

Intérêt du scanner et de l'IRM dans les pathologies neurologiques

CT scan and MRI applications in the field of neuroimaging

P. Jissendi Tchofo

Service de Radiologie, CHU Saint-Pierre, ULB

RESUME

Le scanner et l'IRM sont les deux principales techniques d'imagerie diagnostique et de suivi des pathologies neurologiques. Elles sont complémentaires mais se distinguent par leur disponibilité et leur accessibilité, et le caractère irradiant de la première, sans parler de la différence des coûts d'examens. Etablir un état des lieux revient à relever l'intérêt de l'utilisation de l'une ou l'autre des techniques en situation d'urgence ou dans le cadre d'un bilan différé. Les applications du scanner et de l'IRM sont discutées dans ces deux contextes et l'état de développement actuel des deux techniques intégrant les avancées technologiques et les perspectives futures sont évoquées.

Rev Med Brux 2018 ; 39 : 214-9

ABSTRACT

CT and MRI are the main imaging techniques used for diagnosis and follow-up of neurological disorders. These techniques are complementary but differ from each other by availability and accessibility, and the radiation effect of the first one, let alone the cost. Writing a state of the art regarding this topic means to highlight the interest of each technique in emergency imaging as well as in the late assessment. The applications of both techniques are discussed according to the context and in addition, the current development and future perspectives are mentioned.

Rev Med Brux 2018 ; 39 : 214-9

Key words : MRI, Stroke, CT perfusion, epilepsy, emergency neuroimaging, neuroimaging guidelines

INTRODUCTION

L'intérêt de l'imagerie par scanner ou tomodensitométrie (TDM) et par imagerie par résonance magnétique (IRM) dans les pathologies neurologiques n'a cessé de croître ces dernières années, à la faveur des développements technologiques et des découvertes scientifiques. Ces deux techniques sont complémentaires, mais se distinguent par leur disponibilité et leur accessibilité, et le caractère irradiant de la première, sans parler de la différence des coûts d'examens. Cet article vise à faire le point sur l'état de l'art en cette matière, ce qui relève d'un réel défi, tant le sujet est vaste. Les avancées technologiques et scientifiques ont modifié la stratégie de l'imagerie des pathologies neurologiques, tant en termes d'indications que de sémiologie, pour le diagnostic, d'une part, et d'autre part, pour le suivi. Ces stratégies tiennent également compte du contexte urgent ou semi-urgent de l'indication, d'une part, et

d'autre part, sont naturellement soumises à la démographie des équipements qui impose un nombre de scanners 2 à 3 fois supérieur à celui des IRM presque partout dans le monde. Il est à noter que l'accessibilité à l'IRM a été encore réduite en Belgique récemment en raison de la décision gouvernementale de mettre à l'arrêt certaines machines. Cette limitation intervient alors que l'IRM s'est dotée ces dernières années, de techniques avancées d'aide au diagnostic ou à la compréhension des anomalies du développement et de la physiopathologie des maladies neurologiques. Nous aborderons toutes ces différentes notions de façon générale en illustrant notre propos par des cas particuliers.

NEUROIMAGERIE EN URGENCE

Certaines conditions ou pathologies neurologiques requièrent une imagerie en urgence, c'est-à-dire à la suite de l'examen neurologique. Il s'agit du

traumatisme crânien ou spinal (y compris le polytraumatisme)¹, d'un déficit neurologique focal transitoire ou persistant², d'une altération brutale ou progressive de l'état de conscience, de céphalées associées ou non à un contexte fébrile, toxique ou à des antécédents oncologiques, d'une crise convulsive de novo ou d'une récurrence convulsive chez un patient épileptique libre de crises, ou encore d'une baisse de l'acuité visuelle brutale et non traumatique.

Le scanner est la technique d'imagerie neurologique qui vient en première ligne dans un contexte d'urgence, en raison de sa disponibilité, de son accessibilité et de sa capacité à démontrer des anomalies dont la nature déterminera la prise en charge immédiate du patient. De plus, l'acquisition des images est devenue extrêmement rapide, depuis l'avènement des scanners multibarrettes et des algorithmes améliorés de reconstruction. A titre d'exemple, le balayage de la boîte crânienne adulte ne requiert que 5-6 secondes en acquisition volumique (3D), ceci permettant de reconstruire les images à l'aide de filtres variés pour visualiser de façon optimale le parenchyme, l'os ou les vaisseaux, en coupes bidimensionnelles (2D) ou en rendu volumique tridimensionnel (3D). L'injection intraveineuse de produit de contraste peut s'avérer nécessaire lorsqu'elle apporte des informations importantes pour la prise en charge immédiate du patient, en aidant au diagnostic. Un exemple intéressant en est la démonstration d'une ou de plusieurs petites lésions cérébrales métastatiques dans un contexte néoplasique, chez un patient arrivé aux urgences pour une première crise d'épilepsie. Dans le cas de suspicion de lésions vasculaires (thrombose, dissection, rupture), il est évident que seule l'injection permettrait d'identifier la lésion.

