

長寿医療研究開発費 平成23年度 総括研究報告
近赤外光・レーザー等を用いた新たな歯科疾患診断・治療用機器の
開発に関する研究（23-20）

主任研究者 角 保徳 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
歯科口腔先端診療開発部 部長

研究要旨

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画像診断法（Optical Coherence Tomography：以下 OCT）は、非侵襲下に組織の精密断層画像を得ることができる最先端の医療撮像技術として、口腔領域の新たな診断機器となる可能性を有する。OCT は、X線、CT、MRI、超音波検査に次ぐ最先端の医療画像診断技術といわれており、CT、MRI などの既存の医療用画像診断技術の数十倍の解像度を有する。さらに、日本人の発癌の3.2%は医療診断用放射線によるとのランセット誌の報告にもあるように、X線やCT診断では不可避であった“被曝”という問題を解消している点でも、OCT は画期的な撮影技術である。しかし、口腔領域での OCT の臨床研究は世界的に極めて少なく、口腔分野へ応用の道が開ければパノラマX線装置以来の口腔領域の新たな画像診断機器となる可能性を有する有望な非侵襲画像診断技術として OCT が期待されている。

国立長寿医療研究センター歯科口腔先端診療開発部では、OCT の非侵襲性、高空間分解能、客観性、同時性、低価格性などの特性を生かして歯科臨床への応用を行い、産官学共同で歯科用光干渉断層画像診断装置の開発を進め、日本発、世界初の製品化を目指し研究開発を進めている。本年度の研究結果として、以下のことが判明した。

1. 新たな歯科用 OCT 画像診断機器開発

1) 在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の開発

高齢社会の到来と共に、在宅歯科医療の拡充が社会的に求められている。しかし、在宅歯科医療現場での診断において、有効な歯科用画像診断機器が存在しないため、在宅歯科医療が普及しない主要な要因の一つとなっている。国立長寿医療研究センターでは、Santec 株との共同研究で歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を当センターに導入した(右図)。歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる安定性を備えている。

2) う蝕診断用 OCT 画像診断機器の開発

Santec 株社製の歯科用 OCT 画像診断機器に加えて、パナソニックヘルスケア 株社製の最先端のう蝕診断用新規機器を当センターに導入し、臨床評価を開始した(右図)。機器の臨床評価は順調に進み、薬事申請を目指し、日本発、世界初の製品化を試みる。

3) 直径 0.7mm のファイバースコープの開発



パナソニック
ヘルスケア製

歯科臨床で高頻度に行われる根管治療を成功させるためには、可視化により歯根と根管の形態を正確に把握することが必要となるが、現状では適切な診断機器が存在しない。根管内に応用できる直径 0.7mm の根管診断用ファイバースコープを試作し、本年 6 月に当センターに導入した。本機器は、根管外においても適応でき、将来的には内視鏡に本ファイバースコープを搭載し、消化器、呼吸器癌への応用が期待される。

4) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光印象と CAD/CAM 技術統合による補綴物作製

厚生労働省の歯科分野における先進医療である「光学印象採得による陶材歯冠修復法」および「歯科用 CAD/CAM システムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠補綴」に基づき、歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光印象と CAD/CAM 技術統合による補綴物作製方法を開発しつつある。初年度は、極めて高精度で印象採得が可能な OCT を用いた光印象システムを開発し、50 μ m 以内の精度で光印象を可能とした。

2. 開発した歯科用 OCT 画像診断機器の臨床応用

①歯牙う蝕診断、②レジン充填の臨床診断、③硬質レジン歯の非破壊検査、④歯周病診断、⑤歯根破折の診断、⑥口腔軟組織疾患診断、⑦小児歯科診断を目的に、歯科用 OCT 画像診断機器の臨床応用を行った。世界的に類を見ない多数の症例に歯科用 OCT 画像診断機器を臨床応用し、現時点で 500 症例、2000 本以上の診断に応用し、それぞれの疾患において歯科用 OCT 画像診断機器の有用性を確認し、英文論文として研究成果が結実しつつある。加えて、従来の画像診断法である小照射野コーンビーム CT、ヘリカル CT および X 線撮影の画像を同一被写体において比較検討を行った。現在、歯科用 OCT 画像診断機器で得られたデジタルデータを、CT や MRI、CR など撮影した医用画像のフォーマットと通信プロトコルを定義した標準規格である DICOM に変換するよう模索中である。

初年度の研究成果を社会に還元するように努力した結果、特許出願 1 件、英文論文 16 論文、日本語論文 5 論文、総説・著書 8 件、講演 5 回、学会発表：国際学会 16 回・国内学会 27 回の研究成果を得た。

主任研究者

角 保徳 国立長寿医療研究センター 部長

分担研究者

1. 田上順次 東京医科歯科大学 教授

2. 小林 馨 鶴見大学 教授
3. 杉本伸人 Santec (株) 取締役
4. 須田英明 東京医科歯科大学 教授
5. 田中貴信 愛知学院大学歯学部 教授
6. 和泉雄一 東京医科歯科大学 教授
7. 倉林 亨 東京医科歯科大学 教授
8. 水口俊介 東京医科歯科大学 教授
9. 高木裕三 東京医科歯科大学 教授
10. 毛利哲明 (株)ジーシー 専務取締役
11. 小澤絵喜 国立長寿医療研究センター 医員

研究協力者

1. 樋口勝規 九州大学 教授
2. 柴原孝彦 東京歯科大学 教授
3. 梅村長生 日本歯科医師連盟 相談役
4. 西田 功 愛知県歯科医師会

A. 研究目的

健康に関する国民的な課題として生活習慣病の克服が挙げられ、その克服には、客観的な検診・検査による早期診断・早期治療が不可欠である。口腔領域では生活習慣病として歯周疾患やう蝕などがあり、これらの疾患は食生活を阻害し全身の健康や栄養状態に大きく影響を与えて、高齢者のQOLを著しく低下させる。しかし、その診断にはX線検査、視診等の臨床診断が主体をなし、高齢者の口腔機能の低下の原因となりうるう蝕や歯周疾患の診断技術の多くは、歯科医師の技量や経験により診断内容が左右される傾向があり、検査値を画像化・数値化する客観的な診断技術は進んでいない。

このような背景の下、高齢社会における安心・安全で質の高い生活を実現し、QOLを維持・向上させて、国民の健康寿命の延伸に資するため、口腔疾患の早期診断が可能かつ歯科用X線検査等による被曝等を伴わない医療機器の開発が望まれる。

光干渉断層画像診断法（Optical Coherence Tomography：以下 OCT）は、近赤外光と簡単な光学干渉計の応用により、被写体内部から得られた後方散乱光を解析することで組織断面の高解像度断層画像を描出することが可能な最先端の画像撮像技術である。OCTは、生体に無害な近赤外光を用いるために、非侵襲下に組織の精密断層画像を得ることができる最先端の医療撮像技術であり、1991年に米国マサチューセッツ工科大学の研究チームによる最初の論文報告が *science* 誌に発表された。Huangらが OCT の医療分野全般における有用性を示唆したように、現在眼科領域では臨床検査機器として普及しており、加齢黄斑変性

症の病態解明などに貢献する所は極めて大きい。また、内視鏡型 OCT、高解像度 OCT の登場に伴い循環器領域、消化器領域、呼吸器領域、皮膚科領域、婦人科領域などあらゆる医療分野において報告され、世界的に開発競争が行われている。OCTは、X線、CT、MRI、超音波検査に次ぐ最先端の医療画像診断技術といわれており、CT、MRIの数十倍の解像度を有する上に、臨床の現場で撮影と同時にその場で画像が確認でき、診療技術の向上や患者へのインフォームド・コンセントにも利用できる。さらに、OCTは近赤外光を用いるため被曝が無いという最大の利点がある。東日本大震災後、国民の放射線被曝に対する知識水準は向上し、医療被曝に対する考え方にも影響を大きく与え、被曝を伴わない安全な医療の供給が求められている。歯科界のみならず医療全般に被曝を伴わない画期的な医療機器の研究・開発の必要性がクローズアップされ、より安全・安心な医療技術の提供が求められる。日本人の発癌の3.2%は医療診断用放射線の被曝によるものであるとの報告（Lancet, 2004）もあり、X線やCTで不可避であったこの問題を気にすることなく頻回に撮影可能であるという点で、画期的な診断機器である。

