新田 俊彦 (NITTA TOSHIHIKO)
日本歯科大学・生命歯学部・講師
研究者番号: 2 0 2 4 7 0 4 2

山瀬 勝 (YAMASE MASARU)
日本歯科大学・生命歯学部・准教授
研究者番号: 8 0 3 0 1 5 7 1

(4)研究協力者

丸山 沙絵子 (MARUYAMA SAEKO)

河合 貴俊 (KAWAI TAKATOSHI)

石井 詔子 (ISHII NORIKO)

村田 卓也 (MURATA TAKUYA)

林 孝太郎 (HAYASHI KOTARO)

越田 清祐 (KOSHIDA SEISUKE)