

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17204

研究課題名(和文)チタンインプラントの新生骨の再生を促進するためのインテリジェント界面の創出

研究課題名(英文)Creation of intelligent interface to promote regeneration of new bone of titanium implant materials

研究代表者

陳 鵬 (CHEN, Peng)

東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・助教

研究者番号：70708388

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、インプラント材周辺の新生骨の再生を促進のため、Ti表面にフェムト秒レーザーを照射し周期的微細構造より、ヒト間葉系幹細胞やマウス骨芽前駆細胞の接着形態を制御および細胞の分化誘導促進を目指した。この結果、波長775nmのフェムト秒レーザーにより形成したMicron/nano (hybrid)の異方的な周期的微細構造が最も優れた細胞の接着制御を示すことが明らかとなった。また、ヒト間葉系幹細胞の骨芽細胞への分化やマウス骨芽前駆細胞の骨への分化誘導について、hybridも最も優れた硬組織適合性を示すことが明らかとなった。以上の結果から、Tiインプラント表面に有効な細胞の分化誘導の促進に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

チタン(Ti)やTi合金は機械的性質並びに耐食性に優れていることから、現在インプラント材料として最も使用されている生体材料の一種である。しかしながら、Tiそのものは金属材料であるが故に新しい骨の再生を誘導不足な点や長期的な使用時に問題点がある。フェムト秒レーザーによりTi上でmicron/nano (hybrid)の異方的な周期的微細構造を形成し、間葉系幹細胞や骨芽前駆細胞との接着形態制御及び骨への分化誘導を向上させることが明らかになった。本研究によって、フェムト秒レーザーにより形成した異方性周期的微細構造が有効な新生骨再生促進作用を実現し、次世代向けインプラント材の表面設計に資するものと期待できる。

研究成果の概要(英文)：The aim of this project was to promote the regeneration of new bone around metallic implant materials by designing a nano-scaled topography on titanium (Ti) surface with femtosecond laser irradiation. Ti specimens with paralleled or crossed periodic grooves with multi-scales (micron, nano, or micron/nano hierarchical (hybrid) scales) were fabricated by femtosecond laser scanning. Among designed surface topographies, the hybrid surface topography showed an effective control of cellular adhesion behavior. In addition, our results also showed that a significant promotion of osteogenic differentiation and followed calcification deposition were observed by both human mesenchymal stem cells and mouse preosteoblasts cultured on the hybrid topography. Therefore, the micron/nano hierarchical topography we created successfully promoted the regeneration of new bone in vitro and our findings provide a basis for the design of novel biomaterial surfaces that can regulate specific cellular functions.

研究分野：生体材料学

キーワード：インテリジェント界面 マイクロ・ナノ表面トポグラフィー チタン フェムト秒レーザー加工 ヒト間葉系幹細胞 骨芽前駆細胞 骨の再生 医療機器

1. 研究開始当初の背景

日本は、高齢化社会を迎え、歯の喪失が高齢者の日常生活の品質を妨げる大きな要因となっている。インプラントは「第2の永久歯」といわれるほど、機能的にも、見た目的にも、天然の歯にもっとも近く、最近インプラント治療を受ける方が急速に増えている傾向にある。チタン(Ti)やTi合金は機械的性質並びに耐食性に優れていることから、現在インプラント材料として最も使用されている生体材料の一種である。しかしながら、Tiそのものは金属材料であるが故に生体適合性としては不十分な点や長期的な使用時に問題点がある。このことから、Tiに対して新機能を付加することが必要である。生体適合性向上の方法の一つとして、Ti上の骨形成はTiの表面形貌が起因している可能性があることが知られていることから、近年、Ti上への表面形貌の制御をして、Tiの生体細胞との親和性・適合性を向上させるために様々な研究が盛んに行われている。周期的微細構造の形成には、フェムト秒レーザーが有効な手法の一つであると考えられる。周期的微細構造はレーザー集光スポット内部に自己組織的に形成され、溝の方向はレーザーの偏光に対して垂直方向である。また、周期はレーザーの波長に依存するため形成する周期を制御できる特徴を持つ。フェムト秒レーザーを用いて、金属、半導体や透明体内部などの様々な材料へ微細構造の形成が可能であることが知られている。