このように、OCTはすぐれた特性から注目を浴びており、消化器癌、肺癌の診断など臨床分野全般に渡る汎用診断技術となる可能性を有し、世界的な技術開発競争が行われている。しかし、口腔領域でのOCTの臨床研究は、「口腔」という狭く複雑かつ微細な組織を適切に撮影できるOCT機器はないために、世界的に報告例が極めて少ない。OCTの口腔分野への応用の道が開ければパノラマX装置以来の

新たな歯科用画像診断機器となる可能性を有する。

本研究の第1の目的は、OCTの非侵襲性、高空間分解能、客観性、同時性、低価格性などの特性を生かして歯科臨床への応用を行い、①歯牙う蝕診断、②レジン充填内部の臨床診断、③完成義歯の非破壊的検査、④歯周病診断、⑤歯根破折の診断、⑥口腔軟組織疾患診断等に有効性があるかどうかを確認し、併せて⑦歯科用OCT画像診断機器と従来の画像診断機器との画像比較検討を行うことにある。本研究の第2の目的は、その臨床評価の情報を基に産官連携により、新たな歯科用OCT画像診断機器の新規プローブや新たな光源の開発を試み、歯科医療機器としてさらに実用性の高い装置の開発を試みることである。将来的には、産官学共同で歯科用OCT画像診断機器の開発を進め、日本発、世界初の新世代の歯科用画像診断機器としての製品化を目指している。さらに、歯科用OCT画像診断機器の小型化を目指し、現在適切な診断装置がない在宅歯科医療の現場での応用への試みや、加えて、歯科用OCT画像診断機器を開発中に得た基礎技術を応用して、レーザー等を応用した根管、歯周ポケット内の滅菌、静菌等の治療用機器の開発を合わせて試みた。

主任研究者らは、本研究の基本概念の特許を12件出願中であり、その特許を生かし、歯科医学的知見及び工学的知見を密接に融合させる産官学連携により、口腔疾患に特化した高空間分解能、非侵襲かつ小型の臨床診断が可能な歯科用OCT画像診断機器の開発研究を行っている。本研究班では、世界的にも最先端の歯科用新規画像診断装置として歯科医療の現場に歯科用

OCT画像診断機器の実用化を目指している。

本研究は、平成19年7月に発表された「国立高度専門医療センターの今後のあり方についての有識者会議報告書」のナショナルセンターが担う主な分野の8項目のうち、3:「高度先駆的かつ安全な診断、治療技術の開発」、5:「高い開発リスクを有する新規市場分野を中心とした医薬品・医療機器の開発」に該当し、ナショナルセンターが行うべき研究として適切なものである。さらに、平成19年4月に発表された「革新的医薬品・医療機器創出のための5か年戦略(文部科学省・厚生労働省・経済産業省)」の主旨に合致し、国策にも沿った開発研究である。

本研究は極めて近い将来に実際の医療サービスへの提供が可能な研究であり、歯科医療現場のみならず、口腔を対象として開発した技術は全身疾患の診断に幅広く応用・貢献することも期待でき、長寿医療・長寿科学研究の発展に積極的に貢献するべく立案された。

(倫理面への配慮)

厚生労働省の臨床研究に関する倫理指針(平成20年厚生労働省告示第415号)に従う。研究を始めるに当たり、各所属組織の倫理規定を遵守し、倫理委員会の承認を得る。各試行において、目的、方法、手順、起こりうる危険についての説明を口頭もしくは文章で提示し、承諾書により被検者の同意を得るなど、インフォームド・コンセントに基づき倫理面への十分な配慮を行う。対象者本人が研究の主旨を理解困難な場合には、家族または近親者を代諾者とする。この同意書には拘束権はなく、対象者はいつでも研究への協力を拒否するこ

とができる。研究分担者間で共通した認識を持ち、対象者の個人情報の流出には厳重に留意する。また、今回用いる評価手技自体は侵襲性という側面からみた場合、極めて安全性の高い方法であるが、研究等によって生じる当該個人の不利益及び危険性に対する十分な配慮を行い、参加拒否の場合でもいかなる不利益も被らないことを明白にする。

B. 研究方法

C. 研究結果

D. 考察

本研究班は、分担研究者が協力して以下の8項目の研究をそれぞれ独立して行っているために、B. 研究方法、C. 研究結果、D. 考察の項目については、研究ごとにまとめて記載する。

1. 歯科用OCT画像診断機器開発（田上順次、杉本伸人、毛利哲明、角 保徳）

国立長寿医療研究センターの中期計画に則って産官学共同研究にて研究開発を効率的に進め、極めて順調に研究開発が行われている。23年度研究課題の研究内容及び当初計画にかかっていた研究目的・目標を達成している。以下に研究項目ごとの研究成果を記載する。

（1）在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の開発

【目的】

高齢社会の到来と共に、在宅歯科医療の拡充が社会的に求められている。しかし、在宅歯科医療現場での診断において、有効な歯科用画像診断機器が存在しないため、在宅歯科医療が普及しない主要な要因の一つとなっている。本研究班では、Santec(株)

との共同研究で歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を当センターに導入し歯科応用への適用を開始している（図1）。



▲ 2011年5月に導入
在宅用歯科用OCT画像診断機器

図1 在宅用歯科用 OCT 画像診断機器

【方法】

小型 OCT 装置(IVS-300)をベースに、口腔内用スキャナプローブ部分を偏光選択型へと改良する。歯牙に照射する光を直線偏光、歯牙から反射され受光する光を照射光とは直交する偏光のみとすることにより、表面の正反射成分を抑圧し、内部をよりクリアに観察できる。偏光ビームスプリッターを内蔵した特殊構成としてこれを実現する。

【結果】

単純な反射ミラーにより平行偏光成分の受光消光比を検出したところ 30dB 程度以上 (1/1000 以下) の抑圧が確認できた。歯牙表面のエナメル表面は非常に光沢度が高いつまり正反射成分が高いが、偏光プローブを使用することにより、表面の反射を抑圧できることを通常プローブと比較して確認した。

【考察と結論】

歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる耐久性を備えて

いる。偏光ビームスプリッターを内蔵した偏光選択型プローブを開発した。偏光消光比は 30dB typical と高く、正面の反射成分を大きく抑圧できることが OCT 画像からも確認できた。表面付近の詳細な構造や初期う蝕、再石灰化の過程の観察などにより有効と思われる。

(2) う蝕診断用 OCT 画像診断機器の開発

現在使用中の Santec(株)製の歯科用

OCT 画像診断機器に加えて、パナソニックヘルスケア(株)製の最先端のう蝕診断用新規機器を当センターに導入し、臨床評価を開始した(図2)。現在、口腔各種疾患に本機器を応用し、臨床的な問題点や改善点を評価中である。機器の臨床評価は順調に進み、平成 24 年度を目処に薬事申請を目指し、日本発、世界初の製品化を試みる。



パナソニック
ヘルスケア製

図2 パナソニックヘルスケア(株)製歯科用 OCT 画像

(3) 直径 0.7mm の極細根管プローブの開発

【目的】

歯科臨床で高頻度に行われる根管治療を成功させるためには、適切な診査診断が不可欠である。可視化により歯根と根管の形

態を正確に把握することが必要となるが、現状では適切な診断機器が存在しない。本研究班では、根管内に応用できる直径 0.7mm の極細プローブを開発し、世界初の根管画像診断用 OCT 試作機をほぼ完成し、当センター導入された(図3)。本年度は歯牙根管内観察用ファイバークロップの細径化とハンドリングしやすい形に改良することを目的とする。

