

TEXTURATIONS MULTI-ECHELLES D'ALLIAGE DE TITANE PAR LASER FEMTOSECONDE : EFFETS SUR L'ADHESION ET LA DIFFERENCIATION CELLULAIRE

V. DUMAS¹, C. MAUCLAIR³, Ph BERTRAND¹, A. RATTNER², A. GUIGNANDON², L. VICO², J.C. DUMAS¹, H. ZAHOUANI¹

¹Université de Lyon, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne, Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, UMR 5513 CNRS, 58 rue Jean Parot, 42023 St Etienne

²Université de Lyon, Laboratoire de Biologie des Tissus Ostéoarticulaires, INSERM U1059-SAINBIOSE, St-Etienne.

³Université de Lyon, Laboratoire Hubert Curien, UMR 5516 CNRS, St Etienne.

MOTS CLES

Texturations multi-échelles, Laser Femtoseconde, Bio-fonctionnalisation de surface, adhésion cellulaire, différenciation cellulaire

INTRODUCTION

Les alliages de titane sont largement utilisés pour les implants dentaires et orthopédiques. La micro-nano-topographie de leur surface interagit directement avec les cellules adhérentes et conditionne leur comportement. Plusieurs méthodes de traitements de surface, mécaniques ou chimiques, ont été développées pour rendre ce matériau bioactif et améliorer sa fixation biologique au tissu osseux. Cependant, la plupart de ces méthodes conventionnelles créent une rugosité grossière à la surface de l'implant (non-structurée et incontrôlée), rendant les analyses biologiques difficilement reproductibles et interprétables.

Le laser femtoseconde fournit une méthode unique pour générer des topographies contrôlées multi-échelles sur des surfaces métalliques (1).

TEXTURATIONS MULTI-ECHELLES D'ALLIAGE DE TITANE PAR LASER FEMTOSECONDE

Le laser femtoseconde a permis dans cette étude d'élaborer sur des lames de Ti-6Al-4V trois texturations de surfaces à des échelles micro- et nanométriques qui miment le micro environnement osseux. Des micro-cratères reproduisent les lacunes ostéoclastiques et des nanostructures (ripples) représentent les fibres de collagène (Figure 1).

Deux des texturations (A et B) sont composées d'une superposition de microcratères et de ripples (600nm) et la 3^{ème} texture (C) comporte uniquement des ripples. Le contrôle des paramètres laser permet de maîtriser le diamètre (30µm) et la profondeur (800nm) des microcratères ainsi que la localisation et l'orientation des ripples.