2. 研究の目的

本研究では、インプラント材周辺の新生骨の再生を促進のため、Ti表面にフェムト秒レーザーを照射し周期的微細構造より(Figure 1)、ヒト間葉系幹細胞の形態を制御すること及び様々な細胞への分化にどのような影響を表面科学的及び細胞生物学的手法によって明らかにする。具体的には①Ti表面をフェムト秒レーザーで処理することによりマイクロサイズとナノサイズ複数表面形貌の獲得、②この後、ヒト間葉系幹細胞やマウス骨芽先駆細胞を作った表面の上で播種し、表面形貌デザインの変化に伴う細胞形態制御及び細胞分化誘導の効果を定量的に調べる。本研究では、金属、特に歯科インプラント材料として一般的であるTi材に着目し、その表面をフェムト秒レーザーで処理することにより、患者との親和性・適合性を飛躍的に向上させることを目標に、次世代向けインプラントを想定した基礎および応用研究を目指す。

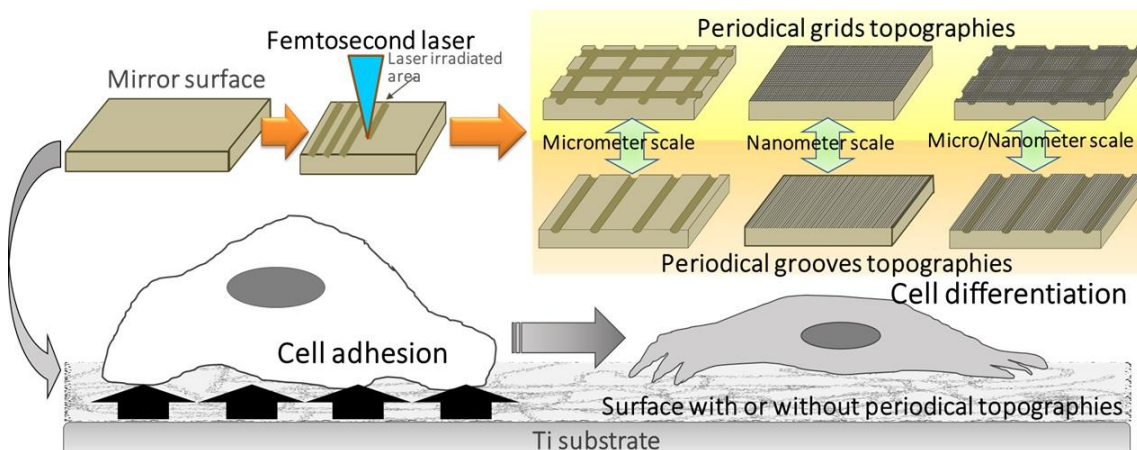


Figure 1. Concept of the cell responses to femtosecond laser processed titanium with periodic topographies.

3. 研究の方法

(1) フェムト秒レーザー照射による Ti 表面上への周期的微細構造形成

Ti 表面に対してフェムト秒レーザー照射による周期的微細構造形成を行うためのフェムト秒レーザー加工および表面デザインの概略図を Figure 1 に示す。使用したフェムト秒レーザーは: sapphire レーザーであり、基本波の波長、繰り返し周波数及びパルス幅はそれぞれ 775 nm、1 kHz 及び 150 fs である。集光ビームスポット径は約 60 μm とした。フェムト秒レーザーの集光スポットを鏡面加工した Ti 表面(mTi)に掃引させながら照射することで、等方的(girds topography)・異方的(grooves topography)な周期的なマイクロサイズ(micron)、ナノサイズ(nano)、マイクロサイズとナノサイズの両構造を複合化させたハイブリッド(hybrid)表面構造が作った。レーザー照射後の Ti 表面は走査電子顕微鏡(SEM)および 3D 測定レーザー顕微鏡 (3D-LM) により形成される周期的微細構造ある表面形貌を観測した。フェムト秒レーザー照射による周期的微細構造を形成した Ti 試料、及びレーザー照射していない Ti (mTi) 試料を用いて細胞試験を行った。

(2) Ti 表面上への周期的微細構造より細胞の接着挙動の評価

ヒト間葉系幹細胞(hMSC)やマウス骨芽先駆細胞を用いた。数時間培養後に細胞の核及びアクチンはそれぞれ青及び赤色で観察されるように染色した。各試料表面形貌での細胞形態および接着斑(vinculin)の分布を観察した。蛍光顕微鏡を用いた各 Ti 表面形貌上での細胞分布状況と伸

