

論文の内容の要旨

氏名：岡村浩太

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Effect of light irradiation distance during intermediate polymerization on depth of cure and hardness of indirect composite

（中間重合時の光照射距離が間接修復用コンポジットレジンの硬化深さと硬さに及ぼす影響）

近年、間接修復用コンポジットレジンは、レジン前装冠やインプラント上部構造をはじめとする審美的な歯冠修復材料として臨床での応用頻度が増加している。その中には、メタルフリーの単独冠やブリッジのフレーム材料として使用されているものもあり、物性に関しては、フィラー含有率やマトリクス転化率を改善させることで、吸水性や溶解性の減少、耐摩耗性の向上が報告されている。また、光重合型コンポジットレジンの物性を良好にするためには、適切な条件下での光照射を行うことが重要である。

口腔内で照射器を近接させて重合させる直接修復用コンポジットレジンには、光源として石英-タングステン-ハロゲンランプや発光ダイオードなどを備えた照射器を用いる。一方、間接修復用コンポジットレジンでは、その技工製作の過程において、様々な色調のレジンの築盛および光照射を繰り返し行うため、技工用中間光重合器を使用して予備重合を行った後、高強度の光を照射する技工用光重合器を用いて最終重合を行い、物性を向上させている。これまで、キセノンフラッシュランプ、蛍光ランプ、ハロゲンランプおよびメタルハライドランプなどを光源とするボックスタイプの重合器を用いて、最終重合における照射時間や光強度の違いが間接修復用コンポジットレジンの物性に及ぼす影響について報告されている。しかし、中間重合時における光照射条件の違いが、コンポジット重合体の物性に及ぼす影響については不明な点が多い。

そこで、本研究では、中間重合時の光照射を行うにあたり、光の強さは光源からの距離の二乗に反比例するという性質に着目し、光照射方向が一方向である単灯式スタンド型の重合器を使用し、中間重合時の照射距離の違いが間接修復用コンポジットレジンの物性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

光照射距離の条件に対し、間接修復用コンポジットレジンの物性として硬化深さおよびヌープ硬さの検討を行うとともに、光照射時の試料表面における分光放射照度および温度変化を計測し、コンポジットレジンの硬化深さおよびヌープ硬さに及ぼす影響を併せて検討した。

本研究で使用したコンポジットレジンは、補綴装置の前装材料やメタルフリー修復用材料としても使用される間接修復用コンポジットレジン（Signum Ceramis）を選択した。本材料は、マイクロガラスと呼ばれる55%のバリウム-アルミニウム-シリケートを組成とするフィラーと15%の有機質複合フィラー、30%の機能性モノマーで構成されている。コンポジットレジンの重合には、単灯式である中間光重合器を使用し、光源として150 Wのハロゲンランプを用いた。ハロゲンランプは、光照射した際、充填されたコンポジットレジン試料に光が垂直に届くように設置した。

光照射時におけるコンポジットレジン試料表面の単位面積に放射される光エネルギーを算出するため、分光放射照度計を使用し、分光放射照度の測定を行った。実験条件は、管球から試料面の距離を10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mmの計4条件と規定した。各条件において、測定時間は60秒間とし、200 - 800 nmの波長間の分光放射照度を測定した。各条件により得られた分光放射照度の積分値を光エネルギーとして比較検討した。

硬化深さの試料作製方法は、内径4 mm、高さ8 mmの円筒状のステンレス製割型中に分離材を一層塗布した後、コンポジットレジンを充填し、コンポジットレジンの光照射面を平坦にするために、レジン試圧用シートを介在させてカバーガラスで圧接した。管球から試料表面までの距離を10 mm, 20 mm, 30 mmおよび40 mmの4条件に規定し、各6試料作製した。照射条件は、60秒間空照射後、照射範囲の温度を一定にさせるために8分間のインターバルをおいた。その後、コンポジットレジン試料を設置して60秒間光照射を行った。硬化深さはISO 4049に従い、光照射後の試料の未重合層を除去した後、硬化した円筒形のコンポジットレジンの長さを測定した。測定にはデジタルマイクロメーターを使用し、各試料に対してそれぞれ5回計測した。

