

レーザー光・紫外線 LED 等を用いた新たな歯科疾患診断・治療機器の開発に関する研究
(29-3)

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（センター長）

研究要旨

3年間全体について

生体に無害な近赤外光を用いた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像を得ることができる最先端の医療撮像技術として、世界的に開発競争が行われている。OCTは、CTやMRIの数十倍の解像度を有する上に、臨床の現場で直ちに画像が確認でき、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。しかし、歯科用 OCT 画像診断機器（以下 歯科用 OCT）の開発やその臨床研究は世界的に少なく、口腔分野への応用の道が開ければパノラマエックス線装置以来の口腔領域の新たな画像診断機器として期待される。かかる背景の下、主任研究者は、当センターの中期計画に則り企業（秘密保持契約あり）および東京医科歯科大学、東京歯科大学をはじめとする各大学と産学官共同研究を系統的に行い、英文論文29論文など多くの研究成果を得た。さらに、本研究は「医療イノベーション5か年戦略」に該当し、産学官共同で歯科用 OCT の開発を進め、日本発・世界初の製品化を目指している。歯科用 OCT の開発は医薬品医療機器総合機構（以下 PMDA）に医療機器開発前相談および対面助言を行い、近い将来の製品化が視野に入っている。

発光 LED の新結晶素子開発は我が国が世界的に優位な最先端技術であり、天野 浩教授（平成26年ノーベル賞受賞）らにより開発された紫外線 LED の医療分野での応用に主任研究者は8年前より着目し、産学官共同研究にて、紫外線 LED 口腔治療装置の開発に着手し試作機を完成させた。歯科用 OCT を開発中に得た基礎技術を応用して、紫外線 LED 等を応用した根管内の滅菌・静菌、歯周ポケット内の滅菌・静菌、口腔癌治療等の治療等への応用を *in vitro* にて行い、その有効性を評価した。

本研究で主任研究者は国際特許4件、国内特許15件を出願し、国際特許成立1件、国内特許成立6件である。

2019年度について

2019年度には厚生労働省歯科保健課より歯科用 OCT を用いて歯周病の客観的評価の開発を依頼され、主任研究者は歯周病の評価に特化して研究開発を継続中である。特に、う蝕や歯周病の原因のみならず、誤嚥性肺炎や心内膜炎をはじめとする全身疾患の病因微生物

のリーダーとなることが報告されているプラーの新たな評価方法を開発し、日本、米国、欧州で特許出願成立し、中国で出願中である。さらに、IADR/AADR/CADR General Session & Exhibitionにて主任研究者が招待講演を行い、海外でも歯科用 OCT への関心が高く新規技術として期待されている。

紫外線 LED 口腔治療装置は、口腔のみならず医療全般に応用範囲が広い世界最先端技術であり、基礎研究および機器開発を遂行中であり、研究として論文を書くには極めて有効なテーマであるが、歯科口腔先端診療開発部の人員不足や主任研究者の定年（2年後）までの製品化は難しいと考え、来年度以降、研究範囲を縮小して研究を継続する予定である。

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長

分担研究者

1. 田上順次 東京医科歯科大学 教授
2. 青木 章 東京医科歯科大学 教授
3. 大槻昌幸 東京医科歯科大学 准教授
4. 島田康史 岡山大学 准教授
5. 柴原孝彦 東京歯科大学 教授（平成 29, 30 年度のみ）
6. 和田尚久 九州大学 教授（平成 29, 30 年度のみ）
7. 松下健二 国立長寿医療研究センター 部長（平成 29 年度のみ）
8. 中西速夫 愛知県がんセンター中央病院 医長（平成 29 年度のみ）

研究期間 2017 年 4 月 1 日～2020 年 3 月 31 日

A. 研究目的

主要国の高齢者人口比率の推移をみると各国とも高齢化は進展しているが、今や日本は世界に冠たる超高齢社会であり、このような社会構造の変化に医療も変革を余儀なくされる時代になった。超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には、生活習慣病の克服が挙げられる。生活習慣病の克服には、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。口腔領域の生活習慣病として歯周疾患やう蝕などがあり、これらの疾患は口腔機能低下をきたし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、高齢者の健康状態や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、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ている。

近年、生体医療用光学分野の進歩は著しく、その中でも新時代の医療用検査機器として光干渉断層画像診断法（OCT）が注目を浴びている。OCTは、生体に無害な近赤外レーザー光と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断層画像を高解像度で描出することが可能な最先端の画像撮像技術である。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ところは極めて大きい。また、内視鏡型 OCT、波長走査型 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な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関心は高まり、医療被曝に対する考え方にも大きく影響を与え、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）および米国ではCT検査により、米国で毎年発症する癌の約2%に相当する約2.9万人が癌になる計算であると報告されており、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。

OCTはその優れた特性から新たな医療用診断機器として注目を浴びており、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ている。しかし、「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、口腔領域でのOCTの臨床研究は、世界的に報告例が少ない。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、産学官連携により、新たな歯科用OCTの新規機器の開発を試み、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。本研究の第2の目的は、開発された歯科用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レジン充填の臨床診断、③口腔軟組織疾患診断、④歯周病診断、⑤プラークの評価、等に有効性があるかどうかを確認し、併せて歯科用OCT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。将来的には、産官学共同で歯科用OCT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。

なお、歯科用 OCT 開発の経緯は以下の通りである。

①平成 17 年の「会社四季報」に Santec(株)の「体断層を動画的に見る光レーザーの開発が進捗」という文言が目にとまった。光レーザーが口腔疾患の診断に使えないかと考え、Santec(株)にコンタクトし、OCT の基本技術の説明を受け、直ちに秘密保持契約を結び、研究開発を開始した。開発資金や技術の分担方法など困難な交渉を経て、平成 20 年には歯科用 OCT 試作機が当センターに導入された（右図）。



②平成 21 年にパナソニックヘルスケア(株)が歯科用 OCT の製品開発を行いたいとの申し出があり、平成 23 年には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が当センターに導入され、臨床評価を開始した（右図）。