展状態を観察した。

(3) Ti 表面上への周期的微細構造より細胞の分化挙動および石灰化の評価

フェムト秒レーザー表面加工した Ti 上での表面形貌よりヒト間葉系幹細胞の骨芽細胞への分化や軟骨細胞への分化や脂肪細胞への分化や神経細胞への分化制御にどのような影響を探索するため、各 Ti 表面形貌上で hMSCs の分化誘導し、免疫蛍光染色およびリアルタイム RT-PCR で調べた。Ti 表面形貌の変化に伴い新しい骨の再生を評価するため、分化誘導培地に交換後 21 日間培養した Ti 試料において alizarin red s 染色し、分化した骨芽細胞の石灰化挙動の確認を行った。

また、マウス骨芽前駆細胞を用いて、これまでの骨芽細胞への分化挙動および新しい骨の再生に伴い石灰化挙動と同様に評価した。

以上のような実験で得られたデータを分散分析(ANOVA followed by Student-Newman-Keul's test)により統計解析を行い、有意確率 p 値を 5% として検定を行った。

4. 研究成果

(1) フェムト秒レーザー照射による Ti 表面上への周期的微細構造形成

Figure 2 に各 Ti 試料表面での 3D-LM 観察像および SEM 像を示す。フェムト秒レーザー表面加工より、等方的(grid topography)および異方的(grooves topography)な周期的なマイクロサイズ(micron)、ナノサイズ(nano)、マイクロサイズとナノサイズの両構造を複合させたハイブリッド(hybrid)表面構造が作った。

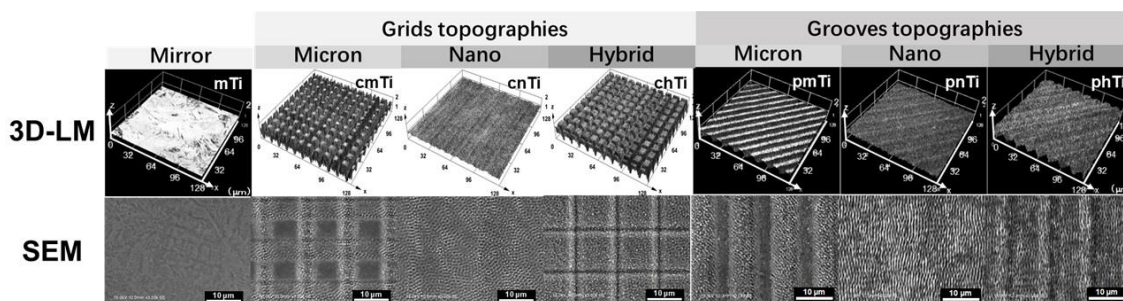


Figure 2. Surface topographies of Ti with and without femtosecond laser irradiation.

(2) 等方的な周期的微細構造より細胞挙動の影響

Figure 3 に各 Ti 表面に等方的な周期的微細構造の上での hMSCs の蛍光観察像を示す。未加工 Ti(Mirror)と比較してマイクロサイズ Ti 表面(Micron と Hybrid)がでは細胞の接着斑が微細周期構造に分布し、ナノサイズ Ti 表面(Nano と Hybrid)では細胞がより伸展していた。これより、フェムト秒レーザー照射による微細周期構造が、細胞接着を制御し細胞形態の制御に有効であることが明らかになった。また、骨芽細胞への分化が促進され、表面構造が無い Mirror と比べてフェムト秒レーザー加工した Nano と Hybrid 試料上で分化誘導した骨芽細胞の石灰化度は高かった。以上の結果より、レーザー照射により作製した等方的な Nano と Hybrid 表面形貌が骨芽細胞への分化を促進でき、骨芽細胞による石灰化レベルの向上を促進することがわかった。