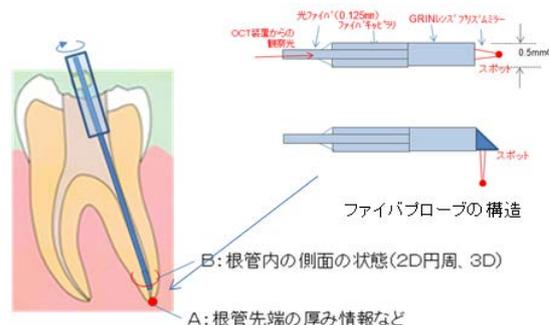


図3 根管用ファイバークロップの模式図

【方法】

ファイバークロップは先端の設計に修正を加え、0.7mm まで細径化し、根管挿入口付近に回転軸受けとなるパイプを設け、それを手で保持できるように再設計、試作した。またファイバークロップの回転を支えるトルクコイル部分を挿入するプラスチックチューブも前述のパイプに接続する。これにより回転ブレの影響を抑え、撮影し易くする。

【結果】

図4に改良したファイバークロップを示した。前述のように回転軸の保持を軸受けによって取る構造としたため軸に平行な方向の動きは保持する指によって拘束されてしまう。その為マニュアルで引き抜きながら3次元画像を取る必要がある。OCTソフトウェアはその際でも等速に軸方向へデータを記録できるように改造し、3次元取得にも対応させた。



図4. 試作プローブ
 (上図: 上: 1mm 径、下: 0.7mm 径、
 下図: 保持部も含めた全体)

【考察】

ファイバープローブを試作し、0.7mm 径と 30%の小型化（小径化）を実現した。また軸受けを内蔵することにより、先端のブレの影響を抑制できた。本機器は、根管以外にも適応でき、歯冠隣接面や舌側面などへ応用が可能である。加えて、内視鏡に OCT を搭載し、消化器、呼吸器疾患への応用も期待される。

(4) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光印象と CAD/CAM 技術統合による補綴物作製

【目的】

OCT (Optical Coherence Tomography : 光干渉断層計) の非侵襲性、高空間分解能、客観性、同時性、低価格性などの特徴を生かした歯科臨床への応用として、口腔内デジタル印象採取装置 (以下: 口腔内計測機)

の開発を 2009 年より進めている。本年度は口腔内計測機の 2 次試作機を完成させ、計測データ処理やデータ合成のソフトウェア開発を進める。また、一般工業界で使用されている高精度 3 次元計測機を用いて石膏模型を静的に計測し、出力された STL データ (計測データ) を基準とし、同模型を口腔内計測機の 2 次試作機でも計測し、出力される STL データ (計測データ) を比較することにより精度検証を進める。

【方法】

- ①一般工業界で使用されている高精度 3 次元計測機を用いて石膏模型を全方向から静的に計測し、汎用 3DCAD ソフトを用いてデータ合成し、出力された STL データ (計測データ) を基準データとする。
- ②口腔内計測機の計測部 (プローブ) 及び石膏模型の両方を固定して、基準となる咬合面方向、近心方向、遠心方向、舌側方向、頬側方向から、合計 5 ショットの計測を行う。
- ③今回の研究で開発を進めたデータ合成のソフトウェアを用いて、1 つの計測データに合成し、STL データにて出力する。
- ④基準データと口腔内計測機の 2 次試作機で計測し、データ合成後に出力された STL データ (計測データ) をソフトウェア上で重ね合わせをし、誤差検証を行いながら目標精度である $\pm 50\mu\text{m}$ が得られる OCT 方式特有のパラメータを探索する。

【結果と考察】

口腔内計測機の 2 次試作機から出力された STL データ (計測データ) と基準データをソフトウェア上で重ね合わせを行い、誤差検証を行いながら OCT 方式特有のパラメータを探索したところ、2011 年 8 月の時

点で、概ね $\pm 50\mu\text{m}$ （緑色表示）以内に収まるデータを得ることに成功した。単冠（前歯）において標準偏差は、 $1\sigma : +13.3\mu\text{m} \sim -14.7\mu\text{m}$ 、 $2\sigma : +27.4\mu\text{m} \sim -28.7\mu\text{m}$ 、 $3\sigma : +41.4\mu\text{m} \sim -42.7\mu\text{m}$ となった。マージンラインから下の部分に $\pm 50\mu\text{m}$ 以上の部分が見られるが、補綴物作製にはマージンラインから上部のデータを使用するため、マージンラインから下の部分については、今回は問題視しないこととした。

3σ が $\pm 43\mu\text{m}$ 程度に収まっている結果となったが、口腔内計測機の 2 次試作機から出力された STL データの面性状については、ポリゴン面と認められない（他のポリゴン面と接していない）三角形や、目視できない小さな穴が開いていると推測されるため、今後は STL データの品質向上も開発項目として含める必要がある。

【結論】

口腔内計測機の 2 次試作機から出力された STL データ（計測データ）は、概ね $\pm 50\mu\text{m}$ 以内のデータを得ることに成功した。しかし、現時点では、STL データの面性状が悪く、補綴物形状を CAD ソフトウェアで設計するためにデータを取り込んだ場合、読み込みエラーとなってしまう設計を進めることができていない。そのため、STL データの品質向上も開発項目として含める予定である。

また、計測速度は 1 ショット計測に約 6 秒、データ合成時間は計測結果 5 ショットの合成に 12 分かかるため、まだまだ実使用は難しいと言える。

今後は STL データ精度の向上と、計測時間及び合成時間の短縮を主開発項目として開発を進める。さらには、様々な支台歯形状の計測や口腔内での計測実験などにより、

実使用に向けた検証も進めていく考えである。本開発は厚生労働省の歯科分野における先進医療である「光学印象採得による陶材歯冠修復法」および「歯科用 CAD/CAM システムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠補綴」に基づき、歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光印象と CAD/CAM 技術統合による補綴物作製方法を開発している。

2. 開発した歯科用 OCT 画像診断機器の臨床応用（田上順次、須田英明、倉林 亨、水口 俊介、小林 馨、高木裕三、小澤総喜）

（1）歯科用 OCT 画像診断機器の保存修復領域への応用

【目的】

SS(swept source)-OCT は歯科臨床における実用性が高いと考えられる。今回、過去に行った齶蝕脱灰病変部、修復物の適合性の調査につき、接着試験や脱灰病変の定量評価を組み合わせ、SS-OCT の観察結果の再評価を目的として実験を行った。また、保存修復領域における疾患に対する新たな対応として、レジンの脱灰病巣部における浸透性、歯の亀裂、クサビ状欠損などの評価を行った。次に、歯学部学生を対象とした実習において、OCT による教育効果を調査した。さらに隣接面齶蝕の臨床診断を開始し、データを収集した。

【方法】

齶蝕の診断に関する試験では、抜去歯を脱灰後、エナメル質・象牙質に生成した脱灰層を OCT 観察した。その後 TMR 法により脱灰深さとミネラル密度を評価した。歯の亀裂またはクサビ状欠損の診断では、ヒト抜去歯における病変部を SS-OCT 観察後にスコア分類し、他の診断法と比較した。

修復物の辺縁封鎖性の調査では、コンポジットレジン修復操作におけるリアルタイムの変化をビデオ画像によって調査し、また辺縁の様相を、SS-OCT による結果を、マイクロ CT の結果と比較した。その後、修復物の微小引っぱり接着試験を行った。学生実習における評価では、東京医科歯科大学4学年の学生に対し、メラミン歯にコンポジットレジン修復を行わせ、その適合状態を SS-OCT により評価し、学生に結果を提示した。臼歯部隣接面の齶蝕の診断では、口腔内用プローブを装着した OCT を用い、実際の臨床において隣接面齶蝕の診断を行った。

【結果と考察】

人工脱灰を行ったエナメル質または象牙質に対して SS-OCT 観察を行ったところ、TMR により得られた脱灰の深さと相関がみられた。したがって、SS-OCT を用いて脱灰病変を定量的に評価できる可能性が示唆された。歯の亀裂またはクサビ状欠損の診断では、SS-OCT による診断は他の診断法よりも優れており、臨床における有用性が確認できた。エナメル質の脱灰病変に対しては、脱灰の評価のみならず、レジンを浸透させる非侵襲的な治療における評価にも用いることができた。修復物の辺縁封鎖性の調査では、リアルタイムでギャップが生成される様相を観察することができた。また、SS-OCT による結果は、マイクロ CT よりも優れていた。窩底部における接着試験を行ったところ、その結果は SS-OCT によるギャップの情報と一致していた。教育現場では、学生が行ったコンポジットレジン修復について、その断層画像を非破壊で示すことにより、充填操作の重要性を指摘することができた。隣接面齶蝕の診断では、

