

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11175

研究課題名(和文) スクリュー固定式インプラント支持のジルコニア補綴装置の破壊抵抗

研究課題名(英文) Fracture resistance of screw-retained implant-supported zirconia-based prostheses

研究代表者

小峰 太 (KOMINE, Futoshi)

日本大学・歯学部・准教授

研究者番号：90287657

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：スクリュー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の臨床応用への臨床的な示唆を得ることを目的とし研究を行った結果、以下の新たな知見を得た。破壊抵抗の観点から、スクリュー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の前装材料として、コンポジットレジンに代わりうる材料である。フルジルコニアクラウンは構造上の点から、安定した破壊抵抗を示す。今回の研究で評価した4種類のスクリュー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置は、大臼歯部の咬合圧に耐えうる破壊抵抗を有する。

研究成果の概要(英文)：The objective of this in vitro study was to investigate fracture loads of screw-retained zirconia-based molar prostheses (hybrid abutment crown) fabricated with different restorative materials and designs. Within the limitations of this in vitro study, the following conclusions were drawn: 1. Fracture loads were significantly higher for screw-retained implant-supported monolithic zirconia prostheses than for screw-retained bilayered prostheses. 2. The fracture resistance of the indirect compositelayered zirconia-based prostheses was comparable to that of the porcelain-layered zirconia-based prostheses and metal ceramic prostheses. 3. All screw-retained implant-supported prostheses tested were able to withstand physiological molar masticatory forces.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：ジルコニア インプラント上部構造 スクリュー固定 破壊抵抗

### 1. 研究開始当初の背景

インプラント支持の陶材焼付金属冠に関して、これまでの臨床研究においてセメント固定式に比較してスクリュー固定式の方が、前装陶材の微小破折が高い頻度で発生したと報告されている。これは、スクリュー固定式に必要なアクセスホール部において、前装陶材のサポートが不十分であることに起因すると考えられている。

歯科補綴領域においてジルコニアセラミックスは、その優れた生体親和性および物理学的性質を生かし、インプラント上部構造およびクラウン・ブリッジのフレームワーク、あるいはインプラント用アバットメント材料として応用されている。インプラント支持ジルコニア補綴装置は、現在広く臨床応用されており、破壊強度、適合性など各方面で研究が進められている。しかし、そのほとんどはセメント固定式に関する研究内容で、スクリュー固定式によるジルコニア補綴装置に関する報告は非常に少ないのが現状である。

研究代表者らはこれまでに、インプラント上部構造としてジルコニアフレームに間接修復用コンポジットレジンを用いた補綴装置(コンポジット前装ジルコニアクラウン)の破壊強度および長期安定性について、さらに、ジルコニアフレーム形態の違いがインプラント支持ジルコニア補綴装置の破壊抵抗に及ぼす影響についての研究を行い、その成果を国際学術誌に掲載している。

上記の研究は、インプラント上部構造装着はセメント固定式によるものである。セメント固定式は、審美性やシンプルな製作方法などから広く臨床で用いられているが、最近では、セメントの残留や着脱の容易さなどに優れたスクリュー固定式が推奨される傾向にある。ジルコニアを用いたスクリュー固定式の上部構造の製作は、より複雑であるためあまり臨床で応用されていない。一方では、前述のスクリュー固定式の利点に加えて、アバットメントを使用しそれにジルコニア補綴装置をレジン系装着材料で接着させることで、ジルコニア焼結時の変形を補償可能であると予想される。

そこで本研究では、研究代表者のこれまでの研究成果を発展させ、スクリュー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の長期耐久性を含めた破壊抵抗について検討、評価を行う。さらには、ジルコニア補綴装置の構造の違い(二層構造:ジルコニアに前装陶材を築盛したクラウン、単層構造:ジルコニア単体で製作されたクラウン)が破壊強度に及ぼす影響を検証する。これにより、臨床応用に先駆けその可能性の検証、臨床術式の確立を目的とし、本研究を企画した。

