

## 論文の内容の要旨

氏名：高野 了己

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：異なる CAD/CAM 用歯冠修復材料で製作された小白歯部インプラント支持ハイブリッドアバットメントクラウンの破壊強度

インプラント支持補綴装置（以下、ISP）や固定性義歯補綴装置（以下、FPD）は、1 歯中間欠損症例の補綴治療に用いられている。ISP は、小白歯部の 1 歯欠損に対する補綴装置として FPD の代替となりえると報告されている。特に、下顎小白歯部は患者の開口時に見える部分のため、審美性を考慮した治療が必要である。

優れた生体親和性と機械的強度を有したチタンアバットメントは ISP に広く応用されており、インプラントアバットメントとして高い生存率を示している。しかし、辺縁歯肉が薄い症例では、チタンアバットメントの金属色が辺縁歯肉を通して見えることがある。さらに、チタンアバットメントにセラミック修復物を装着した場合に、セラミック修復物の色調に影響を及ぼす可能性が報告されている。一方、二ケイ酸リチウム含有セラミックアバットメントやジルコニアアバットメントを使用することで、セラミック修復物を応用した ISP における上記の問題点を解消し、優れた審美性を獲得することが可能である。また、ジルコニアアバットメントはチタンアバットメントと同等の臨床における生存率を示している。しかし、ジルコニアアバットメントの偶発症として、アバットメントの破折がチタンアバットメントと比較して多く報告されている。また、ジルコニアは経年劣化や低温劣化を招く可能性が指摘されており、口腔内環境において、破壊強度や破壊靱性の低下が懸念される。

ハイブリッドアバットメントクラウン（以下、HAC）は、ジルコニアセラミックスまたは二ケイ酸リチウム含有セラミックスで製作した修復物をチタンアバットメントに接着し製作する。HAC はチタンアバットメントの機械的強度とセラミック材料の審美性を併せ持つインプラント上部構造である。さらに、余剰な装着材料を口腔外で確実に除去できるため、インプラント周囲炎や骨吸収などの偶発症のリスクを低減することができる。しかし、セラミック修復物の脱離を防止するためには、適切な接着処理が必要である。さらに、HAC の長期臨床成績に関する報告は少ない。

現在、HAC に応用できるモノリシック CAD/CAM 用歯冠色材料には、ジルコニア、二ケイ酸リチウム含有セラミックス、レジン系材料などがある。小白歯部に対しては、従来の 3 mol% イットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶体 (3Y-TZP) よりも透光性の高い 4 mol% イットリア部分安定化ジルコニア (4Y-PSZ) の透光性ジルコニアが主に臨床応用されている。これまでの研究で、ISP へのコンポジットレジンへの応用はセラミックスの代替となる可能性が報告されているが、その機械的強度には懸念がある。しかし、小白歯部の HAC に推奨されるモノリシック CAD/CAM 用歯冠色材料に関する報告は少ないのが現状である。

そこで本研究では、CAD/CAM 用歯冠修復材料（透光性ジルコニア、二ケイ酸リチウム含有セラミックス、コンポジットレジン）で製作された小白歯部 HAC の破壊強度を評価することを目的とした。本研究における帰無仮説は、透光性ジルコニア、二ケイ酸リチウム含有セラミックスおよびコンポジットレジンで製作した HAC の破壊強度に差はないこととした。

計 44 本の直径 4.1 mm のインプラントレプリカ (ILA 20, Biomet 3i) を、治具 (K655 custom cylinder) を用いて常温重合レジン (Technovit 4000, Heraeus Kulzer) に水平面に対して垂直となるよう埋入した。チタンアバットメント (GingiHue Post WPP452G, Biomet 3i) は、エアータービン (Presto Aqua, Nakanishi) とダイヤモンドポイント (106RD, Shofu) を用いて直径 5 mm、高さ 7 mm となるよう調整した。

本研究で評価する ISP は、モノリシック修復物 (n=33) と二層構造修復物（以下、BL）(n=11) の 2 群に分けた。さらに、モノリシック修復物は材料の違いにより、透光性ジルコニア (4Y-PSZ) 修復物（以下、TZ）、二ケイ酸リチウム含有セラミック修復物（以下、LD）、コンポジットレジン修復物（以下、CM）の 3 群に分けた (n=11)。

モノリシック修復物製作のためのワックスパターンは、アバットメント上にインレーワックスを用

いて下顎第一小白歯の標準的な形態（頬舌径 7.5 mm, 近遠心径 7.0 mm, 歯冠長 8.5 mm）になるよう形成した。アバットメントとワックスパターンをラボスキャナー（D2000, 3Shape）を用いてスキャンし、CAD ソフトウェア（3Shape Dental Designer, 3Shape）を用いて設計を行った。セメントスペースはフィニッシュラインを除いて 40  $\mu\text{m}$  に設定し、咬合面中央部に直径 2.7 mm のアクセスホールを設計した。TZ 群, LD 群, CM 群のモノリシック修復物は、それぞれ 4Y-PSZ ディスク（KATANA Zirconia STML A2, Kuraray Noritake Dental）、ニケイ酸リチウム含有セラミックブロック（IPS e.max CAD LT A2, Ivoclar Vivadent）、コンポジットレジンブロック（KATANA Avencia Block2 A2 ML, Kuraray Noritake Dental）から切削加工を行った。その後、TZ 群および LD 群は、製造者指示に従って焼結を行った。

BL 群のフレームワークは、咬合面および軸面の厚さを 0.5 mm、セメントスペースはフィニッシュラインを除いて 40  $\mu\text{m}$  に設定し、咬合面中央部に直径 2.7 mm のアクセスホールを設計した。フレームワークは 3Y-TZP ディスク（KATANA Zirconia HT, Kuraray Noritake Dental）から切削加工後、製造者指示に従って焼結を行った。その後、モノリシック修復物と同様の形態となるよう、ジルコニアフレームワークに長石質陶材（Cerabien ZR, Kuraray Noritake Dental）の築盛、焼成を行った。

TZ 群, CM 群, BL 群の修復物内面に対して、平均粒径 50  $\mu\text{m}$  のアルミナ粒子（Hi-Aluminas, Shofu）を用いて、噴射圧力 0.2 MPa、10 秒間、距離 10 mm の条件でブラスト処理を行った。LD 群では、修復物内面に対して、9.5%フッ化水素酸ゲル（Porcelain Etch, Ultradent Products）を用いて 90 秒間処理を行い、水洗後、メタノール中で 5 分間の超音波洗浄を行った。すべての修復物の内面およびアバットメントに対してシランと MDP を含むプライマー（Clearfil Ceramic Primer Plus, Kuraray Noritake Dental）を用いて表面処理を行った。その後、チタンアバットメントにレジン系装着材料（Panavia V5, Kuraray Noritake Dental）を用いて、5 N の荷重下で 10 分間保持し、接着した。

製作した HAC は、チタンスクリュー（Titanium Hexed UniScrew UNIHT, Biomet 3i）とトルクコントロールシステム（Torque Driver HTD-C, Biomet 3i）を用いてインプラントレプリカに 20 N $\cdot$ cm で締結した。その後、アクセスホールに光重合型コンポジットレジン（Clearfil Majesty ES-2 A2 Shade, Kuraray Noritake Dental）を充填し、光照射器を用いて 30 秒間光照射を行った。製作した各群の試料は 37°C 精製水中に 24 時間保管した。

破壊強度試験は万能試験機（Type 5567, Instron）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：4 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、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（IBM SPSS Statistics, version 27.0, IBM）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（ $p=0.008$ ）ため、本研究ではノンパラメトリック検定を用いた。各群の破壊強度を比較するために、Kruskal-Wallis 検定と Steel-Dwass 検定を行った（ $\alpha=0.05$ ）。

破壊強度試験後の破壊面を光学顕微鏡（Stemi DV4, Carl Zeiss）を用いて観察し、破壊形式を（a）前装陶材とフレームワークの界面での破壊、（b）フレームワークおよび前装陶材の破壊、（c）完全破壊の 3 種類に分類した。また、試料の破壊面に対して、走査型電子顕微鏡（SEM, S-3000N, Hitachi High Technologies）を用いて試料表面の観察を行った。さらに、試料のアクセスホール周辺に対しても SEM 観察を行った。

Kruskal-Wallis 検定の結果、各群間に統計学的な有意差が認められた（ $p<0.001$ ）。Steel-Dwass 検定の結果、TZ 群（2.06 kN）と LD 群（1.87 kN）の破壊強度は他の群と比較して有意に高い破壊強度を示し、TZ 群と LD 群間（ $p=0.431$ ）、BL 群（1.12 kN）と CM 群（1.10 kN）間（ $p=0.999$ ）の破壊強度に有意差は認められなかった。

BL 群では、すべての試料が前装陶材とフレームワークの界面での破壊を示した。一方、TZ 群, LD 群および CM 群では、すべての試料が完全破壊を示した。また、いずれの試料でもアバットメントの破折は認められなかった。

SEM による破壊面観察において、BL 群ではジルコニアフレームワークと前装陶材と考えられる残留物が観察され、TZ 群および LD 群の試験片ではアクセスホール付近に破壊の起点が観察された。また、CM 群では、アクセスホール付近に明確な破壊の起点は確認できないが、アレストラインが観察された。さらに、アクセスホール周辺の観察から、TZ 群および LD 群では、破壊の起点側に亀裂の進

展が観察され、反対側には一様な破壊面が観察された。一方、CM 群では、アレストラインが観察された反対側のアクセスホール周囲にも、亀裂の進展が観察された。

本研究の範囲内において、以下の結論を得た。

1. 4Y-PSZ 修復物および二ケイ酸リチウム含有セラミック修復物で製作した小臼歯部 HAC は、コンポジットレジン修復物および二層構造の BL 修復物で製作した HAC よりも高い破壊強度を有することが示された。
2. 本研究で評価した HAC は、いずれも小臼歯部におけるインプラント支持補綴装置として臨床応用可能であり、小臼歯部の最大咀嚼力に耐えうることが示された。