視診や X 線写真では識別困難な初期の脱灰病変をも検知することができ、早期の臨床対応を可能にするものと期待された。

【結論】

SS-OCT を用いることにより、齶蝕の脱灰病変部の診断ならびに初期治療における効果の観察、クサビ状欠損や歯の亀裂の診断が行えることが分かった。これらの情報は、今後さらに発展させ、臨床での応用を期待させるものである。また、コンポジットレジン修復の内部欠陥を非侵襲的に抽出することができ、口腔内修復物の非破壊検査を行うこともできる。このような SS-OCT の利点は学生実習においても有用性が高く、教育現場において高い効果を上げることができると考えられた。

(2) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた象牙質内の歯髓腔の観察

【目的】

Optical coherence tomography (OCT) は、非侵襲的に組織の精密断層像を得ることが可能な医療撮像用新技術である。根管治療時の髓腔開拓は、レントゲン写真上での歯髓腔の位置を参考にしながら行われる。しかし、歯髓腔の狭窄、歯軸の頬舌的な傾斜、補綴物の存在等により歯髓腔の三次元的な方向の把握が困難な症例に遭遇することがある。本研究ではヒト抜去下顎前歯を用い、象牙質内の歯髓腔が OCT 撮像で観察できるかを検討した。

【方法】

実験には、ヒト抜去下顎前歯 10 本を用いた。予め歯科用コーンビーム CT にて撮像を行い、切縁から歯髓腔までの距離が 4 mm 以下となるように低速切断機にて歯冠切除を行った。次いで、マイクロ CT 撮像を行

い、切断面から歯髄腔までの距離を測定し、SLとした。その後、切断面をOCTにて撮像を行った。OCT像による判定は、象牙質内部に歯髄腔が観察できない場合には「観察不可」、歯髄腔が観察できた場合には「観察可」とし、切断面から歯髄腔までの距離の測定を行い、OLとした。なお、切断面に歯髄腔が観察できる場合には「露髄」と判定した。OCT撮像後、10号Kファイルを用いて「ファイル挿入不可」「ファイル挿入可」を判定した。「ファイル挿入不可」と判定された場合には、さらに歯を約1mm削除し、上記と同様にマイクロCT撮像・OCT撮像・ファイル挿入判定を行った。これを各歯「ファイル挿入可」と判定されるまで繰り返し行った。

【結果と考察】

根管までの距離が2mm以上では9本中1本に、1mm以上2mm未満では7本中4本に、1mm未満では11本中11本に根管がOCT像により観察された。OCT撮像により、象牙質内の根管の位置の把握が可能となれば、根管探索の際に安全かつ適切な切削が可能であると考えられる。

【結論】

OCTを用いることで象牙質内の歯髄腔の観察できることが示唆された。

(3) 歯科用OCT画像診断機器の歯周組織診断への応用

【目的】

光干渉断層画像は歯周治療において、歯周組織の断層診断法として病態の把握、および治療後の治癒の評価法への応用などに期待が持たれているが、詳細な研究はほとんど行われていない。本研究は、OCT画像における歯周組織診断の基本的な読影、お

よび評価分析法を確立するため、抜去歯および患者の口腔内の歯肉縁下歯石をOCT画像上で検出し、その特徴を同定することを目的とした。

【材料および方法】

1. 帯状に歯肉縁下歯石の付着した抜去歯6本を、術前にOCT断層撮像を行った後、3本をグレーシー型キュレットにてスケーリング・ルートプレーニング(SRP)、3本を超音波スケーラーにて除石後、再度撮像を行い、比較分析した。さらに処置後、歯の未脱灰研磨標本作製し、根面のセメント質の状態を精査し、OCT画像と比較分析した。
2. 歯周ポケット内の歯根面に粗造感を有する患者4名の7歯を対象として、SRP前後にOCT撮像を行い、比較分析を行った。

【結果と考察】

1. 根面上の歯肉縁下歯石は、OCTにより一様に強い白色を示す構造物として検出され、歯石除去後に消失し、また、未脱灰標本との比較からデブライドメント面の残存セメント質の有無も確認できた。
2. 口腔内では、現状のOCT装置では深部の観察はできなかったが、頬側の歯頸部付近では、抜去歯上での画像とは異なり、不鮮明ながらも境界不明瞭な白色像として歯石を検出することが可能であり、除石後にその消失が確認された。

【結論】

実際に口腔内においても、限られた条件下ではあるが歯石の探知も可能であったことから、OCTは根面のデブライドメント時、チェアーサイドにおける歯石の探知の補助

的な診断装置としても有用になる可能性が示唆された。OCTは今後、装置の性能の向上が必要であるが、断層画像から得られる情報は臨床において非常に有用であると考えられた。

しかしながら、現状では深さ方向の深達度に制限があるため、今後その改善が必要である。

(4) 非侵襲断層画像診断法 OCT を用いた乳歯の診断

【目的】

現在う蝕や外傷歯の診断には、視診などの臨床症状に加えて、レントゲン写真で確認してから確定診断が行われることが多い。小児はまだ発育途上であり、放射線感受性も成人に比較して高いことから、生体への被曝や侵襲のない SS-OCT を用い、小児歯科領域におけるう蝕、外傷歯診断の確立を目的とした。

【方法】

1、ブタ下顎第一小白歯 30 本の歯冠に人工的に亀裂を作製し、実体顕微鏡による拡大、SS-OCT 撮影を行った。亀裂を SS-OCT 撮影する際、SS-OCT 光線を歯面に直交する入射角以外に 4 5 度の範囲で変化させ、3 方向より観察を行った。観察後、撮影面の研磨切片を作製し、亀裂の幅と長さを測定後、統計処理を行い、分析を行った。

2、咬合面に初期う蝕を有すると思われる 30 本の乳歯を用い、SS-OCT 撮影を行った。その後、3 人の評価者により、視診、SS-OCT 画像診断を行った。観察後、実際に半切し、走査型共焦点レーザー顕微鏡にて裂溝部の観察を行い、診断の有用性を評価した。

【結果と考察】

1、SS-OCT 画像上で亀裂やエナメル葉は高輝度線として示され、実体顕微鏡像、研磨切片像にほぼ一致した。さらに SS-OCT 画像と研磨切片を比較した際、亀裂の長さが入り口の幅に関して統計学的に関連が見られた。SS-OCT による亀裂の検出は、プローブから照射される入射光の方向と亀裂の浸入方向が平行であると検出できない可能性が高く、垂直であるとより強い高輝度線になると考えられる。今回の研究においては、入射光を 3 方向に設定することでより検出の精度を上げることができ、臨床においても有益であると考えられる。

2、SS-OCT 画像上で乳歯咬合面う蝕は、健全エナメル質では画像はほぼ均一であるが、着色や裂溝の実質欠損を伴うと思われる部位では、外形線の連続性が失われ、高輝度部位が存在することが確認できた。視診では初期う蝕の再石灰化の確認が困難な場合でも、SS-OCT を併用することで、より精度の高い診断が可能になるものと思われる。

(5) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光重合型軟質裏装材と義歯床用レジンの接着評価

【目的】

軟質裏装材における必要な物性の一つに、義歯床用レジンとの接着があげられる。しかし、接着の評価として、種々の接着試験があるものの、それらは概ね破壊試験であり、臨床においては到底用いることができないものである。そこで本研究では、非破壊検査を可能にする OCT を用い、長期使用を目指した新しいフッ素系軟質裏装材と義歯床用レジンの接着における、接着力と OCT 画像の相互関係を明らかにすること

を目的とした。非破壊検査である OCT 画像を取得することによって、その時点での接着力を把握することができ、将来的には軟質裏装材の剥離予想を可能にすることを目指す。

