

原 著

イットリア系ジルコニアの研磨における作業時間の影響

谷口 美優 下江 宰司* 小林 祐介** 彭 子祐
西田 博樹*** 里田 隆博*

Effect of duration of polishing of Y-TZP zirconia ceramic

TANIGUCHI Miyu, SHIMOE Saiji*, KOBAYASHI Yusuke**, Tzu-Yu Peng,
NISHIDA Hiroki***, SATODA Takahiro*

本研究では、イットリア系ジルコニアの研磨における作業時間の影響について検討した。まず、円盤状のジルコニア（セルコンベース）試料を用意し、研磨面を #240 番の耐水研磨紙で研磨したものを基準面とした。次に 3 種類の中研磨材を用いて研磨を行った。研磨時間は 30 秒ごとに 30 秒から 210 秒までとした。これら試料は時間ごとに表面粗さ、光沢度を計測した。その結果、基準面から研磨を進めるごとに明らかに表面粗さは小さくなり、光沢度は大きくなった。仕上げ研磨 120 秒以上研磨を継続しても各グループ共に表面粗さに有意な差はみられなかった。

キーワード：ジルコニア，研磨，表面粗さ，光沢度

The aim of this study was to evaluate the effect of duration of polishing of Y-TZP zirconia ceramic. Specimens were first polished by #240 waterproofing paper for 60 seconds. The polishing system of three different companies was used for medium polishing and final polishing. Medium and fine grit polishers were used for 30 seconds, and repeated for 30 seconds until the data level showed no significant difference. After each step, the gloss and roughness of each specimen were remeasured. As a result, progressing through the polishing sequence significantly improved gloss and roughness. The surface roughness for each group tended to become the constant data level of the final polishing in more than 120 seconds.

Key words : zirconia, polishing, surface roughness, glossiness

A. 緒 言

歯科用 CAD/CAM の登場によりジルコニアの切削加工が容易となり、現在では多岐にわたる補綴修復物が歯科で応用されるようになった。その結果、前装陶材のチップングや破折防止のためサポートエリアを付与したフレームやフルジルコニアクラウンの登場などジルコニアが口腔内に露出する機会が増え^{1,2)}、ジルコニアを滑

沢な表面にする必要性が高まっている。

補綴物表面を最終的に滑沢に仕上げることは、口腔内の触感、審美性、プラークの付着防止などの衛生的な面で重要である³⁾。またジルコニアでは表面性状が強度や耐摩耗性にも影響するので、補綴物の予後を左右する重要な因子となる。たとえば、研磨が不十分で修復物の表面が粗くなった場合には、口腔軟組織に傷害を起こす可能性のあること³⁾や、粗糙感による異物感、不快感、あるいは経時的な汚物の沈着による着色^{4~6)}、変色⁷⁾といっ

広島大学大学院医歯薬保健学研究科 口腔健康科学専攻

*広島大学大学院医歯薬保健学研究科 生体構造・機能修復学分野

**松阪市民病院医療技術部 歯科口腔外科室

***東京医科歯科大学歯学部附属病院歯科技工部

2017年6月19日受付 2017年9月27日受理

表1 実験に使用した材料

名称	成分	メーカー	Lot No.
被研磨材			
セルコンベース	ZrO ₂ (89.2%), Y ₂ O ₃ (5%), HfO ₂ (5%), その他 (0.8%)	デンツプライシロナ	18107813
中研磨材			
Aadva ポイント	合成ゴム, ダイヤモンド砥粒	ジーシー	906101
ジルコシャイン M	合成ゴム, ダイヤモンド砥粒	松風	70903000
スターグロス M	合成ゴム, ダイヤモンド砥粒	モリタ	X07.002
仕上げ研磨材			
ダイヤモンドポリッシャー ペースト	ダイヤモンド砥粒, グリセリン, 酸化亜鉛, シリカ微粉末, キシリトール, パラベン, 香料	ジーシー	1201261
ジルコシャイン F	合成ゴム, ダイヤモンド砥粒	松風	70903000
スターグロス F	合成ゴム, ダイヤモンド砥粒	モリタ	Y01.001

