

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K10036

研究課題名(和文) スマートセメントのセメント固定式インプラントへの応用

研究課題名(英文) Application of smart cement for fixed cement implant

研究代表者

河野 文昭 (KAWANO, Fumiaki)

徳島大学・大学院医歯薬学研究部(歯学域)・教授

研究者番号：60195120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：インプラントのセメント固定式上部構造に応用する簡単に取り外しができる通電剥離型セメントの開発を行っている。本研究課題では、口腔内環境下での本セメントの接着強度低下効果の変化について検討を加えた。その結果、サーマルサイクル試験では、2500回では通電後の接着強度は有意に増加し、10000回では低下効果が見られなくなることが明らかになった。また、生理食塩水浸漬試験では、通電による接着強度の低下効果が大きくなることが示された。試作セメントに添加したイオン溶液のイオンの溶出の抑制とセメント内へのイオンの取り込みが通電型剥離セメントの通電による接着強度の低下効果の持続に影響を与えていることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発を進めている通電剥離型セメントは、セメント基材にイオン液体を練和することで電流を流すことにより、セメント本体が破壊され、剥離効果が得られるように設計されている。基材として用いたレジン添加型ガラスイオノマーセメントは、親水性の硬化反応を示すことから、添加したイオンの溶出が懸念され、口腔内の厳しい環境下では剥離効果の維持が課題となる。「蒸留水中では剥離効果の維持される」との報告があるが、より厳しい口腔内環境では添加したイオン溶液の溶出による剥離効果の減少が認められたが、限られた期間の利用であれば、剥離効果が維持できることが分かり、テンポラリーセメントとして利用可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：We have developed a 'current-removable cement', which can be easily removed by applying an electric current to a cemented implant superstructure. In this study, this cement was stored in a simulated oral environment and changes in bond strength were investigated when an electric current was applied. The initial bond strength of the prototype cement increased after 2500 and 5000 thermocycles. The bond strength of the prototype cement after current application reached a maximum after 2500 thermocycles. The difference in bond strength before and after the application of current became smaller. No decrease in bond strength due to the application of current to the cement was observed after 1000 thermocycles. These results suggest that the absorption of ionic liquids in the cement affects the cement removal effect of the application of current to the prototype cement.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：通電剥離型セメント イオン液体 口腔内環境 イオンの溶出

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の接着技術の発展にともない、異種材料を接着剤によって組み立てた製品が実用に供されるようになってきている。一方で、廃棄時に高いリサイクル性が要求されることから、異種材料を容易に分離する技術が開発され、工業分野では「解体性接着剤」として実用化されている。

歯科臨床においても、2次う蝕等の治療時の修復物の除去、矯正治療終了時のブラケットの除去、メンテナンス時のセメント固定式インプラントの分離など、歯質へのダメージや患者への不快感を与えることなく被着物をスマートに除去したい局面は多い。しかし、強い接着と容易な除去を両立できる歯科用セメントは存在しない。

2. 研究の目的

我々は、イオン液体(IL)を成分とする工業用の通電解体性接着剤の機構を歯科用セメントに応用し、ILを添加したレジン添加型ガラスアイオノマーセメント(RMGIC)で金属を接着すると、電圧負荷により接着強さが電圧負荷前の接着強さの約10%まで低下することを発見し、接着強さを自由に減弱できる臨床で応用可能なスマートセメントの開発を進めている。口腔内は摂食中の冷熱刺激や唾液等で非常に過酷な環境にあるため、これらの環境によって電圧負荷解体性接着剤の接着強さ減少効果に及ぼす影響が大きいことが予想される。これらのことから、今回、口腔内環境の違いが接着強さの減弱に与える影響について検討を加えた。

3. 研究の方法

(1)試料の作成 本研究ではILとして、tris(2-hydroxyethyl methylammonium methylsulfate) (Sigma-Aldrich 東京)を用いた。また、ベースセメントとして、市販のレジン強化型ガラスアイオノマーセメント(RelyX™ Luting Plus, 3M, Japan 東京)を用いた。表1に本研究で用いたセメントの組成を示す。

表1 実験に用いたレジン強化型ガラスアイオノマーセメントの組成

P a s t e A	Silane treated glass	70-80
	Water	10-20
	2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)	<10
	Silane treated silica	<2
	4-(dimethylamino)-benzeneethanol	<1
	Titanium dioxide	<0.5
P a s t e B	Silane treated ceramic	30-40
	2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)	10-30
	Copolymer of acrylic and itaconic acid	10-30
	Water	5-15
	Glycerol 1,3 dimethacrylate	1-5
	Potassium persulfate	1-5
	2,6-di-tert-butyle-p-cresol (BHT)	<0.5
Ethylene dimethacrylate (EGDMA)	<0.5	