【方法】

義歯床用レジンにはアクロン(以下 AC)を用い、15×15mm の義歯床用レジンに、直径 6mm、厚さ 3mm の円盤状の軟質裏装材を接着させたものを試験片とした。軟質裏装材には、フッ素系としてモノマー成分の違う 13FSL-0、13FSL-6、13FSL-12、13FSL-18、13FSL-24、市販品としてアクリル系のベルテックスソフト(以下 VS)、モロプラスト B(以下 MB)を使用した。試験片作製後、接着界面と平行な方向から OCT 画像を取得した。その後、クロスヘッドスピード 10mm/min で圧縮せん断試験を行った。そして再度、OCT 画像を取得した。

【結果】

結果の一例として接着強さが最大であった VS と最小であった 13FSL-24 を示す。左右にせん断試験前後の写真、OCT 画像を示す。グラフは横軸に応力、縦軸に時間、せん断試験時の応力変化を示す。写真では VS は界面破壊、13FSL-24 は混合破壊を起こしている。接着強さは剥離が起きるまでの最大の応力とした。OCT 画像では矢印に示すところに接着界面が見える。VS においては、試験前に不明瞭であった接着界面が試験後に観察できた。界面破壊を起こしたところは OCT 画像では鮮明に接着界面を見ることができる。13FSL-24 では混合破壊後の残った軟質が矢印で示すところに見える。混合破壊を起こしたところは試験後も軟質が一部被着体に接着している。OCT

画像で試験前から接着界面が明瞭に観察できる場合は、接着強さが低くなることが予想される。

【結論】

せん断試験による破壊の前後で明らかな OCT 画像での違いを見ることができると、今後グラフ上の各時間・応力における OCT 画像を取得することによって、OCT 画像から剥離までの寿命予測を可能にすると考えられる。さらに、臨床応用が可能になれば、受診困難な高齢患者において、OCT 画像判断によって、剥離する前に、適切な処置を施すことが可能になると考えられる。

(6) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた人工歯(硬質レジン歯)の非破壊検査

【目的】

人工歯は有床義歯において重要な構成要素であり、中でも硬質レジン歯はレジン歯と比較して耐摩耗性、硬さに優れ、陶歯よりも耐衝撃性が高いため広く臨床で用いられている。また、日常臨床において多くの種類の硬質レジン歯が使用されており、それぞれの製造元が設計方針に基づいて製作された形態や内部構造は様々である。国立長寿医療研究センターでは、今までに歯科用 OCT を用いた義歯床用レジンや人工歯(レジン歯)の非破壊検査が可能であることを確認している。そこで、2010 年に新たに改良された歯科用 OCT(株)パナソニックヘルスケア製)を用いて、硬質レジン歯の内部構造を非破壊的に評価することを検討した。

【方法】

1、材料

我が国において市販されている社会保険適応である硬質レジン歯を用いた。また、

人工歯の形態は方形、色調はA3とした。

2、歯科用 OCT

国立長寿医療研究センターが、産官学共同で開発を進める歯科用 OCT (株)パナソニックヘルスケア製) を用いた。

3、硬質レジン歯撮影方法

専用の固定台に OCT プローブを設置し、被写体の硬質レジン歯に観察光が直行するよう、ユーティリティワックスにて固定した。撮影方向は、唇側面 (切縁側、歯頸側)、口蓋側面 (切縁側、歯頸側)、遠心隣接面よりエナメル層、デンティン層、ベース層を撮影した。

【結果と考察】

エナメル層・ベース層の 2 層構造の硬質レジン歯、エナメル層・デンティン層・ベース層の 3 層構造の硬質レジン歯の内部構造を精密に観察することが可能であった。また、観察した硬質レジン歯の内部構造は製造元や製品によって様々であり、観察したすべての人工歯の何れかの層に気泡様構造物が認められた。また、エナメル層が部分的に菲薄な人工歯や構成しているマトリックスレジンの成分による義歯床用レジンとの親和性や耐摩耗性の問題も認められた。

【結論】

これまで非破壊的評価が不可能であった硬質レジン歯の内部構造を歯科用 OCT により精密に評価することが可能であった。また、今回観察した全ての硬質レジン歯の内部構造には改善すべき点がいくつか確認された。また、これらの OCT 断層像画像結果が硬質レジン歯の内部構造や品質の改善に繋がることを期待される。

(7) 根管プローブの臨床評価

【目的】

臨床情報のフィードバックにより改良を行ったファイバー型プローブは、これまでの歯科用 OCT 機器では観察不可能であった口腔の狭部における安定的な OCT 撮影を可能とすると期待される。本研究の目的は、改良後のファイバー型プローブによる根管評価の有効性を確認する事である。

【方法】

抜去歯 (ヒト下顎前歯) を通法に従い 70 号まで拡大形成を行った後、楔状に機械的な圧力を加え破折させ歯根破折モデルを作製し、改良を行ったファイバー型プローブにて根管内の評価を行った。

【結果と考察】

改良を行ったファイバー型プローブは、軸受部の付与にて歳差運動を抑制し、先端部の軸ブレすることなく安定的な根管スキャンをリアルタイムに可能とした。得られた根管 OCT 画像では、明瞭な根管内壁、象牙質、セメント質、歯根破折線の評価が可能であった。

【結論】

- ① ファイバー型プローブは、非侵襲かつ高解像度に根管内の構造評価を可能とし、これまで以上の予期性の高い根管治療が可能になると考えられた。
- ② ファイバー型プローブは内視鏡との統合が将来的に可能であり、高解像度を有する OCT 診査は、胃癌、大腸癌、肺癌などの光バイオプシーの可能性を有し根管 OCT 評価法の開発はその第一歩として期待された。

(8) 歯科用 OCT 画像診断機器の画像と従来の画像機器との比較検討

【目的】

電離放射線被曝のない近赤外光を用いた、

口腔用光干渉断層画像診断法 (Optical Coherence Tomography : OCT) と電離放射線被曝のある歯科用小照射野コーンビーム CT(Limited Cone Beam CT : LCBCT) ならびに X線口内法撮影とのう蝕検出能について、同一被写体を用いて比較検討し、OCT の適応を明らかにする。

【方法】

被写体には、鶴見大学歯学部口腔解剖学講座所有の抜去歯 20 本を用いた。肉眼的に平滑にう蝕を認めたもの 26 歯面を対象とした。被写体は、う蝕を含む面で歯軸方向に切断した。

被写体を、OCT と LCBCT ならびに X線口内法で撮影した。OCT は、国立長寿医療センター病院先端医療・機能回復診療部口腔機能再建科所蔵、LCBCT は鶴見大学歯学部附属病院画像診断・放射線科に設置されている PSR9000N(朝日レントゲン工業、京都)を用いた。CT 軸位断画像がら画像ワークステーション VertulPlace(Aze 社、東京)を用いて、OCT 画像と一致する断面画像を再構成した。

【結果と考察】

平滑面う蝕 1 度の被写体では、被写体の肉眼的に脱灰している部分と OCT 画像の高輝度領域は、形態的に類似していた。しかし、OCT 画像では、脱灰部の高輝度像から深部は全て低信号となり、エナメル・象牙境を確認できず、エナメル質内にう蝕が、限局しているか、象牙質まで及んでいるかの判断は困難だった。同じ被写体の LCBCT 画像と口内法 X線像では、肉眼的脱灰部は検出できなかった。

平滑面う蝕 2 度の被写体では、肉眼的に脱灰している部分は OCT 画像で不均一な輝度領域として描出されていた。さらに、

不均一な輝度領域の深部に高輝度の線状像を認め、被写体の脱灰したエナメル・象牙境と一致していた。

【結論】

脱灰の軽度なう蝕では、LCBCT よりも、OCT はう蝕描出が優っている可能性が示唆された。

(9) 歯科用 OCT 画像診断機器の空間分解能評価用ソフトウェアの開発と実際の評価

【目的】

OCT 画像の歯科臨床への応用のために、その空間分解能を正確に評価することが重要である。一般に画像の空間分解能評価のためには MTF (変調伝達関数) が用いられるが、これまでに OCT 画像の MTF について検討した研究は皆無である。本研究は、MTF を用いて OCT 画像の空間分解能を定量的に評価し、更にその位置依存性についても明らかにすることを目的とした。