以上の研究計画により、ジルコニアをフレームワークとするインプラント支持のジルコニア補綴装置に関して、素材、臨床術式、技工術式等に検討を加え、臨床応用に示唆を与えることが可能と考える。

### 2. 研究の目的

インプラント支持の陶材焼付金属冠に関する臨床研究で、セメント固定式に比較してスクリュー固定式では高い頻度での前装陶材の微小破折(チッピング)が報告されている。しかし、ジルコニア修復物をインプラント上部構造として使用した場合の、上部構造の固定方法の違いによる破壊強度等に関する情報が非常に少ないのが現状である。本研究では、口腔内でのスクリュー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の長期安定を獲得することを最終目的とし、スクリュー固定式のジルコニア補綴装置の破壊抵抗および長期耐久性の評価、さらにはジルコニア補綴装置の構造の違いが破壊抵抗に及ぼす影響を評価することを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) 下顎第一大臼歯欠損症例を想定し、合計 44 本のインプラントを修復物の種類によって、陶材前装ジルコニア修復物(以下 PLZ)、コンポジット前装ジルコニア修復物(以下 ILZ)、陶材焼付金属冠(以下 MC)、モノリシックジルコニア修復物(以下 MONO)の 4 つの群(n = 11)に分けた。

PLZ 群のジルコニアフレームワークの製作には、歯科用 CAD/CAM システム(Katana、Kuraray Noritake Dental Inc.)を用いた。フレームワーク形態は、咬合面の厚さを 1.0 mm、軸面の厚さを 0.5 mm とし、直径 2.7 mm のアクセスホールを咬合面に設定した。修復物の形態が統一した形態になるよう、前装陶材(Cerabien ZR、Kuraray Noritake Dental Inc.)の築盛を行った。前装陶材は製造者指示に従い、オペークポーセレン(SBA2)、デンティンポーセレン(A2B)、エナメルポーセレン(E2)の順に築盛、焼成を行った。陶材焼成後、修復物の厚みと形態を確認し、その後グレージングを行った。

ILZ 群のジルコニアフレームワークは、PLZ 群と同様の方法で製作した。アルミナプラスト処理を行った前表面に対して、間接修復用コンポジットレジン築盛前に、プライマー(Estenia Opaque Primer、Kuraray Noritake Dental Inc.)を用いて処理を行った。次に、オペーク(Estenia C&B Body Opaque OA2、Kuraray Noritake Dental Inc.)を塗布し、さらに、デンティン(Estenia C&B Dentin DA2、Kuraray Noritake Dental Inc.)およびエナメル(Estenia C&B Body Enamel E2、Kuraray Noritake Dental Inc.)の築盛、重合を行った。各試料の形態、厚みを確認後、研磨を行った。

MC 群の 11 個のワックスパターンは、プラスチック製の UCLA アバットメント(WPC51C、Biomet 3i)上にワックス(Inlay Wax Medium、GC Corp.)を追加して、形成した。金合金(G96-h、Kuraray Noritake Dental Inc.)をアルゴンガスによって溶融し、歯科技工用

高周波鋳造器 (Argoncaster AE, Shofu Inc.) を用いて鋳造を行った。全ての試料は、前装陶材 (Super porcelain AAA, Kuraray Noritake Dental Inc.) を用いて、PLZ 群と同様の方法で築盛、焼成を行い、形態を確認後、グレーズングを行った。

MONO 群は、PLZ 群の最終的な歯冠形態と一致させるように、チタン製アバットメント上に歯冠形態のワックスパターンを形成した。アバットメントとワックスパターンは歯科用 CAD/CAM システム (Katana, Kuraray Noritake Dental Inc.) にてスキャニングし、ジルコニアブロック (Katana Zirconia ML, Kuraray Noritake Dental Inc.) から機械切削を行い、その後完全焼結を行った。

