

歯科用 OCT を使用した硬質レジン前装冠の口腔内での非破壊検査

前田千晶^{1,2} 窪木拓男² 高橋英和³
田上順次⁴ 角保徳⁵

Non-destructive inspection methods for resin-facing crowns using swept-source optical coherence tomography in the oral cavity

Chiaki MAEDA^{1,2}, Takuo KUBOKI², Hidekazu TAKAHASHI³,
Junji TAGAMI⁴ and Yasunori SUMI⁵**Keywords** : Optical coherence tomography (OCT), Non-destructive testing, Dental synthetic resin for crown and bridge, Internal porosity, Dental biomaterial

Prostheses need to show long-term functioning and stability, but, with existing test methods, it is difficult to non-destructively assess the internal structure of hard resin facing crowns. In this study, we employed the characteristics of dental optical coherence tomography scanners to evaluate the internal structure of hard resin facing crowns fitted in patients, investigate whether or not there were internal defects, and determine their rate of occurrence. We evaluated the failure of hard resin facing crowns in 37 patients (12 males, 25 females). OCT images of 152 hard resin facing crowns from upper or lower central incisors to first premolars were obtained in order to investigate their internal defects. Internal defects (one or more voids of $\geq 200 \mu\text{m}$) were seen in 66.4% of all teeth in this study. The defects were located between resin layers (41.8%), between resin and metal (35.5%), and in the interior of the same resin (22.7%). A reduction in the internal defect rate is strongly desired for the long-term functioning and stability of prostheses. The utility of OCT as a non-destructive test was shown in this study.

キーワード : 歯科用 OCT 画像診断機器, 非破壊検査, 歯冠用硬質レジン, 内部気泡, 歯科生体材料

補綴物の長期的な機能・安定が求められているが, 既存の検査方法では非破壊的に硬質レジン前装冠の内部構造を評価することは困難である. 本研究では国立長寿医療研究センターにて産官共同開発された歯科用 OCT 画像診断機器 (以下, 歯科用 OCT) を用い, 上下顎中切歯から第一小臼歯のいずれかに装着された硬質レジン前装冠 (男性 12 名, 女性 25 名, 計 37 名, のべ 152 歯) を撮影対象とした. 唇側面より撮影した OCT

原稿受付 2015 年 8 月 14 日, 受理 2015 年 10 月 13 日

¹ 国立長寿医療研究センター先端診療部歯科口腔外科 (〒474-8511 愛知県大府市森岡町 7-430)² 岡山大学大学院歯歯学総合研究科インプラント再生補綴学分野 (〒700-8525 岡山市北区鹿田町 2-5-1)³ 東京医科歯科大学大学院歯歯学総合研究科歯理工学専攻口腔機材開発工学分野 (〒113-8510 東京都文京区湯島 1-5-45)⁴ 東京医科歯科大学大学院歯歯学総合研究科歯制御学分野 (〒113-8510 東京都文京区湯島 1-5-45)⁵ 国立長寿医療研究センター歯科口腔先進医療開発センター (〒474-8511 愛知県大府市森岡町 7-430)¹ Division of Oral and Dental Surgery, Department of Advanced Medicine National Hospital for Geriatric Medicine National Center for Geriatrics and Gerontology (7-430 Morioka-cho, Obu City, Aichi 474-8511)² Department of Oral Rehabilitation and Regenerative Medicine, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences (2-5-1 Shikata-cho, Kita-ku, Okayama 700-8525)³ Department of Oral Biomaterials Development Engineering, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8510)⁴ Department of Cariology and Operative Dentistry, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University (1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8510)⁵ Center of Advanced Medicine for Dental and Oral Diseases, National Center for Geriatrics and Gerontology (7-430 Morioka-cho, Obu City, Aichi 474-8511)

精密断層像から内部構造を評価し、内部欠陥の有無、発生確率を検討した。本研究において内部欠陥（200 μ m以上の空隙を1つ以上認めたもの）は全体の66.4%を占め、欠陥位置はレジン層間（41.8%）、金属/レジン間（35.5%）、同一レジン内部（22.7%）で認められた。補綴物の長期的な機能・安定のためにも内部欠陥率の減少が強く求められ、非破壊検査としての歯科用OCTの有用性が示された。

緒 言

硬質レジン前装冠は審美的改善をになう歯冠補綴処置の1つであり、1992年4月より保険診療に導入されて以来、臨床現場では多くの硬質レジン前装冠装着歯を認めることができる。前歯部補綴物の60.8%がレジン前装冠であるという調査結果¹⁾からも、保険診療で治療可能な硬質レジン前装冠は臨床の現場で多く選択されており、今後も広く使用される補綴物であると考えられる。

硬質レジン耐摩耗性、耐水性などを重視するために高密度に架橋した多官能モノマーと、無機質または有機質複合フィラーを配合したコンポジット材料²⁾であるが、現時点では陶材に匹敵する審美性、耐摩耗性、耐水性、化学的安定性はない。口腔内で長期的に機能させるために、レジンそのものを可及的に劣化させないことはもちろんであるが、製作段階で発生しうるレジン内部のクラック³⁾や内部気泡の存在が危惧されている。実際の臨床経過をみると、前装レジンの剝離や破折、脱落、辺縁からの漏洩による変色など望ましくない経過をたどる場合があり^{3,4)}、長期間使用することによる前装部の変色や光沢消失⁵⁾により審美性を損なうばかりではなく、熱サイクル負荷によって硬質レジン表面にマイクロクラックが起こる^{6,7)}ことから、口腔衛生状態の悪化をも惹起しかねない。口腔の汚染やそれに继发する歯周炎は、口腔感染症のみならず誤嚥性肺炎などの致死的な全身疾患の原因となる可能性があることは多くの論文にて報告されている^{8~10)}。義歯床用レジン内部にはきわめて微細な亀裂や内部気泡が存在し、カンジダやMRSAなどの微生物の温床となることが報告されている⁸⁾。硬質レジン前装冠においても、同様の危険性が十分に考えられる。

硬質レジン前装冠は歯科医師の指示に基づいて歯科技工士により製作され、歯科医師の手によって患者の口腔内に装着される。現在、臨床現場で硬質レジン前装冠の内部構造を精査することは困難であり、非破壊的に簡便に評価できる適切な方法は報告されていない。人工臓器である硬質レジン前装冠は審美性、機能性、耐久性などの長期的な機能と安定の観点から高度な品質管理を行う必要があり、補綴物の内部構造を評価するために非破壊的であり簡便に評価できる適切な方法が求められている。一般産業界において、非破壊検査による製品の品質保証と製品管理を行うことは常識的に広く普及している

ものの、歯科界において非破壊検査はほとんど実施されていない。現状では硬質レジン前装冠の内部構造の評価は、界面を観察できるように切断する破壊検査が一般的な方法であるが、補綴物は商品であり、口腔内では人工臓器でもある硬質レジン前装冠に応用することはできないがゆえに、硬質レジン前装冠の内部構造の評価は行われていない。

生体に無害な近赤外光を用いた最新の技術である光干渉断層診断装置（Optical coherence tomography：以下OCT）は、非侵襲下に従来の医用CTやMRIの数十倍の解像度で精密断層像を得ることができる最先端の医療撮像技術であり^{11~13)}、OCTはすでに眼科領域では臨床応用されており、広く医科領域において研究開発が行われている。

筆者らはこれまでに、コンポジットレジン¹⁴⁾、義歯床用レジン¹⁵⁾、義歯用レジン歯¹⁶⁾、義歯用陶歯¹⁷⁾などを非破壊的に評価可能であることを確認してきた。今回、われわれは歯科用OCTを用いて患者に装着された硬質レジン前装冠の内部構造を評価し、内部欠陥の有無、発生確率を検討した。

材料および方法

1. 実験材料

被験者は、2014年6月から2015年1月までに国立長寿医療研究センター病院先端診療部歯科口腔外科に歯科治療のため訪れた来院患者の中で、硬質レジン前装冠を上下顎中切歯から第一小臼歯のいずれかに装着を認めた方を対象とした。本研究の内容を説明し、主旨を十分に理解し、歯科用OCT撮影に同意を得られた男性12名（年齢62~82歳）、女性25名（年齢52~85歳）、計37名（平均73.16歳）を対象とし、のべ152歯に対して行った。なお、本研究は国立長寿医療研究センター規定の倫理利益相反委員会の承諾（No710）を得たうえで行った。

2. 測定機器

本研究に使用した歯科用OCTは、国立長寿医療研究センターにおいて、産官共同で開発された波長掃引型OCT（IVS-2000, Santec）である。歯科用OCTは、高速波長掃引レーザー光源と干渉計、口腔用プローブ、ADボード、PC、表示用ディスプレイから構成されており、きわめてシンプルな構造である。図1に歯科用OCTシステムの構成、図2に口腔用プローブを示す。本歯科用OCTの光源には、波長1260~1360 nm（掃引