

LA NEUROLOGIE : UNE SCIENCE COMPLEXE

MÉDECINE NUCLÉAIRE

- Le cerveau en TEP, qu'est-ce que c'est ?

RADIO-ONCOLOGIE

- La chirurgie sans le bistouri
- Place de la radiochirurgie stéréotaxique dans le traitement chirurgical des affections fonctionnelles du cerveau

RADIODIAGNOSTIC

- L'AVC, un pas à la fois
- L'agénésie du corps calleux à l'échographie fœtale

ÉLECTROPHYSIOLOGIE MÉDICALE

- Nouvelles techniques de neuroimagerie en recherche d'épilepsie
- Le Doppler Transcrânien (DTC)

UN PROGRAMME FINANCIER POUR VOTRE VIE APRÈS LE TRAVAIL

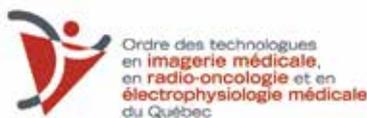


La Banque Nationale a un programme financier¹ adapté aux **technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale** qui donne accès à des privilèges sur un ensemble de produits et de services, tels que :

- › Le compte bancaire² en \$ CA ou en \$ US;
- › La carte de crédit Platine MasterCard^{MD} Banque Nationale³;
- › Les solutions de financement comme la marge de crédit³ et le Tout-En-Un^{MD1, 3};
- › Les solutions de placement et de courtage offertes par nos filiales.

Fière partenaire de

bnc.ca/specialistesante
Adhésion en succursale



1 Le programme financier de la Banque Nationale constitue un avantage offert aux spécialistes de la santé (audiologistes, denturologistes, ergothérapeutes, hygiénistes dentaires, inhalothérapeutes, opticiens, orthophonistes, pharmacologues, physiothérapeutes, psychologues, sages-femmes, technologues médicaux et technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie ou en électrophysiologie médicale), qui détiennent une carte Platine MasterCard de la Banque Nationale et qui sont citoyens du Canada ou résidents permanents canadiens. Une preuve de votre statut professionnel vous sera demandée. 2 Compte bancaire avec privilège de chèques. 3 Financement octroyé sous réserve de l'approbation de crédit de la Banque Nationale. Certaines conditions s'appliquent. ^{MD} MasterCard est une marque déposée de MasterCard International Inc. Usager autorisé : Banque Nationale du Canada. ^{MD1} Tout-En-Un Banque Nationale est une marque déposée de la Banque Nationale.

© 2014 Banque Nationale du Canada. Tous droits réservés. Toute reproduction totale ou partielle est strictement interdite sans l'autorisation préalable écrite de la Banque Nationale du Canada.

Depuis 1964, **ÉCHO X** est le magazine de l'Ordre des technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale. Le tirage est de 6900 exemplaires en décembre 2014.

COMITÉ DU MAGAZINE

Renée Breton, t.r. o.
Janie Deschênes, t.i.m.
Francis Tardif, t.i.m.
Carole Chaumont, t.e.p.m.

COLLABORATEURS

Justine St-Onge, t.i.m. (MN)
Manon Roberge, t.e.p.m.
Karine Schutt-Ainé, t.e.p.m.
Joanie Thibault, t.r.o.
Maude Dumont, t.i.m. (RD)
Anne-Marie Brault, t.i.m. (RD)

RÉVISION ET CORRECTION

Alain Crompt, t.i.m.(E), B.Ed., D.S.A.
M.A.P., Adm. A., directeur général et secrétaire
Judith Lalonde Dionne, Conseillère aux communications
Francine Duval, t.i.m

PUBLICITÉ

Jean-Philippe Thibault
CPS Média inc.
jpthibault@cpsmedia.ca
1 866 227-8414

ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSE

Jenny Putrino

DESIGN GRAPHIQUE

Caronga communications

IMPRESSION

Impart-Litho

POLITIQUE D'ABONNEMENT

Les membres et étudiants en dernière année de formation collégiale reçoivent l'**Écho X** trois fois par année. Abonnement offert à 60 \$ par année (plus taxes).

POLITIQUE ÉDITORIALE

Sauf indications contraires, les textes publiés n'engagent que les auteurs. Toute reproduction doit mentionner la source, après autorisation préalable par l'Ordre.

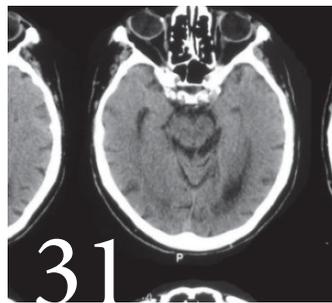
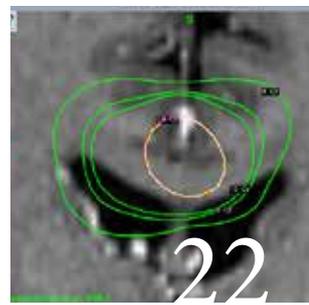
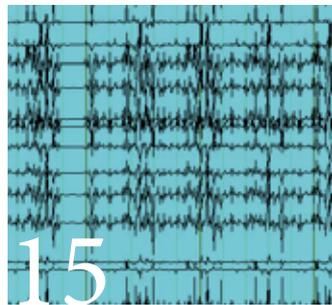
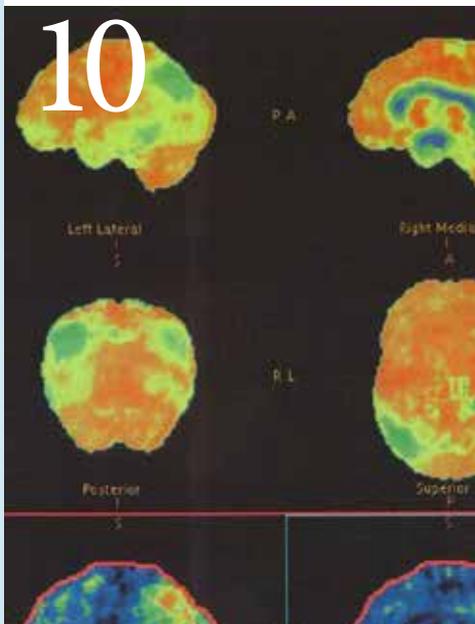


6455, rue Jean-Talon, bureau 401
Saint-Léonard (Québec) H1S 3E8
514 351-0052 ou 1 800 361-8759
www.otimroepmq.ca

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
et Bibliothèque nationale du Canada
ISSN 0820-6295

Logo FSC

SOMMAIRE



10 | LE CERVEAU EN TEP

La tomographie à émission de positons (TEP) permet de détecter des changements métaboliques avant que la morphologie ne soit altérée

15 | NOUVELLES TECHNIQUES DE NEUROIMAGERIE EN RECHERCHE D'ÉPILEPSIE

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) dans les années 80 a révolutionné la vision que nous avons de l'étude neuroanatomique du cerveau humain

18 | LE DOPPLER TRANSCRÂNIEN (DTC)

La technique du Doppler transcrânien a été mise au point par Rune Aaslid, chercheur en Neurochirurgie en 1982

22 | LA CHIRURGIE SANS LE BISTOURI

La radiochirurgie stéréotaxique par scalpel gamma (GK-SRS), communément appelé « gamma-knife »

27 | PLACE DE LA RADIOCHIRURGIE STÉRÉOTAXIQUE DANS LE TRAITEMENT CHIRURGICAL DES AFFECTIONS FONCTIONNELLES DU CERVEAU

31 | L'AVC UN PAS À LA FOIS

La prévention est de mise et en cas de soupçon d'AVC, il n'y a aucune minute à perdre

36 | L'AGÉNÉSIE DU CORPS CALLEUX À L'ÉCHOGRAPHIE FŒTALE

Le corps calleux se développe entre la 12^e et la 18^e semaine de grossesse

4 Mot de la présidente

6 L'Ordre en bref

Le tableau des membres est disponible sur le site de l'Ordre : Publications/ Echo X/décembre2014



Danielle
Boué, t.i.m.
Présidente

CE CERVEAU QUI FAIT DE NOUS UN HUMAIN!

Le cerveau! Organe le plus important du corps humain. Considéré comme le centre de commandement du système nerveux, il a le contrôle de tous les organes de l'organisme et assure la régulation de toutes les fonctions vitales.

De tous les organes humains, le cerveau est probablement le plus complexe, le plus mystérieux, mais aussi le plus fantastique. Encore aujourd'hui, les scientifiques tentent de mieux comprendre ses particularités si fascinantes et même si les avancées en ce sens sont énormes, il conserve encore son lot de mystères que le développement de nouvelles technologies et de nouvelles méthodes d'investigation nous permettra de résoudre un jour. En tant que professionnels de l'imagerie médicale, de l'électrophysiologie médicale et de la radio-oncologie, nous connaissons bien la complexité de cet organe, puisque régulièrement nous réalisons des examens diagnostiques du cerveau et nous traitons des cancers. Et en ce sens, même si déjà de nombreux examens d'investigation sont consacrés au cerveau, de nouvelles avenues sont toujours en développement.

J'ai eu la chance récemment de participer aux Journées françaises de radiologie. Un congrès de cette dimension, qui accueille près de 20 000 participants, nous permet toujours de découvrir des moyens d'investigation en développement. Par exemple, l'utilisation des ultrasons ultrarapides permettant d'évaluer l'activité cérébrale à certains moments comme lors de crises d'épilepsie, l'élastographie 3D/4D, les examens d'IRM avec un appareil de 7 teslas. Aussi, un congrès de cette ampleur nous permet aussi de découvrir les nouvelles tendances relatives aux équipements qui sont à la fine pointe de la technologie : des appareils dont le déplacement et l'utilisation est de plus en plus facile et qui, tout comme nos téléphones, sont de plus en plus intelligents. Parfois, on pourrait même croire qu'ils peuvent fonctionner sans nous! Des appareils munis d'un « cerveau » électronique qui facilitent

notre travail de professionnel évidemment, et que nous devons manipuler avec une grande habileté.

Car la différence entre le cerveau électronique et le cerveau humain, c'est que lorsque l'on parle du cerveau humain, on parle bien sûr d'intelligence, mais aussi de prise de décision, de comportement et de jugement. En cette matière, aucun équipement, aussi sophistiqué soit-il, ne pourra remplacer le jugement du technologue. Il nous faut donc être vigilants avec tous ces équipements qui « semblent » vouloir tout décider pour nous!

Aucun appareil ne pourra remplacer la chaleur humaine et la communication nécessaire et tellement rassurante que nous avons avec le patient.

Nous devons en tout temps maintenir nos compétences à jour afin de manipuler adéquatement ces nouveaux équipements et ainsi nous assurer de leur utilisation optimale. Il ne faut surtout pas oublier qu'aucun appareil ne pourra remplacer la chaleur humaine et la communication nécessaire et tellement rassurante que nous avons avec le patient dans le cadre des examens que nous réalisons et des traitements que nous donnons. En fait, je crois sincèrement que l'utilisation d'équipement sécuritaire est très important pour le patient qui subit un examen ou qui reçoit un traitement et pour le professionnel qui peut ainsi accomplir un travail de grande qualité, avec compétence et empathie. Comme pour tout appareil technologique, nous nous devons de manipuler adéquatement l'appareil afin de faire honneur au cerveau humain, et ce pour le plus grand bien du patient.

Sur ce, je vous souhaite une belle lecture! 

CAMPAGNE > ORDRE DE PROTÉGER

Cette année, le système professionnel québécois fête ses 40 ans d'existence. Malgré tout, l'importante mission de protection du public remplie par les ordres professionnels est encore méconnue ou mal connue de la population québécoise. Pourtant, on compte 45 ordres professionnels au Québec qui réglementent la profession de plus de 371 000 membres. Afin de mieux faire connaître leur rôle et leurs actions quotidiennes pour assumer leur mission de protection du public, les ordres professionnels, regroupés au sein du Conseil interprofessionnel du Québec (CIQ) ont lancé, l'an dernier, la campagne *Ordre de protéger*. Cette campagne d'information au concept moderne repose sur le développement d'un blogue (www.ordredeprotéger.com) et sur l'utilisation des médias sociaux Twitter, Facebook

et LinkedIn. Elle vise à mieux faire connaître les ordres professionnels, les moyens qu'ils utilisent pour accomplir leur mission ainsi que la contribution sociale et économique, qu'avec leurs membres, ils apportent à la société québécoise.

Comme ordre professionnel nous sommes invités à participer à cette campagne par la publication de nos nouvelles d'intérêt public. Nous avons tous la même mission, nous avons des enjeux communs mais nous avons également des enjeux spécifiques à nos domaines et cela fait en quelque sorte la richesse du système professionnel québécois. C'est donc avec fierté que votre Ordre participe à ce projet collectif afin de mieux nous faire connaître.



Je vous invite donc à visiter le site *Ordre de protéger* et à vous y abonner afin de suivre les actualités du monde professionnel. Vous pourrez, à votre tour, partager l'information dans vos réseaux sociaux afin de mieux nous faire connaître et reconnaître.

Bonne visite!

Joyeuses
Fêtes

Bonne année 2015

Que cette période du temps des fêtes
vous apporte paix, amour et bonheur auprès de tous ceux
qui vous sont chers et que l'année 2015 soit marquée
par la santé, la sérénité et la prospérité.

De la part de toute l'équipe
du siège social.

Danielle Groui
Danielle Boué, présidente

Veuillez prendre note que les bureaux du siège social de l'Ordre seront fermés du 25 décembre 2014 au 3 janvier 2015 inclusivement.

CARNET DU DIRECTEUR GÉNÉRAL ET SECRÉTAIRE



Alain Crompt
t.i.m.(E), B.Ed.,
D.S.A. M.A.P.,
Adm. A.

Activités réservées, qu'en est-il du concept en électrophysiologie médicale ?

Afin de bien comprendre la notion d'activités réservées, il y a lieu de retourner en 2002 lors de l'adoption de la *Loi modifiant le Code des professions et d'autres dispositions législatives dans le domaine de la santé*, L.Q. 2002, c.33.

Cette Loi modernisant les pratiques professionnelles était le résultat de nombreuses consultations menées par le groupe de travail ministériel sur les professions de la santé et des relations humaines (Groupe Bernier).

Cette nouvelle Loi décrit un champ d'exercice qui tient compte des nouvelles réalités des pratiques professionnelles, notamment celles des technologues en électrophysiologie médicale, et réserve des activités professionnelles selon les critères de protection du public.

Chacune des professions du secteur de la santé dispose depuis 2002 d'un champ d'exercice non exclusif qui a été réécrit et actualisé, auquel vient se greffer une liste d'activités réservées. Ont été réservés les gestes à caractère invasif ou encore ceux qui présentent un risque de préjudice important.

Le champ et les activités réservées étant intimement liés, la portée et la nature des activités réservées doivent s'interpréter à la lumière du champ d'exercice défini par la loi.

Les éléments ayant été pris en considération par ce comité sont les suivants :

- Assouplir et alléger le cadre réglementaire ;
- Accroître l'ouverture des milieux professionnels à la multidisciplinarité ;

- Favoriser l'innovation ;
- Tirer profit des forces du système ;
- Encourager de nouvelles formes de collaboration entre les professions et de reconnaître les compétences.

Le cadre législatif

Le cadre législatif tient compte de la modernisation des pratiques professionnelles en favorisant l'autonomie des professionnels, dans un contexte d'assouplissement et d'allègement réglementaire, le tout dans un contexte d'interdisciplinarité.

L'encadrement législatif est constitué des principaux éléments suivants :

- Un champ d'exercice propre à chaque profession ;
- Une zone commune d'activités professionnelles partagées par tous les professionnels ;
- Des activités réservées spécifiquement à chaque profession ;
- Des conditions d'exercice associées aux activités réservées ;
- Des dérogations à la réserve d'activités professionnelles.

Le champ d'exercice

Chaque profession est définie par un champ d'exercice qui :

- Décrit la profession de façon générale ;
- Fait ressortir la nature et la finalité de la pratique professionnelle ;
- Précise le contexte d'application des activités professionnelles.

Une zone commune d'activités professionnelles pour l'ensemble des professions

L'article 39.4 du *Code des professions*, L.Q., 2002, C.33 prévoit que :

« *L'information, la promotion de la santé et la prévention de la maladie, des accidents et des problèmes sociaux auprès des individus, des familles et des collectivités sont comprises dans le champ d'exercice d'un membre d'un ordre, dans la mesure où elles sont reliées à ses activités professionnelles* ».

Les activités réservées

Les activités qui ont été réservées aux différentes professions sont libellées en termes généraux, afin de permettre l'évolution des pratiques professionnelles en favorisant l'autonomie professionnelle.

Il est entendu que ces activités s'appliquent à l'intérieur de la description du champ d'exercice propre à chaque profession.

Les activités réservées peuvent l'être en exclusivité à une profession ou partagées entre les différentes professions. Il faut toutefois être en mesure de rattacher l'activité réservée au champ d'exercice du professionnel.

Ces activités sont réservées en raison du préjudice lié à leur réalisation, ainsi que des compétences requises et des connaissances exigées pour les exercer. Elles ont été retenues parce qu'elles peuvent :

- Présenter un caractère irrémédiable ;
- Être complexes ;
- Être invasives ;
- Impliquer un haut degré de technicité ;
- Être contre-indiquées dans certaines situations ;
- Faire appel à l'usage de médicaments ;
- Causer ou entraîner des effets secondaires ;
- Entraîner ou accentuer une atteinte à l'intégrité physique ou causer le décès ;
- Comporter un potentiel d'abus physique ou émotif ;
- Causer ou entraîner la perte d'un droit.

Définition du terme « activité » selon le groupe de travail ministériel sur les professions de la santé et des relations humaines :

« Un ensemble d'opérations, d'interventions, de processus, d'éléments, d'actions ou de gestes coordonnés, effectués dans le cadre de l'exercice d'une profession, qui peuvent s'exercer sur un continuum ou de manière interrompue et se scinder en actes circonscrits ».

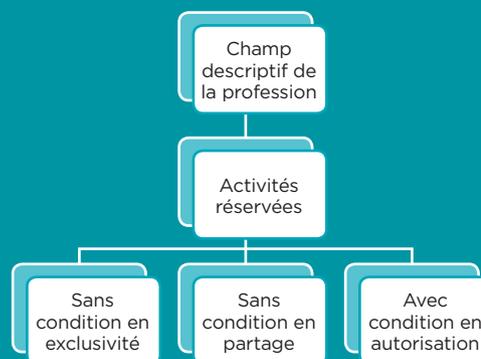
Les activités réservées en exclusivité versus les activités réservées en partage

Dans sa réforme du système professionnel de 2002, le législateur, par le biais d'une approche basée sur la réserve et le partage d'activités professionnelles, visait donc :

- À diminuer les conflits interprofessionnels ;
- À moderniser le système professionnel et l'adapter davantage aux nouvelles réalités ;
- À favoriser l'évolution des professions et l'utilisation optimale des ressources professionnelles.

La réforme a également identifié trois manières de réserver une activité à l'intérieur du système professionnel et a identifié ainsi trois catégories d'activités réservées : Les activités réservées en exclusivité, les activités réservées en partage et les activités réservées en autorisation.

Tableau synthèse



Les activités réservées en exclusivité

Dans certaines circonstances, une activité qui rencontre les critères de réserve doit, pour la protection du public, être posée uniquement et en toute autonomie par les membres d'un ordre spécifiquement identifié. Ces activités réservées sont appelées les activités réservées en exclusivité.

Les activités réservées en partage

Dans d'autres circonstances, une activité qui rencontre les critères de réserve doit, pour la protection du public, être posée en toute autonomie par les personnes qui sont membres de plusieurs ordres spécifiquement identifiés. Ces activités réservées sont appelées les activités réservées en partage.

Les activités réservées en autorisation

L'exercice d'une activité qui rencontre les critères de réserve peut, dans certaines circonstances et uniquement suivant certaines conditions, être autorisé à des personnes qui sont des membres d'un ou de plusieurs ordres spécifiquement identifiés ou, exceptionnellement, à des personnes qui ne sont pas des membres d'ordres. Ces activités réservées sont appelées les activités réservées en autorisation.

Conclusion

Lorsque seuls les membres d'un ordre ont les connaissances et les compétences requises, l'activité est alors une activité réservée en exclusivité.

Lorsque les membres de plusieurs ordres possèdent ces qualifications, l'activité devient une activité réservée en partage.

