

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K09710

研究課題名(和文)CAD/CAM製クラウンの脱離を防止する内面機械加工の開発

研究課題名(英文)Development of inner surface machining design as micro retentive groove to prevent debonding of CAD / CAM crown

研究代表者

新谷 明一 (SHINYA, AKIKAZU)

日本歯科大学・生命歯学部・教授

研究者番号：60440054

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、CAD/CAMを用いて製作されたクラウンの内面に対し、アンダーカットとなるような“溝(Micro Retentive Groove, 以下MRG)”を施すことで、機械的嵌合効力を最大限に発揮させ、クラウン脱落を減少させられる加工プログラムの構築を行った。結果から、MRGの深さは100 $\mu$ mで最も高い接着強さが得られたこと、使用する装着材料の種類に関係なく効果が認められることが明らかとなった。また、クラウン形態での評価ではセメントスペース40 $\mu$ mで深さ100 $\mu$ mのMRGをクラウン内面の歯冠高径の中央部に溝の数を3本以下で加工することが最も効果的である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

金属価格の高騰からレジンブロックから切削加工されたCAD/CAM冠の需要が大幅に躍進している。そのCAD/CAM冠の装着にはクラウン内面に対して装着直前のアルミナプラスト処理とシラン処理が必須となっている。また、装着材料には接着性レジンセメントが推奨されていることから、装着時には多くの煩雑な前処理が必要となっている。本研究の結果から、クラウン製作時、冠内面に100 $\mu$ mのMRGを3本付与するだけで、クラウン内面への前処理が必要なくなり、装着術式の簡便化が可能となった。このことから、テクニカルエラーの低減も期待でき、安全な医療を国民に提供可能となったと考える。

研究成果の概要(英文)：The inner surface of the crown milled using CAD/CAM system is provided with a "groove (Micro Retentive Groove, hereafter MRG)" that provides an undercut to maximize the mechanical bonding behavior. We constructed a machining program that can be demonstrated and the crown debonding can be reduced. From the results, it was clarified that the highest adhesive strength was obtained when the depth of MRG was 100  $\mu$ m, and that the effect was observed regardless of the type of luting material tested. In addition, the evaluation of the crown shape, it was clarified that it is most effective MRG design was that with 40  $\mu$ m cement space, and a depth of 100  $\mu$ m MRG milled in the center of the crown height on the inner surface. Three MRGs are recommended for maximum bonding effect.

研究分野：歯科理工学

キーワード：CAD/CAM CAD/CAM冠 機械的嵌合力 接着歯学 被着面処理

## 1. 研究開始当初の背景

高度に発展した情報化社会である日本では、クラウン・ブリッジ治療のニーズは、今後ますます多くなることが予想される。そのような潮流の中で、CAD/CAM 技術はクラウン・ブリッジを機械加工にて製作することができる機器として多くの臨床で使われている。そのような背景を踏まえて、2014 年には CAD/CAM 用レジンブロックを使用した CAD/CAM 冠が国民健康保険に収載された。金属と比較すると低コストで安定した供給が可能な材料であるため、国民に対して有益なクラウンと言える。しかし、レジンブロックと接着材との接着が困難であると言われており、多くの臨床研究からも装着後短期間に約 5 ~ 25% の脱落が認められている。研究室での接着強さと実際の臨床での隔たりが認められる。また、CAD/CAM 冠の装着には煩雑な前処理が必要であり、そのことがテクニカルエラーを誘発しているとも考えられている。

## 2. 研究の目的

機械的嵌合力の獲得。CAD/CAM によって製作されたクラウンに生じている問題点は多くの場合、脱離が最も高い頻度で話題となっている。従来からクラウンの脱離を防止するには、“リテンション”と“レジスタンス”から構成される機械的嵌合力の獲得が重要である。そして、そこに化学的結合力を追加することで、高い接着力を再現し、脱離を防止してきた。本研究ではその機械的嵌合力に注目した。つまり、クラウン内面への最も効果的と考えられる MRG を付与することで、機械的嵌合力を最大限に発揮させようという試みである。



