

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K16975

研究課題名(和文) 審美修復材料および支台歯の汚染がレジンセメントの接着性に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effect of esthetic restorative materials and abutment tooth contamination on the adhesive properties of resin cements

研究代表者

石井 亮 (ISHII, Ryo)

日本大学・歯学部・助教

研究者番号：20755144

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)： 審美歯冠修復物は接着性レジンセメントによる修復物と支台歯の一体化が求められる。一方、修復物を口腔内で試適した際に生じる唾液による汚染は、レジンセメントとの接着性を低下させる可能性がある。しかし、効果的な術式は確立されていない。そこで、表面自由エネルギーを指標とし、支台歯への唾液汚染がレジンセメントの接着性に及ぼす影響を解明した。その結果、支台歯に対するレジンセメントの接着強さは、唾液汚染によって低下するものの、機能性モノマー含有表面処理材あるいはリン酸を使用することで接着性が回復した。また、表面自由エネルギーは、唾液汚染によって低下したが、各表面処理によって回復した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、表面自由エネルギーを指標として、唾液汚染および表面処理後の修復物および支台歯に対するレジンセメントの接着機構に客観的指標を与えるという学術的意義を有している。その結果、従来の接着試験等の力学的強度試験とは異なり、接着界面で生じている現象を正確に反映した結果を得られた。また、支台歯の唾液汚染がレジンセメントの接着性に及ぼす影響を明らかにしたことで、確実な臨床術式の確立、修復物の寿命予測における貴重な知見となった。また、これらの適切な情報を学会発表および学術論文により、社会的状況を鑑みても不要な再修復を減少させることで健康寿命の延伸という目標に、口腔領域から貢献できたものと考えられる。

研究成果の概要(英文)： Esthetic crown restorations require the integration of the restoration and abutment tooth using adhesive resin cement. On the other hand, salivary contamination of the restoration during intraoral placement may reduce the adhesion of the restoration to the resin cement. However, no effective technique has been established. Therefore, we investigated the effect of salivary contamination on the abutment tooth on the adhesion of resin cement by using surface free energy as an index. As a result, the adhesive strength of resin cement to abutment teeth was decreased by salivary contamination, but was restored by the use of surface treatment materials containing functional monomers or phosphoric acid. The surface free energy was also decreased by salivary contamination, but was restored by each surface treatment.

研究分野：保存治療系歯学

キーワード：唾液汚染 レジンセメント 表面自由エネルギー 接着強さ セラミックス CAD/CAM用ハイブリットレジン 支台歯

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

患者および術者からの審美性に対する要求の高まりから、歯冠色を有する間接修復物が選択される症例が増加している。脆性材料である審美歯冠修復物を長期間口腔内で機能させるためには、接着性を有するレジンセメントを介した支台歯との一体化が求められる。一方、修復物を口腔内で試適した際に生じる唾液や血液といったタンパク質による、修復物内面や支台歯汚染は、レジンセメントとの接着性を低下させる可能性があり、汚染の除去法については様々な方法が提唱されている。しかし、修復物内面および支台歯双方に有効であるとともに簡便な術式は確立されていないのが現状である。

2. 研究の目的

CAD/CAM 用ハイブリッドレジン表面、セラミックス表面および支台歯への唾液汚染がレジンセメントの接着性に及ぼす影響を表面自由エネルギーを指標として検討し、併せて接着強さ試験および各表面の形態学的な検討をするために SEM 観察を行うことで、唾液汚染後の修復物および支台歯に適した表面処理方法を界面科学的な観点から客観的な指標を提示する。

3. 研究の方法

(1) 表面自由エネルギーの測定

表面自由エネルギー測定用試片の製作に際しては、CAD/CAM 用ハイブリッドレジン、ジルコニア、ニケイ酸リチウム、コア用レジンおよび歯質（エナメル質、象牙質）を 10×10×2 mm に調整し、常温重合型レジンに包埋する。次いで SiC ペーパー #2000 で研磨を行い、被着面とする。被着面にヒト唾液を滴下し、汚染面とする。汚染面の処理法は CAD/CAM 用ハイブリッドレジン、ジルコニアおよびニケイ酸リチウムに対してはリン酸処理、フッ酸処理あるいはサンドブラスト処理の、合計 3 条件とし、コア用レジンおよび歯質に対しては汚染面の処理方法としてリン酸処理あるいはサンドブラスト処理の合計 2 条件とする。これらの試片を全自動接触角計（DM500, 協和界面科学, 現有）を用いて、各条件における接触角を測定し、表面自由エネルギーを算出する。また、被着面に表面処理を施すことなく測定を行ったものを未処理面とする。

(2) 接着試験

表面自由エネルギー測定用試片と同様に調整した試片に対し、直径 3 mm の穴をあけた、厚さ 100 μm のテフロンテープを貼付し、被着面積を規定する。被着体としてはアルミナサンドブラスト処理を行なったステンレスロッド（直径 10.0 mm）を用いる。ステンレスロッドにレジンセメントを塗布し、被着面に 10 N で 10 秒間圧接する。余剰セメントを除去した後、37 相対湿度 100% 湿潤下に 5 分または 24 時間保管する。所定の保管時間が終了した試片は、万能試験機（Type 5500R, Instron, 現有）を用いて、剪断接着強さを測定する。また、試験終了後の試片に関しては、その破断面の破壊形式を分類評価する。