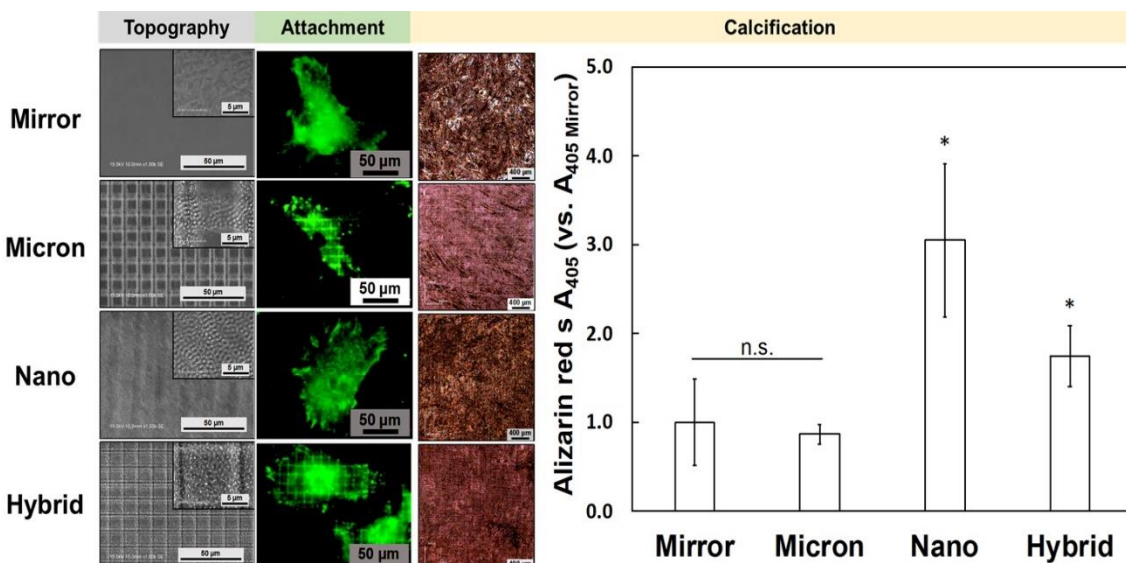


Figure 3. Adhesion and calcification of hMSC cultured on Ti with and without patterned grids topographies fabricated with femtosecond laser irradiation.

(3) 異方的な周期的微細構造より細胞挙動の影響

Figure 4 に異方的な周期的微細構造より hMSCs の伸展および各細胞への分化の関する蛍光観察像を示す。マイクロサイズ表面構造(Micron と Hybrid)が細胞伸展の制御に有効であることが明らかになった。また、Hybrid 構造が、骨芽細胞および軟骨細胞への分化が促進された。以上の結果より、フェムト秒レーザーで Ti 表面に作製した異方的な周期的マイクロサイズとナノサイズの両構造を複合化させたハイブリッド微細構造(hybrid groove topography)は、hMSCs の接着および形態を制御でき、骨芽細胞および軟骨細胞への分化を促進することが確認できた。

