

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09855

研究課題名(和文) 治療後に安全にはがせるダイレクトボンディング剤の開発

研究課題名(英文) Fabrication of direct bonding material for easily debonding on demand

研究代表者

堀内 信也 (HORIUCHI, Shinya)

徳島大学・病院・講師

研究者番号：70263861

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ダイレクトボンディング剥離の際、接着による歯への損傷を避けるために、通電することをきっかけに簡単にはがすことができる「通電剥離性接着剤」の開発を行っている。

本研究課題では、口腔内環境での使用を想定し、本剤を水中へと浸漬しその効果を検証した所、試作セメントの接着強度は蒸留水中でも維持され、通電により接着強度が有意に低下することから、試作セメントの通電による剥離効果は蒸留水中でも維持できると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で開発を試みている通電剥離性接着剤は、接着剤となる基剤にイオン液体を練和することで電気を流すと壊れるよう設計されている。本剤は、親水性の硬化反応を示すため、口腔内環境に長期間留置した場合にはイオン液体の接着剤から溶け出すことによって通電剥離効果が発揮されない可能性があったが、本剤の接着強度は蒸留水中でも維持され、通電により接着強度が有意に低下することから、接着剤の通電による剥離効果は蒸留水中でも維持されることが分かり、口腔内環境においても使用できる可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：In order to avoid the damage to the teeth caused by direct bonding, we have been developing an "electric current removable adhesive" that can be easily peeled off when an electric current is applied. In this research project, the effect of this agent was verified by immersing it in water, assuming used in an oral environment.

The bond strength of the prototype cement was maintained in distilled water, and the bond strength was significantly reduced by current to the cement, suggesting that the peeling effect of current application to the prototype cement could be maintained in distilled water.

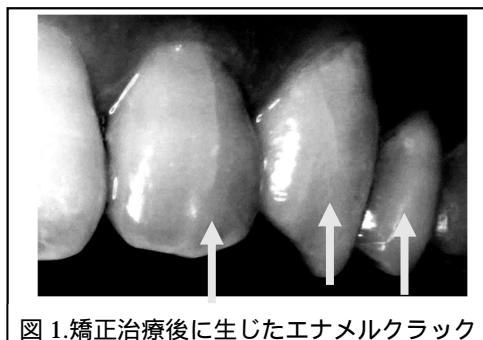
研究分野：歯科矯正学

キーワード：矯正歯科用接着剤 イオン液体 通電剥離 グラスアイオノマーセメント

1. 研究開始当初の背景

歯の表面に、種々のアタッチメントを直接接着するダイレクトボンディング法の発展は歯科医療の進歩に大きく貢献している。このダイレクトボンディング法は、歯質表面のエナメル質を酸処理することで微小な凹凸を形成し、ここに接着性レジンを経透させ機械的な嵌合を得るもので、その強固な接着力により、歯科矯正用ブラケットなどのアタッチメントの接着や、歯の欠損に対する修復処置にも応用されている。

一方、矯正歯科治療などに用いたアタッチメントは治療が終了すると歯面より撤去されるが、その方法は、アタッチメントを歯面より強制的に剥離し、更に歯質に残存した接着性レジン、刃物にて鈍的に剥離するか、なめした回転切削器具にてはじき飛ばすことで達成される。このため、アタッチメントを装着する歯は、(1)接着時の酸処理によるエナメル質の溶解や、(2)アタッチメント剥離時の衝撃による歯のクラック(ひび割れ;図1)、(3)歯面の残存レジン撤去時の歯質の機械的損傷を免れ得ない。こうしたダイレクトボンディングの“副作用”は、臨床的に、歯の着色や変色などの審美障害や破折、非齲蝕性の歯髄疾患の原因となるとされ、成人の矯正歯科治療が増加している現在、医療問題となりつつあり、その対応が求められている。



2. 研究の目的

背景の如く、ダイレクトボンディング用歯科矯正用接着剤は本質的には歯に対する副作用を生じる危険性をはらんでいる。そもそもダイレクトボンディングにて接着される歯科矯正用アタッチメントに限らず、歯科用接着剤やセメントは歴史的にその接着力を追訴することで歯科医療的なニーズに対応してきた。これは、劣悪な口腔内環境にて被着体を接着し、定着させることが困難なことであることに起因するものであり、歯科用接着剤には「剥がす」という概念が欠落していた。

こうした問題を避けるためには、剥がしたい時に剥がすことができ、接着してほしい時には強固な接着力を有する接着剤が有用である。本研究課題では、接着物を剥がしたい時には、電気を流すことで簡単に、安全に剥がすことのできるダイレクトボンディング用接着剤を開発することが目的であり、本研究課題では試作接着剤からのイオン溶出と接着強度との関連性について検討を行った。

3. 研究の方法

試作接着剤としてレジン強化型ガラスイオノマーセメントに、イオン液体(IL)としてアンモニウム系ILである tris(2-hydroxyethyl)methylammonium methylsulfate を混和したものを作製した。混和率 10mass%のセメント(RX10)と、ILを混和しないセメント(RX0)の2つを供試材とした。

接着面にサンドブラストを行ったチタン棒(直径8 mm×高さ10 mmおよび直径20 mm×高さ10 mm)間にセメントを塗布し、一定の力を負荷して接着した。30分後に37℃の蒸留水に浸漬し、14日間浸漬を行った。浸漬完了後、直ちに室温大気中で19 V×30秒間通電し、せん断接着

強度試験を行った。通電時の電荷密度を電流値の時間経過から算出した。浸漬後、通電しない試料の接着強度も調べた。比較のため、接着後大気中で 24 時間静置した未浸漬試料も評価した。接着強度試験の後、破断面を観察しデジタルカメラで記録した。

