



Université Claude Bernard



Lyon 1

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : 19 décembre 2019

Prénom et nom de famille de l'auteur : **Victor BARRERE**

Titre de la thèse : « *Thermométrie Ultrasonore et caractérisation tissulaire durant les traitements par Ultrasons Focalisés de Haute Intensité par méthodes ultrasonores et élastographie passive* »



Résumé

Les Ultrasons Focalisés de Haute Intensité (HIFU) sont une technique non invasive permettant de générer une augmentation de température à distance de l'émetteur ultrasonore. Cette technique est déjà largement utilisée en clinique dans le traitement de nombreuses pathologies, parmi lesquelles on peut compter les tremblements essentiels, les cancers de la prostate, du foie, du pancréas, le fibrome utérin, le glaucome etc. Une modalité d'imagerie est nécessaire pour guider et surveiller efficacement les traitements non invasifs par HIFU. Aujourd'hui, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et l'imagerie par ultrasons sont les deux techniques utilisées en combinaison avec les HIFU pour guider le traitement. L'IRM est supérieure à l'échographie pour visualiser la température des tissus et la nécrose, mais cette technique est extrêmement coûteuse et manque de portabilité, de disponibilité, et présente des problématiques de compatibilité avec les patients et les dispositifs. L'imagerie par ultrasons présente quant à elle des avantages en termes de coût et de portabilité, de disponibilité et présente par ailleurs une bonne résolution spatiale et temporelle. L'imagerie conventionnelle échographique montre la distribution spatiale en amplitude des échos réfléchis par les inhomogénéités d'impédance acoustique dans le milieu et est déjà largement utilisée pour guider et monitorer les traitements HIFU. Cependant, l'imagerie échographique fournit des informations limitées sur la formation d'une nécrose de la coagulation due aux HIFU. Dans la plupart des cas, les hyperéchos sont visibles en raison des microbulles générées par cavitation acoustique ou par ébullition. Or ces zones hyperéchogènes ne permettent pas de contourner de manière précise la zone traitée, et elles n'apparaissent pas durant la phase de coagulation des tissus. Plusieurs méthodes ont été proposées pour caractériser le changement thermique en fonction d'autres paramètres, tels que la rétrodiffusion par ultrasons. L'une des méthodes les plus anciennes est l'estimation de la température à partir du décalage d'écho dû au changement de vitesse du son induit thermiquement, mais limité à une température pouvant atteindre 50 à 55 ° C. Des techniques d'estimation de l'élasticité des tissus ont également été étudiées, basées sur le fait que les tissus deviennent plus rigides lorsqu'ils sont coagulés. Dans cette thèse, nous avons étudié les changements de l'énergie rétrodiffusée par les tissus traités par ultrasons due à la coagulation thermique sans génération de microbulles de 37°C à 80°C. Les mesures, particulièrement centrées sur l'énergie du signal rétrodiffusé, ont été réalisées de manière qualitative pour le monitoring des traitements et de manière quantitatives grâce à des méthodes dites d'ultrasons quantitatifs capables de révéler des informations sur la microstructure des tissus, en vue d'expliquer les phénomènes induisant les changements dans les signaux rétrodiffusés au fil d'un chauffage HIFU. Un chapitre s'attarde sur le monitoring des interventions ultrasonores par élastographie passive. Enfin, les techniques de caractérisations mises en œuvres dans le cadre de ces travaux ont permis de réaliser des mesures d'atténuation dans des pièces de tissu hépatique issus d'hépatectomies standard, et contenant des tumeurs primaires et secondaires. L'impact des différences atténuations entre les deux types de tissus tumoraux a été évalué par simulations numériques de traitements HIFU. Les résultats ont permis d'aboutir à

des conclusions quant à la nécessité de réaliser des traitements différents pour les cancers primaires et secondaires dans le foie.