

Effets de l'exposition à un champ magnétique à 60 Hz sur l'activité cérébrale mesurés par IRMf pendant une tâche de rotation mentale

Jodi Miller^{1,2}, Julien Modolo^{1,2}, John R. Robertson^{1,2}, Michael Corbacio^{1,2}, Daniel Goulet³, Jacques Lambrozo⁴, Michel Plante³, Martine Souques⁴, Frank S. Prato^{1,2}, Alex W. Thomas^{1,2}, Alexandre Legros^{1,2*}

¹Bioelectromagnetics, Imaging Program, Lawson Health Research Institute, London, ON, Canada, ²Department of Medical Biophysics, University of Western Ontario, London, ON, Canada, ³Hydro-Québec, Montréal, QC, Canada, ⁴Service des Études Médicales, EDF, Paris, France

*Courriel de l'auteur correspondant: alegros@lawsonimaging.ca

INTRODUCTION

Des études utilisant l'électroencéphalographie (EEG) ont montré que les champs magnétiques (MF) d'extrêmement basses fréquences (ELF) peuvent moduler l'activité neurophysiologique humaine [1]. Il a également été récemment démontré que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) permet de mesurer les effets des CM ELF sur le traitement de l'information par le cerveau [2]. Dans une étude pilote utilisant l'IRMf pour étudier les effets d'une exposition de 30 minutes à un CM à 60 Hz de 1800 μ T sur l'activation fonctionnelle du cerveau lors d'une tâche de tapping, l'activation requise pour compléter la tâche était plus importante dans la condition "exposition réelle" par rapport à la condition "sham" (sans exposition) [3]. Ce travail pilote a été poursuivi avec l'étude en cours pour observer les effets d'une exposition de 60 minutes à un CM à 60 Hz de 3000 μ T sur l'activation fonctionnelle du cerveau lors: 1) d'une phase de repos, 2) une tâche de tapping, et 3) une tâche de rotation mentale. L'imagerie IRMf de la tâche de rotation mentale révèle l'activation fonctionnelle de plusieurs régions spécifiques, notamment les régions impliquées dans le traitement visuel (aire de Brodmann 19, BA 19), l'intégration de l'information visuelle et motrice (BA7) et les fonctions exécutives associées au contrôle cognitif (BA9) [4]. Puisque l'exposition à des CM ELF spécifiques peut conduire à une modulation des performances cognitives [5], nous formulons l'hypothèse que l'activation fonctionnelle cérébrale associée à une tâche de rotation mentale sera modulée par l'exposition à un CM à 60 Hz de 3000 μ T.

MATERIELS ET METHODES

Neuf participants droitiers (6 femmes, 3 hommes) ont été testés selon un protocole en pseudo double aveugle. Les participants étaient assignés au hasard à un des deux groupes: un groupe d'exposition réelle (5 sujets) et un groupe qui n'était pas réellement exposé (condition dite sham, 4 sujets). Après avoir donné son consentement écrit, chaque sujet a complété une session d'IRMf d'une heure et demie dans un scanner IRM (3.0 Tesla Siemens Verio, Erlangen, Allemagne). L'expérimentation débutait par un bloc de trois conditions différentes d'imagerie (16.5 minutes): repos, une tâche de tapping, et une tâche de rotation mentale. Ce bloc de trois conditions était ensuite suivi par une période de 60 minutes de repos dans le scanner IRM. Durant cette période de repos, les sujets du groupe "exposition réelle" étaient exposés à un CM à 60 Hz de 3000 μ T généré par la bobine de gradient Z du scanner spécialement programmée afin de générer l'exposition à 60 Hz (maximale au niveau cortical). Un clip audio reproduisant le léger son produit par l'exposition était diffusé au cours de la phase de repos pour le groupe "sham" afin d'assurer un environnement sonore cohérent pour les deux groupes. Les trois conditions expérimentales (repos, tapping, rotation mentale) étaient répétées après la phase de repos.

