



TOHOKU
UNIVERSITY

東北大学

TOHOKU UNIVERSITY

Press Release

2024年11月29日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

細菌を物理的に撃退する チタンナノ表面形態デザインを発見 -ナノ突起構造の電気的反応性が抗菌効果を発揮-

【発表のポイント】

- 薬剤耐性対策のために、化学反応を伴わない物理的な抗菌作用を示す機能性材料の開発が期待されています。
- チタンの表面に無数のナノ突起を異方的に配置した微細表面加工を施し、そのチタンナノ表面は物理的刺激を加えることで生物の機能を制御することを明らかにしてきました。
- チタンナノ突起の異方的な配置そのものが、チタン表面の電気的反応性を高めて、細菌付着の抑制や殺菌という物理的な抗菌効果を導くことを示しました。

【概要】

細菌が薬剤に対して耐性を持って効かなくなる対策のために、ナノ突起で細菌を物理的に破壊する物理的抗菌性ナノパターン材料が様々な材質で開発され、注目を集めてきました。しかしこれまで、特にチタンなどの無機材料をもちいた抗菌性ナノパターン材料の効果は確認されていますが、抗菌活性の原理は十分に解明されていませんでした。

東北大学大学院歯学研究科分子・再生歯科補綴学分野の山田将博准教授と江草宏教授らの研究グループは、異方的に配列した無数のナノ突起が細胞に物理的刺激を加えることで、生体活性を発揮するチタン微細加工法を開発しました。

今回、表面に存在する無数のナノ突起の異方的な配列そのものが、チタンナノ表面の電気的反応性を高めて、物理的に細菌の付着抑制や殺菌効果（メカノ殺菌）を発揮することを示しました。

本研究成果により、抗菌剤を加えずに抗菌性を獲得するチタンインプラント材料の開発とともに、このナノ表面形態デザインの原理を応用することで、様々な材質で物理的抗菌性ナノパターン材料の開発が期待できます。

本研究成果は、2024年11月22日に科学誌 Material Today Bio のオンライン版に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

生体材料として用いるチタンは、細菌感染の防止と組織結合の両立が重要です。従来の抗菌技術には薬剤や化学物質が用いられますが、細菌耐性や毒性などの問題が懸念されます。薬剤耐性対策のために、ナノ突起で細菌を物理的に破壊する物理的抗菌性ナノパターン材料が様々な材質で開発され、注目を集めてきました。しかしこれまで、特にチタンなどの無機材料を用いた抗菌性ナノパターン材料は抗菌効果を発揮するものの、抗菌活性の原理は十分に解明されていませんでした。本研究では、チタンナノ表面形態が表面の電気的性質に及ぼす影響に着眼し、ナノ突起の配列分布パターンがチタンナノ表面の細菌付着抑制や殺菌性を司る可能性を検討しました。

今回の取り組み

東北大学大学院歯学研究科分子・再生歯科補綴学分野の山田将博准教授および江草宏教授らの研究グループは、歯根表面に存在する歯周組織の一部であるセメント質の物理的性質を模倣した無数のナノ突起を形成する生体模倣チタン微細加工法を開発しました。これまでこの生体模倣チタン表面に存在する無数のナノ突起が、様々な細胞を物理的に刺激することで、組織再生や炎症反応の制御を導くことを示してきました。本研究では、東京歯科大学大学院歯学研究科微生物学講座の石原和幸教授との共同研究で、チタンナノ突起を密に異方的に配列することで、チタンナノ表面が本来有する電気的反応性を著しく高めて、虫歯の原因となるグラム陽性菌^(注)に対しては付着抑制、歯周病の原因となるグラム陰性菌^(注)に対しては細菌表面電位殺菌をかく乱による殺菌効果というメカノ殺菌を発揮することを明らかにしました(図1)。

今後の展望

本研究は、その成果として、物質表面のナノ突起配列をデザインすることで、物質本来が持つ電気的性質を最大化させ、抗菌性を獲得する可能性を示しました。本チタンナノ表面微細加工技術の応用により、抗菌剤の添加を必要とせずに、細菌種横断的に物理的に抗菌性を発揮するスマートインプラント材料の開発が期待されます。さらに、本研究成果は、物理的抗菌性ナノパターン材料を創製するナノ表面デザイン原理を提示することとなり、また、その原理を応用することにより、様々な材質で物理的抗菌性ナノパターン材料が期待できます。

