



Article Original

Apport de l'Imagerie par Résonance Magnétique dans la Prise en Charge de la Souffrance Cérébrale Néonatale

Value of Magnetic Resonance Imaging in the management of newborn brain injury

Some MJM*, Tankoano AI², Ouedraogo PA¹, Ackra YE³, Jacquemin C³, Suzanne A³, Tayeb M³, Egretau L⁴, Lougue CL⁵.

RÉSUMÉ

Objectif. Décrire les aspects cliniques et IRM de la souffrance cérébrale néonatale. **Patients et méthodes.** Il s'agit d'une étude rétrospective (1^{er} janvier 2008 - 31 décembre 2014) menée dans le service d'Imagerie Médicale du Centre Hospitalier de Calais en France. **Résultats.** Nous avons colligé 42 cas de souffrance cérébrale néonatale. L'âge moyen des enfants était de 4,5 jours, le sex-ratio de 2,3. L'accouchement a été fait par césarienne dans 63,9% des cas. Une souffrance fœtale était retrouvée dans 91,7% des cas, dont 100% de troubles neurologiques à la naissance et un grade de SARNAT à II dans 55,6% des cas. L'EEG était pathologique dans 61,5% des cas. Les séquences IRM constamment utilisées étaient : T2 SE, diffusion. Les séquences conventionnelles ont retrouvé une lésion dans 66,7% des cas. Les lésions siégeaient majoritairement dans la substance blanche (88,5%). La spectroscopie était pathologique dans 60,7% des cas et dans 52,9% de ces cas elle montrait des lésions non visualisées sur les séquences conventionnelles. Une échographie transfontanelle a été réalisée dans 51,3%, une TDM dans 7,7% des cas, avec une performance jugée inférieure à l'IRM. L'encéphalopathie hypoxo-ischémique était le diagnostic radiologique prépondérant (56,4%). La durée moyenne d'hospitalisation était de 13,5 jours. Le taux de décès était de 21,1% et 33,3% des survivants avaient développé des séquelles. L'IRM de contrôle (43,6% des patients) était pathologique dans 58,8% des cas. **Conclusion.** L'IRM, gold standard dans la souffrance cérébrale néonatale, devrait avoir des protocoles standardisés incluant systématiquement la spectroscopie.

ABSTRACT

Aim. To report clinical and MRI presentation of neonatal brain damage. **Patients and methods.** We conducted a retrospective study (from January 1st 2008 to December 31st 2014) in the Medical Imaging department of Calais Hospital in France. **Results.** We identified 42 cases of brain damage in newborns. The average age of children was 4.5 days and sex ratio 2.3. The children were born by caesarean section in 63.9% of cases. Fetal distress was reported in 91.7% of cases. All children had neurological disorders at birth with SARNAT grade rated at II in 55.6% of cases. EEG was abnormal in 61.5% of cases. The most commonly used MRI sequences were: T2 W-FFE and DWI. Conventional sequences found a lesion in 66.7% of cases. The lesions predominantly sat in the white matter (88.5%). MRS was pathological in 60.7% of cases and in 52.9% of this cases it showed not visualized conventional sequences lesions. Cranial ultrasound had been performed in 51.3% and CT in 7.7% of cases, with a performance deemed inferior to MRI. Hypoxic ischemic encephalopathy was the most common radiological diagnosis (56.4%). The average hospital stay was 13.5 days. The death rate was 21.1% and 33.3% of survivors developed sequels. Follow up MRI was performed in 43.6% of patients, and findings were abnormal in 58.8% of cases. **Conclusion.** MRI is the gold standard modality for the study of neonatal brain injury. It should have standardized protocols and spectroscopy should be systematic.