L'IRM, bien que beaucoup moins disponible et accessible que le scanner, devrait venir en première ligne pour certaines indications neurologiques précises : signes d'hypertension intracrânienne ou dégradation neurologique chez l'enfant^{4,5}, suspicion d'accident ischémique transitoire (AIT) ou vasculaire cérébral (AVC)², coma brutal, suspicion de thrombophlébite cérébrale, déficit neurologique chez la femme enceinte au-delà du premier tiers, baisse de l'acuité visuelle brutale et non traumatique et signes de souffrance médullaire. C'est le cas dans des centres où une IRM est disponible pour les urgences de nuit et de week-end.

L'accessibilité aux techniques d'imagerie pour les urgences neurologiques a entraîné une augmentation sans cesse croissante de sa prescription. Il est apparu indispensable d'en réguler l'utilisation pour des raisons de radioprotection, de gestion des dépenses de santé publique et d'harmonisation des pratiques dans le cadre de l'" *Evidence-based Medicine* ". Des " guidelines " de bonnes pratiques en imagerie des urgences neurologiques existent. Celles adoptées par la Société belge de Radiologie^{6,7} ont été initialement développées et sont régulièrement mises à jour par la Société française de Radiologie⁸.

NEUROIMAGERIE DIFFEREE

Dans le cadre du diagnostic initial, du bilan lésionnel à la suite ou non d'un scanner, de la planification d'actes interventionnel, chirurgical ou radiothérapeutique, ou du suivi post-thérapeutique ou systématique d'une maladie neurologique, l'IRM est l'imagerie de premier choix. L'IRM supplante largement le scanner dans la quasi-totalité des indications en raison de contrastes tissulaires variés et de la haute résolution spatiale des images qu'elle offre. Si le scanner est encore assez bien prescrit pour la première phase diagnostique, et même dans le suivi postopératoire immédiat ou dans le cas des pathologies touchant l'os, c'est d'une part, en raison des difficultés d'accessibilité à l'IRM (délais de rendez-vous souvent trop longs) et d'autre part, en raison de la limitation technique de l'IRM à démontrer les structures osseuses avec un contraste aussi marqué que celui qu'offre le scanner. Une des indications absolues de l'IRM est l'exploration médullaire⁹. En effet, beaucoup de patients présentant une symptomatologie algique et/ou déficitaire médullaire ont un diagnostic retardé en raison de multiples scanners négatifs, ou dont le résultat n'explique pas les symptômes. C'est notamment le cas pour les myélopathies et les tumeurs médullaires⁹.

LES AVANCEES TECHNOLOGIQUES AU SCANNER ET EN IRM

Le scanner

L'avènement des scanners multibarrettes a augmenté la vitesse d'acquisition d'un facteur 9 depuis les quarante dernières années (1971 à 2015)¹⁰, mention non faite de la dernière génération : le scanner bi-tube qui réduit encore le temps d'acquisition actuel de moitié¹¹. On est passé de 1 seconde en 1980 à moins de 0,1 seconde en 2010 de temps de rotation pour une coupe. Ceci a permis d'accroître la résolution spatiale et la résolution temporelle, à la faveur d'une combinaison optimale de la vitesse de rotation du tube et de l'avancée de la table (*pitch*).

Une des applications les plus intéressantes de ce progrès est l'imagerie de perfusion dans le bilan initial des AVC¹². En effet, l'augmentation de la résolution temporelle est indispensable à l'observation des phénomènes hémodynamiques et leurs perturbations. Ceci a offert à de nombreux patients, dont l'accès à l'IRM est limité, de pouvoir bénéficier rapidement d'une thrombolyse et éventuellement d'une thrombectomie, dans les minutes qui suivaient la démonstration du thrombus (angio CT) et du territoire à risque d'ischémie définitive (CT Perfusion) par la TDM (figure 1). L'irradiation est bien entendu une donnée indispensable dans l'utilisation de cette technique et les constructeurs ont mis tout en œuvre pour limiter les doses délivrées. Par ailleurs, l'indication du CT perfusion doit être clairement posée (voir algorithme décisionnel, figure 2).

