Contribution des ondes de surface à la palpation viscoélastique du tissue cutanée sain et pathologique

Résumé

***Mots-clés :*** Ondes de surface, Palpation, Viscoélasticité, vieillissement, tumeurs cutanées.

L'analyse du comportement mécanique de la peau humaine est d'une importance capitale en raison de ses multiples applications en chirurgie plastique, dermatologie et cosmétique. Dans cette optique, ce mémoire met en valeur la caractérisation des propriétés mécaniques de la peau humaine, tumorale et saine, qui non seulement aidera le diagnostic du dermatologue, mais pourrait également constituer la création d'une base de données d'intelligence artificielle pour les recherches à venir dans différents domaines tels que la cosmétologie et la dermatologie. Une méthode moderne, non-invasive et sans contact – UNDERSKIN® [1] – a été développée et brevetée. Elle repose sur des calculs par transformée de Fourier qui permettent d'analyser la dispersion des ondes de surface avec un modèle d'inversion et un modèle viscoélastique spécifiques. Elle donne des informations détaillées de la façon dont les mouvements des particules du milieu se propagent dans les sous-couches. Par conséquent, la mise en place d'un modèle d'inversion, allant de l'élucidation de la réponse mécanique du stratum corneum à l'aide de la technique du tape-stripping à l'élaboration d'une nouvelle méthodologie de séparation modale, ainsi que d'un modèle viscoélastique, est devenue l'un des principaux axes de ce travail de doctorat. Par ailleurs, le regard des dermatologues s'est considérablement enrichi au fil des années grâce aux progrès de l'imagerie cutanée. Ainsi, améliorer sa palpation n'est rien de moins que nécessaire, et l'imagerie des propriétés mécaniques, comme la cartographie du module d’élasticité, de la viscosité, ou la représentation 3D de l’anisotropie de ces grandeurs physiques, a fait partie et a été mise en place lors de ce travail de thèse. Par conséquent, des études sur le vieillissement de la peau, l'exploration des réponses mécaniques des tumeurs cutanées et l'impact des produits cosmétiques ont été menées et constituent les principales applications des travaux présentés.

.

Surface wave’s contribution to viscoelastic palpation of pathological and healthy cutaneous tissue

Abstract

***Keywords***: Surface waves, Palpation, Viscoelasticity, skin aging, solid tumors.

The analysis of the mechanical behavior of human skin is of paramount importance on the grounds of the multiple applications in plastic surgery, dermatology, and cosmetics. To that extent, the ensuing Ph.D. investigation sheds new light on characterizing tumoral and non-tumoral human skin mechanical properties that will not only assist the dermatologist’s diagnosis but also could constitute the creation of an Artificial Intelligence database for upcoming research in different areas such as cosmetology and dermatology. A modern, non-invasive, and contact-free methodology – UNDERSKIN®[7] – was developed and patented. It hinges upon Fourier transform computations that permit the analysis of surface wave dispersion with a specific skin inversion model and viscoelastic model. It yields a detailed look at how particle movements of the medium propagate throughout its near sub-surface. Therefore, the set-up of an inversion model, going from elucidating the stratum corneum response with the use of the tape-stripping technique to elaborating a new modal separation methodology, as well as a viscoelastic model, became one of the main focuses of this Ph.D. work. Besides, dermatologists’ sight has considerably been enriched over the years in the light of skin imaging advances. Accordingly, enhancing one's palpation is nothing less than necessary, and imaging the mechanical properties, such as a storage modulus map, a viscosity map, and the 3D anisotropic representation of these physical quantities, was part of this Ph.D. work and has been enlightened. As a consequence, investigations such as skin aging, the exploration of solid tumor mechanical responses, and the impact of cosmetic products were conducted and constitute the main applications of the presented thesis investigation; in which their outcomes prove UNDERSKIN® to be earmarked as a valuable assistance device to gain objective comprehension of tumoral and non-tumoral skin mechanical behavior.