図1 MRGが付与されたクラウン

## 3. 研究の方法

(1) 溝加工の付与とセメントスペースとが CAD/CAM 冠の接着強さにおよぼす影響。

溝加工の深さとセメントスペースとの最適な組み合わせを明らかにすることを目的として、引き抜き接着強さの計測を行い、その効果について検討を行った。本研究における試験片の模式図を図 2 に、使用材料を表 1、実験条件を表 2 に示す。本研究には、CAD/CAM 用レジンブロック (CERASMART270・GC)、プライマー併用可能型セルフアドヒーシブレジンセメント (G-CEM One・GC)、プライマー (G-Multi Primer・GC) を使用した。支台はステンレスで製作し、咬合面部  $\phi 6.0$  mm、高さ 3.5 mm、軸面形成  $6^\circ$  とした。CAD/CAM 冠は 0、20、40  $\mu\text{m}$  のセメントスペースを付与し、0、25、50、75、100  $\mu\text{m}$  の溝を組合せた 15 条件で製作した。各条件 5 個、計 75 個を実験に使用した。溝が 0  $\mu\text{m}$  のクラウンは、50  $\mu\text{m}$  のアルミナにて、噴射圧 0.2 MPa で 10 秒間のサンドブラスト処理を行った。プライマー処理はすべてのクラウンに対し行った。なお、セメントはメーカー指示に従い使用した。接着後、37 水中に 24 時間浸漬し、引き抜き試験にて評価した。また、破壊後の試験片の破壊形態を観察した。

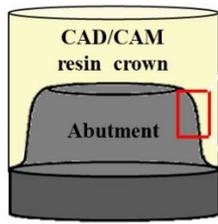


図2 試験片の模式図

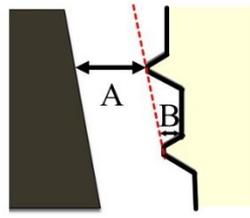


表2 実験条件

Code	Control	A/B
A:Cement space	0, 20, 40 μm	0, 20, 40 μm
B:Groove (Depth)	0 μm (溝なし)	25, 50, 75, 100 μm
Surface treatment	Sandblast + primer	Groove + primer

表1 使用材料

Materials	Product name	Manufacturer
CAD/CAM Resin block	CERASMART	GC Co.
Self-adhesive Resin cement	G-CEM CERASMART	
Ceramic primer	Ceramic Primer II	

(2) CAD/CAM 冠に対する溝付与の位置が接着強さと破壊形態とにおよぼす影響。

本研究でも実験(1)と同じ材料を使用した。支台はステンレスにて製作し、50 μm のアルミナブラスト処理を行った。MRG は深さ 100 μm、セメントスペースは 40 μm とした。MRG 付与位置は、CAD/CAM 冠内面軸面部の軸方向に 400 μm ずつ離れた 5 箇所とした。実験条件は、最も咬合面側を I、最も歯頸側を V とし、I~V のいずれか 1 ヲ所に MRG を 1 本付与した 5 条件とした(図3)。各条件 7 個、計 35 個の試験片を使用した。試験片は接着後、37 °C 水中に 24 時間浸漬し、引き抜き接着試験を行った。測定結果 (MPa) は、One-way ANOVA にて統計処理を行った。また、破壊後の試験片の破壊形態を観察した。

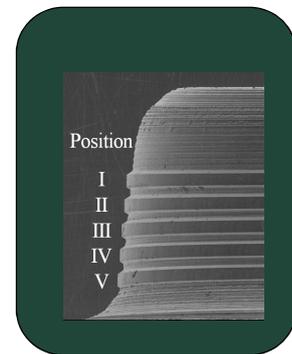


図3 研究で使用した MRG の位置

(3) CAD/CAM レジン冠内面に付与した溝の本数が接着強さにおよぼす影響

実験には実験(1)と同じ材料を使用した。支台のステンレスは、歯頸部 6.0 mm、高さ 3.5 mm、軸面片側テーパ-6 °、マージンは曲率半径 0.5 mm のディープシャンファーで製作した。MRG クラウンの設計はセメントスペース 40 μm、MRG 深さ 100 μm とした。試験片は、クラウン内面の軸面部に 5 箇所の付与位置を設定し、咬合面側を I、歯頸側を V とした。製作条件は、中央に 1 本付与した 3、中央に 3 本付与した 234、中央に 5 本付与した 12345 の 3 条件および、MRG を付与せず 50 μm のアルミナブラスト処理を行った 0 の計 4 条件とした。各条件 7 個で、計 28 個の試験片を使用し、ステンレス支台にも 50 μm のアルミナにて 10 秒間のアルミナブラスト処理を行った後に、試験片を接着した。37 °C 水中に 24 時間浸漬した後、引き抜き接着試験 (MPa) を行い、得られた測定結果は、MRG の本数(各条件)における一元配置分散分析の後、Tukey の検定を行った。また、破壊後の試験片の破壊形態を観察した。

