

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23792164

研究課題名(和文) マイクロCTによる光重合型コンポジットレジンの重合収縮挙動の観察

研究課題名(英文) Evaluation of resin composite polymerization by micro-CT imaging.

研究代表者

趙 永哲 (Cho, Eitetsu)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：50431929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、光照射型コンポジットレジンの重合収縮を3次的に解析し、理論的に説明することができなかつた光重合型コンポジットレジンの重合収縮を視覚的に理解し、解析できるようにすることである。コンポジットレジン製モールド内に充填した、実験用コンポジットレジン内の特殊フィラーを、マイクロCTから得られた光照射前と光照射後の3次元画像より抽出する。次にこの抽出された抽出された特殊フィラーの位置を、本実験用に関与した画像解析専用ソフトウェアを用い、3次元座標上に正確に記録する。光照射前と後における各々の特殊フィラーの移動距離を解析することにより、重合収縮挙動を視覚的に理解し解析することに成功した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to evaluate regional shrinkage within a light-cured composite during polymerization by microcomputed tomography. Zirconium oxide spherical fillers (30 μ diameter) were added as markers to a composite resin, filled into a box-shaped class I cavity. The marker fillers were traced in 3D scans obtained by micro-CT before and after polymerization using a software (TRI/3D-BON). The filler particles at the top region moved toward the bottom of cavity, but at deeper depths, the direction of vertical movement changed toward the top of cavity (irradiated surface). The magnitude and direction of regional polymerization shrinkage depends on boundary conditions. Polymerization shrinkage effect is most significant at the deepest part of the cavity. The application of micro-CT combined with sophisticated image analysis is a novel approach to investigate shrinkage mechanisms of dental composites.

研究分野：保存修復学

キーワード：光重合型コンポジットレジン 重合収縮 マイクロCT

1. 研究開始当初の背景

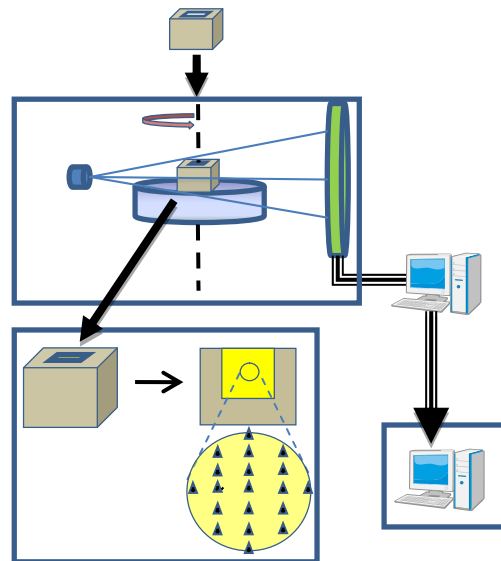
光重合型コンポジットレジンは近年歯科臨床において様々な目的で広く応用されるようになってきた。しかしながらコンポジットレジンの重合時に発生する重合収縮は避けることができない事象である。重合収縮が発生すると、歯質と修復物との間の接着界面に剥離が生じ、それに伴いマイクロリーケージを引き起こす。これらの現象は術後疼痛、細菌侵入による二次う蝕やそれに伴う歯髄炎の原因となることが考えられる。従来から化学重合型レジンは重合時、窩洞の中心方向に向かって収縮し、光重合型コンポジットレジンの場合は光の照射方向に収縮すると考えられてきた。しかしながらこの現象を直接観察することはできなかった。

2. 研究の目的

光重合型コンポジットレジンの重合収縮を直接観察、解析することができれば、重合収縮に伴う様々な副作用を解決できると考えた。現在までコンポジットレジンの重合収縮の研究は有限要素法やレーザースペクトル法により研究されているが、重合収縮に伴うコンポジットレジンの挙動そのものを直接観察できる手法は未だ確率されていない。そこで物質の内部を詳細に観察することができるマイクロCTを使用して、光重合型コンポジットレジンの重合収縮挙動を観察する方法を考案し、実験を行うに至った。

3. 研究の方法

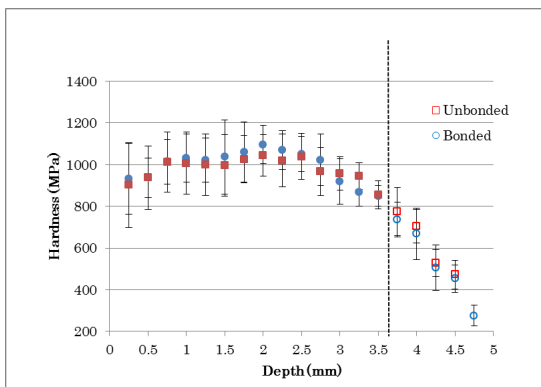
(1) 本研究ではX線造影性の無いコンポジットレジンで作られた疑似一級窩洞に、実験用に試作したコンポジットレジンを充填し、光照射前と光照射後の試作コンポジットレジンをマイクロCTにより撮影し、収縮挙動の解析を行った。