パナソニック
ヘルスケア製

③24 年度中に目指した歯科用 OCT の薬事申請はパナソニック本社が 23 年度 7800 億円、24 年度 7650 億円の赤字を計上し、25 年秋にはパナソニックヘルスケア(株)が米国の投資会社 KKR に買収され、製品化は一時中断した。

④パナソニックヘルスケア(株)に代わる本邦企業（Y 社）と共同開発の交渉を行い、産官学共同で日本発、世界初の製品化に向けて開発することを合意した。

⑤Santec(株)社、パナソニック(株)社に加えて、平成 27 年 3 月、Y 社製の新規の歯科用 OCT が当センターへ導入され、臨床応用を開始した（右図）。



⑥Y 社製の日本発、世界初の製品化へ向けて、PMDA に医療機器開発前相談および対面助言を施行した。現在、Y 社および東京医科歯科大学を主体として PMDA との交渉を行い、近い将来の製品化が視野に入っている。

⑦平成 30 年度、令和元年度の厚生労働省歯科保健課の新規予算として、厚生労働省歯科保健課より歯科用 OCT を用いて歯周病の客観的評価の開発を依頼され、現在研究開発中である。

本研究班では、歯科用 OCT の開発に加えて、紫外線 LED 口腔治療装置の開発に着手した。発光 LED の新結晶素子開発は我が国が優位な世界的な最先端技術であり、歯科口腔先進医療開発センターでは名城大学赤崎 勇教授、名古屋大学天野 浩教授（平成 26 年ノーベル賞受賞）らにより開発された紫外線 LED にノーベル賞受賞前より注目し、紫外線 LED 口腔治療装置の開発を継続してきた。歯科用 OCT を開発中に得た基礎技術を応用して、紫外線 LED 等を応用した根管内の滅菌・静菌、歯周ポケット内の滅菌・静菌、口腔癌治療等の治療用機器の開発を合わせて開始し、試作機を完成させた。紫外線 LED 口腔治療装置は、口腔のみならず医療全般に応用範囲が広い世界最先端技術であり、基礎研究および機器開発を遂行中であり、研究として論文を書くには極めて有効なテーマであるが、歯科口腔先端診療開発部の人員不足や主任研究者の定年（2 年後）までの製品化は難しいと考え、来年度以降、研究範囲を縮小して研究を継続する予定である。

主任研究者らは、本研究の基本概念の特許を国際特許4件出願、国内特許15件を出願し、国際特許1件成立、国内特許6件成立している。これらの特許を生かし、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の実用化を目指している。

我が国は超高齢社会を迎え有病者が増加し、医薬品・医療機器のニーズの拡大が予想され、我が国の医薬品・医療機器産業は経済成長の牽引役へ導く可能性がある。本研究は、平成30年12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検討会報告書」のナショナルセンターの研究開発のあり方4項目のうち、②「国民の健康寿命の延伸や国民生活に影響の大きい疾患の病因・病態の解明、予防・診断・治療方法の確立」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、本研究は大学、ナショナルセンター等が連携したオールジャパンの研究連携体制を標榜する「医療イノベーション5か年戦略」（平成24年内閣府）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）

厚生労働省の人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に従う。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

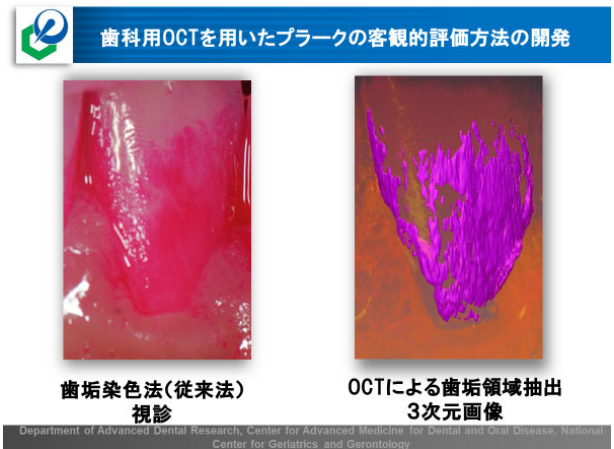
本研究班は、分担研究者が協力して以下の研究をそれぞれ独立して行っているために、B. 研究方法、C. 研究結果、D. 考察の項目については、研究ごとにまとめて記載する。

1. 歯科用OCTの基礎および臨床研究（田上順次、青木 章、島田康史、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進め、OCT の特性を生かした研究開発が行われ、日本発、世界初の製品化を目指している。以下に研究項目ごとの研究成果を記載する。

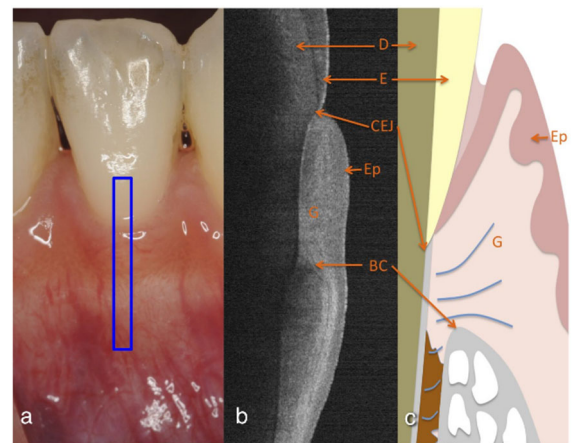
（1）歯科用 OCT を用いたプラークの定量方法の開発

プラークは歯蝕や歯周病の原因のみならず、誤嚥性肺炎や心内膜炎をはじめとする全身疾患の病因微生物のリザーバーとなることが報告されている。現在のプラークの評価方法は、歯垢染色液を使用して染色部位を目視で確認し付着面積の視診による評価で、客観性や再現性に乏しい。プラークは時間経過とともに厚みを増していくが、既存の検査方法ではこれを評価する方法がない。プラークはエックス線画像では観察不可能であるが、歯科用 OCT を応用することで、プラークの 3 次元の画像を得ることができた（右図）。新たな画像処理ソフトウェアを使用することでプラークの体積および面積を算出することができた。本発明は、日本、米国、欧州で特許出願成立し、中国で出願中である。今後、新しいプラークの評価方法として確立し、WHO での世界標準を目指す。