Pour la tâche de rotation mentale, chaque participant devait comparer deux objets représentés en 3 dimensions affichés simultanément. Ces objets correspondaient à des formes géométriques simples, soit identiques ayant subi une rotation spatiale selon les directions X et Y, soit différentes. Les participants devaient répondre aussi vite que possible si ces objets étaient les mêmes (en ayant subi une rotation spatiale) ou bien étaient différents. Les images d'activation cérébrale associées à la tâche ont été ensuite analysées à l'aide du logiciel BrainVoyager QX 2.0.8.1480 (Brain Innovation, Pays-Bas). Les images pré-exposition ont été soustraites aux images post-exposition pour chaque groupe expérimental. Les régions d'intérêt (Regions of Interest, ROI) ont été déterminées *a priori* sur la base des régions cérébrales connues pour être associées à la tâche de rotation mentale. Chaque ROI a été analysée séparément à l'aide du logiciel de statistiques PASW 18.

RÉSULTATS

L'image IRMf pré-exposition (sham + réel, n = 9) a mis en évidence l'activation des aires BA7 (intégration des informations visuelles et motrices), BA19 (traitement visuel), BA9 (associée avec les fonctions exécutives et cognitives), qui sont toutes des régions associées à la tâche de rotation mentale dans la littérature sur l'IRMf [4]. Dans le sulcus intrapariétal gauche, une région associée avec l'attention visuelle, une interaction a révélé une désactivation post-exposition plus forte dans le groupe "exposition réelle" par rapport au groupe "sham" ($F = 6,676$; $p = 0,036$; $df = 1,7$). Dans l'aire BA19, associée au traitement de l'information visuelle, une interaction significative a montré que l'activation post-exposition était significativement plus importante dans le groupe "sham" par rapport au groupe "exposition réelle" ($F = 7,426$; $p = 0,030$; $df = 1,7$).

CONCLUSIONS

Selon nos résultats, une heure d'exposition à un CM à 60 Hz de 3000 μ T peut moduler l'activité des circuits neuronaux impliqués dans une tâche de rotation mentale. Plus précisément, l'activation de deux régions du cerveau associées à l'exécution d'une tâche de rotation mentale est diminuée après l'exposition. Notamment, l'exposition au CM ELF semble avoir un effet sélectif sur les régions du cerveau associées à l'attention visuelle et au traitement visuel. Toutefois, il s'agit de résultats préliminaires, par conséquent ces résultats doivent être considérés avec précaution.

REMERCIEMENTS

Ce projet était supporté par Hydro-Québec (Canada), EDF-RTE (France), les IRSC (Canada) et le LHRI.

REFERENCES

- [1] Cook CM, Thomas AW, Prato FS. Resting EEG is affected by exposure to a pulsed ELF magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 25(3):196-203, 2004.
- [2] Robertson J, Théberge J, Weller J, Drost DJ, Prato FS, Thomas AW. Magnetic Field Exposure Can Alter Neuroprocessing in Humans. *BEMS 31st Annual Meeting*, 15-1: 439-440, June 2009.
- [3] Legros AG, Weller J, Robertson J, Corbacio M, Dubois S, Beuter A, Stodilka R, Goulet D, Lambrozo J, Plante M, Souques M, Prato F, Thomas A. Is Human Brain Functional Activation Modulated By A 60 Hz, 1800 μ T Magnetic Field Exposure? *BEMS 31st Annual Meeting*, P-120: 439-440, June 2009.
- [4] Cohen MS, Kosslyn SM, Breiter HC, DiGirolamo GJ, Thompson WL, Anderson AK, Bookheimer SY, Rosen BR, Belliveau JW. Changes in cortical activity during mental rotation: A mapping study using

functional MRI. *Brain*, 119: 89-100, 1996.

[5] Preece AW, Wesnes KA, Iwi GR. The effect of a 50 Hz magnetic field on cognitive function in humans. *International Journal of Radiation Biology*, 74(4): 463-70, 1998.