

令和 6 年 6 月 2 日現在

機関番号：27102

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K17116

研究課題名（和文）天然歯の力学的性質と高接着性を併せもつ新規CAD/CAMブロックの開発

研究課題名（英文）Development of novel CAD/CAM block with mechanical compatibility to natural tooth and superior bonding properties

研究代表者

矢野 良佳 (Yano, Haruka)

九州歯科大学・その他部局等・特別研修員

研究者番号：10911050

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）：本研究では、天然歯に類似する力学的性質と高い接着性を兼ね備えた新規CAD/CAM用ブロックを開発することを目的とした。新規ブロックは、ジルコニアスラリーを乾燥・焼結させ、レジンモノマーを含浸・重合させることで作製した。新規ブロックの機械的性質、物理化学的性質、接着性について調べた。その結果、新規ブロックの弾性係数とビッカース硬さは、エナメル質に匹敵することがわかった。また、新規ブロックは、MDPを含有したプライマーを併用したMMA系レジンセメントに対し、高い接着強さを示すことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天然歯に近い物性をもつ新規歯科材料を開発した。本研究結果をもとに、将来的に新しい歯冠修復物が応用されれば、より生体に近い修復治療が行えると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to develop novel CAD/CAM block with mechanical properties similar to natural teeth and superior bonding properties. The block was prepared by drying and sintering zirconia slurry and infiltration of resin. The mechanical, physicochemical, and bonding properties of the prepared block was investigated. The results showed that the elastic modulus and Vickers hardness of the block was comparable to those of human enamel. The novel block also showed high bond strength to MMA-based resin cement combined with a MDP-contained primer.

研究分野：歯科材料

キーワード：CAD/CAM 天然歯 生体模倣

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

歯冠修復物の硬さや弾性係数などの力学的性質は重要な性質である。生体模倣の観点から考えると、歯冠修復物の力学的性質は歯質と同じが良いと思われる。しかし、既存の歯科材料において、力学的性質が天然歯と等しいものはない。歯冠修復物の力学的性質が歯質と異なることは、破折や脱離などの臨床的な失敗の原因のひとつになる。また、歯冠修復物を支台歯に対して強固に接着させることは、脱離を防ぐだけでなく、破折防止の効果もある。このような背景から、歯質に近い力学的性質と高い接着性を兼ね備えた新しい歯冠修復材料の開発が求められている。

ポリマー含浸セラミックス(PICN)は、多孔質セラミックにレジンを含浸し、重合させることによって作製されるセラミック/レジン複合材料である[1]。PICNは、セラミック骨格とレジン相からなる共連続構造を有する。この微細構造は、レジンマトリックス内にセラミックフィラーを分散させた従来のレジン複合材料とは異なる[2]。PICNの特性は、セラミックスとレジンのバランスをとったものとなる。例えば、PICNの硬さは、ジルコニアや二ケイ酸リチウムガラスセラミックスなどの歯科用セラミックスよりも低いが、レジン複合材料の硬さを上回っている。これらの中間的な機械的性質は、エナメル質や象牙質の性質に類似している。歯科用のPICNは、クラウン、インレー、エンドクラウン、オーバーレイなどの歯科補綴物に応用されている。最も一般的な市販のPICNはVita社のENAMICであり、10年以上にわたって臨床で使用されている。多くの基礎的研究において、PICNの生体適合性に加えて、機械的および物理化学的性質が調べられている。例えば、Coldeaらは、PICNのビッカース硬さと弾性係数が象牙質とエナメル質の間であることを示している[3]。これらの先行研究から、PICNは歯質に近い力学的性質と高い接着性を兼ね備えた新しい歯冠修復材料として有望であると考えられる。

### 2. 研究の目的

歯質に近い力学的性質と高い接着性を兼ね備えた新しい歯冠修復材料を開発することを目的とし、新規ポリマー含浸セラミックス(PICN)を創製する。

### 3. 研究の方法

#### (1)新規PICNブロックの作製

3 mol%イットリアが添加されているTZ-3Y-E (80g)と蒸留水(20g)を混ぜ、自転・公転式ミキサー(ARE-310, THINKY CORPORATION, Tokyo, Japan)のMIXモード2000 rpmで5分間攪拌、DEFOAMモード2200rpmで1分脱泡を行い、ジルコニアスラリーを調製した。調製したジルコニアスラリーをデュプリコーン(SHOFU INC., Kyoto, Japan)で作製した円柱状の型(直径20 mm, 高さ20 mm)にキャストし、室温にて乾燥させ、成形体を作製した。これを所定の温度で焼成し、多孔質ジルコニアブロックを得た。この多孔質ブロックをレジンモノマー液に1週間浸漬した。ジルコニア焼結体中含浸させるレジン、UDMA、TEGDMA、BPO、MDPを所定の重量比になるように混ぜることで調製した。レジンを含浸させたブロックを80のオープンに入れ、加熱重合を行うことでPICNを得た。