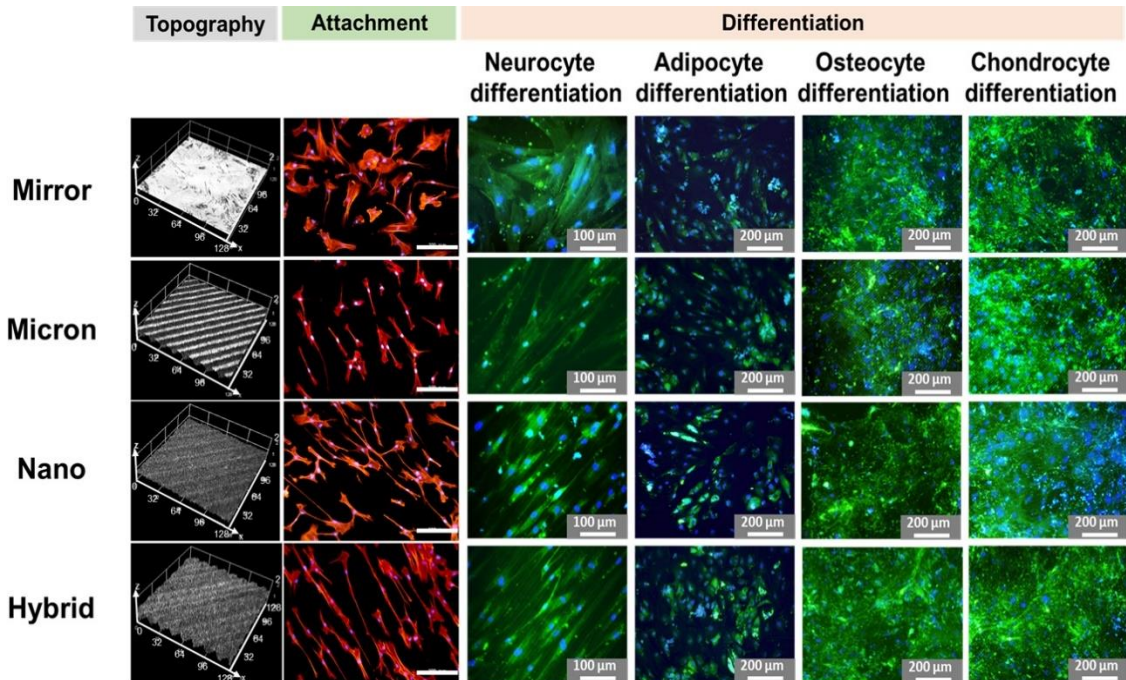


Figure 4. Adhesion and multi-differentiations of hMSC cultured on Ti with and without grooves topographies fabricated with femtosecond laser irradiation.

(4) Hybrid groove topography による骨芽前駆細胞の石灰化挙動への影響

Figure 5 に Hybrid groove topography よりマウス骨芽前駆細胞の伸展および骨芽細胞への分化の評価結果を示す。表面構造は細胞接着を制御し、細胞伸展の制御に有効であることが示された。リアルタイム RT-PCR の結果より、hybrid groove topography は骨芽細胞への分化が促進されることが明らかになった。また、alizarin red s 染色の結果より、hybrid groove topography は分化誘導された骨芽細胞の石灰化レベルの向上を促進することが確認できた。

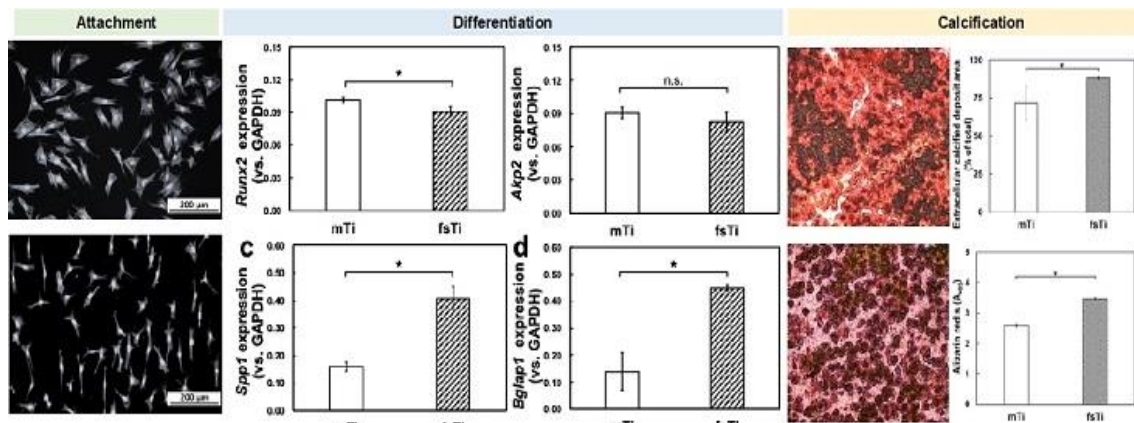


Figure 5. Adhesion, osteogenic differentiation, and calcification of MC3T3-E1 cultured on Ti with and without hybrid groove topography. (fsTi: femtosecond laser irradiated titanium specimens)