La Direction de l'amélioration de l'exercice prépare actuellement un guide d'application relatif aux activités réservées aux technologues en électrophysiologie médicale. Ce guide permettra de mieux comprendre la portée des activités réservées en exclusivité ou en partage pour les membres.

Je vous invite entretemps à communiquer avec la Direction de l'amélioration de l'exercice pour obtenir des précisions sur la portée des activités avant d'interpréter l'application de celles-ci auprès des autres professionnels de la santé. 

Auteurs recherchés

Vous aimeriez pouvoir contribuer à l'avancement de votre profession ?

Voici la solution : écrire un article dans VOTRE magazine scientifique.

Saviez-vous qu'écrire dans l'ÉchoX vous donne un montant forfaitaire, des heures de DPP et que vous avez la chance de remporter le Prix Jean-Paul-Rocheleau ?

Nous avons piqué votre curiosité ?

C'est facile, seulement envoyer un courriel à jlalondedionne@otimroepmq.ca pour nous démontrer votre intérêt et le membre de notre Comité Magazine représentant votre domaine d'exercice communiquera avec vous pour vous donner plus de détails.



AVIS DE DÉCÈS

Salut Françoise...



Un dernier salut à une amie et collègue de travail. Françoise nous a quittés, après un combat de près de six ans contre une maladie qui ne lui a pas laissé le dernier mot. Françoise a eu un parcours professionnel très actif. Elle a été membre de plusieurs comités à l'Ordre et a siégé comme membre du Bureau pendant plusieurs années.

Elle a aussi été très impliquée dans sa région, soit celle du Saguenay. Elle a participé à l'élaboration des soins palliatifs, collaboré à l'implantation du département de radio-oncologie et du département d'oncologie. Elle s'est d'ailleurs impliquée dans de nombreux programmes de la Société canadienne du cancer.

Chacun et chacune d'entre nous qui avons côtoyé Françoise se souviendra d'elle comme d'une personne sincère, chaleureuse et authentique. Pour plusieurs d'entre nous, elle aura été un modèle et un exemple à suivre.

Ne pleurons pas de t'avoir perdue, mais réjouissons-nous de t'avoir connue.



2015 Joint Congress on Medical Imaging and Radiation Sciences
Collaborative Care - Imaging and Treatment

Congrès conjoint sur l'imagerie médicale et les sciences de la radiation – 2015
Une approche collaborative - imagerie médicale et traitement

Le 27 mai 2015
SÉMINAIRES
PACS, Éducation et Gestion
Hôtel Westin
Montréal, QC

Du 28 au 30 mai 2015
congrèsconjoint.ca
Palais des congrès
Montréal, QC



CAMRT  ACTRM

 Canadian Association of Radiologists
L'Association canadienne des radiologistes

 Ordre des technologues
en imagerie médicale,
en radio-oncologie et en
électrophysiologie médicale
du Québec

LA SOCIÉTÉ CANADIENNE-FRANÇAISE DE RADIOLOGIE
Développement Professionnel Continu
ASSOCIATION DES RADIOLOGISTES DU QUÉBEC

VOUS ÊTES À UN CLICHÉ D'ÉCONOMISER SUR VOS ASSURANCES



+



=



Avec votre téléphone,
prenez une photo du
sommaire de vos polices ou
soumissions d'assurance
auto et habitation.

Envoyez-les directement
à un de nos courtiers à
photo@dpmm.ca,
en incluant le numéro
de téléphone où vous joindre.

Nous retrancherons
au moins 15 %
du prix des polices ou
offres de la concurrence*.

Avec DPMM, les membres de l'OTIMROEPMQ
s'assurent bien mieux pour bien moins.

DPMM 
Dale Parizeau
Morris Mackenzie

* Un courtier communiquera avec vous pour remplir votre soumission. Primes garanties 24 mois. Certaines conditions s'appliquent.
Dale Parizeau Morris Mackenzie Inc. est un cabinet de services financiers.

LE CERVEAU EN TEP

Qu'est-ce que c'est ?

par Justine St-Onge, t.i.m.

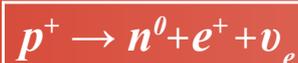
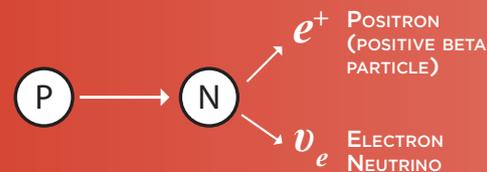


Figure 2:
Schéma du principe de désintégration β positive²

Lorsqu'il est question de mise en image du cerveau, c'est souvent la résonance magnétique ou la tomодensitométrie qui nous viennent en tête. Ces deux technologies bien connues ont en effet un grand potentiel au niveau anatomique.

D e son côté, la tomographie à émission de positons (TEP) permet de déceler des changements métaboliques avant que la morphologie ne soit altérée. Existant depuis plusieurs années, elle est reconnue pour son usage en oncologie dans la recherche de tumeurs primaires ou de métastases. Voyons ce qu'elle peut apporter à la compréhension du cerveau.

Comment fonctionne la TEP ?

Beaucoup de technologues, même en médecine nucléaire, ne savent pas exactement ce qu'est la TEP. Voici donc un survol du principe de cette technologie.

Le radiopharmaceutique le plus souvent utilisé est le « fluorodésoxyglucose »

marqué au fluor-18 (^{18}F -FDG). C'est une molécule de glucose dans laquelle le groupement hydroxyle du carbone 2 a été remplacé par un atome de fluor-18.

Normalement, la molécule de glucose est accumulée dans les cellules, phosphorylée pour devenir le glucose-6-phosphate et ensuite isomérisée en

fructose-6-phosphate. Il n'en est pas de même pour le ^{18}F -FDG. À cause de son atome de fluor, la molécule ne peut pas passer rapidement à l'étape d'isomérisation. Elle est donc accumulée dans les cellules proportionnellement au métabolisme du glucose. Plus la cellule consomme ce sucre, plus il y en aura d'emmagasiné.

Le fluor-18 est un atome instable puisqu'il possède trop de protons dans son noyau. Pour se stabiliser, il procède par désintégration β^+ (97 %), c'est-à-dire que le proton en trop est transformé en neutron. Il en résulte l'émission d'une particule beta chargée positivement nommée « positon » (β^+).

La particule se déplace de quelques millimètres dans le tissu et lorsque son

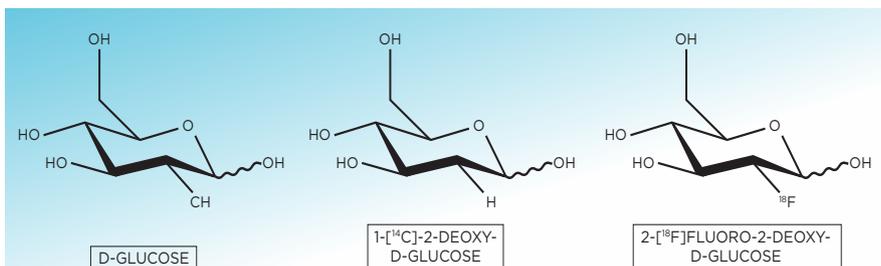


Figure 1: Schéma de la transformation du glucose en ^{18}F -fluorodésoxyglucose¹

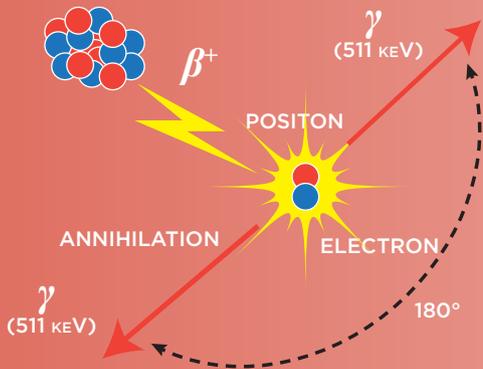


Figure 3 :
Schéma de l'annihilation d'une particule β^+ et d'un électron³

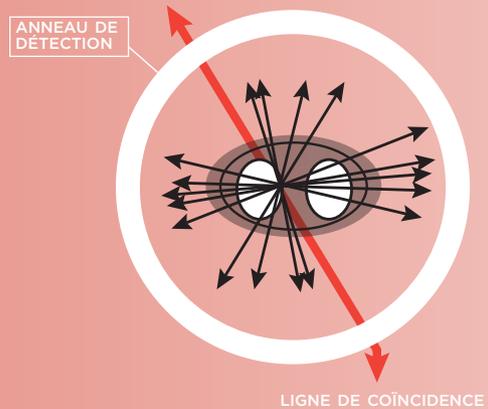


Figure 4 :
Schéma de la ligne de coïncidence⁴

énergie cinétique est presque totalement perdue, elle réagit avec un électron du milieu. Puisque ce sont des particules identiques mais de charges opposées, il y a annihilation à leur rencontre. Cette réaction produit simultanément deux photons opposés l'un à l'autre à 180° et ayant chacun une énergie de 511keV.

Grâce à son anneau constitué de plusieurs cristaux, la caméra capte ces photons simultanés et crée une ligne de coïncidence. L'ordinateur, à l'aide de plusieurs algorithmes, reconstruit les données brutes pour mettre en image la répartition du ¹⁸F-FDG dans le corps.

Applications pour le cerveau

Le ¹⁸F-FDG est souvent utilisé pour mettre en évidence les tumeurs cancéreuses puisqu'elles sont de très grandes consommatrices de glucose. Le cerveau l'est également et c'est grâce à cette propriété qu'il est possible de le mettre en image avec la TEP.

Le ¹⁸F-FDG doit être injecté dans une veine. Avant l'injection, plusieurs précautions doivent être prises afin que le patient soit dans des conditions parfaites. Idéalement, il ne devrait pas dormir, ne

pas parler et être dans un endroit sans bruit et sans lumière dans le but de ne pas stimuler le cerveau avant l'injection et pendant la fixation du radiopharmaceutique. Toute condition ne pouvant être respectée devrait être mentionnée au médecin interprétant l'examen.

Démences

Certaines maladies peuvent être accompagnées d'une démence. Puisqu'elles se ressemblent beaucoup, le TEP entre en jeu afin de les différencier. La *figure 5* montre la distribution normale que devrait avoir le ¹⁸F-FDG dans un cerveau dit « normal ». ➔

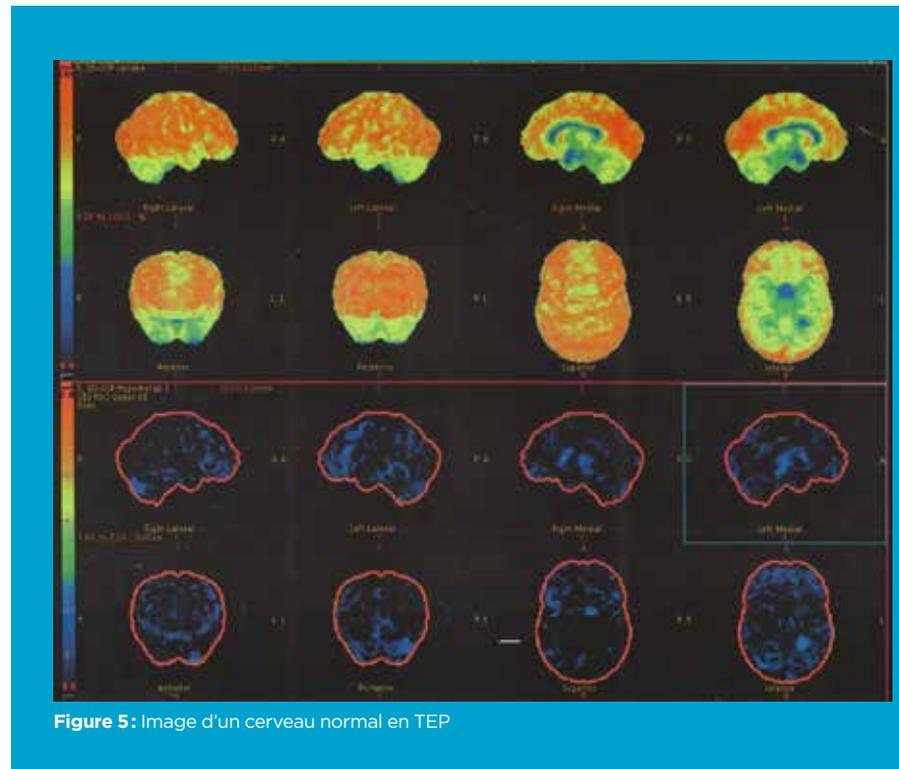


Figure 5 : Image d'un cerveau normal en TEP

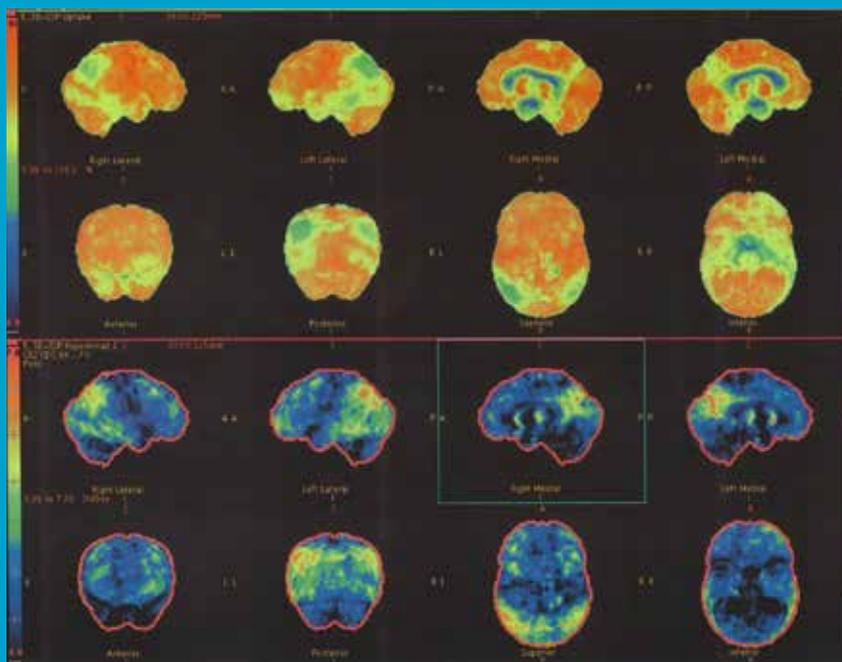


Figure 6 : Image d'un cerveau atteint d'une démence d'Alzheimer

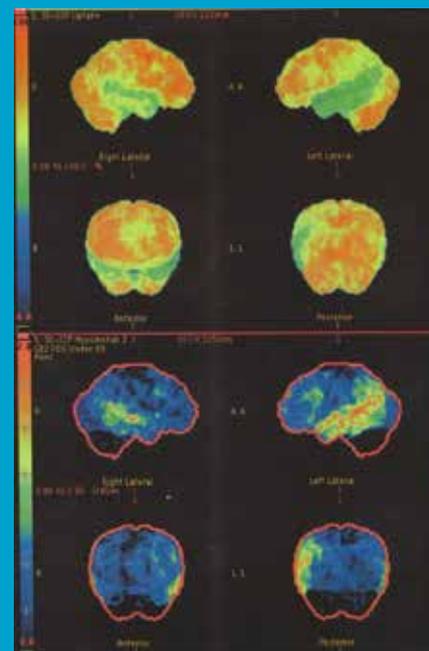


Figure 7 : Image d'un cerveau atteint de démence d'Alzheimer à un stade précoce

→ La *maladie d'Alzheimer* est une affection dégénérative qui affaiblit les activités intellectuelles de façon progressive, par exemple un manque de mémoire, de jugement ou d'attention, une perte de la capacité de raisonnement, du langage, etc. La démence en découlant se caractérise entre autres par la présence de plaques amyloïdes qui détruisent les neurones par lyse cellulaire. L'espace ainsi créé se remplit d'enchevêtrements neurofibrillaires et le transport de glucose en est affecté. Sur les images obtenues, cela se traduit par une diminution régionale de l'activité, généralement dans les lobes temporaux postérieurs et pariétaux, de façon symétrique (figure 6). Par contre, à un stade précoce de la maladie, il pourrait y avoir une hypocaptation asymétrique ou même unilatérale (figure 7). Il y a également une atrophie cérébrale diffuse, mais pour la détecter, il faudrait une image du même cerveau en santé pour fins de comparaison. Ce n'est donc pas une caractéristique vérifiable lors du diagnostic.

La *maladie de Parkinson*, connue pour

ses fréquents symptômes de tremblements, est également une maladie dégénérative qui peut évoluer vers une démence. Elle survient alors que les signes de Parkinson sont déjà présents et se manifeste par des hallucinations visuelles, surtout le soir. À la mise en image, une hypocaptation bilatérale au niveau pariéto-temporal, parfois en pré-frontal, est observée. Il est difficile de déterminer avec certitude s'il s'agit d'une démence de Parkinson puisqu'elle ressemble beaucoup à celle d'Alzheimer.

Pour sa part, la *démence de Pick* ou démence fronto-temporale peut se traduire par l'apathie, l'euphorie naïve, le puérilisme ou la réduction du langage. Elle est caractérisée, comme son nom le dit, par une hypoperfusion fronto-temporale (figure 8).

Finalement, la *démence avec corps de Lewy* est due à de petites sphères de protéines se trouvant dans les neurones. Les épisodes de démences sont fluctuants et accompagnés de chutes, de tremblements et d'hallucinations visuelles.

Cette démence est encore une fois semblable à celle d'Alzheimer, mais on la différencie par les changements dans les régions corticales postérieures (figure 9). L'implication est plus étendue dans les lobes occipitaux et le cortex visuel primaire peut être touché.

Tumeurs

La TEP permet de mettre en évidence des tumeurs cérébrales. Elle n'est pas utilisée régulièrement à cette fin puisque l'IRM ou la tomodensitométrie s'en charge. Cependant, elle peut être utile pour guider une biopsie ou évaluer l'étendue des cellules atteintes. Elle peut aussi déterminer le grade atteint par la tumeur déjà connue (tableau 1). Plus elle emmagasine du ^{18}F -FDG, plus elle est maligne et moins les chances de survie sont élevées. À l'inverse, une captation moindre signifie une tumeur moins métabolique. La captation du cerveau diminue dans le temps alors que celle d'une lésion tumorale augmente (figure 10). Cette propriété peut permettre de bien localiser une tumeur de haut grade.

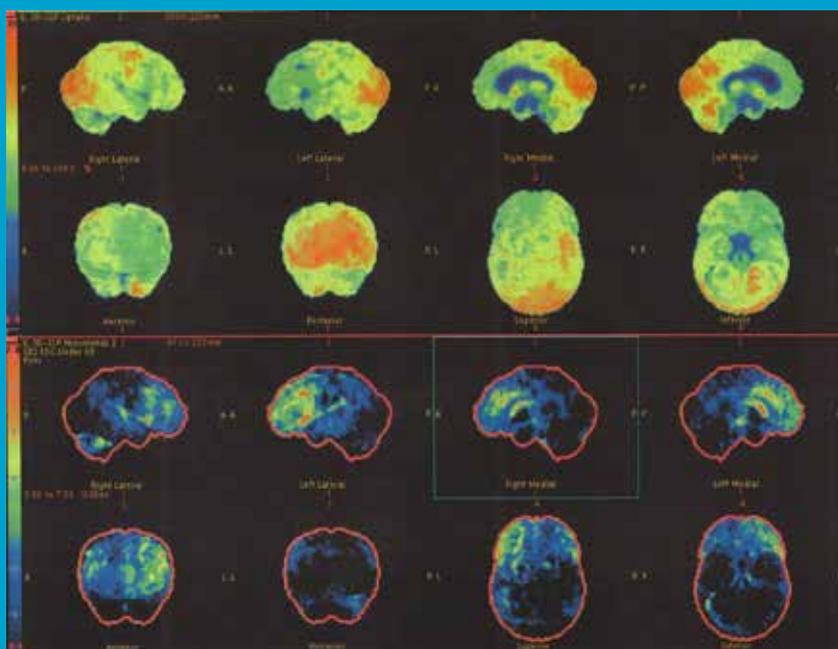
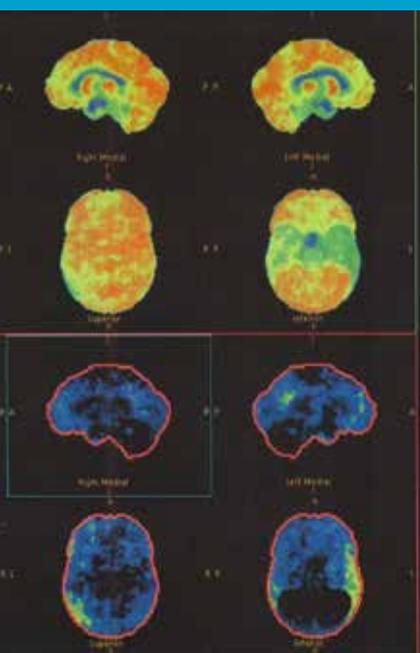


Figure 8 : Image d'un cerveau atteint de démence de Pick

Tableau 1: Captation des tumeurs en fonction de leur grade	
Grade	Captation
Bas (I ou II)	semblable à la matière blanche
Haut (III)	semblable à la matière grise normale ou légèrement plus élevée
Très élevé (IV)	beaucoup plus élevée que la matière grise normale

À la suite du traitement d'un gliome, l'utilisation du ^{18}F -FDG permet d'évaluer la récurrence de la tumeur. Encore une fois, la captation est proportionnelle à l'agressivité des cellules. Il faut cependant être vigilant, car il peut y avoir de l'inflammation des tissus secondaire à la nécrose cellulaire. Ces zones sont hypercaptantes au ^{18}F -FDG.

