

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11780

研究課題名(和文) ポーラスサーフェスと低温劣化抑制能を有するカラードジルコニアインプラントの開発

研究課題名(英文) Development of Colored Zirconia Implant with Porus Surface and Suppression Ability of Low Temperature Degradation

研究代表者

若林 一道 (WAKABAYASHI, KAZUMICHI)

大阪大学・歯学部附属病院・助教

研究者番号：50432547

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、審美性を高めるために、歯肉色や歯根色のインプラント体を開発し、かつ、優れたオッセオインテグレーションを獲得し、安定して長期にわたり骨内で機能させるための、新規ジルコニアインプラントの開発を目的として実験を行った。その結果、歯肉色と同等の色調を付与するためには、市販のピンク色ジルコニアよりも、より赤味を付与する必要がある、上部構造と一体化したモデルではチタンと同様の応力分布をしめず、生体親和性の向上に低温大気圧プラズマは有効であることがわかった。本研究結果は、今後のジルコニアインプラントの開発の一助となるものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インプラント臨床において、必ずしもすべての症例が順調な経過をたどっているとは言い難い。審美領域において、インプラント周囲炎等により、一旦骨が吸収し歯肉が退縮すると、チタンの金属色が露出する。そのため、歯肉色を有する審美性の高いジルコニアインプラントを開発を目的とし研究を行った結果、市販のピンク色ジルコニアよりもより赤味が必要である、上部構造と一体化したモデルではチタンと同様の応力分布を示す、生体親和性の向上に低温大気圧プラズマは有効であることが分かり、本研究結果は、今後のジルコニアインプラントの開発の一助となるものと考えられた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is the development of new zirconia implant with soft tissue or tooth root color and the excellent function for osseointegration. As a result, more reddish color zirconia than a commercially available pink zirconia was necessary for same color of soft tissue, stress distribution of an integrated finite element analysis model of implant body and abutment was same as that of titanium implant, and low temperature atmospheric pressure plasma is useful for an improvement of biocompatibility.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：インプラント ジルコニア

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

インプラントは1950年代後半、スウェーデンのブローネマルク教授がチタンと骨が結合することを発表した。実際の歯科臨床においてもインプラントは長期間安定し、良好な予後を得られたことが実証され、もはや欠くことのできない治療法の一つとなっている。現在、歯科領域で広く用いられているインプラントは、ほぼすべてチタン製のもので、「オッセオインテグレイティッド・インプラント」と呼ばれている。

しかし、チタン製インプラントに関して、インプラント体の脱落やオッセオインテグレーションの獲得不良を訴える患者の中にチタンに対してアレルギーを示す例のあることが報告されており、北川らは術前検査としてチタンに対するパッチテストを行なったところ、全インプラント治療希望患者中、約7%のチタンアレルギー陽性患者をインプラント埋入前に抽出できたと報告している<sup>1)</sup>。

一方で、インプラント治療患者の審美要求の向上に伴い、上部構造の材料としてジルコニアが用いられる症例が増加しているが、Klotz MW et al. らは、繰り返し荷重状況下で、チタン製インプラントに対し、ジルコニアアバットメントは、チタンアバットメントよりも多くのインプラント体の摩耗を引き起こしたと報告されおり<sup>2)</sup>、インプラント治療の一つのオプションとして、今後、ジルコニアインプラントが臨床の場で用いられる機会が増加するものと考えられる。

ジルコニアの問題点として、水熱劣化(低温劣化)があげられる。高強度で高靱性のイットリア系部分安定化ジルコニア(Y-TZP)は生体材料として以前から人工股関節に使用され、歯科でもクラウンブリッジのフレームやインプラントに臨床応用されるようになった。ところが、Y-TZPは低温でも湿潤な環境では劣化する性質をもち、破折や破損が危惧される。

加えて、インプラント臨床において、必ずしもすべての症例が順調な経過をたどっているとは言い難い。審美領域において、インプラント周囲炎等により、一旦骨が吸収し歯肉が退縮すると、チタンの金属色が露出する。それは、たとえチタン製の代わりにジルコニア製インプラントと用いたとしても、明らかに白色のインプラントが口腔内に露出し、審美性を低下させる。歯肉退縮等が起こっていない、歯肉が薄い症例では、ジルコニアインプラントの白さが辺縁歯肉との色調の調和を低下させるものと考えられるが、ジルコニアにEr203やFeを添加するとピンク色や黄色を発色させることができるとの報告がある。

### 参考文献

- 1) 北川雅恵、大林真理子、長崎敦洋ら：インプラント術前検査としてのチタンアレルギー検査の意義、日本口腔検査学会雑誌 第7巻 第1号:31-34, 2015
- 2) Klotz MW, Taylor TD, Goldberg AJ. Wear at the titanium-zirconia implant-abutment interface: a pilot study. Int J Oral Maxillofac Implants. Sep-Oct;26(5):970-5. 2011