（2）歯科用 OCT の歯周病への応用

歯科用 OCT を応用することにより、エックス線 CT を撮影することなく生物学的幅径を測定することが可能であった。炎症歯肉には歯科用 OCT 像でも特徴があり、歯槽骨の位置を同定することが可能であった。歯科用 OCT は歯周治療の客観性をあげる 3 次元的な補助的診断装置として臨床応用できる可能性が示唆された。

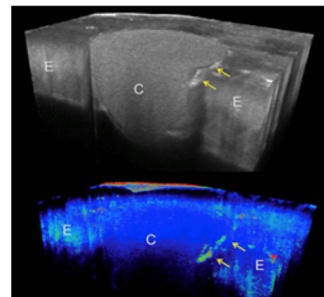


（3）コンポジットレジン界面ギャップのリアルタイム観察と 3D 定量解析

歯科用 OCT にて、エナメル質・象牙質界面を区別したギャップ定量解析、コンポジットレジンの重合挙動の 3D イメージングに成功した。

(4) 歯科用 OCT を用いたレジン界面の精査

コンポジットレジン修復界面ギャップや歯質亀裂の発生を歯科用 OCT にてリアルタイム観察・3次元定量解析を行った結果（右図）、ギャップ形成量にはセメント厚・プライマー処理・光照射前の待機時間すべてが有意に影響した。

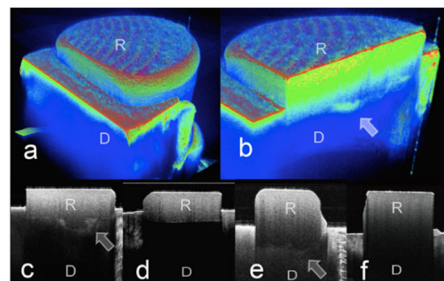


(5) 歯科用 OCT による接着修復窩縁部に生じたエナメル質亀裂の評価

亀裂の発生状況は窩洞形成の位置と窩壁面の接着処理によって異なっていた。従って CR 修復においてエナメル質窩縁を保護するためには接着処理方法の改良が望まれる。

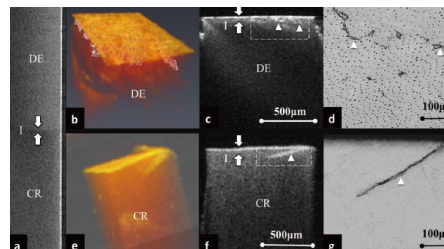
(6) レジン修復物下象牙質う蝕の 3D 診断

歯科用 OCT はデンタルエックス線写真よりも有意に高い感度、特異度、Az 値、陰性的中率を示した（右図）。歯科用 OCT はレジン修復物下の象牙質う蝕を検出することができ、デンタル X 線診査に代わる安全な診断法となる可能性が示唆された。



(7) 熱を加えた歯牙接着界面と機械的破壊の断層像

歯科用 OCT は熱を加えた接着界面での亀裂の形態などの内部破壊の検出に効果的であった（右図）。



(8) 歯科用 OCT を用いた乾燥・湿潤条件下での根面う蝕評価

歯科用 OCT を用いて根面う蝕を乾燥・湿潤条件下での光学的特性を比較した。

(9) う蝕／非う蝕白斑病変の再石灰化能：ICDAS と歯科用 OCT を用いた臨床評価

歯科用 OCT は浅い WSL の経時的な変化の観察に適していた。

(10) 象牙質部位とレジンライニングが微小引張り接着強さと内部破壊に及ぼす影響

歯科用 OCT を用いて象牙質部位とフローブルレジンライニングが微小引張り接着試験と内部破壊に及ぼす影響を評価した。

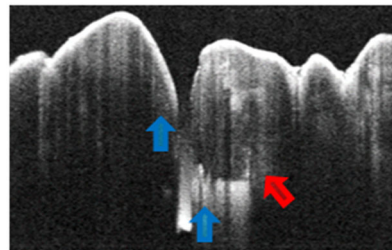
(11) C-factor がレジン修復の窩洞適合性に及ぼす影響

歯科用 OCT を用い、異なる条件下におけるレジン修復の界面ギャップ形成量や発生部位

の違いを非破壊的かつ経時的に比較検討した。

(12) 歯科用 OCT を用いた隣接面う蝕の 3D 診断

歯科用 OCT は隣接面う蝕を可視化でき、デジタルデンタルエックス線写真より象牙質まで病変の深さを推定できた（右図）。歯科用 OCT およびデンタル X 線写真の感度を算出した結果、歯科用 OCT にて優れた結果が得られ、有意差がみられた。



他に以下の研究を行った。

(13) シーラントのフッ素徐放性と脱灰抑制効果の比較

グライスイオノマー系シーランから徐放された Al_3^+ が F⁻ と結合し、脱灰抑制作用を最も強く発揮するフッ化物イオン濃度が減少したことによると推察された。

(14) 光照射時間がレジンの体積重合収縮率および微小引張り強さに及ぼす影響

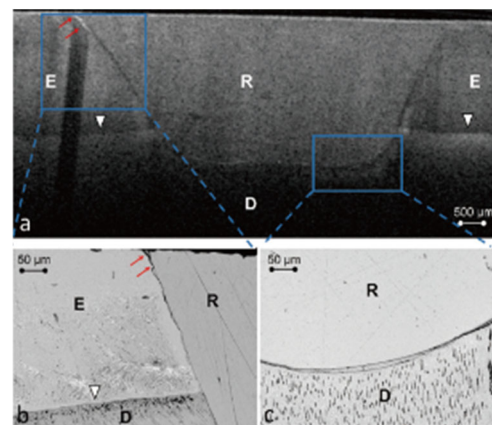
短い光照射時間ではコンポジットレジンの機械的性質の向上には繋がらないことが示唆された。

