

論文の内容の要旨

氏名：小林 達 朗

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Fracture strength of implant-supported veneered zirconia crowns with mechanical retentive devices attached to frameworks

（フレームワークに機械的維持装置を付与したインプラント支持前装ジルコニア補綴装置の破壊強度）

インプラント支持補綴装置（以下、ISCs）は、1 歯欠損症例の補綴治療に広く用いられている。これまでの研究において、ISCs は機能的、生物学的および機械的性質に利点があり、長期的に安定した生存率を示していることから、1 歯欠損に対するインプラント治療は、信頼性の高い治療法の一つである。

メタルセラミック補綴装置および二ケイ酸リチウム含有セラミックスやジルコニアで製作されるオールセラミック補綴装置は ISCs として臨床応用されている。インプラント支持ジルコニア補綴装置（以下、IZCs）は、臨床研究において安定した生存率を示し、現在では有効な治療方法と考えられている。一方、IZCs の偶発症として前装陶材の破折が報告されている。前装陶材の破折を防止するために、ジルコニアフレームにプレスオンテクニックを用いて二ケイ酸リチウム含有セラミックスを前装する方法、前装陶材の代替として間接修復用コンポジットレジンを用いて前装する方法、モノリシックジルコニア補綴装置を使用する方法など、いくつかの方法が検証されている。モノリシックジルコニア補綴装置は、破折のリスクが低く、低侵襲および安価であるといった利点があり、IZCs として広く臨床応用されている。しかし、インプラント支持モノリシックジルコニア補綴装置の中・長期的な臨床成績に関する報告は少ない。

間接修復用コンポジットレジンには、レジン前装冠の前装材料として広く用いられている。前装用陶材と比較して、間接修復用コンポジットレジンには咬合面にかかる応力を緩和すると報告されている。過去の研究では、ジルコニアフレームワークに間接修復用コンポジットレジンを用いて前装した IZCs の破壊強度は、メタルセラミック補綴装置やジルコニア補綴装置と有意差がないと報告されている。一方で、コンポジットレジンには耐摩耗性や機械的性質が劣るなどの欠点があることが知られている。

前装用コンポジットレジンの機械的維持力を高めるために、レジン前装冠のメタルフレームワークにリテンションビーズなどの維持装置を付与する方法がある。これまでの基礎的研究によると、ジルコニアフレームワークに維持装置を付与することで、間接修復用コンポジットレジンとジルコニアフレームワーク間に安定した接着強度が得られることが報告されている。しかし、ジルコニアフレームワークに維持装置を付与し、間接修復用コンポジットレジンを用いて前装した IZCs の破壊強度を評価した研究はない。そこで本研究では、機械的維持装置を付与したジルコニアフレームワークに 2 種類の前装材料（陶材およびコンポジットレジン）を用いて前装し製作したインプラント上部構造の破壊強度を検討することを目的とした。

下顎第一大臼歯部欠損に対するインプラント治療を想定して直径 5.0 mm のインプラントレプリカ（Implant replica Brånemark System WP, Novel Biocare）を用いた。インプラントレプリカはプラスチック製のリングを用いて常温重合レジン（Technovit 4000, Heraeus Kulzer, Wehrheim, Germany）に水平面に対して垂直になるように埋入した。その後、インプラントアバットメント（Snappy abutment 5.5 Brånemark System WP; Novel Biocare）を 32 N・cm で締結した。これらの試料をジルコニアフレームワークに対して維持装置を付与した群（n = 44）と付与していない群（n = 22）の 2 群に分けた。まず、インプラントアバットメントをラボスキャナー（D2000, 3Shape, Copenhagen, Denmark）を用いてスキャンし、CAD ソフトウェア（3Shape Dental Designer, 3Shape）を用いて、厚さ 0.5 mm のジルコニアフレームワークを設計した。設計した STL データをもとに、ジルコニアディスク半焼結体（Katana Zirconia HT, Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japan）をミリング装置（DWX-4, Roland, Shizuoka, Japan）を用いて切削加工し、その後 1375°C で 90 分間焼結し、ジルコニアフレームワークを製作した。

維持装置を付与する材料として、グレーズ陶材（Cerabien ZR E glaze, Kuraray Noritake Dental）また

はオペーク陶材 (Cerabien ZR SBA2, Kuraray Noritake Dental) の 2 種類を使用した。維持装置 (FUJI Zircon beads FZB-100, Fuji Manufacturing, Tokyo, Japan) は直径が 160-180 μm になるよう篩にかけて調整した。製作したジルコニアフレームワークに平均粒径 50 μm のアルミナ粒子 (Hi-Alumina, Shofu, Kyoto, Japan) を用いて、噴射圧力 0.2 MPa, 10 秒間、距離 10 mm の条件でアルミナブラスト処理を行った。その後、フレームワークにグレース陶材またはオペーク陶材を一層塗布し、フレームワークを回転させながら各軸面の上方から調整した維持装置を振りかけた。コンデンス装置 (Ceracon II, Shofu) を用いて振動させ、余剰な維持装置を除去し、小筆にて一層の厚さになるようフレームワーク表面を調整した。調整後のフレームワークはポーセレンファーマネス (SingleMat porcelain furnace, Shofu, Japan) にて焼成し、グレース陶材を用いて維持装置を付与した群 (以下, GL 群) とオペーク陶材を用いて維持装置を付与した群 (以下, OP 群) のフレームワークを製作した。維持装置を付与していない群 (以下, ND 群) のフレームワークは、ジルコニアフレームワークにアルミナブラスト処理のみを行った。