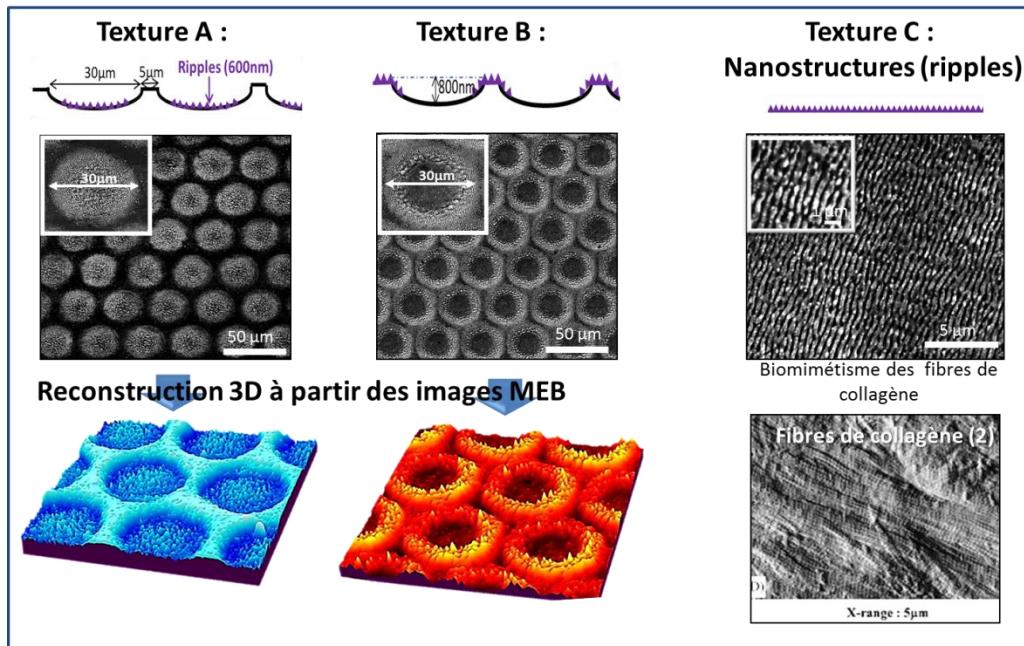


Figure 1: Texturations biomimétiques multi-échelles générées par laser femtoseconde

EFFETS DE LA TEXTURATION PAR LASER SUR L'ADHESION ET LA DIFFÉRENCIATION CELLULAIRE

Les interactions cellules/substrat influencent de nombreux comportements cellulaires depuis l'adhésion des cellules jusqu'au contrôle de leur différenciation (3) (4). Des cultures de cellules multipotentes sur les trois surfaces texturées ont permis d'observer des changements dans le comportement cellulaire. Nous avons démontré que ces cellules détectent et réagissent aux micro- et nano-topographies obtenues par laser femtoseconde. Elles modifient leur adhésion via la réorganisation de leurs contacts focaux sur ces surfaces. En leur imposant une géométrie, les topographies affectent également la morphologie des cellules et leur cytosquelette d'actine. Concernant la différenciation cellulaire sur ces surfaces texturées, la voie de différenciation ostéoblastique est privilégiée par rapport à des cellules cultivées sur une surface polie miroir. Ces résultats montrent que la texturation par laser femtoseconde est une technique à fort potentiel pour améliorer l'ostéogénèse (5).

CONCLUSION

Le laser femtoseconde se révèle donc être un outil performant pour bio-fonctionnaliser les surfaces 2D des implants métalliques et ainsi leur conférer des propriétés ostéo-intégratives.

La perspective de cette étude est le passage à la 3D : réussir à optimiser l'état de surface de scaffolds élaborés par fabrication additive constituerait une réelle innovation au regard de ces premiers résultats.

Références

- (1) Dumas V., Rattner A., Vico L, Audouard E, Dumas JC, Naisson P, Bertrand P. Multiscale grooved titanium processed with femtosecond laser influences mesenchymal stem cell morphology, adhesion and matrix organization Journal of Biomedical Material Research: Part A 2012. 100(11):3108-16
- (2) Bozec L, de Groot J, Odlyha M, Nicholls B, Nesbitt S, Flanagan A, Horton M Atomic force microscopy of collagen structure in bone and dentine revealed by osteoclastic resorption Ultramicroscopy. 2005. 105(1-4):79-89.
- (3) McBeath R1, Pirone DM, Nelson CM, Bhadriraju K, Chen CS. Cell shape, cytoskeletal tension, and RhoA regulate stem cell lineage commitment. Dev Cell. 2004.6(4):483-95.
- (4) Dalby, M.J., Gadegaard, N., Tare, R., Andar, A., Riehle, M.O., Herzyk, P., Wilkinson, C.D.W., and Oreffo The control of human mesenchymal cell differentiation using nanoscale symmetry and disorder. Nat. Mater. 2007.6, 997–1003.
- (5) Dumas V., Guignandon A. Vico L, Mauclair C, Zapata X, Linossier MT, Boulefour W, Granier J, Peyroche S, Dumas JC, Zahouani H, Rattner A. Femtosecond laser nano/micro patterning of titanium influences mesenchymal stem cell adhesion and commitment. Biomedical Materials 2015. 10(5):055002.