

令和 4 年 8 月 24 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K10142

研究課題名(和文) Er:YAGレーザー堆積法を用いたTooth Wearの修復と進行抑制技術の開発

研究課題名(英文) Development of Tooth Wear Repair and Progress Restraint Method using Er:YAG Laser Deposition Technique

研究代表者

本津 茂樹 (Hontsu, Shigeki)

近畿大学・生物理工学部・名誉教授

研究者番号：40157102

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)：未だ治療法が確立されていないTooth Wearなどの第3の歯科疾患治療に対するEr:YAGパルスレーザーデポジション(Er:YAG-PLD)法の有用性について検討した。エナメル質欠損部をハイドロキシアパタイト(HAp)堆積膜で修復した結果、現在の治療に用いられるレジンより高い硬度で欠損を修復できることがわかった。また、エナメルクラックもHAp堆積膜によって封鎖できることもわかった。さらに、小窩裂溝のシーラントにも使用できることを確認した。最後に堆積膜をフッ素化することで高い耐酸性を示すことが明らかになった。以上の結果から、Er:YAG-PLD法のTooth Wearに対する有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

未だ治療法が確立されておらず、また進行抑制あるいは予防法に関する知見も少ないTooth wearなどの第3の歯科疾患に対して、口腔内で直接歯質上にHAp膜を堆積できるEr:YAG-PLD法という新規治療・抑制法が、歯質と同素材によるエナメル質の欠損部分の修復、エナメルクラック部分の封鎖、さらには小窩裂溝のシーラントまで応用できることがわかった。これらの結果からEr:YAG-PLD法がアンチエイジングとOOLの向上に寄与できることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The treatment for the third dental disease such as tooth wear has not been fully established yet. The purpose of the present study was to evaluate the usefulness of the newly developed Er:YAG pulsed laser deposition (Er:YAG-PLD) method for the treatment. It was found that the enamel defect was repaired with hydroxyapatite (HAp) membranes fabricated by the Er:YAG-PLD method. Its hardness was higher than that of the resin which is used in the current treatment. The HAp sedimentary membrane was also effective not only to block enamel cracks but also to use as a sealant for pit fissures. Furthermore, the acid resistance was improved by fluorinating the sedimentary film. The above results indicate that the Er:YAG-PLD method is extremely useful for the treatment of tooth wear.

研究分野：保存治療用歯科材料工学

キーワード：Tooth Wear エナメル質修復 Er:YAGレーザー ハイドロキシアパタイト

## 1. 研究開始当初の背景

エナメル質や象牙質に欠損を生じる Tooth Wear が、う蝕、歯周病に次ぐ第 3 の歯科疾患として世界的に話題を呼んでいる。すでに欧米においては臨床的研究が進展しつつあり、最近では Tooth Surface Loss (TSL: 歯質表面損失症候群) という非細菌性の表面歯質アパタイトの欠損を示す概念で学問的に体系づけられ、アンチエイジング歯学の指針の一つとして確立されつつある。TSL には咬耗・摩擦・酸蝕といったいわゆる Tooth Wear のほかに、咬合応力ひずみ(アブフラクション)によるエナメルクラックやくさび状欠損による歯根露出も含まれ、さらに漂白などの医療行為による医原性のものまで最近では注目されており、これらは超高齢社会に突入した日本はもちろんのこと、世界的にも深刻な問題となっている。しかしながら、これらの有効な治療法はまだ確立されておらず、また進行抑制や予防法に関する知見も少ないため、歯科医師との話し合いによる生活習慣との関連を検証し、咬耗に対しては歯ぎしりの治療にも用いられる硬ナイトガードや柔マウスピースを使用して歯を守り、また摩擦に対しては正しいブラッシング方法を歯科衛生士に指導してもらうしかない。さらに、酸蝕に対しては清涼飲料水やイオン飲料などをはじめワインやレモンのような酸性度の高い飲食物を過度に取りすぎないように注意して、定期メンテナンスの中で管理していくような対処法しかないのが現状である。特に重症の場合歯の治療に準じて薄くレジンで詰めたり被せたりする治療法が用いられるが、歯質と同素材による修復・一体化ではなく、またレジン特有のアレルギー反応や剥離・クラックの問題がある。このような状況の中で、歯質と同素材による早期の Tooth wear の修復や進行を抑制するための臨床的手法の確立が望まれている。

## 2. 研究の目的

未だ治療法が確立されておらず、進行抑制あるいは予防法に関する知見も少ない Tooth wear などの第 3 の歯科疾患に対して、新しく開発した口腔内で歯質に直接ハイドロキシアパタイト(HAp)膜を堆積できる Er:YAG パルスレーザー堆積(Er:YAG-PLD)法という新規治療法が有効であることを、本手法で歯質上に成膜した HAp 膜のエナメル質修復効果や耐酸性、さらには長期に亘る安定性について調べて明らかにすることを目的とし、最終的にはアンチエイジングと QOL の向上に寄与することである。

## 3. 研究の方法

本研究に用いた Er:YAG レーザーは Erwin AdvErl(モリタ製作所)である。コンタクトチップには C400F ストレイ型(改造型)を用い、アブレーション用ターゲットとしては HAp の前駆体である  $\alpha$ -リン酸三カルシウム( $\alpha$ -TCP)粉末(太平化学産業製)を約 30 MPa で直径 5mm、長さ約 7mm の円柱状に加圧形成したバルク体を用いた。図 1 に Er:YAG-PLD 成膜ユニットを示す。作製したターゲットをこのユニット先端に固定し、レーザーエネルギー 300 mJ、繰り返し速度 5~10 pps の条件で Er:YAG-PLD 法により成膜を行った。



図 1. Er:YAG-PLD 成膜ユニット

### 3-1. エナメル質の欠損部の修復

エナメル質の欠損モデルとして、ウシ抜去歯をレジン包埋した後、ダイヤモンドカッターで切断しエナメル質表面を露出させ、その後ミニルーターを用いて直径 1 mm、最大深さ約 1.3mm の小窩を形成したウシ歯エナメルディスクを用いた。レーザーエネルギー 300 mJ、繰り返し速度 10 pps の条件で Er:YAG-PLD 法により小窩上に成膜を行った。成膜前に、エナメル質上に pH 4.0 の第一リン酸カルシウム水溶液を塗布することで堆積膜がエナメル質と固着しやすいようにした。また、アブレーション効率を上げるためターゲットに純水を塗布してから成膜した。成膜時間は 5 秒で、これを 12~16 セット繰り返し行うことで小窩を完全に封鎖した。成膜後、人工唾液を塗布した滅菌ガーゼを小窩上に置き、その上から小児の咬合力とほぼ同等の力である 200 N をハンドプレス機により加えた。また、比較検討のために、成膜後の堆積膜に力を加えない試料も作製した。成膜後、試料を人工唾液中に浸漬させ、37 の恒温槽内に静置した。さらに、成膜 4 日後に耐水研磨紙 #2000 を用いて小窩部以外に余分に成膜された堆積膜を除去した。

堆積膜の評価法として、まず堆積膜の結晶性の変化を X 線回析装置(XRD)により評価した。続いて、ブラッシング試験を荷重 200 g, 90 strokes/min で 90 strokes の条件で行い、堆積膜の残存状況を確認した。その後、レジン包埋した試料をエナメル質表面に対して垂直方向にダイヤモンドカッターで切断し、堆積膜とエナメル質との界面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察し

た。また、堆積膜の硬度を評価するために、成膜 4 日後から 1 週間ごとにビッカース硬度試験を行った。

### 3-2. マイクロクラックの封鎖と修復

エナメル質に入る亀裂であるマイクロクラック(エナメルクラック)は亀裂からの細菌の侵入によるう蝕を発生させるため、クラックを封鎖・修復する必要があるが、未だ治療法は確立されていない。そこで Er:YAG-PLD 法がマイクロクラックに対して有用かどうかを評価した。まず、歯根部分を切除したウシ歯を鉄板の上に置き、重さ 250 g の円柱状の重りを高さ 15cm から 2 回落下させることによりマイクロクラックモデルを作製した。このマイクロクラック部に、前述 3-1 と同条件で Er:YAG-PLD 法を用いて HAp 膜を堆積した。クラック部の封鎖の評価は試料をレジン包埋した後に切断し、マイクロクラック部分の断面を SEM にて観察することにより行った。

### 3-3. エナメル質の小窩裂溝の封鎖と修復

小児臼歯の小窩裂溝部(臼歯部咬合面や頬側面などに生じるくぼみ)をレジンで封鎖し、う蝕から臼歯を保護するシーラントに代わり、Er:YAG-PLD 法で堆積した HAp 膜が使えるかどうかを検討した。本実験で使用したヒト歯臼歯は、大阪歯科大学の医の倫理委員会の承認を受けて使用した。臼歯の歯根部のみをレジン包埋して自立させ、Er:YAG-PLD 法により前述と同条件で HAp 膜を成膜し、小窩裂溝を封鎖した。封鎖後、膜の耐酸性を上げるために堆積膜の上にフルオール・ゼリー(9000ppm)を塗布した滅菌ガーゼを置き、その上から小児の咬合力とほぼ同等の力である 200 N をハンドプレス機により加えた後、人工唾液に浸漬させて 37 °C の恒温槽内で静置した。評価法として、堆積膜の辺縁封鎖性の確認を行った。まず、メチレンブルー水溶液(1.0 wt%)を成膜 4 日後の試料に滴下し、3 分後に純水で洗い流してから試料を乾燥させ、これをレジン包埋してダイヤモンドカッターを用いて試料を切断し、実体顕微鏡にて断面を観察することで、小窩裂溝内へのメチレンブルー水溶液の侵入状況を観測することで封鎖性を評価した。

### 3-4. 堆積膜の耐酸性の評価

サンドブラスト処理した直径 16 mm、厚さ 1 mm 純チタン基板に、レーザーエネルギー 300 mJ、繰り返し周波数は 5 Hz、一箇所 1 秒の成膜時間で膜厚がほぼ均一になるようにユニットを水平方向に移動させながら成膜を行った。その後、堆積した  $\alpha$ -TCP 膜を人工唾液に 2 日間浸漬し、HAp 膜に転移させた後、膜上に市販のフルオール・ゼリーを 1 分間塗布し、洗浄・乾燥させてフッ素化 HAp(F-HAp)膜とした。得られた膜をエネルギー分散型 X 線分光法(EDS)により成分分析を行った。HAp 膜と F-HAp 膜を pH 5.5 の 0.5M リン酸ナトリウム緩衝液に浸漬し、溶液中の Ca イオンの溶出量を高周波誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-AES)法を用いて測定することで、膜の耐酸性試験を行った。

## 4. 研究成果

### 4-1. エナメル質の欠損部の修復結果

図 2 に堆積膜の成膜直後から人工唾液に浸漬して 4 日目までの X 線回折パターンの相違を示す。人工唾液中に浸漬させた  $\alpha$ -TCP は浸漬 2 日経過後には  $\alpha$ -TCP のピークが消失し、HAp のピークのみになっていることが確認できる。この結果より、堆積膜は 2 日で HAp 膜に転化することがわかった。

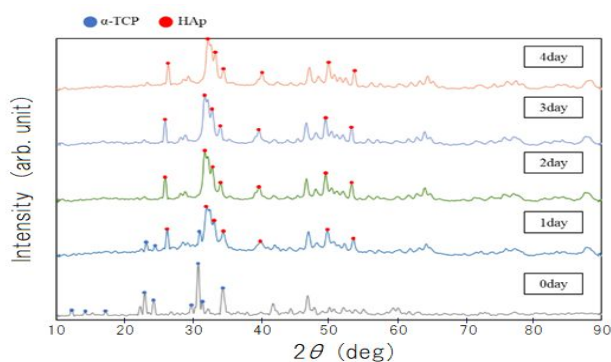


図 2. 堆積膜の X 線回折パターン

図 3 にエナメル質上に形成した小窩(a)

と Er:YAG-PLD 法による成膜 4 日後の加

圧した堆積膜と加圧しない堆積膜の小窩(b)、ブラッシング試験後の小窩(c)の観察結果を示す。

図より、堆積膜によって小窩が封鎖されていること、ブラッシング試験を行っても堆積膜は剥離していないことが確認できる。

図 4 と図 5 に加圧有無の試料の成膜直後と成膜 4 日後の断面 SEM 観察結果を示す。図より、加圧の有無に関係なく成膜直後も 4 日後も小窩に成膜した堆積膜は小窩を隙間なく封鎖していること、またエナメル質と堆積膜の境界の拡大図より、堆積膜が密にエナメル質に固着している



ことが確認できる。ただ、成膜直後では堆積膜の断面は $\alpha$ -TCP の粒形が確認できるほど粗いが、4 日後では $\alpha$ -TCP の粒形が確認できないほど堆積膜は滑らかになっている。この結果は、 $\alpha$

-TCP 膜が HAp に転化したことによると考えられる。次に、成膜 4 日後の加圧ありと加圧なしの結果について考察する。図 5 より加圧なしの堆積膜は層状に分かれていること、加圧ありの堆積膜は均一な様相であることがわかる。加圧なしの試料が層状になる理由として考えられることは、 $\alpha$ -TCP が HAp に転化する際、 $\alpha$ -TCP のカルシウムリンのモル比は  $Ca/P = 1.5$  であることに対し、HAp は  $Ca/P = 1.67$  であることから Ca が不足する。表層は人工唾液から Ca の供給を受けるが、小窩の中央部は人工唾液からの P および Ca の供給がされにくい。そのため、Ca の供給がされにくい小窩の内部では、上層部の $\alpha$ -TCP 膜から Ca をもらい受け HAp に転化すると考えられる。よって堆積膜の密度の低い箇所はさらに過疎になり層状になると考えられる。一方、加圧した場合においては堆積膜の密度が全体において均一であるため、 $Ca/P$  比の違いはあるものの、このような過疎過密部分が顕著に表れないためと考えられる。

図 6 に成膜 4 日以降のビッカース硬さ試験結果を示す。加圧した試料は、成膜 4 日目でビッカース硬度が 20 HV に超えている。一方、力を加えなかった試料は 20 HV に達するまで 28 日を要した。このような経過日数に対する硬度に違いがあるものの、どちらの試料も浸漬後から時間が経過するにつれて徐々に硬度が増加し、力を加えた試料は 91 日には 50 HV に達していることが確認できる。この値は歯科用レジンの硬度をはるかに上回っている。

#### 4.2 マイクロクラックの修復結果

図 7 にエナメル質の (a) マイクロクラックと (b) マイクロクラック上の堆積膜、

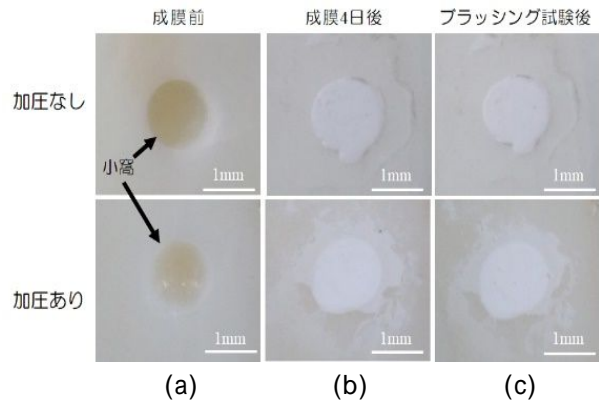


図 3. エナメル質上の小窩と小窩上の堆積膜

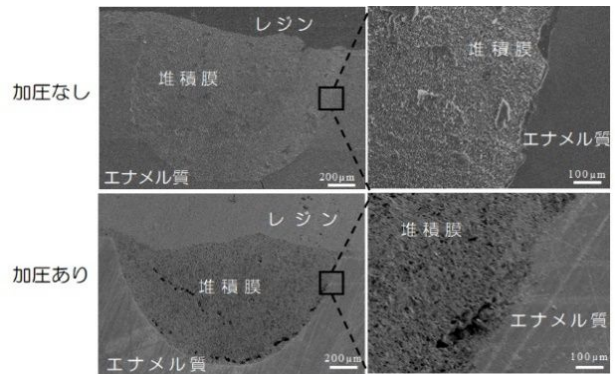


図 4. 成膜直後の加圧有無の堆積膜の断面 SEM 観察結果

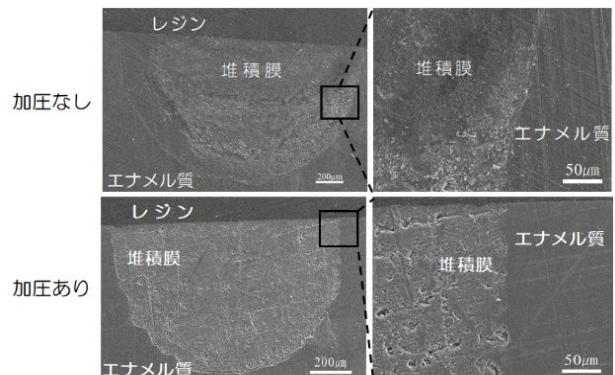


図 5. 成膜 4 日後の加圧有無の堆積膜の断面 SEM 観察結果

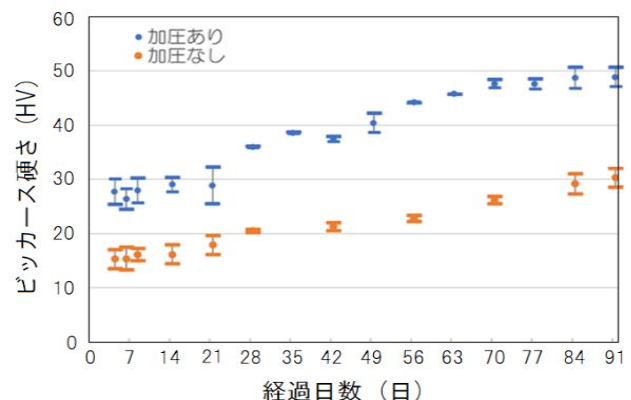


図 6. 堆積膜のビッカース硬さの経時変化

(c)クラックの部分の断面 SEM 観察結果を示す。(a)、(b)から堆積膜が歯質表面のクラック部分が確認できないところまで覆っていることが確認できる。また(c)の断面 SEM 観察結果より、堆積膜がクラックの表層から内部まで入り込んでいることも確認できる。この結果は HAp 膜を用いてマイクロクラックを修復・封鎖できることを示すものである。

#### 4.3 小窩裂溝への堆積結果

図 8 に (a) ヒト歯臼歯の小窩裂溝部分に堆積した膜と、(b)堆積膜で封鎖した小窩裂溝の断面の実態顕微鏡写真を示す。(a)より、実際のシーラントと同様に小窩裂溝が堆積膜によって覆われていることが確認できる。また図 (b) より、堆積膜がメチレンブルー水溶液の小窩裂溝への侵入を防いでいることが確認できる。この結果は、レジンなどの有機材料を用いない歯質と同素材による安全なシーラントが実現できることを示すものである。

#### 4-4. 堆積膜の耐酸性の評価

図 9 に HAp 膜と、フルオール・ゼリーによりフッ素化した F-HAp 膜の耐酸試験の結果を示す。図より、F-HAp 膜は堆積 3 日目で溶解しにくくなること、また F-HAp 膜は HAp 膜に比べ、約 2.5 倍の耐酸性を持つことがわかる。

#### 4-5. 研究成果のまとめ

Er:YAG-PLD 法によるエナメル質の欠損部分の修復結果として、現在の治療に用いられているレジンよりも高い硬度でエナメル質の欠損を修復できることがわかった。また、治療法が未だ確立されていないマイクロクラックさえ、Er:YAG-PLD 法による HAp 堆積膜によって修復できることがわかった。さらに、予防歯科である小窩裂溝のシーラントも Er:YAG-PLD 法で行えることを確認した。最後に耐酸性試験結果より、堆積膜をフッ素化することで高い耐酸性を示すことが明らかになった。以上の結果から、Er:YAG-PLD 法は Tooth Wear に対する歯質の修復・保存のための新規歯科治療として非常に有用であるといえる。

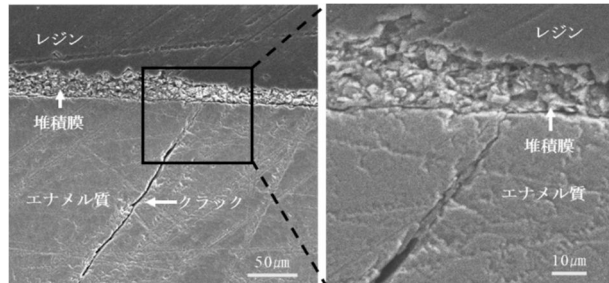
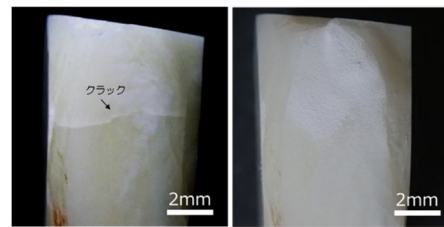


図 7. マイクロクラック修復結果

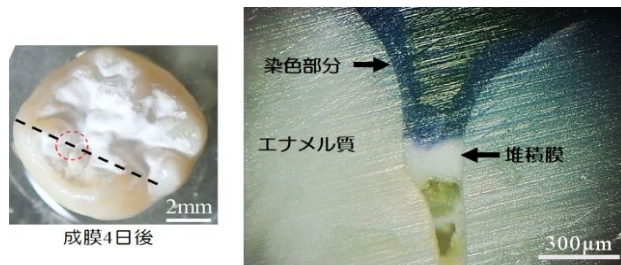


図 8. 小窩裂溝封鎖後の断面

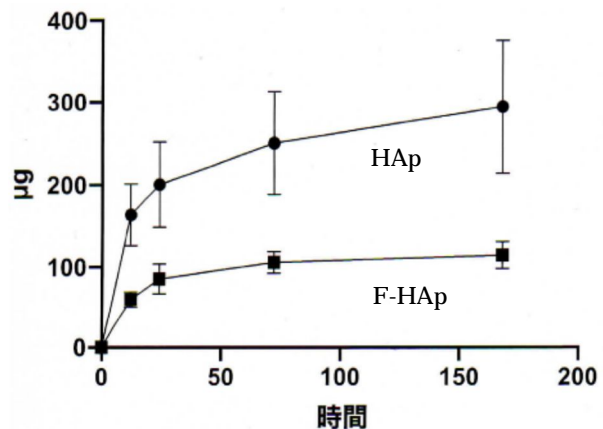


図 9. HAp 膜と F-HAp 膜の耐酸性試験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Chen Liji, Hontsu Shigeki, Komasa Satoshi, Yamamoto Ei, Hashimoto Yoshiya, Matsumoto Naoyuki	4. 巻 14
2. 論文標題 Hydroxyapatite Film Coating by Er:YAG Pulsed Laser Deposition Method for the Repair of Enamel Defects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 7475 ~ 7475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14237475	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ma Lin, Li Min, Komasa Satoshi, Yan Sifan, Yang Yuanyuan, Nishizaki Mariko, Chen Liji, Zeng Yuhao, Wang Xin, Yamamoto Ei, Hontsu Shigeki, Hashimoto Yoshiya, Okazaki Joji	4. 巻 15
2. 論文標題 Characterization of Hydroxyapatite Film Obtained by Er:YAG Pulsed Laser Deposition on Sandblasted Titanium: An In Vitro Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 2306 ~ 2306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma15062306	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 本津茂樹	4. 巻 Vol.26 No.3
2. 論文標題 レーザーを用いたハイドロキシアパタイト膜の形成とその歯科応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本歯科先端技術研究所学会誌	6. 最初と最後の頁 136-141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 本津茂樹	4. 巻 38(3)
2. 論文標題 Er:YAGレーザー堆積法によるハイドロキシアパタイト膜の形成とその歯科応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本歯科理工学会誌	6. 最初と最後の頁 153-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ei Yamamoto, Masahiro Nakazawa, Mizuki Hirai, Yoshiya Hashimoto, Shunsuke Baba	4. 巻 829
2. 論文標題 Cell adhesion ability of $\beta$ -tricalcium phosphate films formed on titanium substrates by an Er:YAG laser deposition method: Implications for management of peri-implant inflammation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Key Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 157-163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 南野智紀, 本津茂樹, 山本衛, 橋本典也
2. 発表標題 Er:YAGレーザーでポジション法によって堆積されたHAp小窩填塞膜の機械的特性
3. 学会等名 第75回日本歯科理工学会 (春期) 学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 陳麗吉, 本津茂樹, 小正聡, 橋本典也, 松本尚之
2. 発表標題 Er:YAGレーザーアブレーション法によるエナメル質上へのアパタイト膜の直接形成
3. 学会等名 日本歯科理工学会 近畿・中四国地方会 令和2 年度冬期セミナー (併催: 第76 回日本歯科理工学会学術講演会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南野智紀, 平井瑞樹, 橋本典也, 吉川一志, 本津茂樹
2. 発表標題 Er:YAGレーザーデポジション法を用いたエナメル質の修復
3. 学会等名 第73回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南野智紀, 平井瑞樹, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹
2. 発表標題 Er:YAGレーザーハイドロキシアパタイト膜堆積法によるエナメル質小窩の修復
3. 学会等名 第150回日本歯科保存学会2019年度春季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南野智紀, 西川博昭, 本津茂樹
2. 発表標題 Er:YAGレーザー膜堆積法で作製されたアパタイト膜の硬さの評価
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第14回若手研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本津茂樹
2. 発表標題 レーザーを用いたハイドロキシアパタイト膜の形成とその歯科応用
3. 学会等名 第31回レーザー歯学会総会・学術大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Minamino, Ei Yamamoto, Nobuhiro Kato, Hiroaki Nishikawa, Shigeki Hontsu
2. 発表標題 Repair of enamel pits using Er:YAG laser film deposition method
3. 学会等名 The First Asian Pacific Division of the World Federation for Laser Dentistry Conference 2019
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Ei Yamamoto, Mizuki Hirai, Tomoki Minamino, Yoshiya Hashimoto, Shunsuke Baba, Shigeki Hontsu
2. 発表標題 Fabrication of Alpha-Tricalcium Phosphate Films on Sand-Blasted with Large Grit and Acid-Etched Titanium Implant Surfaces Using an Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet Laser Deposition Method
3. 学会等名 The First Asian Pacific Division of the World Federation for Laser Dentistry Conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本津茂樹, 山本衛
2. 発表標題 Er:YAG レーザーを用いたアパタイト膜によるエナメル質欠損の修復
3. 学会等名 第10回バイオインテグレーション学会 学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 陳麗吉, 本津茂樹, 小正聡, 山本衛, 橋本典也, 松本尚之
2. 発表標題 エナメル質欠損修復のためのEr:YAG パルスレーザーデポジションによるハイドロキシアパタイト成膜
3. 学会等名 第78回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本津茂樹, 橋本典也, 村上直也, 九鬼ゆり, 上住隆仁, 瀬尾仁志, 祁業鈞, 馬場俊輔
2. 発表標題 Er:YAGレーザーデポジション法によるインプラント表面へのバイオインテグレーション能付
3. 学会等名 日本口腔インプラント学会 第41回近畿・北陸支部学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本津茂樹
2. 発表標題 パルスレーザーデポジション法により作製したハイドロキシアパタイト膜によるエナメル質の修復・保存
3. 学会等名 日本歯科理工学会 近畿・中四国地方会 令和3年度冬期セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陳麗吉, 本津茂樹, 小正 聡, 橋本典也
2. 発表標題 Er:YAG-PLDによるフッ素化アパタイト膜の作製
3. 学会等名 第79回日本歯科理工学会学術講演会 令和4年度春季
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	吉川 一志  (Yoshikawa Kazushi)		
研究協力者	山本 衛  (Yamamoto Ei)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------