

令和元年6月13日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K11164

研究課題名(和文) 窯業の上絵付技法を用いた固定性補綴装置の色調再現

研究課題名(英文) Color reproduction of aesthetic dental fixed prosthesis using overglaze painting technique of ceramic industry

研究代表者

田上 直美 (TANOUE, Naomi)

長崎大学・病院(歯学系)・准教授

研究者番号：70231660

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：窯業分野における絵付技法がジルコニア製審美歯科補綴装置の色調再現へ応用できるか検討した。臨床応用で最も問題となる摩耗による退色および表面粗さの増加を現行の歯科用ステインと比較した結果、窯業において上絵付で用いる転写紙を0.112 mm程度の厚みでジルコニアに焼き付けた場合に、歯科用ステインと同等以上の歯ブラシ摩耗耐性が得られることが判明した。転写紙の厚みが適切であれば、上絵付技法は十分に歯科臨床に応用できると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の歯科補綴装置は、特に審美的な材料の物性や色調再現性、経済性等が問題視されている。本研究では、美しい補綴装置を簡便に作製することを目的として、陶磁器製造技術の一つである絵付技法が補綴装置の色調再現に応用できないか検討した。その結果、審美歯科補綴装置は、窯業分野技術の導入により安価で簡便に製作できる可能性が示唆された。この結果は、窯業と歯科の異分野技術の融合による新しい歯科技術の創出の可能性も示唆した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to apply the overglaze painting technique in the field of ceramic industry to the color reproduction of the aesthetic dental prosthesis made with zirconia material. As a result, abrasion resistance of zirconia specimen fused the decalcomania paper of 0.112 mm thickness was equivalent or more than the current dental zirconia staining system. It was revealed that the overglaze painting technique in the field of ceramic industry could be sufficiently applied to dental clinical practice, when the thickness of the decalcomania paper would be appropriate.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：窯業 上絵付 ジルコニア 色調

1. 研究開始当初の背景

冠やブリッジのような固定性の歯科補綴装置に審美性を持たせるには、薄層でも色調の再現性が優れた材料が必要である。しかしながら、コンポジットレジンの色調再現には2.5mm以上の厚みが必要で、以下であれば背景色の影響を受ける(Y. Koishi, N. Tanoue, et al., 2002)。長石系陶材はコンポジットレジンより透明性が高く、審美性には優れるがコンポジットレジン以上に厚みが必要である。

21世紀に入り、金属の代わりに金属酸化物を用いる方法が歯科に導入された。金属酸化物の中でも、特にジルコニアは高強度及び強靱性であり、最近ではComputer-Aided-Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM)技術の発達によりブリッジのような大きな装置にも応用できるようになった。しかしながら、ジルコニアは天然歯の色調と異なるため、色調再現に表面処理や陶材の築盛を含む技工ステップが必要であること、陶材とジルコニアの接着強度が不十分であることなどの課題がある。近年、これらの問題解決のために陶材を築盛せずジルコニア材料に直接ステインと呼ばれる陶材用着色材を塗布する方策が採られるようになったが、色調再現性は不十分である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、伝統的な窯業技術を利用した新しい歯科補綴装置作製法を開発することである。現在の歯科補綴装置は、特に審美的な材料の物性や色調再現性、経済性等が問題視されている。本研究では、美しい補綴装置を簡便に作製することを目的として、陶磁器製造技術の一つである絵付技法を補綴装置の色調再現に応用する新技術開発に取り組む。申請期間内では長崎県窯業技術センターと協働し上絵付け技法を検証する。窯業と歯科の異分野技術の融合により、新しい歯科技術の創出を目指す。

3. 研究の方法

工業用ジルコニア板に既存の赤色系窯業用単色版(転写紙)を直接上絵付し、歯ブラシ摩耗試験を実施、試験前後の表面性状と色調の変化を計測して、歯科導入に最適な版の厚さや焼付条件を決定した。コントロールには歯科用システム内の着色用陶材(ステイン、レッド)を同じジルコニア板に焼き付けたものを用いた。

また、窯業用単色版と歯科用ステインの成分分析を行い、その差を確認し、色調の差異の原因を検討した。その後、用いたジルコニア板の成分分析および熱膨張率を測定し、歯科で臨床応用されているジルコニアフレームのそれと比較した。

