

論文の要約

氏名：近藤 有 秀

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：前装材料とフレームワーク形態の違いがインプラント支持ジルコニア固定性補綴装置の破壊強度に及ぼす影響

インプラント支持による固定性補綴装置（以下 FDPs）は、臼歯部欠損に対して機能回復や審美性改善のために用いられており、その機能性と安定性は臨床的にも有効とされている。インプラント支持 FDPs における上部構造の第一選択として、陶材焼付金属 FDPs が用いられているが、患者の審美的要求からジルコニアをフレームワークに応用した FDPs（以下ジルコニア FDPs）が広く用いられるようになった。しかし、ジルコニア FDPs で頻度が高いトラブルとして、前装陶材の微小破折が挙げられている。モノリシックジルコニア FDPs は、主に臼歯部の修復物として用いられており、前装陶材の微小破折の防止に有効であるが、長期的な材料の化学安定性および臨床成績は未だ報告されていない。また、モノリシックジルコニア修復物は光透過性が低いため、審美性の獲得には限界がある。

間接修復用コンポジットレジン（以下 IC）は、インプラント支持ジルコニア FDPs の前装材料として用いられており、基礎研究および臨床研究において臨床応用可能な材料と考えられている。コンポジットレジン（以下 IC）は、耐摩耗性が低くプラークの沈着などが指摘されているものの、審美的に良好な結果を得ることが可能である。

陶材前装ジルコニア修復物において、ジルコニアフレームワーク形態は破壊強度および臨床成績に影響を及ぼすと報告されている。ジルコニアフレームワークに解剖学的な形態を付与した場合、フレームワークを均一な厚みで設計した形態と比較して高い破壊強度を示している。しかし、フレームワーク形態の違いがインプラント支持間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア FDPs の破壊強度に及ぼす影響を評価した報告は少ない。

そこで本研究では、前装材料の違いがインプラント支持ジルコニア FDPs 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。さらに、2 種類のフレームワーク形態が破壊強度に及ぼす影響についても検討を行った。本研究の帰無仮説は、インプラント支持ジルコニア FDPs の破壊強度は、前装材料およびフレームワーク形態の影響を受けないこととした。

下顎第二小臼歯、第一大臼歯および第二大臼歯欠損症例を想定し、2 本のインプラント体（ILA 20 および ILAW5, diameter: 4.1 mm および 5.0 mm, Biomet 3i, Palm Beach Gardens, FL, USA）を常温重合レジン（Technovit 4000, Heraeus Kulzer, Wehrheim, Germany）に包埋し、3 ユニットのインプラント支持 FDPs を適用することとした。合計 66 個の試料を、フレームワーク形態の違いによって uniform thickness（以下 UT）と anatomic design（以下 AD）の 2 つの形態に分けた。UT 形態では、フレームワークは支台装置部で厚さ 0.5 mm、ポンティック部で直径 3.4 mm の円柱状に規定した。AD 形態では、前装材料の厚みを 1.2 mm に統一し、フレームワークを解剖学的な形態に規定した。さらに、各フレームワークを陶材前装ジルコニア FDPs（feldspathic porcelain-veneered zirconia FDPs, 以下 PVZ）、間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア FDPs（indirect composite-veneered zirconia FDPs, 以下 IVZ）および陶材焼付金属 FDPs（metal-ceramic FDPs, 以下 MC）の 3 群（ $n=11$ ）とした。

PVZ 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, Tokyo, Japan）を用いた。製作したフレームワークの形態と厚みを確認後、前装面に対してアルミナブラスト処理（平均粒径 50 μm , 噴射圧 0.2 MPa, 距離 10 mm, 20 秒間）を行った。次いで、ジルコニアフレームワーク上に製造者指示に従い、前装陶材（Cerabien ZR, Kuraray Noritake Dental）を築盛、焼成した。さらに、FDPs の形態を確認し、グレージングを行った。

IVZ 群のジルコニアフレームワークは、PVZ 群と同様の方法で製作した。アルミナブラスト処理（平均粒径 50 μm , 噴射圧 0.2 MPa, 距離 10 mm, 20 秒間）を行った前装面に対して、プライマー（Estenia Opaque Primer, Kuraray Noritake Dental）処理後、間接修復用コンポジットレジン（Estenia C&B, Kuraray Noritake Dental）を築盛、重合した。全ての試料は、光重合器（ α -light II, Morita, Suita,

Japan) を用いて 5 分間光重合を行い、さらに加熱重合器 (KL-310, Morita) を用いて 110° C で 15 分間の加熱重合を行った。その後、FDPs の形態を確認し、研磨を行った。