た問題だけではなく、食渣の残留、細菌の付着、プラークの形成に伴う辺縁部からの二次齲蝕、歯頸部での歯肉炎などの原因となりうると考えられる⁸⁾。また微細な結晶構造をもつジルコニアは十分な研磨を行い、滑沢な表面を得ることができれば他の歯冠修復セラミックスよりも対合歯の摩耗を減少させることが報告されている⁹⁾。さらに、臨床的には審美的な観点から滑沢な面にするだけでなく天然歯のような光沢をできるかぎりもたせるように仕上げることも必要不可欠となる。

小林らはジルコニアの研磨における表面粗さと光沢度の関係を比較的短い研磨時間で検討し、研磨を行うごとに表面粗さは減少し、光沢度は増加することを報告している¹⁰⁾。しかしながらジルコニアの最終研磨までの研磨段階による表面の状態や中研磨、仕上げ研磨の研磨時間が表面粗さ、光沢度にどのように影響するかなどは明らかではない。また、光沢は物体表面の属性で、表面の光を反射する性質に関係しており¹¹⁾、鏡面光沢度はジルコニアの研磨された滑沢な表面の評価に必要であると考えられる¹²⁾。そこで本研究では、ジルコニア (Y-TZP) の研磨における作業時間の影響について検討したので報告する。

B. 研究方法

1. 実験材料

本実験に使用した材料を表1に示した。被研磨材は、イットリア系ジルコニア (Y-TZP) のセルコンベース (デンツプライシロナ) を使用した。研磨材には、ジルコニア用の3種類の中研磨材 (Aadva ポイント; ジーシー, ジルコシャイン M; 松風, スターグロス M; モリタ) と仕上げ研磨材 (ダイヤモンドポリッシャーペースト; ジーシー, ジルコシャイン F; 松風, スターグロス F; モリタ) を使用した。ダイヤモンドポリッシャーペーストは

ペーストタイプのため研磨フェルト (ジーシー) に適量塗布して研磨を行った。

2. 実験方法

試料はセルコンシステム (デンツプライシロナ) でミリング後、専用ファーンエスにて最終焼結 (室温から1,350℃に昇温し2時間係留後、炉内にて200℃まで冷却) を行い、直径10mm、厚さ2.5mmの円盤状の試料を15個用意した。まず、臨床で形態修正に用いられる荒研磨に近似する研磨面を設定するため、カーボランダムポイントで研削した時の表面粗さ0.2μmに近い値となるよう #240 の耐水ペーパーで60秒研磨したものを研磨基準面とした¹⁰⁾。

次にこれらの基準面に対して、以下のような研磨を施した: ① Aadva ポイント (AD) で回転数12,000rpm/mによる中研磨の後、ダイヤモンドポリッシャーペースト (DP) で回転数10,000rpm/mによる仕上げ研磨をしたもの (AD+DP), ② ジルコシャイン M (GM) で回転数20,000rpm/mによる中研磨の後、ジルコシャイン F (GF) で回転数20,000rpm/mによる仕上げ研磨をしたもの (GM+GF), ③ スターグロス M (SM) で回転数12,000rpm/mによる中研磨の後、スターグロス F (SF) で回転数7,000rpm/mによる仕上げ研磨をしたもの (SM+SF)。なお、それぞれの回転数はメーカー指定のものとし、研磨圧はすべて2Nとした¹⁾。

研磨時間は各条件で中研磨、仕上げ研磨それぞれ共に30秒ずつ研磨を行い、10分間の超音波洗浄後、エアーによる乾燥を行った。次にこれらの試料の表面粗さ、鏡面光沢度を測定し、研磨後の表面のSEM画像を撮影し研磨面を観察した。この工程を中研磨、仕上げ研磨それぞれ30秒ごとに210秒まで行った。