ヌーブ硬さの試料作製方法は、スライドガラスの上にフィルターペーパーを敷き、その上に内径 10 mm、厚さ 2 mm のテフロン製の型枠を設置した。枠内には分離材を一層塗布した。コンポジットレジンを充填した後、レジン試圧用シートを介在させ、硬化深さの実験方法と同様にカバーガラスで圧接した。光照射後、重合させた試料を精密切断器にて中央部付近を縦半分に分断し、光照射面と切断面を 2000 番の耐水研磨紙で研削後、フェルト上でダイヤモンドペーストを粒径 3 μm 、1 μm 、0.25 μm の順に使用して注水研磨した。光照射面は、未重合層を除去する目的で 200 μm 研磨した。ヌーブ硬さの測定には微小硬度計を使用し、ヌーブ針圧接時の条件を荷重 490.3 mN (HK0.05)、荷重保持時間 30 秒間とした。硬さの測定は、光照射面で 1 点、切断面では中心部の照射面から深さ 1.4 mm まで 0.2 mm 間隔で 7 点について行った。光照射面の硬さの比較には、各条件につき 6 試料用いた。

また、温度変化がコンポジットレジンの重合に及ぼす影響を検討するため、試料の光照射面における温度変化を測定した。照射距離は 10 mm、20 mm、30 mm、40 mm の 4 条件に規定し、温度レコーダーのセンサーにハロゲンランプから照射された光が垂直に届くように設置した。各距離について 60 秒間の光照射を行い、測定は各試料につき 8 回とした。

分光放射照度は、すべての条件において、515 nm 付近にピークを持つゆるやかな曲線を示し、照射距離 20 mm で最も高い値を示した。また、各条件において 580 nm 付近にも小さなピークを示したため、光増感剤であるカンファーキノンの吸収率が最も高いとされる 470 nm の波長を含む 400 - 600 nm の波長間に注目し、分光放射照度を積分して光エネルギーを算出した。その結果、400 - 600 nm 波長間における光エネルギーは、照射距離 20 mm で 41.3 mW/cm² と最も高い値を示した。

硬化深さは、照射距離 20 mm で平均値 4.2 mm と有意に大きい値を示した。照射距離 10 mm および 30 mm では、照射距離は異なるが、硬化深さは 4.0 mm と同等の値を示した。また、照射距離 40 mm では平均値 3.6 mm と最も小さい値を示した。

コンポジット試料体照射面のヌーブ硬さは、照射距離 10 mm、20 mm、30 mm、40 mm においてそれぞれ平均値 46.0、53.1、46.4 および 41.3 となり、硬化深さの結果と同様に照射距離 20 mm において有意に大きい値を示した。また各条件で、ほぼ同様に、照射面から試料内部に向かって硬さが緩やかに減少した。

光照射時の試料表面の温度変化は、照射距離 10 mm、20 mm、30 mm、40 mm においてそれぞれ平均値 51.6°C、49.2°C、41.1°C および 38.6°C となり、それぞれの照射距離条件で有意差が認められた。

中間重合時における照射距離の違いが、間接修復用コンポジットレジンの物性に及ぼす影響を評価した結果、本研究の範囲内において以下の知見を得た。

1. 分光放射照度の分布は、すべての照射距離条件において 515 nm 付近にピークを持つ曲線を示し、400-600 nm 波長間における光エネルギーは、照射距離 20 mm で 41.3 mW/cm² と最も高い値を示した。
2. コンポジットレジンの硬化深さは、照射距離 20 mm で 4.2 mm と最も大きい値を示し、10 mm および 30 mm では同程度であった。
3. コンポジットレジン照射面の硬さは、照射距離 20 mm で 53.1 と最も大きい値を示し、10 mm および 30 mm では同程度であった。
4. コンポジットレジン照射面の温度は、照射距離 10 mm で 51.6°C と最も高くなり、距離が離れるにつれて低くなった。