PLZ 群、ILZ 群および MONO 群の試料内面に対して、アルミナプラスト処理を行った後、ボンディング材 (Clearfil Photo Bond Bonding agent, Kuraray Noritake Dental Inc.) とプライマー (Clearfil Porcelain Bond Activator, Kuraray Noritake Dental Inc.) の等量混和液で表面処理を行った。アバットメントの表面に対しては、アルミナプラスト処理を行い、その後ボンディング材 (Clearfil Photo Bond Bonding agent, Kuraray Noritake Dental Inc.) にて表面処理を行った。試料をレジ系装着材料 (Panavia F2.0, Kuraray Noritake Dental Inc.) を用いてアバットメントに接着した。全ての試料を締結圧 32 N でインプラント体に装着し、アクセスホールを暫間修復材料 (Fermit N, Ivoclar Vivadent AG) にて仮封した。その後、試料を破壊強度試験前に 37 精製水中に 24 時間保管した。

全ての試料は万能試験機 (Type 5567, Instron Corp.) を用いて、クロスヘッドスピード毎分 0.5 mm の条件下で破壊強度試験を行った。静的圧縮荷重は各試料が破壊されるまで負荷した。破壊強度は、最大荷重値から 10% 減少した時点における圧縮荷重値とした。

得られたデータは統計学的分析ソフトウェア (IBM SPSS Statistics ver. 19.0, IBM) を用いて、正規性と等分散性を確認するために Kolmogorov-Smirnov 検定および Levene 検定を行った。Kolmogorov-Smirnov 検定から正規性は得られたが、Levene 検定から等分散性は得られなかった。そこで、本研究ではノンパラメトリック検定を用いることとし、Kruskal-Wallis 検定 (IBM SPSS Statistics ver. 19.0, IBM) と Steel-Dwass 検定 (KyPlot 5.0, KyensLab Inc.) を用いた。

破壊試験後、試料の破壊面を 32 倍の光学顕微鏡 (Stemi DV4, Carl Zeiss Co.) を用いて観察した。破壊形式は、完全破壊と前装材料内の破壊に分類した。また、走査電子顕微鏡 (S-4300, Hitachi High Technologies Co. Ltd., 以下 SEM) を用いて試料表面の観察を行った。破壊面の成分分析はエネルギー分散方式蛍光 X 線分析装置 (Rany EDX-900、

Shimadzu Co., 以下 EDX) を用いて計測した。さらに、製作した各試料の内面状態を観察するため、破壊試験の前後において、in vivo micro CT 装置 R<sub>m</sub>CT (Rigaku, 以下 micro-CT) を用いて 6.7 倍の倍率で撮影を行った。

(2) スクリュー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の長期耐久性を評価した。上記 (1) の方法と同様に試料製作を行い、その後、口腔内環境を想定した加速劣化試験を行った。加速劣化試験条件は、直径 6 mm のステンレスボースを試料中心窩に荷重圧 49 N、サイクル 1.7 Hz で 120 万回の繰り返し荷重 (K517, Tokyo Giken) および 10, 000 回 (5 と 55 に各 60 秒間浸漬) の水中熱サイクル負荷とした。その後、上記 (1) と同様な方法で、破壊強度試験、破壊強度試験後の試料観察を行った。さらに、繰り返し荷重 30 万回ごとにマイクロ CT 検査を行い、インプラント支持ジルコニア補綴装置内部構造を観察し、経時的変化を評価した。

#### 4. 研究成果

(1) Steel-Dwass 検定の結果、MONO 群の破壊強度 (平均値: 7.54 kN) が、他の 3 群の破壊強度 (平均値: 1.45 ~ 1.96 kN) と比較して有意に高い破壊強度を示した。また、PLZ 群、ILZ 群および MC 群間に統計学的有意差は認められなかった。PLZ 群、ILZ 群および MC 群において、全ての試料は前装材料内の破壊であり、フレームワークと前装材料の混合破壊を示していた。一方、MONO 群の破壊形式は完全破壊を呈していた。

