

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24792019

研究課題名(和文) OCTを用いたコンポジットレジンの3次元及びリアルタイムの評価

研究課題名(英文) 3D and real-time evaluation of composite resins using OCT

研究代表者

サダル アリレザ (Sadr, Alireza)

東京医科歯科大学・国際交流センター・非常勤講師

研究者番号：20567755

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)：光干渉断層計(Optical Coherence Tomography, OCT)は、生体の断層画像を非侵襲的に得ることができ、歯科臨床における導入が期待される。本研究ではOCTから得られたコンポジットレジン修復物の画像を用いることにより、修復物の総体的な適合性の評価を、効率的に行うことができることが報告された。このようなギャップは光照射を行った直後の重合収縮によって生じることがものと推察された。さらに間接法による接着修復物の窩洞の適合性を、SS-OCTを用いて調査した。なおこの研究費で、OCT画像でギャップ処理を行うソフトを開発した。

研究成果の概要(英文)：Optical coherence tomography (OCT) can obtain tomographic images of biological structures non-invasively, and is expected to be introduced as a clinical tool to dentistry. Using the OCT images of composite resin restorations obtained in this study, we reported that OCT can be used to evaluate the adaptation of these restorations efficiently. The loss of adaptation "gaps" may be caused by the polymerization shrinkage immediately after polymerization of the composite. In addition to direct fillings, the adaptation of indirect restorations can be investigated using SS-OCT. In this project, we developed a software that could process OCT images and detect gaps or defects.

研究分野：保存治療系歯学

キーワード：光コヒーレンストモグラフィー OCT コンポジットレジン 重合収縮

### 1. 研究開始当初の背景

従来の歯牙硬組織の画像診断には、デンタルX線が用いられてきたが、撮影に際してX線の被曝を避けることができない。生体に無害な近赤外光を用いた光干渉断層画像診断法、光コヒーレンストモグラフィー(OCT)は歯科医療に革新的な変革をもたらす可能性を秘めた新技術である。OCTは医科領域、特に眼科領域では眼底(網膜)の診断装置として画期的な方法として評価されている。OCTは測定開始から直ちに深部の画像や3D画像を得ることができ被曝も無いことから、歯牙硬組織および修復物の革命的な画像診断装置として期待されているが、歯科領域において使用するにはSS-OCTの基礎的な特性を理解し、歯牙硬組織および修復物の診断に適した装置に改良していく必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究は、OCTの信号強度(dB絶対値)とコンポジットレジン修復物の総合的な適合性の相関評価し、OCT画像における輝度変換部分に画像処理を行い、ギャップの検知を試す。またコンポジットレジン修復のギャップ形成をリアルタイムに動画記録すること、ならびに接着システムの違いによるギャップ形成量を比較検討することを目的として行った。

### 3. 研究の方法

( )牛歯唇側面に直径4mm、深さ2mmの皿状窩洞を形成し、2ステップセルフエッチング接着剤または1ステップ接着剤を用いて充填した。まず、歯面処理からコンポジットレジンの光重合まで、SS-OCT(歯科用OCTプロト2, パナソニックヘルスケア; IVS-2000, Santec)にてリアルタイムに断層動画撮影し、窩底部のギャップ形成を観察した。次に、充填後1週間水中保管した試料を再度SS-OCTにて断層画像撮影し、ImageJソフトにてギャップ形成量を測定した。画像の撮影は、窩洞の中心を含む断層面を基準面とし、時計回りに30度、60度、90度、120度、150度回転した断層面にて行った。

( )さらに間接法による接着修復物の窩洞の適合性を、SS-OCTを用いて調査した。間接修復で露出した象牙質を保護するために、接着材で象牙質表面をコーティング方法があって、本実験でレジコーティングの有無が適合性に及ぼす影響を比較した。

( )この研究費で、OCT画像でギャップ処理を行うソフトを開発した。

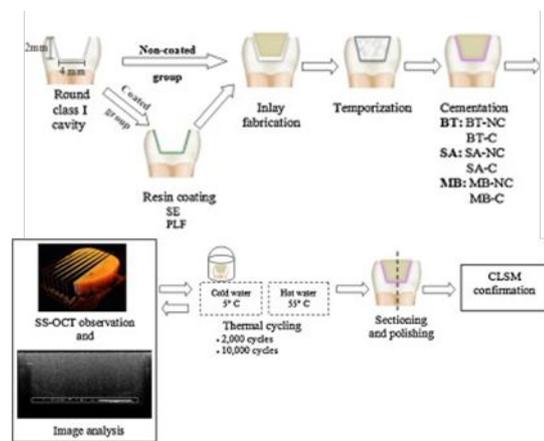


Fig.1 レジンコーティング研究( )方法

### 4. 研究成果

OCTから得られたコンポジットレジン修復物の画像を用いることにより、修復物の総合的な適合性の評価を、効率的に行われることが報告された。このようなギャップは光照射を行った直後の重合収縮によって生じることがものと推察された。