1. Médecin radiologiste, Université de Ouahigouya, Service d'imagerie médicale du Centre Hospitalier Universitaire Régional (CHUR) de Ouahigouya, Ouahigouya, Burkina Faso.
2. Médecin radiologiste, Université Nazi Boni, Service d'imagerie médicale du Centre Hospitalier Universitaire Souro Sanou (CHUSS), Bobo Dioulasso, Burkina Faso.
3. Médecin radiologiste, Service d'imagerie médicale, Centre Hospitalier de Calais, Calais, France.
4. Médecin néonatalogiste, Service de Néonatalogie, Centre Hospitalier de Calais, Calais, France.
5. Médecin radiologiste, Université de Ouagadougou, Service d'imagerie médicale du Centre Hospitalier Universitaire Pédiatrique Charles De Gaulles (CHUYO), Ouagadougou, Burkina Faso.

Site de l'étude : Centre Hospitalier de Calais, 1601 Boulevard des Justes, 62100 Calais, France. Téléphone : 00333 21 46 33 05.

Auteur correspondant : Dr Some Milckisédek Judicaël Marouruana, e-mail : melckisedekj@yahoo.fr, téléphone : 00226 78 78 70 70 / 00226 72 10 22 99 / 00226 76 64 78 03

Mots-clés : Souffrance cérébrale – Nouveau-né – IRM - Calais

Keywords : Brain damage – Newborn – MRI – Calais

INTRODUCTION

L'asphyxie périnatale est une « hypoxie fœtale avec acidose sévère entraînant une mauvaise adaptation cardio-respiratoire à la naissance et, dans les cas les plus graves, un tableau d'encéphalopathie sévère avec un syndrome de défaillance multiviscérale » [1]. Cette

encéphalopathie se manifeste sous plusieurs formes, fonction du facteur étiologique (mécanisme de l'hypoxie) et de l'âge gestationnel. Ainsi, chez le prématuré, le tableau est dominé par la leucomalacie péri-ventriculaire (LPV) et les hémorragies cérébrales. Le nouveau-né à terme présentera plutôt un accident

vasculaire cérébral (AVC) ou une encéphalopathie hypoxo-ischémique (EHI).

La pathologie anoxique cérébrale est une complication sévère et fréquente de l'asphyxie néonatale, cause importante de mortalité et de morbidité du nouveau-né. L'évolution immédiate de cette affection est redoutable et peut mettre en jeu le pronostic vital. Les séquelles à long terme sont marquées par un déficit moteur éventuellement associé à un retard mental. L'incidence de cette pathologie est estimée à 0,4 % des naissances à terme et 18% des naissances prématurées [2]. L'appréciation de la gravité de la souffrance neurologique hypoxo-ischémique dans les premiers jours de vie et l'évaluation précoce et fiable du diagnostic sont une préoccupation majeure des néonatalogistes [3, 4]. L'imagerie tient une place importante dans l'évaluation des lésions anoxiques afin de répondre le plus précisément possible aux questions des cliniciens. Elle repose principalement sur l'échographie transfontanellaire (ETF) et l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) [2, 4, 5].

La fréquence relativement élevée de la souffrance cérébrale néonatale, la gravité potentielle de son évolution et la nécessité d'un bilan aussi rapide que précis de l'étendue et de la sévérité des lésions nous ont amené à nous pencher sur l'apport de l'IRM dans cette pathologie. Il s'agira pour nous d'analyser les aspects cliniques et IRM de cette pathologie au Centre Hospitalier de Calais, en France, dans le but d'en améliorer le diagnostic et la prise en charge.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Notre étude s'est déroulée dans les services d'Imagerie médicale et de Néonatalogie du Centre Hospitalier de Calais (CHC), en France. Le service de Néonatalogie du CHC est le centre de référence de tout le département du Pas-de-Calais dans la prise en charge des nouveau-nés, recevant en dernier recours les patients des différents hôpitaux avoisinants.

Il s'est agi d'une étude transversale rétrospective sur sept ans allant du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2014.

Ont été inclus dans cette étude tous les patients admis durant la période concernée dans le service de Néonatalogie du CHC pour anoxie périnatale et ayant bénéficié d'au moins une IRM cérébrale dont le résultat et/ou les images ont pu être retrouvés dans le système informatique de l'hôpital.

Les informations (âge, sexe, données cliniques et de l'électro-encéphalogramme -EEG-, résultat de l'IRM et des autres examens d'imagerie, données thérapeutiques) concernant les patients ont été recueillies sur une fiche d'enquête standardisée. Les sources de données étaient les dossiers informatisés des patients et les consoles d'interprétation des examens radiologiques avec le PACS (Picture Archiving and Communication System).

Tous les examens qui étaient disponibles dans le PACS ont été revus. Ces examens ont été réalisés avec la même machine, à savoir une IRM Philips Intera 1,5 tesla (agrément 78318 CE 01). Le protocole associait de façon variable des séquences conventionnelles (T1 et T2 en écho de spin -ES- et/ou en écho de gradient -EG -, T1 en

inversion-récupération - IR -, diffusion, séquence angiographique en temps de vol - TOF -) à des séquences plus poussées comme la génération de l'ADC (coefficient apparent de diffusion), le tenseur de diffusion et la spectroscopie (avec essentiellement le dosage des lactates).

L'EEG a été réalisé et lu en moyenne au premier jour de vie par un neuropédiatre.

Les données ont été saisies sur microordinateur à l'aide du logiciel Epi Data version 3.1 et analysées avec le logiciel Epi Info version 7.

Les tests statistiques utilisés étaient le Chi carré et le test de FISHER au seuil de signification $p < 0,05$.

L'autorisation des autorités hospitalières a été accordée pour l'étude et la confidentialité des données ainsi que l'anonymat des patients ont été assurés.

RÉSULTATS

Épidémiologie

Nous avons colligé 42 cas de souffrance cérébrale néonatale dans le service de Néonatalogie du CHC, soit une moyenne annuelle de 6 cas, et environ 0,3% (6/2237) de l'ensemble des naissances vivantes au CHC durant cette période. Trente-neuf d'entre eux répondaient à nos critères. L'âge des enfants se situait entre un et 11 jours avec une moyenne de 4,5 jours ($\pm 1,9$) au moment de la réalisation de l'IRM. Notre série comportait 27 patients de sexe masculin (69,2%) et 12 de sexe féminin (30,8%), soit un sex-ratio de 2,3.

Clinique

Une souffrance fœtale était retrouvée dans 91,7% des cas (33 patients sur 39).

Nos 39 patients étaient nés par césarienne dans 23 cas (63,9%) ; voie basse assistée (extraction instrumentale) dans 8 cas (22,2%) ; voie basse normale dans 5 cas (13,9%).

Tous les enfants présentaient des troubles neurologiques à la naissance. La figure 1 rapporte la répartition des patients selon le grade de Sarnat.

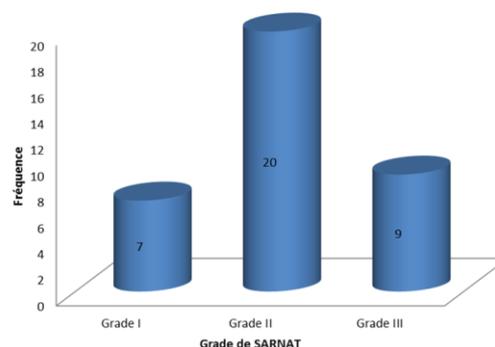


Figure 1 : Répartition des patients en fonction du grade de SARNAT

Trois enfants (7,6%) étaient nés dans un contexte de prématurité (35 semaines au moins).

Examens paracliniques

L'EEG était pathologique dans 61,5% (24/39) des cas.

Le tableau I montre la répartition des différentes séquences IRM réalisées. Le protocole IRM comportait l'association à des degrés divers des différentes séquences ci-dessus citées.

