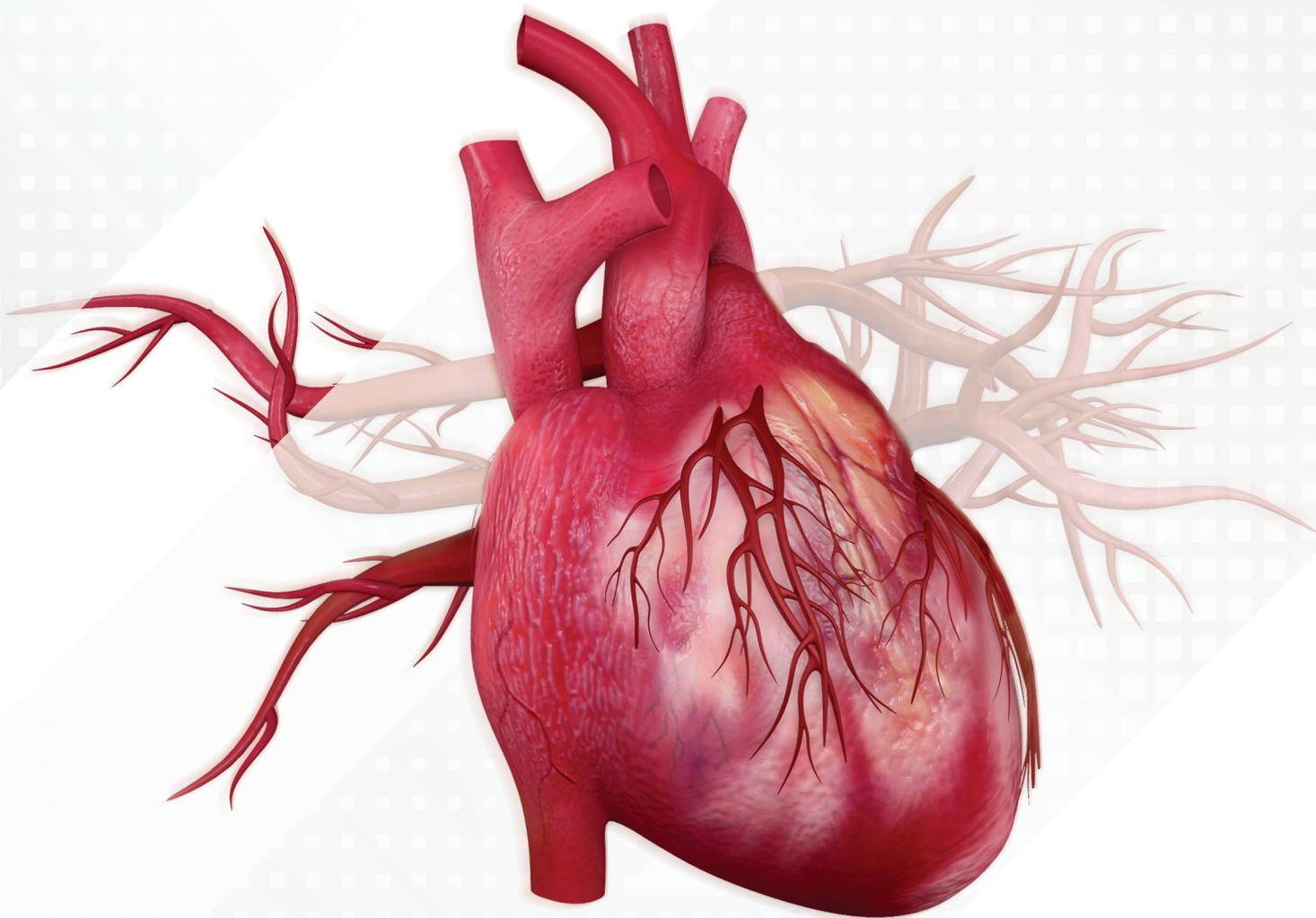


Mars 2018
Volume 38, Numéro 1

échos

le magazine

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



Le système vasculaire

Voie d'accès au corps humain



**BANQUE
NATIONALE**

Réalisons vos idées^{MC}

**On s'occupe
de vos finances.**

**On vous laisse
le soin des
patients.**



Économisez jusqu'à 1 035 \$*
annuellement.

Adhérez à l'offre exclusive
pour les **spécialistes en sciences de la santé.**

bnc.ca/specialiste-sante

* Sous réserve d'approbation de crédit de la Banque Nationale. L'offre constitue un avantage conféré aux détenteurs d'une carte de crédit Platine, *World Mastercard*^{MD} ou *World Elite*^{MD} *Mastercard*^{MD} de la Banque Nationale. L'économie annuelle potentielle de 1 036 \$ est une illustration de ce qui peut être obtenu par un détenteur de l'offre. Elle est basée sur le profil type d'un détenteur de l'offre qui détient ce qui suit : un forfait bancaire équivalent au forfait Le Total^{MD}; une carte de crédit *World Elite Mastercard*; une marge hypothécaire Tout-En-Un Banque Nationale^{MD} avec un solde annuel courant de 150 000 \$; une marge de crédit personnelle avec un solde annuel courant de 25 000 \$, le tout avec une bonne cote de crédit auprès des bureaux de crédit. L'économie a été calculée de la manière suivante : absence de frais mensuels liés aux transactions incluses dans le forfait Le Total (économie annuelle de 311 \$), plus un rabais annuel de 0,25 % sur le taux de la marge Tout-En-Un (économie annuelle de 375 \$), plus un rabais annuel de 2,00 % sur le taux de la marge personnelle (économie annuelle de 500 \$), moins le montant des frais annuels liés à la carte de crédit *World Elite Mastercard* pour un an. Ces rabais représentent la différence entre ce que pourrait avoir un client ne faisant pas partie de l'offre, et un client qui en fait partie. Certaines conditions d'admissibilité s'appliquent, pour plus de détails, visitez bnc.ca/specialiste-sante. Il se peut que l'économie potentielle ne représente pas l'économie nette que vous obtiendrez, puisqu'elle varie selon votre situation financière. ^{MC} RÉALISONS VOS IDÉES est une marque de commerce de la Banque Nationale du Canada. ^{MD} MASTERCARD, WORLD MASTERCARD et WORLD ELITE sont des marques de commerce déposées de Mastercard International Incorporated, employées sous licence par la Banque Nationale du Canada. ^{MD} LE TOTAL et TOUT-EN-UN BANQUE NATIONALE sont des marques déposées de la Banque Nationale du Canada. © 2018 Banque Nationale du Canada. Tous droits réservés.

Sommaire



Le système vasculaire

Voie d'accès
au corps humain

Édito de la présidente 4

« Seul on va plus vite, ensemble on va plus loin ! »

Passé composé 6

Le dossier de l'échographie depuis les années 1970

Ça ne s'invente pas ! 8

La confidentialité, plus qu'un petit secret...

Chronique *Geek* 9

Cap sur le numérique!

Dossier de formation



Électrophysiologie médicale 10

L'endartériectomie carotidienne

L'intervention chirurgicale de la carotide interne n'est pas un geste anodin et l'utilisation d'un shunt durant le clampage a été à l'origine de nombreux débats.

Les malformations artérioveineuses cérébrales

Semblables à leurs cousins les anévrismes, les malformations artérioveineuses sont potentiellement dangereuses.



Radiodiagnostic 22

L'écho-Doppler veineux, le quotidien
du technologue

Explorer une pathologie banale, mais potentiellement grave!

L'épaisseur de l'intima-media : un marqueur
de risque cardiovasculaire validé

Quand l'épaisseur de l'intima-média carotidienne marque un risque pour la santé.

Explorer l'artère pulmonaire pour confirmer
une embolie pulmonaire

L'importance de l'angioscanner pour confirmer un diagnostic et évaluer sa gravité.



Radio-oncologie 40

Angiosarcome du cuir chevelu

Une technique en VMAT permet de mieux traiter le cuir chevelu dans sa totalité, en épargnant les tissus sains.

Vasculature et radiobiologie : unifier les modèles
pour une radiothérapie plus efficace

L'oxygénation pourrait être utilisée pour moduler finement la dose pour l'adapter à la réalité biologique plutôt qu'à la simple anatomie.

Depuis 1964, *ÉchoX* est le magazine de l'Ordre des technologistes en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale. Le magazine est tiré à 7 050 exemplaires. • **COMITÉ DU MAGAZINE** Renée Breton, t.r.o.; Carole Chaumont, t.e.p.m.; Mohamed Khélifi, t.i.m.; Martin Voisard, t.i.m.

• **COLLABORATEURS** Noëlla Anderson, adjointe administrative de l'amélioration de l'exercice de l'OTIMROEPMQ; Louis Archambault, professeur adjoint et physicien médical; Redouane Bettahar, radio-oncologue; Maryse Bienvenu, directrice des communications de l'OTIMROEPMQ; Danielle Boué, t.i.m., présidente de l'OTIMROEPMQ; Dr Khaled Bouzaïdi; Carole Chaumont, t.e.p.m.; Myriam Crevier; Alain Cromp, t.i.m.(E), B.Ed., D.S.A. M.A.P., Adm. A., directeur général et secrétaire de l'OTIMROEPMQ; Karine Gariépy, t.i.m.; Mohamed Khélifi, t.i.m.; Annick Mongeau; Yves Morel, t.i.m., syndic de l'OTIMROEPMQ; Julie Morin, t.i.m., C.Gestion, directrice de l'amélioration de l'exercice de l'OTIMROEPMQ; Geneviève Néron, t.r.o.; Cécile Turmel, chargée de projets à l'amélioration de l'exercice de l'OTIMROEPMQ. • **RÉVISION ET CORRECTION** Maryse Bienvenu, directrice des communications de l'OTIMROEPMQ; Marie-Johanne Tousignant, Stratégie Rédaction; Alain Cromp, t.i.m.(E), B.Ed., D.S.A. M.A.P., Adm. A., directeur général et secrétaire de l'OTIMROEPMQ. • **PUBLICITÉ** Dominic Desjardins, CPS Média Inc., ddesjardins@cpsmedia.ca, 1 866 227-8414 • **ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSE** Caroline Morin, adjointe administrative des affaires professionnelles et juridiques, 514 351-0052, poste 229 • **DESIGN GRAPHIQUE** Bunka • **CARICATURE** François St-Martin et Marc Bruneau • **IMPRESSION** Solisico • **POLITIQUE D'ABONNEMENT** Les membres et étudiants en dernière année de formation collégiale reçoivent l'*ÉchoX* trois fois par année. Abonnement offert à 70 \$ par année (plus taxes). • **POLITIQUE ÉDITORIALE** Sauf indications contraires, les textes et les photos publiés n'engagent que les auteurs. Toute reproduction doit mentionner la source, après autorisation préalable de l'Ordre.

6455, rue Jean-Talon Est, 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



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

L'ÉDITO DE LA PRÉSIDENTE



« Seul on va plus vite, ensemble on va plus loin! »

Vous connaissez certainement ce vieux proverbe africain qui nous rappelle le pouvoir d'unir nos forces. Une invitation à être solidaire, à s'unir pour construire notre avenir. C'est exactement ce qui se passe au sein de notre ordre professionnel: l'Ordre ne peut se passer de votre expertise. Vous, qui au quotidien, œuvrez dans le réseau de la santé et contribuez à rehausser les exigences et la qualité de notre pratique professionnelle, c'est vous que je sollicite aujourd'hui, car plus que jamais, l'Ordre a besoin de votre énergie. Nous avons besoin que vous nous apportiez des solutions pérennes aux enjeux du système de santé québécois.

Ce qui nous rassemble, nous technologues, c'est évidemment notre profession, mais plus que cela, ce sont nos valeurs. Notre profession n'est pas un travail comme les autres. Il nous demande à la fois d'accompagner différents types de patients – des adultes, des enfants, des personnes âgées –, tout en maîtrisant des appareils de

plus en plus complexes sur le plan technologique. Ce n'est pas une mince tâche et cela fait appel à de multiples compétences.

Dans un environnement technologique en constante évolution, nous devons faire de l'innovation une priorité. Pour demeurer à l'affût des avancées, nous devons réfléchir continuellement à l'avenir de notre profession; c'est notamment de cette façon que nous préserverons notre relation de confiance avec le public. Toutefois, pour que cette réflexion soit pertinente, pour qu'elle demeure adaptée aux réalités des technologues, vous devez nous partager vos enjeux, vos préoccupations et vos aspirations à l'égard de la profession. Après tout, qui de mieux que des technologues, issus de tous les milieux, pour anticiper les transformations et guider l'avenir de notre profession?

L'Ordre ne peut réaliser sa mission et traiter tous les enjeux de la profession sans votre soutien et votre contribution.

La passion, un levier puissant pour faire bouger les choses

À l'heure où un bon nombre d'entre vous sont sollicités de toutes parts dans leur milieu professionnel, certains peuvent être tentés de se replier sur eux-mêmes et d'éviter de s'impliquer renonçant ainsi à affirmer leur leadership professionnel. Or, l'Ordre ne peut réaliser sa mission et traiter tous les enjeux de la profession sans votre soutien et votre contribution. Nous savons que le système de santé québécois en demande actuellement beaucoup à ses professionnels et que l'exercice de notre profession, selon les standards reconnus par l'Ordre, peut s'avérer complexe. Malgré la pression, nous devons continuer à faire preuve de vigilance pour nous assurer de répondre à nos standards de qualité. En nous unissant et en misant sur ce qui nous rassemble, nous trouverons la force pour déplacer des montagnes.

En lisant ces lignes, je vous invite à vous arrêter pour vous poser trois questions importantes. Pourquoi ai-je choisi d'exercer cette profession? Qu'est-ce qui me passionne dans cette profession? Comment pourrais-je en faire bénéficier l'ensemble de mes collègues technologues?

L'Ordre est composé de membres passionnés qui s'investissent pour le bien de la profession. Si vous avez envie de contribuer et de partager votre passion, il y a certainement de la place pour vous. Que ce soit en siégeant au conseil d'administration pour être au cœur des décisions en matière de protection du public, en vous engageant au sein d'un comité pour contribuer aux activités de l'Ordre, ou encore en partageant votre expertise dans le cadre de formations ou de conférences, nous serions heureux de vous compter parmi nous. Nous entamerons bientôt notre période de recrutement pour les membres des divers comités et la période des élections pour les membres du conseil d'administration. Tous les renseignements vous ont été communiqués dans l'Itech du mois de mars. Voilà une belle occasion de vous impliquer dans votre ordre professionnel et de partager votre passion.

Implication rime avec évolution

Selon un sondage que nous avons effectué auprès des membres l'an dernier, 66% d'entre vous estiment que les technologues qui s'impliquent font progresser la profession. C'est effectivement le cas et

je peux moi-même en témoigner: au cours de mes vingt-cinq années d'engagement au sein de l'Ordre, j'ai eu la chance de voir la profession se transformer. Imaginez, j'ai participé, au début des années 1990, à l'élaboration de la toute première version des normes de pratique! Beaucoup d'eau a coulé sous les points depuis, mais une chose est demeurée intacte: le désir de mes collègues technologues de participer à l'évolution de la pratique.

Guidés par nos valeurs de responsabilité, de persévérance, de cohérence, de courage et de leadership, et surtout, grâce à votre implication, nous pouvons répondre à l'ensemble des enjeux qui touchent notre profession. Se mobiliser pour une cause n'est pas de tout repos, mais sachez que l'engagement est toujours très enrichissant. Il nous ouvre l'esprit et nous permet d'en apprendre tant sur nous-mêmes que sur notre milieu.

L'invitation à travailler ensemble est maintenant lancée, je vous attends!

Votre présidente,



Danielle Boué, t.i.m.

Le dossier de l'échographie

DEPUIS LES ANNÉES 1970

Depuis de nombreuses années, l'échographie occupe une grande place dans les activités de l'Ordre et les préoccupations de son conseil d'administration.

L'arrivée de l'échographie en milieu médical, au milieu des années 1970, suscite un vif intérêt auprès du monde de l'imagerie.

Cette nouvelle technologie d'imagerie n'utilisant pas les rayonnements ionisants prend de plus en plus de place au Québec et est, au départ, principalement réalisée par les radiologistes dans les départements de radiologie. L'Ordre s'intéresse peu à peu à l'utilisation que pourraient en faire ses membres, bien que cette technologie ne fasse pas partie du programme d'enseignement collégial.

Formation d'un comité sur l'échographie

Dès 1979, le conseil d'administration crée un comité sur l'échographie pour évaluer son impact auprès des membres de l'Ordre.

Le 23 décembre 1980, le conseil d'administration confie au comité le mandat de faire le point sur l'utilisation des ultrasons en milieu médical et sur le rôle du technologue en imagerie médicale.

Le 27 mai 1983, le président de l'Ordre, Jean-Claude Laflamme, t.r., déclare : « Notre profession connaît une évolution scientifique phénoménale depuis quelques années. Les ultrasons sont une composante importante de cette évolution. Il nous appartient, comme professionnels, d'en situer la réelle perspective scientifique et,

de concert avec nos collègues médecins, de faire en sorte que les ultrasons deviennent un outil médical sûr et efficace. »

Dans son mémoire, le comité qui se penche sur la question de l'échographie émet neuf recommandations. **(Figure 1)** Parmi les neuf recommandations, trois portent sur la nécessité de mettre sur pied un programme de formation de base en échographie.

Dès 1984, l'Ordre offre des cours d'échographie dans son programme de formation continue. En 1986, plus de 700 technologues auront suivi cette formation.

Une première demande officielle

En 1987, l'Ordre dépose sa première demande officielle de modification législative à l'Office des professions du Québec pour inclure l'échographie dans sa loi particulière. Le document accompagnant la demande est intitulé : *La reconnaissance légale aux techniciens en radiologie de la technique d'ultrasonographie*.

Dans une décision rendue en novembre 1987, l'Office des professions du Québec, qui ne croit pas opportun de donner suite à la demande de l'Ordre, précise qu'il n'exclut pas la possibilité de la reconsidérer si de nouveaux faits pouvaient remettre en cause le fondement de la décision actuelle.



Figure 1*

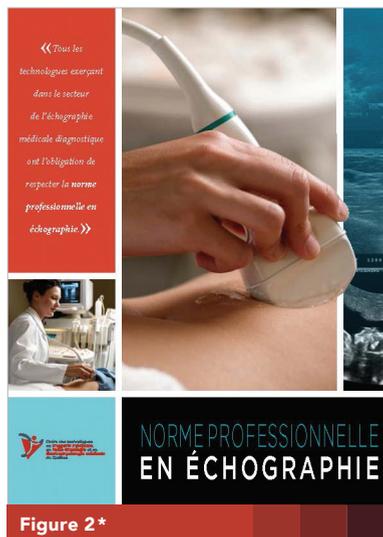


Figure 2*



Figure 3*

Loi sur les technologues

Au cours des années subséquentes, les actions de l'Ordre dans le dossier de l'échographie portent principalement sur deux thèmes :

1. La modification de la loi pour inclure officiellement l'échographie comme une activité réservée aux technologues en imagerie.
2. La modification du programme de formation en échographie.

Finalement, c'est en 2003 que l'échographie est introduite à la nouvelle loi : toutes les formes d'énergie sont intégrées à la Loi sur les technologues en radiologie au moment de l'adoption du projet de loi 90.

Un projet-pilote misant sur l'autonomie

En 2008, dans un souci d'amélioration de l'accessibilité de la population aux services d'échographie, l'Ordre soumet à l'Association des radiologistes du Québec un projet-pilote de rehaussement de la pratique du technologue travaillant en échographie. Ce projet-pilote prévoit notamment que le technologue pourra libérer le

patient après avoir fait certains examens ciblés d'échographie sans la présence d'un radiologiste.

Le 1^{er} octobre 2010, à la suite de ce projet-pilote, l'Ordre émet un avis conjoint avec le Collège des médecins du Québec sur la pratique autonome des technologues en imagerie médicale dans le secteur de l'échographie.

Après plusieurs consultations et travaux, le conseil d'administration adopte, en mars 2011, un premier processus d'attestation dans le secteur de l'échographie. Ce processus reconnaît la compétence particulière des technologues et leur permet de réaliser des examens échographiques en toute autonomie.

Actuellement, 379 technologues détiennent des attestations de pratique autonome en échographie pour un total de 558 attestations émises.

Une nouvelle norme professionnelle

Le 1^{er} septembre 2012 entre en vigueur la *Norme professionnelle en échographie*. (Figure 2) Cette norme permet à l'Ordre d'encadrer

la pratique de l'échographie par des technologues effectuant les examens de manière autonome.

Création d'un programme d'études collégiales

En 2012, l'Ordre dépose également un document intitulé *État de la situation sur la qualification des technologues en imagerie médicale exerçant en échographie* au ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur pour la demande d'élaboration d'un diplôme d'études collégiales en échographie. (Figure 3)

En 2017, le Ministère se range aux arguments soutenus par l'Ordre depuis plus de 30 ans, afin d'élaborer une formation qualifiante en échographie pour les technologues.

C'est dans ce contexte que le Cégep de Rimouski accueillera, en septembre 2018, les premiers étudiants du nouveau DEC en technologie de l'échographie médicale et que l'Ordre accueillera à compter de 2021 les premiers technologues en imagerie médicale du domaine de l'échographie.

* Archives de l'OTIMROPMQ.

La confidentialité, plus qu'un petit secret...

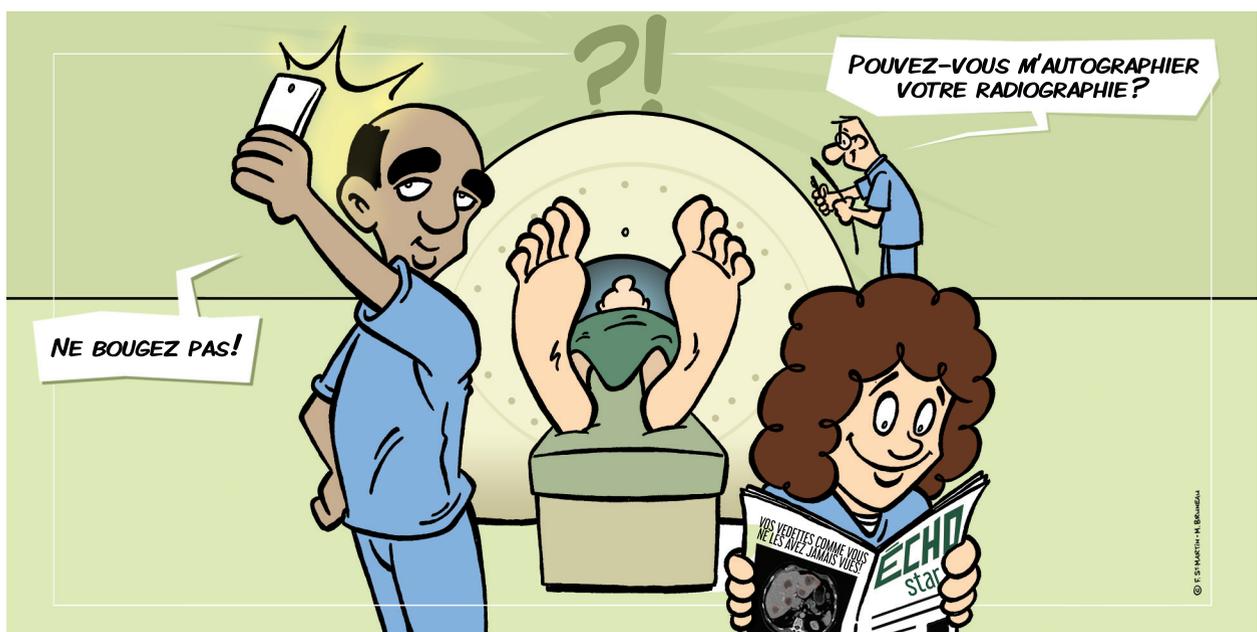
Yves Morel, t.i.m., syndic de l'OTIMROEPMQ

La confidentialité, c'est le respect des individus, de ce qui leur arrive, de ce qui leur appartient, de ce qu'ils sont et de ce qu'ils font. C'est le respect de leur vie privée et de tout ce qui les concerne.

Dans les domaines de la santé, le nôtre y compris, il y a des balises à respecter, et des obligations nous sont imposées. Même s'il est tentant de pouvoir dire à vos parents et amis que vous avez rencontré une personnalité sportive, artistique, politique ou autre, ou simplement votre voisin ou un membre de votre famille, dans le contexte de votre travail, rappelez-vous que vous êtes tenu au secret professionnel, et ce, tant sur votre lieu de travail qu'à l'extérieur. Votre Code de déontologie spécifie à l'article 25 que vous avez l'obligation de ne pas révéler qu'une personne a fait appel à vos services et, à plus forte raison, d'indiquer la nature même de vos interventions. Vous pouvez par contre dire que vous avez rencontré quelqu'un sur votre lieu de travail, mais vous devez éviter de spécifier certains détails tels que le département dans lequel s'est faite cette rencontre,

comme par exemple en oncologie, en fertilité ou pire encore, à la clinique des ITSS/MTS...(!) Vous pourriez porter préjudice à ces personnes en générant spéculations, questionnements et rumeurs de toutes sortes.