### 2. 研究の目的

金属アレルギーの回避や審美性のさらなる向上のため、ジルコニア製インプラントの研究がなされている。生体不活性な材料であるジルコニアがオッセオインテグレーションを獲得するためには、表面性状の改質が極めて重要である。また、ジルコニアの負の特徴として、水分存在下において低温でも相変態が進行する、いわゆる“低温劣化”が報告されている。そのため、本研究では、優れたオッセオインテグレーションを獲得し、かつ安定して長期にわたり骨内で機能させるため、インプラント体表面にポーラス構造を有し、低温劣化を抑制した新規ジルコニアインプラントの開発を目的とする。加えて、歯肉を明るくすることにより審美性を高め、もし歯肉が退縮した際にも少しでも審美性が維持できるように、歯肉色や歯根色のインプラント体を開発する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験1

市販のピンク色ジルコニア(第一稀元素化学工業株式会社)の濃色、中間色、淡色を用いて、直径20mm、厚さ6mmの円形試料を作製した(図1)。そして、濃淡の異なる3色のガム

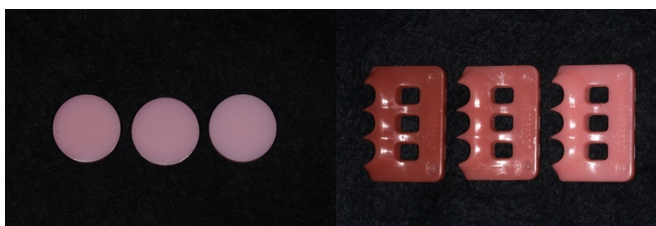


図1 ジルコニアディスクおよびガムシェードガイド



図2 CM-2600d

シェードガイド(ヴィンテージハロー NCC シェードガイド、松風)を分光測色器(CM-2600d, コニカミノルタ)(図2)で計測を行ない、色差 $\Delta E$ を算出した。

## (2) 実験 2

ノーベルバイオケア製インプラント（リプレーステーパード、レギュラープラットホーム）をマイクロ CTにて計測後、ボリュームデータ解析ソフトウェア (VG Studio MAX 2.0 Volume Graphics) を用いて、STL でデータに変換した。そして得られた STL データを有限要素解析ソフトウェア (Mechanical Finder 6.0、構造計画研究所) に入力した。インプラント体の STL データにはジルコニアおよびチタンの材料物性として、それぞれ、ヤング率 210 GPa、106 GPa、ポアソン比 0.31 と 0.19 を適用し、歯軸に対して 135 度で 200N の荷重を負荷した (図 3)。今回のモデルでは、ジルコニアインプラントにおける 2 ピース型の適合性および強度の観点から、インプラント体と上部構造は一体化し同じ材料特性を付与した。

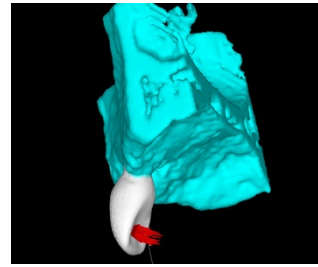


図 3 有限要素モデル

## (3) 実験 3

インプラント表面は血液のぬれ性が高い親水性であることがオッセオインテグレーションの促進に効果的であると言われている。そのため、インプラント体表面のぬれ性を向上させる方法として、低温大気圧プラズマ照射に着目した。低温プラズマ照射の利点としては、真空系を用いないため、装置構成が簡単化できる、低気圧プラズマと比較して、高密度なプラズマを生成できる、プラズマを処理対象物に直接照射できる、熱に弱い物質にも照射可能である などの利点を有する。本実験ではにおけるジルコニア試料に低温プラズマを照射することによる水接触角の変化を計測し、ジルコニア被着面の濡れ性の変化について評価した。Y-TZP 系市販歯科用ジルコニア試料 ZR-SS (松風) を用い、CAD/CAM 装置で作製した板 20 枚を実験試料として用いた。照射面は研磨処理を行った。蒸留水中で 5 分間、アセトン中で 10 分間、超音波洗浄し自然乾燥させた後、10 枚の試料について、表面に蒸留水 2 ml を滴下し、接触角計 PG-X+ (マツボー) を用いて接触角を計測した。そして、大気圧プラズマ装置マルチプラズマジェット (Plasma Factory) (図 4) を用い、10 枚の試料にプラズマ照射を行った。照射器ヘッドと試料の距離は 5 mm、照射用ガスは大気とした。そして、照射 10 秒後の水接触角を計測し、濡れ性を評価した。



