

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) pour les enfants atteints d'épilepsie (Functional MRI for Children with Epilepsy)

Des progrès spectaculaires dans l'imagerie du cerveau ont permis comme jamais auparavant d'approfondir la connaissance de l'organisation fonctionnelle du cerveau. Au BC Children's Hospital (Hôpital pour enfants de la Colombie-Britannique), des techniques de pointe non invasives en imagerie du cerveau ont été intégrées à la gamme de soins prodigués aux enfants atteints d'épilepsie et constituent le point central de recherches actives et continues menées dans le cadre d'une collaboration internationale.

Un bref examen des principes de base et des applications de l'IRMf à l'épilepsie pédiatrique aidera à placer ces progrès en contexte.

La technologie de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technologie extrêmement précieuse dans le domaine des neurosciences cliniques et son évolution est très rapide. L'IRM permet de visualiser les détails très fins de la structure du cerveau et les connexions entre ses différentes régions.

Une technique très pointue de l'IRM, connue sous le vocable d'IRM fonctionnelle ou IRMf permet d'observer le cerveau en action. Cela peut même se faire en temps réel alors qu'une personne exécute une activité dans l'appareil d'IRM. L'enregistrement de l'activité du cerveau au cours de tâches spécifiques permet de créer des cartes du cerveau d'une personne donnée.

Ces cartes du cerveau prennent une importance toute particulière dans l'évaluation préopératoire des enfants candidats à la chirurgie de l'épilepsie. Le but de cette intervention chirurgicale est généralement d'ôter ou de déconnecter les régions discrètes du cerveau qui causent les crises tout en évitant d'endommager les régions du cerveau qui contrôlent des fonctions importantes.

Pour comprendre le fonctionnement de l'IRMf, il est important de passer en revue quelques principes fondamentaux de la création d'images par résonance magnétique, du mode de fonctionnement du cerveau lorsqu'il est activé et de la manière dont cette activation du cerveau affecte les images par résonance magnétique pour rendre possible l'IRMf :

- Un appareil d'IRM permet d'obtenir des images très détaillées de la structure du cerveau par la réponse de celui-ci à une exposition à un champ magnétique intense.
- Un appareil d'IRM conventionnel produit un champ magnétique plusieurs milliers de fois plus puissant qu'un aimant de réfrigérateur.
- Lorsqu'une personne se trouve à l'intérieur de l'appareil d'IRM, les noyaux de certains atomes, spécialement ceux de l'hydrogène, sont influencés temporairement par le champ magnétique.
- Le système IRM transmet des impulsions de radiofréquences par une sorte de cage entourant la tête du patient et ces impulsions modifient l'alignement de ces noyaux (protons).
- Les signaux sont ensuite libérés du tissu en fonction des propriétés chimiques de ce dernier.
- Les signaux sont captés par l'appareil d'IRM et traités par ordinateur pour produire des images du cerveau. Certains tissus peuvent apparaître très brillants tandis que d'autres, d'une composition chimique différente, pourront apparaître très sombres, suivant les réglages de l'appareil.
- Un réglage très fin des paramètres de l'appareil permet de déterminer les structures et caractéristiques des tissus avec une grande précision.

- Le résultat final est une carte de l'anatomie ou de la structure du cerveau.

L'étape suivante consiste à comprendre le fonctionnement du cerveau. Pour ce faire, il faut savoir que les 100 milliards de cellules nerveuses ou neurones du cerveau sont organisées en réseaux très complexes qui transmettent les informations par des signaux chimiques et électriques.

Les réseaux des diverses régions du cerveau sont optimisés pour des fonctions bien spécifiques, comme la vue, l'ouïe, le langage ou le contrôle de la motricité. Dans le système de la vue, par exemple, les signaux provenant des yeux sont envoyés vers un centre de relais dans le cerveau appelé thalamus et, de là, sont acheminés vers les principaux centres de la vision du cerveau, situés tout à fait à l'arrière du cerveau dans les lobes occipitaux.

Lorsque les signaux visuels provenant des yeux atteignent les centres de la vision du cerveau, des molécules chimiques connues sous le nom de neurotransmetteurs sont libérées. Ces molécules stimulent ou « activent » les cellules nerveuses des centres de la vision.

L'activation des zones de la vision requiert un apport de carburant vu le travail supplémentaire qui est réalisé. Le carburant nécessaire, le glucose présent dans le sang, ainsi que l'oxygène sont apportés par le débit sanguin. Lors de l'activation d'une des régions du cerveau, on constate un accroissement de la consommation de glucose. En apportant ce surplus de carburant, les vaisseaux sanguins apportent également un supplément d'oxygène aux tissus, ce qui donne à ceux-ci une couleur rouge plus vive.

Pour comprendre le mécanisme de l'IRM fonctionnel, il est indispensable de savoir que l'oxygène du sang n'affecte pas uniquement la couleur du sang mais également le signal IRM.