(4) 唾液汚染除去法が補助的保持形態を内面に付与した冠の接着強さにおよぼす影響。

本研究における実験方法を図4に、使用材料を表3に示す。MRG は、セメントスペース: 40 μm、深さ: 0、100 μm に設定し、表面処理の術式は 8 条件に分類した。表面処理した試験片は、接着後 37 °C 水中に 24 時間浸漬し、引き抜き接着試験 (MPa) にて評価した。測定結果は、一元配置分散分析を行った。また、破壊後の試験片の破壊形態を観察した。

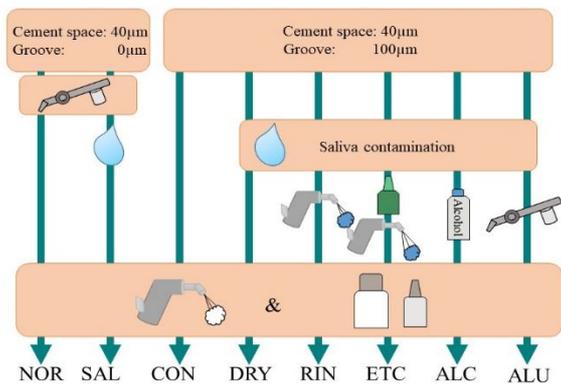


図4 実験方法

表3 使用材料

Figure	Description	Material	Directions
	37% Phosphoric acid	G-Etchant	Applied for 10s
	Glass ionomer cement	Fuji I	Applied
	Chairside sand blaster	MicroEtcher	Blasted for 10s by 50µm Aluminum
	70% Ethanol	Ethanol for disinfection	Applied for 10s
	Water Rinse	Three-way syringe	Rinsed for 10s
	Air Dry	Three-way syringe	Blew for 10s
	Saliva contamination	Human saliva	Applied for 10 minutes

#### 4. 研究成果

(1) 図5に引き抜き試験の結果を示す。結果からセメントスペース0µm、溝0µmの条件が $9.9 \pm 2.4$  MPaと最も高い接着強さを示した。セメントスペース0µmの条件では、溝が深くなるほど接着強さは有意に低い値を示し、40µmでは、溝が深くなるほど有意に高い値を示した。また、セメントスペース20µmにおいては、溝の有無にかかわらず接着強さに有意な差は認められなかった。図6に、破壊形態の分類を示す。セメントスペースによる影響は少なく、溝の深さによって、同様の傾向を示した。界面破壊は、溝のない条件に、混合破壊と凝集破壊は、主に溝を有する条件に認められた。溝が75µmの条件では多くの破壊形式が凝集破壊で、100µmの条件では全て凝集破壊を示した。結果から、セメントスペースによって異なる傾向であるものの、接着強さは、セメントスペースが0µmでは低下、20µmでは影響がなく、40µmではMRG100µmで向上した。

