

光弾性法による支台築造用デュアルキュア型 コンポジットレジンとの重合収縮応力挙動の解析

学位論文内容の要旨

【目的】

優れた接着性と象牙質に近似した弾性率を持つことから、コンポジットレジンとは支台築造の材料として近年注目を集めている。しかし、コンポジットレジンには重合収縮という問題が存在する。重合収縮によって発生する応力は歯質への接着に悪影響を及ぼすと考えられているため、重合収縮応力の発生の低い支台築造方法の確立が必要である。これまでの研究結果から、デュアルキュア型コンポジットレジンを用いた各種直接法支台築造の中で、セルフキュアモードで重合させた場合に重合収縮応力が低くなることが示されている。重合速度が遅いことあるいは重合度が低いことが理由として考えることができるが、それらが重合収縮応力に対してどのような影響を持つかは明らかではない。そこで、本研究では、光弾性試験と微小硬さ試験により、重合収縮応力発生と重合速度および重合度の関連について検討した。

【方法】

下顎大臼歯の4側壁残存した支台築造窩洞を想定した実寸大の3次元光弾性模型を作製した。支台築造用コンポジットレジンに、デュアルキュア型のクリアフィル DC コア（クラレメディカル）を、ボンディング材にクリアフィルフォトボンド（クラレメディカル）を使用した。光照射器は V. I. P. (BISCO) を $600\text{mW}/\text{cm}^2$ の照射強度で使用した。

一塊法で築造し、セルフキュア・モード (SC) およびデュアルキュア・モード (DC) で重合させた場合の重合収縮応力発生の時間的推移を調べ、gel point の特定を行った。重合収縮応力の観察は、光弾性法を用いた。本研究では、等色線フリンジの発生が確認された時点で gel point に達したと判断し、練和開始から gel point までの経過時間を pre-gel 期の長さとした。gel point 以降を post-gel とした。

また、重合方法の違い、1)SC 2)SC+L(練和開始 60 分後に 60 秒間光照射追加) 3) DC の三条件による重合度の差を微小硬さ試験によって評価し、重合収

縮応力との関連を調べた。

さらに、重合収縮応力軽減と重合時間の短縮を目的として、SC における gel point 到着後に光照射を行った場合の効果を検討した。重合度を調べた三条件 (SC, DC, SC+L) に加えて、光照射のタイミングを遅らせて pre-gel 状態の長さを保ちながら post-gel 期の短縮を狙ったデュアルキュア変法の重合収縮応力を評価した。

【結果】

重合収縮応力の発生は、接着界面全体で同時に始まらなかった。SC では練和開始 10 分後に窩底部で、DC では光照射開始 15 秒後に窩底部と咬合面側から別々に重合収縮応力の発生が確認された。重合の進行に伴い、重合収縮応力は強度を増しながら拡大していき、SC では練和開始 25 分後、DC では光照射開始 20 秒後に接着界面全面に及んだ。

微小硬さ試験の結果から、SC では DC に比べ有意に重合度が低いことが示された。しかし、SC の試料に練和開始後 60 分の時点で光照射を追加した SC+L では微小硬さは DC と同等まで向上した。しかし、追加の光照射によって重合収縮応力には有意な変化は起きなかった。

SC で重合を開始させ 10 分後に光照射を行った場合には、部分的な重合収縮応力の軽減にとどまった。25 分後に光照射を行った場合には、接着界面全面で重合収縮応力の大きさが SC とほぼ同等となった。60 分後に光照射を行っても、それ以上の重合収縮応力の軽減は得られなかった。

【考察と結論】

三次元的な形態を持つ窩洞では、重合収縮応力が発生するタイミングは部位によって異なることが本研究の結果から示された。したがって、gel point への到達は重合度だけではなく窩洞形態・部位にもよっても影響されることが示唆された。重合度が同じでも被接着体の局所形態等の要因によって、フローに制限が加わる部位から応力の発生に転じると推測される。また、pre-gel から post-gel へは gel point という言葉が示すような瞬間的な移行ではなく、時間的な幅を持って起きることが示された。

微小硬さ試験の結果から、SC では DC に比べて未重合分が多いこと、光照射の追加によって SC の重合度が DC と同等まで向上することが明らかになった。一方、光弾性試験の結果から DC と SC の重合収縮応力の差に与える影響は小さいことが示唆された。したがって、重合のスピードが DC に比べ遅いことが、SC で重合収縮応力が軽減される主たる理由であると考えられた。

デュアルキュア型コンポジットレジンをを用いる場合、SC で重合を開始させた後に光照射を行うデュアルキュア変法を行うことにより、DC と同等の重合度と SC に匹敵する重合収縮応力軽減が得られることが示された。しかし、DC に対して最大の重合収縮応力効果を得るためには、接着界面全面で応力が発生するまで光照射のタイミングを遅らせる必要があることが示された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 畑 昇

副 査 教 授 亘 理 文 夫

副 査 教 授 佐 野 英 彦

学 位 論 文 題 名

光弾性法による支台築造用デュアルキュア型 コンポジットレジンの重合収縮応力挙動の解析

審査は亘理、佐野および大畑審査委員全員が出席のもとに、まずは論文提出者に対して提出論文の内容の要旨を説明させ、提出論文の内容に関する審査委員の口頭試問を行った。以下に、提出論文の要旨と審査の内容を述べる。

1. 提出論文の要旨

コンポジットレジンとは支台築造材として脚光を浴びているが、重合収縮応力という問題がある。本研究では重合収縮応力の発生が低い支台築造方法の確立を目的として、光弾性試験と微小硬さ試験により、重合収縮応力発生と重合速度および重合度の関連について検討した。

下顎大白歯の4側壁残存した支台築造窩洞を想定した実寸大の光弾性模型を用いた。築造材料としてはデュアルキュア型コンポジットレジンを用いた。セルフキュア・モード(SC)およびデュアルキュア・モード(DC)の重合収縮応力発生の時間的推移を調べ、三次元窩洞におけるgel pointの特定を行った。また、重合方法の違いによる重合度の差を微小硬さ試験によって評価し、重合収縮応力との関連を調べた。さらに、重合収縮応力軽減と重合時間の短縮を目的として、SCにおけるgel point到達後に光照射を行った場合の効果を検討した。

重合収縮応力の発生は、SCでは練和開始10分後に窩底部で、DCでは光照射開始15秒後に窩底部とマージン周囲で確認された。重合の進行に伴い、重合収縮応力は強度を増しながら拡大していき、SCでは練和開始25分後、DCでは光照射開始20秒後に接着界面全面に及んだ。三次元窩洞におけるpre-gelからpost-gelへは二次元モデルにおけるgel pointという言葉が示すような瞬間的な移行ではなく、時間的な幅を持って起きることが明らかとなった。微小硬さ試験の結果から、SC[1h後]ではDC[1h後]に比べ重合度が低いことが示されたが、SC[1h後]の試料に光照射を行うと微小硬さはDC[1h後]と同等まで向上した。しかし、追加の光照射によって重合収縮応力には有意な変化は起きなかった。SC[1h後]における未重合部分が重

合収縮応力に与える影響は小さいことが示唆された。SC で重合を開始させ、接着界面全面で post-gel 状態を迎えるまで光照射を遅らせたところ、重合度は向上し、かつ、SC に近似した重合収縮応力軽減効果が得られた。

2. 審査委員からの質問

- (1) 光弾性模型の観察方向について
- (2) 実験 1 での光照射時間のパターンを二通り設定した理由について
- (3) 微小硬さ試験での試料の計測部位について
- (4) 被接着体（光弾性樹脂）の剛性が重合収縮応力に与える影響について
- (5) 間接法での応力の発生について
- (6) 重合収縮応力の違いは重合のスピードに起因していると判断した理由について
- (7) 重合収縮応力の三次元モデルと Gelation Period の臨床的意義について

以上のような質問について、論文提出者はそれぞれに解答し、考察・展望について明確に言及した。

論文提出者は、コンポジットレジンの重合収縮応力挙動の解析に関する報告が少ない中で、特に重合モードの違いによる重合収縮応力に対しての影響について検討した。本研究のような基礎的見解を今後の臨床へ応用する展望についても深く考察しており、将来性の点においても評価できる。よって、学位申請者は博士（歯学）の学位授与にふさわしいと認めた。