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業 挑戦的研究(萌芽)(JP23K18585) および基盤研究(B: 24K02625)の一環で行われました。

【論文情報】

タイトル: Anisotropic patterns of nanopikes induces anti-biofouling and mechano-bactericidal effects of titanium nanosurfaces with electrical cue

著者: Eiji Kato, Masahiro Yamada*, Eitoyo Kokubu, Hiroshi Egusa, Kazuyuki Ishihara

*責任著者: 東北大学大学院歯学研究科 准教授 山田将博

掲載誌: *Material Today Bio*

DOI: doi.org/10.1016/j.mtbio.2024.101352

URL:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590006424004137?via%3Dihub

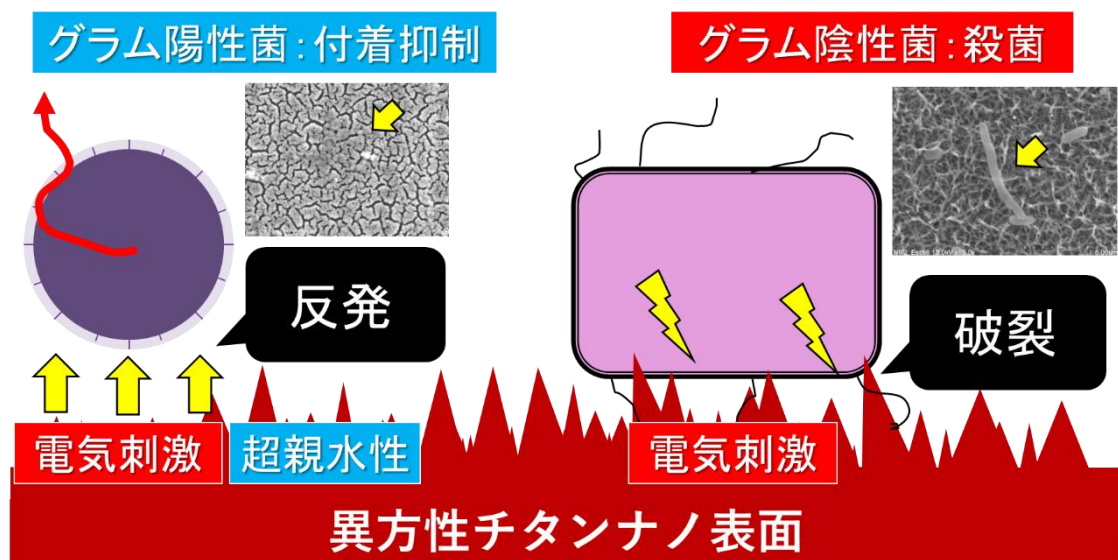


図 1. 異方性チタンノ表面が示すメカノ殺菌機序を示す模式図

【用語解説】

注 グラム陽性菌、グラム陰性菌

細菌を紫色と赤色に染め分けるグラム染色法を用いて、厚いペプチドグリカン層の細胞壁を持つために紫色に染まるのが、虫歯の原因となるグラム陽性菌。代表的なグラム陽性菌には、ブドウ球菌属、レンサ球菌属、リステリア属などがあります。一方、薄いペプチドグリカン層と外膜の細胞壁を持つため赤色に染まるのが、歯周病の原因となるグラム陰性菌。代表的なグラム陰性菌には、大腸菌、サルモネラ属、緑膿菌属などがあります。

【問い合わせ先】

（研究に関すること）

東北大学大学院歯学研究科

分子・再生歯科補綴学分野

准教授 山田 将博（やまだ まさひろ）

Email: masahiro.yamada.a2@tohoku.ac.jp

東北大学大学院歯学研究科

分子・再生歯科補綴学分野

教授 江草 宏（えぐさ ひろし）

Email: egu@tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学大学院歯学研究科

広報室

電話: 022-717-8260

Email: den-koho@grp.tohoku.ac.jp