

Biomécanique de systèmes complexes

Pr S. RAMTANI

Laboratoire CSPBAT – Equipe Biomatériaux pour la Santé, UMR 7244 CNRS
Université Paris 13-Institut Galilée, 99, avenue J.B. Clément. 93430 Villetaneuse, France

*Avec le soutien financier de la Commission Recherche de l'IUT de Saint-Denis
et
de l'Institut Interdisciplinaire en Sciences Expérimentales de l'université Paris 13*

Basée sur une approche multidisciplinaire, l'ingénierie tissulaire repose sur la combinaison d'une structure synthétique biodégradable, des facteurs bioactifs et des cellules dans le but de développer de nouveaux tissus personnalisés possédant des propriétés spécifiquement adaptées au patient et au site de reconstruction. De tels matériaux synthétiques doivent donc fournir un environnement propice à l'adhésion cellulaire, permettre le maintien des fonctions cellulaires, et la vascularisation du tissu en reconstruction. Les applications d'intérêt biomédicales abordées durant cette conférence concernent :

a) La parodontite qui est une pathologie inflammatoire d'origine infectieuse fréquente et qui se traduit par une dégradation des tissus de soutien autour des dents, qui, si elle n'est pas stabilisée, peut conduire à une mobilité voire la perte de l'organe dentaire. Cependant, la régénération du parodonte nécessite la formation de fibres du ligament parodontal et l'insertion de ces fibres dans le ciment nouvellement formé sur la surface de la racine, ainsi que la reconstitution de l'os alvéolaire résorbé. A cette fin, des techniques chirurgicales dédiées ont été développées; la plus utilisée est basée sur le principe de régénération tissulaire guidée (RTG). Cependant, mis à part quelques cas cliniques idéaux, la régénération prévisible reste insaisissable.

b) Le spina bifida (SB) qui est une malformation congénitale fréquente et sévère et qui touche une naissance sur 1000 dans le monde. Elle se caractérise par une non-fermeture du tube neural durant la vie embryonnaire, exposant la moelle épinière à l'environnement intra-utérin et entraînant des lésions neurologiques. Le SB est détecté chez le fœtus en première moitié de grossesse mais le pronostic sombre conduit généralement à une interruption médicale de grossesse ou à l'accueil d'un enfant lourdement handicapé. La malformation peut être fermée chirurgicalement après la naissance, mais cela ne permet pas de restaurer la fonction normale de la partie affectée de la moelle épinière. Pour ces deux applications, notre objectif est de développer, grâce à un dispositif d'électro filage mis au point dans l'équipe LBPS du laboratoire CSPBAT de l'université Paris 13, un implant à base de Polycaprolactone (PCL), fonctionnalisé par greffage radicalaire de polymères bioactifs porteurs de groupements ioniques dans le but d'orienter et d'améliorer la réponse cellulaire et bactérienne mais aussi son comportement mécanique en relation avec les particularités de sa microstructure.

Equipes de recherches impliquées :

G. Amokrane¹, A. Douhou¹, A. Boudjerda², C. Falentin-Daudre¹, V. Migonney¹, T. Boukharouba² and S. Ramtani¹

¹ Laboratoire CSPBAT – Equipe Biomatériaux pour la Santé, UMR 7244 CNRS,
Université Paris 13-Institut Galilée, 99, avenue J.B. Clément. 93430 Villetaneuse, France

² Laboratoire de Mécanique Avancée "LMA", Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
BP. 32, El-Alia, 16111 Bab-Ezzoaur, Alger – Algérie

d) Le comblement osseux qui a pour but de développer de nouveaux tissus adaptés au site de reconstruction et repose sur la combinaison de cellulesensemencées dans une structure synthétique biodégradable poreuse (échafaudage). L'évaluation des propriétés mécaniques en relation avec la porosité des échafaudages est primordiale puisqu'il a été démontré que les cellules sont sensibles à la rigidité et la structuration spatiale de leur microenvironnement, et donc aux propriétés mécaniques et à la porosité de l'échafaudage, et régulent par conséquent leur forme, prolifération, et rigidité corticale en fonction de leur support d'adhésion (processus connu sous le nom de mécano-transduction).

Dernièrement, les biomatériaux à base de polyester-uréthane sont de plus en plus utilisés car ils peuvent fournir des échafaudages possédant un caractère élastomère. Ces biomatériaux, de type élastomères offrent des propriétés mécaniques particulières en réduisant l'inadéquation du module d'Young entre les échafaudages thermoplastiques rigides classiquement utilisés et les tissus mous et dynamiques à régénérer (peau, tendons, muscles), et sur leur possibilité de récupération de grandes déformations mécaniques. Le laboratoire CSPBAT a développé de nouveaux échafaudages biodégradables à base de polyester-uréthane. Ces échafaudages ont montré leur capacité à supporter l'adhésion de cellules souches mésenchymateuses [3]. Il est nécessaire de caractériser les propriétés élastiques de ces nouveaux échafaudages élastomères pour : (1) définir le caractère intrinsèque élastique du matériau, (2) appréhender la corrélation entre la porosité du matériau et sa rigidité macroscopique.

Equipes de recherche impliquées :

G. Rohman¹, S. Ramtani¹, Y. Roussigné², Ph. Djemia², F. Caupin³

¹ Laboratoire CSPBAT – Equipe Biomateriaux pour la Santé, UMR 7244 CNRS, Université Paris 13-Institut Galilée, 99, avenue J.B. Clément. 93430 Villetaneuse, France

² Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM), UPR 3407 CNRS,

³ Institut Lumière Matière (ILM), UMR 5306 Université de Lyon,

Pour finir, nous aborderons la problématique des fractures du tissu osseux trabéculaire, à un stade avancé de l'ostéoporose, par le biais de mécanismes locaux de flexion-flambement. On sait que le flambement à l'échelle de la trabécule est essentiellement dû à la perte de la connectivité trabéculaire, de sorte que les trabécules porteuses verticales perdent leurs attaches roisées les unes avec les autres. Ici, nous concentrons notre attention sur l'amélioration de notre compréhension des relations entre la dégradation osseuse et l'évaluation du risque de fracture qui est toujours d'actualité et au cœur de problèmes cliniques importants comme l'ostéoporose et la fragilité osseuse liée à l'âge des individus. A notre connaissance, un cadre théorique nous semble nécessaire afin de fournir de nouvelles perspectives dans la compréhension du processus de flexion-flambement en cours de remodelage.

Dans les limites de nos hypothèses, il est clairement démontré que les instabilités élastiques se produisent préférentiellement lors de l'amorce d'une activité de résorption osseuse et l'existence d'un gradient de densité osseuse aide à maintenir la stabilité de la déviation de la colonne osseuse.

Equipes de recherche impliquées :

S. Ramtani¹, H. Bennaceur², T. Outtas²,

¹ Laboratoire CSPBAT – Equipe Biomateriaux pour la Santé, UMR 7244 CNRS, Université Paris 13-Institut Galilée, 99, avenue J.B. Clément. 93430 Villetaneuse, France

² Laboratoire Mécanique des Structures et Matériaux,

Université de Batna, Département de Mécanique, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, 15 Avenue Chahid Boukhlouf, 16 05000, Batna, Algérie