

【助成 39-15】

光によって低侵襲的な脱着を可能とする矯正歯科用接着剤の開発に関する研究

代表研究者 東京医科歯科大学生体材料工学研究所 准教授 田村篤志

〔研究の概要〕

任意のタイミングで脱着可能な歯科用接着剤開発を目的に、光分解性ポリロタキサンを架橋剤として含有した歯科用接着剤の開発を行った。新たに設計した光分解性ポリロタキサンは365 nmの紫外光照射直後より分解はじまり、約20分間の照射で完全に分解した。光分解性ポリロタキサンを市販の歯科用接着剤に混合し、歯列矯正用ブラケットと歯間の接着強度を評価した結果、紫外光照射5分で接着強度が約4割低下した。本研究により、任意のタイミングで紫外光を照射することで接着強度が低下する歯科用接着剤の基盤技術が確立できたことより、脱着機能を有する新規歯科用接着剤としての今後の応用展開が期待される。

〔研究経過および成果〕

歯科治療では治療用器具を歯質表面に直接「接着」させることで治療が行われており、接着は現在の歯科治療の基盤となる技術である。しかし、強固に固定された治療具を歯質表面から脱着するための方法は、力学的な剥離、脱着、あるいは材料の破壊以外の選択肢がないのが現状である。特に、矯正用の治療器具(ブラケット)を脱着する場合などにおいて、力学的な脱着では歯質再表面のエナメル質も同時に剥離してしまい、エナメル質が損傷することが指摘されている。よって、「接着」の技術だけではなく「脱着」の技術も非侵襲的な歯科治療の確立には必須だと考えられている。よって、従来の接着剤に脱着を容易にする高度機能を賦与した新たな接着剤の開発が、非侵襲的な歯科治療具の脱着を達成するためには必要不可欠だと考えた。

任意のタイミングで脱着可能な歯科用接着剤開発を目的に、ホワイトニング等の歯科治療でも利用されている紫外光(約400 nm)の照射によって接着強度が低下する材料を考案した。紫外光照射により接着

強度を低下させるための成分として、環状糖類シクロデキストリンの空洞部に高分子鎖が貫通し、軸高分子末端がかさ高い化合物で封鎖された構造の超分子ポリロタキサンに着目した。ポリロタキサン中のシクロデキストリン部位は接着剤成分(モノマー)との架橋に利用することで従来と同等の接着強度を示す。一方、紫外光照射によって解離する光分解性封鎖基を軸高分子両末端に導入することで、紫外光照射で軸高分子が切断されシクロデキストリンが放出される。これにより、架橋構造が崩壊するため、接着強度の低下につながることを期待される。本研究では光分解性成分としてクマリンで封鎖した光分解性ポリロタキサンを新たに考案した。クマリンは生体に対する毒性が軽微な近紫外光(約320~400 nm)でポリロタキサン構造を崩壊へと導くことができるだけでなく、光の到達深度やポリロタキサンの分解効率など実用化における設計上の課題を解決できると考えた。

クマリン封鎖型光分解性ポリロタキサン(PRX-DEACM)は、ジエチルアミノクマリン誘導体を封鎖基として利用することで合成した。核磁気共鳴

スペクトルより計算した PRX-DEACM のシクロデキストリン貫通数は 44、貫通率は 39%、数平均分子量は 53,000 となった。

PRX-DEACM の光分解特性について評価を行った。UV LED 光源を用いて 365 nm の紫外光を 1~60 分間照射し、サイズ排除クロマトグラフィー測定によりポリロタキサン構造の分解を評価した。PEX-DEACM は紫外光照射直後より分解がはじまり、約 20 分間の照射で完全に分解した。また、PRX-DEACM は歯科治療で材料硬化のための光重合に使用される可視光 (465 nm) ではまったく分解しなかったことから、PRX-DEACM は既存の光重合にも適応可能だと考えられる。

紫外光照射によるレジンの力学強度変化について検討するため、重合性官能基を導入した PRX-DEACM を架橋剤として 2-ヒドロキシエチルアクリレート (HEMA) の光重合を行い、ダンベル型の硬化体を作成した。引張試験により、最大引張応力を評価した。PRX-DEACM 架橋剤を 10 wt% 含有したレジンの最大引張応力は 33 MPa であった。これに対し、UV LED 光源を用いて 365 nm の紫外光を 2~30 分照射し、同様の引張試験を行った。その結果、紫外光照射 5 分より有意に最大引張応力が低下した。5 分間の紫外光照射により最大引張応力は約 50% 低下し、それ以降は照射差時間を延ばしても顕著な変化は見られなかった。以上の結果より、紫外光の照射により封鎖基であるクマリンが脱離することでポリロタキサン構造が崩壊し、伸長時の力学特性に変化を及ぼしたと考えられる。

矯正治療への応用を検討するため、市販の歯

科矯正用接着剤であるスーパーボンドオルソマイト (サンメディカル社製) のモノマー溶液に、PRX-DEACM 架橋剤を 10 wt% で溶解させ牛歯のエナメル質に、矯正用光透過性セラミックブラケットを固定した。ブラケットの接着強度を評価した結果、スーパーボンドオルソマイトのみの接着力は約 10 MPa であり、PRX-DEACM を添加しても有意な変化は見られなかった。紫外光を 5 分間照射し、同様の試験を行った結果、PRX-DEACM を添加した接着剤では 4 MPa 程度に接着力が低下する傾向が認められた。一般的に矯正に必要な接着力は 5~10 MPa と考えられているので、紫外光照射により接着力が低下することで矯正用ブラケットを容易に剥離できると予想される。

本研究では、矯正治療で使用されるブラケットを低侵襲的に剥離することを可能とする材料の確立を目的に、超分子骨格を有する光分解性ポリロタキサンを新たに設計し、紫外光照射による力学特性や牛歯に対する接着力の変化を検討した。市販の矯正歯科用接着剤に PRX-DEACM を 10 wt% 添加することで、紫外光照射により接着強度が低下することを確認した。このような機能を有する歯科用接着剤は、任意のタイミングでのブラケットの剥離を容易に行うことができる接着剤として、歯科治療に貢献すると期待される。今後は、接着剤の組成や PRX-DEACM の含量等の詳細な条件を検討することで材料の最適化を行い、実用化を目指す計画である。

[発表論文]

該当なし