

PLACE DE L'IRM DANS L'ETUDE DE LA MYELINISATION CEREBRALE.

LECHEHEB FZ. ⁽¹⁾, BOULACELA ⁽²⁾, SELAHI F. ⁽³⁾, DRAOUAT S ⁽¹⁾.

1) Service d'Imagerie Médicale.

2) Laboratoire d'Anatomie Humaine.

3) EHS Pédiatrique du Mansourah.

RÉSUMÉ :

L'IRM des différentes est la technique d'imagerie de choix pour l'étude des différentes étapes chronologiques de la myélinisation cérébrale chez le nouveau-né à terme et le nourrisson. La connaissance, la compréhension et l'étude du phénomène de myélinisation sont primordiales sachant qu'il commence *in utero* à quatre mois de la vie fœtale (capsule interne à 33SA et partie proximale des radiations optiques à 35 SA). Avec un imageur à 1,5T, l'adaptation des séquences élémentaires demeure indispensable pour l'étude des modifications histochimiques qui se traduisent en différence de temps de relaxation. Etude par IRM morphologique de dix cas dont 3 nouveau-nés à terme et 7 nourrissons d'âge respectif : 2mois, 3 et 4 mois, 6 à 9mois, 19 et 25mois. En fonction de l'âge, le signal IRM est analysé selon la séquence élémentaire pondérée T1 et T2. Il est hyperintense en pondération T1 et privilégié pour la période s'étant

de la naissance à 6 mois. Le signal IRM est hypointense au temps T2 et privilégié au-delà de 6 mois. En conclusion, l'intérêt de la connaissance du phénomène de myélinisation, est la détection précoce de toute anomalie des zones myélinisées ou non et l'interprétation correcte des images cérébrales en fonction de l'âge et des étapes chronologiques de la myélinisation par IRM morphologique. La séquence diffusion en perspective objective un hyposignal des faisceaux de la substance blanche qui ne sont pas dans le processus de myélinisation et un coefficient de diffusion élevé (ADC).

Mots clés : Myélinisation, IRM morphologique, Nouveau-nés à terme, Nourrissons.

ABSTRACT : PLACE THE MRI IN STUDY OF MYELINISATION.

The main objective of our study of myelination from newborn term to 2 years) with MRI imaging using T1-weighted and T2-weighted. Magnetic Resonance Imaging (MRI) is the best method for assessing myelination in newborn and young infants. White matter myelination is essential to post natal neurologic maturation and can be accurately evaluated by MRI. Myelination, the elaboration of myelin surrounding neuronal axons, is fundamental for normal brain function. We have a 1,5 Tesla GE – Conventional T1 and T2 weighted sequences. Imaging MRI is depicting myelination of 10 patients of our study from newborn term to 2years. The purpose of this study is to describe normally myelination milestones by MRI conventional T1-weighted and T2- weighted images. We depict myelinisation milestones from age and signal MRI : - T1weighted images are most useful during this periode : newborn to 6 months. T1 Hyperintensity (Term birth to 6months); Term birth : Brainstem, Cerebellum, Posterior limb of the internal; capsule, Optic tract, Periolanding region. 2 months : Anterior limb of the internal capsule; 3 months : Splenium of the corpus callosum; 6 months : Genu of the corpus callosum; -T2 weighted images are most useful in later stages > 6months to 24 months. - T2 Hypointensity of white matter (> 6months to 24 months). Myelination of different anatomic region; - MRI is useful for depicting myelination milestones by age. Myelination progresses from : Central to peripheral, Caudal to rostral, Dorsal to rostral, Sensory then motor, evaluation of myelination status using a combination of T1 weighted and T2 weighted images as guidelines to image interpretation of all pediatric brain MRI exams. In perspective, myelination is depicting by Diffusion weighted magnetic resonance(MR) imaging with the Apparent diffusion coefficient. ADC is measured in different anatomic region of the white matter.

Key words : Brain MRI, Myelination, Term birth to 2 Years of age.

OBJECTIFS

L'objectif principal est de connaître la myélinisation cérébrale normale de la naissance à terme jusqu'à 25 mois de vie en précisant l'apport de la séquence écho de spin en pondération T1 et T2; et le deuxième objectif est de assurer une bonne interprétation des images IRM en fonction des étapes chronologiques de la myélinisation et de déterminer avec précision une lésion pathologique des zones myélinisées ou non.

INTRODUCTION

La myélinisation fait suite à l'histogénèse et survient plus tard, vers le 4^{ème} mois de la vie fœtale, *in utero*, la myélinisation est visible à 33 semaines de gestation de la capsule interne et à 35 semaines la partie proximale des radiations optiques. Chez le nourrisson, l'interprétation des images est délicate avant l'âge de 24 mois [1,4]. Les modifications de signal de la substance blanche en rapport avec la myélinisation ne doivent pas être interprétées durant cette période comme pathologique.

RAPPEL EMBRYOLOGIQUE

Les cellules gliales responsables de la myélinisation du SNC sont les oligodendrocytes qui sont issus de la zone ventriculaire du neuroépithélium du tube neural (figure 1). Dans le système nerveux central, la myélinisation s'effectue selon un processus d'enroulement membranaire par l'oligodendrocyte. La myéline, substance lipido-protidique possède un pouvoir hydrophobe et est constituée de 70% de lipides et 30% de protides. Les axones myélinisés ont une couleur blanche et forment la substance blanche en profondeur du cerveau, sous le cortex et en périphérie de la moelle épinière.

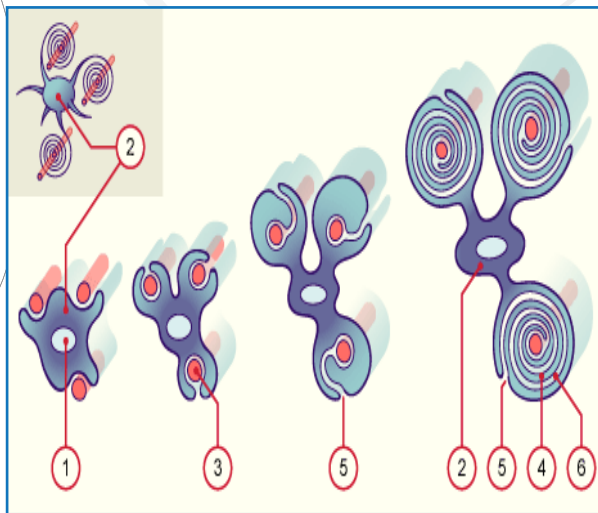


Figure 1. D'après JAMES D .FIX – 2004 dans : EMBRYOLOGIE HUMAINE : Module 22 : Système Nerveux.

1. Noyau de l'oligodendrocyte;
2. Corps cellulaire;
3. Axone;
- 4 et 5. Prolongement cytoplasmique de l'oligodendrocyte;
6. Mésaxone (espace virtuel entre les lamelles de myéline);

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

- Etude de dix cas dont 3 nouveau-nés et 7 nourrissons par IRM;
- Age respectif des nourrissons : 2 mois, 3 et 4 mois, 6 à 9 mois, 19 et 25 mois;
- Appareillage : IRM à 1,5 Tesla- PHILLIPS : GYROSCAN.

2. Méthodes

Les dix patients ont eu un examen IRM pour l'étude de la myélinisation selon un protocole technique basé sur la séquence élémentaire classique en écho de spin en pondération T1 et T2 en trois plans de coupe. L'adaptation de la séquence écho de spin T1 et T2 demeure indispensable pour l'étude des modifications histochimiques qui se traduisent en différence de temps de relaxation.

RESULTATS

La myélinisation s'accompagne en écho de spin en pondération (SEpT1) d'une augmentation de l'intensité du signal et en écho de spin en pondération T2 (SEpT2) d'une diminution de celui-ci.

1. Nouveau-né à terme

a. Aspect du signal en écho de SPIN T1

Les résultats sont représentés sur les figures 2, 3 et 4, ainsi que sur le tableau I :

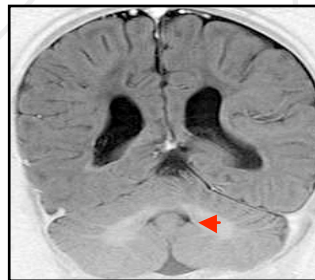


Figure 2. SEpT1-Coupe coronale : Hypersignal du centre médullaire du cervelet.

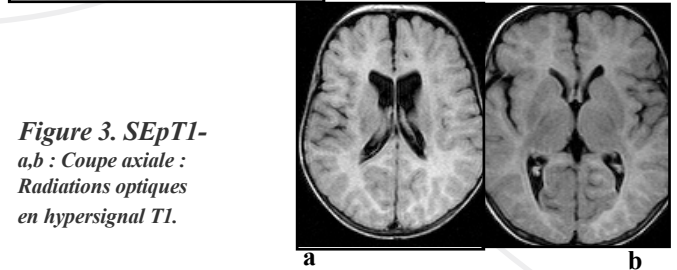


Figure 3. SEpT1- a,b : Coupe axiale : Radiations optiques en hypersignal T1.

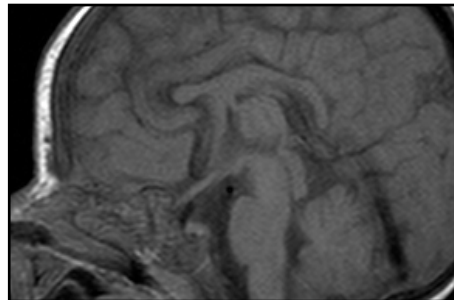


Figure 4. SEpT1-Coupe sagittale passant par le tronc cérébral. Discret hypersignal linéaire de la partie ventrale du tronc cérébral.

Tableau I. Séquence en écho de SPIN du nouveau né à terme.

SEQUENCE ECHO DE SPIN EN PONDERATION T1

Nouveau- né à terme

Structures myélinisées : **Hypersignal T1**

- 1- Partie postérieure du tronc cérébral.
- 2- Pédoncules cérébelleux sup, moyen, inf.
- 3- Région péri-rolandique.
- 4- Faisceau pyramidal au niveau du :
 - Centre semi-ovale
 - Bras postérieur de la capsule interne
 - Pédoncule cérébral
- 5- Voies visuelles du nerf optique à la partie proximale des radiations optiques.
- 6 - Partie ventro-latérale du thalamus.

b. Signal en écho de SPIN T2

Le signal en écho de SPIN T2 est représenté sur la figure 5 et le tableau II :

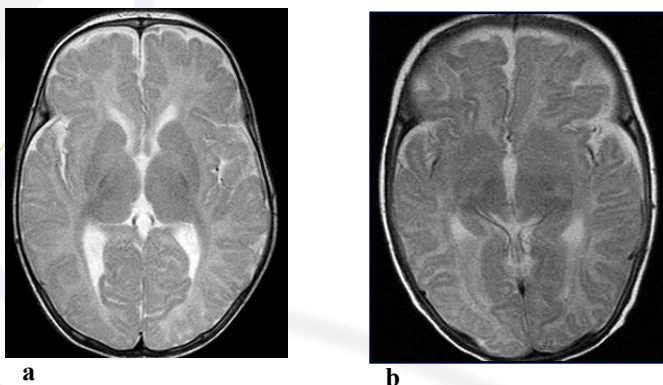


Figure 5. IRM - Sep T2.

- a : Hyposignal T2 bras post de la capsule interne;
b : Radiations optiques en hyposignal T2.

Tableau II. Écho de SPIN en pondération T2.

ECHO DE SPIN EN PONDERATION T2

Nouveau- né à terme

Structures anatomiques : **Hyposignal T2**

- Bras postérieur de la capsule interne
- Partie postérieure : Bulbe- Protubérance-tubercules quadrijumeaux

2. Nourrisson

a. Pendant les premiers six mois de vie

- Les séquences pondérées en T1 sont privilégiées car elles sont plus sensibles [1];
- La substance blanche non myélinisée est hypointense : signal hydrique par rapport à la substance grise. Progressivement elle devient iso puis hyperintense : signal graisseux.

*** Nourrisson : 2 mois**

Echo de spin en pondération T1 représentées sur les figures 6 et 7.

*** Nourrisson : 3 à 4 mois**

Les deux faisceaux de la SB : radiations optiques et capsule

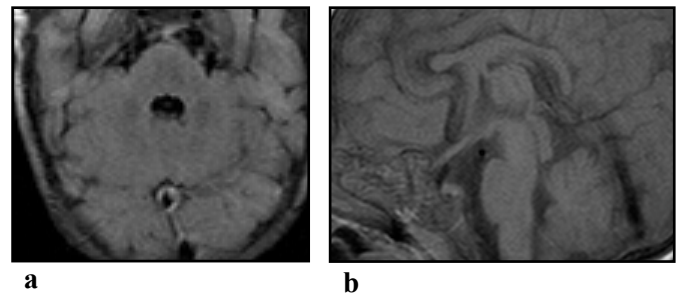


Figure 6. IRM - Sep T2.

- a : Coupe axiale : (fosse postérieure) : Pont en iso-signal;
b : Coupe sagittale (tronc cérébral) : partie ventrale du TC en hypersignal T1.

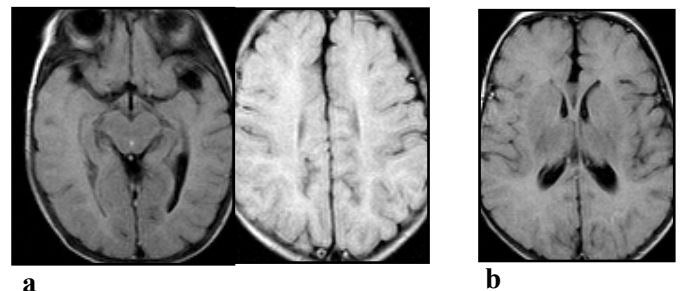


Figure 7. SepT1 Coupe axiale.

- a : Radiations optiques ± hypersignal T1;
b : Centre semi-ovale hypersignal T1;
c : Bras post de la capsule interne.

interne ont atteints le stade de maturité à 4 mois d'âge post natal (figures 8, 9 et 10; tableau III).

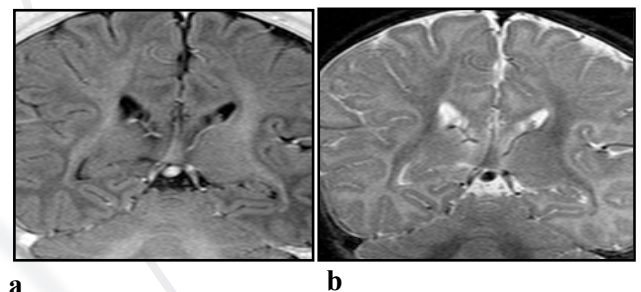


Figure 8. SepT1/T2 Coupe frontale.

- a : Hypersignal T1 : Radiations optiques, bras antérieur de la capsule interne, Substance Blanche du centre médullaire du cervelet;
b : Hyposignal T2 : Radiations optiques et SB du centre médullaire du cervelet.

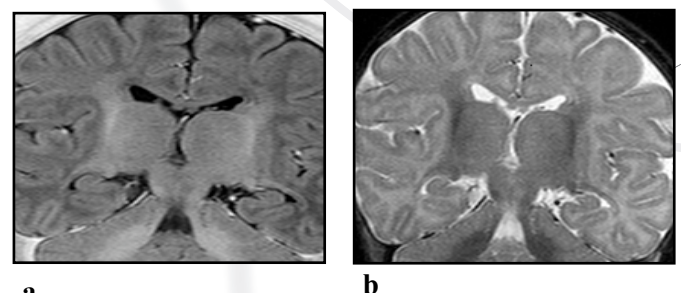


Figure 9. Coupe frontale en SepT1/T2.

- a : Hypersignal : - Bras antérieur de la capsule interne;
- Centre médullaire(cervelet);
b : Hyposignal T2 : - Bras antérieur de la capsule interne;
- Centre médullaire du cervelet.

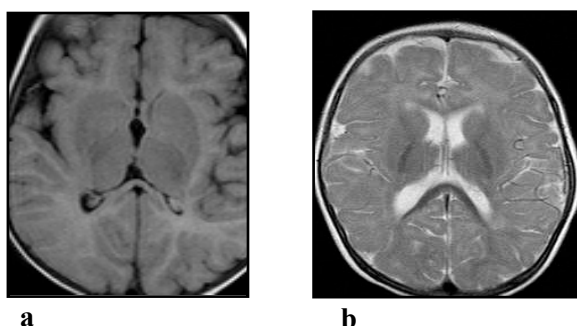


Figure 10. Coupe axiale.

a : SEpT1 : Splénium du corps calleux : hypersignal T1;
b : SEpT2 : Hyposignal du bras postérieur.

Tableau III. Les faisceaux de la SB du nourrisson de 3 à 4 mois.

SEP T1 hypersignal T1	SEPT2 hyposignal T2
- Bras antérieur de la capsule interne.	- Bras postérieur de la capsule interne.
- Splénium du corps calleux.	- Radiations optiques proximales.

*** Nourrisson : 6 à 9 mois**

- De six mois et au-delà, il faut privilégier l'hyposignal T2 en SEpT2 (figures 11 et 12).
Corps Calleux : indicateur précieux du processus de myélinisation [4].
- A la naissance : Iso-signal et mince
- De l'âge de 4 à 10 mois : il s'épaissit du bourrelet vers le genou, simultanément son signal se renforce de 6 à 9 mois de l'arrière vers l'avant (tableau IV).

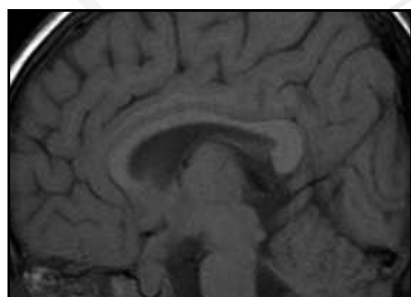


Figure 11. Aspect IRM du genou du corps calleux.
- Coupe sagittale en écho de spin T1 : Hypersignal T1.

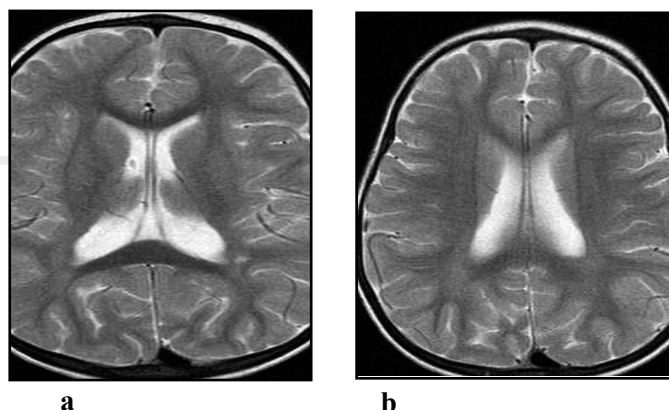


Figure 12. SEpT2 - Coupe axiale.

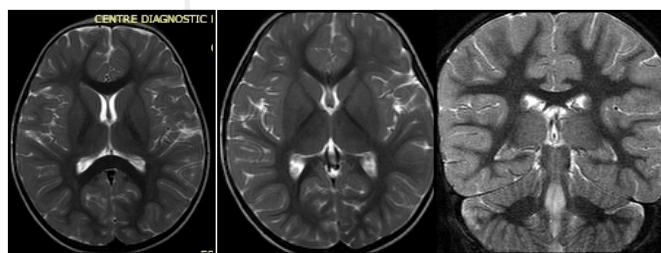
a : Bras antérieur de la capsule interne - bourrelet du corps calleux;
b : Partie postérieure des centres semi-ovales.

Tableau IV. Séquence en écho de Spin T1 du nourrisson de 6 à 9 mois.

Hypersignal T1	Hyposignal T2
- Genou du corps calleux	- 6 mois : - Splénium - 8 mois : - Genou - 9 mois : - Bras antérieur de la capsule interne

*** Continuum de 10 à 25 mois**

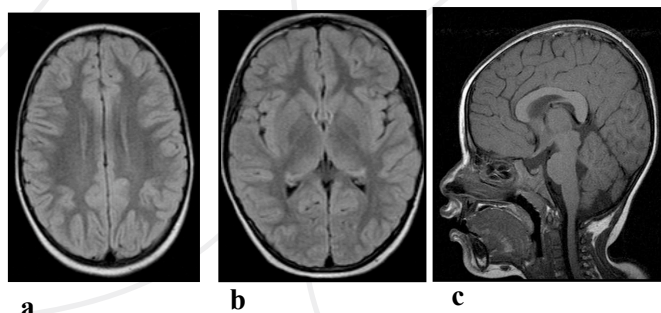
La myélinisation normale est privilégiée en SEpT2 de 10 à 25 mois sous forme d'un hyposignal T2 (figures 13 et 14). Deux cas d'âges respectifs 19 et 25 mois et plus sont représentés.



Nourrisson : 19 mois (Echo de SPIN en pondération T2).

Figure 13. SEpT2 : Aspect identique au cerveau adulte.

a,b : Coupe axiale : Hyposignal de toutes les structures myélinisées;
c : Coupe coronale : Hyposignal sous tentoriel et sus tentoriel de la substance blanche.



Nourrisson : > 25 mois.

Figure 14. SEpT2 : Aspect semblable au cerveau adulte.

a,b,c : Aspect de l'encéphale normal à 25 mois et plus.

DISCUSSION

L'imagerie cérébrale en néonatalogie présente certaines difficultés de lecture des images en échographie trans-fontanelle et parfois en tomographie. L'hyperéchogénicité des zones frontales et occipitales ainsi que leur hypodensité au scanner ne sont pas pathologiques mais sont liées à l'imaturité cérébrale (prématuré). L'IRM est devenue la technique de choix pour étudier de l'anatomie normale du cerveau néonatal et du nourrisson grâce aux contrastes spontanés et marqués des différents tissus. L'aspect du cerveau d'un nourrisson ressemble grossièrement à celui de l'adulte sur les séquences pondérées en T1 vers l'âge de 10 mois et à deux ans sur les séquences pondérées T2 [1].

CONCLUSION

L'imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire est la méthode d'imagerie appropriée pour l'étude de la myélinisation grâce aux séquences pondérées en T1/T2. Elle est limitée aux deux premières années de vie.

La myélinisation normale de l'encéphale s'effectue de façon centrifuge du tronc cérébral jusqu'au sous cortex, de la naissance à terme à 25 mois et se traduit en IRM ainsi :

- *Au cours des six premiers mois : Hypersignal T1;*
- *Plus de six mois jusqu'à 25 mois : Hyposignal T2.*

Nous insistons sur l'imagerie de diffusion avec calcul de l'ADC qui constitue la technique de choix pour évaluer le phénomène de myélinisation et ses différentes étapes.

Hyposignal en diffusion des faisceaux de substance blanche qui ne sont pas dans le processus de myélinisation et hypersignal en ADC [2].

REFERENCES

1. **Brun M., Chateil J.F., et al.** Anomalies de la substance blanche en IRM. Comment arriver à un diagnostic ? on line : 12 Mars 2006. www.Sfip-radiopediatrie.org/SFIPoldpages/EPUTRO06/BRUTRO-06HTM
2. **Bui T., Chalard F., Elmaleh M., Sebag G.** L'imagerie de diffusion cérébrale en pédiatrie. Mhtml :file://F\T_BUI Juillet 2004.
3. **Christophe C.** Imagerie normale de l'encéphale de l'enfant et maturation cérébrale.[30- 815A – 10]-Doi :10.1016/51257 5143(06)??? 42??? 138-5- Septembre 2007.
4. **Doyon D.** Anatomie du développement de l'encéphale et Myélogénèse. In Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire : IRM néonatale 2004.
5. **Haegel P., David G.** Travaux pratiques et Enseignements dirigés. Tome 1 : Embryologie Humaine : Etapes du développement 1991, 4^{ème} Ed.
6. **Hornoy P., Monroc Morval M.** Atlas d'imagerie par résonance magnétique nucléaire de la myélinisation normale de l'encéphale 2005.
7. **Husson B.** Anomalies de signal en IRM de la substance blanche chez l'enfant : Interprétations et Diagnostic. EMC. Radiologie et Imagerie Médicale 2006.
8. **Girard N., Confort-Gouny S., Schneider J., Barberet M., Chapon F.** Imagerie de la maturation cérébrale. On Line/Septembre 2007.
9. **Ladoux A., Zo'O m., Brasseur M. Eurin D., Thiebot J., Le Dosseur P.** NRP-WP-9 IRM de la myélinisation cérébrale normale et leucodystrophies. Journal de Radiologie. Octobre 2008; 89, Issue10 :1585.
10. **Larsen WL.** Churchill Livingstone, 2001- Embryologie Humaine: 2^{ème} Edition Française Ouvrage Original : Human Embryologie Third Edition.