図 4 大気圧プラズマ装置  
マルチプラズマジェット

## 4. 研究成果

### (1) 実験 1

ピンク色のジルコニアとガムシェードガイドの色差  $\Delta E$  は、シェードガイド淡色—Zr ピンク淡色で 2.99、シェードガイド淡色—Zr ピンク中間色で 2.68、シェードガイド淡色—Zr ピンク濃色で 2.62、シェードガイド中間色—Zr ピンク淡色で 4.88、シェードガイド中間色—Zr ピンク中間色で 4.37、シェードガイド中間色—Zr ピンク濃色で 14.01、シェードガイド濃色—Zr ピンク中間色で 13.58、シェードガイド濃色—Zr ピンク濃色で 13.11 あり、視覚的にも色差が認められ、シェードガイドの方が濃い色調を有していた (図 5)。そのため、インプラントと歯肉の色調を一致させるためには、より赤色の強いジルコニアの製作が必要であるものと考えられた。

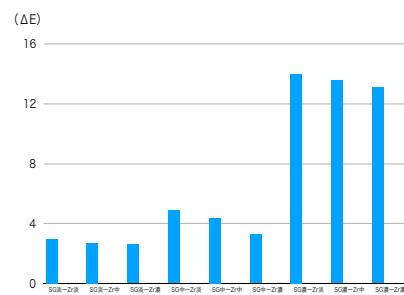


図 5 各試料間の  $\Delta E$  の比較

### (2) 実験 2

ジルコニア製インプラントとチタン製インプラントでは、口蓋側に引張応力が、唇側に圧縮応力が認められたが、周囲骨の応力分布とともに、その差はわずかであり、ほぼ同じであった (図 6)。

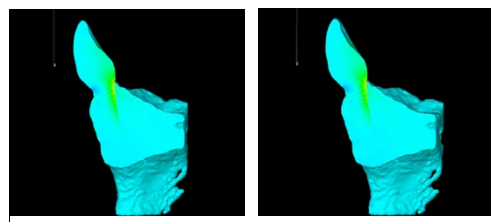


図 6 有限要素法による応力分布  
左：チタン 右：ジルコニア

### (3) 実験 3

プラズマ照射により、ジルコニア表面の濡れ性の向上が確認できた (図 7)。プラズマ照射前の接触角の平均値と標準偏差について、照射前は  $73.2^\circ \pm 5.4^\circ$ 、照射後は  $16.3^\circ \pm 5.4^\circ$  で

あった(図8)。本実験に用いたプラズマ装置は低温大気圧でプラズマ照射を行うことができるため、簡便かつ、ジルコニアの物性に大きな影響を及ぼすことなく、ジルコニア表面を親水性に修飾することが可能であり、ジルコニア材料の濡れ性の向上に有効であるものと考えられた。

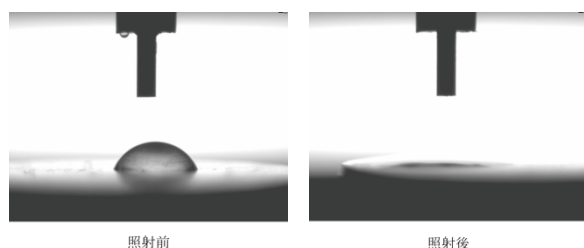


図7 プラズマ照射前後の水滴

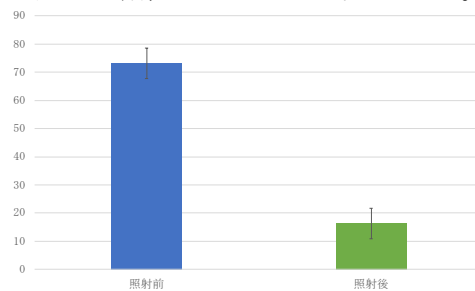


図8 プラズマ照射前後の接触角

本研究結果より、歯肉色と同等の色調を付与するためには、市販のピンク色ジルコニアよりも、より赤味を付与する必要がある、上部構造と一体化したモデルではチタンと同様の応力分布をしめす、生体親和性の向上に低温大気圧プラズマは有効であることがわかった。本研究結果は、今後のジルコニアインプラントの開発の一助となるものと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 塩見祥子、若林一道、大住雅之、岡村真弥、中野芳郎、中村隆志、矢谷博文
2. 発表標題 マルチレイヤー型ジルコニアで作製した前歯部フルカントゥアジルコニアクラウンの色調
3. 学会等名 第28回日本歯科審美学会学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 水木 信之、末瀬 一彦、若林一道	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 184
3. 書名 インプラント・ガイドドサージェリー デジタルソリューションによる安全・安心な治療	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中村 隆志 (NAKAMURA TAKASHI) (20198211)	大手前短期大学・ライフデザイン総合学科・教授  (44416)	
研究分担者	中野 環 (NAKANO TAMAKI) (40379079)	大阪大学・歯学研究科・助教  (14401)	
研究分担者	萱島 浩輝 (KAYASHIMA HIROKI) (50632121)	大阪大学・歯学研究科・助教  (14401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	矢谷 博文  (YATANI HIROFUMI)  (80174530)	大阪大学・歯学研究科・教授    (14401)	
研究 分 担 者	関野 徹  (SEKIO TORU)  (20226658)	大阪大学・産業科学研究所・教授    (14401)	