

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592840

研究課題名(和文) ポーラスサーフェスを有するジルコニア系ナノ複合型二層構造ブロックの開発

研究課題名(英文) Development of multifunctional nano-composite ceramics suitable for all-ceramic restorations

研究代表者

中村 隆志 (Nakamura, Takashi)

大阪大学・歯学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20198211

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：ジルコニア(Y-TZP)フレームを用いるクラウンでは、陶材の破折や剥離が問題となる。本研究では、焼付強さが必要な咬合面部はポーラス、高強度が必要となる歯頸部は緻密となる2層構造Y-TZPフレームを考案した。

市販のY-TZP粉末に造孔剤を添加して焼結しポーラス/緻密2層構造のブロックを試作し、市販および緻密質Y-TZPと比較した。フレームに陶材を積層してクラウンを製作し、加工精度とクラウンの破壊荷重を求めた。製作したクラウンは、他の2種よりも31～35%破壊荷重が大きかった。本研究より、2層構造Y-TZPフレームは、築盛陶材が剥離しにくく、今後の臨床応用が期待できる材料であることが示された。

研究成果の概要(英文)：All-ceramic crowns and fixed partial dentures made with zirconia frames have excellent esthetics and biocompatibility, but there is some suggestion that they pose problems of fracturing an d/or dislodgement of the veneering porcelain. The purpose of this study is to evaluate the workability of new hybrid zirconia and examine the fracture resistance of all-ceramic crowns using this hybrid zirconia frames.

Completed zirconia frames were veneered with tooth-colored porcelain. The marginal and internal gaps between frames/crowns and abutments were measured. Each crown specimen was subjected to a fracture test. There were no significant differences in marginal and internal gap among all the frames and crowns. The crown with the hybrid zirconia frame had a 31-35% greater fracture load than that with the commercial or dense zirconia frame. This suggests that the all-ceramic crowns with a hybrid zirconia frame have a high fracture resistance.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴・理工系歯学

キーワード：ジルコニア ナノ複合化 CAD/CAM

1. 研究開始当初の背景

オールセラミッククラウンやブリッジは天然歯に近い審美性と優れた生体親和性をもっている。アルミナなど従来のセラミックス材料は、大きな咬合力の加わる臼歯部ブリッジには応用できなかったが、高強度・高靱性のジルコニアのフレームに陶材を焼き付けたクラウンやブリッジが用いられるようになり、前歯部だけでなく、臼歯部のオールセラミッククラウンやブリッジが製作できるようになった。ところが、ジルコニアを用いた歯冠修復では、焼付用陶材の剥離や破折が問題となっており、フレームと陶材の焼付強さの向上が課題となる。両者の焼付強さを高めるには、ジルコニアにポーラス構造を付与する方法が有望視される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、造孔剤を使用してポーラス構造を付与したジルコニアと陶材の焼付強さを調べることである。さらに、ポーラスジルコニアと緻密質のジルコニアを組み合わせた2層構造のジルコニアブロックを試作し、このブロックを加工して製作した2層構造ジルコニアフレームを使用したクラウンの破折抵抗を、従来型のものと比較検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1)ポーラスジルコニアの機械的性質

出発原料には、市販の3mol%のイットリアを含んだジルコニア(Y-TZP)を1450℃で2時間焼結したものを用いた(試料A)。ポーラスジルコニアは、Y-TZPにプラスチックビーズ(試料B)、およびコーンスターチ(試料C)をそれぞれ添加して同様に焼結した。密度、気孔率を測定後に歯科用セラミックス規格であるISO6872に基づいて3点曲げ試験を行った。

(2)陶材の焼付強さ

先の実験で用いた3種のジルコニア試料を板状に加工した。この上にジルコニア専用陶材を築盛、焼成し、剪断接着試験を行った。

(3)2層構造ジルコニアの加工性

ポーラスジルコニアには、実験(2)で焼付強さの大きかった試料Bを使用した。ポーラス/緻密2層構造ジルコニアブロックは、Y-TZPの粉末を固めて成形したものの上に造孔剤を添加したY-TZP粉末を同様に成形したものを重ねて2層構造としたものを、1450℃で2時間の条件で焼結させることにより製作した(図1)。

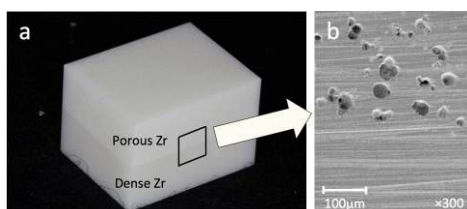


図1 ポーラス/緻密2層構造ブロック

また、緻密質ジルコニアブロックはY-TZP粉末のみを同様に成形、焼結させて製作した。さらに、市販のイットリア系部分安定化ジルコニアの半焼結ブロックをコントロールとして用いた。ポーラス/緻密2層構造ジルコニアブロックおよび緻密質ジルコニアブロックはいずれも完全焼結済みのブロックを歯科用CAD/CAMを用いて切削加工し、支台歯に適合するクラウン用フレーム試料を製作した(図2)。

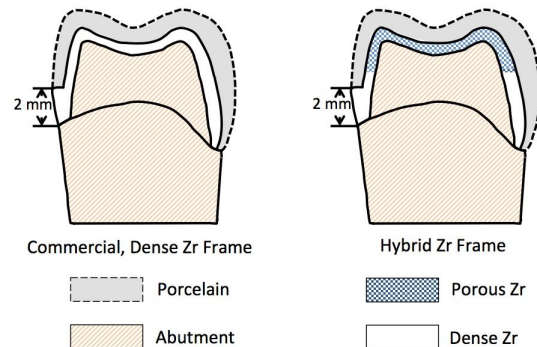


図2 従来型フレーム(図左)と2層構造フレーム(図右)のクラウン模式図

完成したジルコニアフレームを肉眼および顕微鏡を用いてチッピングの有無を確認し、辺縁間隙量を求めた。内面の間隙量は、適合試験材を使用して求めた。

(4)オールセラミッククラウンの破折抵抗

辺縁および内面間隙量測定後のフレームに陶材を築盛し、焼成を行った。完成したクラウンをレジメンでチタン支台歯に合着した。クラウン咬合面中央部に直径7mmの鉄球を介在させ、万能試験機を用いて垂直方向から荷重を負荷して破壊試験を行い、3種のクラウンの破壊荷重を求めた。

4. 研究成果

(1)試料A, B, Cの密度および気孔率はそれぞれ、6.09, 5.01, 5.24 g/cm³および0, 18, 14%であった。SEM観察で、試料Bには数十µmの球形の気孔が、試料Cには不定形の気孔がみられた(図3)。

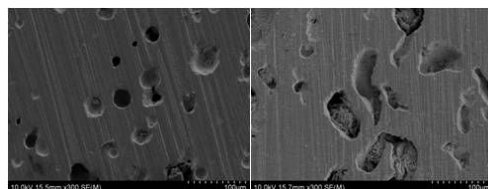


図3 試料B(図左), C(図右)のSEM像

曲げ強度は試料Aが平均1220MPaと最も大きく、試料Bは試料Aの約25%(平均306MPa)、試料Cは試料Aの約18%(平均220MPa)であった。3種の試料の曲げ強度には、すべて有意差が認められた。

(2)焼付強度は、試料Aで平均27.4MPa、試料Bで平均35.1MPa、試料Cで平均33.6MPaであった(図4)。ポーラスな構造の試

料 B, C は緻密構造の試料 A よりも 23 から 28% 有意に高い焼付強度を示した。すべての試料において、Y-TZP と陶材の界面あるいは界面に近い陶材内で破折がみられた。

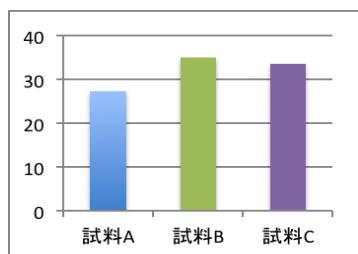


図 4 陶材との焼付強度 (MPa)

剪断試験後の SEM 観察で、試料 B, C では気孔部に陶材が嵌入している像が確認された。

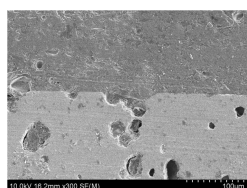


図 5 陶材の気孔への嵌入 (試料 B)

(3) 肉眼およびマイクロ스코プによる観察で、2層構造ジルコニアフレーム、緻密質フレーム、市販ジルコニアフレームの3種ともにチッピングは確認されなかった。3種のフレームの平均辺縁間隙量は48-58μmであった。陶材を積層したクラウンの平均辺縁間隙量は48-59μmであった。すべてのフレームおよびクラウンの辺縁間隙量に有意差は認められなかった。3種のフレームの平均内面間隙量は125-139μmであった。陶材を積層したクラウンの平均内面間隙量は128-138μmであった。すべての内面間隙量に有意差は認められなかった。

(4)市販ジルコニアフレームのクラウン(試料C)、緻密質フレームのクラウン(試料Z)、2層構造フレームのクラウンの破壊荷重はそれぞれ 1863±115N, 1930±146 N, 2530±313 Nであった。2層構造フレームのクラウンは、緻密質フレームのクラウン、市販ジルコニアフレームのクラウンよりもそれぞれ 31%, 35%破壊荷重が大きかった ($p < 0.01$) (図6)。

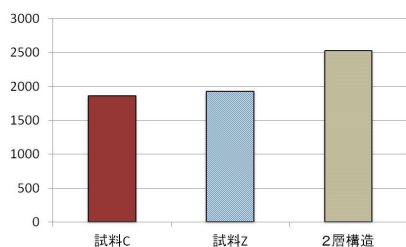


図 6 クラウンの破壊荷重

市販ジルコニアおよび緻密質フレームのクラウン全てでフレームから陶材が剥離していたが(図7左)、2層構造ジルコニアフレームのクラウンでは7個中5個がフレームから陶材が剥離せず、フレームごと破折していた(図7右)。



図 7 破壊試験後のクラウン試料

2層構造ジルコニアフレームのクラウンで7個中5個がフレームごと破折したのは、ポーラスジルコニアの気孔部に築盛陶材が嵌入することにより陶材がフレームから剥離しなかったためであると考えられた。

本研究より、多孔質/緻密質2層構造ジルコニアフレームを用いたオールセラミッククラウンは高精度での加工が可能であり、築盛陶材が剥離しにくく、今後の臨床応用が期待できる材料であることが示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計 5 件)

- 1) Nakamura, T., Sugano, T., Usami, H., Wakabayashi, K., Ohnishi H., Sekino, T. and Yatani H. (2014): Shear bond strength of veneering porcelain to porous zirconia. Dent Mater. J. 33,220-225.
- 2) Miyazaki, T., Nakamura, T., Matsumura, H., Ban, S., and Kobayashi, T. (2013): Current status of zirconia restoration. J. Prosthodont. Res. 57, 236-261.
- 3) Tang, X., Tang, X., Nakamura, T., and Yatani H. (2012): Effects of aging on surface texture of veneering ceramics for zirconia frameworks. J. Dent. 40, 913-920.
- 4) Tang, X., Nakamura, T., Usami, H., Wakabayashi, K., and Yatani H. (2012): Effects of multiple firings on the mechanical properties and microstructure of veneering ceramics for zirconia frameworks. J. Dent. 40, 372-380.
- 5) Nakamura, T., Usami, H., Ohnishi, H., Nishida, H., Tang, H., Wakabayashi, K., Sekino, T. and Yatani H. (2012): The relationship between a new silica -doped zirconia and its resistance to low-temperature degradation (LTD) Dent. Mater. J. 31, 106-112.

〔学会発表〕(計 11 件)

- 1) 中村隆志, 菅野剛, 関野徹, 大西宏司, 中博律, 若林一道, 宇佐美博文, 矢谷博文, 田中俊一郎: ポーラス/緻密の二層構造を有するジルコニアフレームのオールセラミッククラウンへの応用. 第 13 回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 2013 年 12 月 6 日, 仙台市, 宮城.
- 2) Wakabayashi, K., Nakamura, T., Yatani H.: Dynamic fracture analysis of all-ceramic crowns by using high speed photography. 8th World Congress of International Federation of Esthetic Dentistry, September 18-21, 2013, Munich, Germany.
- 3) 菅野 剛, 中村隆志, 若林一道, 宇佐美博文, 矢谷博文: ポーラス/緻密の二層構造を有するジルコニアフレームのオールセラミッククラウンへの応用. 第 24 回日本歯科審美学会学術大会, 2013 年 7 月 20-21 日, 東京.
- 4) Nakamura, T.: State of the art in dental ceramic materials. 2nd Foshan Academy of Esthetic Dentistry Meeting. December 13, 2013, Foshan, China.
- 5) Nakamura, T., Wakabayashi, K., Usami, H. and Yatani H.: Dynamic fracture analysis of all-ceramic crowns by using high speed photography. American Academy of Cosmetic Dentistry 29th Annual Meeting, April 24-27, 2013, Seattle, USA.
- 6) 中村隆志, 菅野 剛, 若林一道, 宇佐美博文, 矢谷博文: ポーラス構造を有するジルコニアセラミックスと陶材の焼付強度. 第 4 回日本歯科 CAD/CAM 学会学術大会, 2013 年 4 月 20-21 日, 東京都.
- 7) 岡 雄造, 若林一道, 宇佐美博文, 中村隆志, 矢谷博文: マイクロフォーカス X 線 CT を用いた審美修復装置の非破壊的および三次元的適合試験法の検討 - 第一報 X 線造影性を有する適合試験材の開発 -. 第 4 回日本歯科 CAD/CAM 学会学術大会, 2013 年 4 月 20-21 日, 東京都.
- 8) 岡 雄造, 若林一道, 宇佐美博文, 中村隆志, 矢谷博文: 審美修復歯冠装置の非破壊的適合試験法の検討 - 第一報 X 線造影性を有する適合試験材の試作 -. 平成 24 年度日本補綴歯科学会関西支部学術大会, 2013 年 3 月 2-3 日, 大津市, 滋賀県.
- 9) 菅野 剛, 中村隆志, 若林一道, 宇佐美博文, 大西宏司, 中 博律, 矢谷博文: ポーラス構造を有するジルコニアセラミックスの機械的性質について. 第 22 回日本歯科医学会総会 2012 年 11 月 9-11 日, 大阪市, 大阪.
- 10) Nakamura, T.: Contemporary ceramic materials for dental restoration. 29th International Korea-Japan Seminar on

Ceramics. November 21-24, 2012, Daegu, Korea.

- 11) Sugano, T., Nakamura, T., Wakabayashi, K., Usami, H., Okamoto, K., Yatani H.: Bond strength between veneering porcelain and zirconia ceramics with porous surface. 12th Biennial meeting of Asian Academy of Aesthetic Dentistry, July 19-22, 2012, Sapporo, Japan.

〔図書〕(計 1 件)

- 1) 中村隆志, 宮前守寛(2012): CAD/CAM と歯冠修復技工, CAD/CAM デンタルテクノロジー, 医歯薬出版, 東京, 112-119. (分担執筆)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称: 歯科用ジルコニア質焼結体, クラウン及びブリッジ用フレーム

発明者: 中村隆志, 菅野 剛, 若林一道, 矢谷博文, 関野 徹, 中 博律, 大西宏司

権利者: 大阪大学, 東北大学, 株式会社ニッカトー

種類: 特許

番号: 特願 2014-008068

出願年月日: 2014 年 1 月 20 日

国内外の別: 国内

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

中村 隆志 (NAKAMURA TAKASHI)

大阪大学・大学院歯学研究科・准教授

研究者番号: 20198211

(2)研究分担者

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

関野 徹 (SEKINO TOHRU)

東北大学・多元物質科学研究所・准教授

研究者番号: 20226658

矢谷 博文 (YATANI HIROFUMI)

大阪大学・大学院歯学研究科・教授

研究者番号: 80174530

(3)連携研究者

なし