SEM による破壊面観察において、PLZ 群、ILZ 群および MC 群で前装材料と考えられる残留物が確認された。一方、MONO 群では単一なジルコニア面が確認された。PLZ 群および ILZ 群の EDX 分析で、フレームワークの構成成分であるジルコニウム、イットリウム、さらにケイ素が検出された。MC 群の EDX 分析においては、金、亜鉛およびケイ素が検出された。MONO 群の EDX 分析では、ジルコニウムおよびイットリウムが検出された。破壊試験前の micro-CT 観察像において、PLZ 群、ILZ 群および MC 群では前装材料築盛時に生じたと考えられる気泡が確認された。一方、MONO 群では気泡がない均一な構造が確認された。破壊試験後の micro-CT 観察像より、PLZ 群、ILZ 群および MC 群では、破壊試験前の micro-CT 観察像で確認された気泡を含むように破壊面が形成されているのが観察された。

(2) MONO 群の破壊強度 (6.61 kN) は他の上部構造と比較して有意に高い破壊強度を示した。一方、MC 群 (1.53 kN)、PLZ 群 (1.52 kN)、および ILZ 群 (1.62 kN) の破壊強度に有意差は認められなかった。なお、加速劣化試験後のアバットメントスクリューの緩みは、陶材焼付金属冠で最も多く認められた。破壊形式については、MC 群と PLZ 群では前装陶材

内での破折、一方、ILZ 群では前装部とフレームワーク間での破折であった。マイクロ CT 検査により、PLZ 群では加速劣化試験により前装部に亀裂の発生や進展は認められなかったが、ILZ 群では繰り返し荷重 90 万回の時点で前装部内での亀裂の進展が観察された。

スクリー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の臨床応用への臨床的な示唆を得ることを目的とし研究を行った結果、以下の新たな知見を得た。破壊抵抗の観点から、スクリー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置の前装材料として、コンポジットレジンと陶材に代わりえる材料である。フルジルコニアクラウンは構造上の点から、安定した破壊抵抗を示す。今回の研究で評価した 4 種類のスクリー固定式のインプラント支持ジルコニア補綴装置は、大臼歯部の咬合圧に耐えうる破壊抵抗を有する。

#### 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 7 件)

Takata H, Komine F, Honda J, Blatz MB, Matsumura H. An in vitro evaluation of fracture load of implant-supported zirconia-based prostheses fabricated with different veneer materials. Clin Oral Implants Res 2018.

doi:10.1111/clr.1313 (査読有)

Yagawa S, Komine F, Fushiki R, Kubochi K, Kimura F, Matsumura H. Effect of priming agents on shear bond strengths of resin-based luting agents to a translucent zirconia material. J Prosthodont Res 2018; 62:

204-209. doi:10.1016/j.jpor.2017.08.011 (査読有)

Komine F, Kamio S, Takata H, Yagawa S, Taguchi S, Taguchi K, et al. Effect of framework design on fracture load after thermal cycling and mechanical loading of implant-supported zirconia-based prostheses. Dent Mater J 2018; 37:

78-86. doi:10.4012/dmj.2017-057 (査読有)

Kubochi K, Komine F, Fushiki R, Yagawa S, Mori S, Matsumura H. Shear bond strength of a denture base acrylic resin and gingiva-colored indirect composite material to zirconia ceramics. J Prosthodont Res 2017; 61: 149-157. doi:10.1016/j.jpor.2016.07.007 (査読有)

Honda J, Komine F, Kamio S, Taguchi K, Blatz MB, Matsumura H. Fracture

resistance of implant-supported screw-retained zirconia-based molar restorations. Clin Oral Implants Res 2017; 28:

1119-1126. doi:10.1111/clr.12926 (査読有)

小峰 太, 上林 毅, 板橋基雅, 伏木亮祐, 岩崎太郎. インプラント支持ジルコニア修復物の微小破折に対する補修修復: 直接修復用コンポジットレジンとの接着強さ. 日口腔インプラント誌 2016; 29: 123-130. (査読有)