L'utilisation de la TEP n'est pas recommandée pour la recherche de métastases cérébrales. À cause de la captation élevée de la matière grise normale, elles sont très difficiles à voir.

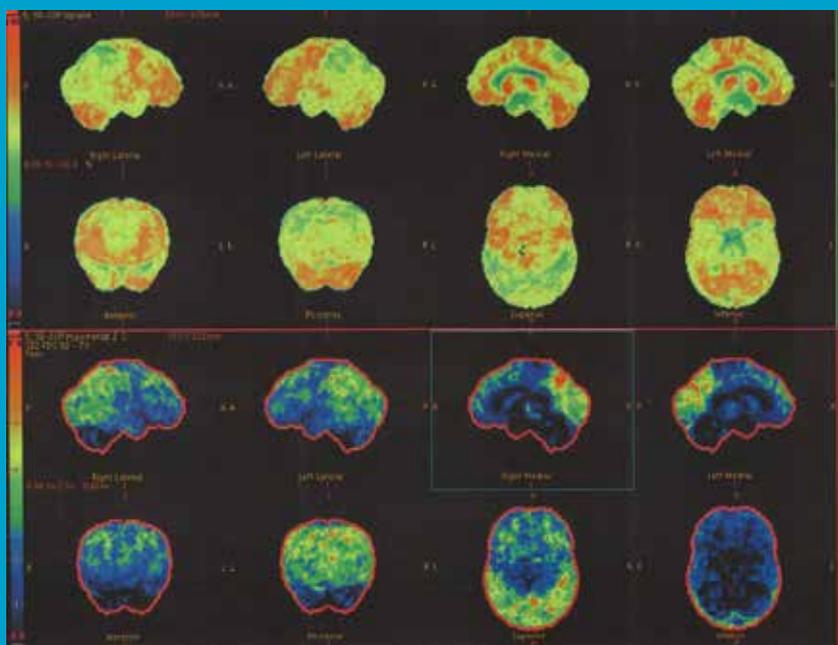


Figure 9 : Image d'un cerveau atteint de démence avec corps de Lewy



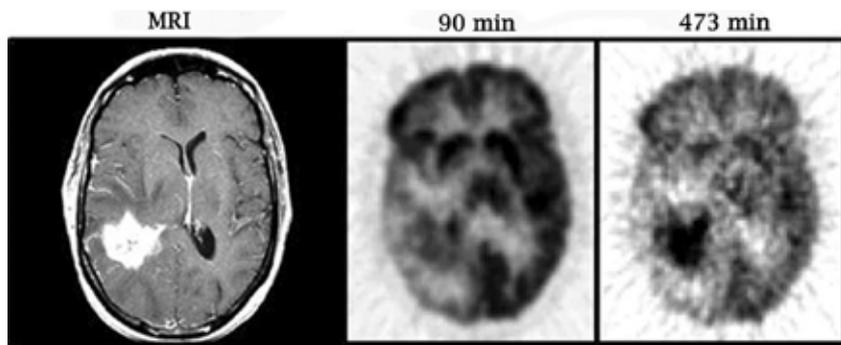


Figure 10. Image de comparaison d'une tumeur en IRM et en TEP à deux temps différents⁵

→ Épilepsie

Il est possible de trouver un foyer épileptique en utilisant la TEP, mais ce n'est pas optimal. Comme en médecine nucléaire conventionnelle, il doit y avoir une étude ictale/interictale afin de déterminer quelle zone d'activité diffère pendant une crise.

L'étude interictale est facilement réalisable. Il s'agit simplement d'injecter une dose de ¹⁸F-FDG alors que le patient n'est pas en crise épileptique. À la suite de cette action, la mise en image peut être effectuée sans difficulté. Une collaboration avec les technologues en électrophysiologie médicale est souhaitable afin de s'assurer à l'aide de l'électroencéphalogramme qu'il n'y a bel et bien pas de crise pendant l'accumulation du radiopharmaceutique. En présence d'épilepsie temporale, une hypoperfusion unilatérale est visible à l'endroit où se produit la crise. Si une crise survient pendant la fixation de l'agent de perfusion, une légère augmentation de l'activité peut être visible du côté de la lésion, ce qui pourrait faire paraître le lobe normal hypométabolique. Cela aurait comme effet de créer une fausse localisation du foyer.

L'étude ictale est pour sa part difficilement réalisable. Le ¹⁸F-FDG prend trop de temps pour se fixer. Lorsque la crise débute, même si l'injection se fait immédiatement, la crise a le temps de se terminer avant la fixation du radiopharmaceutique. Il faudrait être capable de prévoir le début de la crise pour faire l'injection quelques secondes avant et ainsi permettre la fixation pendant la crise.

Conclusion

La TEP a un potentiel certain pour la mise en image du cerveau. Malheureusement, les techniques connues ne sont pas beaucoup utilisées au Québec. Les développements constants en recherche permettront peut-être un jour d'utiliser cet appareil de façon plus régulière... à suivre!



JUSTINE ST-ONGE,
t.i.m., Institut universitaire
de cardiologie et de
pneumologie de Québec

NOTES

1- <http://www.univ-st-etienne.fr/lbti/Enseigne/dcl/oncologie.htm> [page consultée le 18 août 2014]

2- http://www.utc.fr/~farges/dess_tbh/03-04/stages/carriere/carriere.htm [page consultée le 18 août 2014]

3- <http://sercof.univ-lyon1.fr/page14/page2/page2.html> [page consultée le 18 août 2014]

4- <http://zembrocal.sciences.overblog.com/> [page consultée le 18 août 2014]

5- Chen, Wei, H.S. Silverman, Daniel, *Advances in Evaluation of Primary Brain Tumors*, Semin Nucl Med 38 : 240-250, Elsevier, 2008

RÉFÉRENCES

LIVRES

Elgazzar, Abdelhamid H., *The Pathophysiologic Basis of Nuclear Medicine*, 2^e édition, Springer-Verlag, Berlin, 2006

Fattorusso V., Ritter O., *Vademecum Clinique*, 18^e édition, Masson, Italie, 2006

Marieb Elaine N., *Anatomie et physiologie humaines*, 2^e édition, ERPI, Canada, 1999

Mettler, Fred A. Jr., Guiberteau, Milton J., *Essentials of Nuclear Medicine Imaging*, 5^e édition, Elsevier, Philadelphie, 2005

Fryhle, Craig, Solomons, Graham, *Chimie organique*, trad. 7^e édition, Modulo, Canada, 2000

Horton, H. Robert, Moran, Laurence A., Perry, Marc D., Rawn, J. David, Scrimgeour, K. Gray, *Principle of Biochemistry*, 4th édition, Pearson Prentice Hall, USA, 2006

O'Malley, Janis P., Thrall, James H., Ziessman, Harvey A., *Nuclear Medicine The Requisites in Radiology*, 3^e édition, Elsevier Mosby, États-Unis, 2006

ARTICLES SCIENTIFIQUES

Chen, Wei, *Clinical Applications of PET in Brain Tumors*, J Nucl Med 48(9) : 1468-1481, 2007

Herholz, K, Carter, S F, Jones, M, *Positron emission tomography imaging in dementia*, Brit J Radiol, 80, S160-S167, 2007

Silverman, Daniel H.S. *Brain 18F-FDG PET in the Diagnosis of Neurodegenerative Dementias: Comparison with Perfusion SPECT and with Clinical Evaluations Lacking Nuclear Imaging*, J Nucl Med 45(4) : 594-607, 2004

Varrone, Andrea, Asenbaum, Susanne, Vander Borght, Thierry, Booij, Jan, Nobili, Flavio, Nägren, Kjell, Darcourt, Jacques, Kapucu, Özlem L., Tatsch, Klaus, Bartenstein, Peter, Van Laere, Koen, *EANM Procedure Guidelines for PET Brain Imaging Using [18F]FDG version 2*, Eur J Nucl Med Mol Imaging, Springer, 2009

Chen, Wei, H.S. Silverman, Daniel, *Advances in Evaluation of Primary Brain Tumors*, Semin Nucl Med 38 : 240-250, Elsevier, 2008

RESSOURCES WEB

Fiche signalétique du FDG
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/f5006?lang=fr®ion=CA>
[page consultée le 29 août 2014]

Schéma de l'annihilation d'une particule β^+ et d'un électron
<http://sercof.univ-lyon1.fr/page14/page2/page2.html>
[page consultée le 18 août 2014]

Schéma de la ligne de coïncidence
<http://zembrocal.sciences.overblog.com/>
[page consultée le 18 août 2014]

Schéma de la transformation du glucose en ¹⁸F-fluorodésoxyglucose
<http://www.univ-st-etienne.fr/lbti/Enseigne/dcl/oncologie.htm> [page consultée le 18 août 2014]

Schéma du principe de désintégration β positive
http://www.utc.fr/~farges/dess_tbh/03-04/stages/carriere/carriere.htm
[page consultée le 18 août 2014]

Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for FDG PET Brain Imaging
<http://interactive.snm.org/docs/Society%20of%20Nuclear%20Medicine%20Procedure%20Guideline%20for%20FDG%20PET%20Brain%20Imaging.pdf>
[page consultée le 29 août 2014]

REMERCIEMENTS

Dr. Trottier pour m'avoir fourni des images de cas

Nouvelles techniques de NEUROIMAGERIE en recherche d'épilepsie

par Manon Robert, t.e.p.m., MSc.

Depuis les années 50, l'examen de choix pour l'investigation de l'épilepsie était l'électroencéphalogramme (ÉEG). L'ÉEG nous permet de mesurer l'activité neuronale par l'enregistrement des différences de potentiel électrique sur le scalp. Il révèle différents graphoéléments liés à l'épilepsie. Les experts peuvent détecter des activités rapides (pointes épileptiques) avec ou sans manifestations cliniques (crise). Mais cette technique a ses limitations, l'une d'elles étant la distribution spatiale. Cette limitation spatiale s'explique par le fait que le signal bioélectrique est de faible amplitude et que la boîte crânienne isole le tout, empêchant d'avoir une bonne localisation spatiale de l'activité épileptique. Il faut se rappeler que lors de l'enregistrement de l'activité électrique du cerveau à l'aide d'électrodes placées sur le scalp, on peut aussi capter d'autres signaux provenant entre autres de l'environnement telles les radiofréquences. Des recherches en ingénierie ont été faites pour essayer de contourner le problème spatial. Au début des années 2000, on a créé des ÉEG avec une haute densité d'électrodes (128 canaux) afin d'être capable de capter les très petites variations. Malgré cela, les ÉEG à haute

densité n'ont pas résolu complètement le problème de la distribution spatiale.

Imagerie par résonance magnétique

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) dans les années 80 a révolutionné la vision que nous avons de l'étude neuroanatomique du cerveau humain (Hertz-Pannier et al., 2000). Cette technique exploite les propriétés magnétiques des noyaux d'hydrogène: les noyaux d'hydrogène du cerveau soumis à un champ magnétique intense et homogène se polarisent dans un état de résonance particulier. Ce champ magnétique est créé par un aimant circulaire qui sa forme à l'appareil. L'appareil contient également des antennes radio et l'émission de radiofréquence permet de basculer les électrons de l'hydrogène dans un axe donné. Le signal ainsi créé est appelé résonance magnétique nucléaire. Le retour de ces électrons d'hydrogène à leur état normal va générer un signal qui sera capté par une antenne réceptrice. L'image obtenue dépend de la concentration locale de protons. Selon l'orientation de l'axe de relaxations de protons, on obtient des images morphologiques du cerveau en

pondération T1 ou T2. On peut aussi utiliser un agent de contraste pour augmenter artificiellement le signal permettant ainsi de mieux visualiser les structures anatomiques. Les agents de contraste ont pour caractéristique d'influencer le signal IRM en augmentant la vitesse de relaxation magnétique des protons. L'ajout de substances contrastantes comme le gadolinium nous permet de visualiser les régions actives du cerveau. Le gadolinium modifie les propriétés électromagnétiques du cerveau. Cependant, ce produit ne donne que les activations extracellulaires qui sont non spécifiques. De plus, ce produit peut causer des réactions allergiques non désirables. À la fin des années 90, plusieurs recherches sur l'étude de la perfusion cérébrale au repos en résonance magnétique ont amené le développement de la technique de la résonance magnétique fonctionnelle.

Résonance magnétique fonctionnelle

La technique d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle permet de mesurer l'activation neuronale en regardant la circulation sanguine sans avoir à utiliser de substance de contraste. Par contre, elle demande des analyses a posteriori. Cette technique permet de regarder la perfusion locale des tissus en observant les différences entre l'oxyhémoglobine et la desoxyhémoglobine. Cette technique s'appelle *BOLD* (signal dépendant du niveau d'oxygénation cérébrale). Ainsi lors d'une activité neuronale comme une pointe épileptique dans le cerveau on remarquera une augmentation locale du métabolisme et de la consommation d'oxygène. Le mécanisme d'activation physiologique s'explique par une augmentation progressive du signal localement qui peut prendre de 5 à 10 secondes. Ainsi, ce léger décalage temporel permet de voir l'activation reliée uniquement à la pointe épileptique. On soustraira le niveau de base (période où il n'y pas

→ d'activité épileptique) avec la période où l'on croit avoir une activation épileptogène, en analysant le signal BOLD relié à cette activation épileptique, on obtient la représentation de l'activité neuronale en lien avec cette activité épileptogène.

Limitations de l'IRM fonctionnelle (IRMf)

Comme on vient de voir, la technique d'IRMf est décalée dans le temps puisqu'elle mesure essentiellement une augmentation du métabolisme dans une région neuronale riche en synapses. Tout comme l'ÉEG, l'IRMf a aussi ses limitations. En combinant les deux techniques, on diminue ainsi leur limitation respective. L'objectif de l'IRMf-ÉEG est de pouvoir localiser la région impliquée lorsqu'une pointe épileptique ou une crise électrique apparaît. Mais cette technique demande beaucoup de travail postacquisition. Étant donné la présence d'électrodes dans l'aimant, ces dernières vont être des antennes. Elles vont capter à la fois le signal bioélectrique et les radiofréquences que les antennes émettent. Ainsi, le signal obtenu sera tellement brouillé par tous ses signaux qu'il est impossible de voir des activations cérébrales. Les électrodes utilisées doivent être spécialement conçues pour l'IRM: elles sont faites de fibre de carbone, un matériel non ferromagnétique. Ainsi elles ne seront pas susceptibles de chauffer en présence du champ magnétique.

Avec des algorithmes, nous pouvons éliminer le bruit relié aux radiofréquences. Comme observé *sur la figure 1*, les électrodes captent à la fois les signaux bioélectriques du cerveau et les radiofréquences. Il est donc évident que les amplificateurs des appareils d'ÉEG vont enregistrer ces signaux.

Un autre signal vient parasiter celui que nous voulons enregistrer, il s'agit de l'activité électrique du cœur. Sa morphologie (l'onde R) ressemble beaucoup à une pointe épileptique. Il faut donc



Figure 1: Signal ÉEG lors de l'acquisition des images IRM. Le signal ÉEG est contaminé par les radiofréquences émises par l'antenne de surface

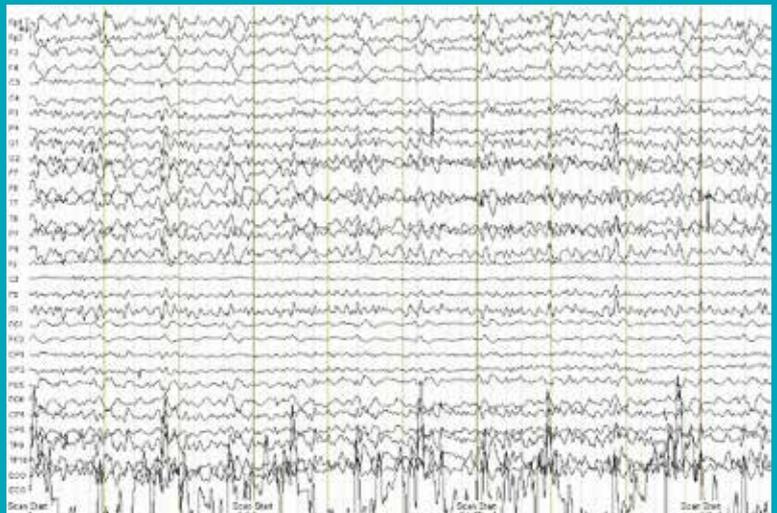


Figure 2: Signal ÉEG après correction des gradients de radiofréquence

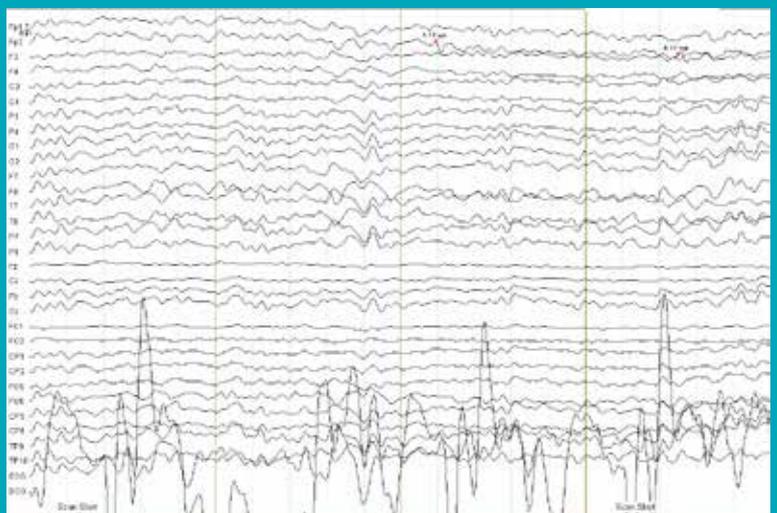


Figure 3: Montre une pointe frontotemporale droite

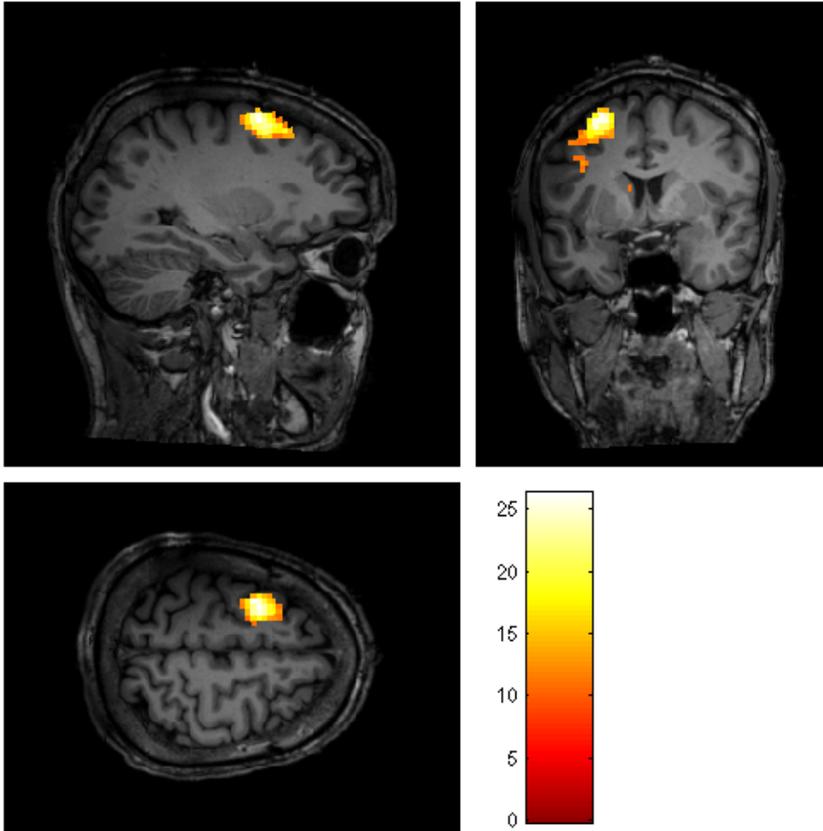


Figure 4 : Résultat d'analyses suites au traitement des données. Zone du cerveau où un hypersignal est capté (couleur jaune), elle correspond à l'endroit d'où origine les pointes épileptiques.