4. 研究成果

(1) 平成27年度

基礎的研究として既存の単色版をCAD/CAMジルコニアフレームに直接上絵付し、歯ブラシ摩耗試験を実施、試験前後の表面性状の変化を計測して、歯科導入に最適な版の厚さや焼付条件を模索した。コントロールには歯科用システム内の着色用陶材(ステイン)を同じCAD/CAMジルコニアフレームに焼き付けたものを用いた。工業用緻密質ジルコニア板を18×25×2mmの直方体に切断し、レーザー顕微鏡にて表面粗さ(Ra)を計測後、赤系転写紙を1、2、4、8枚貼り付け焼成し、Raを再び計測した。コントロールとしては歯科用ステイン(セラピアンZRエクスターナルステインキット、クラレノリタケデンタル)をメーカー指定の条件にて焼成した。

ジルコニアフレームは通常の陶磁器より熱膨張率が高いため、焼き付けた上絵が剥離しないか、上絵焼成表層の耐摩耗性が口腔内での臨床応用に耐えられるかを歯ブラシ摩耗試験にて検証した。現有の摩耗試験機を使用、試験条件は試験速度140回/分、歯ブラシ圧200 g、スラリーは歯磨剤+水(1:1)とし、10,000 ストロークにてブラシ交換、1試料に対し20,000 ストロークの摩耗を実施した。摩耗試験後、Raを再度計測し、試験前及び各条件間で比較した。

結果、1枚及び2枚印刷では焼き付け前(ジルコニア単体)のRa(平均値6.48 マイクロメートル)より大きい値となったが、4枚及び8枚印刷ではコントロールのステイン(平均値1.48 マイクロメートル)と同程度の滑らかな表面性状が得られ、摩耗後もステインと同等であった。摩耗試験の結果では、版を4枚程度重ねた条件が最も臨床応用に適していると思われた。

(2) 平成28年度

平成27年度の研究結果をより臨床に近づけるための手法として、窯業分野での上絵付けによる色調再現とその耐久性について検討した。

既存の単色(赤系)転写紙を1, 2, 4, 8枚の厚みで市販工業用緻密質CAD/CAMジルコニアフレームに直接上絵付けし、焼成して色調を測定した。色調の測定には分光光度計(クリスタルアイ)を使用した。その後、1試料につき200 gの荷重をかけ、毎分140 ストロークの計20,000 ストローク(10,000 ストローク毎にブラシヘッド交換)で歯ブラシ摩耗試験を実施し、再度色調を測定した。コントロールには歯科用の着色用陶材(ステイン)の赤色系を用いた。表色法にはCIE1976L*a*b*表色系を用いた。色調に関するデータとしては摩耗試験前後の色調の差(色差)であるE*abを計算にて求めた。E*abの値は等分散性を示したため、一元配置分散分析を用い多重比較検定を行った($\alpha=0.05$)。

8枚印刷では焼成後に気泡の存在が認められたが、1, 2, 4枚印刷では気泡は生じなかった。また、転写紙の厚みは増すほど鮮明な色が再現できた。E*abの平均値は、1枚で3.4、2枚で1.5、4枚で1.7、8枚で1.7、ステインで2.3であり、1枚とステインで2以上の値を示した。1枚は他の全ての条件と比較して有意に高い色差を示した。摩耗試験によって焼き付けた上絵付けもしくは着色用材料は、歯ブラシによって摩耗し退色することが判明した。色調の耐久性には一定の厚み以上の転写紙の焼き付けが必要であると思われた。

(3) 平成29年度

窯業分野で用いる転写紙および歯科用ステインについて簡易型蛍光X線装置を用いて成分分析を行い、更にジルコニアディスク以外の成分について全体が100%となるよう再計算した補正値を求めた。

その結果、2つの材料に共通して二酸化ケイ素、三酸化ホウ素、三酸化アルミニウム、酸化カリウム、酸化ナトリウム、酸化亜鉛、酸化鉄(三酸化二鉄)、酸化カルシウム、酸化マグネシウムが含有されており、転写紙に特有の成分として酸化バリウム、三酸化ニビスマス、二酸化チタン、酸化マンガンが含有されていることが判明した。歯科用ステインには二酸化スズ、二酸化セリウム、三酸化ニアンチモン、三酸化ニクロムが含有されており、これらはステインを低融点に調整するために含有されているものと推測された。