Séquence	N	%
T2SE	39	100
Diffusion classique	39	100
ADC	39	100
T2EG	29	74,4
Spectroscopie	28	71,8
T1SE	27	69,2
T1EG	10	25,6
T1 inversion récupération	6	15,4
TOF	5	12,8
Tenseur de diffusion	3	7,7
T2SE : séquence T2 en écho de spin		
ADC : coefficient apparent de diffusion		
T2 EG : séquence T2 en écho de gradient		
T1SE : séquence T1 en écho de spin		
T1EG : séquence T1 en écho de gradient		
TOF : séquence angiographique en temps de vol		

Chez 26/39 de nos patients (66,7%) il existait une lésion sur les séquences IRM conventionnelles. Le tableau II compare le résultat de l'EEG à celui de l'IRM. L'aspect pathologique de l'EEG était associé à la présence de lésions à l'IRM ($p=0,01$).

	Lésion IRM		Total	p
	Oui	Non		
EEG pathologique	21	3	24	0,01
EEG normal	3	5	8	
Total	24	8	32	
EEG : électroencéphalogramme				

Le tableau III donne, en les comparant, la fréquence des lésions IRM chez les patients atteints d'encéphalopathie modérée à sévère (grades II et III de SARNAT) d'une part et légère (grade I) d'autre part. Il existe une différence statistiquement significative ($p=0,0006$), indiquant que la présence de lésions sur les séquences IRM conventionnelles était corrélée à la sévérité clinique de l'encéphalopathie. La répartition des lésions selon le siège dans les 26 cas pathologiques était la suivante : substance blanche = 23 (88,5%) ; noyaux gris centraux = 19 (73,1%) ; cortex = 10 (38,5%) ; espace sous-arachnoïdien et/ou péri-cérébral = 7 (26,9%) et ventricules = 2 (0,08%). Les lésions pouvaient siéger concomitamment dans plusieurs structures.

	Lésion		Total	p
	Oui	Non		
Grades II et III	24	5	29	0,0006
Grade I	2	7	9	
Total	26	12	38	

La spectroscopie était pathologique dans 60,7% (17/28) des cas. Elle a permis de détecter des lésions alors que les séquences conventionnelles étaient normales chez 4 patients. Elle a également décelé des anomalies dans des zones indemnes de lésions sur des séquences conventionnelles pathologiques chez 5 patients. Ainsi, dans 52,9% (9/17) des cas où elle était anormale, la spectroscopie objectivait une lésion non visualisée sur les séquences conventionnelles.

Vingt de nos 39 patients (51,3%) avaient bénéficié d'une imagerie autre que l'IRM. Il s'agissait de l'ETF dans tous les cas et de la TDM cérébrale dans 3 cas. La performance de ces examens a été jugée inférieure à celle de l'IRM.

Les diagnostics radiologiques chez nos 39 patients étaient l'EHF dans 22 cas (56,4%) ; l'hémorragie dans 10 cas (25,6%), un examen normal dans 10 cas (25,6%) et l'AVC dans 6 cas (15,4%). Il existait des associations lésionnelles dans 9 cas à savoir : EHF et hémorragie dans 5 cas ; EHF et AVC dans 1 cas ; AVC et hémorragie dans 3 cas. La figure 2 illustre un cas de lésion ischémique diagnostiqué dans notre série.

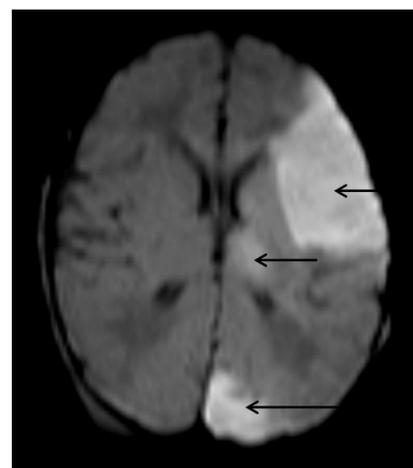


Figure 2 : Garçon de 4 jours né à terme par voie basse instrumentale (ventouse) pour dystocie, présentant des convulsions à la naissance : coupe axiale IRM en séquence de diffusion (b600) objectivant un hypersignal (flèches) intéressant les lobes pariétal et occipital ainsi que le thalamus gauches correspondant à des lésions ischémiques dans les territoires des artères cérébrales moyenne et postérieure gauches.

Traitement

Depuis le début du traitement par hypothermie au CHC en 2010, 77,4% (24/31) des patients en ont bénéficié.

Évolution

Nous avons pu obtenir des informations sur l'évolution clinique de nos patients en hospitalisation et/ou après la sortie dans 38 cas sur 39.

La durée d'hospitalisation moyenne était de 13,5 jours ($\pm 7,4$) avec des extrêmes de deux et 33 jours. La figure 3 résume les modes de sortie d'hospitalisation de nos patients. Huit de nos patients, soit 21,1%, sont décédés en hospitalisation. Parmi les 30 autres sortis vivants, 21 avaient été revus en contrôle. Leur évolution se

présentait comme telle : 14 cas d'absence de séquelle ; 2 cas de séquelles mineures (troubles du tonus et/ou des réflexes) ; 5 cas de séquelles graves (déficit moteur et/ou retard psychomoteur et/ou comitialité). Le délai moyen pour l'évaluation des séquelles était de 551,5 jours ($\pm 412,6$) c'est-à-dire environ 18 mois, avec des extrêmes de 59 et 1469 jours.

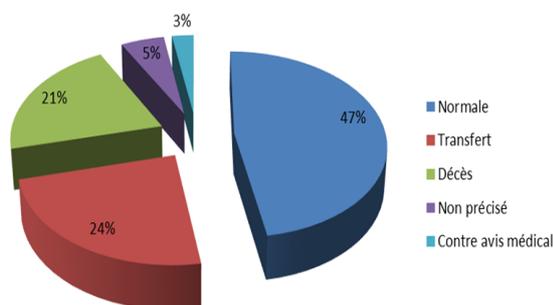


Figure 2 : Modes de sortie d'hospitalisation des patients

Une IRM de contrôle avait été réalisée chez 17 patients, soit 43,6%. Le nombre moyen d'IRM effectué par patient était de 1,5 avec des extrêmes de un et quatre. L'intervalle de temps moyen entre la première IRM et l'IRM de contrôle de référence était de 90,9 jours ($\pm 232,9$), avec des extrêmes de sept et 980 jours. Le tableau V montre les résultats du contrôle IRM. Les lésions séquellaires consistaient en soit une atrophie (corticale et/ou sous corticale) soit des lésions cavitaires. Le cas d'aggravation correspondait à l'apparition sur l'IRM de contrôle d'une lésion hémorragique précédemment inexistante.

Tableau V: Résultats du contrôle IRM (n = 17)

Résultat	Fréquence
Normal ou régression des lésions	07
Lésions séquellaires	05
Stabilité des lésions	04
Aggravation des lésions	01
Total	17

DISCUSSION

Épidémiologie

Sur 7 ans nous avons recensé 42 cas de souffrance cérébrale néonatale (moyenne annuelle de 6 cas, incidence d'environ 0,3% de l'ensemble des naissances vivantes). Notre résultat est proche de celui de GIRARD [2] en France qui décrivait une incidence 0,4% et FORBES [6] aux Etats Unis qui trouvait une moyenne annuelle de 7 cas.

Nos nouveau-nés avaient un âge moyen de 4,5 jours (extrêmes de un et 11 jours). Nos résultats se rapprochent de ceux de FORBES [6] qui trouvait un âge moyen de

6,7 jours (extrêmes de 2 et 11 jours). Ces chiffres répondent bien au délai idéal préconisé dans la littérature [1, 2, 7, 8, 9] pour la réalisation de l'IRM dans la souffrance cérébrale néonatale.

Clinique

Nous avons identifié une notion de souffrance fœtale dans 91,7% des cas. Ceci se comprend dans la mesure où l'encéphalopathie néonatale pourrait être la conséquence d'un processus débuté pendant la vie in-utéro.

Environ 64% de nos patients étaient nés par césarienne, 22% par extraction instrumentale. FORBES [6] notait 71,4% de naissances par césarienne, 28,6% par extraction. L'antécédent de souffrance fœtale aigüe très fréquemment rencontré chez les nouveau-nés souffrant d'encéphalopathie justifie la nécessité d'extraction rapide et urgente du fœtus afin de limiter les effets délétères de l'anoxie cérébrale.

Tous nos enfants présentaient des troubles neurologiques à la naissance (grade de SARNAT à II dans 55,6% des cas). LALLY [10] et ZHU [11] par contre trouvaient une prédominance du grade I (respectivement 58,8% et 54,3%).

Examens paracliniques

L'EEG était pathologique chez au moins 61,5% de nos patients. Il est toujours pathologique dans les grades II et III de SARNAT selon DE MONTGOLFIER [1].

Tous nos patients avaient bénéficié d'une séquence T2SE. Elle est meilleure que la séquence T1SE dans la détection des premiers signes d'ischémie et procure un excellent contraste gris-blanc dans le cerveau très immature [8]. Ils ont également tous bénéficié d'une séquence de diffusion avec génération de l'ADC. C'est la séquence idéale pour le diagnostic de la souffrance cérébrale au stade précoce car permettant la mise en évidence de l'œdème cytotoxique dès les premières heures et durant les premiers jours [1, 8, 12, 13, 14]. La spectroscopie avait été réalisée chez 71,8% de nos patients (accent sur le pic de lactate). Elle n'est pas utilisée en routine mais permet une approche métabolique complémentaire. Elle aide au diagnostic précoce de la souffrance neuronale avec l'élévation du pic de lactate. Elle est corrélée à la sévérité de l'atteinte et sa valeur pronostique tend à devenir indéniable [1, 2, 11, 13, 15].

Les séquences conventionnelles avaient mis en évidence des lésions chez 66,7% de nos patients. La souffrance clinique ne se traduit pas toujours par des lésions cérébrales. L'atteinte siègeait dans la substance blanche dans 88,5% des cas. LALLY [10] trouvait un résultat proche (91% de localisation similaire). La spectroscopie avait décelé dans 52,9% des cas pathologiques des lésions non visualisées par les séquences conventionnelles. Ceci témoigne de son intérêt également dans l'appréciation de l'étendue des lésions.

Nos patients avaient bénéficié d'une ETF dans 51,3% des cas. Elle est reconnue par la plupart des auteurs [1, 7, 9, 12, 16] comme l'examen de première intention, permettant un débrouillage. La TDM n'avait été réalisée que chez 7,8% de nos patients. Elle est à proscrire chez le nouveau-né du fait de son caractère irradiant sur un

organisme immature. Ces examens sont moins performants que l'IRM dans notre série, comme le démontre l'étude de BARNETTE [16] pour la TDM. L'EHl était l'affection la plus fréquente (56,4%). C'est la pathologie classique des nouveau-nés à terme, qui dominaient très nettement notre étude.

Traitement

Parmi nos patients, 77,4% avaient reçu un traitement par hypothermie. Les effets bénéfiques de l'hypothermie sur la limitation de l'extension des lésions cérébrales en cas d'anoxie sont reconnus [1, 9].

Évolution

La durée d'hospitalisation moyenne était de 13,5 jours, du fait de la nécessité d'une prise en charge rigoureuse et d'une évaluation continue. La proportion de décès dans notre série était de 21,1%, supérieure à celle de FORBES [6], GIRARD [2] et LALLY [10] (respectivement 7,1%, 11% et 11,1%), car concernant essentiellement des enfants atteints d'encéphalopathie sévère avec des lésions cérébrales diffuses à l'IRM.

Chez les enfants revus à l'issue de l'hospitalisation, 33,3% présentaient des séquelles. Des séquelles étaient également présentes dans les séries de GIRARD [2] (17%), FORBES [6] (35,7%) et LALLY [10] (42,1%). Chez les enfants ayant survécu à une anoxie périnatale, la hantise demeure la survenue de séquelles motrices et/ou cognitives [1, 2, 9, 12], imposant un suivi régulier.

Nos patients ont bénéficié d'au moins une IRM de contrôle dans 43,6% des cas. Ces contrôles sont d'un grand intérêt, car nécessaires pour apprécier l'évolution des lésions initiales.

Limites de l'étude

Les limites de notre étude résident dans son caractère rétrospectif et le nombre réduit de l'effectif.

CONCLUSION

L'IRM est l'examen radiologique le plus performant pour l'exploration de l'anoxie néonatale. Vu son apport considérable du point de vue diagnostique et pronostique, la spectroscopie devrait bénéficier d'une indication systématique dans les protocoles.

RÉFÉRENCES

1. De Montgolfier I. Encéphalopathie hypoxo-ischémique du nouveau-né à terme. Diagnostic, orientation et prise en charge. JTA 2009 ; 13 pages.
2. Girard N, Chaumoitre K, Millet V et al. Imagerie des désordres neurologiques néonataux. J Radiol 2003 ; 84 : 547-78.
3. Gire C, Nicaise C, Roussel M et al. Hypoxic-ischemic encephalopathy in the full-term newborn. Contribution of electroencephalography and MRI or CT to its prognostic evaluation. A propos of 26 cases. Neurophysiol Clin 2000 ; 30 : 97-107.
4. Le Menestrel-Andre S, Gire C, Roussel M et al. Early cerebral MRI in preterm infants : correlations with EEG and outcome. Neurophysiol Clin 2002 ; 32 : 303-12.
5. Sie LTL, Van Der Knapp MS, Van Wezel-Meijler G et al. Early MR features of hypoxic-ischemic injury in

neonates with periventricular densities on sonograms. AJNR 2000 ; 21 : 852-61.

6. Forbes KPN, Pipe JG, Bird R. Neonatal Hypoxic-ischemic Encephalopathy : Detection with Diffusion-weighted MR Imaging. AJNR Am J Neuroradiol 2000 ; 21 : 1490-96.

7. Chalard F, Garel C, Ducou Le Pointe H. Imagerie de la souffrance cérébrale périnatale. Journées Parisiennes de Pédiatrie – Livre des JPP 2010 : 151-59.

8. Rutherford M, Martinez Biarge M, Allsop J et al. MRI of perinatal brain injury. Pediatr Radiol 2010 ; 40 : 819-33.

9. Sakhi A, Habzi A. L'asphyxie périnatale du nouveau-né à terme. <http://www.santemaghreb.com/maroc/mop33.html>. Mis en ligne le 29 mars 2010. Pas de mise à jour spécifiée. Consulté le 09/09/2014.

10. Lally PJ, Price DL, Pauliah SS et al. Neonatal Encephalopathic Cerebral Injury in South India Assessed by Perinatal Magnetic Resonance Biomarkers and Early Childhood Neurodevelopmental Outcome. PLOS ONE 2014 ; 9 (2) : e87874.

11. Zhu W, Zhong W, Qi J, Yin P et al. Proton magnetic resonance spectroscopy in neonates with hypoxic-ischemic injury and its prognostic value. Transl Res 2008 Nov ; 152 (5) : 225-32.

12. Chalard F, Garel C, Elmaleh M. Ischémie périnatale. <http://www.sfip-radiopediatrie.org/SFIPoldpages/EPUTRO05/CHATRO05.HTM>. Publié mardi 1er mars 2005. Pas de mise à jour spécifiée. Consulté le 09/09/2014.

13. Girard N, Confort-Gouny S, Schneider J et al. Neuroimaging of neonatal encephalopathies. Journal of Neuroradiology 2007 ; 34 : 167-82.

14. Rutherford M, Srinivasan L, Dyet L et al. Magnetic resonance imaging in perinatal brain injury: clinical presentation, lesions and outcome. Pediatr Radiol 2006 ; 36 : 582-92.

15. Malik GK, Pandey M, Kumar R et al. MR imaging and in vivo proton spectroscopy of the brain in neonates with hypoxic ischemic encephalopathy. Eur J Radiol 2002 ; 43 (1) : 6-13.

16. Barnette AR, Horbar JD, Soll RF et al. Neuroimaging in the evaluation of neonatal encephalopathy. Pediatrics 2014 ; 133 (6) : 1508-17.