éliminer ce signal du signal original pour être capable de bien identifier les pointes épileptiques. Nous utilisons une méthode de correction basée sur le principe de la composante principale appelée en anglais PCA. À l'aide d'un algorithme, on identifie ce signal et on l'associe à l'activité électrique du cœur, par la suite on le soustrait du signal original. Une fois, le signal nettoyé, l'équipe composée de chercheurs et de neurologues pourront identifier la ou les pointes épileptiques.

L'équipe de chercheurs détermine le moment et la durée de l'activité épileptique et le relie au même moment du signal Bold de l'IRMf. Ceci se fait à l'aide d'un algorithme. Plusieurs équipes de recherche travaillent avec ces méthodes pour localiser les pointes épileptiques. Ainsi, les équipes des docteurs Moeller et Pouliot (Moeller et al., 2009, Pouliot et al., 2012) ont pu identifier de façon précise, chez des patients présentant une épilepsie

non lésionnelle, l'endroit d'où provenait l'activité épileptique.

Grâce aux résultats obtenus par l'IRMf-ÉEG ajoutés à tous les tests faits lors de l'investigation clinique standard, ces patients ont pu bénéficier d'une chirurgie pour éliminer leur épilepsie.

Autres applications à l'IRMf

Cette technique d'imagerie qui permet une plus grande précision dans la localisation de l'activité épileptique a bien d'autres utilités. Elle permet, entre autres, la localisation des zones du cerveau responsables du langage. Cette précision est d'autant plus importante pour le chirurgien devant procéder à l'ablation d'un foyer épileptique à cet endroit: lors de l'IRMf-langage, on doit demander au patient de réaliser une tâche afin d'activer les zones du cerveau responsables du langage et ainsi pouvoir les identifier. Tout

comme l'IRMf-ÉEG, on soustrait le signal du cerveau au repos à celui du signal BOLD associé à l'exécution de la tâche. La technique IRMf est utilisé pour plusieurs autres désordres neurologiques tels que la localisation des zones responsables de la lecture chez un dyslexique, les zones du cerveau qui sont moins activées ou celles qui sont suractivées (Habib, 2002).

Conclusion

L'IRMf-ÉEG et l'IRMf-langage ne sont pas les seules techniques d'imagerie cérébrale utilisées pour préciser la région du cerveau responsable de l'épilepsie. La spectroscopie proche-infrarouge combiné à l'ÉEG (SPIR-ÉEG) et la magnétoencéphalographie associée à l'ÉEG (MEG-ÉEG) peuvent aussi être utiles puisque l'ÉEG à lui seul ne donne pas toute l'information sur l'origine de l'activité. Ces nouvelles applications de l'imagerie permettront une meilleure compréhension du cerveau ainsi que l'origine de divers problèmes liée au fonctionnement de celui-ci.



MANON ROBERT,
t.e.p.m., MSc., CRCHUM en neurophysiologie comme assistante de recherche et Groupe Biron soins du sommeil comme technologue en EPM

RÉFÉRENCES

- Habib M (2002) *Bases neurologiques des troubles spécifiques d'apprentissage*, Réadaptation 486:16-28.
- Hertz-Pannier L, Lehericy S, Cordoliani Y, Le Bihan D, Marsault C, Brunelle F (2000) [Brain functional MRI: physiological, technical, and methodological bases, and clinical applications]. *Journal de radiologie* 81:717-730.
- Moeller F, Tyvaert L, Nguyen DK, LeVan P, Bouthillier A, Kobayashi E, Tampieri D, Dubeau F, Gotman J (2009) *EEG-fMRI: adding to standard evaluations of patients with nonlesional frontal lobe epilepsy*. *Neurology* 73:2023-2030.
- Pouliot P, Tremblay J, Robert M, Vannasing P, Lepore F, Lassonde M, Sawan M, Nguyen DK, Lesage F (2012) *Nonlinear hemodynamic responses in human epilepsy: a multimodal analysis with fNIRS-EEG and fMRI-EEG*. *Journal of neuroscience methods* 204:326-340.

REMERCIEMENTS

Remerciement à M. Philippe Pouliot pour les images IRMf.

LE DOPPLER TRANSCRÂNIEN (DTC)

par Karine Schutt-Ainé, t.e.p.m.

L'effet Doppler a été décrit la première fois par M. Christian Doppler en 1842.

Le principe de l'effet Doppler peut être comparé aux changements de sons que l'on entend quand une voiture passe à vive allure devant nous.

L'analyse des variations de sons vers l'aiguë quand la voiture s'approche puis vers les graves quand la voiture s'éloigne, permet de calculer la vitesse à laquelle une voiture se déplace.

La technique du Doppler transcrânien a été mise au point par Rune Aaslid, chercheur en neurochirurgie, en 1982. Il a voulu instaurer un procédé permettant de quantifier la vitesse du flot sanguin dans certaines artères cérébrales.

Appelée par les spécialistes « *le stéthoscope du cerveau* », cette étude du « flux vasculaire » est une technique non invasive et sans douleur. Il s'agit d'ailleurs d'une technique utilisée dans plusieurs urgences neurologiques, souvent afin de

prédire et conséquemment de prévenir une ou plusieurs lésions ischémiques. Cet examen complète donc l'évaluation clinique et oriente promptement l'approche thérapeutique. Le DTC évolue technologiquement vers une miniaturisation des appareils.

Troubles neurologiques pour lesquelles le DTC peut être utile :

- ICT (ischémie cérébrale transitoire) ou AVC (accident vasculaire cérébral);
- Sténose ou thrombose carotidienne symptomatique ou asymptomatique;
- Sténose ou occlusion intracrânienne;
- Syndrome de vasoconstriction cérébrale réversible;
- Syndrome de reperfusion;

- Diagnostic de mort cérébrale;
- Anémie falciforme;
- Hémorragie sous-arachnoïdienne et vasospasme.

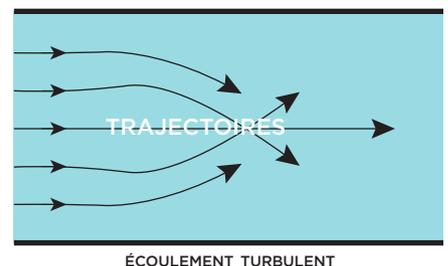
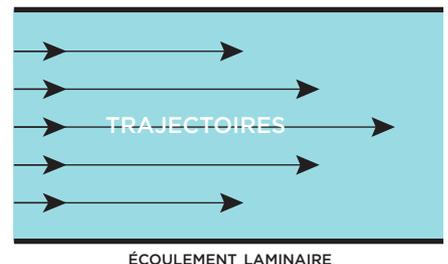
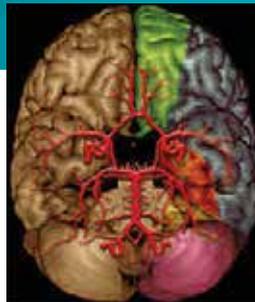
Les 4 fenêtres osseuses étudiées :

1. **Transorbitale:** artère ophtalmique;
2. **Transtemporale:** bifurcation carotide interne- artère cérébrale moyenne, artère cérébrale antérieure, artère cérébrale moyenne (proximale et distale) et artère cérébrale postérieure;
3. **Submandibulaire:** artère carotide interne;
4. **Transforaminale:** artères vertébrales et artère basilaire.

Lors de l'analyse, 2 types de flux peuvent être observés :

- **Flux laminaire:** couche près de la paroi se déplaçant plus lentement;
- **Flux turbulent:** formation de « vortex » (souvent associé avec une obstruction).

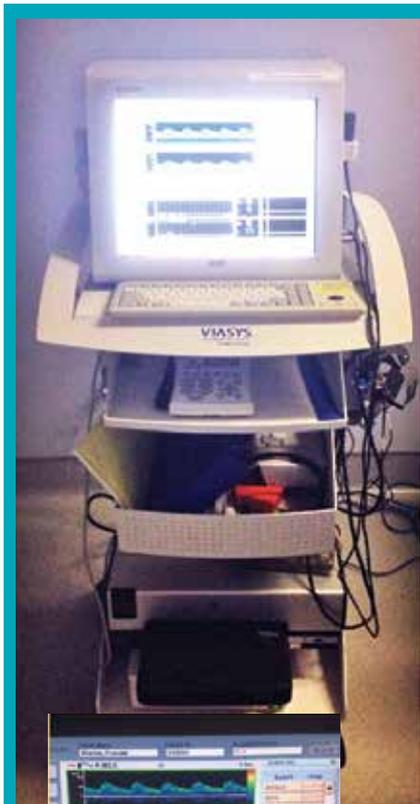
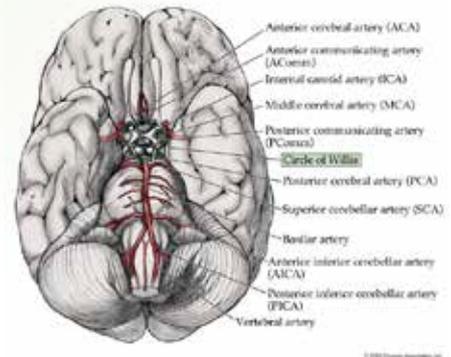
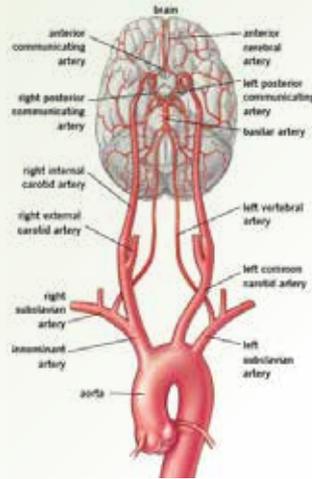
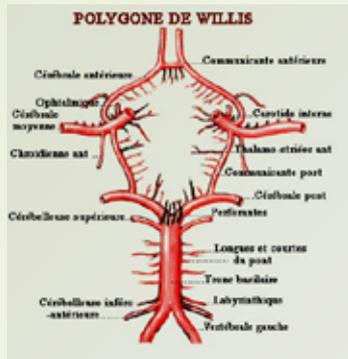
*Vortex : tourbillon creux qui se produit dans un fluide en écoulement



Réalisation technique du DTC effectuée au CSSS Champlain-Charles Le Moyne

À l'aide d'une sonde pulsée de basse fréquence (2mHz), une différence des ultrasons émis et reçus par le globule rouge est

Les illustrations ci-dessous vous permettent de mieux visualiser les artères du **POLYGONE DU CERCLE DE WILLIS** ayant la grosseur d'une pièce de 25 cents. Il a été décrit par le neurologue **THOMAS WILLIS** en 1664.



calculée afin d'obtenir une vitesse exprimée en mètres par seconde (m/s). Plus précisément, la vitesse correspond à une vitesse associée à la direction d'un mouvement. Elle représente en fait le taux de changement du déplacement en fonction du temps. La vitesse est donc en fonction du débit sanguin.

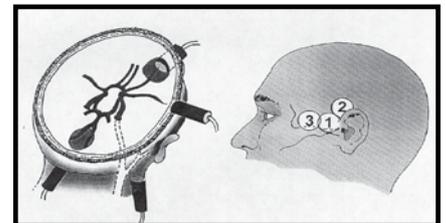
En plus de la vitesse, le DTC permet de mesurer l'index de pulsativité (IP). Lors d'un vasospasme ou d'une vasoconstriction, une augmentation de l'IP est observée et cette mesure est donc particulièrement utile pour le suivi des vasospasmes post hémorragies sous-arachnoïdiennes. La valeur normale chez un adulte se situe entre 0,6 et 1,1 sauf pour l'artère ophthalmique >1,2.

$$I.P. = \frac{\text{Vélocité au pic de systole} - \text{Vélocité à la fin de la diastole}}{\text{Vélocité moyenne}}$$

N.B.: Plus la différence entre la vitesse systolique et diastolique est élevée, plus l'IP est élevé.

Les artères régulièrement étudiées au laboratoire neuro vasculaire du CSSS Champlain-Charles Le Moyne sont :

1. ACM: artère cérébrale moyenne;
2. ACP: artère cérébrale postérieure;
3. ACA: artère cérébrale antérieure.



Les artères se distinguent par le son et par la direction du flux. (L'ACM – son lent, ACP – son plus grave, ACA – son similaire à l'ACM.)

En localisant l'ACM en premier lieu, les autres artères de la fenêtre transtemporale deviennent plus faciles à distinguer. Chacune d'elle est localisée à une certaine profondeur et a un sens du flux qui lui est associé.

Artère	Voie	Sens du flux	Profondeur (mm)	Vm (cm.s ⁻¹)
Artère cérébrale moyenne	temporale	+	45 à 60	62 ± 12
Artère cérébrale antérieure	temporale	-	60 à 75	51 ± 12
Artère cérébrale postérieure	temporale	+	70 à 90	44 ± 11
Siphon carotidien	transorbitaire	+	50 à 75	42 ± 10
Tronc basilaire	sous-occipitale	-	70 à 110	40 ± 8

→ Lorsque les globules rouges se dirigent vers la sonde, le « flux sanguin » est de couleur rouge. Si le sens du flux est inverse, c'est-à-dire s'éloignant de la sonde, la couleur du signal affiché à l'écran sera bleue. La localisation des différentes artères dépend également de l'angle de la sonde par rapport à la fenêtre osseuse étudiée.

Le DTC peut être effectué au chevet du patient hospitalisé ou en clinique externe.

Comme il a été mentionné précédemment, aucune douleur n'est ressentie lors d'un DTC, sauf une légère pression crânienne. durée moyenne est de 15 à 20 minutes, en fonction de la coopération du patient.

Il est à noter que 10 % des cas étudiés n'ont aucune fenêtre acoustique et donc aucune perméabilité de l'os temporal aux ultrasons.

Les 3 H qui augmentent les vitesses sont l'hypertension, l'hypervolémie et l'hémodilution.

Le monitoring de longue durée

Cette étude est actuellement le seul examen pouvant détecter des microembolies aux artères cérébrales appelées « HITS » (*high intensity transient signals*) correspondant à des « MES » (*microembolic signals*). Ce monitoring consiste à enregistrer le signal (en mode M ou spectrogramme) de l'artère cérébrale moyenne à l'aide d'un casque.

La durée de l'examen est de 45 minutes à une heure d'enregistrement.



Lorsque des MES sont détectés, le traitement antiplaquettaire ou anticoagulant est parfois modifié et une approche chirurgicale peut être envisagée (ex.: endartériectomie).

Les HITS

Ci-dessus, vous observerez les lignes blanches de la *figure 1*. Celles-ci apparaissent comme étant des signaux de

courte durée, signalant des HITS. Ils sont entendus à l'aide d'écouteurs lors de l'analyse faite par le médecin spécialiste.

La présence de signaux microemboliques dans la phase aiguë de l'AVC est aussi un indicateur du risque de récurrence.

Sténoses-occlusions en AVC aigu

Voir *figure 2*.

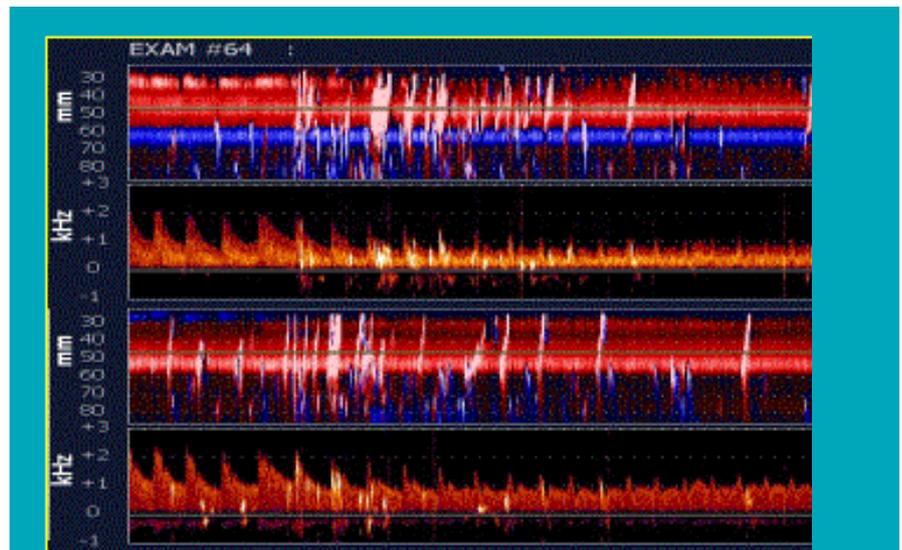


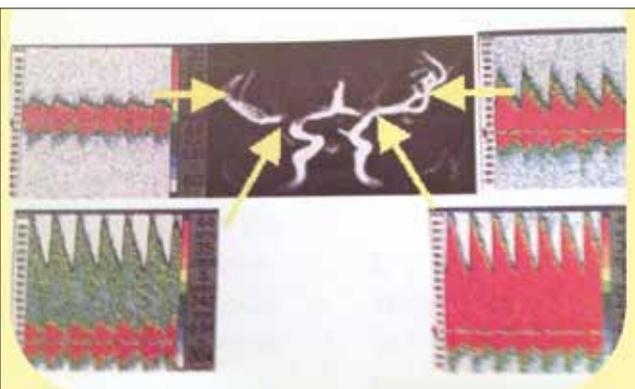
Figure 1

Grade 0: Absent	- Les signaux de flux absents sont définis par le manque de flux de signaux pulsatifs réguliers et ce même avec des degrés de bruits de fond variants.	
Grade 1: Minimal	- Pointe systolic de vitesse et durée variable. - Absence de flux diastolic durant tout les cycles cardiaques basé sur une interprétation visuelle des périodes sans flux durant le fin diastol. Le flux reverbatoire est un type de flux minimal.	
Grade 2: Émoussé	- Une accélération du flux systolic aplatie de durée variable en comparaison avec le test contrôlé. - Vitesse diastolic avec une fin positive et un index de pulsativité <1,2.	
Grade 3: Refroidi	- Accélération du flux systolic normal - Vitesse diastolic avec une fin positive - MFV par > 30 % en comparaison avec le contrôlé.	
Grade 4: Stenotic	- MFV de >80 cm/s ET une différence de vitesse de > 30 % en comparaison avec le côté contrôlé ou - si les deux sont affectés et que les 2 côtés comparés ont MFV de < 80 cm/s dû à une vitesse diastolic avec une fin positive MFV > 30 % en comparaison au côté contrôlé ET aux signes de turbulence.	
Grade 5: Normal	- < 30 % signifie une vitesse différente en comparaison avec le test de contrôlé. - Les formes de vagues sont similaires en comparaison avec le test de contrôlé.	

Figure 2

Anémie falciforme

Le mot « falciforme » désigne le changement de forme du globule rouge dans le sang (falciformation, voir image ci-dessous).



Cette maladie d'origine génétique touchant principalement les régions d'Afrique, des Caraïbes, du Moyen-Orient, d'Amérique centrale et du sud est un type d'anémie chronique faisant suite à des crises périodiques de douleur et autre complications (ex.: lésions aux bras, aux jambes et à certains organes dont la rate et les reins). Ces conditions varient d'un individu à un autre.

Le DTC est utile pour ces patients ayant une obstruction progressive des vaisseaux sanguins du cerveau. Les globules rouges en forme de faucilles deviennent rigides et fragiles. Par conséquent, les tissus engendrent un manque d'oxygène, générant des vitesses élevées pouvant atteindre 200 cm/sec et plus au niveau des artères moyennes.