【方法】

ガラスエッジファントムを用いて繰り返し 50 回の OCT 撮像を行い、得られた大量の画像データを基に MTF の計測を行った。計測のためには、研究分担者らが開発した独自のソフトウェアを用いた。MTF の位置依存性を評価するために、撮影範囲内の中央部と辺縁部においてそれぞれ計測を行った。

【結果と考察】

MTF が 10% に低下する時の空間周波数、すなわち OCT の MTF₁₀ は約 12 lp/mm であり、部位による違いはほとんど認められなかった。現在歯科領域で最も解像度が高いとされる歯科用 CT 画像の MTF₁₀ は 2-3 lp/mm 程度であり、本研究によって、OCT 画像の卓越した空間分解能を初めて定量的に示すことができた。

【結論】

我々の開発した方法によって、OCT 画像の空間分解能を定量的に評価することが可能であった。OCT 画像の分解能は歯科用 CT を遥かに上回るものであり、撮影領域内での均一性も優れていた。

E. 結論

1. 新たな歯科用 OCT 画像診断機器開発

1) 在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の開発

高齢社会の到来と共に、在宅歯科医療の拡充が社会的に求められている。しかし、在宅歯科医療現場での診断において、有効な歯科用画像診断機器が存在しないため、在宅歯科医療が普及しない主要な要因の一つとなっている。国立長寿医療研究センターでは、Santec(株)との共同研究で歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を当センターに導入した。歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる安定性を備えている。

2) う蝕診断用 OCT 画像診断機器の開発

Santec(株)社製の歯科用 OCT 画像診断機器に加えて、パナソニックヘルスケア(株)社製の最先端のう蝕診断用新規機器を当センターに導入し、臨床評価を開始した。機器の臨床評価は順調に進み、薬事申請を目指し、日本発、世界初の製品化を試みる。

3) 直径 0.7mm のファイバースコープの開発

歯科臨床で高頻度に行われる根管治療を成功させるためには、可視化により歯根と根管の形態を正確に把握することが必要となるが、現状では適切な診断機器が存在し

ない。根管内に応用できる直径 0.7mm の根管診断用ファイバースコープを試作し、本年 6 月に当センターに導入した。本機器は、根管以外においても適応でき、将来的には内視鏡に本ファイバースコープを搭載し、消化器、呼吸器癌への応用が期待される。

4) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光印象と CAD/CAM 技術統合による補綴物作製

厚生労働省の歯科分野における先進医療である「光学印象採得による陶材歯冠修復法」および「歯科用 CAD/CAM システムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠補綴」に基づき、歯科用 OCT 画像診断機器を用いた光印象と CAD/CAM 技術統合による補綴物作製方法を開発しつつある。初年度は、極めて高精度で印象採得が可能な OCT を用いた光印象システムを開発し、50 μ m 以内の精度で光印象を可能とした。

2. 開発した歯科用 OCT 画像診断機器の臨床応用

①歯牙う蝕診断、②レジン充填の臨床診断、③硬質レジン歯の非破壊検査、④歯周病診断、⑤歯根破折の診断、⑥口腔軟組織疾患診断、⑦小児歯科診断を目的に、歯科用 OCT 画像診断機器の臨床応用を行った。世界的に類を見ない多数の症例に歯科用 OCT 画像診断機器を臨床応用し、現時点で 500 症例、2000 本以上の診断に応用し、それぞれの疾患において歯科用 OCT 画像診断機器の有用性を確認し、英文論文として研究成果が結実しつつある。加えて、従来の画像診断法である小照射野コーンビーム CT、ヘリカル CT および X 線撮影の画像を同一被写体において比較検討を行った。現在、歯科用 OCT 画像診断機器で得られたデジタルデータを、CT や MRI、CR など撮影した医用画像のフォーマットと通信プロ

トコルを定義した標準規格である DICOM
に変換するよう模索中である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Sumi Y, Ozawa N, Nagaosa S, Minakuchi S, Umemura O.
Application of optical coherence tomography to nondestructive inspection of dentures. Arch Gerontol Geriatr. 53: 237–241, 2011
- 2) Imaizumi A, Kuribayashi A, Watanabe H, Ohbayashi N, Nakamura S, Sumi Y, Sano T, Kurabayashi T. Non- Hodgkin's lymphoma involving the mandible: imaging findings. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. in press
- 3) Nomura Y, Watanabe H, Shirotzu K, Honda E, Sumi Y, Kurabayashi T. Stability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. Clin Oral Implants Res 2012 Feb 10. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02420.x.
- 4) Okochi K, Kretapirom K, Sumi Y, Kurabayashi T. Longitudinal MRI follow-up of rheumatoid arthritis in the temporomandibular joint: importance of synovial proliferation as an early-stage sign. Oral Radiol 27: 83-86, 2011.
- 5) Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Khunkar S, Tagami J, Sumi Y. Relationship between Non-destructive OCT Evaluation of Resins Composites and Bond Strength in a Cavity. Proc SPIE 8208 (in press).
- 6) Hariri I, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Effects of structural orientation of enamel and dentin on light attenuation and local refractive index: an optical coherence tomography study. J Dent (in press)
- 7) Hariri I, Sadr A, Shimada Y, Nakashima S, Sumi Y, Tagami J. Relationship between Refractive Index and Mineral Content of Enamel and Dentin Using SS-OCT and TMR. Proc SPIE 8208 (in press).
- 8) Sadr A, Nakashima S, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Longitudinal assessment of subsurface artificial root caries lesions by optical coherence tomography in comparison with transverse microradiography. Proc SPIE 8208 (in press).
- 9) Shimada Y, Sadr A, Nazari A, Nakagawa H, Otsuki M, Tagami J, Sumi Y. 3D evaluation of composite resin restoration at practical training using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). Dent Mater J (in press).
- 10) Sadr A, Shimada Y, Mayoral JR, Hariri I, Bakhsh TA, Sumi Y, Tagami J. Estimation of lesion progress in artificial root caries by swept source

- optical coherence tomography in comparison to transverse microradiography. J Biomed Opt. [in press]
- 11) Makishi P, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Non-destructive 3D imaging of composite restorations using optical coherence tomography: marginal adaptation of self-etch adhesives. J Dent 39(4): 316-25, 2011
- 12) Senawongse P, Pongprueksa P, Harnirattisai C, Sumi Y, Otsuki M, Shimada Y, Tagami J. Non-destructive assessment of cavity wall adaptation of class V composite restoration using swept-source optical coherence tomography. Dent Mater J. 30:517-22, 2011
- 13) Natsume Y, Nakashima S, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Estimation of lesion progress in artificial root caries by swept source optical coherence tomography in comparison to transverse microradiography. J Biomed Opt. 16: 071408:1-8, 2011
- 14) Bakhsha T A, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Non-invasive quantification of resin-dentin interfacial gaps using optical coherence tomography: Validation against confocal microscopy. Dent Mater. 27:915-925, 2011
- 15) Ishibashi K, Ozawa N, Tagami J, Sumi Y. Swept-source optical coherence tomography as a new tool to evaluate defects of resin-based composite restorations. J Dent. 39: 543-548, 2011
- 16) Sadr A, Shimada Y, Mayoral JR, Hariri I, Bakhsh TA, Sumi Y, Tagami J. Swept Source Optical Coherence Tomography for Quantitative and Qualitative Assessment of Dental Composite Restorations. SPIE Proc. 7884:11, 2011.
- 17) 小島規永、小澤総喜、田中貴信、角保徳 光干渉断層診断装置 (Optical Coherence Tomography : OCT) を用いたレジン歯の非破壊検査 老年歯学 26 : 12-17, 2011
- 18) 島田康史, 有吉芽生, 今井加奈子, マキシパトリシア, 吉岡俊彦, 田上順次, 角保徳. 光干渉断層計 (OCT) を応用した非破壊断層画像診断. 日歯理工誌 30, 21-24, 2011
- 19) 青木 章, Verica Aleksic, 岩崎剣吾, 渡辺 久, 安孫子宜光, 石川 烈, 和泉雄一. 低出力 Er:YAG レーザーの生物学的効果. 日レ医誌 32(1): 64-70, 2011.
- 20) 江黒 徹, 青木 章, 水谷幸嗣, Aristeo A. Takasaki, 築瀬武史, 和泉雄一, 勝海一郎. 歯科インプラント治療における Er:YAG レーザーの応用. 日レ医誌 32(1): 48-54, 2011.
- 21) 水谷幸嗣, 青木 章, 石川 烈, 和泉雄一. 歯周治療への Er:YAG レーザーの応用. 日レ医誌 32(1): 39-47, 2011
2. 著書・総説
- 1) 角保徳 歯科用 OCT 画像診断機器の開発と歯科臨床応用 医学のあ