(15) セメントエナメル境形態の有病率と相違の観察

OCT 観察は何らかの症状を予防するための病院や自宅で処置が必要な小さな象牙質露出までも明らかにすることが判明した。

(16) 歯冠と歯根におけるコンポジットレジン修復窩洞適合性

歯科用 OCT は非破壊的にコンポジットレジン修復周囲の界面ギャップを検出することが可能であった（右図）。



(17) 脱灰した歯根表面におけるレジニンフィルトレーションの評価

歯頸部の硬組織と軟組織の保護と根面う蝕のさらなる脱灰に対する、修正されたプロトコルと研究が将来のレジニンフィルトレーションの適用に必要であると考えられた。

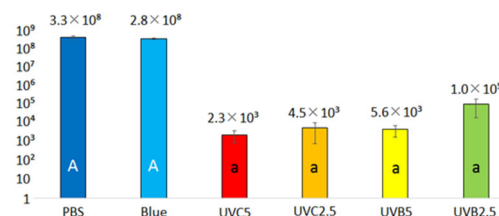
2. 紫外線 LED を用いた歯科治療用機器開発 (和田尚久、中西速夫、柴原孝彦、島田康史、大槻昌幸、松下健二、角 保徳)

名古屋大学・天野浩教授 (平成 26 年ノーベル賞受賞) により開発された紫外線 LED の医療応用への可能性に着眼し、主任研究者は平成 22 年 5 月、天野グループの S 社に紫外線 LED 口腔治療装置の共同開発を提案した。平成 27 年 6 月、天野浩教授と面談し、紫外線 LED 口腔治療装置の開発への協力の了解を得た (右上図)。本研究で開発した LED 光源による紫外線照射装置 (N 社製) は小型であり、口腔内で様々な波長の紫外線を照射することができる (右図)。従来の方法に比較し紫外線の強力な局所照射が可能となり、紫外線 LED 口腔治療装置は極めて有効な口腔内治療機器となる。紫外線 LED 口腔治療装置は、口腔のみならず医療全般に応用可能な世界最先端技術であるが、主任研究者の定年 (2 年後) までの製品化は困難と考え、本年度目処で開発を縮小して継続する予定である。



(1) 紫外線 LED の齶蝕病原性細菌への殺菌効果の評価

265nm および 310nm の紫外線を *S.mutans* ならびに *S.sobrinus* に照射した結果 (右図)、紫外線照射は齶蝕病原性細菌に殺菌効果を有することが示唆された。



(2) 紫外線 LED の健全歯質の透過性評価

紫外線を健全歯質を透過させて *S.mutans* に照射した結果、265nm および 310nm の紫外線照射は健全歯質を透過するとその殺菌効果が著しく減弱した。

(3) 紫外線 LED の脱灰象牙質の湿潤状態による透過性評価

脱灰象牙質に 265nm ならびに 310nm の紫外線を透過させて *S.mutans* に照射した結果、殺菌効果は dry の方が強い殺菌効果を示した。

(4) 紫外線 LED の脱灰条件の異なる象牙質における透過性評価

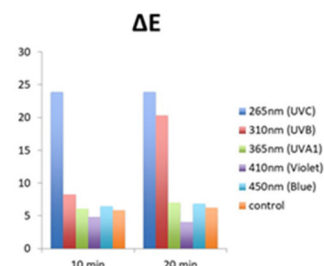
265nm ならびに 310nm の紫外線を脱灰した象牙質を透過させて *S.mutans* に照射した結果、310nm の紫外線の殺菌作用が期待できることが判明した。

(5) 紫外線 LED のコンポジットレジンならびにレジンセメントにおける透過性評価

265nm および 310 nm の紫外線の *S.mutans* に対する殺菌効果を評価した結果、コンポジットレジン透過した紫外線の殺菌効果は 265nm のほうが高くなることが予測された。

(6) 紫外線 LED の歯のホワイトニングへの応用

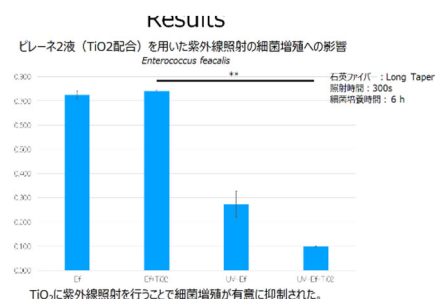
紫外線 LED 各種波長の紫外線の歯の漂白に及ぼす影響について評価するために、各種波長の紫外線および可視光線を照射して、経時的な漂白効果を評価した結果、生体への安全性を考慮すると、310nm の紫外線が有用であることが示唆された (右図)。



Time and light sources also significantly affected ΔE (p<0.05)

(7) 紫外線 LED の歯内療法への応用

模擬根管モデル内において触媒等の紫外線との併用効果を検討した結果、二酸化チタンを用いて根管内紫外線照射をすることで、殺菌効果が期待できた (右図)。



TiO₂に紫外線照射を行うことで細菌増殖が有意に抑制された。

(8) 紫外線 LED の歯周疾患への基礎研究 310nm

紫外線 LED 照射により、*P. gingivalis* および *S. mutans* 等の口腔バイオフィルムが殺菌されること、また歯肉上皮バリア機能が亢進することが考えられた。

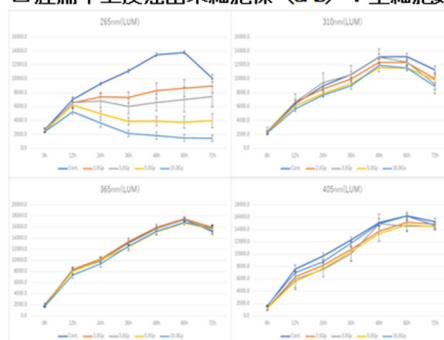
(9) 紫外線 LED の歯周病原菌と正常細胞への効果

各種歯周病原細菌の細菌浮遊液を用いて、波長 265、285、310、365、448nm の紫外線を照射した結果、波長 310nm の紫外線 LED は低出力で高い殺菌効果を示した。