Les établissements de santé sont très sensibles aux bris de confidentialité sous toutes leurs formes, principalement en ce qui concerne la consultation des dossiers de patients sans motifs professionnels valables. Faites en sorte de ne pas avoir à vous justifier devant un Conseil de discipline. En terminant, n'oubliez pas que le partage de renseignements sur les médias sociaux représente un haut degré de risques de bris de confidentialité si vous faites référence à vos activités professionnelles ou à vos patients. Soyez discrets et prudents, nous ne voudrions pas avoir à en discuter avec vous.



Cap sur le numérique !

Depuis quelques mois déjà, l'Ordre effectue un virage numérique dans le but d'intensifier sa présence sur le web pour mieux s'adapter à la réalité et aux besoins actuels. Voici d'ailleurs trois nouveautés mises en place au cours des derniers mois.

Itech: l'infolettre des technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale du Québec

Diffusée tous les mois depuis octobre dernier, l'Itech compte maintenant 6 parutions. Destinée à l'ensemble des membres, étudiants et partenaires de l'Ordre, l'infolettre présente notamment les actualités liées aux différents domaines d'exercices, les plus récentes formations accessibles en ligne et le portrait de membres, tout en répondant à vos questions et en vous rappelant les événements importants à venir. Si vous ne recevez pas l'infolettre, nous vous invitons à vérifier si elle ne s'est pas glissée par erreur dans votre boîte pourriels.

Si vous désirez vous y abonner, communiquez avec nous au 514 351-0052 / 1 800 361-8759, ou écrivez-nous à itech@otimroepmq.ca.



Suivez-nous sur Facebook !

Active depuis novembre 2017, la page Facebook de l'Ordre permet à l'organisation de rejoindre un plus large public et assure une plus grande visibilité pour la profession. Vous y retrouvez, entre autres, des nouvelles de votre Ordre, de l'information sur la profession et sur les programmes de formation continue, ainsi que les actualités les plus récentes liées à l'imagerie médicale, à la radio-oncologie et à l'électrophysiologie médicale. Il s'agit également d'un endroit idéal pour discuter et partager avec les autres membres. Nous vous invitons donc à aimer la page [@OTIMROEPMQ](https://www.facebook.com/OTIMROEPMQ) et à inviter vos collègues et amis à faire de même!



Surveillez votre boîte courriel !

Depuis le 1^{er} janvier 2018, la grande majorité des communications officielles de l'Ordre s'effectue par courriel, comme prévu au Code des professions. Vous recevrez notamment des communications qui relèvent des activités suivantes:

- avis de renouvellement d'inscription au Tableau des membres et avis de cotisation;
- avis d'élection et de convocation à l'assemblée générale annuelle;
- avis relatifs aux lois et règlements et correspondances liées à l'application de ceux-ci.

En plus de vous assurer de nous transmettre votre adresse électronique et de la maintenir à jour, vous avez désormais la responsabilité de consulter régulièrement votre boîte de réception pour prendre connaissance des courriels envoyés par l'Ordre.





L'endartériectomie carotidienne

L'intervention chirurgicale de la carotide interne n'est pas un geste anodin et l'utilisation d'un shunt durant le clampage a été à l'origine de nombreux débats.



Carole
Chaumont,
t.e.p.m.

CISSS
de la Montérégie-Est,
Hôpital Pierre-Boucher

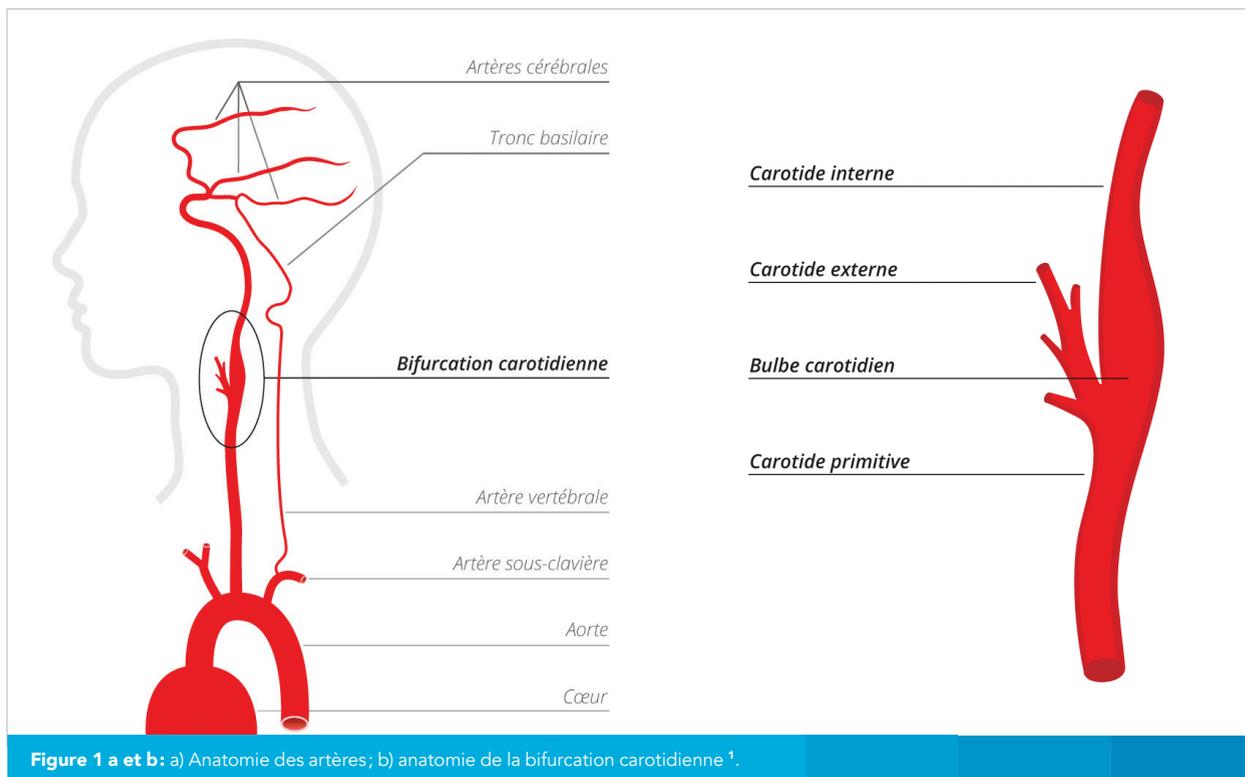
VITE! Cet acronyme détermine une situation bien particulière qui a tout un sens en médecine, spécifiquement pour reconnaître les signes avant-coureurs d'un accident vasculaire cérébral (AVC):

V pour Visage	est-il affaissé?
I pour Incapacité	pouvez-vous lever les deux bras normalement?
T pour Trouble de la parole	trouble de la prononciation?
E pour Extrême urgence	composez le 911.

Les maladies cardiovasculaires sont la première cause de mortalité dans le monde. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), le nombre de décès reliés aux maladies cardiovasculaires est estimé à 17,5 millions, ce qui représente 31% de la mortalité mondiale totale. Parmi ces décès, 6,7 millions sont dus à un AVC et 7,4 millions à une cardiopathie coronarienne (données de 2012). Au Canada, 10 000 Canadiens décèdent chaque année d'un AVC, et près de 300 000 doivent vivre avec des séquelles de cette affection. Toutes les 9 minutes, un Canadien est victime d'un accident vasculaire cérébral.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour réduire le risque d'accident vasculaire cérébral. Depuis le début des années 1990, l'endartériectomie carotidienne est une intervention chirurgicale délicate, sûre et efficace dans la prévention des accidents vasculaires cérébraux.

Depuis le début des années 1990, l'endartériectomie carotidienne est une intervention chirurgicale délicate, sûre et efficace dans la prévention des accidents vasculaires cérébraux.



Anatomie

Le cerveau est irrigué par quatre artères: les deux artères carotides en avant et les deux artères vertébrales en arrière. Ces quatre artères s'unissent à la base du crâne pour former le polygone de Willis.

L'artère carotide

L'artère carotide primitive naît de l'aorte et monte dans le cou. Elle se divise, à la partie moyenne du cou, soit la carotide interne et la carotide externe:

- la carotide interne irrigue le cerveau;
- la carotide externe irrigue le cou et le visage;
- les plaques d'athérome se forment au niveau de la terminaison de la carotide primitive et l'origine des carotides interne et externe (appelée bifurcation carotidienne). (Figures 1 a et b)

L'artère vertébrale

L'artère vertébrale part de l'artère sous-clavière et monte jusqu'au cerveau où elle s'unit à l'artère vertébrale controlatérale pour former le tronc basilaire. Si une artère se rétrécit, une communication se développe au niveau de ces quatre artères afin d'assurer une irrigation du cerveau. Ces communications sont importantes dans la chirurgie carotidienne.

Facteurs de risque

La maladie athéromateuse (artériosclérose) est à l'origine de la majorité des lésions carotidiennes. Cette plaque est constituée d'un dépôt, dans la paroi de l'artère, de graisses (lipides), de tissus fibreux et de calcaire. Elle se développe surtout au niveau des divisions artérielles (bifurcations) en raison des turbulences du flux sanguin. La bifurcation carotidienne est située au niveau du cou, sous l'angle de la mâchoire.

Cette plaque athéromateuse, en obstruant l'artère carotide, va la rétrécir (sténose). Si cette plaque se fissure, elle peut entraîner des embolies à l'intérieur du cerveau et engendrer un AVC ou une ischémie cérébrale transitoire (ICT).

Plusieurs facteurs favorisent la maladie athéromateuse:

- hypertension artérielle – la plus importante;
- coronaropathies;
- diabète;
- anomalies lipidiques (cholestérol, triglycérides);
- tabac;
- sédentarité;
- alcool;
- âge.

Endartériectomie carotidienne

L'endartériectomie carotidienne est l'une des interventions vasculaires les plus fréquemment pratiquées : 6 000 interventions par an au Canada, 3 000 en Grande-Bretagne, 100 000 aux États-Unis. La chirurgie des artères carotides est recommandée, en dernier recours, lorsque la prévention de la maladie athéromateuse et le traitement médical (traitement plaquettaire, anticoagulant, hypocholestérolémiant par statine et antihypertenseur) n'ont pas permis d'empêcher la plaque d'athérome de devenir à risque d'AVC. Elle est indiquée lorsque la sténose carotidienne devient symptomatique serrée et pour la sténose asymptomatique supérieure à 70%. Cette chirurgie a une durée d'environ 1 heure ½ à 3 heures et a pour but d'enlever la plaque d'athérome.

Examens

Les examens de choix pour évaluer les sténoses carotidiennes sont le Doppler carotidien et l'angiographie par résonance magnétique. Ils permettent de visualiser la sténose et d'explorer l'arbre artériel extra et intracérébral ainsi que l'état du parenchyme cérébral.

À l'Hôpital de Chicoutimi du CIUSSS du Saguenay-Lac-St-Jean, l'électroencéphalogramme (ÉEG) est effectué avant la chirurgie et après la chirurgie afin d'évaluer s'il y a un changement au niveau de l'activité électrique du cerveau.

Pendant l'intervention, un monitoring cérébral (ÉEG) est également fait pour évaluer si l'installation d'un shunt* (pont) lors du clampage de la carotide opérée est nécessaire.

Chirurgie

Il existe différentes techniques anesthésiques et chirurgicales pour opérer une carotide. Habituellement, les patients sont opérés sous anesthésie générale. Le chirurgien interrompt alors la circulation dans les trois artères repérées à l'aide de trois clamps**. (Figure 2) Un clamp est placé sur la carotide interne, un second sur la carotide externe et le troisième, sur la carotide primitive. La carotide est ouverte en regard de la sténose, et l'on procède à l'endartériectomie. Le monitoring cérébral peut être effectué au cours de la chirurgie afin d'évaluer la tolérance du cerveau à l'ischémie pendant le clampage carotidien. S'il y a un changement de l'activité cérébrale, démontrant un aplatissement de l'électrogénèse sur l'hémisphère irrigué par la carotide opérée, un shunt devra être installé par le chirurgien.

L'utilisation d'un shunt durant le clampage a été à l'origine de nombreux débats. Il y a cependant un certain consensus pour l'utilisation d'un shunt dans le cas d'occlusion controlatérale ou lors d'une chirurgie après un AVC récent.

On enlève soigneusement, avec une spatule, la plaque d'athérome ainsi que tous les débris. (Figure 3) L'artère est ensuite refermée minutieusement à l'aide d'un fil très fin et très résistant. Un patch*** est parfois utilisé pour élargir l'artère en la fermant. (Figure 4) Surtout chez les femmes et sans doute également chez les

*Shunt: petit tuyau qui alimente le cerveau pendant l'opération.

**Clamp: instrument métallique qui permet de pincer l'artère de façon à empêcher le sang de passer.

*** Patch: petite pièce de tissu en dacron.



Figure 2: Le chirurgien ouvre la carotide et décolle la plaque d'athérome¹.

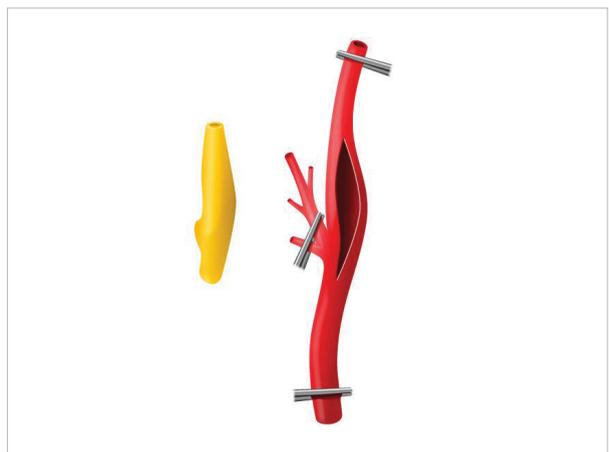


Figure 3: Il enlève la plaque d'athérome et tous les débris¹.

hommes ayant des artères de petit calibre, le patch de fermeture réduit l'incidence des resténoses. En cas de sténose carotidienne étendue, un pontage carotidien est une alternative technique intéressante. Le greffon peut être une prothèse ou une veine grande saphène.

Dès que l'artère est refermée, le chirurgien enlève les clamps pour rétablir la circulation du sang dans la carotide. Un petit drain au contact de la carotide est mis en place. Par la suite, il referme les tissus et la peau. Habituellement, le petit drain est enlevé le lendemain de l'opération. (Vidéos à consulter sur l'endartériectomie carotidienne, la suture sans patch et la suture avec patch - voir références - vidéos.)

La durée du clamage peut être de 20 à 40 minutes tout dépendant de la plaque d'athérome.

Une autre procédure utilisée pour l'endartériectomie carotidienne est celle avec un patch sous anesthésie locorégionale. Les patients sont opérés sous anesthésie locale réalisée au niveau de certains nerfs du cou (locorégionale). Le patient est conscient tout au long de la chirurgie et il doit être bien détendu, une médication est donnée avant l'intervention pour dissiper l'anxiété. Il est alors facile de vérifier si l'interruption du flux sanguin dans la carotide (clamage), nécessaire pour faire l'endartériectomie, est bien tolérée. Le chirurgien demande au patient de compter jusqu'à 60, de serrer et d'ouvrir la main pendant environ une minute. Cette procédure permet de vérifier, pendant l'intervention, que le cerveau reçoit bien le sang par l'autre carotide et par les artères vertébrales. Si tel n'est pas le cas, un shunt sera mis en place par le chirurgien.

La seule intervention qui n'a pas été abordée dans cet article est la chirurgie d'une artère carotide rétrécie



Figure 4: L'artère est refermée à l'aide d'un fil très fin et extrêmement résistant. Si l'artère est petite, le chirurgien l'élargit avec un patch ¹.

Le monitoring d'ÉEG est un indicateur fiable et significatif pour évaluer l'ischémie cérébrale durant l'endartériectomie carotidienne afin de déterminer s'il est nécessaire ou non d'installer un shunt durant le clampage.



considérablement. Lorsque le rétrécissement (sténose) est supérieur à 70% et qu'il est associé à un accident ischémique cérébral récent (moins de 3 mois) avec peu de séquelles ou sans séquelles, si le patient garde une hémiparésie sévère, l'intervention n'apporte aucun bénéfice.

Examens peropératoires

Plusieurs examens peuvent être effectués durant l'endartériectomie dont le monitoring d'électroencéphalogramme (ÉEG), le potentiel évoqué somesthésique (PES) et le Doppler transcrânien.

Le monitoring d'électroencéphalogramme (ÉEG) est l'examen le plus utilisé durant l'endartériectomie; malheureusement, il n'est pratiqué que dans quelques centres hospitaliers au Québec, dont l'Hôpital de Chicoutimi et l'Hôpital de l'Enfant-Jésus du CHU de Québec.

Le monitoring d'ÉEG est un indicateur fiable et significatif pour évaluer l'ischémie cérébrale durant l'endartériectomie carotidienne afin de déterminer s'il est nécessaire ou non d'installer un shunt durant le clampage. Il est un indicateur fiable et significatif pour évaluer l'ischémie cérébrale durant l'endartériectomie carotidienne afin de déterminer s'il est nécessaire ou non d'installer un shunt durant le clampage. En mesurant l'amplitude de certaines ondes, on peut noter une perte de perfusion au niveau du cerveau. Le type d'onde le plus sensible à l'ischémie est la fréquence bêta. On peut donc utiliser le CSA (*Compressed Spectral Array*) afin de permettre une interprétation et une détection plus facile des changements (diminution d'amplitude). Les ondes alpha sont de pauvres indicateurs d'ischémie. Le monitoring permet également d'évaluer le niveau d'anesthésie, c'est-à-dire de déterminer si le patient est trop endormi durant la procédure. Le système 10-20 est

utilisé pour le positionnement des électrodes et l'enregistrement de 16 canaux doit être fait afin d'avoir un examen optimal. Durant le clampage, s'il y a un changement significatif de l'activité cérébrale, celui-ci s'effectue à l'intérieur de 30 secondes mais habituellement, il peut s'étendre jusqu'à 3 minutes. (Figures 5 a, b et c) L'ischémie cérébrale peut être tolérée par le cortex durant une période allant de 6 à 10 minutes pour la plupart des patients, et ce, sans amener de déficit neurologique. Mais des changements peuvent survenir aussi tout au long de la chirurgie, d'où l'importance pour le technologue en électrophysiologie médicale d'être attentif à tout changement au cours du monitoring et d'en aviser rapidement le chirurgien.

Pendant, il y a quelques divergences sur la nécessité du monitoring d'ÉEG durant l'endartériectomie, ce qui explique sans doute que peu de centres hospitaliers ont recours à cette technique durant l'intervention. Des attaques emboliques peuvent survenir à n'importe quel moment durant la procédure. Le patient s'éveille par la suite avec un déficit neurologique, et ce, sans qu'aient été observés de changements au monitoring d'ÉEG durant l'intervention. D'autres facteurs peuvent influencer la pertinence du monitoring d'ÉEG dont l'infarctus du « dernier pré ». Cette zone est la partie distale située entre deux artères cérébrales soit l'artère antérieure et l'artère moyenne. Un changement de l'activité cérébrale peut être non visible lors du monitoring d'ÉEG ou amener une légère asymétrie de l'activité cérébrale. Aussi, un AVC existant démontrant un ralentissement de l'électrogénèse sur un hémisphère peut rendre difficile d'évaluer un changement de l'ÉEG survenant au cours du monitoring. Même si l'ÉEG n'est pas l'examen idéal pour les petites embolies cérébrales, il en est de même pour le monitoring PES. Le PES est utilisé principalement pour évaluer la perfusion de la carotide. À la suite d'une stimulation

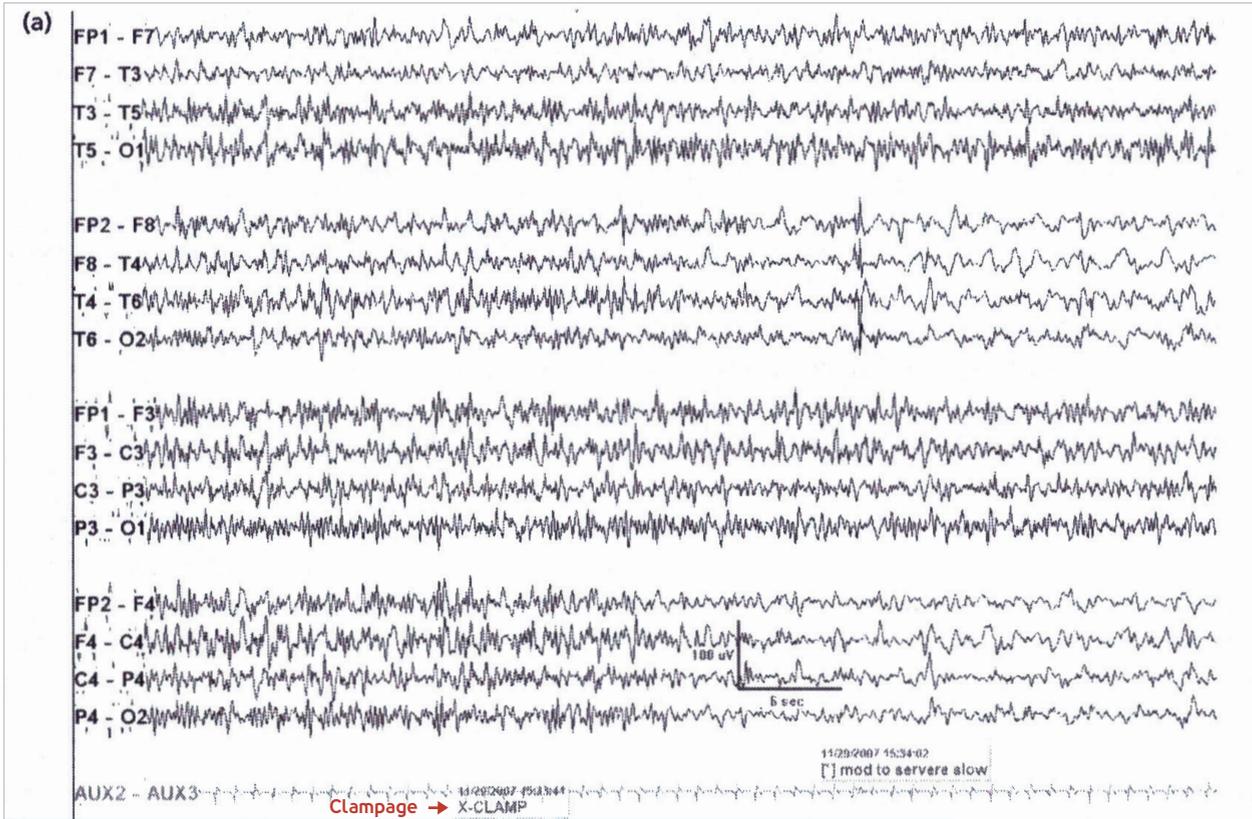
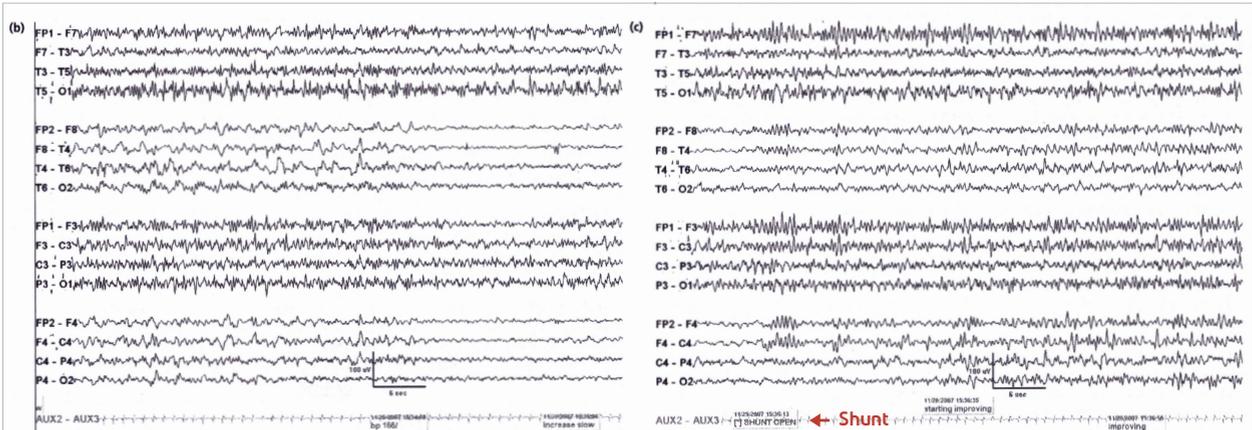


Figure 5 a : Monitoring d'EEG : L'activité rapide est présente sur tous les hémisphères. Lors du clampage de la carotide droite, il y a un changement marqué (ondes lentes) au niveau de l'hémisphère droit nécessitant l'installation d'un shunt ².