(3) SEM 観察

表面自由エネルギー測定用試片と同様に処理した各試片を、通法に従ってフィールドエミッション型走査電子顕微鏡（ERA-8800FE, Elionix, 現有）レーザー顕微鏡（VK-9710, Keyence, 現有）を用いて観察する。



4. 研究成果

審美歯冠修復物は接着性レジンセメントによる修復物と支台歯の一体化が求められる。一方、修復物を口腔内で試適した際に生じる唾液による汚染は、レジンセメントとの接着性を低下させる可能性がある。しかし、効果的な術式は確立されていない。そこで、表面自由エネルギーを指標とし、支台歯への唾液汚染がレジンセメントの接着性に及ぼす影響を解明した。その結果、支台歯に対するレジンセメントの接着強さは、唾液汚染によって低下するものの、機能性モノマー含有表面処理材あるいはリン酸を使用することで接着性が回復した。また、表面自由エネルギーは、唾液汚染によって低下したが、各表面処理によって回復した。

(1) 歯質に対する唾液汚染の影響

歯質を対象とした場合の唾液汚染の影響および表面処理法によるレジンセメントの接着強さの変化について、図 1 に示す。

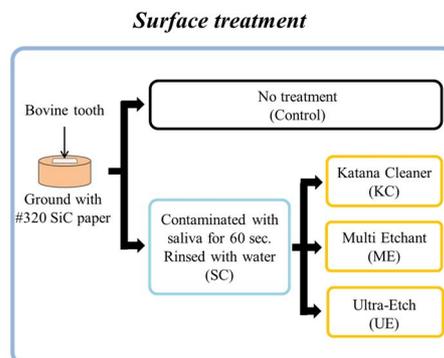


図 1

歯質に対するレジンセメントの 24 時間後の接着強さは、Control 群に比較して SC 群で有意に

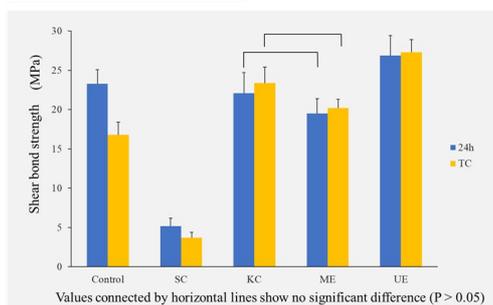
低下したが、表面処理を行うことによって回復した。TC 後におけるレジンセメントの接着強さは、エナメル質では UE 群が有意に高い値を示し、象牙質においては KC 群が有意に高い値を示した。歯質表面における表面自由エネルギーは、SC 群で低下したが、各表面処理の影響は歯質とともに各処理剤によって異なるものであった。結論：本実験の結果から、唾液汚染されたエナメル質および象牙質に対する表面処理は、汚染面を改質することで接着強さを向上させた。また、処理面の表面自由エネルギーは各処理剤によって異なる傾向を示した。

表面自由エネルギー

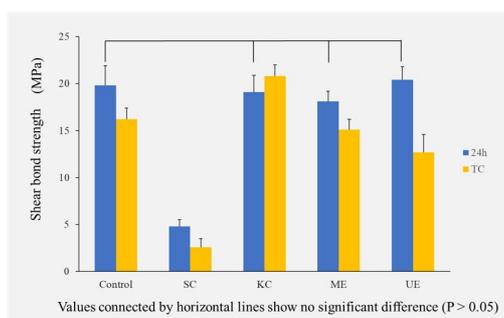
Treatment	$\gamma_s^d$	$\gamma_s^p$	$\gamma_s^h$	$\gamma_s$	
Enamel	Control	43.9 (1.3)	3.4 (1.4)	14.6 (2.7)	61.9 (1.7)
	SC	42.9 (1.2)	0.0 (0.0)	6.8 (0.4)	49.7 (1.4)
	KC	43.2 (1.2)	2.4 (1.4)	13.4 (0.9)	59.0 (1.9)
	ME	43.4 (1.5)	1.3 (1.2)	25.1 (1.1)	69.8 (1.7)
	UE	42.2 (1.2)	8.6 (1.2)	27.4 (1.2)	78.2 (1.2)
Dentin	Control	42.3 (1.3)	2.8 (1.3)	25.4 (1.6)	70.5 (1.3)
	SC	38.4 (1.2)	0.0 (0.0)	8.2 (1.5)	46.6 (1.8)
	KC	35.8 (1.2)	1.6 (1.4)	18.3 (2.0)	55.7 (1.6)
	ME	40.6 (1.5)	0.9 (0.2)	10.2 (2.0)	51.7 (1.1)
	UE	36.8 (1.4)	1.4 (1.5)	2.8 (1.5)	41.0 (1.1)

N = 10, unit: mN · m<sup>-1</sup>, values in parenthesis indicate standard deviations.  
 Values connected by vertical lines indicate no significant difference (P > 0.05).  
 $\gamma_s^d$ : dispersion force,  $\gamma_s^p$ : polar force,  $\gamma_s^h$ : hydrogen-bonding force,  $\gamma_s$ : surface free energy.