(10) 紫外線 LED の培養口腔扁平上皮癌への応用

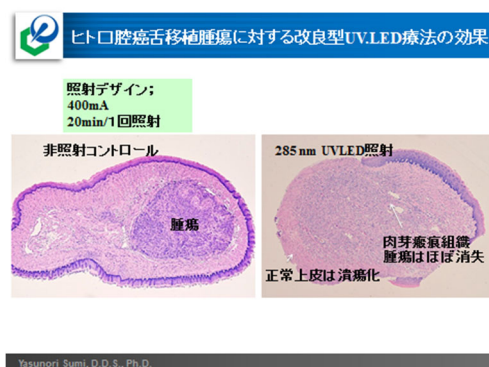
全く新しい口腔癌治療法として、紫外線 LED 照射の抗腫瘍効果について検討した結果、265nm の波長においてのみエネルギー量に依存した高度な細胞死が観察された (右図)。

口腔扁平上皮癌由来細胞株 (SAS) : 生細胞数



(11) 紫外線 LED のヌードマウス口腔癌への応用

口腔内治療用 265nm、285 nm、365 nm の 3 種類
の改良型試作機を作成し、in vitro、in vivo の紫外線
LED 照射実験の結果、285 nm UV が扁平上皮癌細胞
の増殖を最も強く抑制することを明らかにした
(右図)。



E. 結論

本研究班は、歯科用 OCT の開発を進め、う蝕、歯周病、ヒト口腔癌、口腔良性腫瘍、小唾液腺、義歯、レジン充填などの診断に OCT の有効性を報告してきた。現在、1974 年のパノラレントゲン装置の国産化以来の新たな歯科用画像診断機器として、日本発、世界初の新たな歯科用 OCT の製品化を目指している。

歯科用 OCT および紫外線 LED 口腔治療装置を口腔疾患診断や治療に導入することで期待できることとして、以下を挙げるができる。

- 1) 診断面においては、非侵襲下にて、歯周疾患診断、口腔硬組織・軟組織診断などが画像化・数値化でき客観性のある適切な診断が可能となり、医療水準向上への貢献が期待できる。
- 2) 診療面において、X 線のように為害作用がなく、チェアサイドで即時的にかつ頻繁に撮影することが可能であり、治療精度の向上が期待できる。
- 3) 健診面において、口腔内診査を行う歯科医師の主観に頼る歯科健診ではなく、客観性のある歯科健診システムを構築することができるようになる。
- 4) 歯科における患者の電離放射線被曝を伴う検査を減少させ、日本人の発癌の 3.2%を占めると言われる医原性発癌の減少が期待できる。
- 5) 患者へ画像情報を的確に提供でき、インフォームド・コンセントにも有効に利用することが可能となる。
- 6) 各種口腔疾患の早期客観的診断により早期治療が可能となり医療費の適正化にも寄与することが期待できる。
- 7) 紫外線 LED は、口腔のみならず医療全般に応用範囲が広い世界最先端技術であり、まずは口腔分野で機器開発を進める予定である。

このように歯科用 OCT および紫外線 LED 治療装置の開発は歯科医療において各種口腔疾患の診断・診療・健診に大きく貢献するものと期待され、製品化され普及すると歯科医療が大きく変わる可能性がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

2017 年度

- 1) Hayashi J, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y, Sadr A. Real-Time Imaging of Gap Progress during and after Composite Polymerization. *J Dent Res*. 2017 Aug;96(9):992-998.
- 2) Tabata T, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Assessment of enamel cracks at adhesive cavosurface margin using three-dimensional swept-source optical coherence tomography. *J Dent*. 2017 Jun;61:28-32.
- 3) Ei TZ, Shimada Y, Nakashima S, Romero MJRH, Sumi Y, Tagami J. Comparison of resin-based and glass ionomer sealants with regard to fluoride-release and anti-demineralization efficacy on adjacent unsealed enamel. *Dent Mater J*. 2018 Jan 30;37(1):104-112.
- 4) Hayashi J, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y, Sadr A. Real-Time Imaging of Gap Progress during and after Composite Polymerization. *J Dent Res*. 2017 Aug;96(9):992-998.
- 5) Tabata T, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Assessment of enamel cracks at adhesive cavosurface margin using three-dimensional swept-source optical coherence tomography. *J Dent*. 2017 Jun;61:28-32.
- 6) Zhou Y, Matin K, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Evaluation of resin infiltration on demineralized root surface: An in vitro study. *Dent Mater J*. 2017 Mar 31;36(2):195-204.
- 7) Segarra MS, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Three-Dimensional Analysis of Enamel Crack Behavior Using Optical Coherence Tomography. *J Dent Res*. 2017 Mar;96(3):308-314.

2018 年度

- 1) Matsuura C, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. 3D diagnosis of dentin caries beneath composite restorations using swept-source optical coherence tomography. *Dental Mater J*. 2018 Jul 29;37(4):642-649. doi: 10.4012/dmj.2017-252.
- 2) Fronza BM, Makishi P, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J, Giannini M. Evaluation of bulk-fill systems: microtensile bond strength and non-destructive imaging of marginal adaptation. *Braz Oral Res*. 2018 Aug 6;32:e80. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0080.
- 3) Zhou Y, Shimada Y, Matin K, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Assessment of root caries under wet and dry conditions using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dental Mater J*. 2018 Nov 30;37(6):880-888. doi: 10.4012/dmj.2017-273.
- 4) Luong MN, Shimada Y, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Cross-sectional imaging of tooth bonding interface after thermal stresses and mechanical fracture. *Dent Mater J*. 2018 Sep 30;37(5):754-760. doi: 10.4012/dmj.2017-289.
- 5) 島田康史, 中川寿一, 松浦千尋, サダルアリレザ, 中嶋省志, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. 光干渉断層計を用いた齲蝕の診断. *日本レーザー医学会誌*. 2018;39(1):19-27.