4. 研究成果

浸漬した RX0 の電荷密度はいずれも未浸漬 RX0 より有意に高く、特に 1 日浸漬試料で高かった。一方、浸漬した RX10 の電荷密度はいずれも未浸漬 RX10 と有意差がなかったが、平均値を比較すると 1 日浸漬 RX10 のみ高かった。1 日浸漬以外の RX10 の電荷密度は RX0 より有意に高かった。通電しない RX0、RX10 の接着強度はいずれも浸漬期間に依存しなかった。一方、通電した RX0、RX10 ではいずれも 1 日浸漬試料が有意に低い接着強度を示した。また、通電の有無で比較すると RX0 では未浸漬と 1 日浸漬で、RX10 ではいずれの浸漬期間においても、通電により有意に接着強度が低下した。接着強度の低下幅を比較すると、1 日浸漬試料の低下幅がもっとも大きく、浸漬期間が長くなると低下幅は減少した。しかし、14 日浸漬後でも通電により接着強度が有意に低下していた。(図 2)

破断面観察の結果、通電後の試料では RX0、RX10 ともにカソード側のみにセメント残渣が観察され、通電しなかった試料では RX0、RX10 ともにアノード、カソード両極にセメント残渣が観察された。(図 3)

図2. 浸漬期間と通電がせん断強度に与える影響

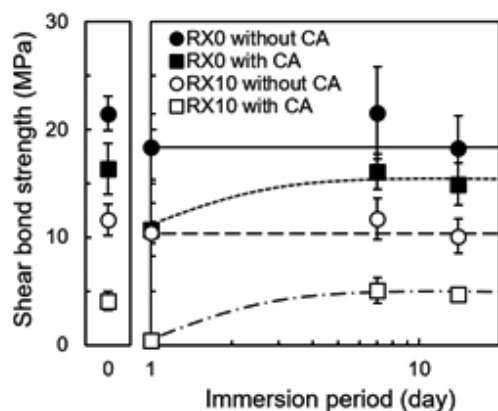
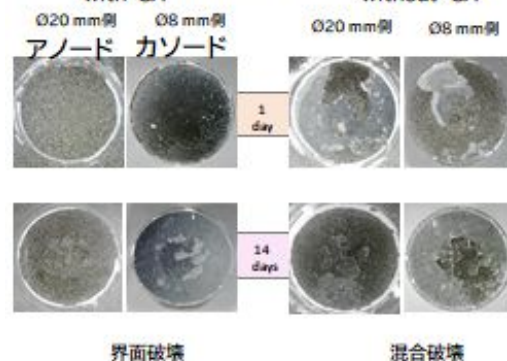


図3. 破断面観察結果(RX10/水中浸漬後)



このことから、浸漬することで通電時の電荷

密度が増加したのは、水の吸収にともなう試作セメントの電気伝導性の増加の結果と考えられた。1 日浸漬以外の RX10 の電荷密度が RX0 より有意に高かったことから、IL 混和は電気伝導性の増加に有効と考えられ、さらに通電しない場合、接着強度に浸漬期間は影響しなかったことから、試作セメントの接着強度は蒸留水中でも維持される可能性が示された。また、14 日浸漬後でも通電により接着強度が有意に低下していることから、試作セメントの通電による接着強度の低下機能は蒸留水中でも維持できると考えられた。

以上より、通電により剥離が容易となる IL 添加 RMGIC は、口腔内でも機能を維持する可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hiroko SATO, Yuta MATSUKI, Noboru KAJIMOTO*, Emi UYAMA, Shinya HORIUCHI, Kazumitsu SEKINE, Eiji TANAKA, and Kenichi HAMADA	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of water immersion on shear bond strength reduction after current application of resin-modified glass-ionomer-cements containing and not containing an ionic liquid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4012/dmj.2019-371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kenichi Hamada, Hiroko Sato, Noboru Kajimoto, Emi Uyama, Shinya Horiuchi, Kazumitsu Sekine, Eiji Tanaka
2. 発表標題 Water immersion effects on bonding strength of dental cement containing ionic-liquid
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress (WBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroko SATO, Yuta MATSUKI, Noboru KAJIMOTO, Emi UYAMA, Shinya HORIUCHI, Kazumitsu SEKINE, Eiji TANAKA, and Kenichi HAMADA
2. 発表標題 WATER IMMERSION EFFECTS ON NOVEL GLASS IONOMER CEMENT CONTAINING IONIC LIQUID -CHANGE OF ELECTRIC CONDUCTIVITY AND SHEAR BONDING STRENGTH REDUCTION AFTER CURRENT APPLICATION-
3. 学会等名 The 9th International Orthodontic Congress, Yokohama, Japan Oct.4-6, 2020 The 12th Asian Pacific Orthodontic Conference The 79th Annual Meeting of the Japanese Orthodontic Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuta MATSUKI, Hiroko SATO, Emi UYAMA, Shinya HORIUCHI, Kazumitsu SEKINE, Eiji TANAKA, and Kenichi HAMADA
2. 発表標題 Electrolytic solution immersion effects on novel glass ionomer cement -Change of electric conductivity and shear bonding reduction after current application-
3. 学会等名 The 9th International Orthodontic Congress, Yokohama, Japan Oct.4-6, 2020 The 12th Asian Pacific Orthodontic Conference The 79th Annual Meeting of the Japanese Orthodontic Society (国際学会)
4. 発表年 2020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	浜田 賢一 (HAMADA Kenichi) (00301317)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(歯学域)・教授 (16101)	
研究 分担者	田中 栄二 (TANAKA Eiji) (40273693)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(歯学域)・教授 (16101)	
研究 分担者	日浅 雅博 (HIASA Masahiro) (90511337)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(歯学域)・講師 (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
---------	---------