

M.Eng. Wenzuo Wei

(e-mail: wenzuo.wei@uni-rostock.de)

Dielectric Characterization of Osseous Tissues Based on Electrical Impedance Spectroscopy and Different Models and Methods

English: Dielectric (or impedimetric) and microstructural properties of osseous tissues, that can determine their responses to electrical stimulation, have been characterized and investigated by different models and methods. Impedimetric properties of osseous tissues (e.g., trabecular bones) were in particular measured with a real-time and more importantly, non-invasive method – electrical impedance spectroscopy (EIS), which can monitor the integration of electrically implants and regeneration of defective osseous tissues with patient-specific differences. Consequently, different approaches, including multivariate analysis, equivalent circuit model, effective medium approximation, and deep learning model, have been exploited and developed to understand and characterize the impedimetric properties of osseous tissues based on EIS. Note that the study has been focused on anatomically close but different osseous regions, e.g., the greater trochanter, femoral head and femoral neck, in order to ensure a high sensitivity of the employed models and methods. In addition, for the first time the differences among specimens, including but not limited to different components (e.g., water and fat content) and microstructures (e.g., bone volume fraction, BV/TV), were considered for the impedimetric analysis of different regions. Accordingly, the study offers the possibility for a spatially resolved and eventually patient-specific characterization as well as discrimination of osseous tissues, especially for evaluation and treatments with electrical stimulation.

Deutsch: Die dielektrischen (oder impedimetrischen) und mikrostrukturellen Eigenschaften von Knochengeweben, die ihre Reaktion auf elektrische Stimulation bestimmen können, wurden mit verschiedenen Modellen und Methoden charakterisiert und untersucht. Impedimetrische Eigenschaften von Knochengewebe (z. B. Trabekelknochen) wurden insbesondere mit einer Echtzeit- und vor allem nicht-invasiven Methode gemessen - der elektrischen Impedanzspektroskopie (EIS), mit der die Integration elektrischer Implantate und die Regeneration defekter Knochengewebe mit patientenspezifischen Unterschieden überwacht werden kann. Infolgedessen wurden verschiedene Ansätze, darunter die multivariate Analyse, das Äquivalenzschaltungsmodell, die Approximation des effektiven Mediums und Deep Learning-Modelle, entwickelt und genutzt, um die impedimetrischen Eigenschaften von Knochengeweben auf der Grundlage der EIS zu verstehen und zu charakterisieren. Es sei darauf hingewiesen, dass sich die Studie insbesondere auf

anatomisch nahe gelegene, aber unterschiedliche Knochenregionen konzentriert hat, z. B. den Trochanter major, den Femurkopf und den Schenkelhals, um eine hohe Empfindlichkeit der verwendeten Modelle und Methoden zu gewährleisten. Darüber hinaus wurden zum ersten Mal die Unterschiede zwischen den Proben, einschließlich, aber nicht beschränkt auf unterschiedliche Komponenten (z. B. Wasser und Fettgehalt) und Mikrostrukturen (z. B. Knochenvolumenanteil, BV/TV), bei der impedimetrischen Analyse verschiedener Regionen berücksichtigt. Dementsprechend bietet die Studie die Möglichkeit einer räumlich aufgelösten und eventuell patientenspezifischen Charakterisierung sowie Unterscheidung von Knochengeweben, insbesondere für die Bewertung und Behandlung mit elektrischer Stimulation.