

論文の内容の要旨

氏名：柴 崎 翔

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：光照射の有無がデュアルキュア型暫間修復用レジンの機械的性質および硬化挙動に及ぼす影響

歯冠修復において、最終修復物が装着されるまでに行われる暫間修復処置は、症例によってはその期間が長期にわたることもある。したがって、暫間修復材には口腔内で安定して機能するための機械的強度および耐久性が求められる。このような臨床的背景から、bis-acryl系あるいはウレタン系多官能性モノマーを用いるとともに無機質フィラーを含有させることで機械的性質を向上させた暫間修復用レジが開発され、臨床応用が進められている。また、臨床的な操作性を向上させることを目的としてデュアルキュアを採用した暫間修復用レジ（以後、DCPR）も市販されている。

一般に、デュアルキュアを採用しているレジ系材料は、化学重合のみで重合硬化させた条件では、デュアルキュアさせた条件と比較して機械的強度が低下することが報告されているものの、DCPRに関する詳細については不明な点が多い。そこで本論文の著者は、DCPRへの光線照射の有無が機械的性質および硬化挙動に及ぼす影響について、曲げ強さ試験および超音波測定を行うことによって検討を行った。さらに、無機質フィラー含有量および熱膨張係数を測定するとともに、フィラー像の走査電子顕微鏡（以後、SEM）観察を行った。

供試したDCPRは、Integrity Multi Cure (IG, Denstply Caulk), Luxatemp Automix Solar (LX, DMG Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH) および Tempsmart (TS, ジーシー) の3製品である。また、化学重合型暫間修復用レジンの Protemp Plus (PP, 3M ESPE) および PMMA系レジンの UniFast III (UF, ジーシー) を用いた。

無機質フィラー含有量および熱膨張係数は、それぞれ熱重量測定装置 (TG/DTA 6300, セイコーインスツル) および熱機械分析装置 (TMA/SS 6300, セイコーインスツル) を用いて測定した。無機質フィラー含有量の測定は、25~800°Cまで昇温速度 10°C/min の条件で加熱した後のレジペースト残存重量と熱負荷前の重量とから減量 (wt%) を求め、無機質フィラー含有量 (wt%) を算出した。熱膨張係数の測定は、円柱状に硬化させた試片に対して昇温速度 2°Cの条件で室温から 100°Cまで加熱した際の、30~80°C間の熱膨張係数を測定した。曲げ試験は、ISO 4049 Polymer-based restorative materials に準じて行った。各条件で製作した試片を、万能試験機 (Type 5500R, Instron) を用いて支点間距離 20.0 mm, クロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件で曲げ強さを測定するとともに、応力-ひずみ曲線から弾性率およびレジリエンスを、試験機に付属するソフトウェア (Bluehill 2 Ver. 2.5, Instron) を用いて算出した。

超音波測定は、パルサーレーザー (5900PR, Panametrics), 縦波用トランスデューサ (M203, V112, Panametrics) およびオシロスコープ (Wave Runner LT584, レクロイ) から構成されるシステムを用いて行った。DCPRの光照射条件では、レジペースト練和開始 30秒後に、試片の両側面から 30秒間照射を行った。超音波測定に際しては、いずれの条件においても練和開始 30秒後から 5分までは 10秒毎、15分後までは 30秒毎に測定を行い、練和開始 1および 24時間後における音速についても測定を行った。また、供試材料のフィラー像について、通法に従って SEM 観察用試片を製作後、フィールドエミッション SEM (ERA-8800FE, エリオニクス) を用いて加速電圧 10 kV の条件で観察を行った。

その結果、本実験で供試した暫間修復用レジンの無機質フィラー含有量と熱膨張係数は、製品によってその値は異なり、両者に関連性は認められなかった。この理由としては、本実験で使用した暫間修復用レジンの無機質フィラー含有量は、24.4~39.3 wt%と比較的少ないところから、熱膨張係数がレジモノマーの種類に依存したこと、および添加剤の有無が影響を及ぼしている可能性が考えられ

た。曲げ試験の結果から、DCPRは光線照射の有無に関わらずPMMA系レジンは有意に高い曲げ強さ、弾性率およびレジリエンスを示した。この結果には、供試した暫間修復用レジンの組成および練和法の違いが影響しているものと考えられた。すなわち、DCPRは、多官能性モノマーを採用することでモノマー間の架橋結合の強化をはかるとともに無機質フィラーを添加することによって機械的強度を向上させている。これに対して、PMMA系レジンは低分子量の単官能性の線状分子から構成されており、強度あるいは剛性は比較的低下する。さらに、本実験で使用したDCPRは、ペーストタイプのカートリッジ・ディスペンサー式を採用していることから、気泡が混入することなく均一な練和が可能であることも、PMMA系レジンと比較して高い機械的強度を示したことに貢献したと考えられた。

一般に、レジン系材料はフィラー含有量が増加するのに伴ってその弾性率は高くなる。しかし、本実験の結果からはTSのフィラー含有量は他のDCPRと比較して低いにもかかわらず高い弾性率を示した。これは、熱膨張係数の測定結果と同様に添加剤の有無が影響しているものと考えられた。添加剤のうちで可塑剤は、材料の柔軟性を増大させるとともに脆性を生じにくくするために添加される。したがって、添加剤を含有しないTSではフィラー含有量が最も低いにもかかわらず、比較的高い弾性率を示したものと考えられた。

光線照射の有無がDCPRの曲げ特性に及ぼす影響を検討したところ、DCPRへの光照射を行わない条件ではこれを行った条件と比較すると、いずれの製品においても有意に低い曲げ強さを示し、その低下率は7.4～10.7%と比較的小さかった。さらに、レジリエンスは光線照射の影響を受けなかったところから、本実験に用いたDCPRは化学重合性が比較的高いことが示唆された。

超音波測定の結果から、音速変化は使用した製品あるいは光線照射の有無によって異なるものであった。とくに、DCPRにおける照射を行った条件では、照射開始から急激な音速上昇が認められ、60秒後には有意差が認められた。一方、照射を行わない条件では、音速上昇の傾向に違いが認められ、LXおよびUFは他のレジンと比較して音速上昇の遅延が顕著であった。また、TSの照射条件およびUFにおいては、測定開始1時間と24時間の間に有意差は認められなかったものの、他の製品においてはいずれも測定開始24時間で、他の測定時間と比較して有意に高い音速を示した。このことから、光線照射の有無とともに各製品の構成成分の違いなどが経時的な音速変化に影響を及ぼしたことが示された。

本実験の結果から、供試したDCPRは光線照射の有無によって、曲げ強さならびに硬化挙動が影響を受けることが示された。したがって、光線を透過しない印象材を用いたインデックスによって暫間修復物を製作する際には、硬化したDCPRを口腔内から取り出した後に、十分な光照射を行う必要性が示唆された。