本研究では、インプラント用金属 Ti 表面に骨再生促進する効果的に表面形貌デザインの創成を目指し、フェムト秒レーザーを用いて、Ti 表面に微細周期構造ある表面形貌を開発した。この実験結果より、作製した異方的な周期的マイクロサイズとナノサイズの両構造を複合化させたハイブリッド微細構造(Hybrid groove topography)は、細胞の石灰化が促進を示し、優れた骨再生促進されることを in vitro で判明した。 本研究の成果は、次世代のインプラント材の表面設計に資するものと期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4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 Peng Chen, Toshihiro Aso, Ryuichiro Sasaki, Maki Ashida, Yusuke Tsutsumi, Hisashi Doi, Takao Hanawa	4. 巻 106
2. 論文標題 Adhesion and differentiation behaviors of mesenchymal stem cells on titanium with micrometer and nanometer-scale grid patterns produced by femtosecond laser irradiation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part A	6. 最初と最後の頁 2735-2743
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jbm.a.36503	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 Chie Yoshihara, Takeshi Ueno, Peng Chen, Yusuke Tsutsumi, Takao Hanawa, Noriyuki Wakabayashi	4. 巻 106
2. 論文標題 Inverse response of osteoblasts and fibroblasts to growth on carbon-deposited titanium surfaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials	6. 最初と最後の頁 1869-1877
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jbm.b.33996	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 Chen Peng, Miyake Masayoshi, Tsukamoto Masahiro, Tsutsumi Yusuke, Hanawa Takao	4. 巻 105
2. 論文標題 Response of preosteoblasts to titanium with periodic micro/nanometer scale grooves produced by femtosecond laser irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part A	6. 最初と最後の頁 3456-3464
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jbm.a.36202	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 Chen Peng, Pattira Homhuan	4. 巻 5
2. 論文標題 Nanotechnology for intelligent surface designing of metallic dental implants	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Science and Technology Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat	6. 最初と最後の頁 58-67
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25件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 陳 鵬, 篠原直樹, 篠永東吾, 佐藤雄二, 塚本雅裕, 蘆田茉希, 埴 隆夫
2. 発表標題 MC3T3-E1細胞の増殖と石灰化を促進するチタン表面のフェムト秒レーザー加工による創製
3. 学会等名 日本金属学会2020年春期(第166回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chen P, Miyake M, Shinohara N, Tsukamoto M, Ashida M, Hanawa T
2. 発表標題 Multi-scaled hierarchical patterned titanium surface regulated proliferation and calcification behaviours of preosteoblast
3. 学会等名 第41回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Shinohara N, Shinonaga T, Tsukamoto M, Ashida M, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Calcification promotion of preosteoblast by titanium with chessboard-patterned nano surface topography produced with femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development Satellite (iLIM-s) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Hanawa T
2. 発表標題 Regulation of stem cell behaviors by titanium with multiscaled topography surface design using femtosecond laser
3. 学会等名 International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development Satellite (iLIM-s) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Shinohara N, Shinonaga T, Tsukamoto M, Ashida M, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Regulation of preosteoblast behaviors by multi-scaled hierarchical patterned titanium surface fabricated with femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-4) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Ashida M, Hanawa T
2. 発表標題 Maintenance and self-renewal of mesenchymal stem cells cultured on titanium with periodic micro/nanometer scaled topographies produced by femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期(第165回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Takenaka K, Tsukamoto M, Ashida M, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Promotion of osteoconductivity of titanium with multi-scaled hierarchical patterned topography fabricated by femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 The 10th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICM10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P
2. 発表標題 Nanotechnology for intelligent surface designing of metallic implants
3. 学会等名 International Young Scholars Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Takenaka K, Tsukamoto M, Ashida M, Tsutsumi Y, Doi H, Hanawa T
2. 発表標題 Promoted osteoconductivity of titanium with chessboard-patterned surface nano topography fabricated by femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 Society for Biomaterials 2019 Annual Meeting and Exposition (SFB2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 陳 鵬, 篠永東吾, 篠永東吾, 佐藤雄二, 塚本雅裕, 蘆田茉希, 埴 隆夫
2. 発表標題 Regulation of proliferation and calcification of preosteoblast by titanium surface with checkerboard-patterned nano topography fabricated by femtosecond laser