前装材料には陶材 (Cerabien ZR, Kuraray Noritake Dental) とコンポジットレジン (Estenia C&B, Kuraray Noritake Dental) を用いた。陶材は、ポーセレンファーマネスを用いて、製造者指示に従い築盛した (以下, FP 前装)。コンポジットレジン、光重合器 (α -light II, J. Morita, Suita, Japan) を用いて中間重合し、加熱重合器 (KL-310, J. Morita) にて最終重合を行い前装した (以下, IC 前装)。上部構造の形態は幅径 10.5 mm, 高径 8.0 mm の統一した形態になるようシリコーンインデックスを用いて調整した。

上部構造の内面とアバットメントの表面にそれぞれ 0.2 MPa, 0.5 MPa でアルミナブラスト処理を行い、プライマー (Clearfil Ceramic Primer Plus, Kuraray Noritake Dental) 処理を行った。その後、レジ系装着材料 (Panavia V5, Kuraray Noritake Dental) を用いて装着した。装着後、全ての試料を 37°C 精製水中に 24 時間保管し、破壊強度試験を行った。

破壊強度試験は万能試験機 (Type 5567, Instron, Canton, MA, USA) を用いて行った。試料の咬合面中央に薄い鉛箔を介在させステンレスボール (直径: 6 mm) を設置し、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、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。

得られたデータに対して、統計学的分析ソフトウェア (IBM SPSS Statistics, version 27.0, IBM, Armonk, NY, USA) を用いて、Shapiro-Wilk 検定と Levene 検定を行い、正規性および等分散性が得られた ($p > 0.05$)。そのため、破壊強度の比較は同一前装材料内で Tukey-HSD 検定を行い、有意水準は 0.05 とした。

破壊強度試験後の破壊面を実体顕微鏡 (Stemi DV4, Carl Zeiss, Oberkochen, Germany) を用いて観察した。破壊形式は前装材料内での破壊、フレームワークおよび前装材料間の界面破壊、フレームワークにおよぶフレームワーク破壊の 3 種類に分類した。また走査型電子顕微鏡 (ERA-8800FE, Elionix, Tokyo, Japan, 以下 SEM) を用いて破壊試験後の試料断面および維持装置を付与した群の破壊面観察を行った。

FP 前装の破壊強度は、GL 群 (3.00 ± 0.28 kN) が他のフレームワーク形態と比較して、最も高い値を示した。ND 群 (2.48 ± 0.41 kN) は OP 群 (1.91 ± 0.48 kN) と比較して有意に高い破壊強度を示した。また、IC 前装の破壊強度は、ND 群 (2.19 ± 0.34 kN) と比較して GL 群 (2.62 ± 0.22 kN) および OP 群 (2.88 ± 0.36 kN) が有意に高い破壊強度を示した。使用した前装材料にかかわらず GL 群と ND 群でフレームワーク破壊が多く観察された。一方、OP 群ではフレームワークと前装材料間での界面破壊とフレームワーク破壊が同程度観察された。

実体顕微鏡による破壊面観察において、FP 前装-GL 群で、グレース陶材に囲まれた維持装置の破断面が観察された。FP 前装-OP 群では、維持装置がオペーク陶材から剥離している像が、FP 前装-ND 群では、フレームワークと前装材料が混合している破壊像が観察された。IC 前装においても FP 前装と同様の破壊面が観察された。SEM によるフレームワークと前装材料の断面の観察では、FP 前装-GL 群では、維持装置周囲のアンダーカットに前装材料が嵌入している像が認められた。一方、FP 前装-OP 群においては、維持装置の周囲にオペーク陶材の存在しない間隙が観察された。FP 前装-ND 群では、フレームワークと前装陶材の界面が連続して接触している像が認められた。IC 前装では、GL 群および OP 群で維持装置のアンダーカットに前装材料の嵌入している像が、IC 前装-ND 群では、FP 前装同様にフレームワークと前装材料が連続して接触している像が観察された。さらに、SEM を用いてフレームワークの破壊面を観察した結果、FP 前装-GL 群では、破断した維持装置とフレームワークに残存

した維持装置の混合像が、FP 前装-OP 群では維持装置が剥がれ落ちたオペーク陶材のみが観察された。一方、IC 前装-GL 群では、破断した維持装置が多く観察され、IC 前装-OP 群では破断した維持装置と前装材料側に取り込まれた維持装置が確認された。

本研究の範囲内において、以下の結論を得た。

1. FP 前装条件において、グレーズ陶材を用いて機械的維持装置を付与することは、IZCs の破壊強度を高めることが示された。
2. IC 前装条件において、GL 群および OP 群は ND 群と比較して有意に高い破壊強度を示した。
3. IZCs のジルコニアフレームワークへの機械的維持装置の付与によって、ジルコニアフレームワークと前装材料の間に機械的嵌合を獲得できることが示された。
4. 本研究で評価した IZCs は、成人における生理的咬合力に耐えうることができ、インプラント支持補綴装置として臨床応用可能であることが示された。