

フェムト秒レーザー照射により TiO₂ 膜上に形成した ナノ及びマイクロ周期構造の細胞伸展への影響

Periodic nanostructures and microstructures on TiO₂ film for effect of cell spreading
by femtosecond laser irradiation

阪大院工¹, 阪大接合研², 東医歯大生材工研³

○宮川 和也¹, 塚本 雅裕², 篠永 東吾¹, 伊藤 雄一郎¹, 陳 鵬³, 永井 亜希子³, 塙 隆夫³

Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.¹, JWRI, Osaka Univ.²,

Inst. of Biomat and Bioeng, Tokyo Med. And Dent. Univ.³

○Kazuuya Miyagawa¹, Masahiro Tsukamoto², Togo Shinonaga¹, Yuichiro Ito¹,

Peng Chen³, Akiko Nagai³, Takao Hanawa³

E-mail: miyagawa@jwri.osaka-u.ac.jp

【背景】 チタン(Ti)は高強度、高耐食性などの優れた生体適合性を有しており、生体材料として広く用いられている。しかし、金属材料であるが故に生体不活性であるといった点も有している。生体適合性を向上させる方法の一つとして材料表面に微細構造を形成することが知られている⁽¹⁾。また、近年では、生体適合性の向上のために Ti 基板表面に酸化チタン (TiO₂) 膜を形成することが注目されている。我々は TiO₂ 膜に対して周期的微細構造を形成することで生体適合性を更に向上させることを考案した。TiO₂ 膜に対してフェムト秒レーザーを照射すると、レーザーの照射スポット内において周期約 230 nm の周期的微細構造(ナノ周期構造)が自己組織的に形成されることが報告されている。このとき形成されるナノ周期構造は、レーザーの偏光に対して垂直方向の溝を有する。周期約 230 nm のナノ周期構造ではナノ周期構造の溝方向に細胞が伸展することが確認されている⁽²⁾。これまでの研究において、レーザーの集光スポットを掃引することで溝を掘り、 μm オーダーの周期を有する周期的微細構造(マイクロ周期構造)の形成を行ってきた。このとき、フルエンスおよび掃引速度を変化させることで、マイクロ周期構造の溝底面に前述のナノ周期構造が形成される条件があることがわかった。溝底面にナノ周期構造が形成されない条件で周期 10 μm のマイクロ周期構造を形成し、細胞培養試験を行ったところ、マイクロ周期構造の溝方向に細胞が伸展することを明らかにしてきた。しかしながら、マイクロ周期構造の溝底面にナノ周期構造を形成したとき、細胞の伸展にどのような影響を与えるのかについては明らかになっていない。

本研究では、周期 10 μm のマイクロ周期構造を形成すると同時に、溝に対して平行方向の溝を有するナノ周期構造を溝底面に形成した。ナノ周期構造およびマイクロ周期構造の複合構造が細胞の伸展に与える影響を調べることを目的とした。

【実験方法】 TiO₂ 膜はエアロゾルビームを用いて Ti 基板上に形成した。実験に使用したフェムト秒レーザーの波長、パルス幅および繰り返し周波数はそれぞれ 775 nm、150 fs および 1 kHz である。XY ステージを用いてレーザーを掃引し、エネルギー減衰器を調整することでレーザーフルエンスを変化させた、レーザー照射後の試料表面は走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した。細胞試験では骨芽細胞(MG-63)を用い、3 時間インキュベートした。細胞試験後の試料は 8% パラホルムアルデヒドおよび 2xPB を用いて固定した。その後、核、アクチンおよび接着斑をそれぞれ免疫染色し、蛍光顕微鏡を用いて細胞伸展の様子を観察した。

【実験結果】 フェムト秒レーザーの集光スポットを掃引照射した後の TiO₂ 膜表面 SEM 観察像を図 1 に示す。溝の幅は約 10 μm で、溝底面に形成されたナノ周期構造の周期は約 230 nm である。溝底面に形成されたナノ周期構造は、マイクロ周期の溝に対して平行な方向の溝を有していることがわかる。当日は形成した複合構造が細胞伸展に与える影響について報告する。

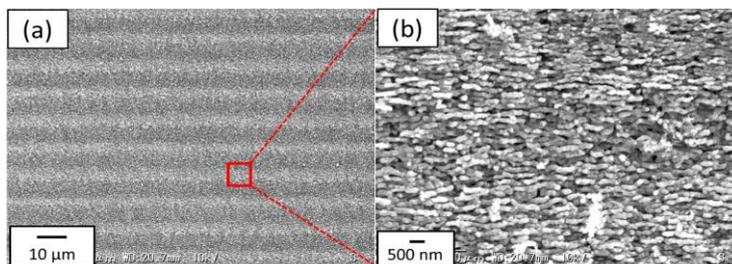


図 1 レーザー照射後の表面 SEM 観察像 (a)低倍 (b)高倍

【参考文献】

- (1) 吉成雅夫: 歯科学法, 103(7), (2003), 565-572.
- (2) T.Shinonaga et. al, Applied Surface Science 288 (2014) 649– 653