- 6) 島田康史, 今井加奈子, セガラミッシェル, 和田郁美, サダルアリレザ, 中嶋省志, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. 光干渉断層計を用いた歯の加齢的变化の非侵襲画像診断. 日本レーザー医学会誌. 2018;39(1):28-36.
- 7) Kitasako Y, Sadr A, Shimada Y, Ikeda M, Sumi Y, Tagami J. Remineralization capacity of carious and non-carious white spot lesions: clinical evaluation using ICDAS and SS-OCT. *Clin Oral Investig*. 2019 Feb;23(2):863-872. doi: 10.1007/s00784-018-2503-1.
- 8) Fronza BM, Makishi P, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J, Giannini M. Evaluation of bulk-fill systems: microtensile bond strength and non-destructive imaging of marginal adaptation. *Braz Oral Res*. 2018 Aug 6;32:e80.
- 9) Zhou Y, Shimada Y, Matin K, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Assessment of root caries under wet and dry conditions using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dent Mater J*. 2018 Nov 30;37(6):880-888.
- 10) Luong MN, Shimada Y, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Cross-sectional imaging of tooth bonding interface after thermal stresses and mechanical fracture. *Dent Mater J*. 2018 Sep 30;37(5):754-760.
- 11) Matsuura C, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Three-dimensional diagnosis of dentin caries beneath composite restorations using swept-source optical coherence tomography. *Dent Mater J*. 2018 Jul 29;37(4):642-649.
- 12) Ei TZ, Shimada Y, Nakashima S, Romero MJRH, Sumi Y, Tagami J. Comparison of resin-based and glass ionomer sealants with regard to fluoride-release and anti-demineralization efficacy on adjacent unsealed enamel. *Dent Mater J*. 2018 Jan 30;37(1):104-112.
- 13) Luong MN, Otsuki M, Shimada Y, Ei TZ, Sumi Y, Tagami J. Effect of lights with various wavelengths on bleaching by 30% hydrogen peroxide. *Lasers Med Sci*. 34: 90-906. 2018.
- 14) Kakizaki S, Aoki A, Tsubokawa M, Lin T, Mizutani K, Koshy G, Sadr A, Oda S, Sumi Y, Izumi Y. Observation and determination of periodontal tissue profile using optical coherence tomography. *J Periodontal Res* 2018;53:188-199.
- 15) Tsubokawa M, Aoki A, Kakizaki S, Taniguchi Y, Ejiri K, Mizutani K, Koshy G, Akizuki T, Oda S, Sumi Y, Izumi Y. In vitro and clinical evaluation of optical coherence tomography for the detection of subgingival calculus and root cementum. *J Oral Sci*. 2018 Sep 23;60(3):418-427.
- 16) 坪川 正樹, 青木 章, 柿崎 翔, 水谷 幸嗣, 角 保徳, 和泉 雄一 歯周治療における OCT の応用 レーザー医学会誌 総説 2018;39(1): 37-49.

2019 年度

- 1) Araveti SK, Hiraishi N, Kominami N, Otsuki M, Sumi Y, Yiu CKY, Tagami J. Swept-source optical coherence tomographic observation on prevalence and variations of cemento-enamel junction morphology. *Lasers Med Sci*. 2019 Jul 24. doi: 10.1007/s10103-019-02847-9. [Epub

ahead of print]

- 2) Luong MN, Otsuki M, Shimada Y, Ei TZ, Sumi Y, Tagami J. Effect of lights with various wavelengths on bleaching by 30% hydrogen peroxide. *Lasers Med Sci.* 2019 Jul;34(5):901-906. doi: 10.1007/s10103-018-2670-y.
- 3) 島田康史, 吉山昌宏, 田上順次, 角保徳. 光干渉断層計(OCT)による歯の疾患と加齢的変化の診断. *日本歯科医師会雑誌.* 2019; 72(2): 109-118.
- 4) Kusumasari C, Abdou A, Tichy A, Hatayama T, Hosaka K, Foxton RM, Wada T, Sumi Y, Nakajima M, Tagami J. Effect of smear layer deproteinization with chemo-mechanical caries removal agents on sealing performances of self-etch adhesives. *J Dent.* 2020 Mar; 94:103300. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103300.
- 5) Alshahni RZ, Shimada Y, Zhou Y, Yoshiyama M, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Cavity adaptation of composite restorations prepared at crown and root: Optical assessment using SS-OCT. *Dent Mater J.* 2019 Oct 2; 38(5): 779-789.
- 6) Kominami N, Shimada Y, Hosaka K, Luong MN, Yoshiyama M, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. The effect of flowable composite lining and dentin location on microtensile bond strength and internal fracture formation. *Dent Mater J.* 2019 Oct 2; 38(5): 798-805.
- 7) Ide K, Nakajima M, Hayashi J, Hosaka K, Ikeda M, Shimada Y, Foxton RM, Sumi Y, Tagami J. Effect of light-curing time on light-cure/post-cure volumetric polymerization shrinkage and regional ultimate tensile strength at different depths of bulk-fill resin composites. *Dent Mater J.* 2019 Jul 31;38(4):621-629.
- 8) Ei TZ, Shimada Y, Abdou A, Sadr A, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Three-dimensional assessment of proximal contact enamel using optical coherence tomography. *Dent Mater.* 2019 Apr;35(4):e74-e82.
- 9) Uchinuma S, Shimada Y, Matin K, Hosaka K, Yoshiyama M, Sumi Y, Tagami J. Effects of UVB and UVC irradiation on cariogenic bacteria in vitro. *Lasers Med Sci.* 2019 Jul;34(5):981-989.
- 10) Kitasako Y, Sadr A, Shimada Y, Ikeda M, Sumi Y, Tagami J. Remineralization capacity of carious and non-carious white spot lesions: clinical evaluation using ICDAS and SS-OCT. *Clin Oral Investig.* 2019 Feb;23(2):863-872.
- 11) 島田康史, 荒木和之, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. 波長掃引型光干渉断層計(SS-OCT)を用いた象牙質齲蝕診断の有用性 臼歯咬合面齲蝕と隣接面齲蝕の診断における画像特性の影響. *日本歯科保存学雑誌* 2019 (12月31日); 62(6): 296-303.