Ces patients sont précocement à haut risque d'un AVC. Des transfusions mensuelles de culots globulaires permettent une réduction des vitesses.

- **10 % des enfants** souffrant d'anémie falciforme auront un AVC avant l'âge de 18 ans;
- Si la vitesse moyenne est <170 cm/s, le DTC est **une fois par an**;
- DTC annuel recommandé pour un dépistage chez les enfants **entre 2 et 16 ans**;

- Si la vitesse moyenne se situe entre 170-199 cm/s, le DTC est fait **aux 3-6 mois**;
- **25 % des patients** avec une vitesse moyenne >200 cm/s ont une sténose visible à l'IRM;
- Le DTC n'est pas parfait : **42 % des patients** ont un DTC normal avant leur AVC.

Conclusion

Le Doppler transcrânien fait de plus en plus parti des examens à effectuer à titre préventif. Il est en lien avec les angiographies pratiquées pour fins diagnostiques, thérapeutiques et pronostiques.

Il est un complément au scan cérébral et au doppler carotidien. C'est un outil d'investigation qui exige du technologue, beaucoup de concentration et de patience afin d'optimiser la captation du signal de chacune des artères intracrânielles.

Le DTC permet également la détection de microembolies (MES), particulièrement pour les patients avec sténoses ou occlusions vasculaires (intracrâniennes ou carotidiennes). L'identification de ces microembolies permettra au neurologue de mieux identifier les patients qui devront subir un traitement plus agressif comme l'endartériectomie.

L'application de cette technique, qui n'est malheureusement utilisée que dans un nombre très limité de centres hospitalier, revient principalement au technologue en électrophysiologie médicale (t.e.p.m.)¹.

Notre rôle en tant que technologue est de réaliser un examen optimal afin que le spécialiste ait toutes les données nécessaires pour poser le bon diagnostic et qu'il dispose, pour le traitement, d'alternatives bienfaites appropriées à l'état du patient. Le technologue doit donc mettre à profit son expertise et toutes ses habiletés techniques pour la réalisation de cet examen.

J'espère que cet article a su vous éclairer d'une façon plus élaborée sur la description de cette technique.

NOTES

1 - Le t.e.p.m. doit détenir une attestation de formation délivrée par l'Ordre pour pouvoir pratiquer cette activité. (réf.: Loi sur les technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale, article 11.1)



KARINE SCHUTT-AINÉ, t.e.p.m., Superviseure de stage Collège Ahuntsic, CSSS Champlain-Charles Le Moine

RÉFÉRENCES

L'intérêt du Doppler Transcrânien-Mapar

Société de réanimation de langue française publiée par Elsevier Masson SAS, 2007

MediResource à portée de la main de millions de Canadiennes et de Canadiens, 1996 - 2014

Centre-Mère Enfant CHUL, *Guide de pratique professionnelle en hématologie pédiatrique*

Le rôle de l'écho-doppler transcrânien en neuroradiologie diagnostique, S. Fontaine (1), M. Lafortune (1), F. Cattin (2) et H. Patriquin (3), Éditions française de Radiologie, Paris, 1998, 70:213-225

A practical Guide to transcranial Doppler Examinations Mira L. Katz, PHD, MPH, RVT,

Andrei V. Alexandrov, MD RVT, 2003

Le doppler transcrânien en réanimation

B. Viguéa, c,*, K. Tazarourtea, b, T. Geeraerts a, c, C. Ract a, c, J. Duranteaua, c

Disponible sur Internet le 29 Septembre 2007 | S. Le Moigno*, K. Tazarourte** B. Vigué*: *DAR, Hôpital de Bicêtre, 94275 Le Kremlin Bicêtre; **SAMU 77-SMUR Melun, CH de Melun, 77000 Melun

Comment réaliser un doppler transcrânien chez l'enfant drépanocytaire, Jarraya, L. Lahmar, L. Ben Hassine, H. Louati, W. Douira, I. Bellagha

Service de radiologie, Hôpital d'enfants Béchir Hamza de Tunis, Tunisie.

REMERCIEMENTS

Un merci tout spécial au **Dr Jean-Martin Boulanger**, neurologue au CSSS Champlain-Charles Le Moine, pour m'avoir guidée au cours de l'élaboration de cet article. Merci également à **Nancy Bouchard**, **Carole Chaumont**, mes collègues en électrophysiologie médicale ainsi qu'à mes proches pour leurs encouragements.

LA CHIRURGIE SANS LE BISTOURI

par Joannie Thibault, t.r.o., CHUS

Le traitement d'une lésion cérébrale, qu'elle soit bénigne ou maligne, est souvent fort complexe et lourd en risques potentiels. Les options thérapeutiques conventionnelles semblent se limiter à la chirurgie intracrânienne ou à l'irradiation cérébrale en radiothérapie.

Un autre choix peut cependant être offert, soit la radiochirurgie stéréotaxique par scalpel gamma (GK-SRS), communément appelé « gamma-knife ».

Contrairement à la craniotomie, la chirurgie par gamma-knife est une technique non invasive, ne demandant généralement pas de soins d'hospitalisation et ne nécessitant pas d'anesthésie générale. Depuis 2004, la radiochirurgie stéréotaxique par scalpel gamma est offerte au centre hospitalier universitaire de Sherbrooke, seul établissement de santé à offrir ce service au Québec. On compte seulement quatre appareils du genre au Canada, les autres se trouvant à Toronto (2) ainsi qu'à Winnipeg. Voici donc le portrait

de cette méthode de traitement que nous avons la chance d'offrir au département de radio-oncologie du CHUS.

L'appareil et la planification du traitement

Le principe de traitement du gamma-knife est semblable à celui de la radiothérapie conventionnelle, c'est-à-dire l'utilisation de rayons ionisants dans le but de créer des dommages à l'ADN des cellules composant une lésion, empêchant ces dernières de se diviser et de se multiplier. Tout comme en

radiothérapie, les effets du rayonnement sont toujours différés. Contrairement aux rayons X utilisés en radiothérapie, ce sont les rayons gamma qui sont employés, des photons de très haute énergie. La radiation de l'appareil provient des 192 sources radioactives de Cobalt-60 qui le compose. Leur rayonnement est dirigé en un foyer unique très précis de l'appareil, appelé isocentre. Les sources sont disposées de façon cylindrique dans la tête de l'appareil (*figure 1*). C'est le nombre de points d'entrée du rayonnement qui confère à l'appareil tous ses avantages en permettant de délivrer une dose d'irradiation beaucoup plus importante au volume cible qu'aux tissus sains adjacents à ce volume. Les sources sont regroupées en 8 secteurs de 24 sources chacun. Ceux-ci permettent trois choix de collimation, c'est-à-dire de diamètre d'ouverture, soit 4, 8, ou 16 mm. Chacun est indépendant, ils peuvent donc tous être ouverts à une collimation différente et ainsi donner une forme au rayonnement, dans le but d'épouser le volume à traiter. Lors d'un traitement, une à plusieurs cibles peuvent être irradiées, en utilisant une combinaison d'isocentres selon la taille et la complexité de la lésion. Un secteur peut également demeurer bloqué pendant le traitement





Figure 1 : Convergence des sources

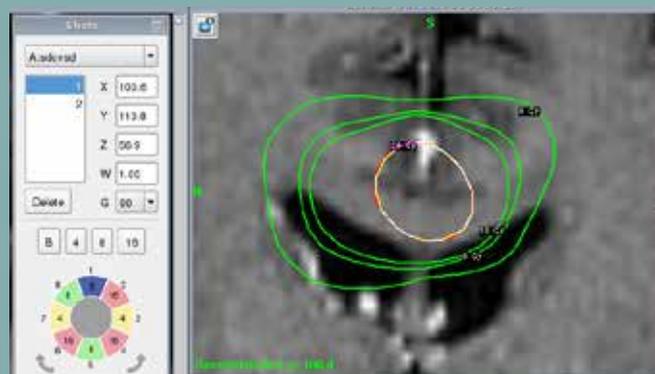


Figure 2 : Représentation des huit secteurs ouverts à différentes collimations. Le secteur en bleu « B » est bloqué, les sources de ce secteur ne participent donc pas au traitement de cette cible

d'une cible, lorsqu'on veut limiter la dose reçue par un organe à risque accolé à la lésion (figure 2). La taille de la lésion, sa forme ainsi que les structures se trouvant à proximité sont les facteurs qui déterminent la durée et la complexité du traitement. Ainsi, la durée peut varier d'une dizaine de minutes à quelques heures pour le traitement de grandes lésions à proximité de zones critiques (ex: tronc cérébral ou chiasma optique). Un système de dosimétrie informatique (Leksell GammaPlan) permet d'importer les images de la résonance magnétique (examen de choix s'il n'y a pas de contre-indication) et d'y planifier le traitement en visualisant la distribution de la dose à la lésion et aux tissus environnants. Une tomographie axiale ou une artériographie cérébrale peuvent également être utilisées pour compléter l'IRM au besoin, si la pathologie à traiter le nécessite. Un histogramme dose-volume permet d'apprécier la distribution et ainsi d'estimer la qualité du plan. Chaque pathologie traitée doit répondre à des critères bien précis de conformité (couverture de la lésion) et de sélectivité (dose aux tissus sains).

Un traitement de GK-SRS demande une précision irréprochable. Aucun mouvement de la tête, que ce soit pendant

l'acquisition d'images ou pendant l'irradiation, ne peut être permis. C'est pourquoi un cadre stéréotaxique est utilisé à chacune des étapes menant à la réalisation du traitement. Ce cadre métallique est fixé à la tête du patient à l'aide de quatre vis à pointes très fines. La pose du cadre se fait sous anesthésie locale avec sédation intraveineuse légère par le neurochirurgien et le technologue en radio-oncologie (figure 3). En plus de permettre une grande précision, le cadre stéréotaxique sert de système de repérage permettant la localisation dans les trois axes de la lésion à traiter. Lors de l'imagerie de planification, une boîte fiduciaire est ajoutée au cadre déjà en place. C'est cette dernière qui fournit un système de coordonnées en produisant un plan cartésien de la tête du patient. Chacune des cibles de traitement est définie par des valeurs x, y et z correspondant à la localisation précise fournie par le cadre stéréotaxique ainsi que par les marqueurs fiduciaires. Lors du traitement, le patient est couché sur la table de l'appareil, le cadre stéréotaxique y étant fixé. C'est cette table qui se déplacera dans les trois axes à l'intérieur de l'appareil pour que la tête du patient soit positionnée au bon endroit par rapport à l'isocentre fixe (table précise à 0,1mm près) à chacune des



Figure 3 : Pose du cadre stéréotaxique

positions de traitement. Le cadre est retiré de la tête du patient aussitôt le traitement terminé et le patient peut partir environ trente minutes après l'intervention.

Métastases cérébrales

L'intérêt d'un tel équipement dans un service de radio-oncologie est d'abord et avant tout le traitement de métastases cérébrales, tenant compte qu'environ 20 à 40% des patients atteints de cancer développeront des métastases au cerveau. L'intérêt est d'autant plus grand maintenant que les patients atteints de cancer voient le contrôle de leur maladie amélioré par le progrès constant de

→ la recherche en oncologie. Leur survie ainsi augmentée, l'incidence d'apparition de métastases est en croissance. Au gamma-knife du CHUS, on compte en moyenne 150 patients traités par année pour cette pathologie, soit environ 40 % des traitements administrés. En comparaison avec la craniotomie conventionnelle, le traitement de GK-SRS diminue énormément les risques de complications, soit les risques liés à l'anesthésie générale, le risque d'hémorragie ainsi que le risque d'infection. La chirurgie conventionnelle n'est également pas toujours une option envisageable selon la condition et les comorbidités du patient. La GK-SRS permet également le traitement de lésions multiples en une seule intervention ainsi que des lésions profondes qui seraient difficiles d'accès par chirurgie conventionnelle ou situées dans une aire fonctionnelle du cerveau (ex: aire motrice ou visuelle, tronc cérébral). Malgré ces multiples avantages, ce ne sont pas tous les patients qui peuvent bénéficier de ce traitement. En effet, les lésions mesurant plus de 3 cm de diamètre ou ayant un volume de plus de 15 cm³ ne peuvent généralement pas être traitées par gamma-knife. Puisque la sélectivité du traitement diminue avec l'augmentation de volume irradié, traiter une lésion de plus grande taille comporte plus de risque de complications (œdème cérébral). La dose de radiation doit donc être réduite afin de minimiser les risques, ce qui diminue également l'efficacité du traitement. De plus, le nombre de lésions est un facteur influençant l'admissibilité au traitement: normalement, un maximum de 5 lésions est accepté. L'état général du patient (échelle de Karnofsky) ainsi que le contrôle systémique de la maladie entrent également en ligne de compte. En effet, il est possible par exemple qu'un jeune patient ayant une dizaine de métastases mais ayant un bon contrôle systémique de sa maladie soit traité.

L'autre option thérapeutique souvent utilisée pour le traitement des métastases

cérébrales est l'irradiation de l'encéphale total par radiothérapie (WBRT). C'est le traitement de choix lorsque les lésions sont plus nombreuses. Par contre, lorsque le patient rencontre les critères du gamma-knife, les études semblent démontrer un avantage à l'utilisation de la GK-SRS. En effet, le traitement par WBRT ne peut

**La GK-SRS
permet également
le traitement de
lésions multiples en
une seule intervention
ainsi que des lésions
profondes qui
seraient difficiles
d'accès par chirurgie
conventionnelle ou
situées dans une
aire fonctionnelle
du cerveau.**

être fait qu'une seule fois dans le parcours thérapeutique du patient, sinon de graves conséquences cognitives dues à la toxicité sont à prévoir. Il serait donc préférable de conserver cette option en dernier recours, en cas de progression plus importante de la maladie. De surcroît, un traitement de GK-SRS après l'irradiation de l'encéphale total est possible, mais la dose qui pourra être délivrée ne sera pas la dose thérapeutique idéale en raison de la dose de radiation déjà reçue par les tissus. La dose administrée par GK-SRS pour une métastase cérébrale est de l'ordre de 16 à

20 Gy à la marge tumorale (couverte par une isodose variant de 50 % à 90 %) en une seule fraction selon la taille de la lésion comparativement à une dose de 30 Gy en 10 fractions ou 20 Gy en 5 pour l'irradiation de l'encéphale total (généralement prescrit à l'isodose 95 %). On utilise également la GK-SRS pour donner un complément de dose après la résection tumorale d'une métastase unique. La dose délivrée est alors d'environ 16 Gy de deux à trois semaines suivant la chirurgie.

Tumeurs bénignes

Tout comme les tumeurs malignes, les tumeurs bénignes de la tête peuvent être traitées par la GK-SRS. Le traitement ne permettra pas d'éliminer la lésion mais bien d'en limiter la progression ou d'en diminuer la taille. Les méningiomes ainsi que les schwannomes vestibulaires sont les pathologies les plus fréquemment traitées au CHUS. On compte en moyenne respectivement 40 et 30 cas traités par année depuis le début des activités. Le méningiome est la tumeur cérébrale bénigne la plus fréquente, représentant environ 20 % des diagnostics de tumeur intracrânienne. Dans une très faible proportion, 1 à 3 %, cette tumeur peut être maligne, il s'agit alors d'un méningiome anaplasique. Cette tumeur se développe à partir des cellules des enveloppes protectrices de l'encéphale et de la moelle épinière, les méninges. Bien que bénignes, ces masses qui se développent généralement très lentement peuvent être à l'origine de symptômes importants tels que des paresthésies, des céphalées, des troubles de vision, de mémoire ou du langage. Elles peuvent également provoquer des crises d'épilepsie. La chirurgie conventionnelle demeure le traitement privilégié de cette pathologie lorsque la tumeur cause des symptômes dus à la compression du cerveau. Par contre, lorsque les lésions ne peuvent pas être enlevées complètement par chirurgie en raison de leur localisation plus complexe (ex: infiltrant la base

du crâne), de leur proximité avec des nerfs crâniens ou des vaisseaux, le risque de progression tumorale est important. Ce risque s'élève autour de 40 % à 5 ans et à environ 60 % à 10 ans pour un méningiome enlevé en partie comparativement à 10 % à 5 ans et 22 % à 10 ans pour une lésion complètement réséquée. Dans ces cas, donc, où la radiochirurgie prend tout son intérêt en offrant un taux de contrôle tumoral de l'ordre d'environ 93 % à 5 ans pour les méningiomes de bas grade (figure 4). Les doses de radiation délivrées par GK-SRS sont de 11 à 15 Gy à l'isodose 50 %.

Le schwannome vestibulaire, ou neurinome acoustique, est quant à lui une tumeur bénigne de la gaine nerveuse qui se développe le plus souvent au niveau du 8^e nerf crânien, le nerf cochléo-vestibulaire, responsable de l'audition et de l'équilibre. Elle prend origine dans le canal auditif interne, aux dépens des cellules de Schwann qui forment la gaine protectrice autour du nerf. La lésion apparaît généralement unilatéralement, sauf dans le cas de maladie génétique comme la neurofibromatose, et progresse très lentement. Les symptômes les plus fréquents sont bien entendu les étourdissements ou la perte de l'équilibre, la diminution ou la perte de l'audition ainsi que des engourdissements faciaux dans certains cas. Le schwannome étant situé dans l'angle ponto-cérébelleux, son ablation par chirurgie comporte des risques majeurs comme la perte définitive de l'audition ainsi que la paralysie faciale en raison de sa proximité avec le nerf facial. Ces complications peuvent aussi survenir dans le cas de la chirurgie par scalpel gamma, mais le risque est beaucoup moindre, d'où l'importance de la conformité et de l'homogénéité du plan de traitement afin de diminuer ces risques au maximum. Le plan de traitement est ainsi fait en fonction de la sensibilité à la radiation des structures au pourtour de la lésion (nombreux nerfs et vaisseaux sanguins), une importance particulière est accordée à la

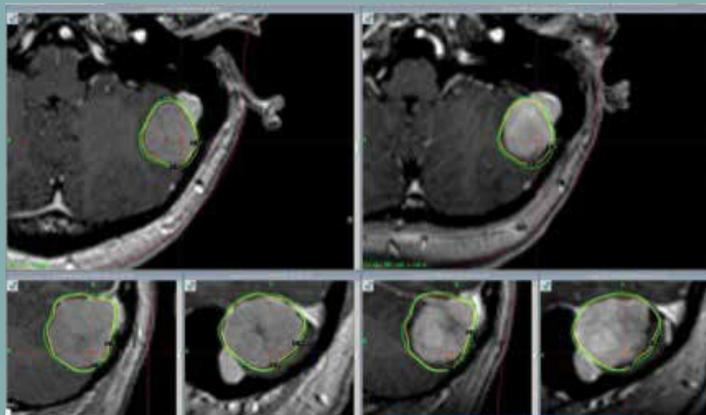


Figure 4 : Comparaison de l'évolution d'un méningiome cinq ans post-traitement. Images de gauche : Traitement en 2008, Images de droite : Suivi de 2013. La lésion est stable, a même légèrement diminué de volume dans les trois axes.

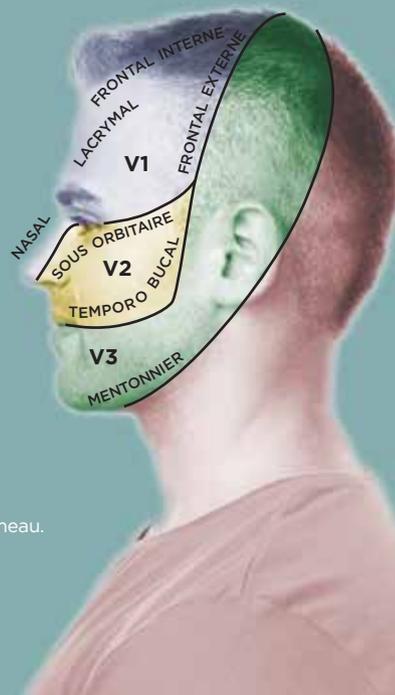


Figure 5 : Les trois zones d'innervation du nerf trijumeau.

cochlée si l'audition du patient était préservée avant le traitement (évaluation par un audiogramme). La dose de radiation délivrée au neurinome est de 12 à 13 Gy à l'isodose 50 %, avec un maximum de 4 Gy à la cochlée pour la préservation de l'audition. Encore une fois, ce sont les lésions de petites ou moyennes tailles qui sont traitées par GK-SRS, les lésions de grandes tailles étant à plus grand risque de complications telles que l'hydrocéphalie. Grâce aux critères très stricts de conformité et de sélectivité, les complications sont rares et font de la GK-SRS une option sécuritaire

prenant une place de choix dans l'arsenal thérapeutique des neurochirurgiens.