#### (2)評価方法

上記の方法にて作製したブロック状のPICNを精密切削機にて切り出し、耐水研磨紙にて#2000まで順番に研磨し、試験片サイズを幅4.0mm、長さ14.0 mm、厚み1.2 mmに調整した。試料の辺縁は角を丸めてシャンファー形状にした。これを実験試料とした。また、市販のCAD/CAMブロック(Cerasmart300、ジーシー)を同様に試験片に加工し、比較試料とした。

試料の評価は、三点曲げ試験、ビッカース硬さ試験、溶解量・吸水量試験、レジンセメントに対するせん断接着試験とした。これらの試験方法は先行研究にしたがって行った[4]。

### 4. 研究成果

まず初めに、焼成条件が機械的性質に及ぼす影響について調べた。焼成温度を1000、1100、1200、1300、1400で試料を作製して評価を行ったところ、焼成温度の増加とともに、弾性係数とビッカース硬さの増加が見られた。各試料の弾性係数は約37~54GPaであり、すべての試料がエナメル質の弾性係数である40~90GPaに近似することがわかった。また、試料の曲げ強さは約170~600MPaであり、比較材料の値(212MPa)と同等またはそれ以上の値であった。ビッカース硬さは約200~1200VHNであった。特に、1200で焼成したが約390VHNであり、エナメル質の270~366VHNに近似することがわかった。新規PICNの弾性係数、ビッカース硬さ、曲げ強さのいずれもCAD/CAM用コンポジットレジンを上回っており、歯質に近い値であった。これらの結果から、1200で焼成することで比較的エナメル質に近い力学的性質をもつ新規PICNが得られることがわかった。

新規PICNの溶解量・吸水量は、それぞれ約 $1 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ と約 $13 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ であり、比較試料のCAD/CAM用コンポジットレジンと同等またはそれ以下であった。

レジンセメントに対する接着特性を明らかにするため、MMA系レジンセメント(スーパーボン

ド)とコンポジット系レジンセメント(パナビア V5)に対する接着強さについて評価した。MDPを含むプライマーを塗布し、各レジンセメントをメーカー指示に従って接着させてせん断接着強さを測定した。その結果、MMA系レジンセメントに対する接着強さ(約26MPa)はコンポジット系レジンセメントに対する値より有意に大きかった。このことから、新規PICNは、MDPを含むプライマーとMMA系レジンセメントを併用することで優れた接着性を発揮することが明らかとなった。

以上の結果より、ジルコニア骨格をもつ新規PICNを作製し、その力学的性質がエナメル質に類似することが示された。また、新規PICNは優れた耐水性をもつことが示された。さらに、新規PICNは、MMA系レジンセメントに対して高い接着性をもつことが示された。

#### 参考文献

1. He, L.H.; Swain, M. A novel polymer infiltrated ceramic dental material. *Dent. Mater.* 2011, *27*, 527-534, doi:10.1016/j.dental.2011.02.002.
2. Mainjot, A.K.; Dupont, N.M.; Oudkerk, J.C.; Dewael, T.Y.; Sadoun, M.J. From artisanal to CAD-CAM blocks: state of the art of indirect composites. *J. Dent. Res.* 2016, *95*, 487-495, doi:10.1177/0022034516634286.
3. Coldea, A.; Swain, M.V.; Thiel, N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent. Mater.* 2013, *29*, 419-426, doi:10.1016/j.dental.2013.01.002.
4. Kawajiri, Y.; Ikeda, H.; Nagamatsu, Y.; Masaki, C.; Hosokawa, R.; Shimizu, H. PICN nanocomposite as dental CAD/CAM block comparable to human tooth in terms of hardness and flexural modulus. *Materials* 2021, *14*, 1182, doi:10.3390/ma14051182.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------