表面粗さの測定はサーフコーダー SE3500 (小坂研究所) を用い触針法で行った。測定条件は縦倍率2,000倍、

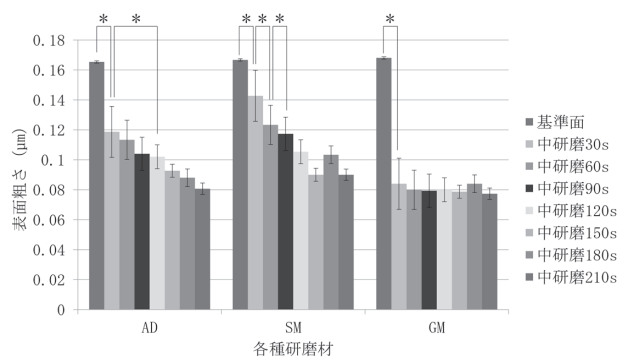


図1 中研磨における研磨時間ごとの表面粗さ
(*は危険率5%で有意差あり)

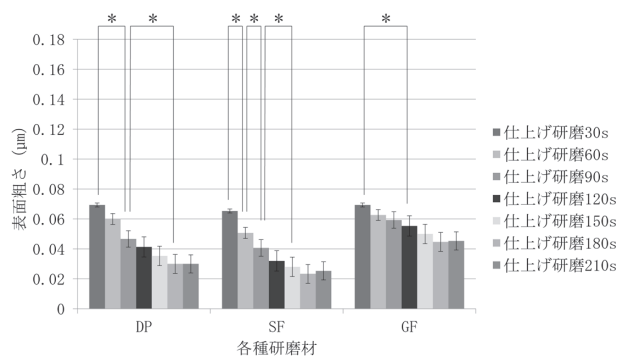


図2 仕上げ研磨における研磨時間ごとの表面粗さ
(*は危険率5%で有意差あり)

カットオフ値 0.8mm, 送り速度 0.05mm/sec とし, 表面粗さのパラメーターとして中心線平均粗さ (Ra) を求めた. 試料数は5個とし, 1試料につきその中心付近の3カ所を測定し, その平均値をもってその試料の表面粗さの値とした.

鏡面光沢度の測定はハンディ型光沢計 PG-IIM (日本電色工業) を用いた. JISZ 8741 光沢度測定方法に準じ, 入射角および受光角を 60° とし, 標準鏡板 {Gs (60°) = 93.5} でキャリブレーションした後に行った. 試料数は5個とし, 1試料につきその中心付近の3カ所を測定し, その平均値をもってその試料の光沢度の値とした.

さらに, 研磨後の表面は走査電子顕微鏡 VE-8800 (キーエンス) を用いて, 1,000 倍の倍率で SEM 画像を撮影し観察を行った.

得られた結果は統計ソフト SPSS Statistics 22 (IBM) を用い, 中研磨仕上げ研磨を別にし, それぞれ研磨材, 時間の要因で二元配置分散分析を行った. その結果, 時間, 研磨材の2要因により交互作用ありとなったため, 研磨材と時間に分けて一元配置分散分析と多重比較で分析を行った.

C. 結 果

1. 研磨時間の違いによる表面粗さ

各研磨材の中研磨における時間ごとの表面粗さを図1に示す. 研磨時間が増加するごとに表面粗さは減少した. また, 基準面から30s 研磨後に3グループとも有意に表面粗さが減少した. さらに GM では30s, SM では120s, AD では150s 以降有意な差は認められなかった.

各研磨材の仕上げ研磨における時間ごとの表面粗さを図2に示す. 仕上げ研磨においても研磨時間が増加するごとに表面粗さが減少した. また, 120s 以降では DP, GF, SF ともこれ以上研磨を継続しても有意な差は認め

られなかった. さらに仕上げ研磨210s でグループ間の比較をしたところ SM+SF と GM+GF の表面粗さに有意に差が認められた.

試料の各研磨段階における1,000倍のSEM画像を図3に示す. これらの画像から研磨時間を増やしていくごとに表面の傷が少なくなっていることが観察された.

2. 研磨時間の違いによる光沢度

各研磨材の中研磨における時間ごとの鏡面光沢度を図4に示す. 研磨時間が増加するごとに光沢度も増加した. 180s 以降では AD, GM, SM ともこれ以降研磨を継続しても光沢度に有意な差は認められなかった.

各研磨材の仕上げ研磨における時間ごとの鏡面光沢度を図5に示す. 仕上げ研磨も研磨時間が増加するごとに光沢度が高くなった. また, DP では180s, SF では150s, GF では120s 以降有意な差は認められず, 210s で DP, GF, SF ともに同等の光沢度となった.

3. 表面粗さと光沢度の関係

各研磨工程における表面粗さと光沢度の関係について散布図を図6に示す. 研磨時間が増加するにつれ, 表面粗さが減少し, 鏡面光沢度が増加した. また, 相関係数は AD+DP が -0.986, GM+GF が -0.872, SM+SF が -0.982 となり, すべてにおいて強い負の相関関係がみられた.

D. 考 察

現在, 高い透光性を有するフルカントゥアクラウン用のジルコニアも臨床で応用されているが, その強度から使用部位は制限されている. 一方, 従来のフレーム用のジルコニアは白歯のブリッジまで応用可能であるが, 前装陶材の破折やチャIPPINGが問題になっていた. この対策として患者の審美的な要求に配慮しつつ, すべてをジ

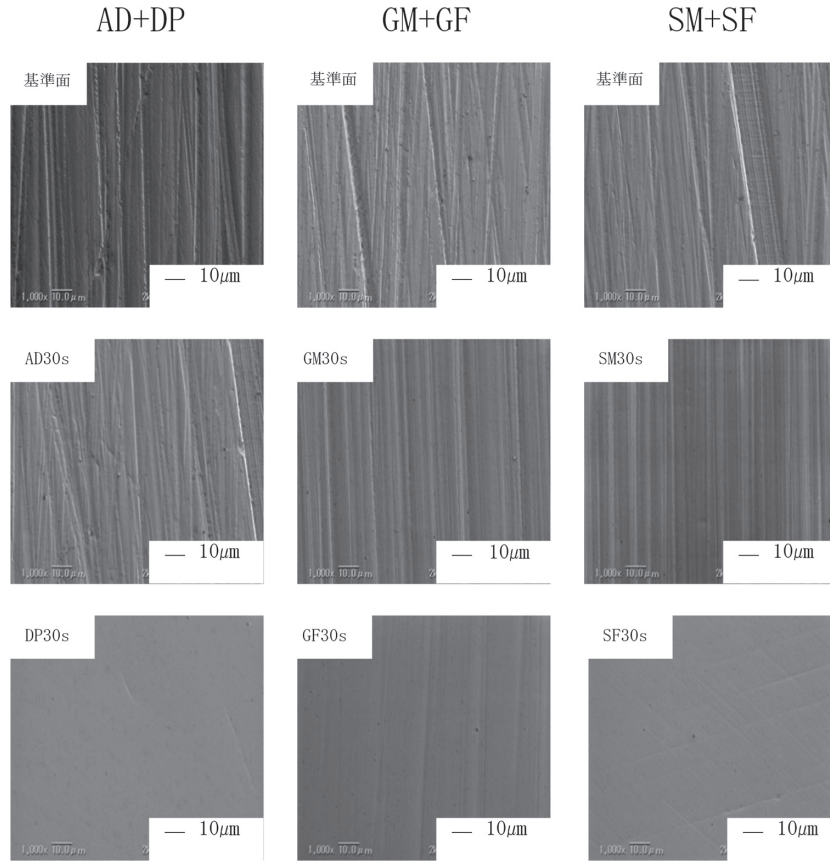


図3 基準面, 中研磨 30s, 仕上げ研磨 30s におけるジルコニア表面のSEM画像

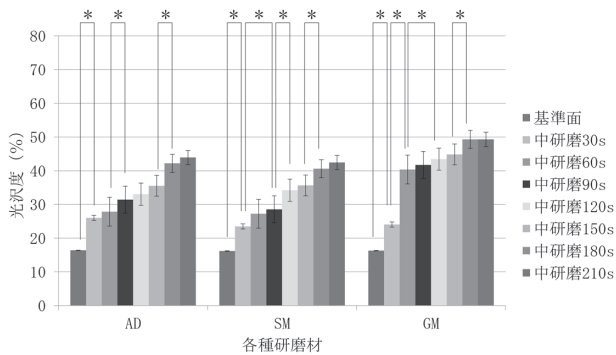


図4 中研磨における研磨時間ごとの光沢度 (*は危険率5%で有意差あり)