Iwasaki T, Komine F, Fushiki R, Kubochi K, Shinohara M, Matsumura H. Shear bond strengths of an indirect composite layering material to a tribochemically silica-coated zirconia framework material. Dent Mater J 2016; 35:

461-469. doi:10.4012/dmj.2015-311 (査読有)

[学会発表](計 11 件)

本田順一, 小峰 太, 高田宏起, 近藤有秀, 田中秀享, 藤井 宏, 庄司喜則, 八木庸行, 松村英雄 (2017) 加速劣化試験後のインプラント支持スクリー固定ジルコニア補綴装置の破壊強度、平成 29 年度(公社)日本補綴歯科学会東京支部総会・第 21 回学術大会 窪地 慶, 伏木亮祐, 本田順一, 岩崎太郎, 小峰 太 (2017) 各種プライマー処理がジルコニアと歯肉色コンポジットレジンとの接着強さに及ぼす影響、第 47 回公益社団法人日本口腔インプラント学会学術大会

高田宏起, 本田順一, 神尾伸吾, 小峰 太, 金子行夫, 鳥塚周孝, 吉成勝海, 成島琴世, 松村英雄 (2017) 前装方法と材料の違いがインプラント支持ジルコニアクラウンの破壊強度に及ぼす影響、(公社)日本補綴歯科学会第 126 回学術大会

近藤有秀, 本田順一, 高田宏起, 神尾伸吾, 小峰 太, 松村英雄 (2017) 異なる前装材料を用いたインプラント支持固定性補綴装置の破壊強度、第 69 回日本大学歯学会総会・学術大会

窪地 慶, 伏木亮祐, 矢川彰悟, 大島修一, 中里憲文, 橋口亜希子, 小峰 太, 松村英雄 (2016) ジルコニアと義歯床用レジンおよび間接修復用コンポジットとの接着強さ、平成 28 年度(公社)日本補綴歯科学会東京支部総会・第 20 回学術大会

伏木亮祐, 岩崎太郎, 神尾伸吾, 窪地 慶, 本田順一, 小峰 太 (2016) トライボケミカル処理されたジルコニアと間接修復用コンポジットレジンの接着耐久性、第 46 回公益社団法人日本口腔インプラント学会学術大会

高田宏起、神尾伸吾、本田順一、田口耕平、小峰 太、松村英雄 (2016) 間接修復用コンポジットレジンを用いたインプラント上部構造の破壊強度、第 68 回日本大学歯学会総会・学術大会

小峰 太、伏木亮祐、神尾伸吾、岩崎太郎、上林 毅 (2016) ジルコニアへの表面処理の違いが直接修復用コンポジットレジンとの接着強さに及ぼす影響、公益社団法人日本口腔インプラント学会第 35 回関東・甲信越支部学術大会

本田順一、神尾伸吾、小峰 太、田中秀享、藤井 宏、吉成勝海、古地美佳、松村英雄 (2015) インプラント支持のスクリー固定式ジルコニア補綴装置の破壊強度、平成 27 年度 (公社) 日本補綴歯科学会東京支部総会・第 19 回学術大会

神尾伸吾、本田順一、小峰 太、橋口亜希子、鳥塚周孝、庄司喜則、八木庸行、松村英雄 (2015) インプラント支持ジルコニアクラウンの加速劣化後の破壊強度、(公社) 日本補綴歯科学会第 124 回学術大会

本田順一、神尾伸吾、伏木亮祐、小峰 太、松村英雄 (2015) ジルコニアを用いたスクリー固定式インプラント上部構造の破壊強度、第 67 回日本大学歯学会総会・学術大会

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小峰 太 (KOMINE, Futoshi)

日本大学・歯学部・准教授

研究者番号：90287657

### (2) 研究分担者

松村 英雄 (MATSUMURA, Hideo)

日本大学・歯学部・教授

研究者番号：40199857