

Un modèle homogénéisé pour la tomographie optique chez le nouveau-né

Stéphanie SALMON, LMR, UMR CNRS 9008 - Université de Reims Champagne-Ardenne

Stephanie LOHRENGEL, LMR, UMR CNRS 9008 - Université de Reims Champagne-Ardenne

Farah OUMRI, LMR, UMR CNRS 9008 - Université de Reims Champagne-Ardenne

La Tomographie Optique Diffuse (TOD) est une modalité d'imagerie qui est basée sur l'absorption de la lumière dans l'échelle proche infrarouge par les tissus biologiques, en particulier ceux du cerveau. Cette technique peut être mise en place au lit du patient et s'avère particulièrement adaptée chez le nouveau-né et l'enfant prématuré de par son caractère non-invasif et non-irradiant. L'acquisition des données est faite à l'aide d'un casque posé sur la tête du bébé, muni d'optodes qui servent à la fois de sources et de détecteurs de lumière. Les mesures de la quantité de lumière qui arrive aux détecteurs après avoir traversé les différentes couches de la tête permettent de reconstruire les paramètres optiques du milieu diffusant. Un changement dans les paramètres optiques atteste, quant à lui, d'un changement dans la concentration de l'hémoglobine oxygénée et déoxygénée pendant l'activité cérébrale ou peut être utilisé comme indicateur pour la survenue d'une pathologie comme une hémorragie intracrânienne.

Mathématiquement, l'équation de transfert radiatif (ETR) modélise correctement la propagation de la lumière dans les tissus. La résolution numérique de l'ETR étant coûteuse, une approche courante consiste à la remplacer par une équation de diffusion sous l'hypothèse que le coefficient d'absorption est petit devant le coefficient de diffusion du milieu. Nous discutons la validité de cette approximation dans les différents tissus de la tête et particulièrement dans le liquide céphalospinal (LCS). En effet, le rapport entre les coefficients optiques du LCS est plus élevé que celui des autres tissus ce qui amène certains auteurs à conclure à la non-validité de l'approximation de la diffusion dans cette couche. Des simulations numériques dans des configurations simples montrent également que les mesures simulées par l'approximation de la diffusion sont peu sensibles à un changement des paramètres dans le cerveau à cause de la présence du LCS qui agit comme un guide d'ondes.

Nous présentons dans cette communication un nouveau modèle de diffusion dans la couche du LCS qui prend en compte la présence de trabécules arachnoïdiennes, petits filaments qui agissent comme des diffuseurs discrets. Au lieu de mailler ces structures fines d'une largeur d'environ 0.1 mm ce qui rendrait la résolution numérique extrêmement coûteuse, nous appliquons une méthode d'homogénéisation afin d'obtenir un milieu homogène équivalent. Des résultats numériques pour des modèles de tête sphérique et réaliste montrent que le nouveau modèle améliore de façon significative la sensibilité des mesures de la TOD par rapport à la présence d'une perturbation des paramètres optiques dans le cerveau [1].

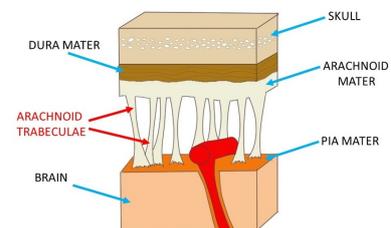


Fig. : Espace sous-arachnoïdien.

[1] S. Lohrengel, F. Oumri, S. Salmon. *A homogenized CSF model for diffusive optical tomography in the neonatal head*. Tech. Rep. hal-03144383, 2021.