セメントのベースとキャタリストをメーカー指示の割合で練和紙上に出し、ILを5.0 mass%または7.5 mass%を加え、プラスチックスパチュラを用いて練和した。

被着体として、直径8 mmと直径20mm、長さ10mmのチタン棒を用いた。被着面は耐水研磨紙の粒度600番で研磨したあと、平均粒径50 μmの酸化アルミニウム(WA ホワイトアラシタム #50, 三重), を使用し、サンドブラスター(Jet Blast, モリタ, 京都)を用いて、噴出圧0.30

MPa, 噴射口から被着面までの距離 10 mm とし、被着面の表面処理を行った。次いで、蒸留水で 5 分間、超音波洗浄を行った。

洗浄後、直径 6 mm、厚さ 0.05mm の穴の開いたマスキングテープで接着面積を規定し、練和した試作のセメントをその上に気泡が生じないように貼付し、被着面の表面処理を行った直径 8 mm のチタン棒を 20g/mm² の圧を 5 分間加え、30 分間硬化させた。余剰のセメントについては、圧接後直ちに除去した。

(2) 全ての試料は、24 時間蒸留水に浸漬してから以下の条件で試料を浸漬した。

サーマルサイクル試験として5 および60
 の水中に各30秒間交互に0、2500、5000、10000
 回浸漬
 30日間蒸留水または生理食塩水（生理食塩液、
 大塚製薬、徳島）（表 2）に浸漬（なお、浸漬
 溶液は3日毎に交換した）

表 2 研究に使用した生理食塩水の電

電解質組成	mEq/L
Na ⁺	154
K ⁺	-
Ca ⁺	-
Cl ⁻	154
HCO ³⁻	-

(3) 試料への電通

試料への電圧負荷には、プログラブル直流電圧/電源（横河電機 東京）を用いて 19V 直流電圧を 30 秒間加えた。

(4) 接着強さの測定

接着強さの測定には、万能試験機（オートグラフ AG-X1kN, Type 島津製作所, 京都）を用いて、クロスヘッドスピード 0.5 mm/min. で ISO 剪断治具を使用して圧縮剪断試験を行った（図 1）。得られた各条件の平均値と標準偏差を算出し、統計分析には、Kruskal-Wallis 検定、Mann-Whitney U test を用いた（ $\alpha = 0.05$ ）。統計ソフトとして StatView for Windows 4.5 を用いた。

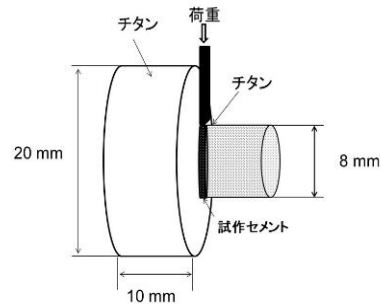


図 1 剪断接着試験の模式図

4. 研究成果

図 2 に熱刺激（サーマルサイクル（TC と略す））を負荷した試料の接着強さを示す。TC0 では、試作セメントの接着強さは 17.3 MPa、電圧負荷後の接着強さは 5.4 MPa となり 11.9MPa 減少し、接着強さの減少率は 68.8% で、最も高かった。TC2500 では、電圧負荷前の接着強さは 20.5 MPa、電圧負荷後の接着強さは 17.0 MPa となり、減少率は 17.6% まで低下した。さらに熱刺激を加えた TC5000 では、電圧負荷前の接着強さは 18.9 MPa、電圧負荷後の接着強さは 14.0 MPa となり、減少率は 25.9% であった。TC10000 では、電圧負荷前の接着強さは 11.2 MPa、電圧負荷後の接着強さは 11.0 MPa となり、減少率は 19.3 % と低下した。