Les raisons en sont les suivantes :

- L'oxygène est transporté dans le sang par les globules rouges, lesquels contiennent une protéine porteuse d'oxygène appelée hémoglobine.
- L'hémoglobine contient du fer, ce qui affecte le champ magnétique de l'appareil d'IRM.
- Lorsque l'oxygène est lié à l'hémoglobine, il réduit l'effet du fer sur le champ magnétique.
- Chaque fois qu'une région du cerveau est « activée », la quantité d'oxygène du sang des tissus augmente et cette augmentation fait s'amplifier le signal IRM.
- Même un bref éclat lumineux frappant les yeux fera s'amplifier le signal IRM jusqu'à un pic en l'espace de 3 à 5 secondes. Le signal va décroître ensuite graduellement pour revenir à l'état de base après 15 à 30 secondes.
- Cet effet du changement de la teneur en oxygène du sang, connu sous le nom d'« effet BOLD » (Blood Oxygen Level Dependent), est à la base de la plupart des examens IRMf effectués dans un but clinique.

Pour cartographier les régions fonctionnelles du cerveau, il est nécessaire d'enregistrer une série d'images du cerveau pendant que la personne soumise au test effectue une tâche et de rechercher ensuite pour quelles régions du cerveau les modifications du signal IRM ont été « verrouillées » dans le temps pour cette tâche précise.

Chaque tâche implique généralement d'imager l'ensemble du cerveau toutes les quelques secondes pendant plusieurs minutes. Avec des ordinateurs à haute vitesse, il est possible d'analyser l'information et de situer les zones d'activité du cerveau dans les moments qui suivent l'achèvement de la tâche. Ceci procure des avantages considérables par rapport aux méthodes précédentes parce que la procédure est nettement moins invasive.

Donc, les procédures d'IRMf réduisent le besoin d'autres procédures telles que les opérations à cerveau ouvert pour dresser au moyen d'électrodes la carte des fonctions cervicales (craniotomie avec électrocorticographie) ou que l'injection de sédatifs dans les artères carotides droite et gauche pour déterminer quel est l'hémisphère cérébral dominant pour la fonction du langage (angiographie avec injection d'amobarbital sodique, test également appelé « test de Wada »).

En préparation à une intervention chirurgicale au cerveau, l'IRM fonctionnelle est utile pour localiser les zones qui contrôlent le mouvement des mains et celles qui contrôlent le langage.

Les procédures d'IRMf peuvent, après certaines adaptations, s'appliquer aux enfants. Au cours de la dernière décennie, nous avons acquis par des recherches et par l'expérience clinique au Centre de cartographie du cerveau des enfants de l'Hôpital pour enfants de la Colombie-Britannique (Children's Brain Mapping Centre at BC Children's Hospital) une très vaste expérience dans l'utilisation de l'IRMf pour cartographier le cerveau des enfants en bas-âge.

Un défi important est de calmer l'anxiété et la nervosité des enfants. Il est, en effet, difficile d'effectuer un IRM fonctionnel en l'absence de coopération du petit patient. Les mouvements de la tête rendent compliquée l'analyse des données de l'IRMf. Il est, de ce fait, important que les enfants soient placés en position couchée et restent aussi immobiles que possible.

Il est important aussi d'adapter les tâches à l'âge des enfants. Pour optimiser les résultats de l'imagerie portant sur les enfants, nous utilisons un simulateur IRM construit spécialement pour nous et qui nous donne la possibilité de répéter les procédures avec les enfants pour réduire leur angoisse et nous assurer qu'ils ont bien compris la manière de se comporter lors de l'examen réel.

Nous parvenons généralement à effectuer les examens IRM sans difficulté particulière sur des enfants âgés de 8 ans et plus qui coopèrent sagement. Nous avons également pu effectuer des examens IRM totalement satisfaisants sur des enfants plus jeunes dont certains n'étaient âgés que de 5 ans à peine.

Le raffinement des protocoles et des techniques d'IRMf fait l'objet de recherches actives au niveau international. L'Hôpital pour enfants de la Colombie-Britannique est membre d'un consortium international de recherche dont font partie d'autres centres de chirurgie épileptique d'Amérique du Nord, d'Australie et du Royaume-Uni.

Cette recherche poursuit un double but : l'utilisation de l'IRMf pour évaluer l'organisation de la fonction du langage chez les enfants devant subir une intervention de chirurgie épileptique et pour mesurer les résultats ultérieurs au niveau du langage.

Le partage de nos méthodes et la mise en commun d'informations provenant de nombreux sites nous permettront de mieux comprendre l'impact des troubles épileptiques sur l'organisation de la fonction langage dans le cerveau.

J'espère que cette brève introduction à l'IRM fonctionnelle aidera les lecteurs à comprendre les raisons de l'importance de cette nouvelle technique. À l'Hôpital pour enfants de la Colombie-Britannique, nous poursuivrons l'acquisition et la mise au point de nouvelles ressources en vue de pousser plus loin nos recherches sur la cartographie du cerveau et sur l'IRM fonctionnelle.

Ces recherches auront des applications directes sur les soins offerts aux nombreux enfants de Colombie-Britannique atteints d'épilepsie. Des avancées futures dans la cartographie du cerveau et dans les méthodes d'IRM contribueront à maintenir l'Hôpital pour enfants de la Colombie-Britannique à l'avant-plan des centres de traitement de l'épilepsie pédiatrique.

Dr. Bruce H. Bjornson MD FRCP(c) 2007

You can join the BC Epilepsy Society as a member and receive all the program and service benefits.

#2500-900 West 8th Avenue, Vancouver, BC V5Z 1E5

Phone: (604) 875-6704 Fax: (604) 875-0617 info@bcepilepsy.com www.bcepilepsy.com