MC 群のフレームワークはジルコニアフレームワークと統一した形態になるように、インレーワックス (Inlay Wax Medium, GC, Tokyo, Japan) を用いてワックスパターンを製作した。ワックスパターンは高温鑄造用埋没材 (Velvety Super-quick, Shofu) を用いて埋没した後、歯科技工用高周波鑄造器 (Argoncaster AE, Shofu) を用いて鑄造を行った。製作したフレームワークの形態と厚みを確認後、フレームワークに前装陶材 (Super Porcelain AAA, Kuraray Noritake Dental) を築盛、焼成した。その後、FDPs の形態を確認し、グレージングを行った。

全ての試料内面に対して、平均粒径 50 μm のアルミナ粒子を用いて噴射圧力 0.2 MPa, 10 秒間の条件でブラスト処理を行った。全ての試料は、ガラスアイオノマーセメント (Ketac Cem EasyMix, 3M ESPE, Seefeld, Germany) を用いて咬合面から 30 N の垂直荷重を 7 分間付与しアバットメントに装着した。セメント硬化後、試料は破壊強度試験前に 37° C 精製水中に 24 時間保管した。

試料は、万能試験機 (Type 5567, Instron, Canton, MA, USA) を用いて破壊強度試験を行った。試料をステンレス鋼製ホルダーに固定し、直径 6.0 mm のステンレス鋼製ボールをポンティック咬合面中央に設置した。荷重力を均等に分散するために、1.0 mm の鉛箔 (Dentaurum, Ispringen, Germany) をステンレス鋼製ボールと試料の間に介在させた。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ソフトウェア (SPSS Statistics, version 24.0, IBM, Armonk, NY, USA) を用いて Levene 検定を行った結果、等分散性が得られなかった。そのため、本研究ではノンパラメトリック検定を用いることとし、同一フレームワーク形態における 3 群間の破壊強度を比較するため Kruskal-Wallis 検定および多重比較である Mann-Whitney *U*-test with Bonferroni correction 検定を用いた。また、UT 形態と AD 形態の破壊強度の比較には Mann-Whitney *U* 検定を用いた。全ての分析は有意水準 5% の条件で行った。

破壊試験が終了した後、試料の破壊面を光学顕微鏡 (Stemi DV4, Carl Zeiss, Jena, Germany) 下で観察した ($\times 32$)。破壊形式は、前装材料内での破壊、前装材料とフレームワークの界面での破壊およびフレームワークに及ぶ破壊に分類した。破壊強度試験後の試料の内部状態を観察するため、micro-CT 装置 (R_mCT, Rigaku, Tokyo, Japan) を用いて撮影を行った。さらに、フレームワークに及ぶ破壊を示した試料の破壊面に対して走査電子顕微鏡 (S-4300, Hitachi High Technologies, Tokyo, Japan, 以下 SEM) を用いて試料表面の観察を行った。

UT 形態において、IVZ 群 (1.87 kN) と MC 群 (1.90 kN) の破壊強度は PVZ 群 (1.38 kN) に比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。AD 形態において、IVZ 群は最も高い破壊強度 (4.10 kN) を示した。また、PVZ 群 (2.69 kN) は MC 群 (3.41 kN) に比較して有意に低い破壊強度を示した。Mann-Whitney *U* 検定の結果、全ての群において AD 形態は UT 形態より有意に高い破壊強度を示した。

UT 形態において、PVZ 群の破壊形式はポンティック中央から下部にかけて破折を認め、フレームワークに及ぶ破壊を示した。一方、IVZ 群の破壊形式は全て前装材料内での破壊を示し、micro-CT 観察像でもフレームワークの破折を認めなかった。AD 形態において、PVZ 群と IVZ 群はフレームワークに及ぶ破壊を示し、micro-CT 観察像からポンティック表面から連結部にかけての破折が観察された。MC 群は前装材料内での破壊もしくは前装材料とフレームワーク界面での破壊を認めた。また、SEM による破壊面の観察において、フレームワークに及ぶ破壊を示した試料では、破壊の起点が UT 形態でポンティック下部、AD 形態で連結部下部に観察された。AD 形態において、PVZ 群の破壊面の観察像と IVZ 群の破壊面の観察像を比較すると、IVZ 群のほうが起点を含む平滑な面のミラー面が小さく、クラックが分岐してできるハックル面が起点の周囲に密集して観察された。

前装材料とフレームワーク形態の違いがインプラント支持ジルコニア固定性補綴装置の破壊強度に及ぼす影響について検討した結果、以下の結論を得た。

1. 間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア固定性補綴装置は、陶材前装ジルコニア固定性補綴装置よりも高い破壊強度を示した。
2. ジルコニアフレームに解剖学的形態を付与し、前装材料の厚みを均一にした前装固定性補綴装置は、ジルコニアフレームの厚みを均一にした前装固定性補綴装置よりも高い破壊強度を示した。