2. 学会発表

2017年度

- 1) Luong MN, Otsuki M, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J, 2017. Bleaching Effect of Light Sources with Various Wavelengths. 10th World Meeting of International Federation of Esthetic

- Dentistry (IFED), Toyama, Japan, September 14-16, 2017 (Poster presentation).
- 2) Matsuzaki K, Shinno Y, Yokoyama A, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. Optical assessment of dentin de/remineralization from a phosphate-based desensitizer using optical coherence tomography 日本歯科保存学会. 盛岡市. 2017年10月26-27日.
 - 3) Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. 3D imaging of dental caries using swept-source optical coherence tomography. 日本歯科保存学会. 盛岡市. 2017年10月26-27日.
 - 4) 神農泰生, 島田康史, 田上順次, 角保徳, 吉山昌宏. 漂白歯面変化のSS-OCT評価. 日本歯科保存学会. 盛岡市. 2017年10月26-27日.
 - 5) 横山章人, 島田康史, 山路公造, サダルアリレザ, 田上順次, 角保徳, 吉山昌宏. コンポジットレジン硬化前の汚染のSS-OCT評価. 日本歯科保存学会. 盛岡市. 2017年10月26-27日.
 - 6) Junji Tagami. Special Lecture “Application of SS-OCT to the research and clinic in cariology and operative dentistry.” OCT International Symposium. Okayama University, Okayama. November 30, 2017.
 - 7) Hayashi J, Takagaki T, Nikaido T, Tagami J, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y. 3D Assessment of Adhesive Resin Cement Gap Formation by SS-OCT. OCT International Symposium. Okayama. November 30, 2017.
 - 8) Shinno Y, Shimada Y, Matsuzaki K, Yokoyama A, Takahashi K, Nishimura M, Ishiwari A, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. Optical assessment of bleached enamel surface using SS-OCT. OCT International Symposium. Okayama. November 30, 2017.
 - 9) Matsuzaki K, Ohara N, Shibuya K, Shinno Y, Yamaji K, Yokoyama A, Ono S, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami T, Yoshiyama M. Optical analysis of dentin de/remineralization from a desensitizer using swept source optical coherence tomography. OCT International Symposium. Okayama. November 30, 2017.
 - 10) Yokoyama A, Shimada Y, Shinno Y, Matsuzaki K, Yamaji K, Terada M, Takao M, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. Assessment of surface contamination of uncured composite resin using SS-OCT. OCT International Symposium. Okayama. November 30, 2017.
 - 11) Shimada Y, Sinno Y, Matsuzaki M, Yokoyama A, Shibuya K, Okamura S, Nishiyama E, Ono S, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. 3D assessment of dental caries using SS-OCT. OCT International Symposium. Okayama. November 30, 2017.
 - 12) Thwe ZE, Shimada Y, Nakashima S, Sumi Y, Tagami J. Evaluation of Anti-Demineralization Potential of Fluoride-Releasing Sealants to Unsealed Enamel Surfaces by Optical Coherence Tomography. OCT International Symposium. Okayama. November 30, 2017.
 - 13) Segarra MS, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Analysis of enamel crack patterns on functional and non-functional areas of the teeth using 3-dimensional optical coherence tomography. OCT International Symposium, Okayama, Japan. November 30, 2017.

- 14) Zhou Y, Matin K, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Comparison of adhesive-composite combinations in resisting cariogenic debonding by swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). OCT International Symposium, Okayama, Japan. November 30, 2017.
- 15) Luong MN, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Resin-tooth bonding interface after thermal stresses and mechanical fracture: an optical coherence tomography study. OCT International Symposium Okayama, Okayama University Junko Fukutake Hall, November 30, 2017.
- 16) Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. 3D imaging of dental caries using swept-source optical coherence tomography. 日本歯科保存学会, 盛岡, 2017年10月26,27日.
- 17) Matsuzaki K, Shinno Y, Yokoyama A, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. Optical assessment of dentin de/remineralization from a phosphate-based desensitizer using optical coherence tomography 日本歯科保存学会, 盛岡, 2017年10月26,27日.
- 18) 横山章人、島田康史、山路公造、サダルアリレザ、田上順次、角保徳、吉山昌宏. コンポジットレジン硬化前の汚染の SS-OCT 評価. 日本歯科保存学会, 盛岡, 2017年10月26,27日.
- 19) 神農泰生、島田康史、田上順次、角保徳、吉山昌宏. 漂白歯面変化の SS-OCT 評価. 日本歯科保存学会, 盛岡, 2017年10月26,27日.
- 20) Segarra MS, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Analysis of Enamel Crack Patterns on Functional and Non-Functional Areas of the Teeth Using Three-Dimensional Optical Coherence Tomography. OCT International Symposium , Okayama, November 30, 2017.
- 21) Zhou Y, Matin K, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Comparison of adhesive-composite combinations in resisting cariogenic debonding by swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.
- 22) Hayashi J, Takagaki T, Nikaido T, Tagami J, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y. 3D Assessment of Adhesive Resin Cement Gap Formation by SS-OCT. OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.
- 23) Thwe ZE, Shimada Y, Nakashima S, Sumi Y, Tagami J. Evaluation of Anti-Demineralization Potential of Fluoride-Releasing Sealants to Unsealed Enamel Surfaces by Optical Coherence Tomography. OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.
- 24) Shinno Y, Shimada Y, Matsuzaki K, Yokoyama A, Takahashi K, Nishimura M, Ishiwari A, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. Optical assessment of bleached enamel surface using SS-OCT. OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.
- 25) Matsuzaki K, Ohara N, Shibuya K, Shinno Y, Yamaji K, Yokoyama A, Ono S, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami T, Yoshiyama M. Optical analysis of dentin de/remineralization from a desensitizer using swept-source optical coherence tomography. OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.
- 26) Yokoyama A, Shimada Y, Shinno Y, Matsuzaki K, Yamaji K, Terada M, Takao M, Sadr A, Sumi

Y, Tagami J, Yoshiyama M. Assessment of surface contamination of uncured composite resin using SS-OCT. OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.