Figures 5 b et c : L'activité de l'hémisphère droit devient de plus en plus lente indiquant la bonne décision d'installer un shunt. Après l'installation du shunt, l'activité rapide revient progressivement ².

du nerf médian ou du nerf cubital, le potentiel est enregistré au niveau du cortex, irrigué principalement par l'artère cérébrale moyenne. Une ischémie au niveau de cette artère pourrait entraîner une perte d'amplitude de plus de 50% ainsi qu'une latence prolongée et être un indicateur pour la mise en place d'un shunt même si aucun changement n'est visualisé sur le monitoring d'ÉEG. **(Figure 6)** Le PES est aussi moins sensible à l'anesthésie que l'ÉEG, ce qui le rend plus spécifique. Ces deux types de monitoring sont donc un complément l'un et l'autre et ils sont effectués simultanément à l'Hôpital de l'Enfant-Jésus.

Le Doppler transcrânien pourrait être l'examen de choix pour détecter les microembolies lors des endartériectomies carotidiennes, mais les résultats ne sont pas toujours associés aux signes cliniques du patient à son réveil sans pour autant apporter de déficit neurologique. Si le shunt n'est pas installé de routine, les chirurgiens doivent décider de sa pertinence en regardant les angiographies (la perfusion du polygone de Willis, de la carotide controlatérale) et le dossier du patient (voir la sténose des deux carotides, autres maladies du patient).

Il peut aussi se fier, lors du clampage, au retour sanguin à partir du cerveau. S'il est pauvre, signe d'un mauvais apport sanguin dû aux déficiences des collatérales, un shunt sera installé.

Par conséquent, plusieurs chirurgiens installent d'emblée le shunt lors de ces interventions. Pour eux, la mise en place habituelle assure la protection cérébrale pendant le clampage, améliore la dissection de la plaque et la fermeture de la carotide, qui ne sont plus limités par le temps. Ils utilisent un ballonnet gonflable (étanchéité) et à sortie latérale (maintien de la perméabilité par infusion lente d'une solution d'héparine à faible dose).

Selon le manuel *Intraoperative Neurophysiology; A Comprehensive Guide To Monitoring And Mapping*, les chirurgiens estiment que cette procédure comporte certains risques dont l'installation elle-même du shunt (qui n'est pas toujours facile), le temps prolongé de l'intervention et l'irrigation du shunt qui ne fonctionne pas toujours bien, pouvant créer une dissection artérielle, une embolie, une occlusion artérielle, un hématome, une atteinte du nerf de grand hypoglosse ou du nerf

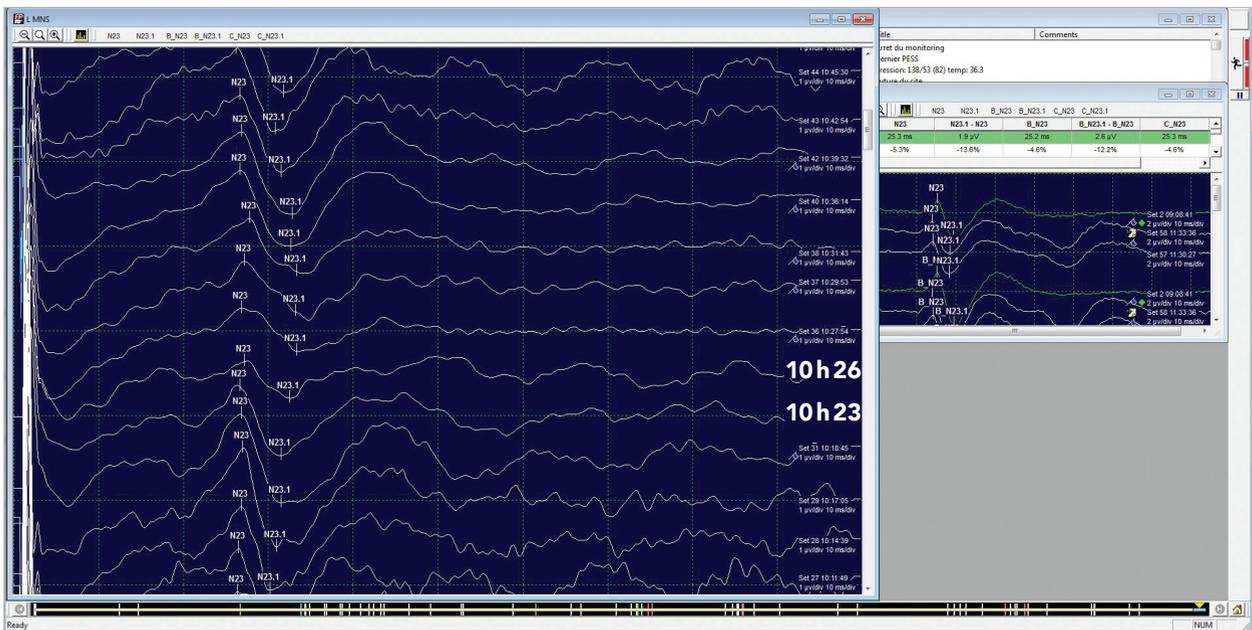


Figure 6: Monitoring de PES: Le clampage a été fait à 10h23 et à 10h26, le shunt a été installé³.

épigastrique ou une infection. Le shunt est souvent non nécessaire dans 85% des cas.

Dans ces cas, le monitoring d'ÉEG aurait sa place et permettrait d'évaluer rapidement tout signe d'ischémie cérébrale.

Conclusion

L'intervention chirurgicale sur la carotide n'est pas un geste anodin. Elle doit être réalisée, pour enlever les plaques d'athérome, seulement dans le cas où il y a un risque élevé d'AVC. On observe un taux de réussite très élevé lorsque cette procédure est effectuée chez un patient asymptomatique. Même selon les controverses entourant la pertinence des examens électrophysiologiques lors des endartériectomies carotidiennes, certains chirurgiens croient à l'importance du rôle du technologue en électrophysiologie médicale : par sa vigilance et son attention à évaluer tout changement lors de l'enregistrement du monitoring d'ÉEG et du potentiel évoqué somesthésique, il diminue ainsi les risques de séquelles postopératoires.

RÉFÉRENCES

DERUTY R., PEISSOU-GUYOTAT I., MOTTOLESE C., NIGHOGHOSSIAN N., CHIARA, Y., *La sténose carotidienne*, Campus de Neurochirurgie, France, février 2018, [En ligne]. Vidéo: <https://www.youtube.com/watch?v=hRBFnNI-SpU> (suture sans patch)

SIMON, Mirela V., *Intraoperative neurophysiology; a comprehensive guide to monitoring and mapping*, éditions demomedical, 2010, pages 11, 16, 17, 18 à 46, 51 et 52.

SITES WEB

Accidents vasculaires cérébraux, Cours de neurologie, février 2018, [En ligne].

Chirurgie carotidienne, Collège Nationale de Chirurgie et de Médecine Vasculaire, [En ligne].

ABURAHMA ALI F., MOUSA ALBEIR Y., STONE PATRICK A., *Shunting during carotid endarterectomy*, Journal of Vascular Surgery, West Virginia, Novembre 2011, [En ligne].

AZENCOTT Alain, *Carotides*, France, février 2017, [En ligne].

BERGERON Catherine, *AVC: 3 Signes à reconnaître, Vite! Coup de Pouce*, Montréal, 30 mai 2016, [En ligne]. (<http://www.coupdepouce.com/sante-et-vitalite/sante/article/avc-3-signes-a-reconnaitre-vite>)

CAMBIER C., DRDA M-J, DECOENE DR, POL Dr, *La chirurgie carotidienne*, CHRU LILLE, [En ligne].

GARBÉ J.-F., *Modalités techniques de l'endartériectomie carotidienne*, Journal des Maladies Vasculaires, France, mars 2016, [En ligne].

PETITJEAN, Christian, *Opération d'une sténose de la carotide*, Carotide.com - prévention des AVC - pour le grand public, France, février 2018, [En ligne].

ROFFI Marco, PEREIRA Victor, SAN MILLAN Diego, BONVINI Robert François, KELLER Pierre-Frédéric, MACH François, LOVLAD Karl-0lof., *Stenting de la carotide: une alternative à la chirurgie?*, Revue médicale Suisse, mai 2009, [En ligne].

VIDÉOS

Endartériectomie carotidienne, Service de Chirurgie Vasculaire de l'Hôpital de Pontoise, 8 avril 2011, [En ligne].

Endartériectomie carotidienne (1^{re} partie): suture avec patch, 14 décembre 2015, [En ligne].

Endartériectomie carotidienne (2^e partie): suture sans patch, 14 décembre 2015, [En ligne].

FIGURES

1 – PETITJEAN, Christian, *Opération d'une sténose de la carotide*, Carotide.com - prévention des AVC - pour le grand public, France, février 2018, [En ligne].

2 – SIMON, Mirela V., *Intraoperative neurophysiology; a comprehensive guide to monitoring and mapping*, Éditeur: demomedical, 2010, pages 11, 16, 17, 18 à 46, 51 et 52.

3 – Figure fournie par Véronique Picard, t.e.p.m. de l'Hôpital de l'Enfant-Jésus du CHU de Québec Marie-Christine Duchesne, assistante-chef pour le secteur électrophysiologie et Laboratoire du sommeil, Hôpital de Chicoutimi du CIUSSS du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

REMERCIEMENTS

Un merci spécial à Véronique Picard, t.e.p.m. de l'Hôpital de l'Enfant-Jésus du CHU de Québec, pour les informations, la documentation et les tracés de potentiels évoqués somesthésiques ainsi qu'à Marie-Christine Duchesne, assistante-chef pour le secteur électrophysiologie et Laboratoire du sommeil, Hôpital de Chicoutimi du CIUSSS du Saguenay-Lac-Saint-Jean, pour les informations.



Les malformations artérioveineuses cérébrales

Semblables à leurs cousins les anévrismes, les malformations artérioveineuses sont potentiellement dangereuses; un bref survol de ce défaut du système vasculaire.



Ian Hadzurik,
t.e.p.m.
CISSS
de La Montérégie-Est,
Hôpital Pierre Boucher

Dans cet article, il sera question d'une malformation un peu moins connue que les anévrismes, mais tout aussi dangereuse pour la santé, voire la vie d'un individu. Nous survolerons brièvement l'étiologie, la physiologie, les symptômes et les traitements.

Les malformations artérioveineuses (MAV) peuvent se retrouver n'importe où dans le corps; toutefois, c'est en grande majorité au niveau du cerveau qu'on les retrouve. Ces malformations peuvent avoir des conséquences dangereuses, voire mortelles étant donné la fragilité du tissu cérébral.

Ce qui caractérise ce type de malformation est une communication directe entre les artères et les veines. Cette zone de communication se nomme nidus. En l'absence du réseau de capillaires normalement présent, le sang circule trop vite pour que l'oxygène soit bien assimilé par les tissus. La quantité d'oxygène sous-optimale entraîne, à long terme, une dégénérescence lente des tissus. Voilà pourquoi les principaux symp-

tômes, qui seront énumérés plus bas, tendent à apparaître habituellement entre 20 et 40 ans.

En général, ce défaut du système vasculaire prendrait forme au stade embryonnaire. Quelques études ont aussi rapporté que certains individus chez qui on n'avait pas détecté la présence d'une MAV au moment de leur naissance en auraient développé une au cours de leur vie.

L'étiologie est encore discutée, certains facteurs secondaires à un épisode d'ischémie cérébrale pourraient aussi contribuer à la formation de MAV. Aucun signe de processus héréditaire n'a été prouvé.

On estime que de 0,1 à 0,5% de la population serait porteur d'une MAV cérébrale. Elles peuvent prendre place à l'intérieur ou en surface de n'importe quel lobe du cerveau et on les retrouve aussi, quoique plus rarement, au cervelet ou au tronc cérébral: 90% des cas dans l'espace supratentorial et 10% dans l'espace sous-tentorial. De plus, ce défaut serait plus souvent retrouvé chez les hommes.

Signes et symptômes

Certaines personnes resteront asymptomatiques durant toute leur vie. Cependant, un bon nombre auront différents symptômes qui mèneront au diagnostic de MAV.

- Le plus commun est le saignement intracrânien. Plus les années passent, plus les risques de saignement augmentent dû au fait que ces vaisseaux anormaux sont beaucoup plus fragiles et sensibles à la pression artérielle. Ils se dilatent au fil du temps et les risques de rupture augmentent de 1 à 3% par année. Plus de 50% des personnes atteintes de cette malformation auront au moins un saignement de leur MAV au cours de leur vie. Même s'ils sont souvent un peu moins dangereux que les AVC hémorragiques classiques, ils ont tout de même un risque non négligeable de mortalité et un risque variant de 20 à 30% de causer des dommages irréversibles au tissu cérébral.

**Plus de 50%
des personnes atteintes
de cette malformation
auront au moins
un saignement de leur MAV
au cours de leur vie.**

- Des céphalées fréquentes, d'allure migraineuse, toujours du même côté, sûrement dues au flux sanguin anormal à la région de la MAV.
- Des crises d'épilepsie partielles simples ou complexes, même généralisées. On estime que 20 à 25% des personnes avec une MAV souffrent d'épilepsie. Puisque le tissu cérébral est formé au stade embryonnaire en même temps que le système vasculaire, il est suspecté que les altérations affectent aussi le tissu aux alentours, créant ainsi une zone épileptogène.

**On estime que 20 à 25%
des personnes avec une MAV
souffrent d'épilepsie.**

- D'autres symptômes neurologiques variables et moins fréquents peuvent survenir et dépendent de l'emplacement de la MAV. On retrouve entre autres: faiblesses musculaires, troubles de la parole, troubles de coordination, problèmes de mémoire, paresthésies, troubles de vision, etc.

Diagnostic

La présence des symptômes, parfois dans des contextes atypiques, amènera le patient à passer divers examens en imagerie médicale, soit une tomodensitométrie ou une résonance magnétique, qui mèneront au diagnostic de MAV. Par la suite, une angiographie cérébrale pourrait être envisagée pour bien établir les risques et diriger les traitements à long terme. L'image de l'arbre vasculaire cérébral est obtenue en injectant un produit de contraste par cathétérisme en passant par l'artère fémorale et en prenant des clichés de la tête du patient.

Traitement

Il existe différents traitements pour essayer d'éliminer les risques de rupture et pour traiter les divers symptômes du patient, mais on fait face au cas par cas. Les risques versus les bénéfices sont alors discutés au cours de la consultation médicale.

Chez les patients asymptomatiques ou presque, un traitement conservateur est souvent conseillé, notamment des suivis réguliers avec un neurologue, des examens de contrôle (résonance magnétique, électroencéphalogrammes) et des traitements pharmacologiques si besoin. Les anticoagulants sont proscrits. De plus, de saines habitudes de vie visant à garder une pression artérielle basse sont de mise; par exemple, éviter les régimes très salés, l'activité physique trop vigoureuse, le soulèvement de charges très lourdes, etc.

Les personnes ayant eu un premier saignement de leur MAV sont plus à risque qu'il y ait récurrence à court ou à moyen terme. Or, c'est souvent à ce moment que d'autres traitements seront proposés au patient: la microchirurgie, la radiochirurgie stéréotaxique ou l'embolisation. Il en est de même chez ceux qui présentent des déficits en progression, une épilepsie mal contrôlée, etc.

Microchirurgie

Selon l'emplacement au cerveau de la MAV, la chirurgie pourrait être considérée en prenant soin de ne pas endommager le tissu cérébral normal. Elle est indiquée lorsque la MAV n'est pas trop profonde dans le cerveau. On a aussi recours à la chirurgie dans certains cas d'urgence où il faut enlever l'hématome causé par la rupture de la malformation. Le neurochirurgien procède à une craniotomie pour enlever la MAV. À l'aide d'un microscope chirurgical, certains vaisseaux sont cautérisés et d'autres sont clampés pour procéder à l'ablation du nidus de façon sécuritaire. Les images suivantes sont un exemple d'une MAV qui a été enlevée avec cette méthode chez un jeune homme de 22 ans.

Un jeune homme de 22 ans se présente pour convulsions de novo.



Figure 1 : L'investigation par résonance magnétique et l'angiographie cérébrale (telle que vue sur cette image) démontre une MAV. Il a été convenu de procéder à l'exérèse par chirurgie¹.



Figure 2 : Le cas de la Figure 1. Il s'agit ici d'une angiographie cérébrale en trois dimensions².

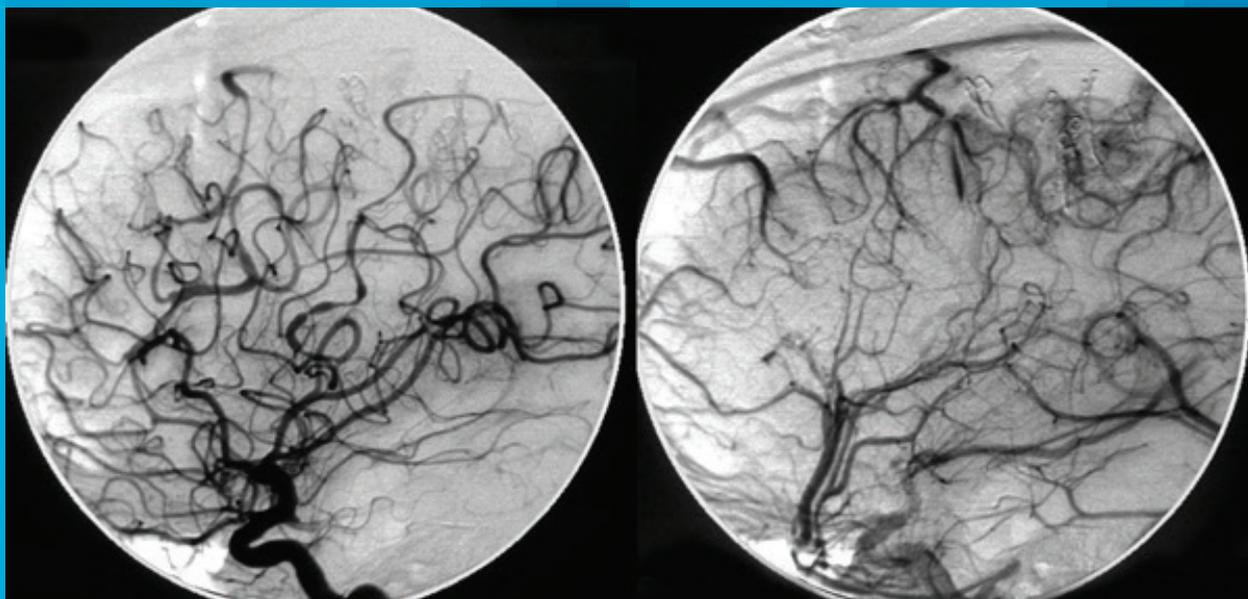


Figure 3 : L'angiographie après l'opération sous différents angles, démontrant qu'il n'y a plus de MAV³.

**EPM** Radiochirurgie stéréotaxique

Cette méthode est utilisée lorsque le nidus est de petite taille et situé profondément dans le cerveau. À l'aide d'imagerie ultrasécialisée, la MAV sera localisée et des sources de grande énergie seront envoyées avec précision afin d'endommager les vaisseaux et de les forcer à se cicatrifier jusqu'à ce qu'ils se ferment complètement. Cette méthode peut prendre de 2 à 3 ans pour régler complètement le problème. Elle n'est donc pas utilisée en urgence lorsque le nidus est déjà rupturé.

Embolisation

Par cathétérisme, on remonte jusqu'à la MAV pour introduire de la colle et des particules afin de bloquer les vaisseaux anormaux. (On utilise des colles biologiques, des particules d'alcool polyvinylique, des endoprothèses en

titanium, etc.) On peut aussi avoir recours à cette technique lorsque la MAV est trop grosse. En réduisant la MAV, on diminue les complications qui peuvent survenir au cours de la microchirurgie. L'embolisation peut aussi remplacer la radiochirurgie stéréotaxique qui n'est pas sans dommage pour les tissus sains du cerveau. Malgré sa grande précision, elle doit être utilisée raisonnablement.

Conclusion

Similaires à leurs cousins les anévrismes, les MAV ne sont pas à prendre à la légère. Une prise en charge et un suivi à long terme sont nécessaires chez les personnes porteuses de cette malformation afin de réduire les risques de saignement qui amèneraient des séquelles permanentes ou un danger pour leur vie.

RÉFÉRENCES

CAMBIER J., MASSON M., MASSON, C., DEHEN H., *Neurologie* (13^e édition), éditions Elsevier Masson, 2012, 539 pages.

CRAWFORD PM, WEST CR, CHADWICK DW, SHAW MDM, *Arteriovenous malformations of the brain: natural history on unoperated patients*, Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry no 49, Liverpool Royaume-Unis, 1986, 10 pages.

SITES WEB

Additional Conditions Treated by the Department of Neurosurgery, Massachusetts General Hospital, Boston, [En ligne].

Arteriovenous Malformations, American Association of Neurological Surgeons, [En ligne].

Arteriovenous Malformation Information Page, National Institute of Neurological Disorders and Stroke, 23 mai 2017, [En ligne].

Brain Arteriovenous Malformations (AVM), The Toronto Brain Vascular Malformation Study Group, Toronto, [En ligne].

Brain AVM (arteriovenous malformation), Mayo Clinic, [En ligne].

What Is an Arteriovenous Malformation (AVM)? American Heart Association, American Stroke Association, Dallas, 23 octobre 2012, [En ligne].

FIGURES

Gracieuseté du Toronto Brain Vascular Malformation Study Group, affilié à la Faculté de médecine de l'Université de Toronto, Toronto, [En ligne].

1 – <http://brainavm.uhnres.utoronto.ca/images/case/AVM/PreAng1.jpg>

2 – <http://brainavm.uhnres.utoronto.ca/images/case/AVM/Pre3dAng4.jpg>

3 – <http://brainavm.uhnres.utoronto.ca/images/case/AVM/PostAng3.jpg>

**FIER ASSUREUR
DES MEMBRES DE L'ORDRE
DEPUIS 30 ANS**

1 800 644-0607 lacapitale.com/otimroepmq


La Capitale
Assurances générales
Cabinet en assurance de dommages



L'écho-Doppler veineux, le quotidien du technologue

À travers le temps, et avec l'évolution de la radiologie diagnostique, plusieurs méthodes ont été utilisées pour explorer les vaisseaux. L'échographie et l'écho-Doppler couleur ont pris une place importante dans l'établissement du diagnostic de plusieurs pathologies, comme la thrombophlébite profonde. Voici un rappel global de cette pathologie en présentant les résultats d'une étude réalisée par des technologues pratiquant en échographie afin de souligner l'apport de cette technique dans le diagnostic de la maladie.



Mohamed Khelifi,
t.i.m.

CIUSSS de l'Ouest-
de-l'Île-de-Montréal,
Hôpital de LaSalle

Résumé de l'étude

Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée tout au long de l'année 2017 à l'unité d'échographie du Département de radiologie de l'Hôpital de LaSalle. Les examens d'échographie-Doppler veineux des membres inférieurs, réalisés à l'aide de trois échographes par des technologues en imagerie médicale pratiquant en échographie, ont été sélectionnés et classés selon les renseignements cliniques. La prise en charge technique de la thrombophlébite profonde en échographie était l'indication principale de notre recherche.