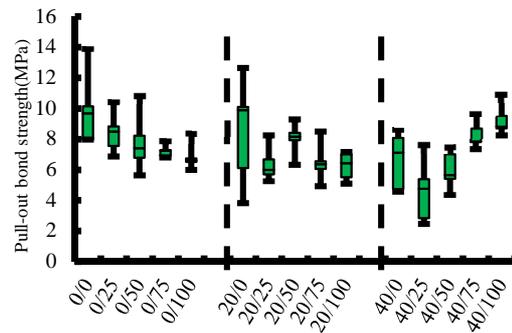


図5 引き抜き接着強さ

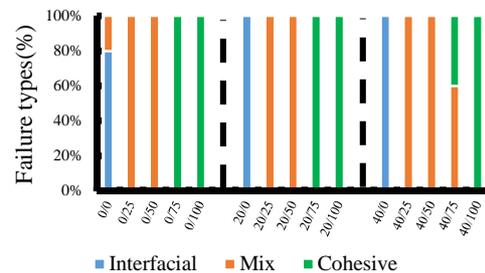


図6 破壊形態

(2) 図7に引き抜き接着強さの結果を示す。試験の結果、I:  $10.48 \pm 1.33$  MPa、II:  $10.27 \pm 1.32$  MPa、III:  $10.55 \pm 1.28$  MPa、IV:  $9.31 \pm 2.45$  MPa、V:  $9.29 \pm 2.18$  MPaとなった。IIIが最も高い接着強さを示したが、5条件の間に有意差は認められなかった。図8に破壊形態の割合を示す。破壊形態は、Iですべての試験片が、IIでは2つの試験片がセメントの凝集破壊を示したのに対し、III、IV、Vですべての試験片が、IIでは5つの試験片が被着体の凝集破壊を示した。クラウンにMRGを付与する位置は、接着強さに影響をおよぼさないが、破壊形態には影響をおよぼすことが判明した。MRGの付与は、咬合面寄りではセメントの凝集破壊を示しやすく、歯頸部寄りではマージン部を含めた被着体の凝集破壊を示しやすかつ

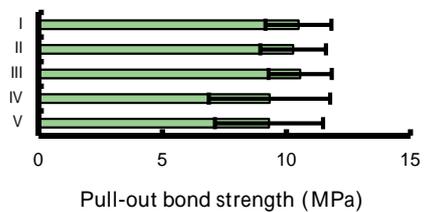


図7 引き抜き接着強さ

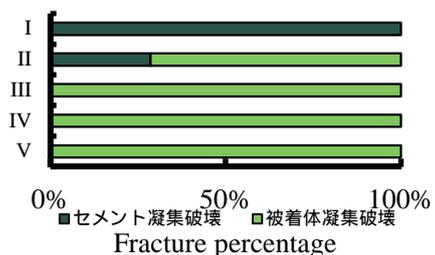


図8 破壊形態

た。

(3) 試験の結果(図9)から、MRGが3本の条件の時(234) 11.2±1.6 MPaと最も高い値を示した。MRGを3本付与した条件は、5本付与した条件と付与しなかった条件に対し、また、1本付与した条件は5本付与した条件に対し、有意に高い接着強さを示した。また、MRGを付与しない条件では、3.7 MPaと大きな標準偏差を示しましたが、MRGを付与することで、1本が1.3 MPa、3本が1.6 MPa、5本が0.4 MPaと標準偏差の減少を認めた。このことから、MRGを付与することで、接着強さの向上および接着強さを均質化する効果があると推測される。図10に破壊形態の分類と割合を示す。本試験では、界面破壊はブロックセメント間で認められたものを、凝集破壊はブロックが引張られステンレス支台に残った状態を、混合破壊はそれらの両方が認められ、ブロックが破壊したものをそれぞれ基準とした。MRGを1本、3本、5本付与した条件では、いずれの条件においても、ブロックの凝集破壊を含む混合破壊が最も多く認められ、3本溝を付与した条件では、凝集破壊を認めた。MRGを付与しなかった条件では、半数以上で界面破壊を認めた。

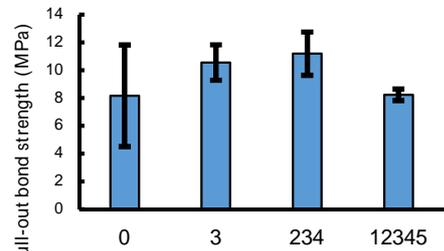


図9 引き抜き接着強さ

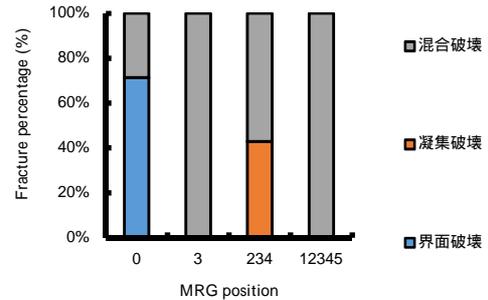


図10 破壊形態

(4) 図11に引き抜き接着試験の結果を示す。試験の結果、CONが5.4±0.8 MPaと最も高い接着強さを示すものの、SALを除いた7群間では有意な差を認めなかった。また、CON、DRY、ETC、ALUとSALの間に有意差を認めた。図12に破壊形態の結果を示す。NOR、SALでは、セメントとレジンプロックの界面破壊が多く、CON、DRY、RIN、ETC、ALC、ALUでは、ステンレス支台とセメントの界面破壊が多く認められた。

