

L'AUTOPSIE VIRTUELLE EN PRATIQUE PEDIATRIQUE

Guillaume Gorincour (1, 2), Laure Sarda-Quarello (1, 3), Marie-Dominique Piercecchi-Marti (1, 4)

(1) Groupe de Recherche en Autopsie Virtuelle et Imagerie Thanatologique

(2) Service d'Imagerie Pédiatrique et Fœtale, Hôpital de la Timone Enfants

(3) Service de Fetopathologie, Hôpital de la Timone

(4) Service de Médecine Légale, Hôpital de la Timone

Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille - Aix-Marseille Université

INTRODUCTION

La médecine légale a de tout temps utilisé les techniques radiographiques. Depuis plus d'une dizaine d'années, elle met en œuvre les nouvelles modalités d'imagerie en coupes, échographie et surtout scanner et IRM, sous l'impulsion des travaux pionniers de l'équipe de Michael Thali, nous faisant entrer dans l'ère de l'autopsie virtuelle ou « virtopsy » (1). Il s'agit de faire précéder l'autopsie d'une de ces techniques, ou d'une combinaison de celles-ci, pour préparer, guider, et faciliter le travail des médecins légistes dans la recherche des causes de la mort.

a. Cette autopsie virtuelle, sans destruction de la matière, permet un bilan corps entier avec reconstructions volumiques possibles en un « passage » en scanner et/ou IRM complémentaire, ce qui permet notamment :

b. - une documentation plus « objective », en tout cas moins sanglante que les classiques photographies du cahier d'autopsie. Ceci est en particulier utile pour les régions anatomiques de dissection difficile (massif facial, pelvis, etc...) ;

- c. - Une conservation des données numériques obtenues (avec certes des contraintes en termes de confidentialité dans les systèmes d'archivage numérique des services d'imagerie médicale) ;
- d. - Une réinterprétation a posteriori en cas de réouverture d'un dossier à distance de l'événement initial ;
- e. - une interprétation pluridisciplinaire des dossiers, autour des consoles de post-traitement, des photos de l'autopsie, en obtenant à la demande des différents intervenants les reconstructions les plus adaptées à la situation (MPR, curviligne, MIP, VR, etc...) pour un rendu iconographique le plus démonstratif possible (2) ;
- f. - Une « transférabilité » des données pour obtenir l'avis d'experts dans certains domaines spécifiques (télé-expertise) ;
- g. - Des mesures (avec une résolution spatiale atteignant 0.6mm en scanner) et une localisation quasi parfaite de corps étrangers éventuels.
- h. Le scanner a une valeur ajoutée particulièrement intéressante pour la recherche d'épanchements gazeux (3), de lésions osseuses traumatiques, et dans des problématiques d'identification (4). Le scanner a néanmoins plusieurs limites. Sa résolution en contraste est limitée pour les tissus mous et les épanchements liquidiens, qui présentent des densités spontanées voisines. Il est parfois délicat de détecter des épanchements liquidiens de faible abondance, notamment quand ils sont au contact d'organes pleins.
- i. L'IRM trouve toute sa place dans la recherche de lésions neurologiques (5), aussi bien encéphaliques que médullaires, ainsi que pour les lésions de la région cervicale en général (6). Sa résolution en contraste est précieuse dans la caractérisation des épanchements liquidiens, hématiques (7) et les lésions des organes pleins. Les inconvénients sont les artefacts en cas de corps étrangers et

les risques de déplacement secondaire de corps étrangers ferromagnétiques, la difficulté à identifier les épanchements gazeux, la durée des examens et la moindre disponibilité des machines. En pratique « pédiatrique », l'IRM post-mortem permet une estimation du volume des organes du corps (8). Pour les gros organes (cerveau, foie, poumons), les mesures sont satisfaisantes avec une tendance à la surestimation du volume en IRM par rapport au volume réel, notamment pour les viscères avec présence d'un compartiment liquidien sous tension. Pour les petits organes (rate, surrénale), les mesures sont moins précises, surtout pour les organes pairs. L'IRM peut également permettre de repérer des modifications du parenchyme pulmonaire (absence d'aération, infiltration) et aider le pathologiste à effectuer des prélèvements ciblés sur des zones anormales qui seront ensuite corrélées aux images microscopiques.

j. **TECHNIQUE**

Quelle que soit la technique utilisée, une problématique commune réside dans le transport des corps entre le service de médecine légale (ou le centre de référence des morts inexpliqués du nourrisson) et le service d'imagerie (et leur retour). Avant d'initier une telle activité, il convient de protocoller toutes les étapes des procédures impliquées en associant tous les personnels concernés (brancardiers, infirmières, manipulateurs, cadres, médecins, etc...).

1/ RADIOGRAPHIES STANDARD

Les pratiques usuelles en foetopathologie retrouvent l'usage fréquent de ce que les anglo-saxons nomment le « babygram », soit une radiographie unique corps entier de face. Il est capital, dans le cadre d'une suspicion de maltraitance, de réaliser un protocole de radiographies standards au moins aussi extensif que celui réalisé chez le vivant, soit : crâne de face et de profil, rachis en totalité (par segments) de face et de profil, membres en totalité (par segments) de face voire de profil, thorax de face et de profil, bassin de face. Tous les clichés d'os longs doivent inclure les articulations sus- et sous-jacentes. Les métaphyses doivent être parfaitement analysables et des clichés centrés complémentaires doivent être effectués au moindre doute (9), clinique ou radiologique.

2/ SCANNER

Nous réalisons un scanner corps entier sur un appareil Siemens Définition 64 barrettes bi-tube (Siemens, Erlangen, Allemagne). Une seule acquisition hélicoïdale est pratiquée, du vertex jusqu'au bout des orteils. Aucun produit de contraste n'est injecté. L'acquisition se fait en décubitus dorsal, les bras le long du corps, dans une position la plus proche possible de la position anatomique de référence. Les paramètres d'acquisition sont les suivants, variant selon le gabarit corporel : tension 80 à 120 kV, intensité de la charge de 60 à 300 mAs avec modulation de dose, champ de vue de 240 à 400 mm, pitch de 0,4 à 0,6, collimation 1 mm, épaisseur à l'acquisition 0,6 mm.

Les reconstructions suivantes sont pratiquées :

- à l'étage cérébral :
 - o série 1 : filtre H31, plan axial, épaisseur de coupe de 1 mm, incrément 1 mm
 - o Série 2 : filtre H70, plan axial, épaisseur de coupe de 1 mm, incrément 1 mm
- sur le reste du corps :
 - o Série 1 : filtre B30, plan axial, épaisseur de coupe de 1 mm, incrément 1 mm
 - o Série 2 : filtre B70, plan axial, épaisseur de coupe de 1 mm, incrément 1 mm
 - o Série 3 : filtre B20, plan axial, épaisseur de coupe de 3 mm, incrément 3 mm
 - o Série 4 : filtre H70, plan axial, épaisseur de coupe de 3 mm, incrément 3 mm

L'ensemble de ces reconstructions permet une relecture adaptée successivement à l'analyse du cerveau, des structures osseuses, du poumon, des organes pleins, etc...

3/ IRM

Le moment de la réalisation de l'IRM par rapport au décès a peu d'importance dès lors que le corps a été conservé à +4°C. Pour obtenir une qualité optimale des images, il est important d'utiliser une antenne de taille adaptée au gabarit du corps. Sur une IRM clinique à 1,5 Tesla, une antenne thorax est le plus souvent adéquate. Les séquences minimales nécessaires sont :

- des séquences en pondération T2 dans les trois plans centrées sur le crâne et sur le corps entier ;
- des séquences en pondération T1 dans le plan sagittal sur le crâne et coronal sur le corps entier.

Les séquences en 3D sont certainement d'une grande aide, d'autant qu'elles ne sont pas artéfactées par les mouvements. La durée totale d'un examen IRM post-mortem est d'environ 45 minutes, ce qui reste problématique en l'absence de machine dédiée. Le corps peut être laissé dans sa housse de plastique, en décubitus dorsal, le plus proche de la position anatomique de référence. Malgré cela les plans d'acquisition sont souvent obliques pour obtenir les plans anatomiques standards. Les séquences SSFP *TruFisp*, sont rapides, permettent de grands champs d'exploration, et constituent une pondération mixte de repérage. Des séquences T2 STIR sont intéressantes pour l'atteinte osseuse et des parties molles. L'angio-IRM post-mortem est maintenant décrite, mais pas en pratique pédiatrique.

4/ ECHOGRAPHIE

Elle doit trouver toute sa place en particulier en foetopathologie. Nous présenterons les aspects normaux et des cas de pathologies anténatales confirmées en post-mortem. L'équipe de Montpellier va sous peu publier son expérience.

5/ ANGIOSCANNER POSTMORTEM

nous avons décrit la technique en contexte foetopathologique et présenterons notre expérience sur une vingtaine de cas.

PIEGES

1/ RADIOGRAPHIES STANDARD

Les modifications post-mortem « physiologiques », dites taphonomiques, sont de mieux en mieux connues (aéroportie, distension digestive aérique par exemple), et des éléments secondaires aux éventuelles manœuvres de réanimation doivent aussi être connus et reconnus par le radiologue (pneumothorax, épanchement liquidien de la plèvre, corps étranger dentaire inhalé ou ingéré) pour ne

pas les méprendre pour un élément ayant pu causer, partiellement ou entièrement, le décès (10).

Il faut aussi savoir que les radiographies standards, même ciblées, sont environ 2 fois moins sensibles que le scanner (11) pour détecter les lésions osseuses traumatiques, en particulier les fractures costales.

Il faut aussi être prudent quant à la datation radiographique des lésions traumatiques, pour laquelle les données microscopiques sont indéniablement plus fiables (12) ; le scanner n'a cependant pas encore été évalué à cet effet. En revanche, dans l'expérience Rennoise, la radiographie standard apparaît plus sensible pour le diagnostic des fractures des extrémités (phalanges par exemple, lésions de haute spécificité de maltraitance) que les reconstructions de scanner (13).

2/ SCANNER

Il est primordial, pour interpréter un scanner post-mortem chez un nourrisson, de parfaitement connaître les modifications post-mortem taphonomiques non spécifiques, de thrombose et de putréfaction essentiellement (13).

On distingue :

- les modifications vasculaires dus à la sédimentation du sang : hyperdensité spontanée à environ 50 UH du sinus sagittal supérieur, hyperdensité spontanée déclive à environ 50 UH au sein des cavités cardiaques;
- les modifications aériques et vasculaires dus à l'apparition des gaz de putréfaction : distension digestive et pneumatose pariétale digestive, présence de gaz dans le cerveau et/ou le foie qui doit être synchrone de la présence d'air dans le cœur pour entrer dans le cadre des aspects « normaux » ;
- d'autres modifications vasculaires : hyperdensité de la paroi aortique thoracique (figure 6), collapsus de l'aorte abdominale, thrombose portale, sus-hépatique ou aortique, calcifications des artères ombilicales ou du canal artériel
- les modifications secondaires aux prélèvements éventuellement réalisés avant l'imagerie : pneumopéritoine et/ou épanchement aéro-hématique en cas de ponction cardiaque, infiltration et air dans les parties molles de la jambe en cas de ponction intra-osseuse de réanimation. En

l'absence de ponction, un pneumopéritoine peut au contraire suggérer fortement une lésion traumatique viscérale (14).

3/ IRM

L'optimisation des séquences est primordiale pour réaliser une IRM post-mortem. En effet les valeurs de T1 et T2 sont modifiées après la mort (15). Au niveau cérébral, il existe une dédifférenciation entre la substance blanche et la substance grise en T1 et T2 et les structures cérébrales sont plus en hypersignal en pondération T2 par rapport aux témoins in vivo. La présence d'un signal inhabituel ne doit pas être à tort interprétée comme pathologique alors qu'il n'est en rapport qu'avec les remaniements inhérents au décès. Ces modifications taphonomiques doivent être prises en compte afin d'éviter de décrire des faux-positifs.

Le diagnostic des anomalies cardiaques est la principale limite de l'IRM post-mortem. A 1,5 Tesla. L'utilisation de haut champ (9,4 Tesla) pourrait permettre l'obtention d'une résolution spatiale suffisante au diagnostic d'anomalies congénitales cardiaques (16). Les atrésies digestives, les malrotations intestinales, les anomalies du pancréas sont aussi d'accès difficile.

CONCLUSION

En cas de suspicion de maltraitance dans le contexte d'une mort inattendue du nourrisson (ou à un âge pédiatrique plus tardif), une imagerie corps entier est de plus en plus souvent réalisée, ce qui semble conforme aux recommandations de la Haute Autorité de Santé. Dans notre expérience, cette imagerie a même permis de diagnostiquer une maltraitance non suspectée sur l'enquête initiale. Scanner et IRM ont des avantages et inconvénients respectifs, et selon nous les 2 doivent idéalement être réalisés.

Dans le domaine de la périnatalité, l'échographie doit trouver toute sa place, éventuellement combinée à l'angioscanner post-mortem et/ou à l'IRM en cas de pathologie cérébrale suspectée en période prénatale.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Aghayev E, Staub L, Dirnhofer R, Ambrose T, Jackowski C, Yen K, Bolliger M, Christe A, Roeder C, Aebi M, Thali MJ. Virtopsy – The concept of a centralized database in forensic medicine for analysis and comparison of radiological and autopsy data. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 15 (2008) 135–140
- (2) Thali MJ, Braun M, Buck U, Aghayev E, Jackowski C, Vock P, Sonnenschein M, Dirnhofer R. VIRTOPSY—Scientific Documentation, Reconstruction and Animation in Forensic: Individual and Real 3D Data Based Geo-Metric Approach Including Optical Body/Object Surface and Radiological CT/MRI Scanning. *J Forensic Sci*, Mar. 2005, Vol. 50, No. 2
- (3) Christe A, Aghayev E, Jackowski C, Thali MJ, Vock P. Drowning—post-mortem imaging findings by computed tomography. *Eur Radiol* 2007 DOI 10.1007/s00330-007-0745-4
- (4) Sidler M, Jackowski C, Dirnhofer R, Vock P, Thali MJ. Use of multislice computed tomography in disaster victim identification—Advantages and limitations. *Forensic Science International* xxx (2006) xxx–xxx
- (5) Yen K, Lovblad KO, Scheurer E, Ozdoba C, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Anon J, Frickey N, Zwygart K, Weis J, Dirnhofer R. Post-mortem forensic neuroimaging: Correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. *Forensic Science International* 173 (2007) 21–35
- (6) Yen K, Vock P, Christe A, Scheurer E, Plattner T, Schön C, Aghayev E, Jackowski C, Beutler V, Thali MJ, Dirnhofer R. Clinical forensic radiology in strangulation victims: forensic expertise based on magnetic resonance imaging (MRI) findings. *Int J Legal Med* (2007) 121:115–123

- (7) Jackowski C, Thali MJ, Aghayev E, Yen K, Sonnenschein M, Zwyzgart K, Dirnhofner R, Vock P. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int J Legal Med* (2006) 120: 233–240
- (8) Prodhomme O, Seguret F, Martrille L, Pidoux O, Cambonie G, Couture A, et al. Organ volume measurements: comparison between MRI and autopsy findings in infants following sudden unexpected death. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2012 Mar 23
- (9) Adamsbaum C, Merzoug V, Cohen P.-A, Kalifa G. Imagerie du syndrome de sévices à enfant. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Pédiatrie, 4-002-G-40, 2007.
- (10) De Lange C, Vege A, Stake G. Radiography after unexpected death in infants and children compared to autopsy. *Pediatr Radiol* (2007) 37:159–165
- (11) Hong TS, Reyes JA, Moineddin R, Chiasson DA, Berdon WE, Babyn PS. Value of postmortem thoracic CT over radiography in imaging of pediatric rib fractures. *Pediatr Radiol* (2011) 41:736–748
- (12) Klotzbach H, Delling G, Richter E, Sperhake JP, Püschel K. Post-mortem diagnosis and age estimation of infants' fractures. *Int J Legal Med* (2003) 117 : 82–89 DOI 10.1007/s00414-002-0338-3
- (13) Proisy M, Marchand A, Loget P, Bouvet R, Roussey M, Pelé F, Rozel C, Treguier C, Darnault P, Bruneau B. Whole-body post-mortem computed tomography compared with autopsy in the investigation of unexpected death in infants and children. *Eur Radiol*, in press
- (14) Dedouit F, Mallinger B, Guilbeau-Frugier C, Rouge D, Rousseau H, Telmon N. Lethal visceral traumatic injuries secondary to child abuse: A case of practical application of autopsy, radiological and microscopic studies. *Forensic Science International* 206 (2011) e62–e66

- (15) Thayyil S, Sebire NJ, Chitty LS, Wade A, Olsen O, Gunny RS, et al. Post mortem magnetic resonance imaging in the fetus, infant and child: a comparative study with conventional autopsy (MaRIAS Protocol). *BMC Pediatr.* 2011;11:120
- (16) Breeze AC, Cross JJ, Hackett GA, Jessop FA, Joubert I, Lomas DJ, et al. Use of a confidence scale in reporting postmortem fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2006 Dec;28(7):918-24