Autres pathologies

Les patients atteints de névralgie du nerf trijumeau représentent 25 % de notre clientèle chaque année. Ce type de névralgie se caractérise par une douleur unilatérale très intense à un endroit du visage innervé par une des trois branches du nerf trijumeau (5^e nerf crânien) (figure 5). Ces douleurs sont décrites comme des élancements ou des décharges électriques →

→ qui peuvent durer de quelques secondes à quelques minutes. Elles sont généralement déclenchées par le froid, la mastication ou même l'effleurement d'une zone cutanée appelée « zone-gâchette ». Le traitement de première ligne de cette névralgie se fait par la prise de médication (anti-épileptiques). Lorsque le patient n'y répond plus ou subit trop d'effets secondaires, plusieurs options chirurgicales sont possibles et offrent un contrôle similaire de la douleur. L'avantage de la radiochirurgie par scalpel gamma est encore une fois la diminution des risques de complications. Le contrôle n'est par contre pas immédiat, une période minimale de deux à six semaines est nécessaire avant d'obtenir un soulagement. Le traitement consiste à donner une dose importante de radiation d'environ 40 Gy à l'isodose 50 % à la racine du nerf du côté où la douleur est ressentie, afin de créer un tissu cicatriciel autour du nerf empêchant son atteinte. Le traitement est plutôt rapide puisqu'une seule cible de 4 mm est nécessaire pour couvrir tout le volume (figure 6). Les résultats sont très satisfaisants dans 80 % des cas avec une diminution importante de la douleur. Par contre les symptômes réapparaissent souvent (50 % des cas) entre 3 et 5 ans post-intervention. Le traitement peut alors être répété en diminuant la dose de radiation délivrée à 30 Gy. Plusieurs autres

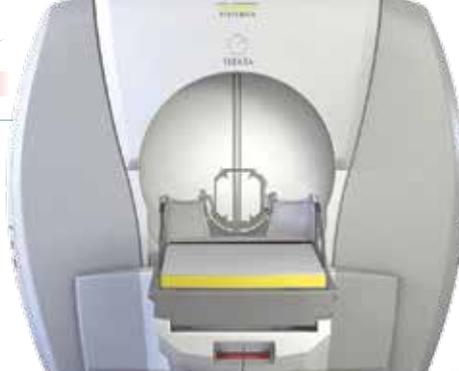


Tableau 1 : Nombre de patients traités par type de pathologie au CHUS depuis 2008

Pathologie	Patients traités
Métastases cérébrales	1289
Névralgie du trijumeau	779
Méningiome	347
Schwannome vestibulaire	289
Adénome hypophysaire	91
Malformation artério-veineuse	63
Gliome	53
Cavernome	29
Schwannome du trijumeau	24
Épilepsie	22
Céphalée de Horton	19
Tremblements	12
Tumeur ORL	9
Hémangioblastome	9
Chordome	7
Craniopharyngiome	6
Trouble obsessionnel compulsif	4

pathologies peuvent être traitées par le scalpel gamma. Le tableau ci-contre résume le nombre de traitements effectués par type de pathologie depuis 2008 au CHUS (Tableau 1).

La radiochirurgie par scalpel gamma est une option thérapeutique fort intéressante à plusieurs niveaux. En plus d'être très sécuritaire, elle permet le traitement rapide et efficace de nombreuses pathologies et troubles fonctionnels. Les pathologies présentées dans cet article sont celles qui sont le plus fréquemment traitées au service de radio-oncologie du CHUS, mais cela ne représente qu'une petite partie de ce que permet la GK-SRS. Toujours en développement, elle ouvre même des portes au traitement de l'épilepsie et du trouble obsessionnel compulsif. Les possibilités semblent infinies lorsque la neurochirurgie rencontre la radio-oncologie!



JOANNIE THIBAULT,
t.r.-o., CHUS

RÉFÉRENCES

MATHIEU, David. *Gamma Knife Radiosurgery*, 2011, 180 p.

GARNIER, DELAMARE. *Dictionnaire illustré des termes de médecine*, 29^e édition, 2006, 1048 p.

www.cancer.ca

www.emedicine.medscape.com

www.elekta.com

REMERCIEMENTS

Dr David Mathieu (neurochirurgien) : Révision de l'article

Patrick Delage (physicien médical) : Révision et images

Steve Fortin (t.r.-o) et Cynthia Ladouceur (t.r.-o) : Révision de l'article

Luc Ouellet (physicien médical) : Statistiques du CHUS

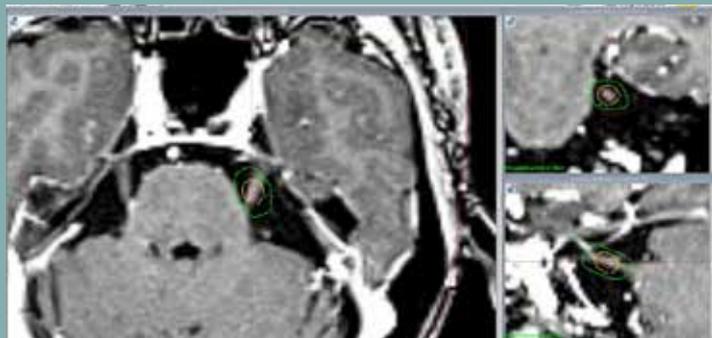


Figure 6 : Plan de traitement d'une névralgie du trijumeau. Une seule cible de 4 mm (en jaune) est nécessaire pour couvrir le volume à traiter.

Place de la RADIOCHIRURGIE STÉRÉOTAXIQUE dans le traitement chirurgical des affections fonctionnelles du cerveau

Alessia Pica, Lennart Stieglitz, Roland Wiest,
Daniel M. Aebersold, Andreas Raabe

Cet article est issu du journal «Forum Médical Suisse» (FMS), qui est l'organe officiel de formation continue de la Fédération des médecins suisses FMH et de la Société Suisse de Médecine Interne (SSMI). Le FMS est la revue de formation professionnelle médicale la plus lue en Suisse.

La radiochirurgie, quelle qu'en soit la technique, est une forme de radiothérapie très focalisée qui délivre en une séance une dose considérable d'irradiation sur une cible pathologique de taille limitée (tumeurs bénignes ou malignes, lésions vasculaires comme les malformations artérioveineuses, les syndromes douloureux comme la névralgie du trijumeau et autre), sans atteinte des tissus sains avoisinants et ce, en conditions stéréotaxiques. Il s'agit d'obtenir par ce moyen une dose maximale sur le volume cible avec une épargne des tissus sains situés à proximité, comme le cerveau, les nerfs

crâniens, les yeux, etc. Il existe plusieurs types d'appareillages pour effectuer la radiochirurgie :

- radiochirurgie basée sur accélérateur linéaire (Linac, Cyberknife);
- radiochirurgie basée sur l'utilisation de sources multiples de Cobalt 60 (Gamma Knife);
- radiochirurgie basée sur faisceaux de protons ou de particules lourdes accélérées.

Si chacune de ces méthodes présente ses avantages et ses inconvénients en ce qui concerne la technologie, le temps de traitement, les moyens de contention du

patient, l'approche, quant à elle, est essentiellement la même et elle comporte l'utilisation de l'imagerie multimodale de haute résolution (CT, IRM, PET) pour la définition du volume cible; un système de planification dosimétrique 3D assisté par ordinateur et l'irradiation en conditions stéréotaxiques. Grâce aux progrès technologiques, d'autres stratégies sont proposées actuellement pour améliorer la précision en radiochirurgie comme l'utilisation de tables de traitement robotisées et d'appareils de traitement pouvant délivrer la dose plus rapidement.

Lars Leksell, le neurochirurgien suédois qui a décrit la radiochirurgie par Gamma Knife (GK) en 1951 comme une méthode non invasive pour traiter des cibles intracrâniennes, avait initialement conçu cette technique pour le traitement de certaines affections fonctionnelles du cerveau telles que la maladie de Parkinson, les maladies psychiatriques et les syndromes chroniques douloureux.

Indications

La douleur

La névralgie trigéminalle essentielle

La névralgie trigéminalle (NT) essentielle est une affection très particulière due, dans la plupart des cas, à une compression vasculaire située au niveau de la racine trigéminalle. La douleur présente les caractères d'une douleur centrale épileptiforme, avec crises paroxystiques et périodes réfractaires. Cette douleur, au moins au début de l'affection, est traitée de façon efficace par les anticonvulsivants. La décompression vasculaire microchirurgicale (DVMC), en agissant au niveau de la zone du conflit vasculaire, a la capacité de restaurer la fonction normale du nerf chez une large majorité de patients. La radiochirurgie est une alternative à la chirurgie conventionnelle pour le traitement de la névralgie essentielle du trijumeau. La procédure se déroule sous anesthésie locale et le taux de dysfonctionnement du

→ nerf trijumeau est faible, par rapport aux autres techniques. Régis et coll. recommandent une dose maximale de 90 Gy délivrée par un seul isocentre sur le trajet cisternal du nerf, à 7,5 ou 8 mm de l'émergence du tronc cérébrale. Le taux initial d'efficacité reporté était de 89%, avec, à 5 ans, 58% des patients libres de douleurs et 83% des patients sans atteinte sensitivo-motrice du nerf trijumeau¹. Avec cette cible rétrogasserienne, une dose élevée de 90 Gy peut être délivrée en toute sécurité par rapport au tronc cérébral. Une cible située à l'émergence du nerf au niveau du tronc cérébral et irradiée à la même dose s'accompagne d'un taux plus important de complications². Les complications décrites après radiochirurgie sont: l'hypoesthésie faciale, la douleur neuropathique et la sécheresse oculaire. En utilisant des doses élevées pour le traitement de la NT essentielle, le taux d'hypoesthésie faciale radioinduite est très bas, entre 0 et 10% selon les données de la littérature³. La sécheresse oculaire et la douleur neuropathique sont très rares et corrélées avec la cible postérieure et avec les doses élevées au tronc cérébral. Flickinger et al. ont publié en 2001 la seule étude randomisée contrôlée dans le traitement radiochirurgical de la NT essentielle. Les investigateurs avaient comparé l'utilisation d'un versus deux isocentres de 4 mm, afin d'augmenter la longueur de nerf irradié et d'améliorer le contrôle de la douleur, et ils avaient observé un effet toxique important dans le groupe de patients traité avec deux isocentres⁴. Selon les données issues de cette étude, le volume de nerf traité est aussi un facteur corrélé avec la toxicité. La thermocoagulation, la microcompression par ballonnet et l'injection de glycérol sont des techniques ablatives (avec lésion du nerf) comme la radiochirurgie mais elles s'accompagnent d'un taux plus élevé de dysfonctionnement du nerf. La DVMC est la seule technique non ablatrice qui a l'avantage de mieux préserver la fonction du nerf et de donner les meilleurs résultats à long terme, notamment quand la

La DVMC est la seule technique non ablatrice qui a l'avantage de mieux préserver la fonction du nerf et de donner les meilleurs résultats à long terme...

cause principale est une compression vasculaire. Néanmoins, il s'agit d'une procédure neurochirurgicale qui implique une craniotomie et une anesthésie générale avec des taux de mortalité de 0 à 1,2% selon les séries.

Le *tableau 1* montre la fréquence (%)

des complications après les différentes procédures chirurgicales⁵. La radiochirurgie est la technique la moins invasive des techniques disponibles, elle est indiquée pour les patients âgés et/ou en état général précaire ou chez lesquels la NT est secondaire à une maladie démyélinisante.

Tableau 1: Fréquence des complications dans le traitement de la NT

Type de technique chirurgicale	Complications				
	Periopératoires	Hypoesthésie	Sécheresse oculaire	Douleur neuropathique	Mortalité
Techniques percutanées	<2%	50%	4%	4%	0
DVMC	4%	5%	0	0	0,2-0,5%
Radiochirurgie	0	6%	0	0	0

DVMC = décompression vasculaire microchirurgicale.

Tableau 2: Principales séries de la littérature par date de publication concernant les tremblements.

Auteur	Nombre de patients	Dose (Gy)	Suivi (mois)	Taux d'amélioration (%)	Complications (%)	Type de complications
Ohye (2011)	72	130	24	81,1	0	0
Young (2010)	161	141-152	44	81	8,4	dysarthrie, troubles sensitifs, déficit moteur
Kondziolka (2008)	31	130-140	36	92	7,7	hémiparésie, dysphagie, dysarthrie
Niranjan (1999)	12	130-150	24	100	8,3	dysarthrie

Les tremblements

Les premières publications sur l'utilisation de la radiochirurgie dans le traitement des tremblements invalidants par GK (maladie de Parkinson, des tremblements essentiels et d'autres types de tremblement) datent du début des années 1990. Les auteurs ont utilisé un collimateur de 4 mm pour cibler le VIM, nucleus ventral intermédiaire du thalamus. Généralement, on utilise un isocentre unique et une dose de 130 Gy. Le ciblage du VIM reste le point fondamental de cette technique. Dans la procédure de planification, l'approche comporte l'utilisation d'un atlas cérébral, une imagerie par résonance magnétique (IRM) à haute définition et une imagerie de tenseur de diffusion (DTI) pour définir le volume cible et les organes à risque, comme la capsule interne. La radiochirurgie est une alternative en cas de contreindication aux traitements invasifs comme la stimulation chronique et la thalamothomie par thermocoagulation avec un taux d'amélioration des symptômes entre 80 et 100 %, selon les données publiées en littérature⁶⁻⁹ (tableau 2). Néanmoins, il faut tenir compte de l'intervalle de temps entre le traitement et l'effet ainsi que de la variabilité de la réaction au niveau du thalamus à l'irradiation, pouvant être responsable des effets secondaires. L'effet thérapeutique commence à partir d'une année après la radiochirurgie et il n'est pas corrélé avec la radiolésion visible à l'imagerie. Certains patients peuvent présenter des radiolésions s'étendant au-delà du territoire de la cible dans la capsule interne ou dans la région thalamique médiale qui sont responsables de complications tardives. Ohye et coll. ont publié récemment



Figure 1: Novalis Tx équipé d'un système d'imagerie et d'une table robotisée.

la seule étude multicentrique prospective portant sur 72 patients traités dans 6 centres au Japon et ayant des protocoles de traitement et d'évaluation unifiés. Le taux de réponse à la radiochirurgie, en terme d'amélioration du tremblement, est de 81 % avec aucune complication neurologique permanente⁶.

L'épilepsie

Hamartomes hypothalamiques

Dans les hamartomes hypothalamiques (HH) de petite à moyenne taille, la radiochirurgie semble offrir la même efficacité que la microchirurgie mais avec une morbidité très basse, selon les données publiées par l'équipe de neurochirurgie fonctionnelle et stéréotaxique de Marseille¹⁰. Les HH ont une évolution défavorable avec un déclin mental dû à une encéphalopathie épileptique. Après la radiochirurgie, les auteurs ont observé une réversibilité de cette encéphalopathie avec amélioration de toutes les capacités cognitives. La dose proposée, compte

tenu de la région extrêmement fonctionnelle (hypothalamus, corps mamillaires, voies optiques), est de 17 Gy.

Epilepsies temporo-mésiales (MTLE)

La résection microchirurgicale de la zone épileptogène a l'avantage d'un arrêt immédiat des crises. L'utilisation de la radiochirurgie est en cours d'évaluation par un essai randomisé contrôlé aux États-Unis, le « ROSE trial » (ClinicalTrials.gov NCT00860145), qui compare la radiochirurgie à la lobectomie temporale antérieure.

Place de la radiochirurgie sans cadre stéréotaxique invasif dans le traitement des affections fonctionnelles du cerveau

La radiothérapie en conditions stéréotaxiques utilise à l'origine un cadre stéréotaxique invasif pour immobiliser la tête du malade. Ce cadre est posé sous anesthésie locale et le traitement est fait →

→ dans la journée. Le positionnement de la cible est dépendant du cadre stéréotaxique. Tout récemment ont été mis au point des systèmes d'imagerie bi- ou tridimensionnelle en salle de traitement, permettant une radiothérapie guidée par l'image avec la même précision que celle du système invasif (*figure 1*). Les images obtenues par un système d'imagerie de basse énergie sont comparées à celles issues de l'imagerie initiale de repérage et les écarts par rapport à la position de référence affichés à l'écran et corrigés par un système robotique comme chez l'accélérateur Novalis Tx produit par VarianTM. Un autre appareil, le CyberknifeTM, permet une imagerie en temps réel produite par des tubes de rayons X fixés dans la salle de traitement et ne nécessite pas de cadre stéréotaxique invasif. La revue de la littérature montre pour le traitement sans cadre invasif de la névralgie trigéminal essentielle une bonne réponse dans 90 % des cas¹¹⁻¹².

Evaluation de l'économicité de la radiochirurgie dans le traitement des affections fonctionnelles du cerveau

La littérature fait état de quelques analyses comparant les coûts de prise en charge par microchirurgie versus radiochirurgie,



Tableau 3 : Indications de radiochirurgie reconnues en Suisse.

Indication	Europe	États-Unis	Suisse
Malformations artéroveineuses	oui	oui	oui
Schwannomes vestibulaires	oui	oui	oui
Méningiomes	oui	oui	oui
Métastases cérébrales	oui	oui	oui
Adénomes hypophysaires	oui	oui	oui
Troubles fonctionnels	oui	oui	non

notamment pour des pathologies comme les schwannomes vestibulaires, les méningiomes ou les métastases.

L'étude de Tan publié en 2011 a comparé les coûts de traitement par microchirurgie versus la radiochirurgie (Linac et GK) pour la prise en charge de patients atteints de méningiomes. La méthodologie faisait appel à du « microcosting ». Cette étude a pris en considération aussi les coûts médicaux de suivi sur une période d'un an. Les coûts de traitement ont été estimés à 9671 € pour la microchirurgie, et 2412 € pour la radiochirurgie par Gamma Knife et 2198 € pour le Linac¹³. Concernant les troubles fonctionnels, la littérature ne dispose pas d'études comparant la radiochirurgie à la microchirurgie. Néanmoins, une estimation des coûts complets des patients traités pour troubles fonctionnels par neurochirurgie ouverte en Suisse montre que la radiochirurgie par Gamma Knife et Linac, en tant que nouvelle procédure, réduit le coût complet par cas traité d'environ 60%.

Actuellement, les troubles fonctionnels ne font pas partie des indications formellement reconnues de radiochirurgie en Suisse (*tableau 3*).

Conclusions

La radiochirurgie est une technique précise qui peut remplacer un acte chirurgical d'exérèse par une irradiation en une seule

séance de très forte dose dans un volume soigneusement ciblé. Cette technique a un rôle complémentaire à l'approche invasive neurochirurgicale. De plus, une approche pluridisciplinaire et de collaboration entre les différentes disciplines est absolument indispensable : neurochirurgie, neurologie, neuroradiologie et radio-oncologie. Dans le futur, il faudra évaluer le potentiel de cette technique dans le traitement des affections fonctionnelles du cerveau. 

HÔPITAL DE L'ILE, HÔPITAL UNIVERSITAIRE, UNIVERSITÉ DE BERNE

ALESSIA PICA, DANIEL M. AEBERSOLD,
Service de Radio-Oncologie

LENNART STIEGLITZ,
ANDREAS RAABE,
Service de Neurochirurgie

ROLAND WIEST,
Service de Neuroradiologie

RÉFÉRENCES

Vous trouverez la liste complète et numérotée des références dans la version en ligne de cet article sous www.medicalforum.ch.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier le Prof. Marc Levivier, chef du service de neurochirurgie du centre hospitalier universitaire de Lausanne, CHUV, et directeur du centre de neurochirurgie Gamma Knife du CHUV pour sa contribution à l'évaluation des coûts de la radiochirurgie par Gamma Knife dans le traitement de troubles fonctionnels.

L'AVC

Un pas à la fois

par Maude Dumont, t.i.m.

Le taux de survie à la suite d'un AVC (accident vasculaire cérébral) s'est considérablement amélioré dans les dernières années grâce à la meilleure prise en charge des patients, aux nouvelles percées technologiques et à la promotion d'un mode de vie plus sain auprès de la population.