疑似一級窩洞はX線造影性のないコンポジットレジン、SOLARE (A3:GC) で製作したモールド内に設定し、疑似一級窩洞へ実験用試作コンポジットレジン (A3・ジルコニア製マーカーフィラー[30 μ m]含む: トクヤマデンタル) をメガボンド・ポーセレンアクチベーター (クラレメディカル) またはCRセップ (クラレメディカル) で処理した疑似一級窩洞内に充填した。光照射前の試料をマイクロCT (inspeXio SMX-100CT: 島津社製) で撮影、光照射器 (D-LUX2000: DENTRADE) で重合させた後、再び試料をマイクロCTにて撮影した。得られた3D画像よりマーカーとなるフィラーを専用ソフト (TRI/3D-BON: ラトックシステムエンジニアリング) にて抽出 (画像の二値化) し、窩洞内の全てのマーカーフィラーの重合前、重合後の座標を正確に測定した。窩洞をZ軸に対し垂直に200の領域に分割し、各領域に含まれるマーカーフィラーのZ軸方向の平均移動量を算出し、マーカーフィラーの平均移動量と窩洞深さで回帰分析を行った。その後試料を半切し、微小硬さ試験機にて深さによる実験用試作コンポジットレジンの微小硬さを測定した。本研究では重合収縮挙動が窩壁の条件によってどのように変化するかを接着窩洞又は非接着窩洞において重合収縮挙動の違いを観察した。

(2) 5 mm の深さの窩洞では窩底部付近での重合不足や界面の剥離 (Gap formation) が認められた為、改めて疑似一級窩洞の深さを 4 mm の円柱状に設定、実験方法を (1) に準じて光重合型コンポジットレジンの粘性による重合収縮挙動の変化をユニバーサルタイプとフロータイプの実験用試作コンポジットレジンを製作し、その重合収縮挙動を観察した。

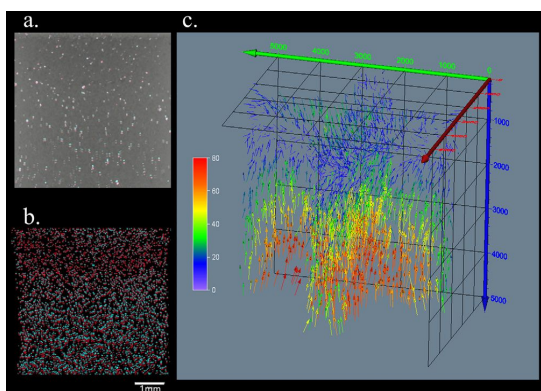
4. 研究成果



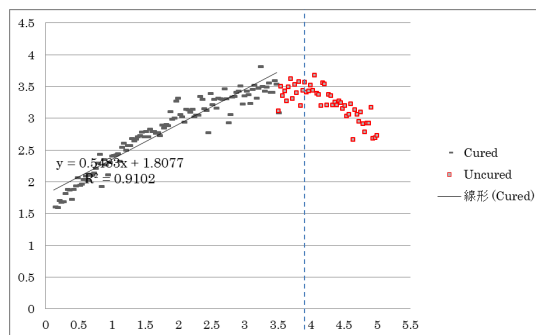
ナノインデンテーションによる微小硬さ試験の結果、深さ 3.5 mm 以下では表層より重合度が低い為硬化していない。

(1) 接着窩洞又は非接着窩洞による重合収縮挙動の変化

非接着窩洞

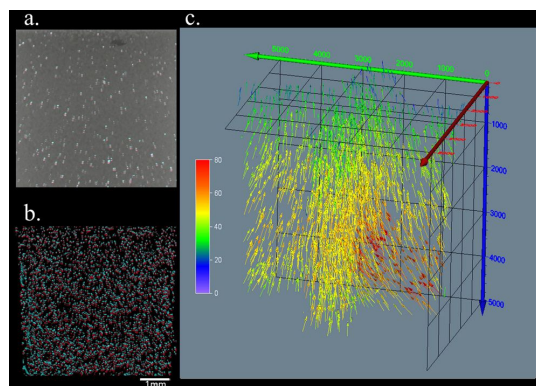


a. 非接着窩洞における二値化画像、b. 重合前と重合後のマーカーフィラーの位置、c. マーカーフィラー 3次元ベクトル画像。

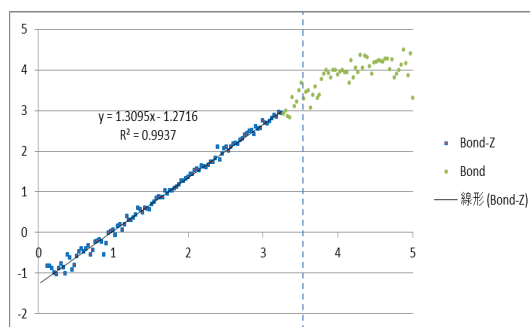


非接着窩洞の深さにおけるマーカーフィラーの Z 軸方向の移動距離と重合度の関係。全てのフィラーの動きは光照射方向に動いていたが、規則性は認められなかった。重合していない窩底に近い部分では窩洞上面に比べマーカーフィラーが移動していない。

接着窩洞



a. 接着窩洞における二値化画像、b. 重合前と重合後のマーカーフィラーの位置、c. マーカーフィラー 3次元ベクトル画像。

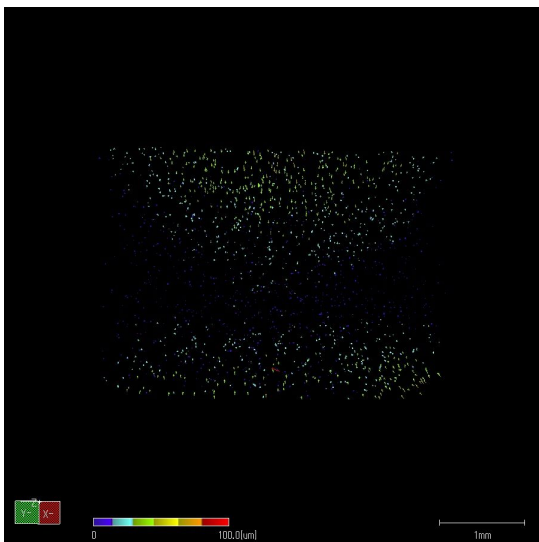


コンポジットレジンの光照射面から 1 mm 下に向かってフィラーが移動していた。マーカーフィラーの Z 軸方向の移動量を深さの関係は、非常に高い相関があることが判明したが、重合していない窩底付近のマーカーフィラーの挙動には規則性が認められなかった。モールドと実験用コンポジットレジンの間には

剥離 (Gap Formation) が認められた。

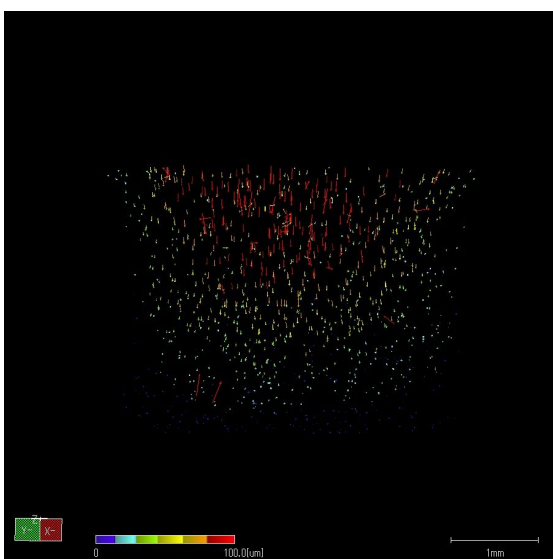
(2) 光重合型コンポジットレジンの粘性による重合収縮挙動の変化

ユニバーサルタイプ



ユニバーサルタイプの光重合型コンポジットレジンの画像においてマーカーフィラー挙動から、重合収縮は概ね窩洞の中央部付近に収束していることが全ての試料から得られた画像より確認できた。マーカーフィラーのZ軸の移動量の解析の結果、窩洞の深さと移動量の間には相関、規則性は認められなかった。

フロータイプ



フロータイプの光重合型コンポジットレジ

ンの画像において概ね窩壁または窩底へマーカーフィラー移動していることが全ての試料から得られた画像より確認できた。マーカーフィラーのZ軸の移動量の解析の結果、窩洞の深さと移動量の間には相関、規則性は認められなかったが、マーカーフィラーの移動が窩壁または窩底へ向かっていることからフロータイプの光重合型コンポジットレジンは窩壁適合性がユニバーサルタイプより優れていることが示唆される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Cho E, Sadr A, Inai N, Tagami J.

Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation.

Dental Materials. 査読有. 2011

Nov;27(11):1070-8.

doi: 10.1016/j.dental.2011.07.008. Epub

2011 Aug 5.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

趙 永哲 (CHO, Eitetsu)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：50431929