本実験では、SALが最も低い接着強さを示したことから、通法で製作したCAD/CAM冠でも唾液汚染除去は必要不可欠と考えられる。しかし、MRGを付与した条件では、接着強さの変化を認めなかったことから、汚染除去法の違いによる影響を小さくできる可能性が推察される。本実験の結果より、MRGを付与することで、唾液汚染除去法の違いに関わらず、GIで装着したCAD/CAM冠の接着強さは変化しなかった。MRGによるマクロな機械的嵌合力を与えることによって、ヒト唾液汚染の影響を小さくできる可能性が示された。

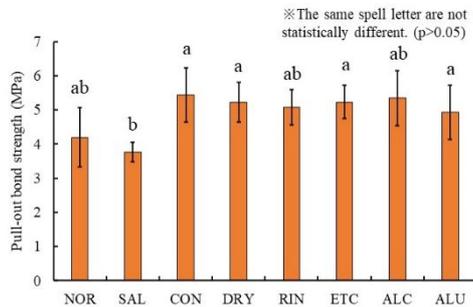


図11 引き抜き接着強さ

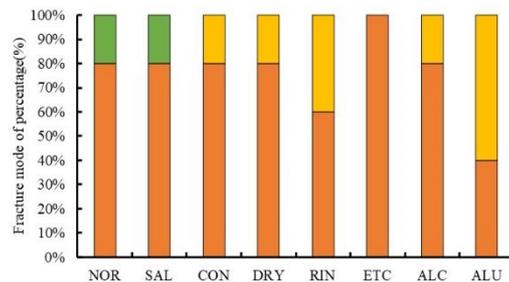


図12 破壊形態

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 新妻瑛紀, 新谷明一, 藤島伸, 白鳥沙久良, 黒田聡一, 八田みのり, 木内徹, 用丸英則, 五味治徳
2. 発表標題 ジルコニア内面に付与した溝が接着強さにおよぼす影響
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第128回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新妻瑛紀, 新谷明一, 勝沼昌太郎, 藤島伸, 白鳥沙久良, 八田みのり, 五味治徳
2. 発表標題 ジルコニア内面に付与した溝の深さが押し出し接着強さにおよぼす影響
3. 学会等名 第38回日本接着歯学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新妻瑛紀, 新谷明一, 藤島伸, 白鳥沙久良, 黒田聡一, 八田みのり, 片桐慎吾, 小林茂之, 五味治徳
2. 発表標題 CAD/CAM冠に対する溝付与の位置が接着強さと破壊形態におよぼす影響
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第127回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A Niitsuma, A Shinya, S Shiratori, M Hatta, H Gomi
2. 発表標題 Effect of position of Micro Retentive Groove for Bond Strength
3. 学会等名 96th IADR General Session and Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新妻瑛紀, 新谷明一, 藤島 伸, 白鳥沙久良, 五味治徳
2. 発表標題 CAD/CAMレジン冠内面に付与した溝の本数が接着強さにおよぼす影響
3. 学会等名 第37回日本接着歯学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新妻瑛紀, 新谷明一, 藤島 伸, 白鳥沙久良, 黒田聡一, 八田みのり, 長田博史, 五味治徳
2. 発表標題 CAD/CAMレジクラウン内面に付与した溝の数が接着強さにおよぼす影響
3. 学会等名 日本補綴歯科学会平成30年度東京支部総会・第22回学術大会
4. 発表年 2018年

〔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
研究 分 担 者	白鳥 沙久良 (清水沙久良)  (Shiratori Sakura)  (20804074)	日本歯科大学・生命歯学部・助教    (32667)	

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
---------	---------