3. 学会等名 「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」(6大学連携プロジェクト)第4回公開討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 陳 鵬, 竹中啓輔, 篠永東吾, 埴 祐介, 蘆田茉希, 土居 壽, 塚本雅裕, 埴 隆夫
2. 発表標題 Osteoconductivity promotion of titanium with checkerboardpatterned periodic micron/nano-ripples topography fabricated by femtosecond laser
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季(第164回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 陳 鵬, 竹中啓輔, 篠永東吾, 蘆田茉希, 土居 壽, 埴 祐介, 塚本雅裕, 埴 隆夫
2. 発表標題 Promoted osteoconductivity of titanium with checkerboard-patterned surface nano topography fabricated by femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」(6大学連携プロジェクト)第3回公開討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P, Takenaka K, Tsukamoto M, Ashida M, Doi H, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Multiscale, hierarchically patterned titanium topography for regulating adhesion and calcification of preosteoblast.
3. 学会等名 第28回インテリジェント・ナノ材料シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen P
2. 発表標題 Nanotechnology for intelligent surface designing of metallic dental devises
3. 学会等名 2nd International Symposium on Precision Medicine and Biomedical Technologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen P, Takenaka K, Tsukamoto M, Ashida M, Doi H, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Calcification of preosteoblast cultured on titanium surfaces with different patterned nano-topographies produced with femtosecond laser irradiation
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-3) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen P, Aso T, Sasaki R, Ashida M, Doi H, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Multi-scaled hierarchical topography of titanium regulated adhesion and multi-differentiation of mesenchymal stem cells
3. 学会等名 Biointerfaces International 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen P, Aso T, Sasaki R, Ashida M, Doi H, Tsutsumi Y, Hanawa T
2. 発表標題 Adhesion and differentiation of mesenchymal stem cells response to Ti surface with multi-scaled topographies
3. 学会等名 Biomaterials International 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 陳 鵬, 三宅正誉志, 竹中啓輔, 篠永東吾, 蘆田茉希, 土居 壽, 堤 祐介, 塚本雅裕, 埴 隆夫
2. 発表標題 チタン表面にフェムト秒レーザーにより形成した周期的微細構造が細胞の石灰化に与える影響
3. 学会等名 「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」(6大学連携プロジェクト) 第2回公開討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen P, Hanawa T, Aso T, Sasaki R, Tsutsumi Y, Ashida M, Doi H.
2. 発表標題 Micron/nano hierarchical topography of titanium surface influences adhesion and multi-differentiation behaviours of mesenchymal stem cells.
3. 学会等名 Society for Biomaterials 2017 Annual Meeting and Exposition (SFB2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chen P, Aso T, Sasaki R, Tsutsumi Y, Ashida M, Doi H, Hanawa T.
2. 発表標題 Grid patterns on titanium surface promote adhesion and differentiation of mesenchymal stem cells
3. 学会等名 Society for Biomaterials 2017 Annual Meeting and Exposition (SFB2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chen Peng
2. 発表標題 Nanotechnology in implant dentistry and bone regeneration
3. 学会等名 1st International Symposium on Precision Medicine and Biomedical Technologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chen P, Aso T, Sasaki R, Ashida M, Tsutsumi Y, Doi H, Hanawa T
2. 発表標題 Nanoarchitectures of Ti surface promote adhesion and differentiation of mesenchymal stem cells
3. 学会等名 第39回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 陳 鵬, 堤 祐介, 埴 隆夫
2. 発表標題 チタン表面上での間葉系幹細胞の接着および分化に及ぼすフェムト秒レーザー照射による微細周期構造の影響
3. 学会等名 第27回インテリジェント材料/システムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 陳 鵬, 朝生敏裕, 笹木隆一郎, 蘆田茉希, 堤 祐介, 土居 壽, 埴 隆夫
2. 発表標題 Adhesion and differentiation of mesenchymal stem cells on titanium with grid surface topographies formed by femtosecond laser
3. 学会等名 日本金属学会2018年春季(第162回)講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 陳 鵬, 朝生敏裕, 笹木隆一郎, 蘆田茉希, 堤 祐介, 土居 壽, 埴 隆夫
2. 発表標題 フェムト秒レーザー照射によるチタン表に形成したマイクロ・ナノメータオーダの微細な三次元周期構造が間葉系幹細胞の形態制御と分化誘導
3. 学会等名 第17回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Peng Chen and Masahiro Tsukamoto	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Nature Singapore	5. 総ページ数 620
3. 書名 Chapter 32. Surface Modification with Femtosecond Laser. In: Novel Structured Metallic and Inorganic Materials	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 培養基材、及び培養基材の作成方法	発明者 朝生敏裕、笹木隆一郎、埴 隆夫、陳 鵬	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2017/40382	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 培養基材、及び培養基材の作成方法	発明者 朝生敏裕、笹木隆一郎、埴 隆夫、陳 鵬	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開2017-05576	取得年 2018年	国内・外国の別 国内

〔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
---------------------------	-----------------------	----