

学位論文の全文に代えてその内容を要約したもの

愛知学院大学

乙 第 562 号	論文提出者 川口卓行
論文題目 金属咬合面用二分割人工歯における新しい咬合面 材料およびその置換方法の有用性について	

I. 緒言

有床義歯の構成要素の一つである人工歯は、義歯の機能に直接関与する極めて重要な役割を果たしている。特に臼歯部人工歯は、これと対咬する天然歯あるいは補綴装置との咬合、さらに顎運動にも協調させる必要があるため、その咬合面形態は特に重要である。

人工歯の臨床的な選択は、それぞれの症例の特徴に基づいて、各種人工歯が有する、機能性、耐久性、操作性、審美性などを考慮して選択されるが、一般的に、陶歯は破折しやすく、レジン歯は咬耗による形態変化を生じやすく、硬質レジン歯は長期的には着色や形態変化を生じてしまう、等の問題点が臨床経験的に無視し得ない課題とされて来た。

人工歯咬合面の形態を長期的に維持するため、レジン歯咬合面を金属に置換する方法を提案されているが、この方法は、いずれも技工操作が非常に煩雑であり、さらに精度的な問題も解決されないため、日常の臨床現場で十分に活用できるものではなかった。

その様な実情に鑑み、咬合面のみを人工歯基底部より分割可能な、金属咬合面用二分割人工歯（ツーピースティース® ジーシー）を開発された。この人工歯は、通法通り完成された義歯を、口腔内で平均的に約 2-3 か月通常通り使用させ、咀嚼運動によって人工歯に咬合小面などの機能的な形態が付与された事を確認した時点で咬合面部のみを取り外し、これを、埋没、鋳造する事で耐久性のある金属材料に置換して、口腔機能に調和した咬合面形態を長期的に維持することを可能とするものである。この方法により、それぞれの症例に最も合理的と判断される機能的咬合面形態を備えた人工歯を、簡便かつ高精度に製作する事が可能となった。

歯冠補綴材料として、金合金などの金属材料が長年にわたり使用されてきたが、近年金属に代わる新材料が開発されてきた。これらの新材料は、金属色を示さないため、審美性に優れているだけでなく、最近の金属価格の高騰や、金属アレルギーへの対応手段などの点からも、近年多くの関係者から大きな注目を集めている。

そこで、既に長い臨床実績を有するこの金属咬合面用二分割人工歯の咬合面部に、優れた物理的特性と審美性を有する新材料である、2 ケイ酸リチウム含有セラミックスとジルコニアが適用可能か否かについて検証した。また、ジルコニア咬合面部製作に用いる CAD/CAM システムを用いて、金属咬合面用二分割人工歯を用いることなく、一般的な人工歯を用いて、同レベルの機能形態を確保する事が可能な、新たな咬合面置換方法を開発したので、その有用性についても報告する。

II. 材料と方法

1. 人工歯

1) 金属咬合面用二分割人工歯

咬合面のみを基底部から撤去する事が可能な金属咬合面用二分割人工歯（ツーピースティース）の中から、今回の実験では下顎右側第一小臼歯、下顎右側第一大臼歯を用いた。金属咬合面用二分割人工歯は、頬舌側面の境界部に設置されている連結部を削除することで、基底部と咬合面部を分割する事が可能な構造となっている。咬合面部材料は将来の鋳造のために、フィラーを含まない PMMA であり、基底部は通常的人工歯と同様にフィラーを含んだ PMMA である。基底部と咬合面部の間には製造時の分離材として、厚さ 45 μ m のナイロンシートが介在されているが、この厚みが最終的にセメントの被膜厚さを補償する役割も果たしている。

2) レジン人工歯

今回、CAD/CAM システムを用いて、金属咬合面用二分割人工歯を用いずに咬合面置換を行うための一般的な人工歯として、レジン人工歯 (ウェアレスティース® ジーシー) を用いた。