それぞれの材料において含有率は異なっており、歯科用ステインでは酸化ケイ素が55.38%含まれていたのに対し、転写紙では43.98%であり低かったが、酸化ホウ素、酸化アルミニウム、酸化カリウム、酸化ナトリウム、酸化亜鉛、酸化鉄、酸化カルシウム、酸化マグネシウムは転写紙に多く含まれていた。歯科用ステインには窯業分野における釉薬に赤色として用いられるカドミ

ウムを含んでおらず、カドミウムを用いない成分で赤色を成していることが判明した。

(4) 平成30年度

最終年度は、本研究に使用した工業用ジルコニアと歯科用ジルコニアの成分と熱膨張率を測定した。本研究では色調再現の方法として窯業用の転写紙を用い、そのコントロールとして歯科用ジルコニア用ステインを使用した。ステインは焼き付ける歯科用ジルコニアと熱膨張率を調整してある。

成分分析は蛍光X線分析装置(日本フィリップス(株) MagiX PRO PW-2440/00)にて行った。その結果、工業用ジルコニアの成分はZrO₂ 90.8%、Y₂O₃ 6.3%、HfO₂ 1.7%、Al₂O₃ 0.9%、SiO₂ 0.4%であり、歯科用ジルコニアの成分ZrO₂ 92.2%、Y₂O₃ 5.4%、HfO₂ 1.9%、Al₂O₃ 0.2wt%とは若干異なっていた。また、双方の熱膨張係数に大きな相違は認められなかったが、熱膨張特性は大きく異なり、歯科用ジルコニアでほぼ安定しているのに対し、用いた工業用ジルコニアは特に440付近で大きく変動した。このことから、試験で用いた工業用ジルコニアは純粋な安定化ジルコニアではなく、別の相を含んでいるものと考えられた。

本研究は、歯科治療への臨床応用のためのパイロットスタディであることから、今後は歯科用ジルコニアを用いた転写紙導入のための研究を推進する必要があると思われた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

田上 直美、MMA系レジンセメントの曲げ強さおよび引張強さに銀微粒子が及ぼす影響、
接着歯学、査読有、36(1)、2018、9-13

H. Yanagida, N. Tanoue, Y. Minesaki, Y. Kamasaki, T. Fujiwara, H. Minami. Effects of polymerization method on flexural and shear bond strengths of a fiber-reinforced composite resin. Journal of Oral Science、査読有、59(1)、2017、13-21

DOI:10.2334/josnusd.16-0117

H. Yanagida, Y. Minesaki, K. Matsumura, N. Tanoue, K. Muraguchi, H. Minami. Bonding durability between acrylic resin adhesives and titanium with surface preparations. Dental Materials Journal、査読有、36(1)、2017、69-75

DOI:10.4012/dmj.2016-192

N. Tanoue, Longevity of resin-bonded fixed partial dental prostheses made with metal alloys, Clinical Oral Investigations、査読有、20(6)、2016、1329-1336

DOI:10.1007/s00784-015-1619-9

R. Ikoma, N. Tanoue, T. Fujiwara, T. Sawase. Factors affecting color reproducibility of resin-veneered prostheses. IOSR Journal of Dental and Medical Science、査読有、15(9)、2016、101-105

[学会発表](計5件)

N. Tanoue, Basic and clinical study of adhesive resin cements. Beijing Dental Adhesive Summit, 2018.

T Peng, S. Shimoe, T. Matsui, N. Tanoue, H. Akebono, T. Murayama, T. Satoda, Fatigue resistance of Y-TZP clasps for removal partial dentures. 6th

International Congress of Dental Technology, 2017.

田上 直美、理工学を活かした歯科臨床、平成 28 年度日本歯科理工学会九州地方会、2016.

田上 直美、歯科技工士から研究論文を発信しよう！、第 38 回日本歯科技工学会学術大会、2016 .

横田 春日、田上 直美、オールセラミック修復によるスマイルライン改善症例 . 一般社団法人日本歯科審美学会第 27 回学術大会、2016 .

6 . 研究組織

(1)研究分担者：なし

(2)研究協力者：なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。