Résultats

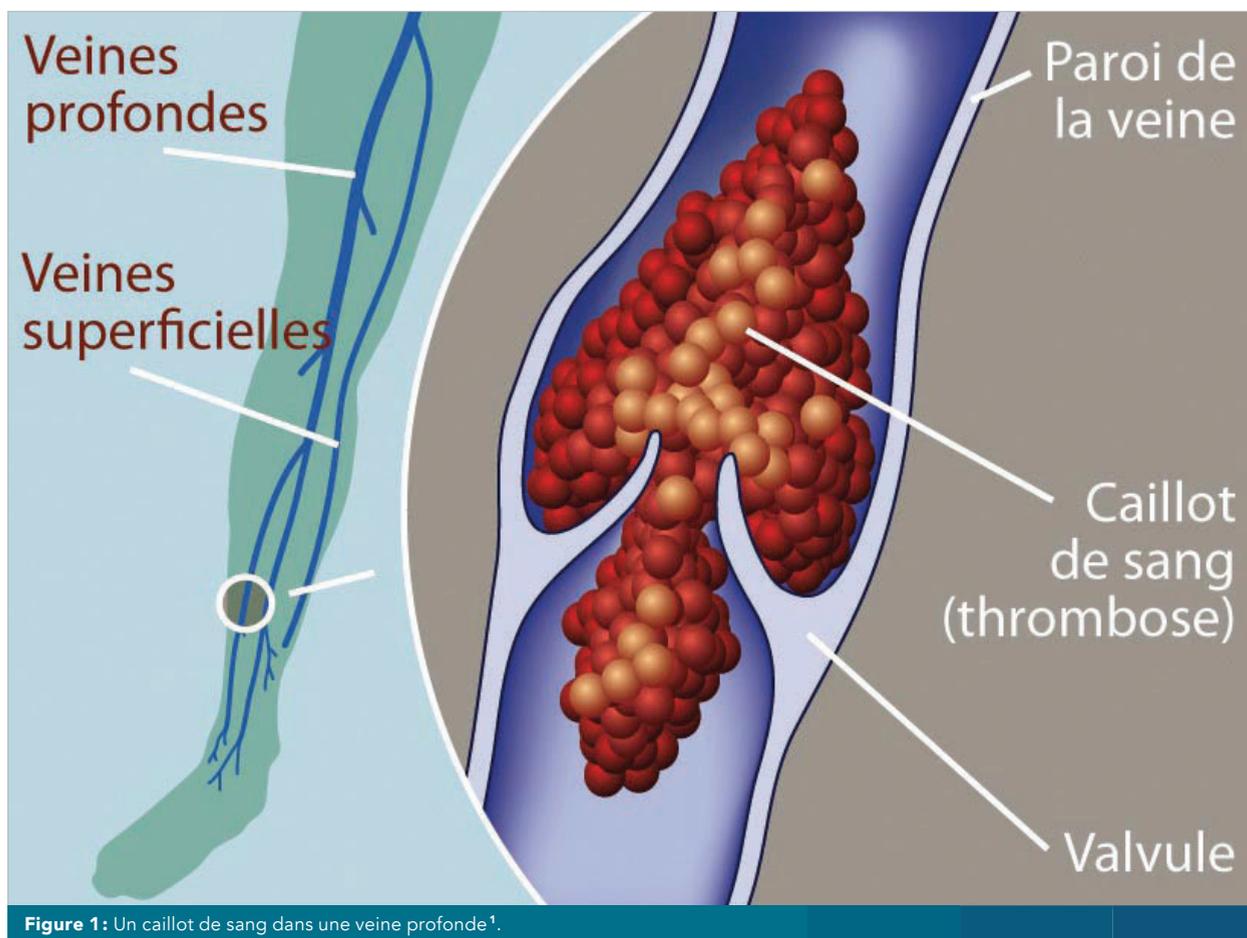
En excluant les examens d'échographie obstétricale, et grâce à notre système d'information radiologique, le nombre d'examens d'échographie-Doppler réalisés durant la période de l'étude (2017) représentait 12,6% de la totalité des examens d'échographie, soit 995 examens. Plus de la moitié de ces échos-Doppler (53,3% des examens) visait l'exploration des veines des membres inférieurs. Le diagnostic a été positif, «échographiquement», dans 42 cas

où les femmes de 60 ans et plus étaient les plus touchées (36%). La totalité des patients ont eu des radiographies des poumons alors que seulement 25 porteurs de thrombus profonds à l'échographie ont bénéficié d'un angioscanner pulmonaire. Chez 10 patients, les artères pulmonaires contenaient des thrombus, confirmant une embolie pulmonaire.

Conclusion

Le diagnostic d'un thrombus d'une veine profonde des membres inférieurs repose principalement sur l'échographie-Doppler. L'histoire naturelle de la thrombose veineuse profonde (TVP) est indissociable de celle de l'embolie pulmonaire (EP) qui en fixe le pronostic vital immédiat justifiant le concept de maladie thromboembolique veineuse.

Note: Cet article ne traite pas les renseignements techniques sur la réalisation d'une échographie-Doppler veineux des membres inférieurs. Ces notions diffèrent selon les centres.



TPP, TVP, TPS, de quoi s'agit-il ?

Nous trouvons souvent ces notions comme renseignements cliniques dans nos demandes d'examen radiologiques. La thrombose veineuse (ou phlébite) est, par définition, l'occlusion partielle ou complète d'une veine par un thrombus. La thrombose veineuse superficielle ou TPS (ou paraphlébite) atteint en général les veines superficielles (localisées juste sous la peau) des jambes, mais peut également atteindre les veines superficielles de l'aine ou des bras. La thrombophlébite profonde (TPP) ou thrombose veineuse profonde (TVP) est l'obstruction plus ou moins complète d'une veine profonde par un thrombus constitué in situ. **(Figure 1)**

Physiopathologie

La TVP représente un problème de santé majeur. C'est la troisième maladie cardiovasculaire la plus commune. Selon la Fondation Recherche Cardio-Vasculaire², en France, son incidence est de 1 cas pour 1000 environ et elle peut atteindre 3 pour 1000 dans les populations âgées de plus de 70 ans. Elle touche de 20 à 70% des patients hospitalisés. Cette affection est moins connue que l'infarctus et l'accident vasculaire cérébral malgré des chiffres tout aussi conséquents. Chaque année, en France, par exemple, 100 000 personnes sont touchées et environ 10 000 en meurent. Chez plus de deux millions d'Américains se forment des caillots sanguins dans un vaisseau, chaque année.

Dans l'immense majorité des cas, la phlébite se forme dans une veine des jambes. Ce caillot bloque complètement ou partiellement la circulation sanguine dans la veine, agissant comme un bouchon.

Dans l'immense majorité des cas, la phlébite se forme dans une veine des jambes. Ce caillot bloque complètement ou partiellement la circulation sanguine dans la veine, agissant comme un bouchon; si une partie ou la totalité du caillot se détache de la paroi veineuse, il peut migrer jusqu'au cœur, puis obstruer

Répartition selon le sexe

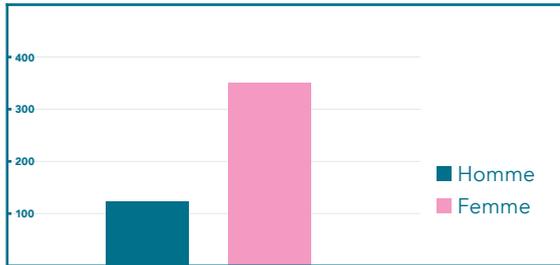


Figure 2 : Échographie-Doppler des veines des membres inférieurs : répartition des patients selon le sexe².

Répartition selon l'âge

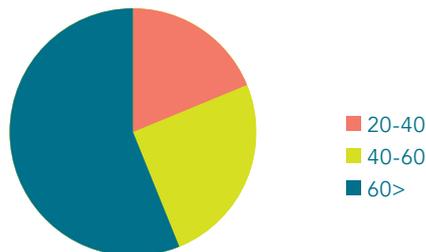


Figure 3 : Échographie-Doppler des veines des membres inférieurs : répartition des patients selon l'âge².

RD

l'artère pulmonaire. On parle alors d'embolie pulmonaire. Le risque de mourir d'une embolie pulmonaire est de plus de 25% parmi ceux qui subissent une phlébite. Au total, la maladie thromboembolique veineuse (MTEV) est la première cause de mortalité maternelle dans les pays occidentaux. L'enjeu est donc de détecter — la phlébite assez tôt avant la migration et avant les complications.

L'analyse de notre étude porte sur 530 patients, 156 hommes et 374 femmes provenant du Service des urgences, des consultations externes et des services d'hospitalisation. **(Figure 2)** Les patients ont consulté principalement pour des douleurs aux membres inférieurs et ont été référés à notre département pour passer des examens d'échographie-Doppler à la recherche de TPP. Cette maladie touche autant de femmes que d'hommes; dans notre étude, la fréquence de femmes était plus importante dans les tranches d'âge de plus de 60 ans. **(Figure 3)**

Pourquoi un caillot se forme-t-il ?

On ne connaît pas toujours les causes de la phlébite, mais on sait qu'il existe des facteurs de risques majeurs de trois types :

- le sang qui stagne dans une veine plutôt que de circuler de façon fluide (on parle de stase veineuse); une immobilisation prolongée (plâtre, alitement...) est un facteur de risque très important;
- une lésion dans la paroi d'une veine, provoquée par le port d'un cathéter, par une blessure, etc.;
- le sang qui coagule trop facilement; certains cancers et certaines anomalies génétiques, par exemple, rendent le sang plus visqueux.

Les facteurs prédisposant à la thrombose veineuse profonde*

Chirurgie, traumatisme, immobilisation, parésie-paralysie des membres inférieurs, cancer et traitement (hormonal, chimiothérapie, radiothérapie), compression veineuse par tumeur ou hématome, antécédent de TPP, âge élevé, grossesse et post-partum, contraception orale par œstrogène ou traitement hormonal substitutif, traitement par EPO, situations médicales aiguës, maladie inflammatoire chronique intestinale, syndrome néphrotique, hémoglobinurie paroxystique nocturne, obésité, voie veineuse centrale, thrombophilie constitutionnelle ou acquise.

* *Thrombose veineuse profonde et embolie pulmonaire*, Collège des Enseignants de Cardiologie et Maladies Vasculaires, Université Médicale Virtuelle Francophone, 2011-2012. [En ligne].

Les traumatismes, la chirurgie, la grossesse peuvent aussi réduire la fluidité du sang et augmenter le risque de caillot. On parle aussi de l'effet des longs trajets en avion, bien que ce soit actuellement controversé.

Diagnostic positif d'une thrombose veineuse profonde

Plusieurs signes et symptômes peuvent orienter le médecin vers la présence d'un thrombus. Dans 60% des cas, la douleur, sourde et lancinante, est le signe d'appel le plus



Figure 4: Rougeur et œdème du mollet droit chez un patient atteint de thrombose des veines des membres inférieurs³.

Le saviez-vous⁴ ?

- 74% des adultes ne sont pas sensibilisés ou sont peu sensibilisés aux thromboses veineuses profondes.
- Une femme enceinte est de 5 à 6 fois plus susceptible de développer une thrombose veineuse profonde qu'une femme qui ne l'est pas.
- 40% des patients atteints d'une thrombose veineuse profonde développeront d'autres caillots sanguins au cours de la prochaine ou des deux années subséquentes.
- Le port de chaussettes ou de bas de compression réduit le risque de thrombose veineuse profonde ou de complications de 50%.

fréquent. Elle siège au niveau des membres inférieurs et, la plupart du temps, au niveau des mollets. Lorsque la thrombose entraîne une gêne au retour veineux avec une augmentation de la température locale et une dilatation des veines superficielles, l'œdème avec induration s'installe. **(Figure 4)** Il est limité à la jambe lorsque la thrombose est poplitée, et s'étend à tout le membre inférieur en cas de thrombose fémoro-iliaque. Une gêne du mollet suscitée par la dorsiflexion de la cheville, le genou étant en extension (signe de Homans) peut parfois être présente en cas de thrombose veineuse profonde distale.

Examens complémentaires

Comme complément à l'examen clinique, d'autres stratégies diagnostiques viennent valider l'hypothèse de thrombus et permettent ainsi d'orienter, par la suite, la thérapie.

D-dimères

Les produits de dégradation de la fibrine dont la plus fiable est le test ELISA. En cas de thrombophlébite profonde, un taux plasmatique élevé (> 500 µg/L) traduit la présence d'un thrombus actif.

Écho-Doppler veineux

L'écho-Doppler veineux dont l'exploration morphologique et hémodynamique est effectuée grâce à l'échographie et au Doppler. L'axe veineux est observé en coupe transversale, puis en coupe longitudinale, sous compression : veine cave inférieure jusqu'aux veines distales, système profond et superficiel. Le Doppler complète l'examen, en particulier aux confluent veineux (fémoro-iliaque, poplité). Le Doppler couleur peut être utilisé pour explorer certains territoires.

Phlébographie

La phlébographie à l'iode puis au CO₂ a longtemps été le seul examen disponible jusqu'à ce que soit développé l'écho-Doppler dans les années 1990. Elle est obtenue après injection de 60 ml de produit de contraste iodé dans une veine dorsale de chacun des pieds. Un garrot est placé à la cheville et à la cuisse pour opacifier le réseau

Le principe est simple: une veine normale est complètement compressible sous la pression de la sonde d'échographie, mais devient incompressible en cas de présence d'un thrombus intraluminal.



Figure 5: Examen de Doppler des veines sous-poplitées⁹.



veineux profond. Les critères de TVP sont la lacune et l'arrêt en cupule. La nécessité d'une injection de produit de contraste en limite les indications. Il s'agit d'un examen coûteux et peu confortable dont il faut respecter les contre-indications.

L'échographie-Doppler, le premier choix !

Il s'agit de l'examen standard en cas de suspicion de phlébite profonde. L'échographie-Doppler permet en effet d'évaluer le débit sanguin au niveau de la veine et de caractériser la présence d'un caillot.

L'échographie de compression veineuse (ECV) en mode B a été décrite pour la première fois en 1986 et demeure, à l'heure actuelle, la principale méthode échographique utilisée pour le diagnostic de la TVP. (Figure 5) Le principe est simple : une veine normale est complètement compressible sous la pression de la sonde d'échographie, mais devient incompressible en cas de présence d'un thrombus intraluminal. (Figures 6 et 7)

D'autres modalités échographiques sont parfois utilisées (Doppler couleur et Doppler pulsé) sans qu'il y ait de standardisation méthodologique de ces pratiques. Les principales études diagnostiques démontrant les performances de l'échographie pour le diagnostic de la TVP ont utilisé la technique de compression. L'ECV devrait donc être la méthode de choix, avec la non-compressibilité comme critère diagnostique de la TVP.

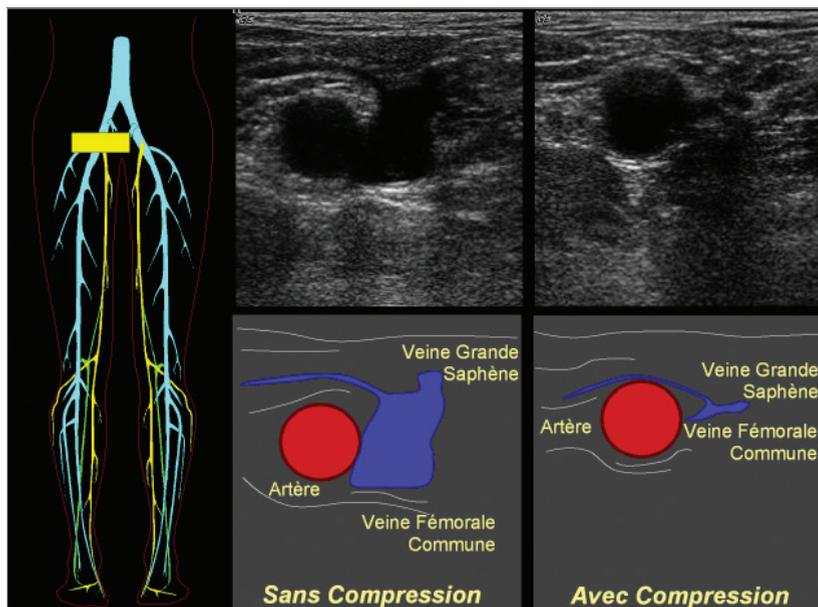


Figure 6 : Test de compression de la veine fémorale commune, en coupe transversale. Une pression modérée sur la sonde d'échographie permet de collaber la veine sans écraser l'artère voisine, démontrant l'absence de thrombose veineuse⁶.

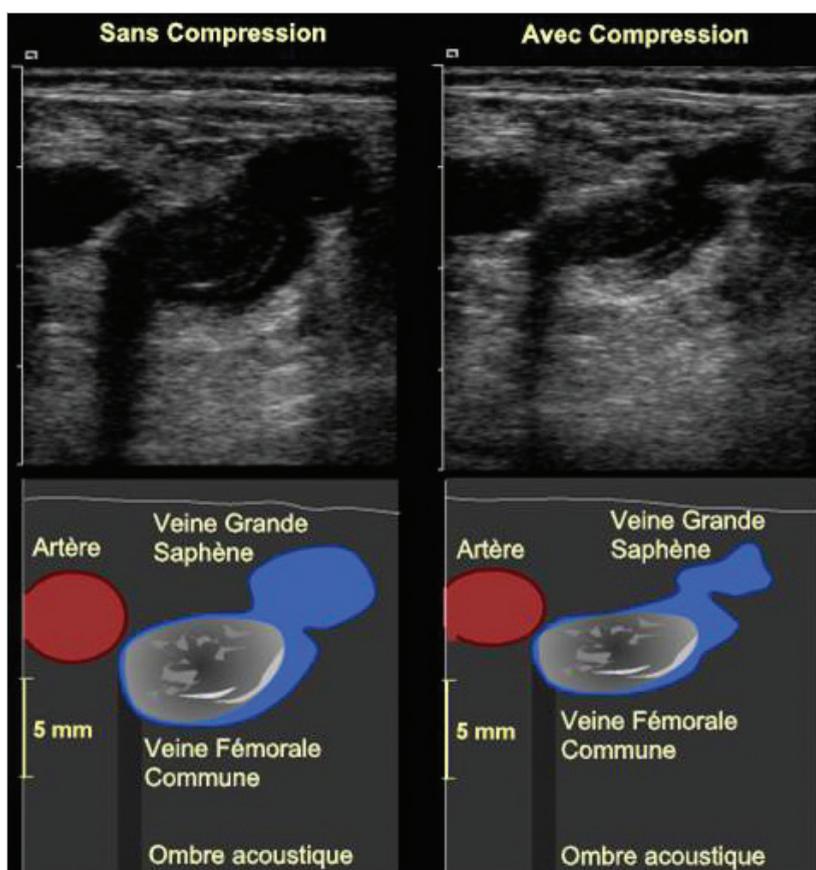
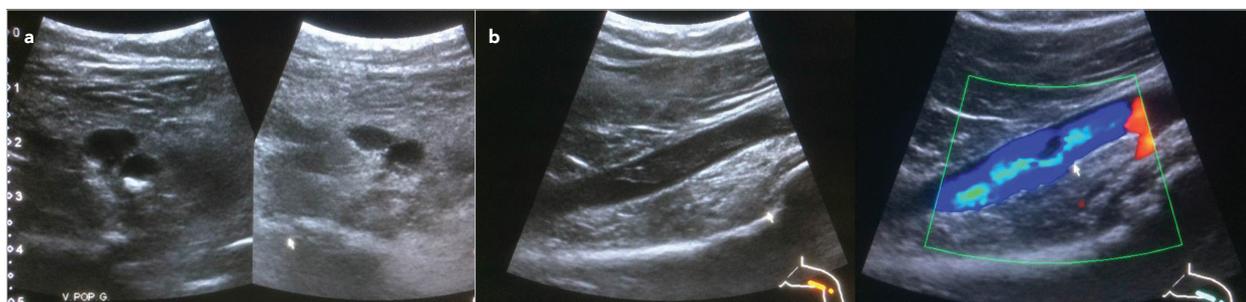


Figure 7 : Thrombose partielle de la veine fémorale commune. La coupe échographique transversale montre le thrombus, hypoéchogène, n'obstruant qu'en partie la veine (une lame sanguine circulante persiste sur le versant postéro-médial). Le test de compression ne permet pas de collaber la veine⁶.



Figures 9 a et b : Échographie-Doppler des veines des membres inférieurs — veine poplitée gauche (a) Coupe transversale au niveau poplité: thrombus qui commence au niveau de la veine poplitée supérieure au genou et qui descend jusqu'au tiers proximal du mollet au niveau des divisions des veines péronières et des tibiales postérieures.(b) Coupe longitudinale au même niveau: image du thrombus sans et avec du doppler⁷.

Répartition selon l'âge

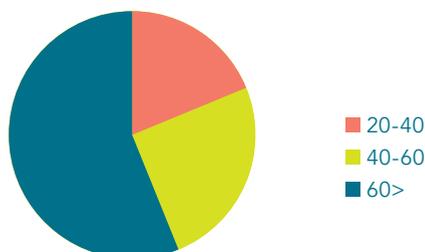


Figure 8 : Échographie-Doppler avec TPP: répartition de patients selon l'âge².

Notre étude a montré que, parmi toutes ces échographies, le diagnostic a été positif «échographiquement», dans 42 cas où encore, les femmes de 60 et plus étaient les plus touchées (36%). **(Figure 8)**

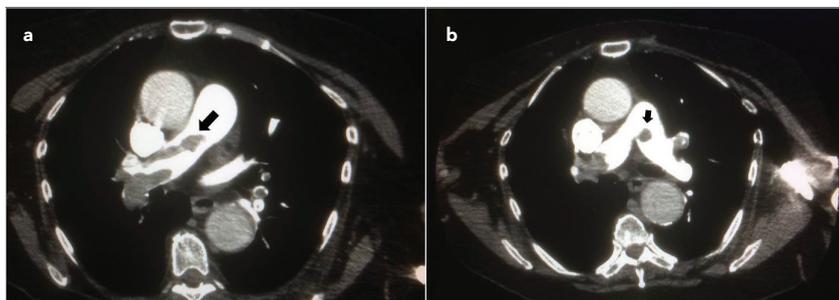
Le diagnostic clinique de thrombose veineuse superficielle (TVS) est facile. La thrombose siège habituellement sur le trajet de la grande veine saphène, à l'origine d'une douleur spontanée. L'écho-Doppler confirme le diagnostic, précise la localisation, recherche une extension au réseau veineux profond (TVP associée dans 10% des cas) et identifie d'éventuelles varices du réseau superficiel.

Étude de cas

Une patiente de 89 ans se présente au Service des urgences pour dyspnée, douleurs et œdème au mollet gauche. Une échographie des veines des membres inférieurs est réalisée. Un thrombus est confirmé dans la veine poplitée gauche. **(Figure 9)** Le radiologiste a suggéré, dans son rapport, de réaliser un angioscanner thoracique pour recherche d'embolie pulmonaire. Le scanner avec injection de produit de contraste a montré l'existence d'un important processus embolique au niveau des artères pulmonaires.

Conclusion

L'échographie en mode B et le Doppler couleur sont, généralement, très efficaces pour chercher un thrombus dans les veines profondes des membres inférieurs. Par contre, pour des patients très corpulents, dont les jambes sont très enflées, il est difficile d'étudier les veines sous poplitées. Le mécanisme primaire du développement d'une TPP est la triade de Virchow: stase, trauma de la paroi du vaisseau, hypercoagulabilité. L'histoire naturelle de la TVP est indissociable de celle de l'embolie pulmonaire (EP) qui en fixe le pronostic vital immédiat justifiant le concept de maladie thromboembolique veineuse. Le technologue pratiquant en échographie doit donc connaître cette pathologie très courante et maîtriser la technique de réalisation de l'examen.



Figures 10 a et b : Coupes axiales du thorax: (a) Thrombus assis sur la bifurcation de l'artère pulmonaire, une petite composante du côté gauche et une extension du côté droit. (b) Important thrombus juste à la hauteur de la bifurcation de l'artère pulmonaire droite. Il y a extension du processus thrombotique vers le lobe supérieur, le lobe moyen et le lobe inférieur⁸.

RÉFÉRENCES

SITES WEB

- 1 – *Thrombose veineuse profonde et embolie pulmonaire*, Collège des Enseignants de Cardiologie et Maladies Vasculaires, Université Médicale Virtuelle Francophone, 2011-2012. [En ligne].
- 2 – *Les maladies cardio-vasculaires*, Fondation Recherche Cardio-Vasculaire, Institut de France. [En ligne].
- 3 – RAVI S. Sidhu MD, MEd, FRCS(C), FACS, *Thrombose veineuse profonde (TVP)*; Société canadienne de chirurgie vasculaire, [En ligne].
- 4 – LA RÉDACTION D'ALLODOCTEURS.FR, *Phlébite : agir vite pour éviter les complications*, 2015. [En ligne].
- 5 – *Thrombose veineuse profonde (TVP)*, Sigvaris, [En ligne].
- 6 – DOUKETIS James D., MD, *Thrombose veineuse profonde*, Le manuel Merck, [En ligne].

FIGURES

- 1 – Hôpital Universitaire Pitié Salpêtrière Charles Foix : <http://pitieosalpetriere.aphp.fr>
- 2 – Graphiques conçus à partir des résultats de la recherche.
- 3 – *Symptoms of Blood Clot In The Calf Muscle*, Recipe kineticsand, 2016 [En ligne].
- 4 – Sigvaris, [En ligne].
- 5 – *L'écho-Doppler : comment se déroule l'examen*, Pourquoi docteur, comprendre pour agir, 2015, [En ligne].
- 6 – *Obstacle circulatoire veineux et échographie*, Ultrasonographie échographie - Doppler, Université de Montpellier, [En ligne].
- 7 – Image tirée de l'appareil d'échographie de l'Hôpital de LaSalle.
- 8 – Image tirée du scan de l'Hôpital de LaSalle.

ERRATUM | ÉCHOX – MARS 2018

Une erreur s'est glissée dans l'édition de décembre 2017 du magazine **ÉchoX**.

En effet, dans le paragraphe portant sur la curiethérapie non invasive à haut débit tiré de l'article **Astro 2017: Les faits marquants**, il aurait fallu lire « Dans ce cas particulier de curiethérapie non invasive (...) », plutôt que « Dans ce cas particulier de curiethérapie non évasive (...) » (page 41, deuxième paragraphe, huitième ligne).

Toutes nos excuses aux auteurs.