さらに、OCTにより、リアルタイムで複合系(硬組織-接着剤-コンポジットレジン)における変化、重合収縮方向性に起因する界面部位の変位、硬組織の変形、あるいはギャップの発生の視覚化が可能となった。

( )2ステップ接着材では接着界面にギャップはみられず、充填方法による違いもみられなかった。しかしながら、1ステップ接着材では充填法によってギャップの生成に違いがみられ、積層充填を行うことによって良好な窩壁適合性が得られた。2ステップ接着材を用いた試料では、光重合までのリアルタイム観察においてギャップの形成はみられなかった。1週間後ではギャップの形成がエナメル質、象牙質ともにみられたが、2ステップ接着材は他の歯面処理材と比較して、有意にギャップ形成量が少なかった。1ステップ接着材では充填操作でのリアルタイム観察においてギャップの形成がみられ、光照射開始数秒後から窩洞隅角部より出現し、窩底に沿って進行する傾向がみられた。また、1週間後では多くの窩洞でギャップの形成がみられた。

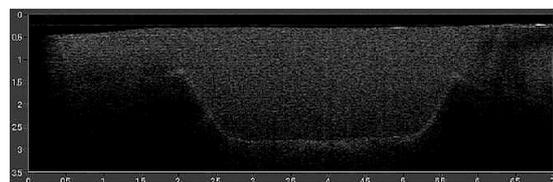


Fig.2 光照射開始直後.

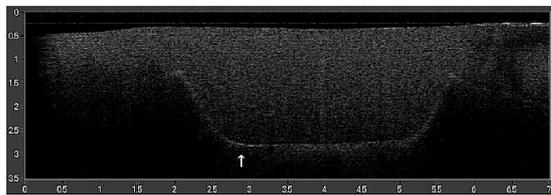


Fig.3 光照射開始後 8 秒経過 . 窩洞隅角部にギャップの形成を認める .

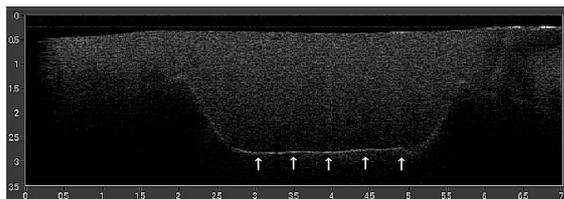


Fig.4 光照射終了時 . 隅角部に発生したギャップは窩底に沿って広がっている .

( ) レジンコーティングを窩洞に施すことにより、修復物の適合性が向上することが判明した。特に熱応力試験においてはレジンコーティングの長所が明らかになった。

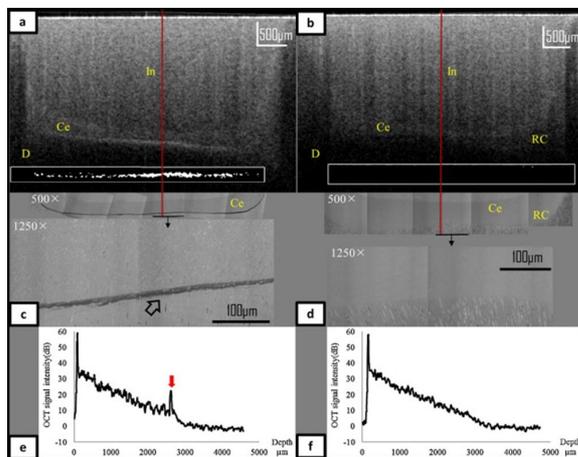


Fig.5 間接修復 a) レジンコーティング無 : OCT 像でギャップをみられた . b) レジンコーティング有 : OCT 像でギャップをみられなかった . c) CLSM レーザー顕微鏡像でギャップを確認した . d) レジンコーティング有の CLSM レーザー顕微鏡像でギャップをみられなかった . e) ギャップ有界面の OCT 信号 : ピーク見られた . f) ) ギャップ無界面の OCT 信号 : ピーク見られなかった .

( ) ImageJ ソフトをプラットフォームとして OCT 像自動ギャップ分析ソフトをオブジェクト指向プログラミング言語 Java で開発できました。このソフトでは A-scan の OCT 信号を分析したピークを検出し、修復界面のギャップパーセントを計算できる。このソフトのギャップ検出アルゴリズムは、レーザー顕微鏡調査結果に従って検証されました。

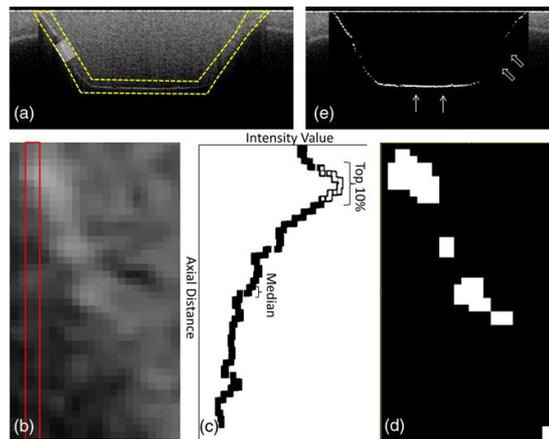


Fig.6 ギャップ分析ソフト a) ImageJ で界面を選択する . b) それぞれの A-scan の分析 c) ピーク検出 . d) バイナリイメージ結果 .

#### < 引用文献 >

Turkistani A, Sadr A, Shimada Y, Nikaido T, Sumi Y, Tagami J. Sealing performance of resin cements before and after thermal cycling: evaluation by optical coherence Tomography. Dent Mater (査読有)2014;30: 993-1004.

DOI: 10.1016/j.dental.2014.05.010

Bista B, Sadr A, Nazari A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Nondestructive assessment of current one-step self-etch dental adhesives using optical coherence tomography. J Biomed Opt (査読有) 2013;18:76020.

DOI: 10.1117/1.JBO.18.7.076020

#### 5 . 主な発表論文等

( 研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線 )

[ 雑誌論文 ] ( 計 12 件 )

Alsayed EZ, Hariri I, Sadr A, Nakashima S, Bakhsh TA, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Optical coherence tomography for evaluation of enamel and protective coatings. Dent Mater J (査読有) 2015;34:98-107.

DOI: 10.4012/dmj.2014-215.

Turkistani A, Sadr A, Shimada Y, Nikaido T, Sumi Y, Tagami J. Sealing performance of resin cements before and after thermal cycling: evaluation by optical coherence Tomography. Dent Mater (査読有)2014;30: 993-1004.

DOI: 10.1016/j.dental.2014.05.010

Bista B, Sadr A, Nazari A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Nondestructive assessment of current one-step self-etch dental adhesives using optical coherence tomography. J Biomed Opt (査読有) 2013;18:76020.

DOI: 10.1117/1.JBO.18.7.076020

Hariri I, Sadr A, Nakashima S, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Estimation of the enamel and dentin mineral content from the refractive index. Caries Res (査読有) 2013;47:18-26. DOI: 10.1159/000342416

Nazari A, Sadr A, Saghiri MA, Campillo-Funollet M, Hamba H, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Non-destructive characterization of voids in six flowable composites using swept-source optical coherence tomography. Dent Mater (査読有) 2013;29:278-86.

DOI: 10.1016/j.dental.2012.11.004

Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Mandurah MM, Hariri I, Alsayed EZ, Tagami J, Sumi Y. Concurrent evaluation of composite internal adaptation and bond strength in a class-I cavity. J Dent (査読有) 2013;41:60-70.

DOI: 10.1016/j.jdent.2012.10.003

Mandurah MM, Sadr A, Shimada Y, Kitasako Y, Nakashima S, Bakhsh TA, Tagami J, Sumi Y. Monitoring remineralization of enamel subsurface lesions by optical coherence tomography. J Biomed Opt (査読有) 2013;18:046006.

DOI: 10.1117/1.JBO.18.4.046006.

Nazari A, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. 3D assessment of void and gap formation in flowable resin composites using optical coherence tomography. J Adhes Dent (査読有) 2013;15:237-43.

DOI: 10.3290/j.jad.a28623

〔学会発表〕(計 10 件)

Sadr A. Real-time Imaging of Composites by Optical Coherence Tomography. Lunch and Learning, IADR/AADR General Meeting 2015 (招待講演) 2015年03月13日 Boston, MA, USA.

Sadr A. Adhesives, polymerization shrinkage and sealing: the missing link. The 6th International Congress on Adhesive Dentistry (IAD2015) (招待講演) 2015年02月01日 Bangkok, Thailand.

Sadr A. OCT: A Unique Technique for Evaluation of Composite Restorations. Distinguished Scientist Lecture Series (招待講演) 2014年3月25日 University of Florida, Gainesville, FL, USA.

Sadr A, Shimada Y, Bista B, Makishi P, Sumi Y, Tagami J. Academy of Dental Materials meeting, 2013年10月11日 Vancouver, BC, Canada.

Sadr A, Shimada Y, Bista B, Bakhsh TA, Sumi Y, Tagami J. Non-destructive Non-staining 3D Analysis of Marginal and Internal Microgaps. The 5th International Congress on Adhesive Dentistry (IAD2013)

2013年06月15日 Philadelphia, PA, USA.

Sadr A. Non-ionizing In-depth Dental Imaging by Optical Coherence Tomography: A Benchtop to Chairside Development Story. International Summer Program ISP2013 (招待講演) 2013年09月27日 東京医科歯科大学.

Sadr A. Time-resolved and Quantitative Analysis of Dental Structures by Optical Coherence Tomography. The 1st International Symposium on Optical Coherence Tomography in Dentistry (招待講演) 2013年06月20日 東京医科歯科大学.

〔その他〕

ホームページ

<http://www.tmd.ac.jp/grad/ope/>

OCT シンポジウム

<http://www.tmdu.net/oct/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

サダル アリレザ (SADR Alireza)

東京医科歯科大学・国際交流センター・非常勤講師

研究者番号: 20567755

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

島田 康史 (SHIMADA Yasushi)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・助教

研究者番号: 60282761