

論文の内容の要旨

氏名：守屋 雄太

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：装着材料の違いがインプラント支持セラミック補綴装置の破壊強度に及ぼす影響

イットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶体（以下、Y-TZP）セラミックスは優れた機械的性質、生体親和性および審美性を有するため、インプラント支持補綴装置のフレームワークやモノリシック補綴装置として用いられている。インプラント支持 Y-TZP 補綴装置は、陶材焼付金属冠と同程度の生存率と成功率であると報告されている。これまでの臨床研究では、Y-TZP 補綴装置は、従来の歯科用セメント（リン酸亜鉛セメントやガラスアイオノマーセメントなど）あるいはレジン系装着材料を用いて装着されているが、装着材料の違いは Y-TZP 補綴装置の長期経過に影響を及ぼさないことが示されている。Y-TZP セラミックスは、不透明性と低い透光性を有するため、モノリシック構造では天然歯の色調に近似させることが困難である。近年、審美性の改良を目的として、Y-TZP セラミックスと比較してイットリアの添加量を増加した高透光性ジルコニア（以下、Y-PSZ）セラミックスが開発された。Y-PSZ セラミックスの透光性は向上したが、立方晶の割合が増加したため、曲げ強度と破壊靱性値は Y-TZP セラミックスと比較して低い。そのため、Y-PSZ 補綴装置を臨床応用する際にはモノリシック構造が推奨されている。また、二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックスは、Y-PSZ セラミックスと同等の機械的性質と優れた光学特性を有しており、モノリシック構造の補綴装置に使用されている。インプラント支持 Y-PSZ 補綴装置に対して、装着材料が長期経過に及ぼす影響を検討した臨床研究は少ない。Y-PSZ 補綴装置は、破壊強度の観点からレジン系装着材料の使用が推奨されているが、有限要素法による研究では、装着材料は荷重時の応力分布に影響を及ぼさないことが報告されている。また、使用する装着材料が Y-PSZ 補綴装置の破壊強度に及ぼす影響について評価した研究は少ないため、Y-PSZ 補綴装置に推奨される装着材料はいまだ明確でない。

そこで本研究は、使用する装着材料の違いが小臼歯部における陶材前装 Y-TZP 補綴装置、モノリシック Y-PSZ 補綴装置およびモノリシック二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミック補綴装置の破壊強度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。なお、本研究における帰無仮説は、破壊強度は装着材料およびセラミック材料の違いによる影響を受けないこととした。

下顎第一小臼歯欠損を想定し、99 本のインプラント体を、ヒトの骨の弾性係数に近似している常温重合レジンに水平面に対して垂直になるよう埋入した。チタンアバットメントの咬合面部をエアータービンとダイヤモンドポイントを用いて 2.0 mm 削除した。アバットメントはチタンスクリューをトルクコントロールシステムによってインプラント体に締結圧 20 N・cm で装着した。

本研究で評価するインプラント支持補綴装置は、(1) モノリシック高透光性ジルコニア (Y-PSZ) 補綴装置（以下、MPZ 群）、(2) 陶材前装ジルコニア (Y-TZP) 補綴装置（以下、PLZ 群）および (3) モノリシック二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミック補綴装置（以下、MLD 群）の 3 群とした (n=33)。さらに、各群を使用する装着材料の種類によって、レジン系装着材料（以下、RLA）、ガラスアイオノマーセメント（以下、GIC）およびリン酸亜鉛セメント（以下、ZPC）の 3 群に分けた。

MPZ 群の製作は、インレーワックスを用いて、ワックスパターンをアバットメント上に形成した。アバットメントおよびワックスパターンをデンタルスキャナーによってダブルスキャンニングし、CAD ソフトウェアを用いて補綴装置の設計を行った。作成したデータをミリングマシンに転送し、半焼結のジルコニアディスクを切削加工した。その後、専用ファーンエスを用いて焼結を行った。焼結後、技工用ハンドピースと研削器材を用いて形態修正を行い、ゴム製研磨材を用いて研磨を行った。

PLZ 群の製作は MPZ 群と同様の方法で、ジルコニアフレームワークの厚みが 0.5 mm になるようジルコニアディスクから切削加工した。その後、補綴装置の形態を統一するため、シリコンガイドを用いて、製造者指示に従いジルコニアフレームワークに前装陶材の築盛、焼成を行った。焼成後、研削器材を用いて形態修正後、グレーディングを行った。

MLD 群の製作は、MPZ 群と同様の方法でワックスパターンを形成した。ワックスパターンはリン酸

塩系埋没材を用いて埋没後、ファーンズ内において加熱を行った。加熱後、インゴットを Cerafusion Press を用いて、製造者指示に従い加圧成形を行った。室温まで冷却後、埋没材除去のため表面に対して平均粒径 50 μm のアルミナ粒子を噴射圧力 0.2 MPa の条件でブラスト処理を行った。さらに、反応層除去のため e.max Press Invex Liquid を用いて 15 分間超音波洗浄による酸処理を行い、余剰反応層を埋没材除去と同条件でのブラスト処理によって取り除いた。その後、エアタービンとダイヤモンドポイントを用いて形態修正後、MPZ 群と同様の方法で補綴装置の研磨を行った。