L'épaisseur de l'intima-media

UN MARQUEUR DE RISQUE CARDIOVASCULAIRE VALIDÉ

Qu'est-ce que l'intima-media ? Pour quelles raisons en mesurer l'épaisseur ? L'examen échographique des artères carotides peut révéler des renseignements significatifs quant à la santé des vaisseaux sanguins et peut servir à prévenir des manifestations pathologiques graves telles que l'accident vasculaire cérébral (AVC), qui est la 3^e plus grande cause de décès au Canada.



Karine Gariépy,
t.i.m.

La mesure déterminante de l'épaisseur de l'intima-media en échographie

Il n'existe aucune contre-indication à la réalisation de l'étude des artères carotides à l'aide de l'échographie. L'examen est prescrit aux patients ayant déjà subi un AVC ou présenté des symptômes d'accident ischémique transitoire (AIT) qu'on qualifie aussi de « mini-accident vasculaire cérébral ». Les symptômes de l'AIT s'apparentent à ceux de l'AVC, mais ne durent qu'une seule journée. Parmi ces signes précurseurs, notons de brusques maux de tête, l'apparition subite d'étourdissements graves ou d'une difficulté à marcher, de soudains troubles de l'élocution, une vision subitement floue dans un œil ou dans les deux yeux, la manifestation vive d'une faiblesse ou d'un engourdissement dans un bras, les jambes ou le visage, etc.

Anatomie des artères carotides

Les deux artères carotides primitives longent l'une et l'autre chaque côté du cou, la gauche émergeant directement de l'arc aortique et la droite constituant une des deux ramifications du tronc brachio-céphalique, lui-même issu de la crosse de l'aorte. Elles se divisent en deux autres artères : l'artère carotide externe et l'artère carotide interne. L'artère carotide externe irrigue le visage, le cou et le cuir chevelu tandis que l'artère interne apporte l'oxygène et

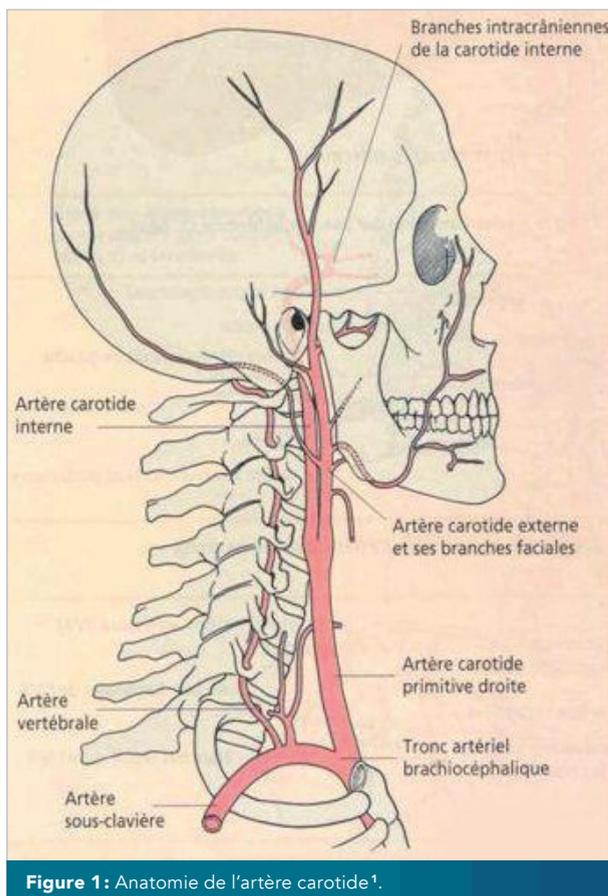


Figure 1: Anatomie de l'artère carotide¹.



Figure 2: Méthode d'acquisition de l'image².



Figure 3: Artère carotide d'apparence saine².

le sang au cerveau. **(Figure 1)** Faisant partie de l'examen d'écho-Doppler des carotides, la mesure de l'épaisseur de l'intima-media se prend juste avant la bifurcation des vaisseaux communs, se situant habituellement à la hauteur de C3 ou C4.

La paroi des vaisseaux sanguins se compose de trois feuillets: la couche la plus externe s'appelle l'adventice, celle du centre la media et la plus interne, qui entoure directement la lumière, l'intima.

Technique de réalisation et résultats

Pour prendre la mesure, nous avons besoin d'une sonde linéaire à haute fréquence de 7,5 à 10 MHz. Le patient allongé sur le dos, tourne la tête en demi-rotation dans le

sens opposé au côté à étudier. Après avoir repéré la bifurcation, le technologue peut prendre la mesure juste avant la division du vaisseau par l'intermédiaire du logiciel automatique intégré à l'appareil d'échographie. **(Figures 2 et 3)** La mesure de l'épaisseur de la paroi s'effectue entre l'interface sang-intima et l'interface média-adventice, regroupant ainsi l'ensemble «intima-média».

La mesure de l'épaisseur de la paroi s'effectue entre l'interface sang-intima et l'interface média-adventice, regroupant ainsi l'ensemble «intima-média».

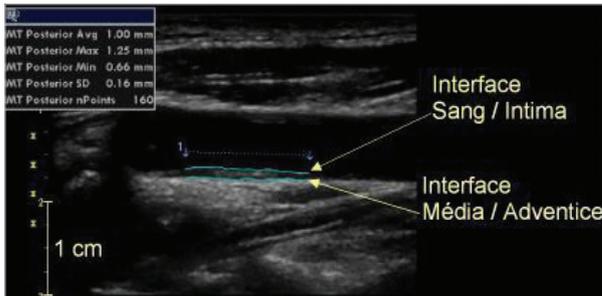


Figure 4: Mesure de l'intima-media³.

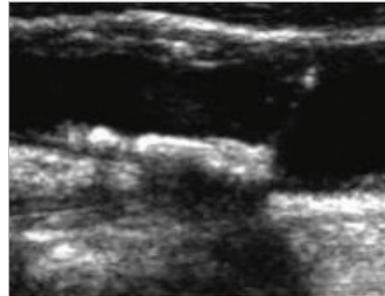


Figure 5: Artères carotides atteintes d'athérosclérose².

À l'âge adulte, l'épaisseur de l'intima-media (EIM) est en moyenne 0,5 mm. L'EIM croît à une vitesse de l'ordre de 0,1 mm chaque décennie. Une majoration de 0,1 mm de l'intima-media correspond à une augmentation du risque d'AVC de 5,6 %.

On constate que l'épaisseur de la paroi est habituellement plus grande chez l'homme que chez la femme, au même âge. On constate, bien sûr, une corrélation directe entre l'âge des sujets et l'épaisseur de l'intima-media.

(Figure 4)

On remarque aussi que l'EIM est étroitement liée à certains facteurs de risque tels que l'hypertension artérielle, surtout la systolique, qui est sans doute l'un des facteurs les plus déterminants. La mesure s'en trouve augmentée de 0,06 à 0,025 mm.

Dans le cas de l'hypercholestérolémie, la mesure se voit majorée de 0,13 mm en moyenne et pour ce qui est du tabagisme, de 0,05 à 0,1 mm. Le diabète figure aussi parmi ces facteurs et fait accroître la mesure de 0,05 à 0,08 mm. On note aussi une corrélation entre l'EIM et les antécédents familiaux de coronaropathie précoce ainsi que d'autres facteurs de risque accru de maladie de l'artère carotide comme l'hyperhomocystéinémie, la résistance à l'insuline, l'index de masse corporelle, la surcharge pondérale, la sédentarité, le syndrome de AC antiphospholipides, etc.

Petit dépôt d'athérome deviendra gros

L'examen des artères carotides à l'aide de l'échographie permet d'observer l'évolution de l'athérosclérose. La plaque d'athérome, constituée d'amas de cholestérol et de calcium, s'accumule au fil des ans sur les parois

des vaisseaux pouvant gêner de plus en plus la circulation du sang dans la lumière artérielle et ainsi diminuer l'apport d'oxygène au cerveau. La sténose n'est pas l'obstruction d'un vaisseau, mais bien la diminution du diamètre de sa lumière.

Dans l'artère interne, les plaques d'athérome se forment surtout dans le bulbe carotidien, c'est-à-dire tout de suite avant la bifurcation. Plusieurs phénomènes indésirables peuvent survenir par la suite, tels que l'accumulation excessive de dépôts jusqu'à la sténose sévère du vaisseau.

Il peut également y avoir thrombose, lorsque la plaque d'athérome, qui tapisse la paroi se fragmente ou se rompt. Des plaquettes, des globules blancs et de la fibrine s'agglutinent autour de la fissure pour former un caillot. (Figure 5) L'embolie peut se détacher pour ensuite migrer vers le cerveau et vers les vaisseaux périphériques. Une fois dans les artères de petit ou de moyen calibre, l'agrégat risque de boucher partiellement ou complètement le vaisseau. Dès lors, une zone du cerveau n'est plus irriguée, c'est l'AVC.

L'AVC est la complication la plus grave de l'athérosclérose. De 30 à 50 % des AVC sont consécutifs à des artères carotides atteintes d'athérosclérose.

En plus de l'échographie doppler, des examens complémentaires peuvent être prescrits dans certains cas pour une étude des artères carotides plus poussée tels que l'angio-scan, l'angio-IRM et l'angiographie avec agent de contraste. Si l'examen révèle une portion de plaque instable, le patient sera rapidement pris en charge en vitesse en angiographie interventionnelle pour subir la dilatation d'une sténose, la dissolution du caillot et peut-être aussi l'installation d'une endoprothèse.

Afin de conserver la santé des vaisseaux sanguins et d'éviter les complications qui peuvent en découler, les spécialistes suggèrent la prise en charge des facteurs de risque sur lesquels il est possible d'avoir une incidence, contrairement à l'âge de la personne, à son sexe et pour les femmes, si elles sont ménopausées ou non. Un régime alimentaire sain, l'intégration de l'activité physique au mode de vie et l'abandon du tabac sont des habitudes qui contribuent à prévenir l'athérosclérose. Maîtriser le taux de sucre sanguin et de cholestérol ainsi que maintenir une bonne pression artérielle sont des mesures qui permettront aussi de diminuer le risque de maladies des artères carotides et d'AVC.

RÉFÉRENCES

SITES WEB

Épaisseur intima-média carotidienne, Cardiologie francophone, [En ligne].

BARGOIN, Vincent, *Il n'y a pas de consensus sur la valeur de l'épaisseur intima-média carotidienne*, Medscape, 2008 [En ligne].

Maladie de l'artère carotide, Canoe, [En ligne].

HERINIRINA NF, RAJAONARISON LH, HERIJOELISON AR, AHMAD, A., *Épaisseur de l'intima-média carotidienne et facteurs de risque cardio-vasculaires*, Pan Afr Med J., 2015 ; 21 : 153, [En ligne].

Sténose carotidienne athéromateuse, Le Figaro.fr-santé, [En ligne].

FIGURES

1 – <http://slideplayer.fr/slide/1315545/3/images/51/Anatomie+descriptive+et+rapports.jpg>

2 – MAHFOUDI H, BELMOUKARI S., TOUIL N., KACIMI O., CHIKHAOUI, N., *Comment réaliser une échographie Doppler des vaisseaux du cou ?* Société française de radiologie, [En ligne].

3 – PÉREZ-MARTIN Antonia, SCHUSTER-BECS Iris, LAROCHE Jean-Pierre, BÔGE Gudrum, QUÉRÉ isabelle, DAUZAT Michal, *Étude quantitative de la paroi vasculaire*, CHU de Nîmes, CHU de Montpellier (France), [En ligne].

Et si vous regroupiez toutes vos assurances sous un même toit ?

Profitez de notre COUVERTURE 360° et bénéficiez de protections sur-mesure et d'une tarification de groupe concurrentielle.





Explorer l'artère pulmonaire pour confirmer une embolie pulmonaire :

CE QUE LE TECHNOLOGUE DOIT CONNAÎTRE !



Khaled Bouzaïdi,
MD

Département
d'imagerie médicale,
Hôpital MTM – Tunisie

L'embolie pulmonaire (EP) est une entité pathologique fréquente et grave nécessitant une prise en charge thérapeutique rapide et adéquate. Elle touche 69 personnes pour 100 000 habitants annuellement¹ et constitue une des causes de mortalité les plus fréquentes en milieu hospitalier⁶. Elle résulte de la migration, dans l'artère pulmonaire ou dans l'une de ses branches, d'un caillot, le plus souvent cruorique, provenant, dans la majorité des cas, d'une thrombose des veines des membres inférieurs¹².

Les facteurs de risque sont souvent associés à une altération du flux veineux soit par stase sanguine secondaire à un alitement prolongé soit liée à une lésion de la paroi veineuse (cathétérisme) ou à une hypercoagulabilité sanguine comme en cas de déficit en protéine C et S ou lors d'une prise de pilule œstro-progestative de 3^e génération¹.

Physiopathologie

La migration d'un caillot dans la circulation pulmonaire est responsable d'une diminution, voire d'un arrêt du flux sanguin en aval du caillot. Lorsque l'occlusion est supérieure à 25-30% du lit vasculaire, une hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) peut survenir. Cette HTAP est d'autant plus importante que le territoire atteint est étendu et que le patient présente des antécédents cardio-pulmonaires. Dans les formes sévères, une défaillance cardiaque droite puis gauche s'installe avec risque de choc cardiogénique et du décès du patient¹².

En aval du caillot, l'interruption du flux artériel pulmonaire et la suppléance par la circulation bronchique peuvent être responsables d'une hémorragie alvéolaire et/ou d'un infarctus pulmonaire.

Clinique

Le diagnostic clinique de l'embolie pulmonaire est difficile du fait de la non-spécificité des signes cliniques¹⁰. On estime que moins de 40% des EP sont effectivement diagnostiquées. Les signes fonctionnels sont dominés par la dyspnée, la douleur thoracique, l'hémoptysie, la syncope et la fébricule^{2,10}. L'examen physique recherchera en particulier les signes de gravité à savoir une hépatomégalie, un reflux hépato-jugulaire, un souffle tricuspide traduisant une insuffisance cardiaque droite. Au terme de l'examen clinique, un score de probabilité en trois catégories doit être établi permettant de pondérer certains résultats d'examens complémentaires⁴. La première catégorie regroupe les patients à faible probabilité clinique avec une prévalence de l'EP estimée à 10%. La deuxième catégorie regroupe les patients ayant une forte probabilité clinique avec une prévalence de 68%. La dernière catégorie regroupe les patients ayant une probabilité intermédiaire avec une prévalence de 30%. Les deux scores les plus utilisés sont le score de Wells (**Tableau 1**) et le score révisé de Genève². (**Tableau 2**)

Tableau 1 — Le score de Wells*

	Variables prédictives	Points	Probabilité
Antécédents	Thrombose veineuse ou embolie pulmonaire	+1,5	Faible (< 2) Intermédiaire (2 – 6) Forte ≥ 7
	Chirurgie ou immobilisation pour fracture dans le mois	+1,5	
	Cancer évolutif ou en rémission depuis moins de 6 mois	+1	
Symptômes et signes cliniques	Signe de thrombose veineuse profonde	+3	EP «improbable» si score ≤ 4 EP «probable» si score ≥ 5
	Hémoptysie	+1	
	Fréquence cardiaque > 100 battements par minute	1,5	
Diagnostic alternatif	Absence (ou petite probabilité) d'embolie pulmonaire	+3	

Tableau 2 — Le score révisé de Genève*

	Critères	Points	Probabilité
Âge	Supérieur à 65 ans	+1	Faible (≤ 3) Moyenne (4 – 10) Forte (≥ 11)
Antécédents personnels	EP ou de thrombophlébite	+2	
	Chirurgie ou immobilisation	+3	
	Cancer actif	+2	
Symptômes	Hémoptysie	+2	
	Douleur spontanée du mollet	+3	
Signes cliniques	Fréquence cardiaque 75 – 94/min	+3	
	Fréquence cardiaque 95/min	+5	
	Signes de thrombophlébite (œdème et douleur provoquée)	+4	



Figure 1 : Radiographie du thorax de face montrant une opacité systématisée lobaire supérieure droite, triangulaire, à base pleurale et à sommet hilaire en rapport avec un infarctus pulmonaire*.



Figure 2 : Coupe coronale d'un angioscanner thoracique objectivant un thrombus marginal*.

L'angioscanner thoracique nécessite toutefois une technique rigoureuse reposant sur un choix judicieux des paramètres de l'acquisition et de l'injection.

Explorations complémentaires

Électrocardiogramme

L'électrocardiogramme (ECG) peut être normal ou souvent montrer une tachycardie sinusale. Plus rarement, il peut objectiver des signes de cœur pulmonaire aigu.

Gazométrie

La gazométrie n'a isolément que peu d'utilité en montrant classiquement une hypoxie, une hypocapnie et une alcalose respiratoire. Dans les formes sévères, une hypoxie inférieure à 60 mm Hg et une acidose métabolique sont objectivées.⁷ Une gazométrie normale ne permet pas d'exclure le diagnostic d'EP.

D-dimères

En revanche, les D-dimères ont une excellente valeur prédictive négative lorsque le dosage est effectué par la méthode ELISA (*Enzyme Linked Immunoabsorbent Assay*)^{6,14}. Un taux de D-dimères inférieur à 500 µg/l permet d'éliminer une EP chez un patient ayant une faible probabilité clinique^{2,6}.

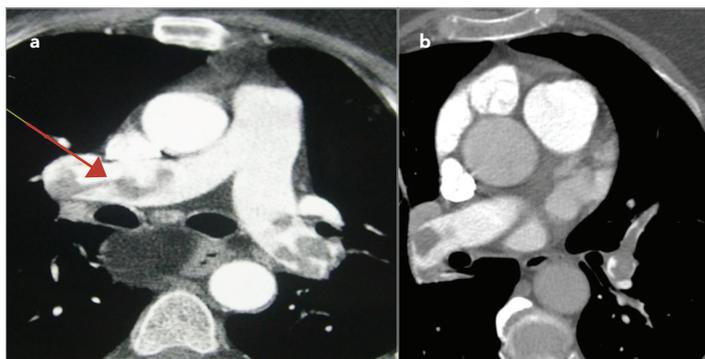
Radiographie du thorax

La radiographie du thorax peut être normale dans les douze premières heures, ce qui n'élimine pas le diagnostic d'EP. Elle servira de référence pour l'évolution et éliminera d'autres diagnostics différentiels tels la pneumopathie, la pleurésie ou le pneumothorax¹⁰. Une hyperclarté localisée par hypovascularisation en

aval d'une obstruction est un signe évocateur et fréquent. Elle peut s'associer à une amputation d'une grosse artère pulmonaire, une dilatation de l'artère en amont, un gros hile, une ascension de la coupole diaphragmatique ou une cardiomégalie développée aux dépens des cavités droites. Après la 24^e heure, des opacités parenchymateuses peuvent apparaître traduisant soit une hémorragie alvéolaire soit un infarctus pulmonaire¹². **(Figure 1)** Un épanchement pleural est retrouvé dans 50% des cas.

Angioscanner thoracique

L'angioscanner thoracique est actuellement l'examen de choix dans l'exploration de l'embolie pulmonaire du fait de sa disponibilité, ses performances diagnostiques et sa



Figures 3 a et b : Coupes axiales d'un angioscanner thoracique montrant des thrombus flottants au sein des deux artères pulmonaires*.

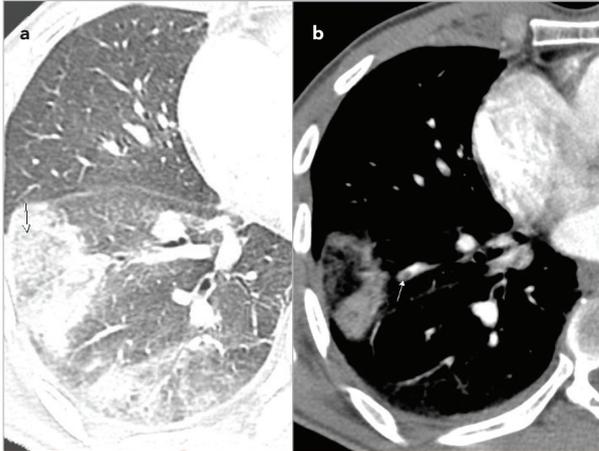


Figure 4 : Coupe coronale d'un angioscanner thoracique visualisant un embole obstruant totalement l'artère pulmonaire droite*.

capacité à exclure certains diagnostics différentiels^{7,10}. Sa sensibilité et sa spécificité sont supérieures à 90%^{8,9}. Il nécessite toutefois une technique rigoureuse reposant sur un choix judicieux des paramètres de l'acquisition et de l'injection. L'exploration doit couvrir l'ensemble du thorax depuis les bases jusqu'aux apex pulmonaires, avec une épaisseur de coupes voisines du millimètre et des filtres optimisant aussi bien la résolution en densité pour l'étude des vaisseaux pulmonaires que la résolution spatiale pour l'étude du parenchyme pulmonaire et les bronches. Le sens de l'exploration est de préférence caudo-crânial, car la détection des embolies artérielles siégeant préférentiellement aux bases est facilitée par l'immobilité diaphragmatique au début de l'acquisition¹². Le déclenchement de l'acquisition est initié par la détection automatique du contraste au niveau de la région d'intérêt (ROI) qui peut être positionnée dans l'oreillette droite en cas d'acquisition caudo-crâniale ou dans le tronc de l'artère pulmonaire en cas d'acquisition crânio-caudale. L'injection du produit de contraste iodé doit être réalisée à travers une voie veineuse périphérique de bonne qualité avec un débit d'environ 4 ou 5 ml/s. L'étude de Gossner J12 a montré que l'utilisation d'un débit de 2,5 ml/s chez les

patients ayant des voies d'abord de faible calibre n'altère pas de façon significative les performances diagnostiques de l'angioscanner. L'utilisation d'un produit de contraste iso-osmolaire ou hypo-osmolaire ne modifie pas non plus la qualité de l'opacification³. La lecture de l'examen est faite principalement sur écran de console en mode ciné pour assurer le défilement rapide des images et le suivi des structures sur tout leur trajet. Des reconstructions multiplanaires sont également nécessaires, permettant d'améliorer les performances diagnostiques de l'angioscanner aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant¹¹.

Le diagnostic d'EP repose sur la visualisation directe de l'embolie sous forme d'hypodensité intravasculaire centrale ou marginée, entourée de produit de contraste. **(Figure 2)** Des images en rail peuvent être visualisées en cas de thrombus flottant. **(Figures 3 a et b)** Si l'obstruction est totale, l'hypodensité occupera toute la lumière du vaisseau¹². **(Figure 4)** Les anomalies pleuro-parenchymateuses sont inconstantes. Il peut s'agir d'une condensation parenchymateuse périphérique, triangulaire, à large base pleurale traduisant un infarctus pulmonaire, d'une atelectasie sous-segmentaire ou d'un épanchement pleural. **(Figures 5 a et b)**



Figures 5 a et b : Coupes axiales d'un angioscanner thoracique en fenêtre parenchymateuse (a) et médiastinale (b) montrant une opacité triangulaire postéro-basale droite en rapport avec un infarctus pulmonaire en aval d'une embolie du tronc postéro-latéro-basal*.

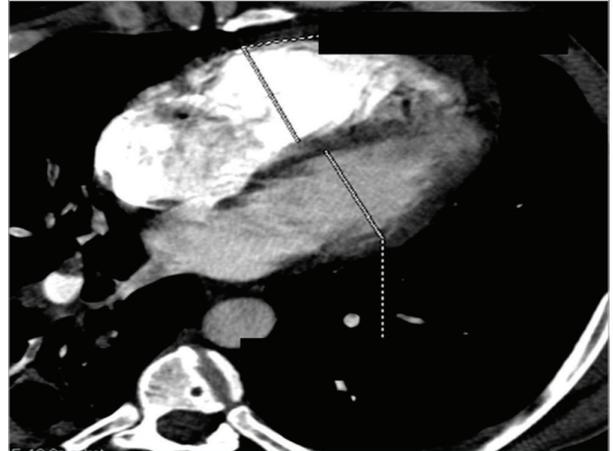


Figure 6 : Coupe axiale d'un angioscanner thoracique passant par le cœur montrant que le rapport entre les diamètres transverses du ventricule droit et du ventricule gauche est de 0,9 traduisant un retentissement de l'EP sur les cavités droites*.



L'angioscanner permet également d'évaluer la gravité de l'EP et le pronostic en recherchant des signes du cœur pulmonaire aigu qui se traduisent par une dilatation du ventricule droit (VD) avec augmentation du rapport VD/VG, un reflux cavo-sus-hépatique de produit de contraste iodé et une dilatation de la veine cave inférieure. On recherchera également une dilatation du tronc de l'artère pulmonaire témoin de l'hypertension artérielle pulmonaire¹⁵. Un rapport des diamètres transverses du VD/VG > 0,9 serait un facteur prédictif de complication avec cinq fois plus de risque de mortalité¹². (**Figure 6**)

Enfin, l'angioscanner permet d'éliminer les diagnostics alternatifs et de poser le diagnostic des pathologies associées (tuberculose, cancer broncho-pulmonaire...)