Cependant, cette maladie frappe encore souvent. L'AVC est en fait la troisième plus importante cause de mortalité au pays. Lorsqu'il n'est pas mortel, il change le cours de la vie des victimes et de leurs proches à tout jamais. C'est pourquoi la prévention est de mise et qu'en cas de soupçon d'AVC, il n'y a aucune minute à perdre.

Un accident vasculaire cérébral est l'obstruction complète d'un vaisseau sanguin du cerveau causant un infarctus et privant les cellules cérébrales d'oxygène entraînant ainsi leur destruction totale ou

partielle ou encore, c'est la rupture d'un vaisseau sanguin cérébral provoquant une hémorragie.

Les manifestations peuvent être transitoires ou temporaires, c'est-à-dire que le patient ressent un symptôme de la maladie pour ensuite revenir à son état normal rapidement et la plupart du temps sans séquelles. On l'appelle alors AIT (accident ischémique transitoire). Dans ce cas, les cellules sont alors perturbées par un manque d'oxygène bref mais non détruites. Les symptômes d'un AVC peuvent aussi être permanents, on le nomme alors AIC (accident ischémique

constitué). Le patient nécessitera alors un suivi très rapproché ainsi qu'une réadaptation appropriée.

Quatre-vingts pour cent des AVC sont ischémiques et vingt pour cent sont hémorragiques.

Les AVC dits ischémiques sont causés par l'obstruction d'une artère du cerveau ou d'une artère se dirigeant vers le cerveau, comme la carotide, créant un manque d'oxygène, la mort des cellules et ainsi, une zone de nécrose. (*figure 1*). L'obstruction du vaisseau est la plupart du temps occasionnée par un athérome, dépôt de lipide sur la paroi interne d'une artère, ou par un caillot sanguin qui se forme localement (thrombose) ou qui est de provenance embolique (dans le cœur ou dans une des artères du cou).

Les AVC dit hémorragiques, eux, sont causés par la rupture d'un vaisseau fragilisé à la suite d'une pression sanguine trop excessive, qui entraîne un déversement de sang dans le cerveau, un hématome et une compression des cellules nerveuses suivie d'une nécrose (*figure 2*).

L'AVC est une affection grave qui touche beaucoup de gens. En effet, au pays il y a un cas d'AVC toutes les dix minutes. De plus, neuf personnes sur dix présentent au moins un facteur de risque causant l'AVC. Ce n'est donc pas à prendre à la légère. Le pronostic dépend du degré d'atteinte de la zone vasculaire touchée et surtout du délai avant de recevoir des soins médicaux appropriés. En effet, comme mentionné plus haut, chaque minute compte pour améliorer le pronostic de survie et la qualité de vie du patient par la suite. C'est pourquoi toute personne croyant souffrir d'AVC ou étant témoin des symptômes d'un proche doit se rendre aux urgences dans les plus brefs délais. Le temps maximal pour espérer obtenir les meilleurs résultats aux traitements et le moins de dommages possible est de 4,5 heures après l'apparition des premiers symptômes. En cas d'AVC, le patient perd environ 1,9 millions de neurone/minute. →

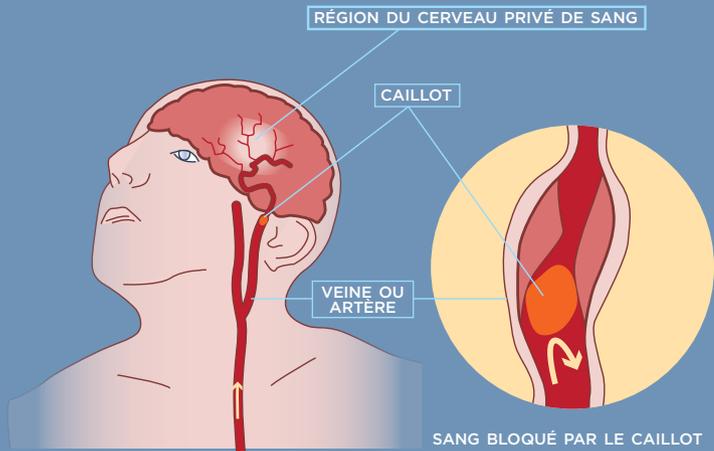


Figure 1 : AVC ischémique.

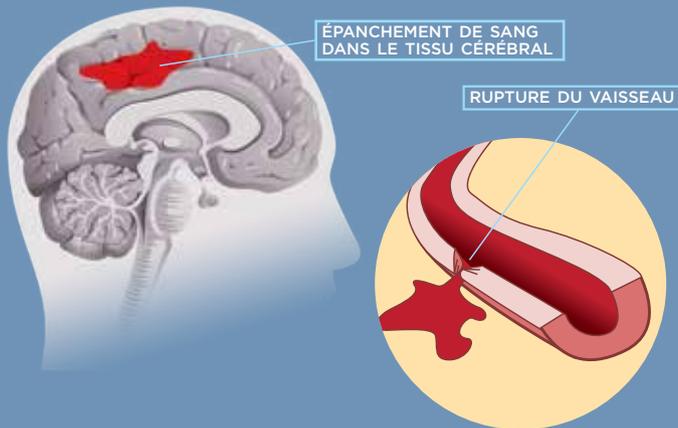


Figure 2 : AVC hémorragique.

→ Les facteurs de risques

Les personnes les plus susceptibles de souffrir d'AVC sont celles qui possèdent un ou plusieurs des facteurs de risques suivants :

L'athérosclérose : plaque de dépôt adipeux rétrécissant la lumière d'un vaisseau et ralentissant la circulation du sang ou bloquant complètement son passage ;

L'hypertension artérielle : L'élévation permanente des valeurs de la tension artérielle peut causer une rupture de vaisseau. L'hypertension peut être causée par une mauvaise alimentation, une consommation excessive de sel, un surplus de poids, une grande consommation d'alcool, le tabagisme ou un rythme de vie sédentaire (sans activités physiques).

le diabète : les patients souffrant de cette maladie ont une tendance plus marquée à développer de l'athérosclérose.

le tabagisme : l'usage de tabac fragilise les vaisseaux en créant lui aussi de l'athérosclérose. En effet, le risque est de deux à quatre fois plus élevé chez les fumeurs que chez les personnes n'ayant jamais fumé. Également, le risque augmente avec le nombre de cigarettes fumées par jour. De plus, les personnes vivant avec des fumeurs et exposées à cette fumée sont aussi plus à risque. Les personnes qui ont subi un AVC auparavant et qui ne cessent de fumer sont deux fois plus à risque d'avoir une récurrence.

la dyslipidémie : anomalie du taux de gras dans le sang ou encore l'hypercholestérolémie, taux trop élevé de cholestérol dans le sang.

L'âge : après l'âge de 55 ans, les risques d'AVC doublent à chaque tranche de dix ans.

le sexe : les hommes sont plus à risque de subir un AVC, particulièrement après 65 ans.

l'ethnie : on dit que les personnes afro-américaines et les hispaniques auraient plus de risques de faire un AVC, probablement parce qu'elles souffrent plus souvent d'hypertension artérielle.

l'obésité : la plupart des personnes ayant un surplus de poids présentent également plusieurs facteurs de risque comme le diabète, l'hypertension artérielle ainsi que l'hypercholestérolémie.

les contraceptifs oraux : pour les femmes non fumeuses de moins de 35 ans, les contraceptifs oraux n'augmentent pas le risque d'AVC, mais chez les fumeuses de plus de 40 ans qui présentent également d'autres facteurs de risques associés, le risque augmente.

Le risque de souffrir d'un AVC à un moment ou l'autre de sa vie augmente avec le nombre de facteurs de risque présents.

Les symptômes d'un AVC

Il est très important de savoir reconnaître les signes avant-coureurs d'un AVC pour pouvoir réagir rapidement. L'AVC peut se manifester sous plusieurs facettes différentes mais les principaux symptômes sont les suivants :

- La céphalée soudaine, intense et aiguë ;
- La perte d'équilibre accompagnée ou non d'étourdissements ;
- Une difficulté à parler et à s'exprimer normalement ;
- Une confusion soudaine ;
- Une perte de force, un engourdissement d'une partie du corps, une paralysie ou une faiblesse soudaine ;
- Un problème de vision inattendu ou un changement de l'acuité visuelle.

Toute personne qui présente l'un des signes énumérés plus haut doit immédiatement se rendre à l'urgence du centre hospitalier le plus proche.

La prise en charge du patient

À son arrivée à l'urgence, le patient souffrant d'AVC est tout de suite pris en charge par une équipe qui lui fera passer plusieurs tests très rapidement pour s'assurer d'aider et de sauvegarder le plus possible ses facultés.

Une batterie de formules sanguines est demandée dès le début comprenant le calcul du INR, un indicateur de la coagulation sanguine et de la créatinine, au cas où le patient aurait à passer un examen nécessitant une injection d'agent de contraste, comme par exemple la tomodensitométrie ou l'imagerie par résonance magnétique.

Des tests sont aussi réalisés pour se faire une idée plus précise du degré d'affection du patient. Une grille d'évaluation nommée Échelle NIHSS (National Institute of Health Stroke Score) est alors utilisée. Cette grille comporte douze sous-catégories qui sont cotées. À la fin de l'évaluation, les douze cotes s'additionnent pour donner la cote totale permettant ainsi de connaître le degré d'atteinte du patient. Plus la cote est élevée, plus l'affection est avancée et plus la situation est alarmante.

Lors de ce test, le médecin ou l'infirmière cherche à évaluer plusieurs facteurs comme :

- Le niveau de conscience du patient;
- Si le patient est alerte ou non;
- S'il peut répondre correctement à deux questions lui étant posées;
- S'il peut effectuer deux tâches lui étant demandées;
- Si son regard est normal, dévié ou paralysé;
- S'il a une perte de l'acuité visuelle;
- S'il a une paralysie faciale;
- Si le patient peut effectuer des tâches motrices avec ses bras et ses jambes pour une durée d'environ dix secondes;
- S'il a une ataxie d'un de ses membres, c'est-à-dire un trouble de coordination;
- S'il a une perte sensorielle quand on le touche;

➤ S'il a de l'aphasie, soit une perte totale ou partielle de la capacité de communiquer, ou de la dysarthrie, qui se présente par un trouble d'articulation lors de la parole.

Toutes ces questions sont posées dans un bref délai pour pouvoir intervenir le plus rapidement possible par la suite.

Les signes vitaux du patient sont évidemment vérifiés dès son arrivée à l'urgence. Une attention très spéciale doit être portée à la mesure de la pression artérielle, car un patient présentant une pression trop élevée ne pourrait recevoir certains médicaments. En effet, cela risquerait de causer un saignement dû aux parois des vaisseaux déjà fragilisées par la pression excessive. Le patient souffrant d'hypertension recevra d'abord un médicament, comme le Labétalol, pour abaisser sa pression et le préparer à recevoir les traitements suivants sans danger d'hémorragie.

Le patient est ensuite dirigé vers le service de radiologie où l'imagerie cérébrale permettra au neurologue et au radiologiste de poser un diagnostic. Un agent thrombolitique, comme l'Activase peut aussi être administré après l'examen. L'injection se fera après avoir questionné le patient et ses proches sur les antécédents de prise de médication. En effet, si le patient a pris des anticoagulants récemment, par exemple le Coumadin, il est possible que l'agent thrombolitique soit contre-indiqué risquant de causer des saignements importants.

Les examens radiologiques

LA TOMODENSITOMÉTRIE

Le scan est la plupart du temps l'examen de première ligne demandé par le neurologue. La raison est simple, c'est qu'il est très rapide. Effectivement, il peut être d'une durée aussi courte que 5 minutes, le rendant du même coup plus disponible que certains autres types d'examen tel que l'IRM.

Le scan est un examen très efficace pour détecter les AVC hémorragiques qui

se présenteront par une hyperdensité sur l'image (figure 3). Il est par contre moins sensible quand vient le temps d'identifier les AVC ischémiques qui représentent malheureusement 80 % des cas d'AVC. L'hypodensité parenchymateuse, évoquée par une zone sombre sur l'image, est la plupart du temps le seul signe d'AVC ischémique précoce, mais elle est malheureusement rarement visible au stade aigu. L'œdème, qui peut aussi être vu au scan, sera visible environ 12 à 24 heures après l'AVC et sera présente par une zone d'hypodensité et un effet de masse.

Dans un cas d'AVC aigu ou très récent, le scan est en général effectué sans injection d'iode. L'injection de produit de contraste serait à ce moment inutile, car la barrière hémato-encéphalique est intacte avant un délai de 12 à 24 heures après l'AVC. De plus, l'injection trop précoce de produit de contraste pourrait camoufler une hypodensité du parenchyme ou encore cacher une hyperdensité à l'intérieur du vaisseau, et par le fait même nuire au diagnostic. Par contre, le radiologiste pourrait décider qu'une angiographie-CT est nécessaire pour tenter de démontrer l'emplacement de l'occlusion.

L'IRM

L'imagerie par résonance magnétique est l'examen par excellence dans un cas d'AVC. Malheureusement, il est souvent demandé en deuxième lieu puisqu'il est plus long à réaliser (environ 30 minutes) ce qui rend la salle d'examen beaucoup moins disponible. Aussi, les nombreuses contre-indications à l'IRM, par exemple les pace-makers, les corps étrangers métalliques, les prothèses cochléaires, etc., diminuent de beaucoup le nombre de patients pouvant y avoir recours pour leur diagnostic.

Pourtant, l'IRM permet de déceler les zones d'ischémie ou d'infarctus dès les premières minutes. Il rend possible l'identification des ischémies de petites tailles et l'étendue de la zone nécrosée (figure 4). De plus, il permet de très bien distinguer les AVC hémorragiques.

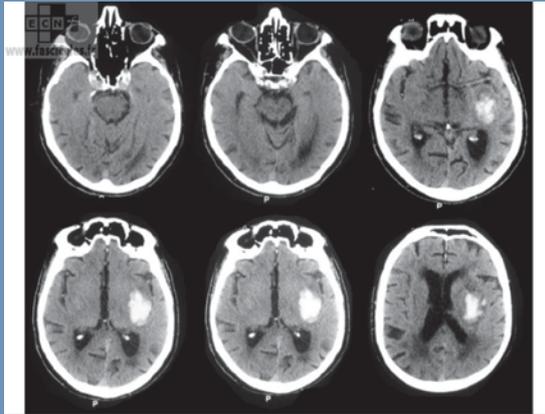


Figure 3 : Images de TDM démontrant un AVC hémorragique gauche.

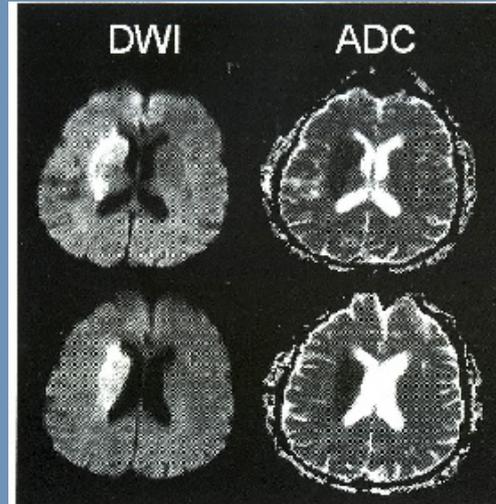


Figure 4 : Images d'IRM, Diffusion (DWI) et ADC démontrant un territoire d'ischémie.
Référence : Livre : *Neuroimaging clinics of North america*, Suresh K.Mukherji, MD. Page : 358.

→ Si le neurologue est incertain après avoir vu le scan, s'il suspecte une autre pathologie qui ressemble à l'AVC ou encore si le problème se situe dans la fosse postérieure, une zone plus difficile à évaluer au scan, il demandera alors une IRM.

Plusieurs séquences seront alors effectuées. Toutefois, les séquences dites « de bases » de l'IRM, telles le T1 et le T2 classiques, ne permettent pas d'effectuer un diagnostic précis dans le cas d'AVC précoce. En effet, elles sont plus utiles après un délai d'environ 6 heures, ce qui est trop long pour poser un diagnostic rapidement, lequel, on le sait, est essentiel pour augmenter les chances de survie et de rétablissement du patient. La séquence FLAIR qui représente la région ischémique par une zone hyper intense permet d'identifier l'AVC un peu plus précocement qu'avec les séquences classiques et aussi de voir s'il y a présence d'œdème. La séquence T2* qui est une séquence d'écho de gradient, est fortement utile, quant à elle, dans les cas d'AVC hémorragiques, car elle met les saignements en évidence par la présence d'une zone d'hypodensité.

La séquence à prioriser dans un cas

d'AVC est sans aucun doute la Diffusion. La Diffusion est une séquence EPI (*Echo Planar Imaging*). Elle fournit plusieurs informations très précieuses au radiologue. Elle montre plusieurs types d'images représentées par 3 types de B différents. (B0, B500, B1000) et aussi la partie ADC qui est une somme des 3 B. La partie B1000 est en général la plus utile.

La Diffusion est sensible aux *mouvements browniens*. Les mouvements browniens sont en fait ceux présents à l'intérieur de la molécule d'eau. Dans un cerveau sain et un tissu homogène, il y a autant d'eau à l'intérieur de la cellule qu'à l'extérieur. Les mouvements ainsi créés sont donc transmis d'une molécule d'eau à l'autre sans difficulté et sans restriction. Par contre, lors d'une ischémie, les particules d'eau restent plus nombreuses à l'intérieur de la cellule qu'à l'extérieur, ce qui crée un hyper signal dans cette même zone ischémique; C'est ce qu'on appelle la *restriction de la Diffusion*.

La partie ADC de la Diffusion est bien utile pour éliminer la possibilité d'artéfact et s'assurer qu'il n'y aura pas d'erreur de diagnostic. L'ADC est obtenue par la

somme des 3 B. S'il y a un hyper signal en B1000, mais que ça se transforme en hypo signal sur l'ADC, c'est qu'il y a vraiment restriction de la Diffusion et donc, un problème (*figure 3*). Par contre, si l'hyper signal en B1000 demeure identique en ADC, c'est que nous sommes en présence d'un artéfact.

L'ANGIOGRAPHIE

Dans un cas d'AVC ischémique causé par un caillot, parfois le patient sera dirigé en salle d'angiographie pour subir une thrombectomie qui peut être combinée ou pas à la thrombolyse. Si le patient a des contre-indications à la thrombolyse, la thrombectomie est la seule option envisageable. Le neuroradiologue passera par voie fémorale jusqu'à l'artère obstruée. À l'aide d'un guide et d'un micro-cathéter il se rendra jusqu'au caillot pour pouvoir désobstruer le vaisseau.

LA SALLE D'OPÉRATION

Dans un cas d'AVC hémorragique, le patient peut être dirigé vers la salle d'opération. À ce moment, le neurochirurgien peut ligaturer l'anévrisme en procédant

à une craniotomie pour avoir accès au vaisseau problématique ou encore décider d'emboliser le patient en remplissant l'anévrisme de filaments de platine dans le but d'arrêter le saignement, il passera alors par voie artérielle fémorale.

Pour un meilleur diagnostic, le radiologue et le neurologue décident souvent de combiner plusieurs des examens mentionnés plus haut afin de traiter le patient dans les délais les plus brefs et de façon à ce que ce dernier ait le meilleur pronostic.

La vie après ou à la suite d'un AVC

Quand le médecin juge que l'état du patient s'est amélioré et que celui-ci est enfin prêt à quitter l'hôpital, il le renvoie à la maison ou encore il le dirige vers un centre de soins de longue durée ou vers un centre de réadaptation, selon ses besoins. Un suivi radiologique fréquent sera fait dans le but de prévenir les risques de récurrence. Le médecin orientera le patient vers différents spécialistes selon le cas. Par exemple, le patient pourrait avoir à consulter un physiothérapeute qui l'aidera à remarcher, un orthophoniste qui lui donnera des techniques pour mieux s'exprimer et à recommencer à parler, un diététiste qui lui fournira un menu adapté à son état s'il a des problèmes de déglutition, un travailleur social ou un psychologue qui l'aidera s'il a des problèmes de comportements, lui permettant de mieux gérer ses émotions et lui donnant des moyens de faire travailler sa mémoire ou un ergothérapeute qui évaluera son autonomie et lui donnera ensuite des méthodes pour l'aider à effectuer ses tâches quotidiennes. En cas de besoin le patient pourra aussi bénéficier d'aide à domicile pour l'aider à effectuer différentes tâches qui sont maintenant devenues plus ardues pour lui, comme les corvées domestiques, se laver, cuisiner, se vêtir, etc. Le soutien psychologique des proches et/ou d'un professionnel est très important, car la personne qui se remet d'un AVC risque d'avoir de la difficulté à accepter sa nouvelle réalité

TDM	IRM
Examen plus rapide (+/- 5 minutes.)	Examen beaucoup plus long (+/- 30 minutes.)
Appareil plus disponible.	Appareil beaucoup moins disponible en raison de longueur des examens.
Tous les patients peuvent passer un scan.	Beaucoup de contre-indications à l'IRM. (Pace-maker, corps étrangers métalliques, etc.)
Ne démontre pas bien l'ischémie aiguë (précoce).	Démontre l'ischémie dès les premières minutes après AVC. (Diffusion)
Examen idéal pour les AVC hémorragiques.	Démontre très bien les saignements grâce à la séquence T2*.
Permet au médecin de prendre une décision rapide pour la suite des traitements.	Permet d'établir un diagnostic plus précis en cas de doute d'un AVC vs une autre pathologie.
Difficulté à démontrer les petites lésions ischémiques. Le scan peut paraître normal.	Permet de bien démontrer les lésions ischémiques même de très petites tailles.
Difficulté à démontrer certaines zones du cerveau.	Démontre très bien les lésions de la fosse postérieure.
Examen nécessitant une coopération brève.	Examen pouvant être difficile avec les patients confus, agités et non coopératifs causant des artefacts de mouvements.

et pourrait sombrer dans la dépression. Le temps de réadaptation sera différent d'un patient à l'autre, selon son état à sa sortie de l'hôpital.

Finalement, ce qu'il faut comprendre, c'est que l'AVC est une affection souvent soudaine qui touche la vie de beaucoup de gens et en change le cours définitivement. Il est primordial de rester à l'écoute des symptômes de la maladie pour pouvoir réagir rapidement. Avec toutes les nouvelles technologies médicales que nous possédons aujourd'hui et les équipes de professionnels spécialisés, le pronostic à la suite d'un AVC s'est beaucoup amélioré. L'adoption d'un mode de vie sain reste tout de même la meilleure protection contre cette maladie. La réadaptation peut parfois être longue et ardue, mais elle est efficace dans beaucoup de cas et le patient peut ensuite recommencer à profiter de la vie. 



RÉFÉRENCES

LIVRE

1- *Neuroimaging clinics of North America*, Suresh K. Mukherji, MD

RESSOURCES WEB

www.sfrnet.org

www.med.univ-rennes.fr

www.lesaccidentsvasculairescerebraux.blogspot.ca/

www.fmcoeur.qc.ca

www.canadianstrokenetwork.ca

www.hc-sc.gc.ca

RÉVISION

Dr. Deschaintres (neurologue HND).

REMERCIEMENTS

Dr. Létourneau (radiologue) pour prêt de matériel.

Dr. Deschaintres (neurologue), Dr. Poppe (neurologue), Marlène Lapierre (infirmière en neurologie) pour leur aide.

L'AGÉNÉSIE DU CORPS CALLEUX à l'échographie fœtale

par Anne-Marie Brault, t.i.m.

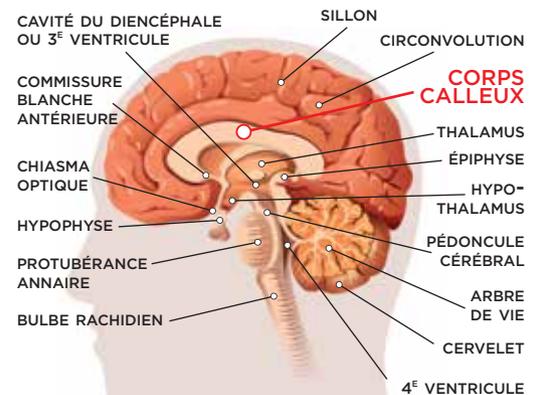


figure 1

L'évolution constante des appareils d'échographie nous permet de faire des dépistages plus détaillés, de dégager des structures qui avant nous paraissaient imprécises.

En seulement 9 ans de carrière en échographie, j'ai pu en constater la progression. Il y a trois ans, après avoir fait un peu de tout en échographie, j'ai eu la chance de me spécialiser principalement en obstétrique. L'intérêt était déjà grand, mais une véritable passion est née. La quantité et les détails des structures à démontrer augmentent le défi et nous oblige à nous intéresser davantage à l'anatomie et aux pathologies. Le cerveau fœtal en est un bon exemple. C'est un organe complexe et les anomalies détectables sont nombreuses. Je traiterai de l'agénésie du corps calleux puisque c'est une anomalie que j'ai vu dans ma pratique et sur laquelle j'ai voulu en apprendre d'avantage.

Un peu d'anatomie

Les deux hémisphères cérébraux sont liés par des fibres de substance blanche nommées commissures. Elles relient en

fait les aires associatives du cerveau. Il y en a plusieurs, mais on en distingue trois principales:

- Commissure antérieure;
- Commissure du fornix;
- Corps calleux.

Le corps calleux est la plus grande et importante des commissures. Il est formé de quatre parties:

- Le bec (rostrum): partie antéro-inférieure, relie les lobes frontaux;
- Le genou: partie antérieure, relie aussi les lobes frontaux;
- Le tronc: partie médiane, relie les lobes temporaux et pariétaux;
- Le bourrelet (splenium): partie postérieure, relie les lobes occipitaux.

Cette structure de substance blanche assure donc le transfert d'informations d'un hémisphère à un autre, entre les lobes cérébraux, permettant ainsi l'intégration d'informations sensorielles, motrices et cognitives par les deux hémisphères et la

coordination de leurs réponses. Le corps calleux se développe entre la 12^e et la 18^e semaine de grossesse (figure 1).

L'agénésie du corps calleux (L'ACC)

L'ACC peut être totale ou partielle. Cette commissure se forme d'antérieure en postérieure. Lors d'une agénésie partielle, la partie postérieure du tronc et le bourrelet sont le plus souvent manquants ou atrophiques. Son dépistage est complexe puisque cette anomalie peut être due à un arrêt dans son développement, relié à des anomalies du tube neural ou à de nombreux syndromes. Si l'ACC partielle n'est pas associée à une anomalie, le diagnostic peut se poser lors d'examen de dépistage pour un trouble d'apprentissage durant l'enfance ou lors d'une découverte fortuite si la malformation est asymptomatique.

Dans sa forme totale, l'ACC peut être isolée ou associée à d'autres anomalies. Avant de parler d'agénésie isolée, un dépistage minutieux doit être fait pour éliminer d'autres malformations qui sont parfois difficiles à identifier. On peut la retrouver en lien avec plus d'une cinquantaine de syndromes comme celui d'Aicardi chez les filles, la malformation de

Dandy Walker ainsi que dans des anomalies chromosomiques, particulièrement la trisomie 8, trisomie 13 et trisomie 18. Le pronostic est très variable. Bien sûr, il dépend du syndrome auquel l'ACC est associée. Si elle est isolée, elle peut être asymptomatique ou accompagnée d'un léger trouble d'apprentissage. Par contre, il est possible qu'elle soit accompagnée de crise d'épilepsie, de trouble envahissant du comportement, de déficit d'attention et de retard mental. L'IRM au troisième trimestre est effectuée pour tenter de confirmer le caractère isolée de l'agénésie, mais aussi pour tenter d'évaluer la gravité des symptômes par l'étude des circonvolutions.

Dépistage échographique

Si le fœtus est bien positionné pour obtenir une image sagittale du cerveau, le corps calleux peut être visualisé dès la 18^e semaine, soit à l'échographie de morphologie (figure 2). Par contre, cette coupe n'est pas toujours facile à obtenir. Par contre, l'absence de corps calleux provoque des réaménagements cérébraux qui sont des signes d'appels à l'ACC.



Figure 2



Figure 3

L'absence du septum cavum pellucidum

Le septum cavum pellucidum est une structure médiane située sous le corps calleux et au-dessus du fornix. Il est formé de deux feuillets séparés par une cavité liquidienne visible jusqu'à la fusion des deux lames vers la 36^e semaine de grossesse. La visualisation de cette cavité est essentielle lors de l'échographie de morphologie puisque son absence est un des plus importants signes d'appel à l'ACC (figures 4 et 5).



Figure 4



Figure 5

La colpocéphalie

L'absence du corps calleux et du septum cavum pellucidum crée un vide qui provoque l'élargissement de la scissure inter-hémisphérique, mais modifie aussi la forme des ventricules latéraux. Une dilatation symétrique des cornes postérieures, (ventriculomégalie limite) et l'éloignement sans dilatation des cornes frontales donnent une image de ventricule en forme de goutte ou larme typique dans l'ACC (figure 6).



Figure 6

3^e ventricule ascensionné et l'aspect des cornes frontales

Sans corps calleux et sans septum cavum pellucidum, le troisième ventricule peut se dilater et s'élever au niveau des ventricules latéraux. Les cornes frontales sont plus éloignées et ont une orientation parallèle ou même inversée. Sur une vue coronale, le troisième ventricule et l'orientation des cornes frontales peuvent donner une image particulière nommée « tête de taureau » (figures 7 et 8). Sur le plan axial, il est important de ne pas confondre le troisième ventricule avec le septum cavum pellucidum ce qui donnerait un faux négatif.

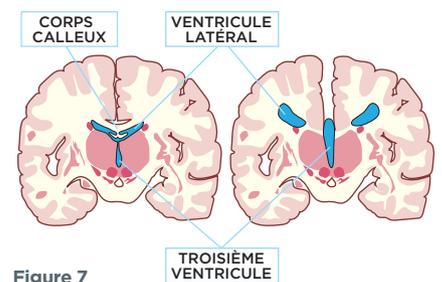


Figure 7

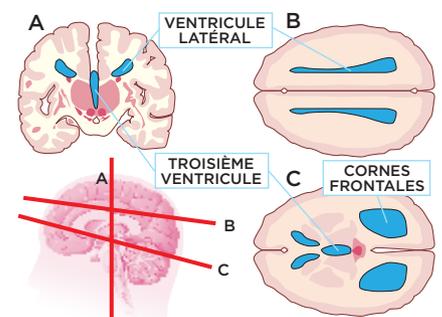


Figure 8

→ Élargissement de la scissure inter-hémisphérique

En l'absence du corps calleux, comme mentionné précédemment, le vide créé a pour effet de dédoubler la scissure inter-hémisphérique et de voir apparaître du liquide céphalo rachidien entre ces deux feuillets. C'est ce que l'on appelle le signe de la triple ligne. Cet excès de liquide n'est pas de l'hydrocéphalie à proprement dit, puisque sa présence est le résultat de l'absence de structure, donc pas comme une hydrocéphalie active (*figure 6 page précédente*).

Absence ou direction anormale de l'artère péricalleuse

L'artère péricalleuse suit un trajet qui coiffe le corps calleux. Elle est bien visible au doppler couleur au troisième trimestre (*figure 9*). Cette artère peut être absente ou suivre une direction anormale, soit une ascension verticale.

Absence du gyrus cingulaire

C'est un signe plus subtil à l'échographie, mais qui pourrait être visualisé lors d'une échographie de croissance. Lorsque le corps calleux est présent, les sillons

cingulaires (sillons de la face interne) le moule et forme ce que l'on appelle «le gyrus cingulaire». En son absence, les sillons de la face interne deviennent radiaires autour du toit du troisième ventricule. Il n'y a donc plus de séparation visible avec la partie supérieure de la face interne et des sillons corticaux (*figure 10*).

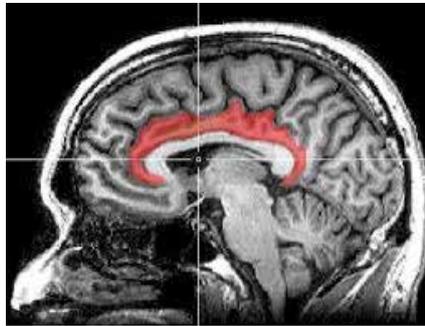


Figure 10

Un petit mot sur l'IRM

À la suite du diagnostic à l'échographie, il est important de s'assurer du caractère isolé de l'ACC. L'échographie a ses limites. Par contre, l'IRM permet de révéler certaines anomalies de développement cérébrales comme les hétérotopies sous épendymaires (neurones en dehors du cortex), les troubles de giration et la polymicrogyrie (anomalie de l'organisation corticale des neurones). Ces anomalies n'apparaissent qu'au troisième trimestre,

alors l'IRM est plus particulièrement pratiquée entre la 30^e et la 32^e semaine de grossesse. L'IRM a aussi ses limites, il y a un pourcentage d'anomalies qui ne sont diagnostiquées qu'en post natale et qui comportent malheureusement un sombre pronostic.

Conclusion

Malgré toute l'évolution en imagerie médicale, le pronostic posé sur un fœtus présentant une agénésie du corps calleux reste très délicat et incertain. Notre attention portée sur le fœtus à l'échographie de morphologie et de croissance doit toujours être à son plus haut niveau. 



ANNE-MARIE BRAULT,
t.i.m. en pratique autonome,
clarté nucale et échographie
obstétricale, à l'hôpital
Maisonneuve-Rosemont

RÉFÉRENCES

Carol M. Rumack, Stéphanie R. Wilson, J. William. Charboneau, *Diagnostic Ultrasound*, 2^e édition, 1998, volume 2 p. 1254-1255 et 1272-1275.

Peter W. Callen, *Ultrasonography in Obstetrics and Gynecology*, 4^e édition, 2000 p. 278-283 et 290-294

<http://radiopaedia.org/articles/corpus-callosum>

<http://sonoworld.com/TheFetus/page.aspx?id=73>

<http://sonoworld.com/fetus/page.aspx?id=107>

http://www.aly-abbara.com/echographie/Atlas_echographie/images/flash/corps_calleux_ap.html

IMAGES

Archives hôpital Maisonneuve-Rosemont

http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/corps_calleux/12197

<http://sonoworld.com/TheFetus/page.aspx?id=73>

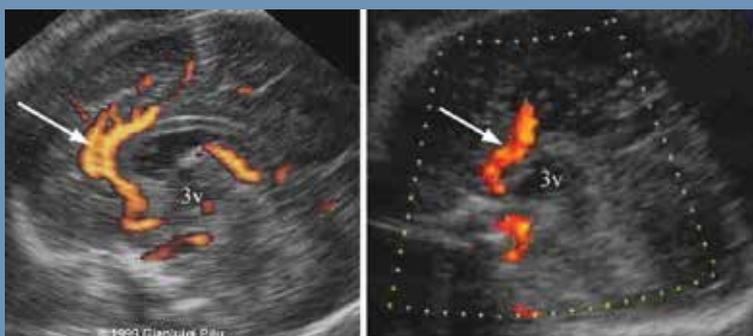
<http://sonoworld.com/fetus/page.aspx?id=107>

<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/237196>

REMERCIEMENTS

Dr Julie Lafrance, radiologiste de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont, pour les conseils et la révision.

Figure 9



Trajectoire normale de l'artère péricalleuse.

Trajectoire verticale de l'artère péricalleuse en l'absence du corps calleux.

Le condo : Une occasion de bâtir son patrimoine... si l'on sait y voir!



Depuis plusieurs années, les condos gagnent en popularité dans bien des régions du Québec. Ces nouvelles constructions abondent à un point tel qu'à Montréal, notamment, il y a maintenant plus de condominiums en développement que de maisons unifamiliales.

Pour les locataires, la copropriété est souvent perçue comme le mariage parfait du rêve de posséder sa propre résidence, sans le lot de défis qu'entraîne l'achat d'une maison. Mais l'achat d'un condo est-il à tort pris à la légère?

Les responsabilités de la copropriété

Il est vrai que les responsabilités reliées à l'achat d'un condo diffèrent grandement de ceux d'une maison unifamiliale, mais cette décision, lorsque prise à la légère, pourrait avoir un effet considérable sur la qualité de vie du futur propriétaire.

Tout d'abord, il importe de comprendre qu'en devenant propriétaire d'un condo, une personne se joint à un groupe de copropriétaires et accepte donc de partager les coûts de l'immeuble et du terrain, de même que les responsabilités de gestion et de vie communautaire. Tous les copropriétaires doivent, entre autres, respecter les règlements de la copropriété pour en assurer le bon voisinage et le maintien des lieux, de même que se conformer aux règles établies. Avant d'acheter, il est donc important de connaître les droits, les obligations et les limites des copropriétaires. Par chance, il existe bien des documents qui aident à prendre une décision éclairée.

Les documents de la copropriété

Avant de procéder officiellement à l'achat, il est essentiel de consulter les documents relatifs à la copropriété. La promesse d'achat doit donc être conditionnelle à cette consultation. Ces documents comprennent :

- Les règlements qui portent sur les espaces communs et privés;
- Les procès-verbaux des assemblées de copropriétaires pour les deux dernières années;
- Le carnet d'entretien, incluant les travaux d'entretien passés et prévus;
- L'état des finances et du fonds de prévoyance;
- La déclaration de copropriété; et
- Le certificat de localisation et le certificat d'immeuble, si applicable.

La déclaration de copropriété présente les responsabilités, les droits, les règles et les limites des copropriétaires. Elle peut être mise à jour régulièrement donc il importe de s'assurer d'avoir toutes les versions en mains avant de signer l'acte d'achat.

Mais au-delà de la consultation de documents, il est de la responsabilité de l'acheteur de vérifier que ces clauses soient en réalité appliquées et respectées.

Le partage des obligations financières

Bien que certaines dépenses soient partagées entre les copropriétaires, comme les frais de condo pour réparations et entretien, certaines obligations financières sont imposées individuellement à chacun. C'est le cas des taxes scolaires, municipales et foncières. Avant de passer à l'achat, il faut donc tenir compte de ces responsabilités dans son budget.

De plus, selon l'état du fonds de prévoyance, il peut être avisé de prévoir certaines dépenses imprévues, surtout si le fonds est inexistant ou inadéquat pour l'immeuble. Il peut sembler intéressant de faire l'achat d'une copropriété lorsque les frais de condos sont faibles, mais ceci peut avoir des conséquences financières fâcheuses au fil des années. Non seulement le risque d'avoir à défrayer une somme importante pour imprévu augmente avec le temps, mais la revente peut également s'avérer très ardue.

N'hésitez pas à consulter votre conseiller pour obtenir des renseignements supplémentaires et pour obtenir de l'aide dans la préparation de ce projet.

bnc.ca/maison



Une échographie DEFINITY^{MD}

Avantage pour le diagnostic lorsque les échocardiogrammes sont sous-optimaux

D'après une vaste étude rétrospective par observation sur la base de données Premier Perspective portant sur plus de 1 000 000 de patients souffrant de maladies graves¹ :

Une **réduction de 32%** du risque de **mortalité**

a été remarquée après une échocardiographie utilisant le produit DEFINITY^{MD} par rapport à une échocardiographie non contrastée au cours des 48 heures suivant l'administration.

Lors d'une vaste étude prospective de patients consécutifs avec un nombre d'examen techniquement difficiles (n = 632)² :

- **33% des patients** ont évité des procédures de diagnostic supplémentaires grâce à l'évaluation améliorée de la fonction du ventricule gauche ($p < 0,0001$).

DEFINITY^{MD}
(Suspension injectable de perflutréne)
(PERFLUOROPROPANE EN MICROBULLES
ENCAPSULÉES DANS DES PHOSPHOLIPIDES)

Veillez consulter la monographie de produit (disponible sur demande à Lantheus MI Canada Inc.) pour l'information posologique complète, y compris l'information contenue dans l'ENCADRÉ de MISE EN GARDE.



Les images sont uniquement à titre illustratif

Lantheus Imagerie médical – Votre partenaire en échographie contrastée

Lantheus Imagerie médicale a travaillé avec des chefs de file de la communauté d'échocardiographie afin d'apporter sa connaissance des produits et de fournir un soutien à la formation dans le but d'optimiser le diagnostic des patients.

Pour en savoir davantage sur la formation ou la mise en œuvre, veuillez communiquer avec Lantheus Imagerie médicale par l'entremise de votre représentant ou à l'adresse suivante :
Lantheus_a_votre_service
@lantheus.com

 **Lantheus**
Imagerie médicale^{MD}

DEFINITY^{MD} et le logo d'entreprise sont des marques déposées de Lantheus Medical Imaging, Inc.

©2013 Lantheus Medical Imaging, Inc. Tous droits réservés.