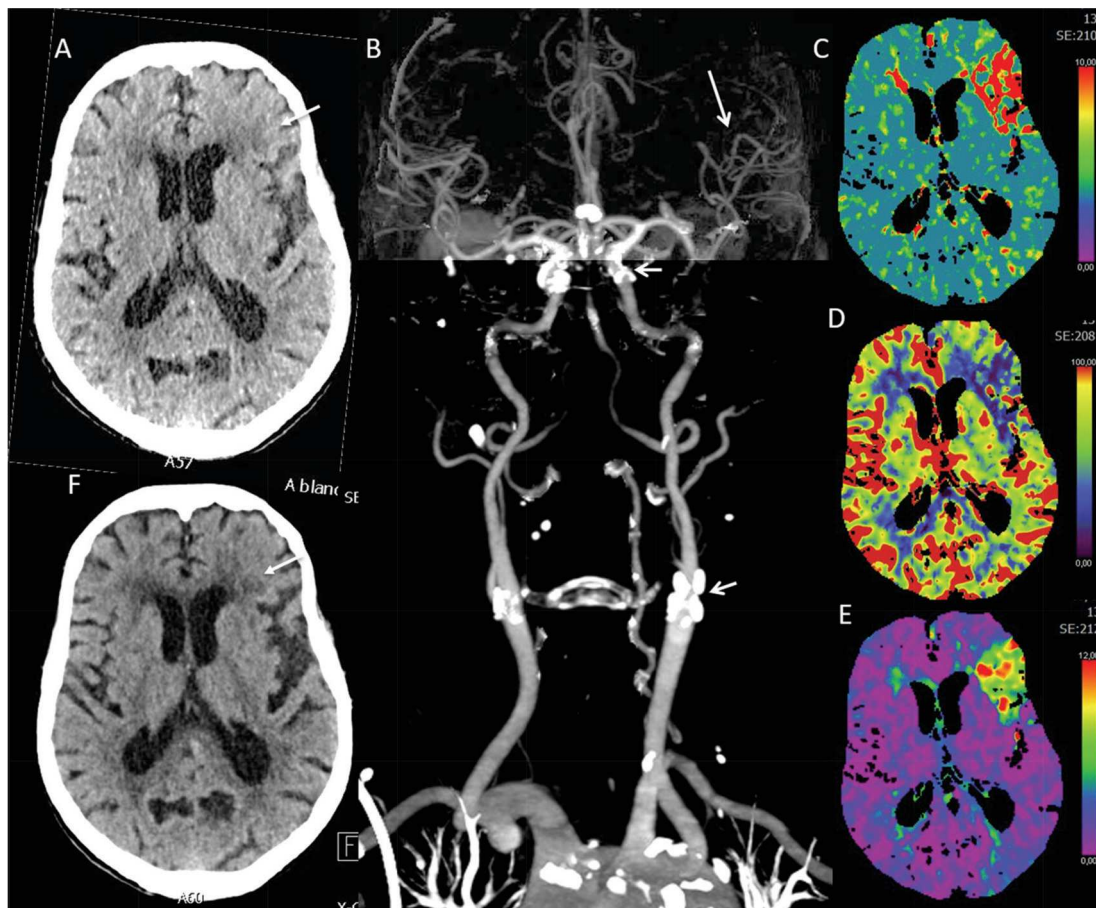


Figure 1 : Patient de 81 ans présentant des difficultés phasiques depuis 1 heure.

Le scanner réalisé à l'arrivée aux urgences (A) ne montre pas d'hypodensité d'ischémie récente, notamment au niveau de l'aire présumée du langage (zone de Broca) à gauche (flèche) ; l'angio CT des troncs supra-aortiques (B) révèle cependant un ralentissement de flux dans le territoire de l'artère cérébrale moyenne gauche (longue flèche) et l'état d'athéromatose sévère calcifiée des bifurcations carotidiennes et des siphons carotidiens internes (courtes flèches) gauches ; le scanner de perfusion réalisé dans la foulée (C-E) montre un infarctus en cours, dans les régions frontale operculaire et insulaire antérieure gauches, avec un ralentissement du temps de transit moyen (MTT, C en rouge), une réduction du flux sanguin cérébral relatif (CBFr, D en bleu-mauve) et un temps de transit total augmenté (Tmax, E en vert-jaune; le rouge correspond aux zones définitivement ischémisées ; le contrôle au scanner 13 jours plus tard (F) ne montre quasiment pas de trace de l'ischémie, à l'exception d'une accentuation de l'hypodensité préalablement présente (flèche) ; le patient a récupéré complètement de son déficit grâce à une prise en charge adéquate favorisée par l'imagerie de perfusion.

L'imagerie par résonance magnétique

Comme précédemment mentionné, l'IRM a largement supplanté le scanner sous plusieurs aspects et ne cesse de se sophistiquer avec les évolutions technologiques d'acquisition et de post-traitement des images. L'IRM permet d'approcher les structures du système nerveux central (SNC) du point de vue morphologique et fonctionnel (hémodynamique, biochimique et physiologique) à l'aide d'analyses qualitative et quantitative.

Les acquisitions 3D de plus en plus fines ont permis d'identifier et de caractériser nombre d'anomalies malformatives ou acquises, et grâce à des contrastes tissulaires élevés (*Flair = fluid attenuation inversion recovery*, inversion-récupération, *SWI = susceptibility weighted imaging*, etc) d'identifier des anomalies infra/juxta-millimétriques, précédemment non visibles. C'est le cas dans la pathologie épileptique où ces avancées ont permis de reclasser des malades étiquetés d'épilepsie idiopathique ou non classée, en épilepsie lésionnelle¹³. L'acquisition 3D offre aussi la possibilité d'utiliser les logiciels informatiques

appropriés pour segmenter le cerveau en plusieurs classes tissulaires dont on peut extraire le volume. On peut ainsi quantifier des segments de tissu ou des lésions (figure 3). Au niveau médullaire les applications actuelles concernent les pathologies inflammatoire (sclérose en plaques = SEP)¹⁴ et neurodégénérative (sclérose latérale amyotrophique)¹⁵. L'IRM 3D en pondération *Flair* permet d'identifier les lésions de substance blanche les plus petites et de poser le diagnostic de SEP d'après les critères les plus récents (figure 4).

L'imagerie de diffusion basée sur le mouvement aléatoire des molécules d'eau au sein du SNC, selon un modèle anisotrope (prédominance d'une direction imposée par la microarchitecture du milieu), appelée " tenseur de diffusion ", a permis de visualiser indirectement l'orientation des fibres de la substance blanche et de comprendre certaines anomalies du développement ainsi que la physiopathologie des maladies affectant la substance blanche. Une de ses meilleures applications est la reconstruction par tractographie des fibres de substance blanche au voisinage des lésions (figure 5).

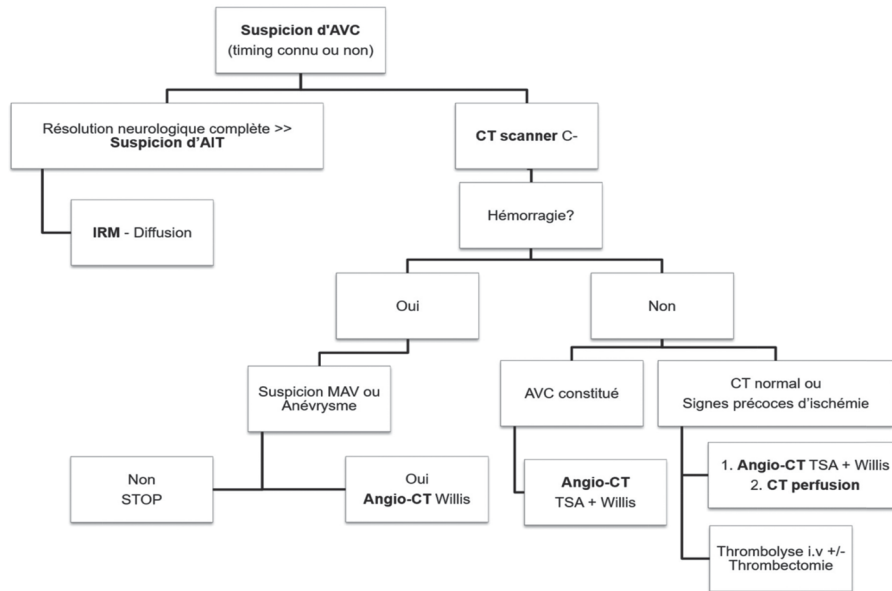


Figure 2 : Algorithme décisionnel de l'imagerie de l'AVC en urgence.

La présence d'hémorragie contraindique la thrombolyse. La confirmation du diagnostic d'AIT requiert une imagerie de diffusion négative dans les 24 h. Le CT perfusion est indiqué lorsque le territoire infarci n'est pas encore constitué (hypodensité marquée et délimitée, et œdème parenchymateux) au CT sans contraste (C-). TSA = troncs supra-aortiques.

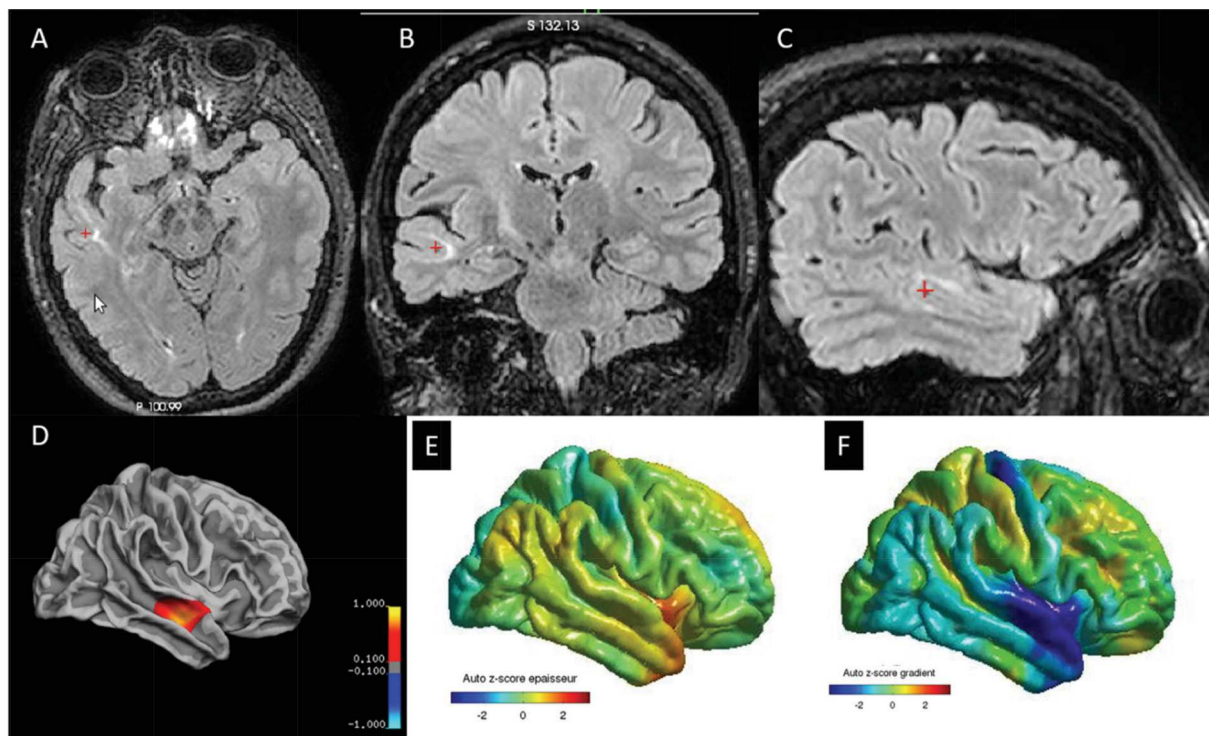


Figure 3 : Patient de 33 ans présentant une épilepsie pharmaco-résistante.

L'IRM en pondération Flair coupes fines en haute résolution (A, axiale ; B, coronale ; C, sagittale) montre une anomalie hypersignale de la jonction blanc-gris temporelle droite (croix rouge) dont les caractéristiques évoquent une dysplasie corticale focale. Après segmentation des substances grise et blanche à l'aide du logiciel FreeSurfer (<https://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>), une analyse statistique vertex par vertex de la surface du cerveau par rapport à un groupe de sujets normaux du même âge, grâce au logiciel SurfStat (www.math.mcgill.ca/keith/surfstat/), permet d'isoler la zone présentant un épaissement anormal du cortex (D, en rouge) à l'origine de l'épilepsie. L'analyse globale de l'épaisseur corticale en comparaison des différentes zones au sein du même cerveau (z-score) montre l'épaissement temporopolaire droit (E, en rouge-orange). Si l'on ne tient compte que de l'anomalie transitionnelle blanc-gris, on obtient en projection surfacique toute la zone dysplasique (F, en bleu), ce qui peut être utile pour délimiter la zone opérable par le chirurgien.

L'imagerie basée sur la susceptibilité magnétique, c'est-à-dire l'altération de l'homogénéité du champ magnétique local qui induit la décroissance du signal par variation de la concentration vasculaire en oxygène (BOLD = *blood oxygen level dependent*) ou par

augmentation de la charge en fer (GRE), est une des avancées importantes de ces dernières années. De nombreuses pathologies neurodégénératives utiliseraient vraisemblablement la voie du métabolisme oxydatif pour induire une apoptose cellulaire

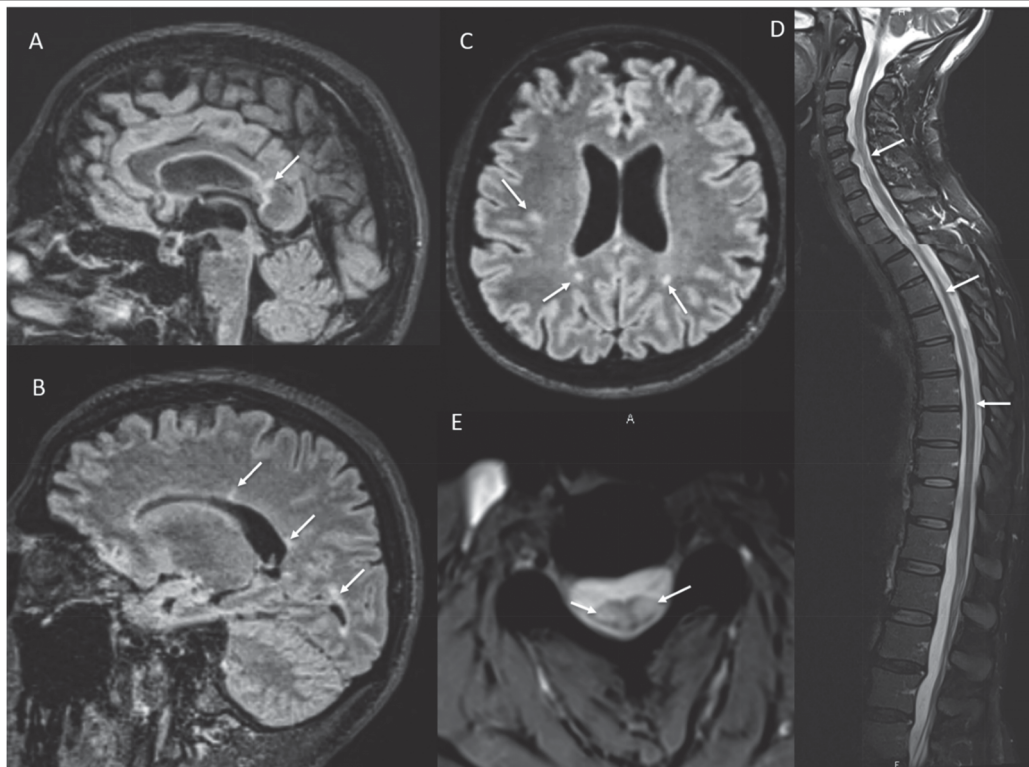


Figure 4 : Patient de 71 ans porteur d'une sclérose en plaques (SEP) avec atteinte médullaire floride.

L'imagerie cérébrale Flair 3D haute résolution (A-C) démontre les lésions hypersignales : au niveau du corps calleux postérieur (A, flèche), de la substance blanche périventriculaire (B, flèches) et de la substance blanche sous-corticale (C, flèches), remplissant les critères diagnostiques modifiés 2017 de Mc Donald pour la SEP. Par ailleurs l'atteinte médullaire est sévère (D), notamment en cervical (E, C5-C6, flèches) résultant en une atrophie étendue du cordon (D, flèches).

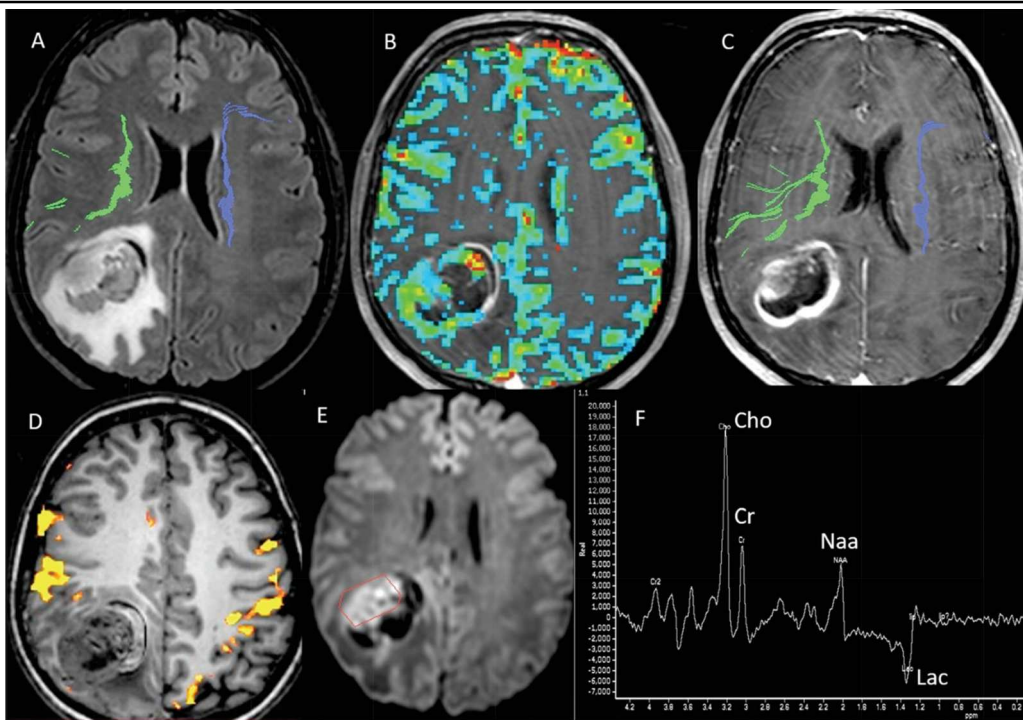


Figure 5 : Imagerie multimodale dans le cadre du bilan préchirurgical d'une patiente de 50 ans, porteuse d'un glioblastome.

Il s'agit d'une masse largement charnue, à caractère nécrotico-kystique sur l'imagerie axiale Flair (A), prenant le contraste intensément en périphérie et de façon hétérogène au niveau du contingent charnu (C). L'imagerie de diffusion (E) montre un hypersignal de la partie charnue suggérant une cellularité dense. L'imagerie en tenseur de diffusion avec reconstruction des fibres de substance blanche, superposée à l'image axiale flair (A) et à l'image T1 injectée (C), montre la déviation du faisceau cortico-spinal droit (en vert) et l'infiltration des fibres proches de la lésion, par rapport à son homologue controlatéral (en bleu). L'imagerie de perfusion avec superposition de la carte du volume sanguin cérébral relatif sur l'image axiale T1 injectée montre les zones d'hyperperfusion (en vert-jaune) sur le site lésionnel, témoignant de la néovascularisation, critère de malignité. L'IRM fonctionnelle avec stimulation motrice (D), permet de visualiser la localisation des aires électives par rapport à la tumeur et de préciser sa topographie pariétale. L'analyse des composants métaboliques de la lésion par spectroscopie, en technique monovoxel localisé sur le contingent charnu (E), montre un spectre dont l'analyse révèle une élévation majeure des ratios Cho (choline)/Naa (N-acetyl-aspartate) et Cho/Cr (créatine); par ailleurs la présence des lactates (Lac) s'accorde avec le caractère nécrotique, néovascularisé et malin de la lésion.

progressive¹⁵. L'imagerie fonctionnelle (fMRI) basée sur la technique BOLD a permis de cartographier les zones éloquentes du cerveau et d'établir leur relation avec les lésions voisines dans le cadre du bilan préchirurgical, mais aussi dans l'évaluation des fonctions cognitives stimulées ou à l'état de repos (*resting state fMRI*) (figure 5).

Une des approches les plus séduisantes est sans nul doute la spectroscopie qui permet une approche biochimique non invasive du parenchyme. Son essor y repose et elle est actuellement intégrée à de nombreux protocoles d'imagerie, en raison de sa capacité à identifier les profils métaboliques pathologiques tant lors du diagnostic initial que lors du suivi¹⁶. La tendance actuelle est à la combinaison de ces différentes modalités, par exemple dans le bilan préchirurgical et le suivi post-thérapeutique des tumeurs cérébrales¹⁷ (figure 5).

Les progrès de l'IRM décrits ci-dessus sont applicables aux aimants 1,5 et 3 Tesla (T) utilisés en routine clinique. En imagerie neurologique de recherche, les champs ultra-hauts de l'ordre de 7T et 9T permettent d'accéder à des zones reculées de l'anatomie et de la fonction du cerveau ainsi que de la moelle. Ils offrent ainsi une sémiologie ultrafine dont on peut se poser la question de savoir quel impact ces éléments pourraient avoir sur la prise en charge actuelle des malades, ceci ne permettant pas de douter de l'apport significatif que de telles observations ont sur la compréhension de l'anatomie et de la physiopathologie, *in vivo*¹⁸.

CONCLUSION

Nous avons passé en revue, de façon non exhaustive, les éléments en rapport avec l'état de l'art de l'utilisation du scanner et de l'IRM dans les pathologies neurologiques. Il importe aux prescripteurs d'imagerie d'avoir une connaissance générale des stratégies d'imagerie en urgence et dans le cadre du bilan diagnostique et du suivi des affections neurologiques. Les radiologues quant à eux doivent se familiariser avec l'application de ces stratégies et utiliser des protocoles d'imagerie en accord avec le guide des bonnes pratiques.

Conflits d'intérêt : néant.

BIBLIOGRAPHIE

1. Rincon S, Gupta R, Ptak T. Imaging of head trauma. *Handb Clin Neurol*. 2016;135:447-77.
2. Smith AG, Rowland Hill C. Imaging assessment of acute ischaemic stroke: a review of radiological methods. *Br J Radiol*. 2018;91(1083):20170573.
3. Chang PT, Yang E, Swenson DW, Lee EY. Pediatric Emergency Magnetic Resonance Imaging: Current Indications, Techniques, and Clinical Applications. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2016;24(2):449-80.

4. Lall NU, Stence NV, Mirsky DM. Magnetic Resonance Imaging of Pediatric Neurologic Emergencies. *Top Magn Reson Imaging*. 2015;24(6):291-307.
5. Tung M, Sharma R, Hinson JS, Nothelle S, Pannikottu J, Segal JB. Factors associated with imaging overuse in the emergency department: A systematic review. *Am J Emerg Med*. 2018;36(2):301-9.
6. Belgian Society of Radiology. (Consulté le 02/05/2018). Actual Guidelines. [Internet]. https://www.bsr-web.be/actual_guidelines.php
7. SPF Santé publique. (Consulté le 02/05/2018). Recommandations imagerie médicale. [Internet]. <https://www.health.belgium.be/fr/sante/organisation-des-soins-de-sante/qualite-des-soins/bonnes-pratiques/recommandations-imagerie>
8. Société française de Radiologie. (Consulté le 02/05/2018). Guide pratique d'imagerie diagnostique à l'usage des médecins radiologues. [Internet]. <http://www.sfrnet.org/sfr/professionnels/5-referentiels-bonnes-pratiques/guides/guide-pratique-d-imagerie-diagnostique-a-lusage-des-medecins-radiologues/index.phtml>
9. Mariano R, Flanagan EP, Weinshenker BG, Palace J. A practical approach to the diagnosis of spinal cord lesions. *Pract Neurol*. 2018. pii: practneurol-2017-001845.
10. Pelc NJ. Recent and Future Directions in CT Imaging. *Annals of biomedical engineering*. 2014;42(2):260-8.
11. Forghani R, De Man B, Gupta R. Dual-Energy Computed Tomography: Physical Principles, Approaches to Scanning, Usage, and Implementation: Part 1. *Neuroimaging Clin N Am*. 2017;27(3):371-84.
12. Vilela P, Rowley HA. Brain ischemia: CT and MRI techniques in acute ischemic stroke. *Eur J Radiol*. 2017;96:162-72.
13. Middlebrooks EH, Ver Hoef L, Szaflarski JP. Neuroimaging in Epilepsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2017;17(4):32.
14. Sinnecker T, Granziera C, Wuerfel J, Schlaeger R. Future Brain and Spinal Cord Volumetric Imaging in the Clinic for Monitoring Treatment Response in MS. *Curr Treat Options Neurol*. 2018;20(6):17.
15. Grolez G, Kyheng M, Lopes R, Moreau C, Timmerman K, Auger F *et al*. MRI of the cervical spinal cord predicts respiratory dysfunction in ALS. *Sci Rep*. 2018;8(1):1828.
16. Jissendi Tchofo P, Balériaux D. Brain (1)H-MR spectroscopy in clinical neuroimaging at 3T. *J Neuroradiol*. 2009;36(1):24-40.
17. Brandão LA, Shiroishi MS, Law M. Brain tumors: a multimodality approach with diffusion-weighted imaging, diffusion tensor imaging, magnetic resonance spectroscopy, dynamic susceptibility contrast and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2013;21(2):199-239.
18. Vargas MI, Martelli P, Xin L, Ipek O, Grouiller F, Pittau F *et al*. Clinical Neuroimaging Using 7 T MRI: Challenges and Prospects. *J Neuroimaging*. 2018;28(1):5-13.

Correspondance :

P. JISSENDI
CHU Saint-Pierre
Service de Radiologie
Rue aux Laines, 105
1000 Bruxelles.
E-mail : patrice_jissenditchofo@stpierre-bru.be

Travail reçu le 2 mai 2018 ; accepté dans sa version définitive le 12 juin 2018.