L'angioscanner peut se poursuivre par la réalisation d'un phléboscaner des membres inférieurs à la recherche d'une thrombose veineuse que ce soit au niveau de la veine cave inférieure, des veines iliaques difficilement analysables en échographie-Doppler ou des veines fémoro-poplitées ou surales.

Scintigraphie pulmonaire de ventilation et perfusion

La scintigraphie pulmonaire de ventilation et perfusion garde quelques indications marginales. Elle est pratiquée en cas de contre-indication à l'angioscanner (allergie aux produits de contraste iodés, insuffisance rénale) et chez la femme enceinte¹⁰. Elle doit être réalisée idéalement dans les 48 premières heures. Son principe se base sur la réalisation de 6 incidences après marquage des territoires perfusés et ceux ventilés par des traceurs radioactifs différents. Le diagnostic repose sur la présence d'un defect perfusionnel en territoire normoventilé sans anomalie radiologique associée en regard. Son interprétation est toutefois difficile chez

les patients ayant une pathologie broncho-pulmonaire concomitante, ce qui est souvent le cas. Une scintigraphie normale permet d'éliminer formellement le diagnostic d'EP.

L'écho-Doppler des membres inférieurs à la recherche d'une thrombose des membres inférieurs est utile uniquement en cas d'examen clinique positif. L'absence de thrombose veineuse ne permet jamais d'exclure une EP, mais la mise en évidence d'une thrombose veineuse proximale (fémorale ou poplitée) associée à des signes cliniques thoraciques permet de retenir le diagnostic d'EP sans avoir besoin d'une imagerie thoracique. L'absence de compressibilité de l'axe veineux en coupe transversale sous la sonde confirme le diagnostic de thrombose¹.

La démarche diagnostique devant la suspicion clinique d'une EP repose de nos jours sur les dernières recommandations internationales. L'algorithme décisionnel le plus souvent utilisé est schématisé dans la **Figure 7**¹.

Conclusion

La suspicion d'une embolie pulmonaire aiguë est une situation fréquente. Méconnaître ce diagnostic est potentiellement lourd de conséquences avec mise en jeu du pronostic vital du patient. Les erreurs par excès ne le sont pas moins puisque l'initiation d'un traitement anticoagulant expose à un risque d'accident hémorragique grave. L'angioscanner thoracique occupe une place fondamentale dans l'algorithme diagnostique permettant à la fois de poser le diagnostic de l'EP aiguë, d'évaluer sa gravité et de proposer, en cas de négativité, un diagnostic alternatif.

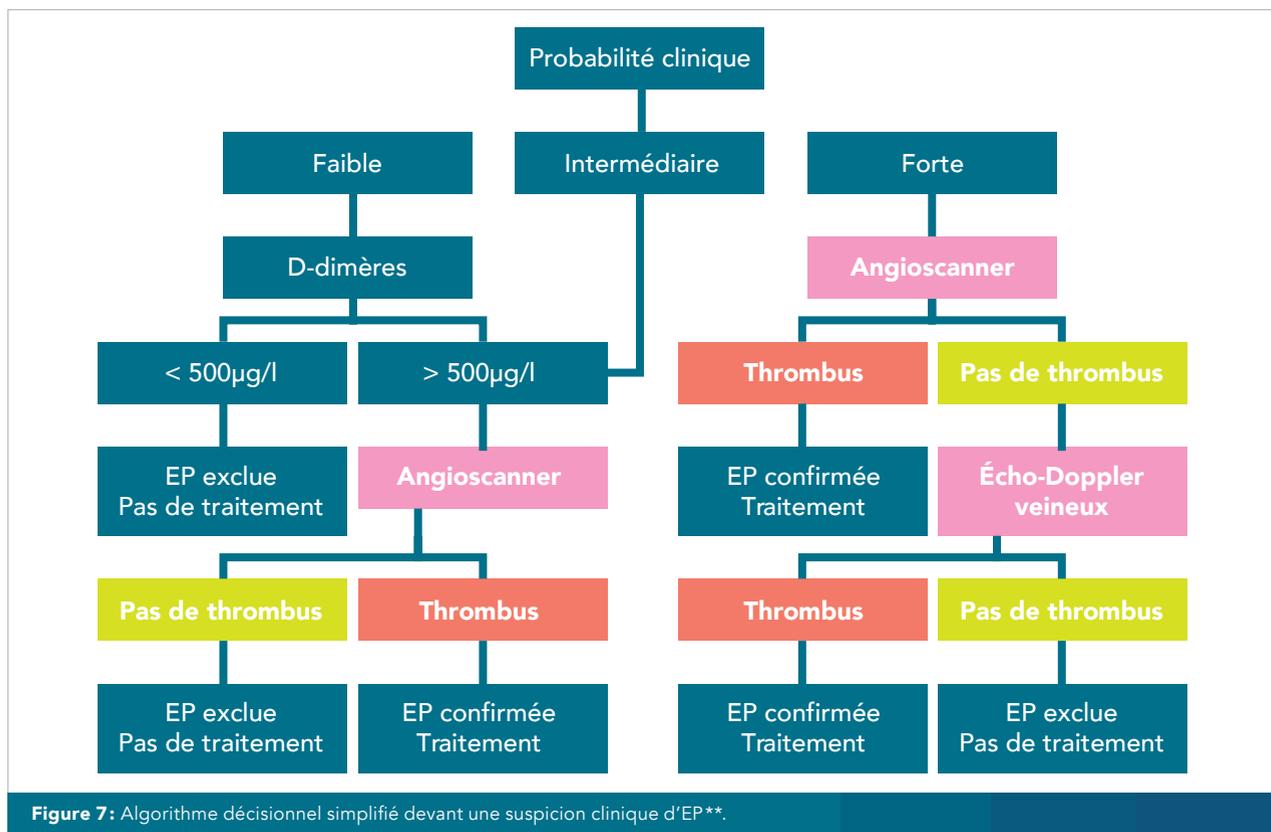


Figure 7 : Algorithme décisionnel simplifié devant une suspicion clinique d'EP**.

RÉFÉRENCES

1 – ARMAND-PERROUX A, ROY PM. *Embolie pulmonaire aux urgences*. In: Sfar, éd. Conférences d'actualisation. 51^e Congrès National d'Anesthésie et de Réanimation. Paris : Elsevier ; 2009.

2 – BALLANTINE M, BHIMANI M, MILNE, WK. *Diagnostic approach to pulmonary embolism in a rural emergency department*. Can J Rural Med 2012 ; 17.

3 – CHARTRAND-LEFEBVRE C, WHITE CS, BHALLA S. *Comparison of the effect of low- and iso-osmolar contrast agents on heart rate during chest CT angiography: results of a prospective randomized multicenter study*. Radiology 2011 ; 258 : 930-7.

4 – COURTNEY DM, KLINE JA, KABRHEL C et al. *Clinical features from the history and physical examination that predict the presence or absence of pulmonary embolism in symptomatic emergency department patients: Results of a prospective multicenter study*. Ann Emerg Med 2010 ; 55 : 307-15.

5 – GOSSNER J. *Feasibility of computed tomography pulmonary angiography with Low Flow Rates*. J Clin Imaging Sci. 2012 ; 2 : 57.

6 – GUPTA RT, KAKARLA RK, KIRSHENBAUM KJ, TAPSON VF. *D-dimers and efficacy of clinical risk estimation algorithms: sensitivity in evaluation of acute pulmonary embolism*. AJR 2009 ; 193 : 425-30.

7 – HANTOUS-ZANNAD S, ESSEGHAIER S, RIDÈNE I et al. *Acute pulmonary embolism: epidemiologic and tomodensitometric study*. Tunis Med 2010;88 : 880-4.

8 – HARVEY RT, GEFTER WB, HRUNG JM, LANGLOTZ CP. *Accuracy of CT Angiography versus pulmonary angiography in the diagnosis of Acute Pulmonary Embolism: Evaluation of the Literature with Summary ROC Curve Analysis*. Acad Radiol 2000 ; 7:786-97.

9 – İNÖNÜ H, ACU B, PAZARLI AC, DORUK S, ERKORKMAZ U, ALTUNKAŞ A. *The value of the computed tomographic obstruction index in the identification of massive pulmonary thromboembolism*. Diagn Interv Radiol. 2012 ; 18 : 255-60.

10 – JHA S, Ho A, BHARGAVAN M, OWEN JB, SUNSHINE JH. *Imaging evaluation for suspected pulmonary embolism: what do emergency physicians and radiologists say?* AJR 2010 ; 194 : W38-W48.

11 – LEE EY., ZUCKER EJ., TSAI J. *Pulmonary MDCT Angiography: Value of Multiplanar Reformatted Images in Detecting Pulmonary Embolism in Children*. AJR Am J Roentgenol. 2011 ; 197 : 1460-5.

12 – MAITRE S, RESTEN A, MUSSET D. *Embolie, hypertension et œdèmes pulmonaires*. SDRA. In: Imagerie thoracique de l'adulte. 3^e édition, Flammarion, Paris, 2006 : 501 — 542.

13 – PARK CY, YOO SM, RHO JY, JI YG, LEE HY. *The Ratio of Descending Aortic Enhancement to Main Pulmonary Artery Enhancement Measured on Pulmonary CT Angiography as a Finding to Predict Poor Outcome in Patients with Massive or Submassive Pulmonary Embolism*. Tuberc Respir Dis (Seoul). 2012 ; 72 : 352-9.

14 – SEKHRI V, MEHTA N, RAWAT N, LEHRMAN SG, ARONOW WS. *Management of massive and nonmassive pulmonary embolism* Arch Med Sci. 2012 ; 8 : 957-69.

15 – STEIN PD, BEEMATH A, MATTA F. et al. *Clinical Characteristics of Patients with Acute Pulmonary Embolism: Data from PLOPED II*. Am J Med 2007 ; 120 : 871-9.

FIGURES ET TABLEAUX

* Hôpital MTM - Tunisie.

** ARMAND-PERROUX A, ROY PM. *Embolie pulmonaire aux urgences*. In: Sfar, éd. Conférences d'actualisation. 51^e Congrès National d'Anesthésie et de Réanimation. Paris : Elsevier ; 2009.



Angiosarcome du cuir chevelu

L'angiosarcome du cuir chevelu est une tumeur agressive, infiltrative et multicentrique. La nécessité d'irradier l'ensemble du cuir chevelu rend complexe son traitement, du fait de sa forme concave et de la proximité de structures anatomiques sensibles.



Geneviève Néron,
t.r.o.

CISSS
du Bas-St-Laurent,
Rimouski, département
de radio-oncologie



Redouane
Bettahar,
radio-oncologue

CISSS
du Bas-St-Laurent,
Rimouski, département
de radio-oncologie

C'est toujours un défi pour la radiothérapie. D'abord, parce que ce genre de situation est rarement rencontrée, et qu'il n'existe pas de guide technique précis. L'irradiation par modulation d'intensité volumétrique (VMAT) avec arcs multiples s'avère une excellente approche qui relève brillamment le défi. Nous décrivons ici la méthode employée.

Qu'est-ce que l'angiosarcome ?

L'angiosarcome (AS) est un sous-type des sarcomes des tissus mous (STM). Il peut se développer dans n'importe quelle partie du corps, mais avec une prédilection pour la peau. L'angiosarcome cutané représente de 1 à 2% des STM. C'est une prolifération maligne à partir des cellules endothéliales des vaisseaux sanguins et lymphatiques. Les régions cutanées de la tête et du cou, et en particulier le cuir chevelu, sont les plus fréquemment atteintes. L'angiosarcome survient le plus souvent chez le sujet âgé (> 70 ans), deux fois plus chez l'homme que chez la femme. Hormis les ultraviolets (UV) qui ont été évoqués, les facteurs prédisposant à l'AS du cuir chevelu ne sont pas connus.

Du fait de sa grande rareté, peu de données sont disponibles. Toutes les publications sur l'AS cutané se



Figure 1: Nodule initial au vertex¹.



Figure 2: Site de la première excision et greffe, et récurrence précoce pariéto-temporale gauche¹.

rapportent à des analyses de séries historiques rétrospectives ou à des études de cas.

L'AS du cuir chevelu est une tumeur très agressive et de mauvais pronostic. Il se caractérise par sa multicentricité et sa tendance locale envahissante et récidivante. Il peut se propager par voies sanguine et lymphatique, vers les ganglions et les organes, principalement les poumons, mais également vers le foie, les os, etc. Le taux de récurrence locale est de l'ordre de 50%, et la survie à 5 ans est de 10 à 35%.

Cliniquement, l'AS du cuir chevelu peut revêtir plusieurs formes, souvent trompeuses: nodule, macule, ulcération, saignement, épaissement ou infiltration cutanée bleuâtre ou violacée, etc.

En l'absence de métastases à distance, le traitement de l'AS du cuir chevelu repose en premier lieu sur la chirurgie qui doit être la plus large possible. L'obtention de marges saines est souvent difficile à réaliser en raison du caractère infiltratif, extensif et multicentrique et de la proximité de structures anatomiques sensibles. Elle doit être complétée par une irradiation avec des faisceaux larges, ou mieux, de la totalité du cuir chevelu à des doses élevées > 50 Grays (Gy).

À travers l'étude d'un cas récent, nous présentons ici une technique sophistiquée d'irradiation par modulation

d'intensité volumétrique avec plusieurs arcs (VMAT: Volumetric-Modulated Arc Therapy).

Cas clinique

Madame X, est une dame de 83 ans, en très bon état général, ayant subi une biopsie au niveau du cuir chevelu pour un nodule de 1,5 cm apparu rapidement dans la région du vertex. **(Figure 1)** L'analyse pathologique révèle un angiosarcome peu différencié. Une excision agrandie avec une reconstruction de l'épaisseur totale est réalisée par greffe cutanée. La tumeur principale de 1,5 cm a été complètement réséquée, mais une seconde lésion microscopique retrouvée à l'analyse pathologique qui se trouvait en périphérie de l'excision a été incomplètement réséquée. Rapidement est réapparu un nouveau nodule de 1,5 cm totalement en dehors du site greffé, en pariéto-temporal gauche. **(Figure 2)** En même temps sont apparues des atteintes ganglionnaires spinales hautes et rétroauriculaires bilatérales. La patiente a subi une seconde excision avec greffe cutanée et biopsies des ganglions. L'analyse pathologique confirme l'angiosarcome peu différencié de 1,8 cm avec des ganglions métastatiques. Les marges autour du nodule étaient serrées à moins de 1 mm.

Du fait de sa forme concave et des structures anatomiques saines à proximité, le cuir chevelu est particulièrement complexe à irradier de façon uniforme et homogène. La modulation d'intensité est l'unique façon d'obtenir des isodoses concaves.



RO

La TEP au FDG (tomographie par émission de positrons) qui a été réalisée ne montre aucune maladie à distance. On note de l'hypermétabolisme vis-à-vis des atteintes ganglionnaires et de l'infiltration néoplasique du cuir chevelu notamment dans sa région occipitale.

(Figures 3 a, b, c, d)

Cliniquement, on notait les deux zones de greffe au vertex et en pariéto-temporal gauche, ainsi que des ganglions rétroauriculaires, prétragiens et occipitaux bilatéralement. Le cuir chevelu occipital présentait une infiltration violacée suspecte.

(Figures 4 a, b, c)

Le traitement

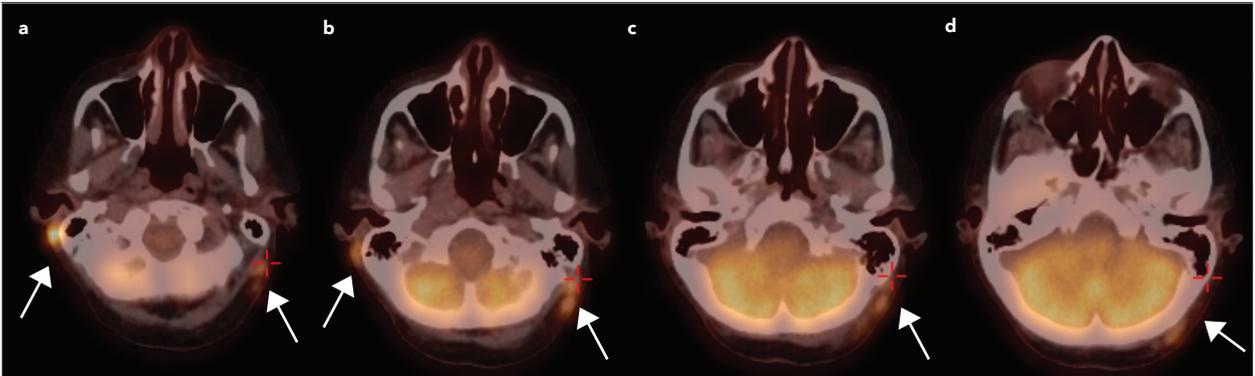
Considérant l'absence de maladie à distance, l'âge avancé de la patiente et le peu de données sur l'efficacité des traitements systémiques, nous avons convenu de limiter le traitement à une radiothérapie (RT) locorégionale complémentaire incluant l'ensemble du cuir chevelu et les atteintes ganglionnaires, et délivrant une dose suffisamment efficace, tout en réduisant la durée totale du traitement, en espérant ainsi minimiser la toxicité aiguë et à long terme. La dose totale 50 Gy en 20 fractions (5 x 2,5 Gy par semaine) répondait à ces objectifs. Sur la base du modèle linéaire quadratique, cela correspond à une dose biologique efficace (BED: *Biologically Effective Dose*) de 62,5 et

75 Gy, pour un rapport α/β de 10 et 5 Gy estimé par analogie aux STM.

Techniquement, nous avons décidé de nous inspirer de la méthode rapportée par l'équipe de Kelowna (Colombie-Britannique), une irradiation en VMAT avec plusieurs arcs.

Du fait de sa forme concave et des structures anatomiques saines à proximité, le cuir chevelu est particulièrement complexe à irradier de façon uniforme et homogène. La modulation d'intensité est l'unique façon d'obtenir des isodoses concaves. Toute irradiation d'une zone superficielle avec des photons de haute énergie nécessite le recours à un bolus pour augmenter la dose. Dans notre cas, le bolus devait parfaitement adhérer et épouser la forme de la totalité du cuir chevelu, tout en conservant la même épaisseur et avec le moins d'air possible entre celui-ci et le cuir chevelu. De plus il devait couvrir les atteintes ganglionnaires. Le thermoplastique non perforé de 5 mm (Aquaplast RT™) répondait le mieux à ces exigences.

Un coussin Moldcare™ était placé sous la tête et le cou. Du gel d'échographie (équivalent eau) était appliqué à l'intérieur du bolus pour combler les espaces d'air, et pour obstruer les espaces au niveau de la jonction entre les deux parties postérieure et antérieure du bolus Aquaplast™. Le tout était maintenu par un masque long tête-épaule en thermoplastique perforé de 3 mm en Fibreplast™. **(Figures 5 a, b, c, d, e, f)**



Figures 3 a, b, c, d: TEP pré-RT — les flèches indiquent les zones d'hypermétabolisme en rapport avec les atteintes néoplasiques¹.



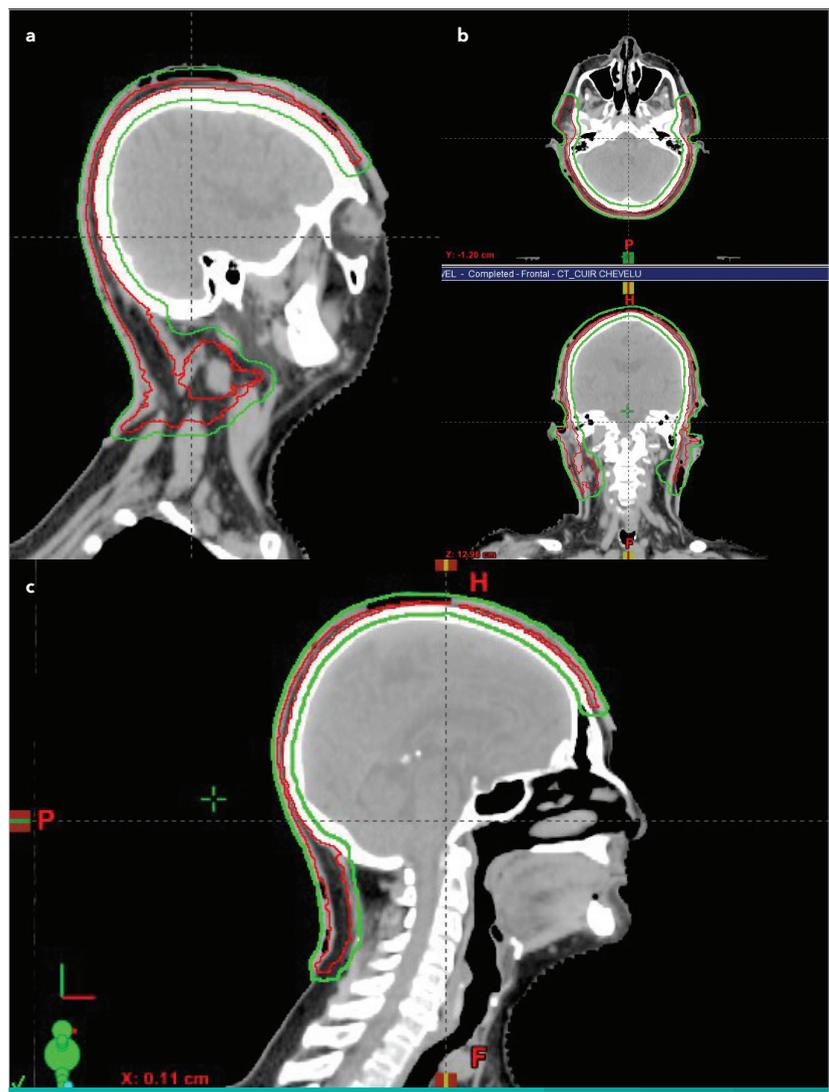
Figures 4 a, b, c: Pré-RT¹.



Figures 5 a, b, c, d, e, f: Confection du bolus Aquaplast RT™ et du masque en Fibreplast™¹.

La fabrication de l'ensemble du dispositif a nécessité 3 heures 30 minutes au total et a requis deux séances.

L'étape suivante a été l'acquisition au CT Sim d'images tomométriques avec l'ensemble du dispositif d'immobilisation. Les organes à risque (OAR) étaient délimités (cerveau, yeux, cristallin, glandes lacrymales, nerfs optiques, chiasma, moelle épinière, etc.) Les volumes cibles étaient délimités. Le CTV (clinical target volume) représente la maladie macroscopique et microscopique potentielle, soit la totalité du cuir chevelu, les ganglions atteints avec une marge de 1 cm à leur pourtour, ainsi que les régions ganglionnaires rétroauriculaires, occipitales, prétragiennes et jugulo-digastriques supérieures. Le PTV (planning target volume) qui tient compte des incertitudes de positionnement et/ou de mouvement inclut le CTV plus une marge de 5 mm. (Figures 6 a, b, c)



Figures 6 a, b, c: Images CT sim : axiale, coronale, et sagittales, avec contours du CTV (rouge) et du PTV (vert)¹.