- ゆみ 239 : 473-479, 2011
- 2) 角 保徳 歯科用 OCT 画像診断機器の開発と臨床応用に関する研究
日歯医学会誌 30 : 40-44, 2011
 - 3) 和泉 雄一, 青木 章, 石川 烈編著.
歯周治療・インプラント治療における Er:YAG レーザーの使い方. 医学情報社, 東京, p 140, 2011.
 - 4) 青木 章, 水谷幸嗣, 渡辺 久, 石川 烈, 和泉雄一. 石川 烈編,
Er:YAG レーザーの基礎と臨床, 4. 歯周治療における Er:YAG レーザーの臨床—骨外科治療. 第一歯科出版, 東京, p. 127-134, 2011.
 - 5) 青木 章, 内山真子, 小田 茂, 木下淳博, 和泉雄一. 石川 烈編,
Er:YAG レーザーの基礎と臨床, 4. 歯周治療における Er:YAG レーザーの臨床—軟組織治療. 第一歯科出版, 東京, p. 107-113, 2011.
 - 6) 水谷幸嗣, 青木 章, Aristeo A. Takasaki, 石川 烈, 和泉雄一. 石川 烈編, Er:YAG レーザーの基礎と臨床, 4. 歯周治療における Er:YAG レーザーの臨床—Er:YAG レーザーによる歯石除去と歯周ポケット治療. 第一歯科出版, 東京, p. 114-120, 2011.
 - 7) 渡辺 久, 谷口陽一, 石川 烈, 和泉雄一. 石川 烈編, Er:YAG レーザーの基礎と臨床, 4 歯周治療における Er:YAG レーザーの臨床—歯周外科への応用. 第一歯科出版, 東京, p. 135-137, 2011.
 - 8) 青木 章, 谷口陽一, 竹内康雄, 和泉雄一. フォトダイナミックセラピーの歯周炎・インプラント周囲炎への応用. 和泉雄一, 申基喆, 二階堂雅彦, 松井徳雄編集, インプラント時代の歯周マネジメント-確かな機能回復の成果を得るために, デンタルダイヤモンド増刊号, デンタルダイヤモンド社, 東京, p. 187-189, 2011.
3. 学会発表
- 1) Sumi Y, Tagami J, Ozawa N, Application of optical coherence tomography to nondestructive inspection of dentures: March 18, 2011, IADR San Diego, USA
 - 2) Kojima N, Ozawa N, Tanaka Y, Tagami J, Sumi Y. Nondestructive assessment of artificial teeth using Optical Coherence Tomography: March 18, 2011, IADR San Diego, USA
 - 3) Ozawa N, Tagami J, Sumi Y. Non-invasive Optical Biopsy of Oral Cancer for Tongue using SS-OCT: March 17, 2011, IADR San Diego, USA
 - 4) Imai Y, Sumi Y, Ozawa N, Osano T, Igarashi C, Wakae S, Simoda S, Kobayashi K. Optical coherence tomography: imaging of tooth and gingiva. 18th International Congress of Dento-Maxillo-Facial Radiology. 2011.5.25-29. 広島市
 - 5) Nomura Y, Watanabe H, Ueno T, Honda E, Shirotzu K, Sumi Y, Kurabayashi T. Validity of voxel values from cone-beam CT with a flat panel detector. The 18th International Congress of

- Dento-maxillo-Facial Radiology and 52nd Annual Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology. Hiroshima, May 25-29, 2011
- 6) Watanabe H, Nomura Y, Takahashi A, Sumi Y, Honda E, Kurabayashi T. Variance of the spatial resolution dependent on the locations in cone-beam CT. The 18th International Congress of Dento-maxillo-Facial Radiology and 52nd Annual Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology. Hiroshima, May 25-29, 2011.
 - 7) Sadr A, Nakashima S, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Longitudinal assessment of subsurface artificial root caries lesions by optical coherence tomography in comparison with transverse microradiography. Lasers in Dentistry XVIII, SPIE Photonics West, San Francisco, Oral, January 21-26, 2012
 - 8) Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Khunkar S, Tagami J, Sumi Y. Relationship between Non-destructive OCT Evaluation of Resins Composites and Bond Strength in a Cavity. Lasers in Dentistry XVIII, SPIE Photonics West, San Francisco, Oral, January 21-26, 2012
 - 9) Hariri I, Sadr A, Shimada Y, Nakashima S, Sumi Y, Tagami J. Relationship between Refractive Index and Mineral Content of Enamel and Dentin Using SS-OCT and TMR. Lasers in Dentistry XVIII, SPIE Photonics West, San Francisco, Poster, January 21-26, 2012
 - 10) Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Innovative Composite Evaluation Method: Cavity Adaptation Combined with Bond Strength. 59th, JADR, Hiroshima, Poster, October 8-9, 2011
 - 11) Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Composite Failure Assessment in Different Filling Techniques using SS-OCT. 59th, JADR, Hiroshima, Poster, October 8-9, 2011
 - 12) Sadr A, Bartakova S, Parchar P, Hariri I, Nazari A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Adhesion of Flowable Composite in Class I Cavities: Combination of SS-OCT Imaging and Microtensile Bond Strength. 4th, IAD, Seoul, Oral, April 15-17, 2011
 - 13) Natsume Y, Nakashima S, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. SS-OCT estimation of lesion depth in artificial root carious lesions. General Session of IADR, San Diego, USA, March 14-19, 2011.
 - 14) Kasuga Y, Hoshino Y, Inoue M, Ibaraki H, Nagasawa Y, Hibino Y, Takahashi H, Sumi Y, Minakuchi S, Nakajima H. Long-term viscoelastic properties of soft lining material containing fluorinated monomer. 41th Annual Meeting & Exhibition of