2. 咬合面置換材料

今回、咬合面置換材料として、2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス (IPS e.max press ivoclar vivadent) とジルコニア (ジルコニアソフト Kavo) を用いた。比較対象として、現在、咬合面置換材料として主に臨床で用いられている白金加金合金 (PGA-3 石福金属興業) を使用した。

3. 試料製作方法

1) 2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面

2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックスを用いて咬合面部を置換する方法は、まず咬合面二分割人工歯の基底部分から撤去した咬合面部を、専用のリン酸塩系埋没材 (IPS プレス VEST ivoclar vivadent) を用いて埋没した。6 時間埋没材を乾燥後、850°Cまで予備加熱を行い、専用のプレスファーン (プログラマット EP5000 Kavo) を用いてプレスインゴットを 920°Cで加圧成型した。6 時間徐冷後、埋没材からプレスされた咬合面部の掘り出しを行い、その後、酸処理とアルミナによるブラスティングにて反応層を除去し、2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面部を完成させた。以下この咬合面部製作方法をプレス法とする。

2) ジルコニア咬合面

(1) 金属咬合面用二分割人工歯使用

金属咬合面用二分割人工歯を用いた場合のジルコニア咬合面部置換には、CAD/CAM システム (ARCTICA Kavo) を用いた。ARCTICA CAD/CAM システムは、スキャナー (ARCTICA Scan Kavo) と CAD システム (ARCTICA Multicad Kavo) とミリングマシン (ARCTICA Engine Kavo) からなる。ARCTICA Scan は光学的に形態を読み取るもので、計測精度は 20 μm である。読み取った咬合面データを、様々な補綴装置の設計が可能な CAD システム上でデザインを行い、5 軸性の精密な加工が可能であるミリングマシンにて切削し、補綴装置を完成させる。

ジルコニアを用いた咬合面部製作手順は、置換する前の咬合面二分割人工歯全体の形状をスキャナーにてスキャンし、その後咬合面部を取り外し、人工歯基底部分の形状をスキャンした。人工歯全体のデータから人工歯基底部分のデータをトリミングし、咬合面部の stl データを作成した。このデータを基に、ミリングマシンを用いて反焼結体ジルコニアブロックである Kavo 社製ジルコニアソフトを削り出した。その後、これを炉に入れ、炉内温度を室温から約 7 時間かけて 1500°Cまで上昇させ 2 時間維持することでシンタリングを行い、その後自然冷却させ咬合面部を完成させた。以下、この咬合面部製作方法を CAD/CAM 法 (金属咬合面用二分割人工歯) とする。

(2) レジン人工歯使用

今回新たに開発した、一般的なレジン人工歯を用いる咬合面部置換方法は、ARCTICA CAD/CAM システムを用い、レジン人工歯全体の形状をスキャンした後、咬合面部をフィッシャーバーにて約 1mm 切削した。さらにラウンドバーにて元の位置に正確に復位させ両者を固定させるための保持孔を 2 か所付与した。その後、その切削したレジン人工歯の形状を改めてスキャンした。人工歯全体のデータから人工歯基底部分のデータをトリミングし咬合面部の stl データを作成

した。以降は上述の金属咬合面用二分割人工歯を使用した方法と同様の手順で、ジルコニア咬合面を製作した。以下、この咬合面部製作法を CAD/CAM 法 (レジン人工歯) とする。

3) 白金加金合金

通法に基づいて、白金加金合金 (PGA-3 石福金属興業) を用いた咬合面部を対照群として製作した。咬合面部を分離した後に、クリストバライト系埋没材 (イデアベストミクロ ジーシー) を用いて混水比 0.30 で埋没し、乾燥後に 400°C で 60 分、700°C で 30 分の係留を行った。次いで遠心鑄造機を用いて鑄造し、1 時間自然冷却させた後割り出し、酸化膜の除去を行い、咬合面部を完成させた。以下、この通法の咬合面部製作法を鑄造法とする。

4. 実験項目

1) 接着強さの測定

新材料で製作された咬合面が、臨床使用上長期間咬合力に耐え得る接着強さを有するか否かを確認するため、咬合面部の接着強さに関する検討を行った。前処理として、人工歯基底部にアクリルプライマー (山八歯材) を、2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面接着面部にはポーセレンプライマー (クラレ) を、ジルコニア咬合面接着面部には AZ プライマー (松風) を、また、白金加金合金咬合面接着面部にはメタルプライマー (ジーシー) をそれぞれ使用した。乾燥後、常温重合レジン (ユニファスト III ジーシー) と PMMA 系レジンセメント (スーパーボンド サンメディカル) とコンポジット系レジンセメント (パナビア F2.0 クラレ) を用いて接着し、24 時間放置した。咬合面部を接着した各種試料に 0-60°C、2,000 回のサーマルサイクルを付与した後、万能試験機 (EZ Test 島津製作所) を用いて、クロスヘッドスピード 1mm/min の条件下で引っ張り試験を行った。試料数は各 10 個とした。

2) 戻り精度の測定

口腔内で顎運動に調和して機能するためには、当然のことながら、接着された咬合面部が正確に復位される必然性があるため、各種材料で製作された咬合面部の戻り精度に関する検討を行った。戻り精度は、咬合面を置換した後の咬頭の高さから咬合面を置換する前の咬頭の高さを引いた浮き上り量で表示した。戻り精度測定用試料は、接着強さの実験の結果に基づいてスーパーボンドを使用して接着した。戻り精度の測定にはハイトゲージ (DIGIMICRO MFC-101A Nikon) (測定精度 0.5µm) を用いた。測定した咬頭は、下顎右側第一小白歯側咬頭、下顎右側第一大臼歯近心側咬頭、遠心側咬頭とした。鑄造法、プレス法、CAD/CAM 法 (金属咬合面用二分割人工歯)、CAD/CAM 法 (レジン人工歯) にて製作した各種咬合面部について測定を行い、各咬頭の戻り精度として比較した。試料数は各 10 個とした。

5. 統計処理

実験によって得られた値は、それぞれの平均値と標準偏差、標準誤差を求め、等分散のデータの場合、一元配置分散分析と tukey 法を用いた。不等分散のデータの場合、クラスカルウォーリス検定とマンホイットニー検定を用いた後ボンフェローニ補正を行った。有意水準 5% でデータ間の差の検定を行った。

III. 結果

1. 接着強さ

第一小白歯咬合面部にユニファスト III を用いた場合、2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス

(学位論文の内容を要約したもの)

No. 4

愛知学院大学

咬合面は 12.5kgf、ジルコニア咬合面は 13.0kgf、白金加金合金咬合面は 15.2kgf の接着強さを示し、3種の咬合面の接着強さに有意な差は見られなかった。第一大臼歯咬合面部にユニファストⅢを用いた場合、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面は 27.5kgf、ジルコニア咬合面は 19.8kgf、白金加金合金咬合面は 23.2kgf の接着強さを示し、3種の咬合面の接着強さに有意な差は見られなかった。

第一小臼歯咬合面にスーパーボンドを用いた場合、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面は 14.1kgf、ジルコニア咬合面は 21.1kgf、白金加金合金咬合面は 18.5kgf の接着強さを示し、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面とジルコニア咬合面の間では、ジルコニア咬合面が有意に大きな接着強さを示した。第一大臼歯咬合面にスーパーボンドを用いた場合、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面は 35.2kgf、ジルコニア咬合面は 40.2kgf、白金加金合金咬合面は 32.2kgf の接着強さを示し、3種の咬合面の接着強さに有意な差は見られなかった。また、以上の結果からいずれの材料、歯種においても、ユニファストⅢよりスーパーボンドのほうが高い接着強さを示す傾向が見られた。

2. 戻り精度

各種咬合面部材料をスーパーボンドで接着した場合の戻り精度は、第一小臼歯頬側咬頭において、金属咬合面用二分割人工歯を用いて白金加金合金咬合面に置換した場合は $14.2\mu\text{m}$ 、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面に置換した場合は $33.7\mu\text{m}$ 、ジルコニア咬合面に置換した場合は $50.8\mu\text{m}$ 、レジン人工歯を用いてジルコニア咬合面に置換した場合は $36.7\mu\text{m}$ の戻り精度を示し、金属咬合面用二分割人工歯を白金加金合金咬合面に置換した場合と一般的な人工歯をジルコニアに置換した場合との間では、後者の浮き上りが大きく、有意な差が見られた。

第一大臼歯近心頬側咬頭において、金属咬合面用二分割人工歯を用いて白金加金合金咬合面に置換した場合は $18.4\mu\text{m}$ 、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面に置換した場合は $43.9\mu\text{m}$ 、ジルコニア咬合面に置換した場合は $56.8\mu\text{m}$ 、レジン人工歯を用いてジルコニア咬合面に置換した場合は $31.5\mu\text{m}$ の戻り精度を示し、金属咬合面用二分割人工歯を白金加金合金咬合面に置換した場合と2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面に置換した場合と、ジルコニア咬合面に置換した場合は、ジルコニア咬合面の浮き上りが他の2種よりも大きく、有意な差が見られた。

第一大臼歯遠心頬側咬頭において、金属咬合面用二分割人工歯を用いて白金加金合金咬合面に置換した場合は $21.5\mu\text{m}$ 、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面に置換した場合は $27.9\mu\text{m}$ 、ジルコニア咬合面に置換した場合は $50.4\mu\text{m}$ 、レジン人工歯を用いてジルコニア咬合面に置換した場合は $27.2\mu\text{m}$ の戻り精度を示し、咬合面間の戻り精度に有意な差は見られなかった。

IV. 考察

1. 金属咬合面用二分割人工歯について

金属咬合面用二分割人工歯を用いた咬合面置換術式は、口腔内の機能や顎運動に調和した合理的な咬合面形態を長期的に維持することが可能となる画期的な臨床システムである。その技工操作も従来の咬合面置換法に比べて極めて簡便であり、高精度な機能的咬合面形態を持った人工歯を製作する事が容易となった。金属咬合面用二分割人工歯は、それぞれの症例の顎機能に調和し

た咬合面形態を長期間保持することが可能なため、顎堤に対する不均衡な力を生じにくいと考えられ、顎堤の保護にも非常に有効であると考えられる。

2. 咬合面置換材料について

今回、新たに咬合面部に用いた、2 ケイ酸リチウム含有セラミックスの曲げ強度は 400MPa、ジルコニアの曲げ強度は 900~1300MPa であり、エナメル質の 80~90MPa、象牙質の 138~270MPa と比較して高い値を示している。従って、新たに用いたこの 2 種類の材料は咬合力に耐えうると推測され、咬合面置換材料に適用可能と考えられる。

3. 接着強さについて

パナビア f2.0 を用いた場合、サーマルサイクル後に全ての試料の基底部側で界面破壊を生じ咬合面部は自然脱落した。これはレジン同士が接着するには、接着材のモノマーが被接着体のポリマー内に浸透する必要があるが、浸透度合いはモノマーの分子量に反比例し、パナビア f2.0 のモノマーは多官能基系のモノマーとして分子量が大きいため、基底部のポリマー中に浸透しにくく、その結果、基底部との間でほとんど接着力が得られなかったためであると考えられる。ジルコニアは、シリカを含まず金属元素であるジルコニウム (Zr) の酸化物を多量に含有する化合物であり、金属酸化物としての化学的性質が強い。今回の実験で、リン酸エステル系モノマーが含有されている PZ プライマーを前処理に使用したところ、白金加金合金、2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス咬合面の接着強さと比較して、遜色ない値を示した。

長年にわたり臨床で使用され、咬合面部の脱離が認められなかった白金加金合金咬合面の接着に用いられた、メタルプライマーと常温重合レジンの組み合わせによる接着強さと比較して、2 ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス、ジルコニア共に、接着強さに有意な差は見られなかった。この結果から、これらの新しい材料は、临床上問題なく長期間の使用が可能であると考えられる。

4. 戻り精度について

1) 金属咬合面用二分割人工歯

金属咬合面用二分割人工歯を用いた、プレス法、CAD/CAM 法による咬合面部の戻り精度は、従来から用いられている白金加金合金咬合面部と比較して、大きい値を示す傾向が見られた。

ジルコニアの適合性について、CAD/CAM にて製作したジルコニアクラウンと模型支台歯とのセメントスペースを調べた文献では、CAD 上で任意に設定したセメントスペースの厚みと比較して、実際に完成したクラウンと支台歯とのセメントスペースの厚みは、後者のセメントスペースがより大きい値を示すと報告されている。また、CAD/CAM システムを用いて各種材料を切削して製作したクラウンの高径は、クラウン原型の高径よりも高くなるとの報告もある。今回の CAD/CAM 法によるジルコニア咬合面の戻り精度が大きな値を示したことも、それらと同じ原因に基づくものであると推察される。

今回、プレス法、CAD/CAM 法で製作された咬合面部は 50~60 μm 程度の戻り精度を示し、金属咬合面の戻り精度よりも高い値を示していた。咬合面部の戻り精度は平均 37 μm との報告がある。これは、その浮き上り分、同部の咬合高径が増加することになるが、天然歯であれば厚み検知閾値が 30 μm 程度であると報告されているため、このレベルの戻り精度が望まれる。したがって、プレス法に関しては、埋没材の混水比により、膨張率が変化するため、より寸法変化が小さくなる混水比について検討する必要があり、CAD/CAM 法に関しては、セメントスペースを CAD 上で任

意に設定する事が可能なため、今後、より浮き上り量を少なくする設定条件を検討する必要があると考えられる。

2) レジン人工歯

一般的なレジン人工歯を用いて咬合面置換を行った場合、金属咬合面用二分割人工歯による咬合面置換を行った場合と比較して、戻り精度にほとんど差が見られなかった。これは、CADデータ製法に関して両者間の差がないためと考えられる。本法の利点は、クリアランスが不足し、ツーピース人工歯が使用できない症例においても咬合面置換が可能になることである。また、当初は咬合面置換を想定していなかった症例においても、義歯装着後、任意な時期に咬合面置換が可能になることも、臨床現場において大きな価値であろう。

5. CAD/CAM 法の利点について

CAD/CAM 法を用いた場合の利点として上記に挙げた以外にも、プレス法、鋳造法では咬合面置換には一度義歯を患者から預かり、後日再来院が必要となるが、CAD/CAM 法では、作業工程が少なく、咬合面置換に要する時間が少ないため、患者が一度の来院で咬合面置換が可能となる利点も挙げられる。さらに、CAD/CAM 法の場合、個々の咬合面形態をデジタルデータで保存する事が可能なため、仮に咬合面置換後に破折、脱落等が生じた症例に対しても、元の形態と同一の咬合面部を再度義歯に適用する事が可能であると考えられる。

6. 審美性について

現在、歯科治療に対して審美性を重視する傾向が高まってきているが、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス、ジルコニアを用いた症例では、従来、我々が使用していた白金加金合金とは違い、高い審美性を有しているため、十分な形態精度と審美性を併せ持った形での咬合面置換が可能になると考えられる。

V. 結論

従来の白金加金合金とは事なる材料である、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックスとジルコニアを用いて義歯人工歯咬合面を置換したところ、以下の結論が得られた。

1) 接着強さは、現在まで20年に渡り臨床上問題なく使用されている白金加金合金と比較してほとんど差が見られなかった。

2) 戻り精度は、現在まで使用されている白金加金合金と比較してやや大きい値を示したため、製作過程を見直し、さらなる精度の向上を図る必要があると考えられる。

3) CAD/CAM システムを用いる事により、任意の位置で咬合面置換を行えるため、理論上、全ての症例において咬合面置換が可能となった。

以上の事より、2ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックスとジルコニアは咬合面部置換材料として有用であると考えられる。