

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：34401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K10348

研究課題名(和文)次世代の人工骨「積層造形チタン」への骨形成能最適化を目指した表面処理法の研究

研究課題名(英文)What is the suitable chemical treatment for the next generation artificial titanium bone.

研究代表者

植野 高章 (UENO, TAKAAKI)

大阪医科薬科大学・医学部・教授

研究者番号：60252996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：3Dプリンター技術を応用した積層造形技術は純チタン粒子からチタン製人工骨を自由な形に作り出すことを可能にすることから、医療機器作製への応用が期待されている。積層造形チタン人工骨が臨床応用されれば広範な骨欠損など硬組織再建において、腓骨・肩甲骨などの大きな骨からのドナー採取が不要となり再建手術の侵襲軽減に大きく貢献できる。この申請課題では申請者がすでに実用化に向けて開発を進めている積層造形チタン人工骨表面に、小久保・山口らが開発した混酸・加熱処理を施し、チタン表面の微細構造ホール形状(=多孔性)を変化させ骨形成のための混酸・加熱処理の最適化条件を解明、実用化に向けた最終的研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

顎顔面領域の腫瘍や外傷で生じた骨欠損は患者の機能・審美障害を引き起こすため骨再建術は不可欠な治療法である。しかし、骨再建手術には移植骨として肩甲骨や腓骨から広範囲に組織を採取し欠損部に適合した形態に整える必要がある。この移植骨採取に伴う採取部位の二次的外科侵襲や採取骨量の限界、採取した骨を欠損部形態に適合させるための多大な労力などの解決が今後の再建医療の課題とされている。われわれはこの課題を解決するために、新たな医療マテリアルとして3Dプリンター技術を応用したチタン粒子からなる積層造形技術を用い骨欠損部の形態に適合するカスタムメイド自由造形チタン人工骨の開発を行っている。

研究成果の概要(英文)：We evaluated additive manufacturing titanium artificial bone(AMTAB) implanted into rat cranial bone defect. AMTAB will be introduced to cranio-maxillo-facial bone reconstruction without bending and adapting the fix plate. We also found the mixed-acid and heated treatment increase the potential of bone formation in vitro. However, this potential has not been clarified in vivo. In the present study, we implanted mixed-acid and heated AMTAB into the rat cranial bone defect and evaluated bone formation radiographically and histologically. Resulting, the mixed-acid and heated AMTA showed remarkable bone formation. The mixed-acid and heated treatment on the additive manufacturing titanium surface seemed to be effective in the animal body.

研究分野： 口腔外科学

キーワード：チタン 顎再建 フルカスタムデバイス 積層造形 表面処理 混酸・加熱

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

3D プリンター技術を応用した積層造形技術は純チタン粒子からチタン製人工骨を自由な形に作り出すことを可能にすることから、医療機器作製への応用が期待されている。積層造形チタン人工骨が臨床応用されれば広範な骨欠損など硬組織再建において、腓骨・肩甲骨などの大きな骨からのドナー採取が不要となり再建手術の侵襲軽減に大きく貢献できる。この研究課題では研究代表者らがすでに実用化に向けて開発を進めている積層造形チタン人工骨表面に、小久保・山口らが開発した混酸・加熱(=H₂SO₄・HCL)処理を施し、チタン表面の微細構造ホール形状(=多孔性)を変化させ骨形成のための混酸・加熱処理の最適化条件を解明、実用化に向けた最終的研究を行う。

顎顔面領域の腫瘍や外傷で生じた骨欠損は患者の機能・審美障害を引き起こすため、骨再建は不可欠な治療法である。しかし、骨再建手術には移植骨として肩甲骨や腓骨から広範囲に組織を採取し、欠損部に適合した形態に整える必要がある。この移植骨採取に伴う採取部位の二次的外科侵襲や採取骨量の限界、採取した骨を欠損部形態に適合させるための多大な労力などの解決が今後の課題とされている。われわれはこの問題を解決するため、新たな医療マテリアルとして 3D プリンター技術を応用した積層造形技術を用い骨欠損部の形態に適合するカスタムメイド自由造形チタン人工骨の開発を行っている。2017 年にはヒト顎骨での骨造成術に初めて積層造形チタンメッシュを使用しその有効性を報告した(K. Inoue, T. Ueno. et. al., *Implant Dentistry* 2018)。この積層チタン人工骨に共同研究者: 山口(S. Yamaguchi, *Acta Biomaterial* 2016)らが開発した混酸・加熱処理を施すことで、従来处理法に比べ飛躍的に高い骨形成能をラット骨欠損モデルで証明(K. Yamamoto, T. Ueno, et. al. *RAS Advance* 2018、植野、チタン 2018)し、実用化に向けた高精度な人工骨開発を行っている。

積層造形チタン人工骨は、患者 CT データからほぼ欠損形態に精密に適合した状態に作製でき、臨床応用した場合の素材強度などについても国内のみならず欧米でも急激な臨床実用化が進みつつある。しかし、積層造形チタン表面への骨結合処理に関する研究はほとんどなされておらず不明な点が多い。この研究課題では積層造形チタン人工骨により高い骨形成能を有するための混酸・加熱処理の最適条件を決めることを学術的な問いとして研究を実施した。

2. 研究の目的

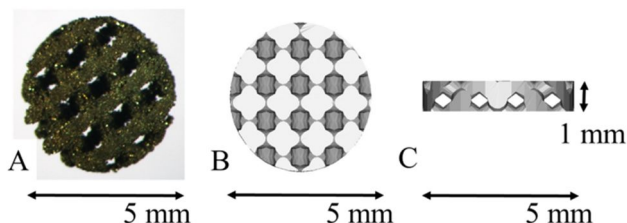
人工骨に実用想定範囲の条件で 3 種類の混酸・加熱 処理を施し、生体内の骨欠損部に埋植しチタン周囲の組織学的・X 線学的に骨形成過程の観察を行い、最も骨形成が高い処理条件を明らかにする。その結果を骨結合型積層造形チタン人工骨の臨床応用化における最適な表面処理法とする。過去に生体内で混酸・加熱処理をした積層造形チタンが骨形成能を飛躍的に向上させることを解明した報告は、知る得る限りではわれわれが初めである。またヒトでの複数例の臨床応用を報告(A. Ochi, T. Ueno, et. al., 24th EACMFS CONGRESS、ミュンヘン、2018.、K. Inoue, T. Ueno, et al., *Implant Dentistry* 2018)も世界に先駆けて行ってきた。このように本研究は国内外において、他の追従を許さない独創性の高い研究である。この自由造形チタンに混酸・加熱処理を施し骨形成能を向上させる発案は申請者ら独自のものであり特許出願(特願 2018-149414)を行なっている。

われわれは、過去の研究において無処理の積層造形チタン人工骨がラット頭蓋骨欠損において骨と一体化することを組織学的に確認している。この研究で明らかにすることは、積層造形チタン人工骨表面に混酸・加熱処理の条件を変えてチタン表面の骨形成能の最適条件を X 線学的、組織学的に解明することである。この成果は、われわれが着手している積層造形チタン人工骨実用化の研究の中で最も重要な実用データの一つとなる。

3. 研究の方法

研究概略: 積層造形チタン人工骨に先行研究から骨形成能が最も高いことを証明した混酸・加熱処理を施し処理温度を変えることで骨形成能に変化を与え組織学的・X線学的な評価より最適な処理条件を明らかにする。

【チタン人工骨の作製】ラット頭蓋骨欠損部(骨欠損はテンプレートを用いて均一に作製)に適合した積層造形チタン人工骨を作製する。チタン人工骨の基本デザインは先行研究で使用したタイプを使用する。



【混酸・加熱処理によるチタン表面処理】過去のわれわれの報告に従い、積層造形チタン人工骨に混酸・加熱処理を施しチタン表面の超微細構造に変化を与え、埋植する人工骨を作製する。表面多孔質のホール形状は処理温度を変化させることで調整する(擬似体液を用いた予備実験で60~80 [10 上昇で反応は2倍]この間のアパタイト結晶沈着が最適であることから設定した。) Group1: 66.3% H₂SO₄・10.6% 60 60分、Group2: 66.3% H₂SO₄・10.6% 70 60分、Group3: 66.3% H₂SO₄・10.6% 80 60分 Group4: 無処理(コントロール)

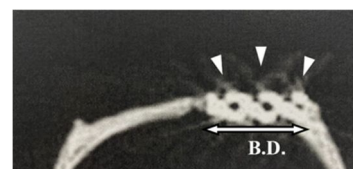
【埋植実験と観察方法】

7週齢(雄)Sprague Dawley (以下SD)ラットを使用する。皮膚骨膜切開から頭蓋骨を明示し直径5 mmの脳硬膜に至る円柱状の骨欠損を作製する。積層造形チタン人工骨(直径5mm×高さ1mm 穴径0.4mm 支柱径0.5mm)を骨欠損部に埋植する。埋植人工骨が骨欠損部でゆるみがないことを十分に確認して骨膜皮膚縫合を行い、創部を閉鎖する。コントロールを非埋植群とする。手術後4、8週後に安楽死をさせ組織摘出を行う。観察方法は、マイクロCTにより骨形成過程を経時的に観察し、非脱灰研磨標本(トルイジンブルー・V. Goldner 染色)で、骨形成過程の組織学的観察を行なう。

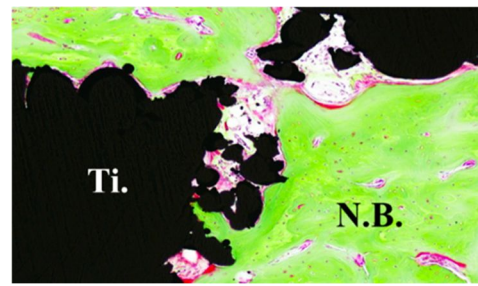
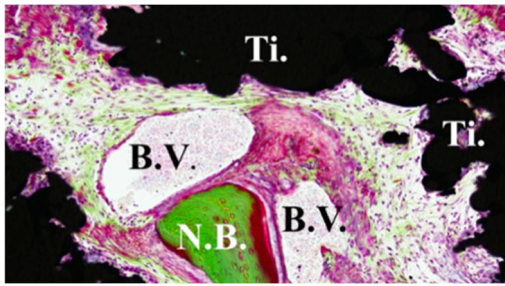
【実験結果からチタン表面処理の微細構造最適化の評価】骨形成の評価は、マイクロCTと組織学的評価を行う。組織評価・画像解析は骨欠損部中心面におけるチタン人工骨を含む観察領域内の形成骨/骨欠損部(=%)として骨占有率を比較し Mann-Whitney U-test で統計解析を行い最適な混酸・加熱処理条件を決定する。また並行して臨床使用基本デザイン設計法を検証する。

4. 研究成果

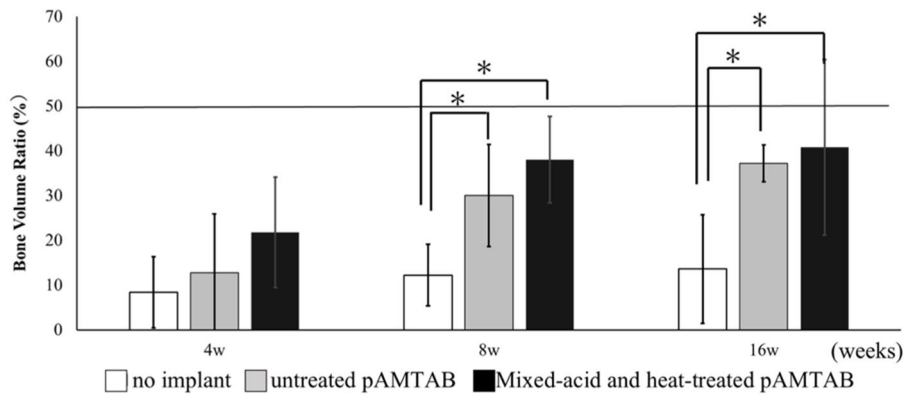
積層造形チタン人工骨を埋入したラット頭蓋骨を4、8週目に摘出を行った。マイクロCTにおいて埋入されたチタン人工骨周囲の観察を行った(右図)。その結果、欠損部にチタン人工骨がしっかりと固定されている様子が観察された(全群で観察、BD=骨欠損)。



非脱灰研磨標本ではコントロール群においては若干の形成骨、血管は観察されるもののインプラント周囲との結合は見られなかった。一方、混酸・加熱処理群においては、混酸・加熱処理によると思われるチタン表面に強い凹凸が観察された。処理されたチタン表面には活発な骨形成が観察され強固なチタンとの結合が見られた。また、チタン表面には骨芽細胞様細胞も多数観察された(下図、左コントロール群、右混酸・加熱処理群、Ti=チタン人工骨、N.B.=新生骨、B.V.=血管)。



骨の形成は両群で経時的に増加した。特に混酸・加熱処理群では骨形成は高い様子が観察された（下図）。



以上のことから、積層造形チタン人工骨は混酸・加熱処理において生体内骨欠損部で高い骨形成能を示すことが観察された。

以上の成果を国内外の学会で発表し国際誌での報告を研究期間に行うことができた。

【追記】今回は新型コロナ感染拡大防止のため密を避けるために少人数で可能な回数の埋植実験となり当初計画したさまざまな骨条件での骨形成能を比較検証するにはいたらなかったが積層造形チタン人工骨に混酸・加熱処理が高い骨形成能を持つことを生体内で明らかにできたことの意義は大きい。さらに表面性状最適化や人工骨内の微細構造最適化などに向けた研究を実施していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nahoko Kato-Kogoe, Shoichi Sakaguchi, Kuniyasu Kamiya, Michi Omori, Yan-Hong Gu, Yuri Ito, Shota Nakamura, Takashi Nakano, Junko Tamaki, Takaaki Ueno, Masaaki Hoshiga.	4. 巻 29
2. 論文標題 Characterization of Salivary Microbiota in Patients with Atherosclerotic Cardiovascular Disease: A Case-Control Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J Atheroscler Thromb	6. 最初と最後の頁 403-421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5551/jat.60608.	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 Michi Omori, Nahoko Kato-Kogoe, Shoichi Sakaguchi, Kuniyasu Kamiya, Nozomu Fukui, Yan-Hong Gu, Shota Nakamura, Takashi Nakano, Masaaki Hoshiga, Akihisa Imagawa, Chee Hoe Kit, Junko Tamaki, Takaaki Ueno.	4. 巻 26
2. 論文標題 Characterization of salivary microbiota in elderly patients with type 2 diabetes mellitus: a matched case-control study.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Clin Oral Investig.	6. 最初と最後の頁 493-504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00784-021-04027-y.	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 Keisuke Matsumoto, Takamitsu Mano, Kazuya Inoue, Kayoko Yamamoto, Naoko Imagawa, Ayaka Takahashi and Takaaki Ueno.	4. 巻 31
2. 論文標題 Investigation of Implant Stability Quotient Values of Dental Implants Placed in Vascularized Bone Grafts.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hard Tissue Biology	6. 最初と最後の頁 55-58
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 Naoko Imagawa, Kazuya Inoue, Keisuke Matsumoto, Michi Omori, Kayoko Yamamoto, Yoichiro Nakajima, Nahoko Kato-Kogoe, Hiroyuki Nakano, Phuc Thi Minh Le, Seiji Yamaguchi, Takaaki Ueno.	4. 巻 5360
2. 論文標題 Histological Evaluation of Porous Additive-Manufacturing Titanium Artificial Bone in Rat Calvarial Bone Defects.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials.	6. 最初と最後の頁 14-18
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 Ayano Ogura, Seiji Yamaguchi, Phuc Thi Minh Le, Kayoko Yamamoto, Michi Omori, Kazuya Inoue, Nahoko Kato-Kogoe, Yoichiro Nakajima, Hiroyuki Nakano, Takaaki Ueno, Tomohiro Yamada and Yoshihide Mori.	4. 巻 110
2. 論文標題 The effect of simple heat treatment on apatite formation on grit-blasted/acid-etched dental Ti implants already in clinical use.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research: Part B - Applied Biomaterials.	6. 最初と最後の頁 392-402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm.b.34915	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 井上和也, 中島世市郎, 中野旬之, 植野高章.	4. 巻 39
2. 論文標題 オスフェリオンDENTALの臨床使用.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本歯科理工学会誌.	6. 最初と最後の頁 29-32
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 Naoko Imagawa, Nahoko Kato-Kogoe, Kei Suzuki, Michi Omori, Kazuya Inoue, Hiroyuki Nakano, Kuniyasu Kamiya, Satoyo Ikehara, Masaaki Hoshiga, Junko Tamaki, Ryo Kawata, Takaaki Ueno.	4. 巻 29
2. 論文標題 Relationship Between Oral Function and Occlusal Bite Force in the Elderly.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Hard Tissue Biology.	6. 最初と最後の頁 165-168
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 Keisuke Matsumoto, Kazuya Inoue, Naoko Imagawa, Yoichiro Nakajima, Hiroyuki Nakano, Takaaki Ueno.	4. 巻 29
2. 論文標題 Examination of Factor to Influence Dental Implant Stability Quotient Change. Journal of Hard Tissue Biology. 29(2): 131-134. 2020.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Hard Tissue Biology.	6. 最初と最後の頁 131-134
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 Naoko Imagawa, Kazuya Inoue, Keisuke Matsumoto, Ayako Ochi, Michi Omori, Kayoko Yamamoto, Yoichiro Nakajima, Nahoko Kato-Kogoe, Hiroyuki Nakano, Tomiharu Matsushita, Seiji Yamaguchi, Phuc Thi Minh Le, Shinpei Maruyama, Takaaki Ueno.	4. 巻 13
2. 論文標題 Mechanical, Histological, and Scanning Electron Microscopy Study of the Effect of Mixed-Acid and Heat Treatment on Additive-Manufactured Titanium Plates on Bonding to the Bone Surface.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials. 2020; 13(22): e5104.	6. 最初と最後の頁 e5104
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 Takashi Nuri, Koichi Ueda, Hiroyuki Iwanaga, Yuki Otsuki, Yoichiro Nakajima, Takaaki Ueno, Ryo Kawata.	4. 巻 39(8)
2. 論文標題 Microsurgical mandibular reconstruction using a resin surgical guide combined with a metal reconstructive plate.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microsurgery	6. 最初と最後の頁 696-703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/micr.30465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kei Suzuki, Hiroyuki Nakano, Kazuya Inoue, Yoichiro Nakajima, Sho Mizobuchi, Michi Omori, Nahoko Kato-Kogoe, Katsuaki Mishima, Takaaki Ueno. :	4. 巻 2020
2. 論文標題 Examination of new parameters for sex determination of mandible using Japanese computer tomography data.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dentomaxillofacial Radiology	6. 最初と最後の頁 41-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1259/dmfr20190282	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Kazuya Inoue, Hiroyuki Nakano, Kei Suzuki, Michi Omori, Naoko Imagawa, Kayoko Yamamoto, Nahoko Kato-Kogoe, Yoichiro Nakajima, Takaaki Ueno.
2. 発表標題 Evaluation of the stability of dental implants embedded in reconstructed bone using the Implant Stability Quotient.
3. 学会等名 The 25th Congress of the European Association for Cranio Maxillo Facial Surgery. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoko Imagawa, Kazuya Inoue, Kayoko Yamamoto, Kei Suzuki, Michi Omori, Yoichiro Nakajima, Hiroyuki Nakano, Nahoko Kato-Kogoe, Takaaki Ueno.
2. 発表標題 Evaluation of bonding capability between the cortical bone and full custom-made titanium plate with mixed-acid and heat treatment surface modification.
3. 学会等名 The 25th Congress of the European Association for Cranio Maxillo Facial Surgery. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kayoko Yamamoto, Nahoko Kato-Kogoe, Naoko Imagawa, Kazuya Inoue, Yoichiro Nakajima, Hiroyuki Nakano, Ian Matthew, Takaaki Ueno.
2. 発表標題 Evaluation of titanium mesh sheet prepared by selective laser melting technique for alveolar ridge augmentation: clinical case reports.
3. 学会等名 The 25th Congress of the European Association for Cranio Maxillo Facial Surgery. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植野高章
2. 発表標題 保険適応の広範囲支持装置 顎再建後の歯科インプラント
3. 学会等名 第42回日本口腔インプラント学会中部支部学術大会 専門医教育講座 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植野高章
2. 発表標題 骨欠損部に適合する次世代フルカスタムデバイスの歯科インプラント骨移植への応用
3. 学会等名 第45回 国際口蓋裂学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植野高章
2. 発表標題 顎骨精密再建フルカスタムチタンプレートの臨床応用』産官学連携事業「健康寿命たかつきモデル」から見えた咬合再建の重要性
3. 学会等名 第31回日本口腔内科学会/第34回日本口腔診断学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 1.今川尚子, 井上和也, 越智文子, 松本佳輔, 大森実知, 小越菜保子, 中野旬之, 植野高章.
2. 発表標題 混酸・加熱処理を行った積層造形チタン人工骨の骨欠損部における組織学的観察.
3. 学会等名 第74回NPO法人日本口腔科学会学術集会.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上和也, 越智文子, 松本佳輔, 今川尚子, 大森実知, 小越菜保子, 中野旬之, 植野高章.
2. 発表標題 SLMチタンメッシュプレートを用いた骨造成術の検討.
3. 学会等名 第74回NPO法人日本口腔科学会学術集会.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ayano Ogura, Seiji Yamaguchi, Kayoko Yamamoto, Kazuya Inoue, Yoichiro Nakajima, Hiroyuki Nakano, Takaaki Ueno, Yoshihide Mori.
2. 発表標題 Apatite formation of blast and acid-etched commercial dental Ti implant induced by heat treatment: effected of kinds of blast particles on apatite formation
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 植野高章
2. 発表標題 チタン粉末より造形するフルカスタムデバイスの顎顔面インプラント治療への応用
3. 学会等名 第 24 回公益社団法人日本顎顔面インプラント学会総会・学術大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 越智文子, 井上和也, 今川尚子, 松本佳輔, 小越菜保子, 中野旬之, 植野高章.
2. 発表標題 チタンと皮質骨の結合力評価試験装置の開発
3. 学会等名 第28回硬組織再生生物学会学術大会・総会.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今川尚子, 井上和也, 越智文子, 松本佳輔, 小越菜保子, 中野旬之, 植野高章.
2. 発表標題 骨欠損部における多孔体積層造形チタン人工骨の組織学的観察
3. 学会等名 第28回硬組織再生生物学会学術大会・総会.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口尚吾, 植野高章, 砂野彰宏.
2. 発表標題 シェーグレン症候群患者へインプラント治療を行った1例.
3. 学会等名 第49回公益社団法人日本口腔インプラント学会.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本佳輔, 井上和也, 中島世市郎, 山本佳代子, 今川尚子, 植野高章.
2. 発表標題 歯科インプラント安定指数(ISQ値)変化に影響を与える要素の検討.
3. 学会等名 第49回公益社団法人日本口腔インプラント学会.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小倉綾乃, 山口誠二, 今川尚子, 松本佳輔, 越智文字, 井上和也, 中島世市郎, 中野旬之, 植野高章, 森悦秀.
2. 発表標題 Enhanced apatite formation of grit-blasted/acid-etched dental Ti implant by heat treatment.
3. 学会等名 PACRIM13 (The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 井上和也, 中島世市郎, 中野旬之, 植野高章.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 一般社団法人 日本歯科理工学会	5. 総ページ数 139
3. 書名 日本歯科理工学会誌.	

〔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 分担者	山口 誠二 (YAMAGUCHI SEIJI) (50726198)	中部大学・生命健康科学部・准教授 (33910)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	眞野 隆充 (MANO TAKAMITSU) (80325125)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（歯学域）・徳島大学専門 研究員 (16101)	

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