- the AADR 2012.03.23 Tampa
- 15) Kasuga Y, Takahashi H, Inoue M, Hoshino Y, Minakuchi S, Nakajima H. Evaluation on physical properties of experimental fluorinated, acrylic-based, and silicone rubber-based soft lining materials. 2011 INTERNATIONAL DENTAL MATERIALS CONGRESS 2011.05.29, Seoul
- 16) Iwasaki N, Kasuga Y, Takahashi H, Minakuchi S, Suzuki T. Bond strength and viscoelasticity of MMA-based and silicone-based denture liners. 2011 INTERNATIONAL DENTAL MATERIALS CONGRESS 2011.05.29, Seoul
- 17) 小澤総喜, 菅田文雄, 角 保徳 水泡形成性疾患に対する歯科用 OCT の応用 第 56 回社団法人日本口腔外科学会総会・学術大会、2010.10.21-23 大阪市
- 18) 角 保徳, 小澤総喜, 小島規永 義歯の非破壊検査への歯科用 OCT 画像診断機器の応用 日本老年歯科医学会 第 22 回学術大会 2011.6.15-17 東京都
- 19) 小島規永, 小澤総喜, 田中貴信, 角 保徳 光干渉断層診断装置 (Optical coherence tomography:OCT) を用いた人工歯の非破壊検査 日本老年歯科医学会 第 22 回学術大会 2011.6.15-17 東京都
- 20) 小澤総喜, 角 保徳 歯科用 OCT による口腔乾燥症の評価法の開発 日本老年歯科医学会 第 22 回学術大会 2011.6.15-17 東京都
- 21) 小澤総喜, 角 保徳 高齢口腔癌患者の歯科用 OCT 診査法の開発 日本老年歯科医学会 第 22 回学術大会 2011.6.15-17 東京都
- 22) 小澤総喜, 角 保徳 回転型歯科用 OCT ファイバープローブによる根管内評価法の開発 日本老年歯科医学会 第 22 回学術大会 2011.6.15-17 東京都
- 23) 今井 遊、下田信治、角 保徳、小澤総喜、小佐野貴識、五十嵐千浪、小林 馨 口腔用光干渉断層(OCT)法によるヒト抜去歯のう蝕描出能の検討 NPO 法人日本歯科放射線学会 第 214 回関東地方会 2012.01.21 東京都
- 24) 吉峰斉昭、サダルアリレザ、島田康史、田上順次、角 保徳. OCT を用いた低収縮性コンポジットレジンの光照射前後の適合に対する画像診断. 第 30 回日本接着歯学会学術大会、函館、2012 年 1 月 21、22 日
- 25) 中川寿一、サダルアリレザ、島田康史、中嶋省志、田上順次、角 保徳. 脱灰エナメル質におけるレジソ浸透材の SS-OCT 観察. 第 30 回日本接着歯学会学術大会、函館、2012 年 1 月 21、22 日
- 26) 和田郁美、島田康史、サダルアリレザ、中嶋省志、田上順次、角 保徳. クサビ状欠損の SS-OCT による断層画像診断. 第 30 回日本接着歯学会学術大会、函館、2012 年 1 月 21、22 日
- 27) 島田康史、大槻昌幸、田上順次、角 保徳 学生実習にて行ったコンポジットレジソ修復の SS-OCT による評価 第 76 回口腔病学会学術大会

- 2011.12.09-10 東京都 プログラム
ム・抄録集 p14
- 28) サダルアリレザ、田上順次、島田康史、角 保徳. OCT を用いた I 級窩洞のフローアブルレジンのリアルタイム 2 次元断層画像撮影. 第 135 回日本歯科保存学会秋季学術大会、大阪、2011 年 10 月 20、21 日
- 29) 中嶋省志、島田康史、夏目悠子、角 保徳、サダルアリレザ、田上順次. SS-OCT を用いた脱灰象牙質の再石灰化度の測定. 第 135 回日本歯科保存学会秋季学術大会、大阪、2011 年 10 月 20、21 日
- 30) 島田康史、田上順次、角 保徳. 学生実習におけるコンポジットレジン修復の SS-OCT を用いた断層画像評価. 第 30 回日本歯科医学教育学会総会および学術大会、東京、2011 年、7 月 15、16、17 日
- 31) 吉岡俊彦、小松 恵、坂上 斉、石村 瞳、海老原新、島田康史、田上順次、須田英明 OCT の歯根破折線の検出精度について 日本歯科保存学会 第 134 回学術大会 2011.6.10 浦安市
- 32) 中嶋省志、島田康史、夏目悠子、角 保徳、サダルアリレザ、田上順次. SS-OCT を用いた象牙質脱灰病変（表層下脱灰）の経時観察と定量評価の試み. 第 134 回日本歯科保存学会春季学術大会、浦安、2011 年 6 月 9、10 日
- 33) ナザリアミル、サダルアリレザ、田上順次、島田康史、角 保徳. SS-OCT を用いた I 級窩洞における各種フローアブルレジンの接着界面の考察. 第 134 回日本歯科保存学会春季学術大会、浦安、2011 年 6 月 9、10 日
- 34) マンドゥラモナ、サダルアリレザ、田上順次、島田康史、角 保徳. SS-OCT とナノインデンテーション法による硬化象牙質の光学的ならびに機械的特性. 第 134 回日本歯科保存学会春季学術大会、浦安、2011 年 6 月 9、10 日
- 35) 吉岡俊彦、白金由紀子、石村 瞳、海老原新、須田英明 OCT を用いた根管の観察 口腔病学会 第 76 回学術大会 2011.12.10 東京都
- 36) 吉岡俊彦、石村 瞳、海老原新、須田英明 歯根破折歯の非破壊的観察—マイクロフォーカス CT と SS-OCT— 日本歯内療法学会 第 32 回学術大会 2011.07.30 長崎市
- 37) 小松 恵、吉岡俊彦、石村 瞳、海老原新、須田英明 歯科用 CBCT を用いた根尖病変の三次元的評価 日本歯内療法学会 第 32 回学術大会 2011.07.30 長崎市
- 38) 坂上斉、吉岡俊彦、小松恵、石村瞳、海老原新、須田英明 mineral trioxide aggregate および接着性材料を用いた根管充填におけるコロナルリーケージの評価 日本歯科保存学会 第 134 回学術大会 2011.6.10 浦安市
- 39) 坪川正樹、青木 章、佐藤郁文、谷口陽一、江尻健一郎、澤辺正規、水谷幸嗣、秋月達也、小田 茂、角 保徳、和泉雄一. 光干渉断層画像診断法 (OCT) による歯肉縁下歯石の検出. 第 23 回日本レーザー歯学会 (2011. 12. 3-4. 中之島、大阪) (優秀発表賞受賞)
- 40) チュイ・チャントゥーン、青木 章、竹内康雄、佐々木好幸、安孫子宜光、和泉雄一. Bactericidal effect of a-PDT using high power blue LED and red

- dye agent on *Porphyromonas gingivalis*. 日本歯周病学会 2011 秋季学術大会(第 54 回)(2011. 9. 24. 下関、山口).
- 41) 坪川正樹、青木 章、佐藤郁文、谷口陽一、江尻健一郎、澤辺正規、水谷幸嗣、秋月達也、小田 茂、角 保徳、和泉雄一. 光干渉断層画像診断法(OCT)の歯周組織診断への応用—歯石の検出. 第 134 回日本歯科保存学会春期学術大会 (2011. 6. 10-11. 舞浜、千葉)
- 42) 春日祐太、星野義人、井上 実、秋葉徳寿、下山和弘、小澤総喜、角 保徳、水口俊介、中嶋 裕. 光干渉断層画像診断法を用いた義歯床用レジンと軟質裏装材との接着界面における評価. 第 22 回日本老年歯科医学会総会学術大会 2011.06.15-17 東京都
- 43) 秋葉徳寿、東聡 伸、春日祐太、森田弘美、小野寺知美、水口俊介、下山和弘. 高密着シリカプライマーによるカンジダ付着抑制効果の検討. 第 22 回日本老年歯科医学会総会学術大会 2011.06.15-17 東京都
4. シンポジウム・講演
- 1) 角 保徳 口腔粘膜疾患への光診断の応用 「光干渉断層画像診断機器を用いた口腔粘膜疾患診断」 第 23 回日本レーザー歯学会総会・学術大会シンポジウム 2011.12.03-04 大阪市プログラム・講演抄録集 p30-31
- 2) 角 保徳 歯科用OCT画像診断機器の開発とその応用 ピエール・フォシヤール・アカデミー国際歯学会日本部会第 42 回年次大会 特別講演 2011.10.29 名古屋市
- 3) 角 保徳 光干渉断層画像診断法の開発と歯科臨床への応用—実用化が近い期待の新技术のご紹介として— 和田精密歯研株式会社執行役員会議講演 2011.4.7 大阪市
- 4) 須田英明 「Visual Information for Endodontic Treatment」 第 34 回中華牙医学会学術大会 2011.8.28 台中市 (台湾)
- 5) 和泉雄一. Er:YAG レーザーの臨床とエビデンス. デントライト・オペレーター・レーザーシンポジウム—エルビウムヤグレーザー・炭酸ガスレーザー—その臨床とエビデンス. 東京医科歯科大学, 2011.10.30
- H. 知的財産権の出願・登録状況
1. 特許取得 (特許出願)
- 1) 角 保徳、小澤総喜
歯科用OCT装置
PCT/JP2011/001518 平成 23 年 3 月 15 日出願
基礎出願：①特願 2010-059799、②特願 2010-059801、③特願 2010-090838
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし