

Exploration par IRM des traumatisés crâniens

MRI investigation of traumatic head injury

D Galanaud, L Puybasset

Service de Neuroradiologie et réanimation neuro chirurgicale, Hôpital La Pitié Salpêtrière, Paris

Mots clés

- ◆ IRM
- ◆ Pronostic
- ◆ Coma
- ◆ Diffusion tensor

Résumé

Introduction. Ajuster la réanimation au devenir des malades demande de connaître leur chance de récupération. La clinique et les examens disponibles actuellement ne sont pas assez fiables pour fournir un pronostic individuel. L'IRM en tenseur de diffusion apporte des données précoces et quantifiables de l'intégrité de la substance blanche.

Patients et méthodes. À partir des données que nous a fourni une série d'IRM réalisées selon une technique standardisée chez 43 patients traumatisés crâniens et 15 sujets témoins, nous nous proposons de faire le point sur l'apport diagnostique et pronostique de l'IRM chez les traumatisés crâniens graves ainsi que sur ses potentialités dans l'avenir.

Résultats. L'atteinte de certaines structures cérébrales aura des conséquences péjoratives sur le pronostic du patient, soit en raison de leur implication dans les circuits de l'éveil, soit par leur importance fonctionnelle dans la vie relationnelle. Il est très important de préciser leur uni- ou bilatéralité. Une atteinte unilatérale pourra souvent être compensée par le côté controlatéral. Les structures que l'on sait actuellement être importantes pour l'éveil et la conscience sont la protubérance postérieure, les pédoncules cérébraux (mésencéphale), les thalami, en particulier dans leur partie postérieure (pulvinar), l'hypothalamus et le « *basal forebrain* », partie la plus caudale des lobes frontaux. La première étude publiée par notre groupe concernant l'utilisation de l'IRM multimodale pour la pronostication du devenir neurologique des patients traumatisés crâniens objective des différences considérables en termes d'IRM quantitatives (tenseur de diffusion et spectroscopie) à la troisième semaine après l'accident entre les patients ayant un pronostic favorable et ceux ayant un pronostic défavorable. **Discussion.** Ces premiers résultats sont à confirmer sur des études multicentriques, actuellement en cours. À moyen terme, cette approche pronostique va nécessiter la mise en place de banques mondiales d'IRM standardisées dans leur réalisation. À long terme, un système pronostic sera mis à disposition de toutes les unités de réanimation, permettant de définir une cartographie individuelle du pronostic neurologique dès la seconde semaine de l'accident.

Keywords

- ◆ MRI
- ◆ Prognosis
- ◆ Coma
- ◆ Diffusion tensor

Abstract

Introduction. To adapt the ICU care to the outcome of the patients requires a better assessment of their likelihood of recovery. Clinical examination and today's available examinations are not sufficiently reliable to supply an individual prognosis. Diffusion tensor imaging provides early and quantifiable data regarding the integrity of the white matter.

Patients and methods. Based on the data of a series of MRI performed according to a standardized technique on 43 traumatic brain injury patients and 15 control subjects, we review the contribution of MRI on diagnosis and outcome prognosis of severe TBI patients as well as its future potentialities.

Results. The impairment of some cerebral structures bears harmful consequences on the patient's prognosis, either because of their implication in the circuits of awakening, or because of their functional importance in human relationship shaping. It is crucial to specify their uni- or bi-laterality. A one-sided lesion can often be compensated by the contra lateral side. The structures presently known of importance in awakening and consciousness are the posterior protuberance, the cerebral peduncles (midbrain)(mesencephalon), the thalami, in particular in their (posterior) part (pulvinar), the hypothalamus and the " basal forebrain ", the most caudal part of the frontal lobes. The first study published by our group concerning the use of the multimodal MRI for the prognostication of the neurological future of the TBI patients objectivizes considerable quantitative differences, in terms of MRI (tensor of distribution and spectroscopy) in the third week after the accident, between the patients with favorable prognosis and those with unfavorable prognosis.

Discussion. These first results require confirmation by ongoing multicenter studies. In the medium term, this outcome prognostication approach will require the implementation of worldwide MRI databank, standardized in their realization. In the long run, a specific prognosis system will be provided to all resuscitation units, allowing to map individual neurological prognosis as soon as 2 weeks after acute brain injury.

Correspondance :

L Puybasset

Service de Neuroradiologie et réanimation neuro chirurgicale, Hôpital La Pitié Salpêtrière, Paris

E-mail : louis.puybasset@psl.aphp.fr

La détermination du pronostic des patients présentant des troubles aigus de conscience reste dans de nombreux cas problématique. De nos jours, l'attitude qui prévaut dans certaines situations comme les traumatismes crâniens, l'hémorragie méningée ou les causes anoxiques (arrêt cardiaque, bas débit) est souvent une réanimation intensive initiale par défaut, adaptée s'il existe une probabilité importante de retour à un état neurologique satisfaisant, mais inutilement invasive si le pronostic neurologique est mauvais. Peu de moyens existent actuellement pour évaluer l'importance de l'atteinte cérébrale chez ces patients. L'examen clinique est peu contributif chez ces malades dont le traitement requiert le plus souvent une sédation lourde. Les techniques dérivées de l'électroencéphalogramme ont donné des résultats prometteurs, mais ne permettent de prédire que les états cliniques les plus graves et sont également influencées par la sédation. Il semble logique d'utiliser l'IRM, technique d'imagerie cérébrale de référence, pour essayer de faire un bilan lésionnel précis chez ces patients.

Il n'existe cependant paradoxalement que peu d'études sur ce sujet. Ceci s'explique essentiellement par la lourdeur du transport des malades intubés-ventilés à l'IRM, la durée importante de l'examen (1h-1h30 en raison du temps d'installation) et le relatif manque d'appareils.

Cette méthode d'exploration semble destinée à se développer dans un avenir proche, et il est donc important de connaître les données qu'elle peut fournir chez les patients comateux.

Technique

Principe de l'appareil d'IRM

À la différence du scanner, basé sur l'absorption des rayons X, l'IRM est basée sur l'émission d'ondes de radiofréquence par les protons du corps humain placés dans un champ magnétique intense. Un appareil d'IRM est constitué de trois éléments essentiels :

- un aimant supraconducteur créant un champ magnétique intense (de 1,5 à 3 teslas actuellement). Ce champ magnétique est permanent, présent même lorsque la machine ne crée pas d'images. Il est donc strictement interdit d'introduire des objets ferromagnétiques dans la pièce où se situe l'IRM. De plus, ce champ magnétique est susceptible de dérégler les dispositifs médicaux contenant de l'informatique. Ceux-ci doivent donc être placés à bonne distance de la machine (seringues électriques) ou être certifiés IRM compatibles (respirateurs, matériel de monitoring) ;
- une antenne destinée à émettre les impulsions de stimulation et à recueillir le signal. Celle-ci est placée sur la tête du malade ;
- un appareillage annexe, destiné à coder le signal dans l'espace et à traiter l'information.

Quelles séquences d'IRM réaliser ?

De très nombreuses séquences d'IRM peuvent être réalisées. Les plus importantes pour l'exploration des patients comateux sont :

- la séquence FLAIR. Cette « séquence à tout faire » de la neuroradiologie permet de dépister la plupart des lésions. Le parenchyme apparaît presque uniformément gris, le LCR est noir et les anomalies se présentent essentiellement sous la forme d'hypersignaux intraparenchymateux ou méningés (dans le cas de l'hémorragie méningée ou des méningites purulentes). On réalise habituellement des coupes axiales, de 5 mm d'épaisseur au maximum ;
- la séquence T2 écho de spin. La principale limite de la séquence FLAIR est sa mauvaise sensibilité pour l'étude du

tronc cérébral. On la complète donc par une séquence pondérée en T2, en coupes fines (2 à 3 mm). Le contraste de cette séquence est identique à celui de la séquence FLAIR, mis à part le LCR qui est en hypersignal spontané ;

- la séquence T2* écho de gradient. Cette séquence est sensible aux produits de dégradation de l'hémoglobine. Le fer qu'ils contiennent génère des artefacts caractéristiques en hyposignal. L'intérêt de cette séquence n'est pas tant de détecter les hématomes intraparenchymateux (très bien visibles en FLAIR et au scanner) que de mettre en évidence des lésions axonales diffuses hémorragiques ou des microsaignements d'angiopathies. On réalise habituellement des coupes axiales jointives de 5 mm d'épaisseur ;
- la séquence de diffusion. Il s'agit d'une séquence sensible aux mouvements des molécules d'eau. Elle peut être utilisée de 2 manières différentes :
 - l'imagerie de diffusion consiste à étudier de manière globale (isotrope) la diffusibilité de l'eau dans un tissu. L'intérêt essentiel de cette séquence est que seul un nombre très limité de pathologies entraînent une diminution de ce paramètre. Il s'agit en particulier des abcès et de l'ischémie à la phase aiguë ;
 - l'imagerie de tenseur de diffusion cherche à déterminer si la diffusibilité de l'eau s'exerce dans une direction préférentielle (anisotrope). Ceci se produit dans les faisceaux de fibres blanches où l'eau, canalisée par les membranes, ne peut se déplacer que dans le sens des axones ou des dendrites. Cette séquence permet donc de déterminer si ces structures sont intactes ou lésées (1). Cette séquence, qui est moins largement disponible que la séquence d'imagerie de diffusion, permet une meilleure analyse de l'état de la substance blanche, en particulier pour la détection des lésions axonales diffuses ou des conséquences de l'hypertension intracrânienne (2, 3).
- la spectroscopie par résonance magnétique (SRM) permet d'étudier le métabolisme cérébral. Elle permet de détecter une souffrance cérébrale non visible sur les séquences conventionnelles. Le marqueur le plus important est le N-Acétyl-aspartate (NAA), acide aminé présent uniquement dans les neurones et dont les variations permettent d'apprécier la viabilité et l'état fonctionnel de ces cellules. En cas d'anoxie, on peut également retrouver la présence anormale de lactate.

Le tenseur de diffusion et la SRM, séquences plus complexes que les précédentes, ne sont pas disponibles sur la totalité des IRM installées.

À noter que le patient ne peut bénéficier d'un examen IRM que si son état clinique est stable. Une hypertension intracrânienne, un état de choc ou une atteinte respiratoire sévère contre-indiquent l'examen. Pour cette raison, l'examen est le plus souvent réalisé lors de la troisième semaine.

Résultats

L'étude des patients traumatisés crâniens graves nécessite une double approche : il faut, d'une part, rechercher des lésions spécifiques aux différents mécanismes lésionnels, pour déterminer le mécanisme physiopathologique des troubles de conscience, d'autre part, étudier l'atteinte des structures importantes pour l'éveil et la vie relationnelle, afin de préciser les séquelles prévisibles et les possibilités de récupération.

Structures physiologiquement importantes

L'atteinte de certaines structures cérébrales aura des conséquences péjoratives sur le pronostic du patient, soit en raison de leur implication dans les circuits de l'éveil, soit par leur importance fonctionnelle dans la vie relationnelle. Il est important de préciser leur uni- ou bilatéralité. En effet, la plu-

part des zones fonctionnelles étant dupliquées de manière symétrique, une atteinte unilatérale pourra souvent être compensée par le côté controlatéral (les exceptions importantes à cette règle étant les régions du langage et de la motricité).

Structures de l'éveil

Les mécanismes de l'éveil et de la conscience sont encore imparfaitement connus et impliquent des circuits complexes entre le tronc cérébral, les noyaux gris centraux et certaines régions corticales. Les structures que l'on sait actuellement être importantes sont :

- la protubérance postérieure, en particulier dans sa partie supérieure où est située la substance réticulée activatrice. L'atteinte résulte souvent d'un engagement temporal important, en particulier en cas d'hématome sous ou extradural (4-7) ;
- les pédoncules cérébraux (mésencéphale), voies d'efférence de la réticulée, sont également souvent atteints dans les traumatismes crâniens, surtout ceux impliquant des mécanismes de décélération brutale : la différence de cinétique entre le tégument et le tronc cérébral entraînant un cisaillement de cette région (8) ;
- le thalamus, en particulier dans sa partie postérieure (pulvinar). L'atteinte est ici généralement d'origine vasculaire : un hématome intracérébral ou un accident vasculaire entraînent un engagement temporal et une compression des cérébrales postérieures qui vascularisent les thalamus par les branches thalamostriées (9) ;
- l'hypothalamus et le « *basal forebrain* », partie la plus caudale des lobes frontaux. Son atteinte est à rechercher systématiquement, en particulier en cas de traumatisme crânien basifrontal. Les conséquences de ces atteintes sont plus difficiles à affirmer que pour ce qui concerne les noyaux gris centraux ;
- une atteinte du cingulum a également été décrite comme pouvant donner des troubles graves de conscience. Ceci demande à être confirmé.

Structures de la vie relationnelle

Les atteintes des régions suivantes ne compromettent pas en elles-mêmes le réveil du malade mais peuvent être responsables de séquelles neurologiques importantes, pouvant compliquer la rééducation ou entraîner un handicap sévère. Ce sont en particulier l'atteinte :

- des aires motrices primaires et du faisceau pyramidal, responsables d'une hémiparésie peu susceptible de récupérer ;
- des aires du langage (Broca et Wernicke) qui entraînent une aphasie. L'atteinte de l'aire de Wernicke est particulièrement critique, en raison des troubles graves de compréhension qu'elle entraîne ce qui, de plus, complique la rééducation ;
- des circuits de la mémoire : l'atteinte bilatérale du complexe amygdalo-hippocampique peut être responsable de troubles graves des capacités de mémorisation entraînant un tableau de type Korsakoff (atteinte bilatérale et symétrique des parties internes des lobes temporaux) ;
- des lobes frontaux. Une atteinte étendue peut entraîner des séquelles psychiatriques, à type d'apathie (mutisme akinétique) ou de désinhibition ;
- du striatum, qui peut être responsable de séquelles motrices.

Mécanismes lésionnels

Au cours des traumatismes crâniens, les mécanismes lésionnels sont nombreux, ce qui rend délicate l'analyse des images IRM. En effet, si certaines lésions sont bien visibles et partiellement réversibles (en particulier les hématomes), d'autres sont plus difficilement observables et vont laisser des séquelles peu réversibles (par exemple certaines lésions axonales

diffuses), se traduisant à terme par une atrophie cérébrale (10, 11). Les principaux mécanismes lésionnels sont décrits ci-après.

Contusion œdémateuse

Elle se présente sous la forme d'hypersignaux en séquence FLAIR, sans hyposignal en séquence T2*. Il peut s'agir de :

- destruction étendue (attrition), de mauvais pronostic ;
- de lésions très œdémateuses, partiellement régressives ;
- ou de petits hypersignaux, de bon pronostic s'ils ne sont pas situés dans des zones fonctionnellement critiques.

Hématome franc (contusion hémorragique)

Visible sous la forme d'une hyperdensité au scanner, il se présente en IRM sous la forme d'un hypersignal en séquence FLAIR et d'un hyposignal en séquence T2* (fig. 1). Il évolue vers la régression, avec présence à terme d'une « cicatrice » en hyposignal T2*/hypersignal FLAIR. Le pronostic est généralement bon pour les hématomes lobaires, souvent en grande partie régressifs, mais nettement plus réservé pour les hématomes profonds atteignant les noyaux gris centraux ou la protubérance.

Lésions axonales diffuses

Elles résultent du cisaillement des fibres blanches, survenant particulièrement lors des phénomènes de décélération. Ces lésions peuvent être ischémiques ou hémorragiques. Les lésions ischémiques peuvent se présenter sous la forme d'hypersignaux en séquences FLAIR. Elles sont souvent mal détectées par les séquences classiques, et mieux mises en évidence par les séquences de diffusion et de tenseur de diffusion (12-15). Les lésions hémorragiques se présentent sous la forme d'hypersignaux punctiformes en T2*, sans anomalie franche en séquence FLAIR (16). La séquence T2* ne met pas directement en évidence ces lésions mais détecte les microhémorragies résultant des ruptures associées des vaisseaux de petit calibre, localisées à la jonction substance blanche - substance grise.

Lésions ischémiques

Elles peuvent survenir soit au décours d'une dissection artérielle (vertébrale ou carotidienne), soit par compression de la cérébrale postérieure ou des artères thalamo-striées prises en tenaille entre le lobe temporal et le mésencéphale au cours d'un engagement. Elles se présentent sous la forme d'hypersignaux en séquence FLAIR associés à une baisse du coefficient de diffusion, dont la topographie suit une systématisation vasculaire. Elles sont en général irréversibles.

Souffrance du tronc cérébral

Elle peut résulter d'un engagement ou, plus souvent, d'une décélération brutale (fig. 2). La différence de cinétique et de contention entre le tronc et les hémisphères se traduit par une lésion au niveau de la jonction entre le bulbe et la protubérance. Difficile à mettre en évidence par les séquences conventionnelles, elle est plus facilement détectée grâce aux séquences de spectroscopie et de tenseur de diffusion (17).

Hypertension intracrânienne (HTIC)

Une HTIC prolongée mal contrôlée entraîne une souffrance de la substance blanche, que l'on peut visualiser précocement en tenseur de diffusion sous forme d'un appauvrissement diffus des faisceaux (fig. 3). L'évolution se fait vers une atrophie cérébrale sous-corticale en quelques mois.

Bas débit/anoxie

En cas de polytraumatisme, la survenue d'un bas débit ou d'une hypoxémie peut entraîner des lésions extensives du cortex et des noyaux gris (fig. 3). Celles-ci apparaissent en

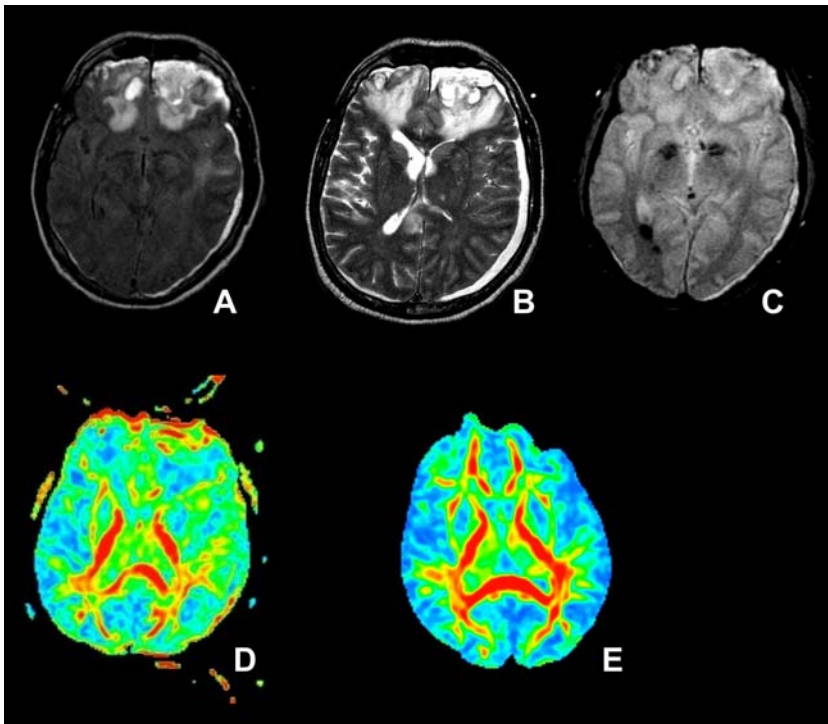
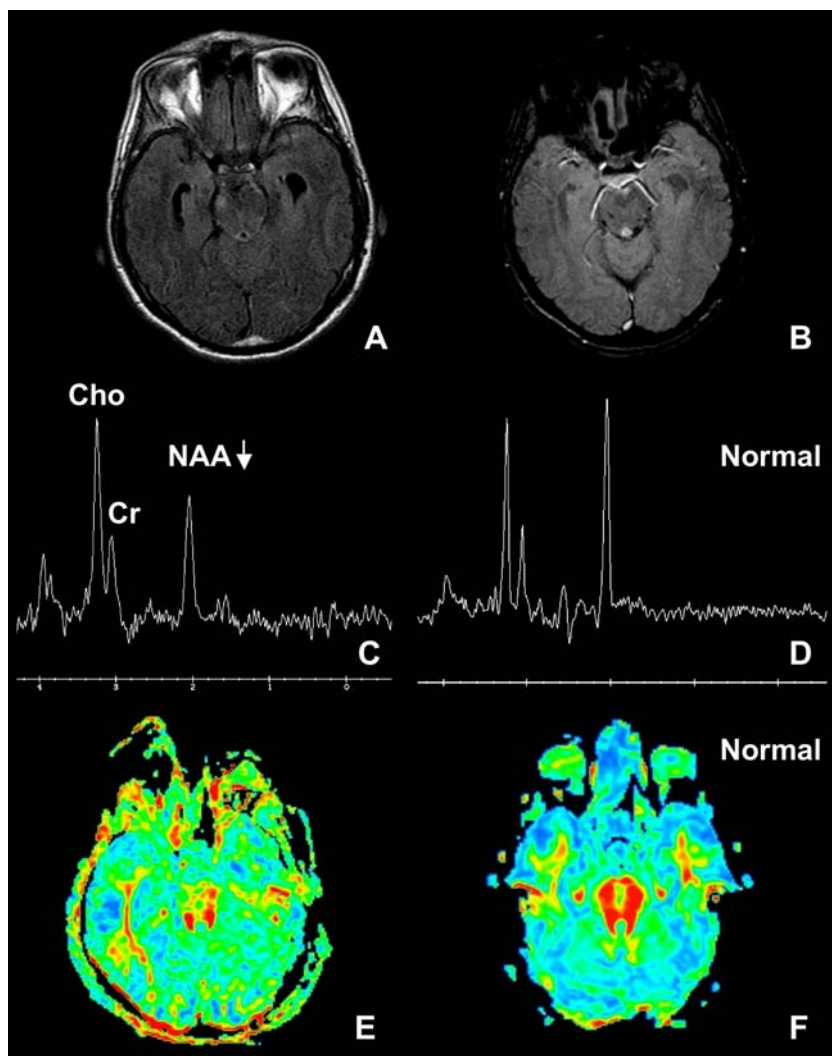


Figure 1. Patient ayant présenté un traumatisme crânien grave, avec une atteinte étendue de l'étage antérieur. IRM en séquence FLAIR (A), T2 (B), T2* (C) et tenseur de diffusion (cartographie d'anisotropie fractionnelle patient [D] et valeur normale [E]). On retrouve les hématomes se présentant sous la forme de lésions en hypersignal FLAIR, limités par une couronne en hyposignal T2*, entourés d'œdème. La séquence de tenseur de diffusion n'est altérée que dans la région où sont situés les hématomes, confirmant l'absence de souffrance cérébrale diffuse.



hypersignal FLAIR et présentent un coefficient de diffusion diminué. Leur pronostic est particulièrement sombre.

Premiers résultats obtenus

La première étude publiée (18) par notre groupe concernant l'utilisation de l'IRM multimodale pour la pronostication du devenir neurologique des patients traumatisés crâniens a montré des résultats très prometteurs. La figure 4 montre la distribution des patients et des contrôles sur une échelle de score basée sur la moyenne de la fraction d'anisotropie infratentorielle et supratentorielle, ainsi que sur le rapport NAA/Cr dans le pont, les insula et les thalami. L'IRM a été réalisée à la troisième semaine après l'accident. Le pronostic est évalué à 1 an. Les patients ayant un pronostic défavorable sont très clairement séparés des patients ayant un pronostic favorable. Eux-mêmes ont un score plus bas que les sujets contrôles.

Conclusion

L'IRM cérébrale est encore sous utilisée dans l'évaluation des traumatismes crâniens graves. Ses difficultés de réalisation sont pourtant maîtrisables par une équipe de radiologie et de réanimation bien entraînée. Quelques séquences rapides (T1, FLAIR, T2*) permettent de réaliser un bilan lésionnel beaucoup plus précis que le scanner cérébral. Des séquences plus récemment développées (SRM, tenseur de diffusion) permettent désormais de réaliser un bilan extensif de l'atteinte cérébrale et devraient contribuer à imposer cette méthode d'imagerie comme la technique de référence pour l'évaluation pronostique des traumatismes crâniens sévères.

Questions

Questions du Professeur Yves Chapuis

Votre remarquable communication appelle de ma part trois questions.

Question 1. Comme vous le savez sans doute, plusieurs sénateurs ont souhaité récemment que la loi Leonetti soit modifiée sur la fin de vie en demandant la suppression de l'interdiction de l'euthanasie active dans des conditions très précises. Pensez-vous que les ressources qu'offre aujourd'hui l'IRM pour affirmer la destruction du cer-

Figure 2. Traumatisme crânien grave. IRM en séquence FLAIR (A), T2* (B), spectroscopie sur la protubérance (patient [C] et valeur normale [D]), tenseur de diffusion (cartographie d'anisotropie fractionnelle patient [E] et valeur normale [F]). On retrouve une atteinte de la protubérance en apparence limitée sur la séquence FLAIR et sur la séquence T2* : petite contusion antérieure droite et présence de quelques lésions axonales diffuses hémorragiques. En revanche, la spectroscopie retrouve une diminution importante du NAA, associée à une désorganisation des fibres blanches antérieures témoignant d'une importante atteinte du tronc, non visible sur les séquences conventionnelles.

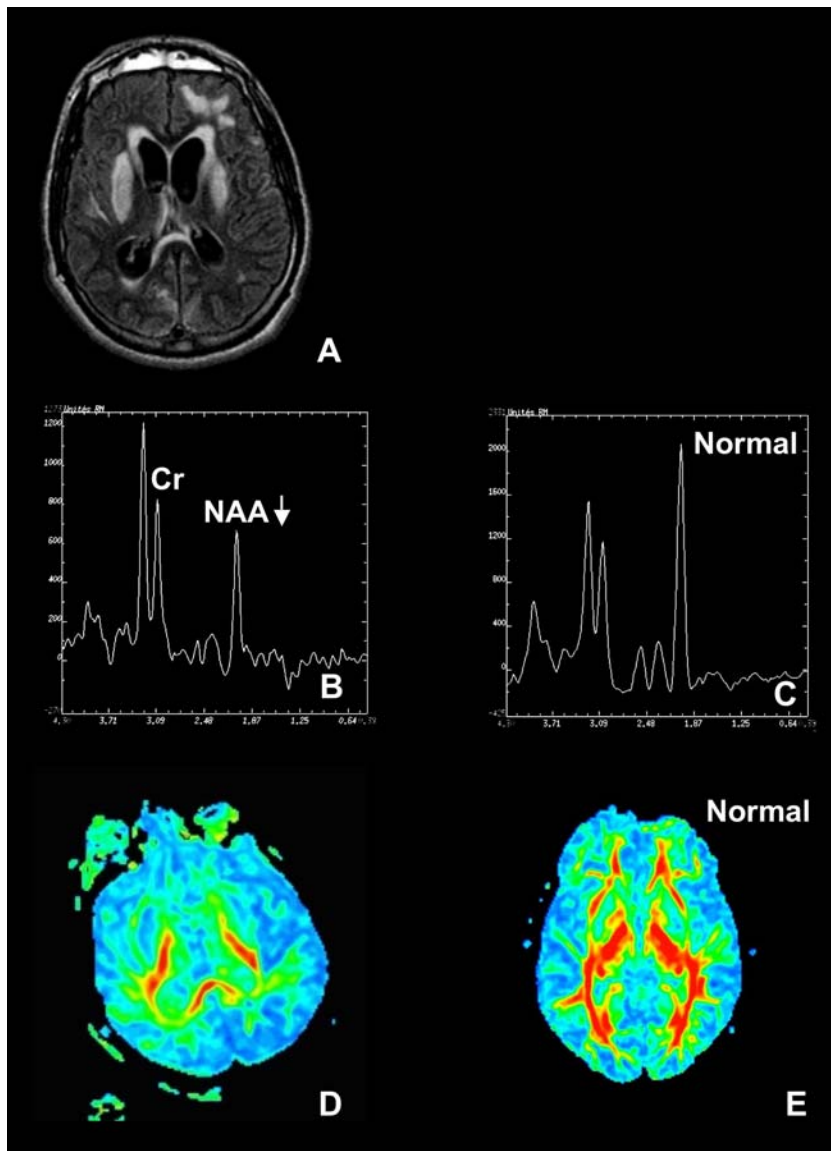


Figure 3. Traumatisme crânien grave compliqué de bas débit et d'hypertension intracrânienne. IRM en séquence FLAIR (A), spectroscopie sur le noyau lenticulaire droit (patient [B] et valeur normale [C]), tenseur de diffusion (cartographie d'anisotropie fractionnelle patient [D] et valeur normale [E]). On retrouve un hypersignal des noyaux lenticulaires, d'origine anoxo-ischémique (conséquence du bas débit). Le NAA est fortement diminué par rapport à la valeur normale. La substance blanche apparaît quasi-normale en imagerie conventionnelle, mais on note un appauvrissement important des fibres en tenseur de diffusion, conséquence de l'hypertension intracrânienne.

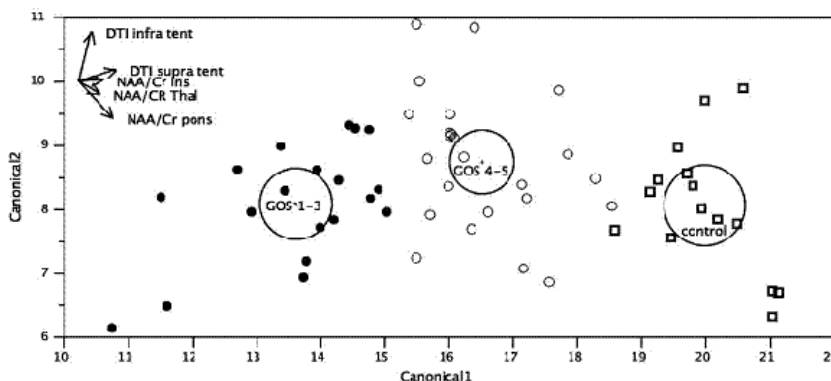


Figure 4. Un score comprenant la moyenne de la fraction d'anisotropie infratentorielle et supratentorielle, ainsi que sur le rapport NAA/Cr dans le pont, les insula et les thalami est construit en analyse linéaire discriminante. Il sépare bien les patients ayant un pronostic défavorable (cercles fermés) à un an des patients ayant un pronostic favorable (cercles ouverts) des sujets sains (carrés fermés).

veau puissent constituer un argument pour les défenseurs de l'euthanasie active ?

Réponse 1

Tout dépend des définitions utilisées. Si l'on considère que la définition de l'euthanasie est la réponse explicite d'un médecin (par injection létale) à la demande de mort explicite d'un malade, alors elle ne peut s'appliquer qu'au patient conscient et compétent, donc par définition pas à un patient qui aurait eu une IRM de ce type. Si on considère ce qui relève de ce qu'on appelait autrefois « euthanasie passive » et qui rentre maintenant dans ce que l'on appelle LATA (limitations des thérapeutiques actives), alors oui ces IRM modifient la donne. Cependant, elles ne sont pas un « argument » pour les défenseurs de l'euthanasie. Elles sont simplement un élément médical du pronostic qui permet de prendre des décisions de LATA qui reposent sur une analyse médicale fine de l'avenir neurologique du patient. Au total, ces IRM sont un argument parfois pour décider d'une LATA mais en aucun cas d'une euthanasie (compris dans sa définition la plus stricte).

Question 2. Actuellement en France, et contrairement à certains pays d'Europe (GB, Belgique, Pays-Bas), le prélèvement d'organes chez les sujets appartenant à la catégorie III de Maastricht est interdit, et parmi les arguments évoqués la crainte de recours abusif à cette catégorie de donneur potentiel. Dès lors que l'on dispose d'un examen objectif qui grâce à des études approfondies sur le plan international devraient permettre d'affirmer la destruction définitive du cerveau, ne pensez-vous pas qu'il y a lieu de remettre en cause cette disposition ?

Réponse 2

Oui. Il est clair que ce type d'IRM bouleverse la pronostication neurologique. De ce fait, cette nouvelle méthodologie d'analyse du pronostic neurologique interagit très fortement avec le dossier du Maastricht 3. Il est exact de dire que la décision de se lancer dans le M3 à l'échelon collectif comme individuel est plus simple avec cet outil. D'un autre côté, ceci revient, en réalité, à définir, après la mort cardiaque et la mort cérébrale, la mort du pronostic neurologique pour s'autoriser le prélèvement d'organes. De plus, cette définition va tenir compte de critères IRM rationnels comme la mort cérébrale tient compte de critères angiographiques ou EEG.

On le voit, les enjeux sociétaux, anthropologiques, philosophiques et religieux d'une telle utilisation de l'IRM sont donc considérables, puisqu'il ne s'agirait de rien d'autre que de développer une nouvelle définition de la mort.

Question 3. Dans un même ordre d'idée, avez-vous des informations sur l'utilisation d'une IRM destinée à affirmer la destruction cérébrale chez des nouveau-nés atteints de maladies graves qui dans le cadre de soins palliatifs font l'objet de maintien en survie dans un but compassionnel ?

Réponse 3

Les néonatalogistes développent l'IRM pronostique depuis longtemps. Cependant et à ma connaissance, il n'y a pas encore d'algorithmes prédictifs basés sur des séquences quantitatives du type DTI et spectro MR.

Question de Docteur Jean-Louis Ribardière

Ancien externe de Jean-Louis Lebeau à la Salpêtrière et souhaitant même devenir neurochirurgien, je sais, et vous l'avez dit vous-même, que la substance blanche a une importance qu'on imaginait guère autrefois. La myélinisation de cette substance se fait par couches qui se forment progressivement sur des années. Savez-vous si des enfants traumatisés crâniens à la substance blanche lésée peuvent, avec le temps, récupérer de leurs troubles par remyélinisation ?

Réponse

Je ne sais pas. Ce que je peux vous dire par contre, c'est que le traumatisme crânien touche principalement la myéline et que cela se traduit par une augmentation de certains paramètres IRM. Cette modification est donc parfaitement mesurable.

Question du Professeur Henri Bismuth

Ma question s'inscrit dans la définition de la mort cérébrale chez le traumatisé qui deviendra un donneur d'organe. Est-ce que l'IRM de qualité peut avoir un diagnostic de mort cérébrale ? Quelles sont les images que votre IRM met en évidence chez ce type de traumatisé crânien ?

Réponse

Nous n'avons pas réalisé d'IRM multimodale chez des patients en mort cérébrale. Le diagnostic de mort cérébrale est de la plus grande simplicité et ne requiert pas ce type d'examen. Un angioscanner simple ou deux EEG suffisent à porter le diagnostic si les signes cliniques sont présents.

Références

- Ptak T, Sheridan RL, Rhea JT, Gervasini AA, Yun JH, et al. Cerebral fractional anisotropy score in trauma patients: a new indicator of white matter injury after trauma. *AJR Am J Roentgenol* 2003 ; 181 : 1401-7.
- Inglese M, Makani S, Johnson G, Cohen BA, Silver JA, et al. Diffuse axonal injury in mild traumatic brain injury: a diffusion tensor imaging study. *J Neurosurg* 2005 ; 103 : 298-303.
- Nakayama N, Okumura A, Shinoda J, Yasokawa YT, Miwa K, et al. Evidence for white matter disruption in traumatic brain injury without macroscopic lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2006 ; 77 : 850-5.
- Kampf A, Schmutzhard E, Franz G, Pfausler B, Haring HP, et al. Prediction of recovery from post-traumatic vegetative state with cerebral magnetic-resonance imaging. *Lancet* 1998 ; 351 : 1763-7.
- Parvizi J, Damasio AR. Damasio, Neuroanatomical correlates of brainstem coma. *Brain* 2003 ; 126(Pt 7) : 1524-36.
- Firsching R, Woischneck D, Klein S, Ludwig K, Döhring W. Brain stem lesions after head injury. *Neurol Res* 2002 ; 24 : 145-6.
- Shibata Y, Matsumura A, Meguro K, Narushima K. Differentiation of mechanism and prognosis of traumatic brain stem lesions detected by magnetic resonance imaging in the acute stage. *Clin Neurol Neurosurg* 2000 ; 102 : 124-8.
- Firsching R, Woischneck D, Klein S, Reissberg S, Döhring W, Peters B. Classification of severe head injury based on magnetic resonance imaging. *Acta Neurochir (Wien)* 2001 ; 143 : 263-71.
- Uzan M, Albayram S, Dashti SG, Aydin S, Hanci M, Kuday C. Thalamic proton magnetic resonance spectroscopy in vegetative state induced by traumatic brain injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003 ; 74 : 33-8.
- Mackenzie JD, Siddiqi F, Babb JS, Bagley LJ, Mannon LJ, et al. Brain atrophy in mild or moderate traumatic brain injury: a longitudinal quantitative analysis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002 ; 23 : 1509-15.
- Trivedi MA, Ward MA, Hess TM, Gale SD, Dempsey RJ, et al. Longitudinal changes in global brain volume between 79 and 409 days after traumatic brain injury: relationship with duration of coma. *J Neurotrauma* 2007 ; 24 : 766-71.
- Arfanakis K, Haughton VM, Carew JD, Rogers BP, Dempsey RJ, Meyerand ME. Diffusion tensor MR imaging in diffuse axonal injury. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002 ; 23 : 794-802.
- Huisman TA, Sorensen AG, Hergan K, Gonzalez RG, Schaefer PW, et al. Diffusion-weighted imaging for the evaluation of diffuse axonal injury in closed head injury. *J Comput Assist Tomogr* 2003 ; 27 : 5-11.
- Kinoshita T, Moritani T, Hiwatashi A, Wang HZ, Shrier DA, et al. Conspicuity of diffuse axonal injury lesions on diffusion-weighted MR imaging. *Eur J Radiol* 2005 ; 56 : 5-11.
- Schaefer PW, Huisman TA, Sorensen AG, Gonzalez RG, Schwamm LH. Diffusion-weighted MR imaging in closed head injury: high correlation with initial glasgow coma scale score and score on modified Rankin scale at discharge. *Radiology* 2004 ; 233 : 58-66.
- Hammoud DA, Wasserman BA. Wasserman, Diffuse axonal injuries: pathophysiology and imaging. *Neuroimaging Clin N Am* 2002 ; 12 : 205-16.
- Carpentier A, Galanaud D, Puybasset L, Muller JC, Lescot T, et al. Early morphologic and spectroscopic magnetic resonance in severe traumatic brain injuries can detect "invisible brain stem damage" and predict "vegetative states". *J Neurotrauma* 2006 ; 23 : 674-85.
- Tollard E, Galanaud D, Perlberg V, Sanchez-Pena P, Le Fur Y, et al. Experience of diffusion tensor imaging and 1H spectroscopy for outcome prediction in severe traumatic brain injury: Preliminary results. *Crit Care Med* 2009 ; 37 : 1448-55.