エナメル質における接着強さ



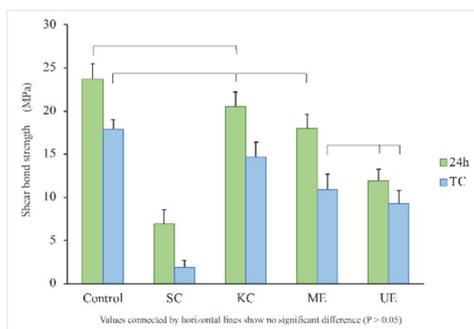
象牙質における接着強さ



## (2) レジンコアに対する唾液汚染の影響

接着強さ試験の結果から、唾液汚染の除去を行った条件において、有意に高い値を示した。表面処理後の表面自由エネルギーは、汚染面と比較していずれの条件においても有意に高い値を示すとともに各構成成分は、表面処理法の違いにより異なる傾向を示した。

これらの結果から、唾液汚染されたコア用コンジットレジンに対するレジンセメントの接着強さは、汚染面に対する各表面処理により向上することが判明した。



表面自由エネルギー

Treatment	$\gamma_s$	$\gamma_s^d$	$\gamma_s^p$	$\gamma_s^h$
Control	57.8 (1.2)	42.0 (1.1)	8.8 (1.4)	7.0 (1.3)
SC	47.4 (1.4)	42.2 (1.4)	0.0 (0.0)	5.2 (0.7)
KC	58.5 (1.8)	42.8 (1.3)	7.1 (1.4)	8.6 (1.9)
ME	55.6 (1.6)	42.0 (1.7)	5.5 (1.2)	8.1 (1.5)
UE	52.3 (1.4)	42.5 (1.1)	3.2 (1.2)	6.6 (1.2)

N = 10, unit: mN · m<sup>-1</sup>, values in parenthesis indicate standard deviations.  
 Values connected by vertical lines indicate no significant difference (P > 0.05).  
 $\gamma_s$ : surface free energy,  $\gamma_s^d$ : dispersion force,  $\gamma_s^p$ : polar force,  $\gamma_s^h$ : hydrogen-bonding force.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ishii R, Takamizawa T, Katsuki S, Iwase K, Shoji M, Sai K, Tsujimoto A, Miyazaki M.	4. 巻 130
2. 論文標題 Immediate bond performance of resin composite luting systems to saliva-contaminated enamel and dentin in different curing modes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 e12854
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/eos.12854	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mizutani K, Takamizawa T, Ishii R, Shibasaki S, Kurokawa H, Suzuki M, Tsujimoto A, Miyazaki M.	4. 巻 46
2. 論文標題 Flexural properties and polished surface characteristics of a structural colored resin composite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 E117-E131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2341/20-154-L	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takamizawa T, Ishii R, Tamura T, Yokoyama M, Hirokane E, Tsujimoto A, Miyazaki M, Kitahara N.	4. 巻 37
2. 論文標題 Handling properties and surface characteristics of universal resin composites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dent Mater	6. 最初と最後の頁 1390-1401
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.dental.2021.06.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Oouchi H, Takamizawa T, Tamura T, Ishii R, Tsujimoto A, Miyazaki M, Kitahara N.	4. 巻 31
2. 論文標題 Flexural properties and wear behavior of computer-aided design/computer-aided manufacturing resin blocks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 979-985
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4012/dmj.2020-381	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井 亮, 笠原 悠太, 廣兼 榮造, 高見澤 俊樹, 辻本 暁正, 吉中 雄太, 宮崎 真至, 北原 信也	4. 巻 64
2. 論文標題 リン酸系モノマー含有歯面処理剤がレジンセメントの接着性に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日歯保存誌	6. 最初と最後の頁 227-236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井 亮, 笠原悠太, 岩瀬 慶, 嘉月 駿, 庄司元音, 高見澤 俊樹, 宮崎真至, 川本 諒	4. 巻 65
2. 論文標題 支台築造用レジン表面の唾液汚染に対する処理材の使用が レジンセメントの接着性に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日歯保存誌	6. 最初と最後の頁 38-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 石井 亮, 廣兼 榮造, 笠原 悠太, 田村 友彦, 横山 宗典, 高見澤 俊樹, 宮崎 真至
2. 発表標題 唾液汚染除去法の違いがレジンセメントの歯質接着性に及ぼす影響
3. 学会等名 第24回日本歯科医学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井 亮, 笠原悠太, 廣兼榮造, 高見澤俊樹, 宮崎真至
2. 発表標題 コア用コンポジットレジンに対する唾液汚染除去法がレジンセメントの接着性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本歯科審美学会第32回学術大会
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

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