
Évaluation dosimétrique des traitements par photobiomodulation par simulations Monte-Carlo

Massinissa Abbas^{*1}, Frederic Pain², Albertine Dubois³, Yann Sayous^{4,5}, Noémie Rhouy⁴, Camelia Billard Sandu⁵, Eric Deutsch^{4,5}, Charlotte Robert^{4,5}, and Pauline Maury^{†4,5}

¹Molecular Radiotherapy and Therapeutic Innovation, U1355 – INSERM, Institut Gustave Roussy, Villejuif, Université Paris-Saclay – France

²Laboratoire Charles Fabry – Université Paris-Saclay, Institut d'Optique Graduate School, CNRS, Laboratoire Charles Fabry – France

³Laboratoire d'Imagerie Biomédicale Multimodale – Université Paris Saclay CNRS CEA Inserm – France

⁴Molecular Radiotherapy and Therapeutic Innovation, U1355 – INSERM, Institut Gustave Roussy, Villejuif, Université Paris-Saclay – France

⁵Department of Oncology-Radiotherapy – Institut Gustave Roussy – France

Résumé

Introduction : La photobiomodulation (PBM) repose sur l'absorption de lumière visible à proche infrarouge par des chromophores intracellulaires¹. Elle induit des effets bénéfiques sur la régénération tissulaire et la réduction de l'inflammation et de la douleur. Bien qu'utilisée pour traiter les mucites orales radio-induites, la PBM ne dispose pas d'outils permettant de quantifier l'énergie déposée dans les tissus.

Matériel et méthodes : La source intraorale d'un dispositif de PBM (Caremin650, NeoMed-Light) (surface : $5,5 \times 2,6 \text{ cm}^2$, $\lambda = 650 \text{ nm}$) a été modélisée sous GATE. Les paramètres physiques ajustables (longueur d'onde, surface, fluence) ont été variés pour étudier leur influence sur le dépôt d'énergie en profondeur ($E(z)$) et la profondeur de pénétration (δ) dans des fantômes numériques de graisse et de muscle. Les coefficients optiques utilisés (n , μ_a , μ_s , g ; set 1) proviennent de la littérature². Des traitements PBM (6 J/cm^2) de 5 patients ont ensuite été simulés à partir de scanners de planification. Les épaisseurs de graisse et de muscle ont été extraites. L'influence de μ_a et μ_s a été évaluée à l'aide d'un second jeu de paramètres³ (set 2) (Tab 1). Des distributions 3D d'énergies déposées (Fig 1) ont été calculées, et l'intégration selon la profondeur a permis d'estimer l'énergie déposée sur toute l'épaisseur de joue.

Résultats : En milieu graisseux, seule la longueur d'onde influence la profondeur de pénétration ($\delta = 5,1$; $6,3$; $5,4 \text{ mm}$ pour 650 , 800 et 900 nm respectivement) (Fig 2-f). Une interface graisse-muscle génère un pic de dépôt d'énergie atteignant 150% de $E(z=0)$ (Fig 2-h). Chez les patients, les volumes traités ($V2\%$) sont en moyenne supérieurs de 20% (Tab 2) avec le set 1 par rapport au set 2. Les énergies déposées intégrées varient moins avec le set 2 ($20,9 \pm 0,5 \text{ J}\cdot\text{mm}$) qu'avec le set 1 ($18,4 \pm 1,7 \text{ J}\cdot\text{mm}$) (Tab 3). Le patient le plus riche en graisse (48%) présente la différence relative la plus importante (23.9%) entre les deux sets.

^{*}Intervenant

[†]Auteur correspondant: Pauline.MAURY@gustaveroussy.fr

Conclusions : Ce travail a pour objectif de clarifier les influences des paramètres physiques et anatomiques sur les dépôts d'énergie en PBM. Les dépôts d'énergie dépendent fortement des coefficients optiques, eux-mêmes variables selon les conditions expérimentales mais aussi de la composition des tissus variable d'un patient à l'autre. Les simulations MC permettent de quantifier ces dépôts et pourraient contribuer à l'optimisation des traitements, malgré une relation encore peu établie avec les effets biologiques.

Références

1. Robijns, J. *et al.* Photobiomodulation therapy in management of cancer therapy-induced side effects: WALT position paper 2022. *Frontiers in Oncology* **Volume 12-2022**, (2022)
2. Simpson et al. Near-infrared optical properties of ex vivo human skin and subcutaneous tissues measured using the Monte Carlo inversion technique. *PMB* **43**, 2465 (1998)
3. Bashkatov et al. Optical properties of skin, subcutaneous, and muscle tissues: A REVIEW. *J. Innov. Opt. Health Sci.* **04**, 9–38 (2011)

Mots-Clés: photobiomodulation, mucite orale, dosimétrie, monte carlo, simulations, optique