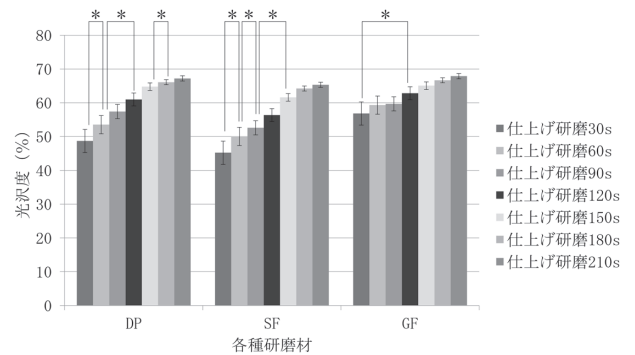


図5 仕上げ研磨における研磨時間ごとの光沢度 (*は危険率5%で有意差あり)

ルコニアで製作する, または咬合面などをジルコニアにして咬合による応力をサポートするフレーム形態が推奨¹³⁾されており, こちらも露出したジルコニアの研磨は必要不可欠である. 本研究ではフレーム用のセルコンベースを使用し, 3種類の研磨材を用い, 研磨時間がイットリア系ジルコニアの表面にどのような影響を及ぼすかを, 表面粗さ, 鏡面光沢度により評価・検討した.

1. 研磨時間の違いによる表面粗さについて

本研究では研磨作業時間と研磨面の表面粗さの関係を評価するため, 表面粗さ計を用いて検討を行った. 中研磨から仕上げ研磨と順次研磨を行うことにより, AD+DP, GM+GF, SM+SFの表面粗さが小さくなった. すべての中研磨材と仕上げ研磨材には, 成分としてダイヤモンド砥粒が含まれていた. ダイヤモンド粒子の大きさは中研磨では約100μm, 仕上げ研磨材にはそれぞれ約1~6μmである¹⁰⁾. このことからダイヤモンド粒子が

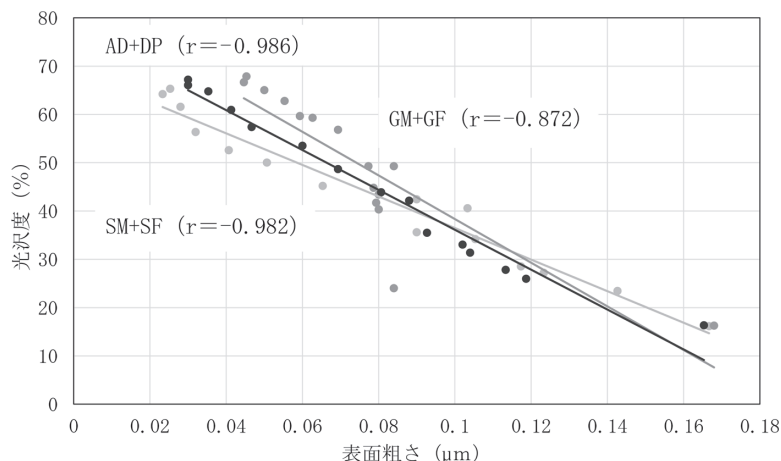


図6 表面粗さと光沢度の散布図

大きいほど研削効率が大きく、小さいほど滑沢な面に仕上げるのに適していることが考えられる。また SM+SF と GM+GF の仕上げ研磨 210s で有意差がみられたのはダイヤモンド粒子の大きさや形、密度の違いが影響しているのではないかと推測された。また、仕上げ研磨時間が増加することにより、より滑沢な面が得られたのは、時間を延ばすことにより傷がダイヤモンド粒子の大きさに近づいたためだと考えられた。

研磨時間において、本研究では中研磨と仕上げ研磨を合わせて 420 秒間行った。しかしながら中研磨、仕上げ研磨ともに有意差が認められなくなった時間を考慮すると、AD+DP では中研磨は 150 秒、仕上げ研磨は 180 秒の計 330 秒、SM+SF では中研磨は 120 秒、仕上げ研磨は 150 秒の計 270 秒、GM+GF では中研磨は 30 秒、仕上げ研磨は 120 秒の計 150 秒を行う必要があると考えられた。

ジルコニアは表面粗さが大きいと摩擦係数が大きくなり、対合歯エナメル質の摩擦の原因となるため、臨床的には対合歯エナメル質よりも表面粗さが小さくなければならないと報告されている^{14,15)}。また、尾上らは臨床的に行っている歯面研磨を想定してエナメル質を研磨した結果、クリーニングジェルを使用した $0.080\mu\text{m}$ が最小値を示したと報告されている¹⁶⁾。これは本研究のジルコニアの表面粗さに有意差が認められなくなった値よりも高い値となった。

また Sturz CR らは、ジルコニアの中研磨における表面粗さは $0.077\mu\text{m}$ 、仕上げ研磨における表面粗さは $0.017\mu\text{m}$ であったことを報告した¹⁷⁾。本研究での表面粗さに有意差が認められなくなった時間に対する中研磨の平均表面粗さは $0.094\mu\text{m}$ 、仕上げ研磨の平均表面粗さは $0.038\mu\text{m}$ であった。本研究とは使用した研磨材、時間等が同条件でないことから多少の数値の違いがみられた

と考えられる。

2. 研磨時間の違いによる鏡面光沢度について

表面粗さが大きい領域では、表面状態の評価は表面粗さが適しているが、表面粗さでは仕上げ状態の評価は難しく、光沢度による評価のほうが適していることから⁸⁾、研磨作業時間と光沢度の関係を評価するため、ハンディ型光沢計を用いて検討を行った。中研磨から仕上げ研磨と順次研磨を行うことにより、AD+DP、GM+GF、SM+SF の鏡面光沢度は大きくなった。今回光沢度測定には鏡面光沢度を用いており、これは規定された入射角と開き角のある光束を試料面に入射し、正反射方向に反射する規定の開き角の光束を適当な受光器により測定するものであり、主としてその材質の屈折率と表面の微細な形に関係し、色などの性質の影響も少ないので客観的光沢度とも呼ばれるもので、表面粗さとの相関を考える上で最も適した測定法であると考えられる。これにより、仕上げ研磨を十分に行うかどうかで、最終的な光沢が決まることが考えられる。

中研磨では 180s 以降では AD、GM、SM ともに有意差は認められなかった。仕上げ研磨では AD+DP は 180s、SM+SF は 150s、GM+GF は 120s 以降研磨を継続しても鏡面光沢度に差は認められなかった。この値は表面粗さの各研磨材の仕上げ研磨における有意差が認められなくなる値と同じであり、研磨時間はこれ以降行っても鏡面光沢度共に影響を与えないのではないかと推察された。DP のみフェルトにペーストを塗布し研磨する工程であったが、210s 研磨後 GF と SF と光沢度に差は認められなかった。これは成分の中で共通するダイヤモンド砥粒がジルコニアの表面を研磨することで傷を減少させ、光沢を出しているためだと考えられる。

3. 表面粗さと鏡面光沢度の関係

表面粗さと鏡面光沢度の関係では負の相関関係が認められた。相関係数が AD+DP が -0.986, GM+GF が -0.872, SM+SF が -0.982 であり, -1 に近いほど強い相関がみられることから, AD+DP と SM+SF は特に負の相関が強いことが示された。丸山らは, コンポジットレジンの研磨において研磨紙の粗さが小さくなるに従い急激に光沢度が増加し, 表面粗さと光沢度の相関を行った結果, 強い負の相関が認められたと報告している⁸⁾。

このことからジルコニアにおいても 3 種の研磨方法とも中研磨から仕上げ研磨と順次研磨を行うことで表面粗さが小さくなることにより, 鏡面光沢度が大きくなり, これらが密接に関係していると考えられる。また, コンポジットレジンの表面粗さと光沢度の相関関係は $r = -0.403$ と中等度の相関であるという報告がされている¹⁸⁾。このことからジルコニアの方が表面粗さと鏡面光沢度の相関関係は強いと考えられる。

E. 結 論

3 種類の研磨方法を用いて Y-TZP ジルコニア試料を中研磨, 仕上げ研磨を行い, 作業時間の影響について検討した結果以下のような結論を得た。

1. 3 種の研磨材ともに研磨時間と鏡面光沢度に強い負の相関関係が認められ, 相関係数は $-0.872 \sim -0.986$ であった。また, AD+DP と GM+GF に有意差が認められた。