補綴装置の装着に先立ってアバットメントおよび補綴装置内面に対して、平均粒径 50 μm のアルミナ粒子を用いて、それぞれ噴射圧力 0.5 MPa と 0.2 MPa の条件で 10 秒間ブラスト処理を行った。RLA において、アバットメント表面に対して Clearfil Photo Bond を用いて表面処理を行った。次に、補綴装置内面に対して、Clearfil Photo Bond および Clearfil Porcelain Bond Activator の混和液を用いて表面処理を行った後、レジン系装着材料を用いてアバットメントに装着した。完全硬化前に余剰な装着材料を小筆を用いて除去後、定荷重試験機を用いて咬合面に対して垂直方向に 30 N の荷重で保持し、光照射器を用いて 4 方向（近心、遠心、頬側および舌側）から計 40 秒（各 10 秒間）光照射を行った。GIC および ZPC では、それぞれグラスアイオノマーセメントとリン酸亜鉛セメントを使用し、定荷重試験機を用いて咬合面に対して垂直方向に 30 N の荷重で 7 分間保持し、アバットメントに装着した。セメント硬化後、探針を用いて、余剰セメントを除去した。全ての試料は 37°C 精製水中に 24 時間保管した。

破壊強度試験は、試料の咬合面中央に薄い鉛箔を介在させてステンレスボール（直径：4 mm）を設置し、万能試験機を用いて、クロスヘッドスピード毎分 0.5 mm の条件で各試料が破壊されるまで、静的圧縮荷重を負荷した。なお破壊強度は、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を用いて、Levene 検定を行った。その結果、等分散性が得られなかったため、本研究ではノンパラメトリック検定を用いることとした。同一補綴装置における装着材料間の破壊強度を比較するため、Kruskal-Wallis 検定および Mann-Whitney U 検定を用い、Bonferroni 法による補正を行った。また、同一装着材料における各補綴装置間の破壊強度を比較するため、Mann-Whitney U 検定を用い、Bonferroni 法による補正を行った。全ての分析は有意水準 5% の条件に設定した。破壊形式は、(a) 前装材料内での破壊、(b) 前装材料とフレームワークの界面での破壊および (c) 完全破壊の 3 種類に分類した。破壊試験後、試料内面に対して光学顕微鏡を用いて観察した。各群の代表的な試料について、表面分析ソフトウェアを用いて、装着材料の残存率を以下の計算式で計算した。

$$\text{残存率} = \text{残存面積 (mm}^2\text{)} \times 100 / \text{破壊面積 (mm}^2\text{)}$$

その後、エネルギー分散方式蛍光 X 線分析装置（以下、EDX）を用いて破壊面の定性および定量分析を行った。さらに、試料の破壊面に対して 30 秒間オスミウム蒸着を行い、加速電圧 15 kV の条件下で走査電子顕微鏡（以下、SEM）を用いて試料表面の観察を行った。

MPZ 群および MLD 群において、RLA の破壊強度は GIC および ZPC と比較し有意に高い破壊強度を示し、GIC および ZPC の破壊強度に有意差は認められなかった ($p = 0.237$ および $p = 0.974$)。また、PLZ 群において、各装着材料間の破壊強度に有意差は認めなかった ($p = 0.279$)。補綴装置間の比較において、MPZ 群は装着材料の種類にかかわらず、他の 2 群と比較して有意に高い破壊強度を示した。

PLZ 群では、RLA の 1 試料と GIC の 2 試料が完全破壊を示し、他の試料は前装材料内での破壊を示した。MPZ 群および MLD 群では、すべての試料が完全破壊を示した。

MPZ 群および MLD 群の光学顕微鏡による破壊面および装着材料の残存率は、いずれの群においても、RLA の破壊面の残存率（残存率、77.0 および 38.7%）は、GIC（残存率、9.4 および 4.9%）および ZPC（残存率、4.5 および 4.6%）と比較して高い割合を示した。各装着材料単体の EDX による定性・定量分析の結果は、RLA ではケイ素、アルミニウムおよびバリウム（75.5, 10.4 および 9.9 at%）、GIC ではケイ素、アルミニウムおよびカルシウム（36.0, 31.9 および 22.4 at%）および ZPC では亜鉛およびリン（49.3 および 36.8 at%）が検出された。MPZ 群および MLD 群の破壊強度試験後の EDX による定性・定量分析結果は、MPZ 群ではジルコニウム、イットリウムおよび各装着材料の構成元素が検出された。MLD 群では、カリウム、亜鉛、リンおよび各装着材料の構成元素が検出された。また、SEM による破壊面観察において、MPZ 群および MLD 群で装着材料と考えられる残留物が観察された。

本研究の範囲内において、以下の結論を得た。

1. 小臼歯部におけるインプラント支持モノリシック Y-PSZ 補綴装置およびモノリシック二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミック補綴装置において、レジン系装着材料はリン酸亜鉛セメントやガラスアイオノマーセメントと比較して高い破壊強度を示した。
2. インプラント支持モノリシック Y-PSZ 補綴装置の破壊強度は、モノリシック二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミック補綴装置と比較して、有意に高い破壊強度を示した。
3. 本研究で評価した全てのインプラント支持セラミック補綴装置は、小臼歯部におけるインプラント支持セラミック補綴装置として臨床応用において信頼性があることが示された。