Les objectifs et les contraintes de doses aux volumes cibles et aux OAR étant fixés, le calcul s'est fait en mode hétérogène par planification inverse à l'aide du système Éclipse™ de Varian optimisé en AAA. L'optimisation de la distribution de dose a nécessité une journée de travail de la part du physicien médical. (Figures 7 a, b et c)

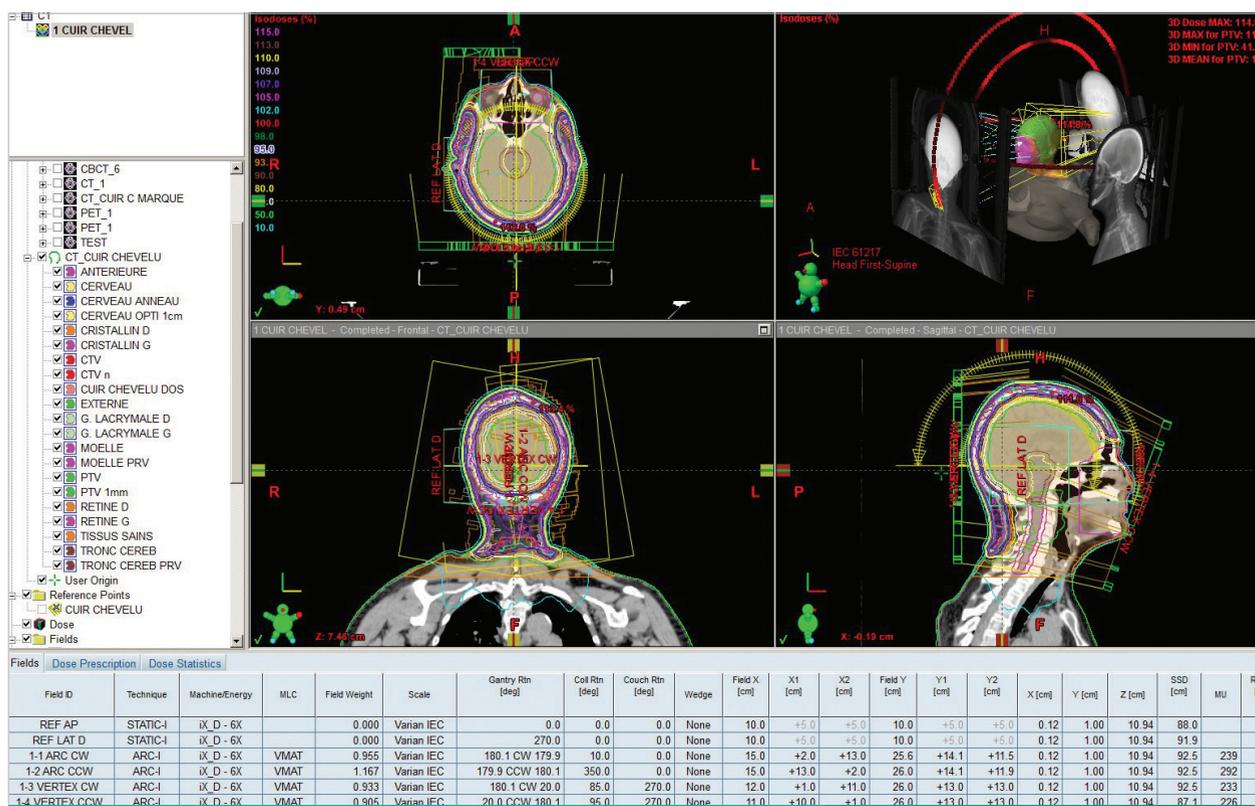
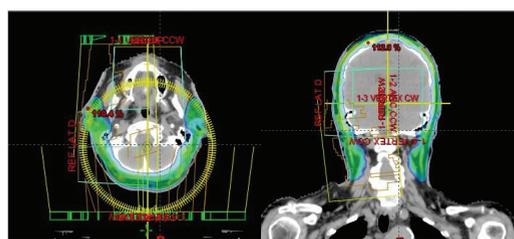


Figure 7 a: Distributions de doses en VMAT avec 4 arcs: 2 arcs table à 0 degrés, et 2 arcs, table à 270 degrés¹.



Figures 7 b, c et d: Isodose 50% a) plan axial. b) plan coronal. c) plan sagittal¹.



Figures 7 c: Isodose 95% (axial/coronal)¹.

La **Figure 7 f** montre que les doses aux OAR étaient à l'intérieur des contraintes fixées et en deçà des doses de tolérance.

Les **Tableaux 1 et 2** résument les paramètres des quatre arcs employés (deux arcs, table à 0°, et deux arcs table à 270°) et les doses aux volumes cibles.

Le traitement s'est déroulé sur un accélérateur Varian Clinac ix™ avec imagerie CBCT (Cone Beam CT) et KV-KV. (**Figure 9**)

Chaque séance de traitement (incluant l'installation et l'irradiation) prenait un total de 45 minutes. Le traitement en lui-même est rapide, environ 5 minutes, du fait d'un seul isocentre et d'un seul déplacement du socle de la table.

L'irradiation par VMAT multiarcs est une technique exigeante, mais fiable, reproductible et vérifiable quotidiennement par CBCT et KV-KV. (**Figures 8 a et b**)

L'irradiation par VMAT multiarcs est une technique exigeante, mais fiable, reproductible et vérifiable quotidiennement par CBCT et KV-KV.

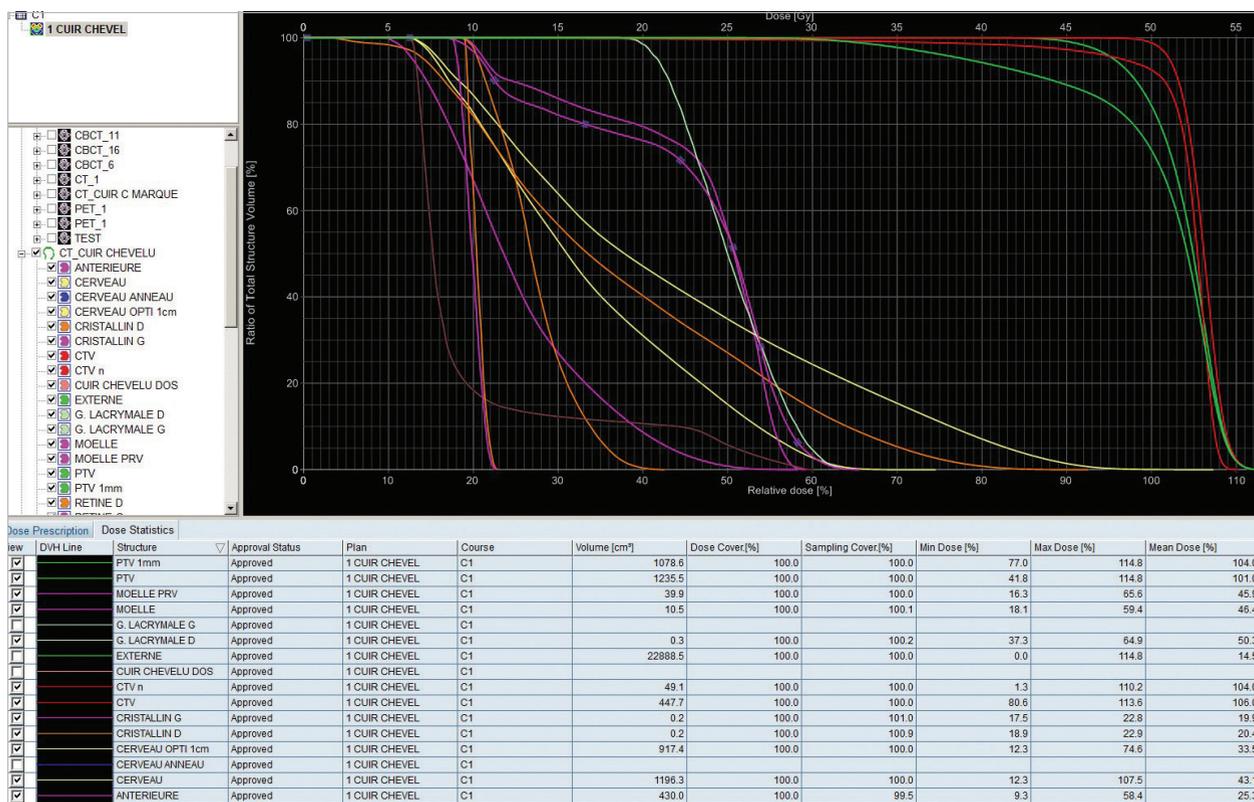


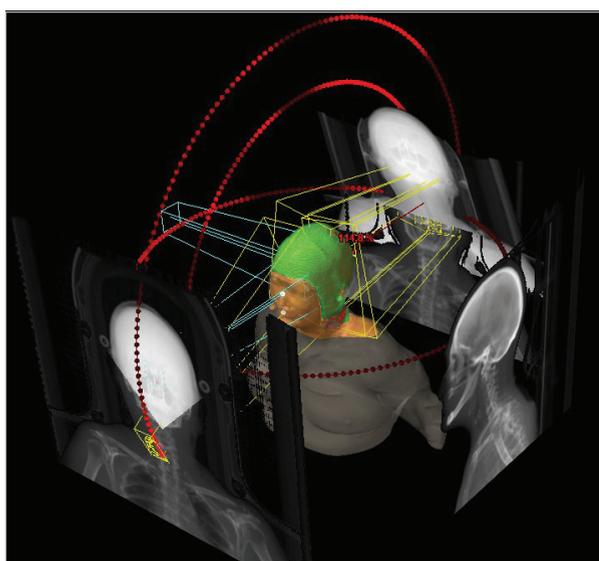
Figure 7 f: Distributions de doses en VMAT avec 4 arcs: 2 arcs table à 0 degré, et 2 arcs, table à 270 degrés¹.

Tableau 1 – Paramètres des arcs ¹

	Angle bras-support Début-Fin	Angle collimateur/Socle	Grandeur champ X1/X2	Unités moniteur
1-1 ARC CW	180,1 – 179,9	10/0	2.0/13.0	239
1-2 ARC CCW	179,9 – 180,1	350/0	13.0/2.0	292
1-3 VERTEX CW	180,1 – 20,0	85/270	1.0/11.0	233
1-4 VERTEX CCW	20,0 – 180,1	95/270	10.0/1.0	226

Tableau 2 — Doses aux volumes-cibles ¹

	V95 (%)	Dmax (%) 0,03 cc
PTV	84,7	113,4
PTV 1 mm	95,8	113,4
CTV	100	112,7

**Figure 8a: VMAT multiarc¹.****Figure 8b: Vues multiples¹.****Figure 9: Traitement sur l'accélérateur, arc avec table à 270 degrés¹.**



Figures 10 a, b: Fin RT 50 Gy¹.



Figures 11 a, b: 2 semaines post-RT¹.

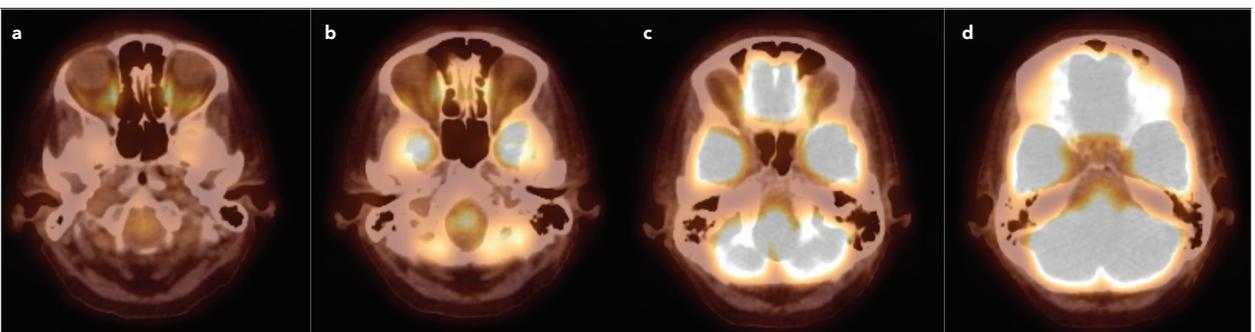


Figures 12 a, b: 4 semaines post-RT¹.



Figures 14 a, b: 13 mois post-RT¹.

La réussite de cette technique résulte d'une combinaison indissociable d'une préparation rigoureuse avec un bolus bien adapté, d'un masque long rigide, et d'une irradiation en VMAT multiarcs.



Figures 13 a, b, c et d: TEP 3 mois post-RT¹.

Tout au long du traitement, la tolérance a été bonne. Il n'y a eu aucune interruption. On notait une radiodermite de grade 2. (**Figures 10 a, b**) Par contre, les quatre semaines qui ont suivi la fin de la RT ont été difficiles pour la patiente.

Une semaine post-RT — les réactions cutanées étaient modérées, mais la patiente rapportait une sensation de brûlure intense au niveau du cuir chevelu et du cou en postérieur. De la Flamazine, de l'Acétaminophène 650 mg quatre fois par jour (qid) et du Dilaudid 1 mg qid ont été prescrits.

Deux semaines post-RT — une exsudation est apparue au niveau du cou en postérieur et les douleurs demeuraient importantes. (**Figures 11 a, b**) Les réactions observées deux semaines post-RT en postérieur au niveau du cou s'expliquent par le fait que l'irradiation des atteintes ganglionnaires s'est faite principalement par les arcs avec la table à 0 degré, latéralement et en postérieur, en raison des restrictions d'entrée de faisceau en antérieur, et avec un débit plus élevé.

L'application quotidienne d'éosine aqueuse et de Flamazine en couches épaisses pendant 15 jours a permis l'obtention d'une bonne amélioration. De plus, du Décadron 4 mg deux fois par jour (bid) a été rajouté pendant une semaine suivi d'un sevrage étalé sur deux semaines. (**Figures 12 a et b**)

Trois mois post-RT, la TEP de contrôle montre une réponse complète. (**Figures 13 a, b, c et d**)

En décembre 2017, 13 mois post-RT, on note une alopecie marquée, et un début de repousse parcelaire des cheveux. (**Figures 14 a, et b**)

Quatorze mois post fin RT, la patiente ne rapporte aucune fatigue surajoutée. Elle se plaint d'une diminution d'audition de l'oreille

gauche, d'une diminution marquée du goût et du manque de salive. Elle ne décrit aucun trouble visuel nouveau, par contre elle semble avoir un peu plus de troubles de mémoire. Aucun test précis n'a été réalisé pour objectiver ces troubles de mémoire. L'examen clinique montre une rémission complète.

La réussite de cette technique résulte d'une combinaison indissociable d'une préparation rigoureuse avec un bolus bien adapté, d'un masque long rigide, et d'une irradiation en VMAT multiarcs. Il y a quelques années, nous avons eu l'occasion de traiter un cas similaire, par une combinaison de photons et d'électrons telle que rapportée dans les anciennes publications. La technique était laborieuse à tous les niveaux et à toutes les étapes. Nous devons composer avec beaucoup d'incertitudes tant avec le montage de bolus,

avec l'immobilisation et avec la distribution de dose, notamment au niveau des jonctions. La durée de la préparation, de la planification dosimétrique et des séances d'irradiation étaient beaucoup plus longues et très inconfortables pour le patient. Le VMAT permet d'éviter tous ces inconvénients.

En conclusion

L'AS du cuir chevelu est une tumeur très rare. Même les plus grands centres dans leurs séries historiques rapportent en moyenne un cas par année. Le traitement se fait toujours au cas par cas, avec une technique sur mesure. Celle présentée ici est une bonne option. Les doses optimales d'irradiation et le fractionnement restent à préciser. Le résultat que nous avons obtenu est encourageant, mais un suivi à plus long terme est nécessaire.

RÉFÉRENCE

ARAUJO C., BARDOCK A., BERKELAAR S., GILLUND D., MCGEE K., MOHAMED I., LAPOINTE C., *Medical Physics*, 2015; 42 (6): 3482.

HADZIAHMETOVIC Mersiha, WELDON Michael, PEARSON Megan, WERNER Petty, SIDDIQUI Farzan, *Practical Radiation Oncology*, 2014; 4: e95-e99.

OSTHEIMER Christian, JANICH Martin, HUBSCH Patrick, GERLACH Reinhard, VORDERMARK Dirk., *Radiation Oncology*, 2014; 9: 1-11.

PAWLIK Timothy M., PAULINO Augusto F., MCGINN Cornelius J., BAKER Laurence H., COHEN Deborah S., MORRIS Jeffery S., REES Riley, SONDAK Vernon K., *Cancer*, 2003; 98 (8): 1716-1726.

YOUNG Robin J., BROWN Nicolas J., REED Malcolm W., HUGHES David, WOLL Penella J., *The Lancet Oncology*, 2010; 11: 983-91.

FIGURES

1 – Les figures et les tableaux ont été fournis par la patiente et proviennent du dossier technique de radiothérapie du CISSS du Bas-St-Laurent, Rimouski, département de radio-oncologie.

REMERCIEMENTS

À Jean-François Gauthier (physicien) qui a trouvé la technique et réalisé la planification dosimétrique et à Martine Charette (coordonnatrice technique) qui a supervisé l'ensemble des étapes. Ils ont également eu la gentillesse de répondre à toutes nos questions.



Vasculature et radiobiologie :

UNIFIER LES MODÈLES POUR UNE RADIOTHÉRAPIE PLUS EFFICACE

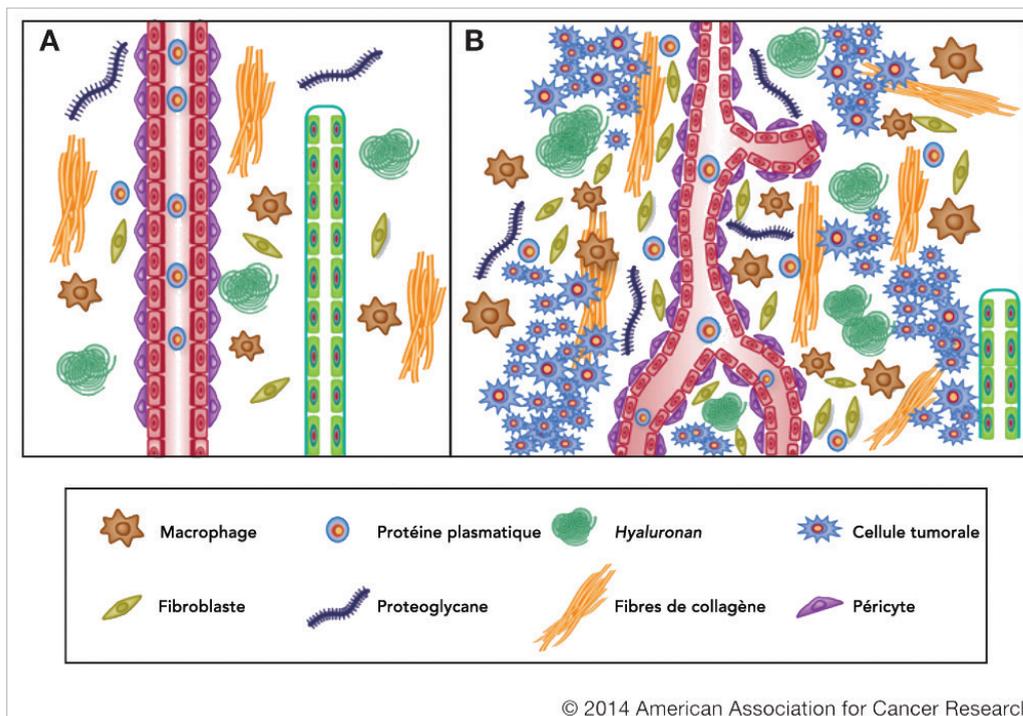
L'oxygénation pourrait être utilisée pour moduler finement la dose pour l'adapter à la réalité biologique plutôt qu'à la simple anatomie.



Louis Archambault, professeur adjoint et physicien médical
Université Laval,
Département de physique - génie physique et optique (professeur adjoint),
CHU de Québec (physicien médical)

Oxygénation et radiosensibilité

Le lien entre l'oxygénation et la radiosensibilité est connu depuis longtemps¹ : des tissus bien oxygénés seront généralement plus radiosensibles que ceux en état d'hypoxie. De fait, une présence importante d'hypoxie dans une tumeur est liée à une probabilité accrue d'échec d'un traitement pour les cancers gynécologiques⁵, ORL³ et de la prostate⁷. Ce phénomène s'explique par la radiorésistance accrue des cellules hypoxiques. Le mécanisme le plus commun par lequel la radiation ionisante endommage l'ADN d'une cellule passe par la formation d'un radical hydroxyle ($\bullet\text{OH}$). Une molécule d'ADN interagissant avec de tels radicaux peut s'en trouver altérée ou endommagée. Toutefois, la cellule possède des mécanismes efficaces de réparation. En présence d'oxygène, le radical hydroxyle peut former un radical perhydroxyle ($\text{HO}_2\bullet$) qui, à son tour, peut interagir avec la molécule d'ADN. Les dommages causés par les radicaux perhydroxyles sont beaucoup plus difficiles à réparer pour la cellule. On dit alors que le rôle de l'oxygène est de « fixer » les dommages qui découlent de l'interaction de la radiation ionisante avec la matière vivante.



Revue de recherches sur le cancer

ACR

Figures 1 a et b : Comparaison entre des vaisseaux sanguins normaux (a) et des vaisseaux produits par l'angiogenèse d'une tumeur (b)¹.

En radiothérapie, l'impact du niveau d'oxygénation des tissus peut être pris en considération par ce qu'on appelle l'effet oxygène (*Oxygen Enhancement Ratio* ou OER), qui représente le ratio des doses nécessaires pour atteindre le même effet radiobiologique à deux niveaux d'oxygénation différents. Même si l'oxygénation est un facteur déterminant dans l'efficacité d'un traitement de radiothérapie, il est rarement pris en considération dans la planification de ce dernier. Dans la grande majorité des cas, les tissus sains d'un patient atteint de cancer devraient se trouver en situation de normoxie. Par conséquent, il est attendu que le niveau d'oxygénation soit relativement similaire d'une personne à l'autre. Cette uniformité entre les patients réduit le besoin de personnaliser les doses de radiation en fonction

du niveau d'oxygénation des tissus. Toutefois, en ce qui concerne les tumeurs, l'hypoxie est un phénomène fréquent. Il est particulièrement commun d'observer une quantité insuffisante d'oxygène dans les régions nécrotiques d'une tumeur. Les cellules en état d'hypoxie tenteront d'augmenter leur approvisionnement en oxygène en stimulant l'angiogenèse via la production du facteur de croissance VEGF (*Vascular Endothelial Growth Factor*). Néanmoins, les vaisseaux sanguins créés ou cooptés par une tumeur sont morphologiquement très différents des vaisseaux sanguins normaux. (Figure 1) Ces vaisseaux sont tortueux avec des diamètres et des embranchements variables qui, en plus d'avoir une mauvaise perméabilité, sont positionnés de façon anarchique. La mauvaise qualité de ces vaisseaux nuit évidemment

à l'irrigation de la tumeur, ce qui limite son accès à de l'oxygène. Le niveau d'oxygène peut donc varier de façon importante d'une tumeur à l'autre, et même se révéler fortement hétérogène à l'intérieur d'une même tumeur. Il est même possible d'observer des changements importants de concentration d'oxygène sur des distances de quelques microns.

Vers une adaptation des traitements de radiothérapie

Cette hétérogénéité dans la distribution d'oxygène implique directement une hétérogénéité dans la radiosensibilité des tumeurs. Un traitement de radiothérapie personnalisé devrait donc, idéalement, prendre en considération le niveau d'oxygène de la tumeur. Cela n'est toutefois pas fait de façon routinière



Figure 2 : Chambre de traitement hyperbare de l'Hôtel Dieu de Lévis².

en clinique. Deux raisons principales peuvent être avancées pour expliquer ce manquement dans la planification en radiothérapie :

1. la difficulté de connaître précisément la distribution d'oxygène dans une région donnée;
2. l'incertitude sur l'effet radiobiologique d'une variation de l'oxygénation.

Il a été démontré que la taille, le grade ou l'histologie d'une tumeur n'est pas directement relié à la présence d'hypoxie. Il n'est donc pas possible d'utiliser ces données facilement accessibles pour estimer le niveau d'oxygénation lors d'une planification de traitement en radiothérapie.

Il existe néanmoins différentes techniques permettant une mesure quantitative du niveau d'oxygène d'une tumeur. On peut séparer ces méthodes en trois grandes familles¹⁰ : les méthodes directes, les méthodes visant à quantifier des processus physiologiques impliquant l'oxygène et les méthodes basées sur la détection de biomarqueurs produits en présence d'hypoxie. La technique la mieux établie est une méthode directe qui se

base sur l'utilisation d'une aiguille-électrode d'Eppendorf et qui permet de mesurer la concentration d'oxygène dans les tissus par polarographie. Cette approche est invasive puisqu'il faut insérer l'électrode directement dans la région pour laquelle l'oxygène doit être mesuré. Bien qu'il soit possible d'effectuer plusieurs mesures le long de la trajectoire de l'aiguille, la nature invasive de la procédure limite le nombre de mesures qu'il est possible de faire perpendiculairement à la trajectoire de l'aiguille. Conséquemment, même si la mesure par polarographie est généralement considérée comme la référence, elle n'est pas idéale pour faire une cartographie complète de la distribution d'oxygène.

Il existe aussi d'autres techniques directes utilisant, par exemple, la résonance paramagnétique électronique ou la spectroscopie par résonance magnétique nucléaire. Ces méthodes nécessitent généralement l'utilisation d'une sonde moléculaire devant être injectée. Bien qu'intéressantes, la plupart de ces nouvelles approches ne sont pas encore prêtes pour une utilisation clinique.

Du côté des mesures physiologiques, la plus commune est la mesure par infrarouge qui vise à évaluer le ratio entre l'hémoglobine et l'oxyhémoglobine afin

Bien que les gains potentiels d'une planification basée sur la biologie soient grands, il est essentiel de s'assurer que ce changement de philosophie n'entraîne pas des risques supplémentaires pour les patients.

d'estimer la concentration d'oxygène dans les tissus. Bien que cette méthode soit très répandue, la faible pénétration de l'infrarouge dans les tissus rend difficile son utilisation pour les tumeurs profondes. Au cours des dernières années, l'imagerie tomographique par émission de positrons (TEP) a aussi été utilisée pour évaluer des processus physiologiques liés à la présence d'hypoxie. Certains radiotraceurs comme le fluoromisonidazole (FMISO) et le fluoroazomycinarabinofuranosid (FAZA) marqués au fluor-18 ont permis d'identifier les parties hypoxiques d'un cancer. Par contre, même si l'imagerie TEP permet une évaluation indirecte, mais 3D, de l'oxygénation, la résolution spatiale de cette modalité est relativement faible (de l'ordre de quelques millimètres). De plus, la procédure d'acquisition peut être relativement lourde pour le patient; par exemple, un examen utilisant le FMISO doit se faire au minimum deux heures à la suite de l'injection.

Bien qu'aucune technique présentement disponible ne soit idéale pour faire une caractérisation détaillée de la distribution de l'oxygène dans une tumeur et dans les tissus avoisinants, il demeure qu'une estimation de l'état d'hypoxie est possible. Cette connaissance peut être utilisée pour personnaliser la radiothérapie. Trois principales

avenues ont été explorées pour prendre l'hypoxie en considération. Une première stratégie se base sur l'utilisation de molécules telles que les nitroimidazoles visant à augmenter la radiosensibilité des régions hypoxiques. Les études cliniques sur ces molécules ont souvent souffert d'un pouvoir statistique insuffisant pour tirer des conclusions claires, mais une méta analyse tend à supporter une réduction du risque d'échec locorégional pour les cancers ORL⁸. Une deuxième stratégie pour prendre l'hypoxie en considération consiste à augmenter les doses de radiation administrées aux zones hypoxiques. Cette stratégie, parfois appelée «peinture à numéros», est prometteuse même si elle nécessite une évaluation précise de la distribution 3D de l'hypoxie. Finalement, l'utilisation de traitements hyperbares a aussi été considérée pour augmenter la radiosensibilité des tumeurs. Plusieurs travaux menés dans les années 1970 ont démontré un fort potentiel pour ce genre de traitement, mais, à l'époque, la difficulté pour administrer les traitements hyperbares était une limitation majeure. Depuis, l'évolution des chambres hyperbares a permis un regain d'intérêt. Des installations comme celles de l'Hôtel-Dieu de Lévis pourraient permettre une meilleure accessibilité aux patients. **(Figure 2)**

Le rôle des modèles numériques

Avec les progrès constants en radio-oncologie et en imagerie médicale, il devient de plus en plus aisé de cibler et de traiter des régions précises d'un cancer, ce qui permet d'entrevoir une révolution dans la planification des traitements de radiothérapie. Présentement, le processus de planification des traitements est essentiellement basé sur la dose: on tente de maximiser la dose sur la tumeur et minimiser la dose aux organes sains. Toutefois, s'il devient possible de déterminer des processus ou des conditions biologiques précis, tel que l'oxygénation d'une tumeur, il est envisageable de moduler finement la dose pour l'adapter à la réalité biologique plutôt qu'à la simple anatomie.

Bien que les gains potentiels d'une planification basée sur la biologie soient grands, il est essentiel de s'assurer que ce changement de philosophie n'entraîne pas des risques supplémentaires pour les patients. Des études doivent être menées à différents niveaux pour s'assurer d'en tirer un maximum de bénéfices, et ce, sans augmenter les risques. Les recherches animales ou sur des cultures cellulaires sont utiles, mais dispendieuses et ne permettent pas d'isoler certains paramètres. En contrepartie, les modèles numériques

peuvent permettre d'étudier en détail certains aspects et sont particulièrement utiles pour explorer l'impact de différents paramètres biologiques ou physiques. Ainsi, l'utilisation de modèles numériques peut servir à guider l'élaboration d'études cliniques ou précliniques. Le manque de bons modèles radiobiologiques a d'ailleurs été reconnu comme un facteur majeur limitant le déploiement de stratégies de planification en radiothérapie basées sur la biologie⁴.

Dans le contexte de la prise en charge du niveau d'oxygénation en radiothérapie, les modèles numériques ont plusieurs rôles à jouer. Par exemple, ils peuvent aider à faire une évaluation plus précise du OER et quantifier l'impact d'une incertitude sur ce ratio; les modèles peuvent servir à évaluer l'avantage thérapeutique de traitements expérimentaux comme la combinaison de la radiothérapie aux traitements hyperbares; leur utilisation pourrait aussi permettre d'estimer les avantages de certains traitements de réoxygénation sur des tumeurs particulièrement radiorésistantes comme les glioblastomes multiformes. Dans l'éventualité où les méthodes d'imagerie de l'oxygène ne permettraient pas à court ou moyen terme de faire une mesure 3D avec une haute résolution spatiale, il serait aussi envisageable d'utiliser un

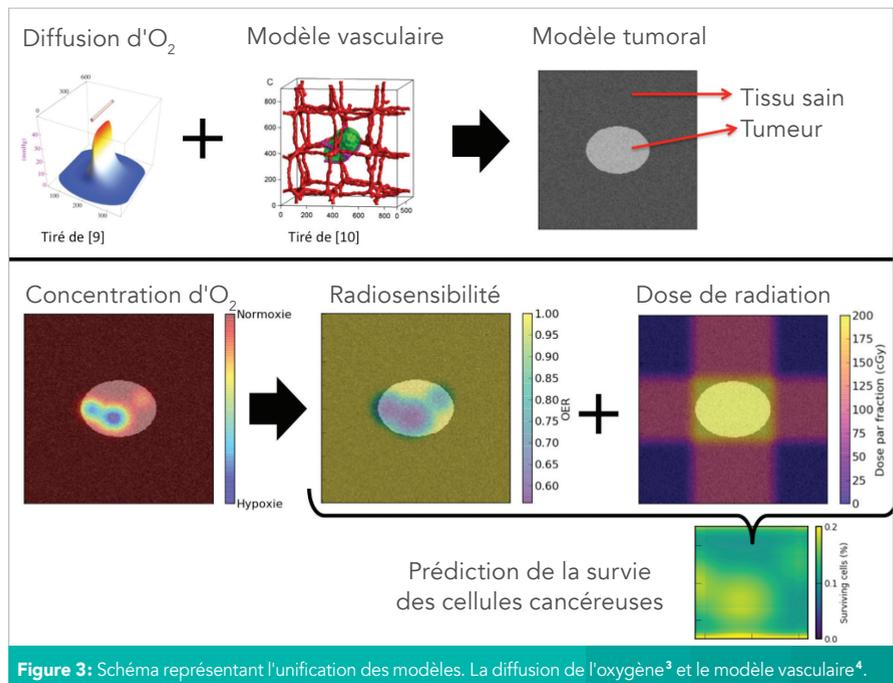


Figure 3: Schéma représentant l'unification des modèles. La diffusion de l'oxygène³ et le modèle vasculaire⁴.

modèle numérique pour prédire la distribution d'oxygène particulière à un patient donné à partir de seulement quelques mesures.

De nombreux modèles existent pour représenter les phénomènes physiologiques liés à l'oxygénation des tumeurs. Toutefois, ces modèles n'ont pas encore été mis en relation avec ceux développés pour représenter la réponse radiobiologique d'une tumeur ou d'un tissu sain. Afin d'explorer la pertinence d'une planification de traitement en radiothérapie basée sur la biologie et d'étudier l'impact de nouvelles approches telles que l'exposition hyperbare, il est important d'unifier tous ces modèles. La **Figure 3** illustre un modèle unifié contenant les composantes suivantes :

1. modélisation de la diffusion de l'oxygène dans les tissus;
2. modélisation de la vasculature saine et tumorale;
3. construction d'une carte 3D de la concentration d'oxygène et prédiction de la radiosensibilité;
4. planification dosimétrique;
5. évaluation de la réponse des tissus à la radiation en prenant en considération le niveau d'oxygène.

Conclusion

Même si le lien entre l'oxygénation et la radiosensibilité d'une tumeur est connu depuis plus de 60 ans, ce lien n'est toujours pas exploité de façon routinière pour améliorer l'efficacité des traitements de radiothérapie. Grâce aux avancées technologiques des dernières années, il devient envisageable de planifier un traitement de radiothérapie basé sur la biologie plutôt que sur la simple anatomie. Une telle planification pourrait, entre autres, prendre en considération l'utilisation de radiosensibilisateur ou de traitements hyperbares. Toutefois, afin de traduire ces notions plutôt théoriques en une réalité clinique, il est important de développer un modèle unifié capable de représenter précisément la distribution d'oxygène dans les tissus et de modéliser la réponse de ces derniers à la radiation.

RÉFÉRENCES

- 1 – ALPER T, HOWARD-FLANDERS P., *Role of oxygen in modifying the radiosensitivity of E. coli*. Nature. 1956;178: 978—979.
- 2 – ARIFFIN AB, FORDE PF, JAHANGEER S, SODEN DM, HINCHION J. *Releasing pressure in tumors: What do we know so far and where do we go from here a review*. Cancer Res. 2014;74: 2655—2662.
- 3 – BRIZEL DM, SIBLEY GS, PROSNITZ LR, SCHER RL, DEWHIRST MW. *Tumor hypoxia adversely affects the prognosis of carcinoma of the head and neck*. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1997;38: 285—289.
- 4 – CARLSON DJ, STEWART RD, SEMENENKO VA. *Effects of oxygen on intrinsic radiation sensitivity: A test of the relationship between aerobic and hypoxic linear-quadratic (LQ) model parameters*. Med Phys. 2006;33: 3105—3115.
- 5 – FYLES AW, MILOSEVIC M, WONG R, KAVANAGH MC, PINTILIE M, SUN A, et al. *Oxygenation predicts radiation response and survival in patients with cervix cancer*. Radiother Oncol. 1998;48: 149—156.
- 6 – GRIMES DR, KANNAN P, MARKELC B, BATES R, MUSCHEL RJ, PARTRIDGE M., *Estimating oxygen distribution from vasculature in three-dimensional tumor tissue*. J R Soc Interface. 2016;13. doi:10.1098/rsif.2016.0070.
- 7 – MOVSAS B, CHAPMAN JD, HANLON AL, HORWITZ EM, GREENBERG RE, STOBBE C, et al. *Hypoxic prostate/muscle pO2 ratio predicts for biochemical failure in patients with prostate cancer: preliminary findings*. Urology. 2002;60: 634—639.

- 8 – OVERGAARD J. *Hypoxic modification of radiotherapy in squamous cell carcinoma of the head and neck - A systematic review and meta-analysis*. Radiother Oncol. Elsevier Ireland Ltd; 2011;100: 22—32.

- 9 – SHIRINIFARD A, GENS JS, ZAITLEN BL, POPLAWSKI NJ, SWAT M, GLAZIER JA, *3D multi-cell simulation of tumor growth and angiogenesis*. PLoS One. 2009;4. doi:10.1371/journal.pone.0007190.

- 10 – WALSH JC, LEBEDEV A, ATEN E, MADSEN K, MARCIANO L, KOLB HC. *The clinical importance of assessing tumor hypoxia: relationship of tumor hypoxia to prognosis and therapeutic opportunities*. Antioxid Redox Signal. 2014;21: 1516—1554.

FIGURES

- 1 – ARIFFIN AB, FORDE PF, JAHANGEER S, SODEN DM, HINCHION J. *Releasing pressure in tumors: What do we know so far and where do we go from here a review*. Cancer Res. 2014;74: 2655—2662.

- 2 – Photo offerte par Dr Dominique Buteau.

- 3 – GRIMES DR, KANNAN P, MARKELC B, BATES R, MUSCHEL RJ, PARTRIDGE M., *Estimating oxygen distribution from vasculature in three-dimensional tumor tissue*. J R Soc Interface. 2016;13. doi:10.1098/rsif.2016.0070.

- 4 – SHIRINIFARD A, GENS JS, ZAITLEN BL, POPLAWSKI NJ, SWAT M, GLAZIER JA, *3D multi-cell simulation of tumor growth and angiogenesis*. PLoS One. 2009;4. doi:10.1371/journal.pone.0007190.

CONGRÈS 2018

[44^e ÉDITION]

TECHNOLOGUE 4.0

24 AU 26 MAI 2018

HILTON LAG-LEAMY, GATINEAU

La période d'inscription pour le 44^e Congrès annuel de l'OTIMROEPMQ est maintenant ouverte.

Rendez vous sur congres-annuel.otimroepmq.ca!

JEUDI 24 MAI	VENDREDI 25 MAI	SAMEDI 26 MAI
SÉMINAIRES	PROGRAMMES SCIENTIFIQUES	
<ul style="list-style-type: none">■ Éducation■ Systèmes d'information clinique (SIC)■ Gestion	<ul style="list-style-type: none">■ Radiologie générale■ Médecine nucléaire■ Radio-oncologie■ Électrophysiologie médicale■ Échographie■ Doses aux patients	<ul style="list-style-type: none">■ Radiologie générale■ Médecine nucléaire■ Radio-oncologie■ Électrophysiologie médicale
LES ACTIVITÉS SOCIALES		
Cocktail d'ouverture de la 44 ^e édition	Soirée reconnaissance	
En partenariat par  nanosonics <small>Infection Prevention For Life.</small>	En partenariat avec  BRACCO	

Courez la chance de gagner un **iPad Mini d'Apple** d'une valeur approximative de 600 \$,

inscrivez-vous avant le 30 mars 2018, 16 h 30*, via le site web du congrès.

* L'inscription doit être valide pour la participation à au moins une journée complète au congrès – vendredi 25 ou samedi 26 mai 2018. Tous les règlements du concours sont disponibles sur le site web du congrès.

LE COMITÉ ORGANISATEUR DU CONGRÈS 2018

Composé de 9 membres, le comité travaille tout au long de l'année pour vous offrir un programme incluant des conférences et ateliers diversifiés et pour vous préparer un événement à la hauteur de vos attentes.

Responsable du comité organisateur

Marie-Pier Chagnon, t.i.m.,
CISSS de Laval, Hôpital de la Cité-de-la-santé

Responsables des séminaires

Philip Audet, t.i.m.
Séminaire Gestion

Maripier Lajoie, t.i.m.
Séminaire Éducation, CISSS de Lanaudière,
Centre hospitalier régional de Lanaudière

Benoît Lebel, t.i.m.
Séminaire sur les systèmes d'information clinique
(SIC), CIUSSS de l'Estrie — CHUS,
Hôpital Fleurimont

Responsables des programmes scientifiques

Marie-Pier Beaudry, t.r.o.
Radio-oncologie, CHUM

Manon Léveillé, t.e.p.m.
Électrophysiologie médicale,
Institut de cardiologie de Montréal

Karine Schutt-Ainé, t.e.p.m.
Électrophysiologie médicale, CISSS
de la Montérégie-Centre, Hôpital Charles LeMoyné

Anselme Arthur Hounngandan, t.i.m.
Imagerie médicale et échographie,
CIUSSS du Nord-de-l'Île-de-Montréal,
Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal

Jade Carboneau, t.i.m.
Médecine nucléaire, CHUM

Gilbert Gagnon, t.i.m.(E)
Collaborateur au programme scientifique –
Doses aux patients, Collège Laflèche



De gauche à droite

Rangée du bas: Anselme Arthur Hounngandan, t.i.m., Philip Audet, t.i.m., Manuel Hurtubise, animateur, Benoît Lebel, t.i.m.

Rangée du centre: Sophie Côté – remplacée par Cécile Turmel, chargée de projet à l'amélioration de l'exercice, Marie-Pier Beaudry, t.r.o.

Rangée du haut: Maripier Lajoie, t.i.m., Manon Léveillé, t.e.p.m., Marie-Pier Chagnon, t.i.m., Jade Carboneau, t.i.m.

**Venez les rencontrer
et partager votre expérience avec eux lors du congrès!**



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

Promotion DPP et portail de l'Ordre

Bienvenue sur le portail OTIMROEPMQ



Pourquoi visiter le portail de l'OTIMROEPMQ ?



Facilement accessible sur la page d'accueil du site web de l'Ordre, le portail vous permet de parfaire votre formation et de veiller à votre développement professionnel.

Des formations adaptées à tous

Quel que soit votre secteur d'activité, vous retrouverez une grande variété de formations sur le portail de l'OTIMROEPMQ.

Disponible sous l'onglet **FORMATION**, le **Répertoire des formations** vous permet notamment de sélectionner une formation spécifique à votre secteur d'activité.

Profitez de forfaits et de promotions !



En visitant la section **Forfaits et promotions**, vous avez même accès à différentes formations regroupées par secteur d'activité ou par bloc de conférences, le tout offert à tarif réduit !

BIEN S'ASSURER

AVEC DES SOLUTIONS D'ASSURANCE QUI SE COMPLÈTENT

Votre maison, votre voiture, votre santé... vous voulez les préserver. C'est pourquoi il est important de penser à un plan B si un malheur survient. Ainsi entrent en scène les assurances !

Assurance hypothécaire, invalidité, collective, individuelle, maladie, de crédit, etc., vous vous faites offrir plusieurs types d'assurance. Avec toutes ces propositions viennent un moment où vous vous questionnez sur leur nécessité ou si vous ne payez pas en double inutilement. Puisque personne n'aime être à découvert par temps gris, pourquoi ne pas commencer par examiner vos besoins ?

Le poids de vos engagements financiers

Selon une enquête de l'Agence de la consommation en matière financière du Canada, environ 60 % des prêts automobiles pour véhicule neuf octroyés au Canada avaient une durée oscillant entre 6 et 8 ans. La même année, les statistiques indiquaient que les marges de crédit personnelles représentent 11 % des dettes des ménages québécois. En dehors des prêts hypothécaires, celles-ci constituent la deuxième raison d'endettement des Canadiens.

Si le remboursement d'un ou plusieurs de ces engagements financiers s'inscrit sans trop de mal dans votre budget lorsque vous avez un emploi et un salaire stables, il peut en être tout autrement lorsque survient un événement majeur qui bouleverse votre quotidien. Pour parer à de futures surprises, l'assurance prêt se révèle une excellente idée, comme l'illustre Éric Lebel, associé et syndic autorisé en insolvabilité chez Raymond Chabot Grant Thornton : « Lorsque l'on s'est engagé dans un prêt de voiture à 300 \$ ou 400 \$ pendant 5 ans, cela représente un gros montant à la fin de l'année. Ne pas être en mesure de payer pour une raison ou une autre peut facilement vous mettre dans le trouble, d'où l'importance de prendre une assurance prêt pour un engagement aussi long. »

Garder la tête froide et un toit au-dessus de celle-ci !

Si une malchance ou un drame s'abattait sur vous, cela n'affecterait probablement pas qu'un seul volet de votre vie. En plus de la voiture, le remboursement d'une hypothèque s'avère souvent la plus grosse dépense mensuelle à acquitter. C'est pourquoi se munir d'une assurance sur votre prêt hypothécaire constitue aussi un choix judicieux dans la création d'un portefeuille d'assurance équilibré. « Contracter une assurance sur votre prêt hypothécaire vaut la peine à mon avis, car il s'agit d'un important montant qui s'échelonne à long terme. Sur un prêt hypothécaire de 25 ans, l'assurance peut faire une différence sur votre situation financière si l'on doit être en arrêt de travail pour se rétablir d'un cancer pendant un an ou deux, par exemple », explique M. Lebel.

De même, si vous êtes touché par une invalidité, savoir que vos paiements d'hypothèque seront couverts s'avère aussi très rassurant. En cas de décès, que vous soyez copropriétaire de votre chez-soi ou chef de famille, être assuré peut faire la différence pour vos proches déjà endeuillés.

Un coup de pouce quand la vie vous surprend

Toute votre vie, vous planifiez des projets et vous économisez afin de les réaliser : maison, bébé, voyages... Puis soudainement, survient un accroc. La maladie frappe ou vous subissez une perte d'emploi que vous n'aviez pas vu venir. Bref, vous vous retrouvez avec une situation à gérer et votre solde de carte de crédit à payer, alors que c'est sans doute le dernier de vos soucis. C'est là que peut servir l'assurance paiement ou solde carte de crédit.

Si l'assurance ne vise pas une couverture à long terme — puisque le crédit n'est pas un type de prêt fait pour du long terme non plus —, l'assurance peut au moins vous permettre d'éviter de piger tout de suite dans votre fonds d'urgence ou votre compte chèque. En cas de diagnostic de maladie grave, tel que le cancer, de mutilation accidentelle ou de décès, l'argent destiné à payer votre compte de crédit pourrait être appliqué ailleurs, puisque l'assurance paiement carte de crédit s'occuperait de votre solde.

Les assurances de votre employeur

Pour certains, la compagnie qui les emploie offre un éventail d'assurances collectives allant de la maladie grave à l'assurance vie en passant par l'assurance médicaments et l'assurance salaire. La prime est alors payée partiellement par l'employeur. S'il s'agit incontestablement d'un avantage social fort utile, il demeure que celui-ci est lié à votre travail. En cas de perte d'emploi, la couverture aussi est perdue. Il faut alors s'en remettre à une possible indemnité de départ ou alors à l'assurance-emploi. Par ailleurs, si l'entreprise venait à fermer ses portes, la couverture d'assurance s'en retrouverait sans doute grandement « trouée », avec de potentielles pertes en ce qui a trait à l'assurance médicaments, l'assurance maladie, etc.

Économisez jusqu'à 1 035 \$* annuellement

en adhérant à l'offre exclusive pour les technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale.

Pour plus de détails, visitez le bnc.ca/specialistesante.



**BANQUE
NATIONALE**

Réalisons vos idéesSM

* Cette offre est exclusive aux professions admissibles au forfait Spécialistes en sciences de la santé. Sous réserve d'approbation de crédit de la Banque Nationale. L'offre constitue un avantage conféré aux détenteurs d'une carte de crédit Platine, World Mastercard^{MD} ou World Elite^{MD} Mastercard^{MD} de la Banque Nationale. L'économie annuelle potentielle de 1 036 \$ est une illustration de ce qui peut être obtenu par un détenteur de l'offre. Elle est basée sur le profil type d'un détenteur de l'offre qui détient ce qui suit : un forfait bancaire équivalent au forfait Le Total^{MD}; une carte de crédit World Elite Mastercard; une marge hypothécaire Tout-En-Un Banque Nationale^{MD} avec un solde annuel courant de 150 000 \$; une marge de crédit personnelle avec un solde annuel courant de 25 000 \$, le tout avec une bonne cote de crédit auprès des bureaux de crédit. L'économie a été calculée de la manière suivante : absence de frais mensuels liés aux transactions incluses dans le forfait Le Total (économie annuelle de 311 \$), plus un rabais annuel de 0,25 % sur le taux de la marge Tout-En-Un (économie annuelle de 375 \$), plus un rabais annuel de 2,00 % sur le taux de la marge personnelle (économie annuelle de 500 \$), moins le montant des frais annuels liés à la carte de crédit World Elite Mastercard pour un an. Ces rabais représentent la différence entre ce que pourrait avoir un client ne faisant pas partie de l'offre, et un client qui en fait partie. Certaines conditions d'admissibilité s'appliquent, pour plus de détails, visitez bnc.ca/specialiste-sante. Il se peut que l'économie potentielle ne représente pas l'économie nette que vous obtiendrez, puisqu'elle varie selon votre situation financière. SM RÉALISONS VOS IDÉES est une marque de commerce de la Banque Nationale du Canada. ^{MD} MASTERCARD, WORLD MASTERCARD et WORLD ELITE sont des marques de commerce déposées de Mastercard International Incorporated, employées sous licence par la Banque Nationale du Canada. ^{MD} LE TOTAL et TOUT-EN-UN BANQUE NATIONALE sont des marques déposées de la Banque Nationale du Canada. © 2018 Banque Nationale du Canada. Tous droits réservés.

Les informations présentées dans cette chronique le sont à titre informatif seulement et ne sont pas exhaustives. Pour tout conseil concernant vos finances et pour plus de détails sur nos solutions d'investissement, veuillez consulter un conseiller de la Banque Nationale.

**VOUS AVEZ UN INTÉRÊT POUR LE CONTENU SCIENTIFIQUE
ET LE PARTAGE DU SAVOIR ?**

Devenez auteur pour l'ÉchoX!

Distribué à plus de 7 000 exemplaires, l'ÉchoX est un magazine crédible et reconnu par le monde scientifique. Publié trois fois par année, il présente du contenu lié à l'exercice de la profession: nouvelles tendances, innovations, pratiques prometteuses, rappels des règles de l'art, solutions pour des problèmes particuliers. En y publiant un article, vous avez non seulement l'occasion de partager vos connaissances avec vos pairs, mais également la possibilité de rayonner auprès des professionnels de la santé.

Autres avantages pour les membres de l'ordre à publier un article dans l'ÉchoX

- Un article en lien avec la profession rédigé par un technologue membre de l'Ordre et publié dans l'ÉchoX est reconnu dans le cadre du DPP.
- Les auteurs membres de l'Ordre deviennent automatiquement admissibles au prix Jean-Paul-Rochelleau remis au meilleur article scientifique de l'année.

**Thèmes retenus
pour les prochaines éditions**

Septembre 2018: Au féminin!

**Décembre 2018:
La technologie au service
du patient**

**N'hésitez donc pas à soumettre vos idées
aux membres du comité magazine
en écrivant à
communications@otimroepmq.ca!**

Le comité magazine

Renée Breton, t.r.o, responsable du comité,
Carole Chaumont, t.e.p.m.,
Mohamed Khélifi, t.i.m. (radiodiagnostic),
et Martin Voisard, t.i.m. (médecine nucléaire).