2. 仕上げ研磨を 120s 以上継続しても DP, GF, SF 間の表面粗さに有意差は認められなかった。

3. グループ間の比較では, 仕上げ研磨 210s 後で SM+SF と GM+GF の表面粗さに差があったが, 光沢度では 3 グループ間で有意差は認められなかった。

本研究は JSPS 科研費 JP16K11593 の助成により行われた。

文 献

- 1) Hmaidouch R, Müller WD, Lauer HC, et al. : Surface roughness of zirconia for full-contour crowns after clinically simulated grinding and polishing, *Int J Oral Sci* 6 (4) : 241-246, 2014.
- 2) 伴 清治 : ジルコニアの歯科臨床応用, *日歯理工誌* 31(1) : 28-31, 2012.
- 3) Larato DC : Influence of a composite resin restoration on the gingiva, *J Prosthet Dent* 28(4) : 402-404, 1972.
- 4) Weitman RT, Eames WB : Plaque accumulation on composite surface after various finishing procedure, *J Am Dent Assoc* 91(1) : 101-106, 1975.
- 5) Wise MD, Dykema RW : The plaque retaining capacity of four dental materials, *J Prosthet Dent* 33(2) : 178-190, 1975.
- 6) Chan KC, Fuller FL, Hormat AA : The ability of foods to stain two composite resins, *J Prosthet Dent* 43(5) : 542-545, 1980.
- 7) Cooley RL, Barkmeier WW, Matis BA, et al. : Staining of posterior resin restorative materials, *Quintessence Int* 18(12) : 823-827, 1987.
- 8) 丸山慶四郎, 石川明子 : コンポジットレジン仕上げ研磨表面の評価, *日歯保存誌* 54(1) : 48-60, 2011.
- 9) 尾立哲郎, 平 曜輔, 澤瀬 隆 : 咬合面材料としてのジルコニア, 425-435, 医歯薬出版, 東京, 2013.
- 10) 小林祐介, 下江宰司, 賀山奈美子, 他 : 研磨過程と研磨時間におけるナノジルコニアの表面粗さと鏡面光沢度について, *日歯技工誌* 34(2) : 132, 2014.
- 11) 松原五郎, 片山 直 : コンポジットレジンの各種ディスクによる研磨表面の性状について, *日歯保存誌* 38(2) : 479-491, 1995.
- 12) Johnson LN, Jordan RE, Lynn JA : Effects of various finishing devices of resin surface, *J Am Dent Assoc* 83(2) : 321-331, 1971.
- 13) Marchack BW, Sato S, Marchack CB, White SN, et al. : Complete and partial contour zirconia designs for crowns and fixed dental prostheses : a clinical report, *J Prosthet Dent* 106(3) : 145-152, 2011.
- 14) Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, et al. : Current status of zirconia restoration, *J Prosthodont Res* 57(4) : 236-261, 2013.
- 15) Amaya-Pajares SP, Ritter AV, Vera Resendiz C, et al. : Effect of finishing and polishing on the surface roughness of four ceramic materials after occlusal adjustment, *JERD* 28(6) : 382-396, 2016.
- 16) 尾上文葉, 犬飼順子, 中垣晴男, 他 : 機械的歯面研磨によるヒトエナメル質の表面粗さの変化, *口腔衛生会誌* 63(1) : 35-42, 2013.
- 17) Sturz CR, Faber FJ, Scheer M, et al. : Effects of various chair-side surface treatment methods on dental restorative materials with respect to contact angles and surface roughness, *Dent Mater J* 34(6) : 796-813, 2015.
- 18) 岸本崇史 : 鏡面研磨された各種コンポジットレジンの表面性状の評価とアルカリ環境下における変化, *日歯保存誌* 58(6) : 482-495, 2015.

連絡先 : 下江 宰司

広島大学大学院医歯薬保健学研究科 生体構造・機能修復学分野
〒734-8553 広島市南区霞 1-2-3
E-mail : shimoe@hiroshima-u.ac.jp