表 3 に統計結果を示す。TC10000 では、電圧負荷前後の接着強さに有意の差は認められなかったが、その他の組み合わせでは有意の差は認められた。

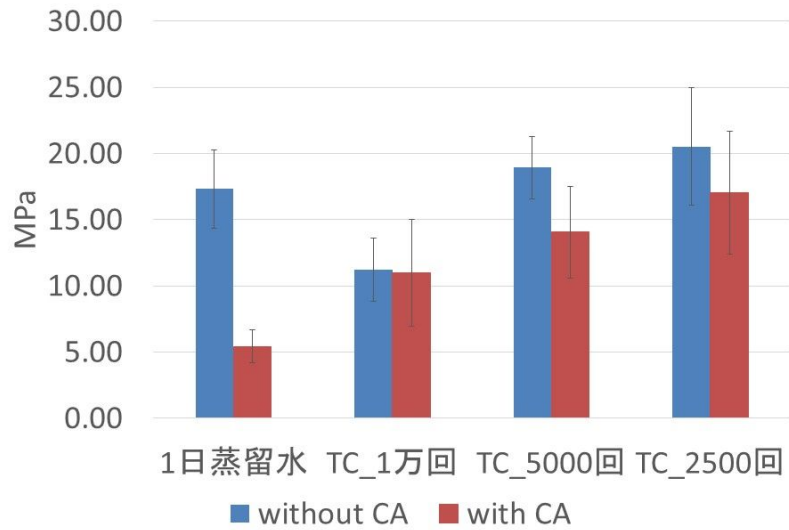


図2 サーマルサイクルが接着強さに及ぼす影響

表3 統計結果

回数	0	2500	5000	10000
Without CA	5,a	6,b	7,c	8,d
With CA	9,e	10,f	11,g	8,h

同じ数字またはアルファベットは有意差無し(>0.05)を示す。

図3, 4には1L7.5 mass%含有セメント試料を蒸留水、生理食塩水に1ヶ月間浸漬した結果を示す。蒸留水浸漬では、負荷前接着強さは16.8MPa, 電圧負荷後は6.8MPaで、減少率は59.5%であった。一方、生理食塩水への浸漬では、電圧負荷前の接着強さは、14.9MPa, 電圧負荷後は2.8MPaであり、減少率は81.2%になり、生理食塩中での浸漬により減少率は減少した。

表4に統計分析の結果を示す。電圧を加えない時の接着強さには統計学的に有意さが認められなかったことから、生理食塩水への浸漬による影響があることが明らかとなった。

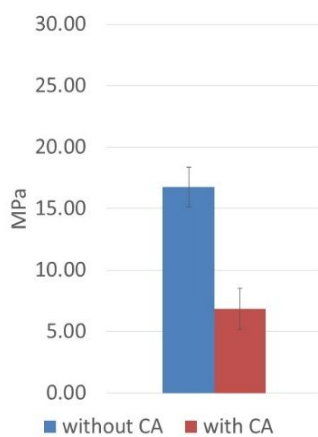


図3 1か月の蒸留水への浸漬が接着強さに及ぼす影響



図4 1か月の生理食塩水への浸漬が接着強さに及ぼす影響

表 4 統計結果

	蒸留水	生理食塩水
Without CA	1,A	2,A
With CA	3,C	4,D

同じ数字またはアルファベットは有意差無し(>0.05)を示す。

我々は、インプラントのセメント固定式上部構造に電圧負荷することにより簡単に取り外しができる通電剥離型セメントの開発を行っている。本研究課題では、口腔内環境での本セメントの接着強さ低下効果の変化について、4 と 60 のサーマルサイクルを 0 回、2500 回、5000 回、10000 回加えた場合と口腔内環境を疑似した生理食塩水中で 30 日間浸漬した場合について、試作セメントの耐久性を中心に検討を加えた。その結果、サーマルサイクル試験では、5000 回まで電圧負荷前の接着強さに大きな変化が認められなかったのに対して、2500 回では電圧負荷後の接着強さは有意に増加し、2500 回から電圧負荷による接着強さの低下効果の低下が始まっていた。電圧負荷による接着強さの減少率は、サーマルサイクル 0 回で 68.7%、2500 回で 17.6%、10000 回で 1.9% となり、10000 回のサーマルサイクルでは低下効果が見られなくなることが明らかになった。また、生理食塩水浸漬試験では、蒸留水中に 1 ヶ月浸漬した場合には電圧負荷による接着強さの減少率は 59.2%、生理食塩水中浸漬した場合には 81.5% となり、生理食塩水中に浸漬した場合には、電圧負荷による接着強さの低下効果が維持され、その効果は大きくなることが示された。試作セメントに添加したイオン溶液のイオンの溶出の抑制とセメント内へのイオンの取り込みが通電剥離型セメントの電圧負荷による接着強さの低下効果の持続に影響を与えていることが示された。そのため、セメントへのイオンのリチャージやリコールの時期を検討することにより、通電剥離型セメントは有効に使用できることが示唆された。

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
研究分担者	関根 一光 (SEKINE Kazumitsu) (50447182)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(歯学域)・准教授 (16101)	

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