- 27) Shimada Y, Sinno Y, Matsuzaki M, Yokoyama A, Shibuya K, Okamura S, Nishiyama E, Ono S, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. 3D assessment of dental caries using SS-OCT. OCT International Symposium, Okayama, November 30, 2017.
- 28) Luong MN, Otsuki M, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Bleaching effect of light sources with various wavelengths. IFED. 2017年9月13~16日. 富山市. ポスター発表

2018年度

- 1) Shimada Y, Hosaka K, Araki K, Sadr A, Miyazaki T, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. 3D diagnosis of proximal caries using swept-source optical coherence tomography. 96th IADR General Session, London, England, July 25-28, 2018.
- 2) Uchinuma S, Shimada Y, Matin K, Sumi Y, Tagami J. Effectiveness of an ultraviolet light-emitting diode (UV-LED) on cariogenic bacteria. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.
- 3) Zakzouk R, Shimada Y, Zhou Y, Yoshiyama M, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Cavity adaptation of composite restorations prepared at enamel surfaces and root dentin. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.
- 4) Zhou Y, Matin K, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Evaluating surface pre-etched glass ionomer filler containing materials against secondary caries. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.
- 5) 柏美砂, 林樹莉, 島田康史, Sadr Alireza, 吉山昌宏, 角保徳, 田上順次. C-factor が直接法コンポジットレジン修復の窩洞適合性に及ぼす影響. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第148回), 横浜, 2018年6月14-15日.
- 6) 神農奏生, 島田康史, 松崎久美子, 高橋圭, 横山章人, Sadr Alireza, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. 歯の色調と SS-OCT 解析データの相関. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第148回), 横浜, 2018年6月14-15日.
- 7) 松崎久美子, 横山章人, 高橋圭, 神農奏生, 大原直子, 島田康史, Sadr Alireza, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. SS-OCT を用いた象牙質知覚過敏抑制材の脱灰抑制効果の評価. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第148回), 横浜, 2018年6月14-15日.
- 8) 内沼茂樹, 島田康史, マティンカイルール, 荒牧音, 角保徳, 田上順次. LED 紫外線照射による光波長がう蝕原性細菌の殺菌効果に及ぼす影響. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第148回), 横浜, 2018年6月.
- 9) Shimada Y, Hosaka K, Araki K, Sadr A, Miyazaki T, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. 3D diagnosis of proximal caries using swept-source optical coherence tomography. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.

- 10) Uchiyama S, Shimada Y, Matin K, Sumi Y, Tagami J. Effectiveness of an ultraviolet light-emitting diode (UV-LED) on cariogenic bacteria. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.
- 11) Zhou Y, Matin K, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Evaluating surface pre-etched glass ionomer filler containing materials against secondary caries. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.
- 12) Zakzouk R, Shimada Y, Zhou Y, Yoshiyama M, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Cavity adaptation of composite restorations prepared at enamel surfaces and root dentin. 96th IADR General Session, London, July 25-28, 2018.
- 13) 柏美砂, 林樹莉, 島田康史, Sadr Alireza, 吉山昌宏, 角保徳, 田上順次. C-factor が直接法コンポジットレジン修復の窩洞適合性に及ぼす影響. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第 148 回), 横浜, 2018 年 6 月 14,15 日.
- 14) 松崎久美子, 横山章人, 高橋圭, 神農奏生, 大原直子, 島田康史, Sadr Alireza, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. SS-OCT を用いた象牙質知覚過敏抑制材の脱灰抑制効果の評価. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第 148 回), 横浜, 2018 年 6 月 14,15 日.
- 15) 神農奏生, 島田康史, 松崎久美子, 高橋圭, 横山章人, Sadr Alireza, 角保徳, 田上順次, 吉山昌宏. 歯の色調と SS-OCT 解析データの相関. 日本歯科保存学会春季学術大会 (第 148 回), 横浜, 2018 年 6 月 14,15 日.
- 16) 丹野友紀子, 西村美穂, 島田康史, 大槻昌幸, 田上順次. 各種波長の LED 光が低濃度過酸化水素を含有する歯科用漂白材の効果に及ぼす影響. 日本歯科審美学会学術大会. 2018 年 9 月 29, 30 日. 川越市.
- 17) 坪川正樹, 青木 章, 柿崎 翔, 水谷幸嗣, 角保徳, 和泉雄一. 歯科用 OCT 画像診断機器の歯周治療への応用 歯石・セメント質の新たな検出法. シンポジウム「歯科領域における光を応用した診断・治療とメカニズム」, 第 30 回日本レーザー治療学会学術集会, 東京, 2018.6.22-23.

2019 年度

- 1) unji Tagami. Keynote lecture “Application of SS-OCT to research and clinic in cariology and operative dentistry.” IADR Satellite Symposium: Application of Optical Coherence Tomography to Dental Clinic and Research. Vancouver Convention Centre West. June 18, 2019.
- 2) Shimada Y, Luong M, Hosaka K, Yamaji K, Araki K, Sadr A, Miyazaki T, Sumi Y, Tagami J, Yoshiyama M. Special lecture: Diagnosis of Unopened Occlusal Caries Using Swept-source Optical Coherence Tomography. 97th IADR General Session, Vancouver, June 19-22, 2019.
- 3) Junji Tagami. Invited lecture: Optical coherent tomography, the applications to research and clinic. King Abdulaziz University, the 5th international dental conference. The Ritz Carlton Jeddah, October 21,2019.

- 4) 坪川正樹, 柿崎 翔, 大杉勇人, 北中祐太郎, 水谷幸嗣, 角 保徳, 岩田隆紀, 青木 章.
OCTによるプラークの検出および定量. 第62回秋季日本歯周病学会学術大会, 小倉,
2019. 10. 25-26.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

国際特許登録

1. 角 保徳, 小澤総喜、権田洋平：歯垢、歯肉及び歯槽骨の計測表示方法及び計測表示装置 登録日：2019年4月9日 アメリカ特許番号：10251558
2. 角 保徳, 小澤総喜、権田洋平：歯垢、歯肉及び歯槽骨の計測表示方法及び計測表示装置 登録日：2017年6月23日 中国特許番号：ZL 2013 8 0038362.3

国内特許登録

1. 角 保徳, 小澤総喜：容器詰飲料 特許番号：特許第6422107号 登録日：平成30年10月26日
2. 角 保徳, 小澤総喜、権田洋平：歯垢、歯肉及び歯槽骨の計測表示方法及び計測表示装置 特許番号：特許第6177777号 登録日：平成29年7月21日

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし