

La radiologie interventionnelle dans la prise en charge initiale du traumatisme grave

Tobias Gauss, Paër-sélim Abback, Jules Iserentant, Jean-Denis Moyer

Service d'Anesthésie et Réanimation, Hôpital Beaujon, Hôpitaux Universitaires Paris Nord Val De Seine, Clichy, Assistance Hôpitaux de Paris, 100 Bld Général Leclerc, 92100 Clichy

tobias.gauss@aphp.fr

POINT ESSENTIELS

- La radiologie interventionnelle (RI) est devenue un outil indispensable dans la prise en charge des patients traumatisés graves.
- La radiologie interventionnelle permet de proposer des traitements d'hémostase par embolisation, pose de prothèses endovasculaires ou des occlusions vasculaires temporaires par ballon.
- Les taux de complications et d'échec de la RI sont faibles.
- Le traitement radiologique est le traitement de référence pour les hémorragies artérielles du bassin ou les lésions de l'aorte.
- L'occlusion temporaire de l'aorte par ballon pourrait devenir un outil qui permet de gagner du temps jusqu'à l'obtention d'une hémostase définitive ; sa place reste à déterminer.
- La mise en œuvre rapide d'un traitement radiologique reste un défi organisationnel et logistique
- Ce défi peut être en grande partie relevé par une organisation spécifique et dédiée pour obtenir des délais d'hémostase équivalents à ceux de la chirurgie
- Cette organisation demande une articulation fluide avec les moyens diagnostiques, notamment le scanner corps entier pour identifier rapidement les lésions hémorragiques et établir une stratégie thérapeutique.
- Les salles hybrides qui intègrent toutes les étapes de la prise en charge en un seul lieu représentent une conception innovante de cette organisation
- Le principe des salles hybrides peut être un modèle pour concevoir le processus de soin.

Introduction

La prise en charge du traumatisme grave a vécu une grande transformation depuis les années 2000, notamment avec l'utilisation du scanner corps entier et l'évolution des pratiques transfusionnelles. L'essor de la radiologie interventionnelle (RI) fait aussi partie de cette transformation. Il est à noter que le niveau de preuve en faveur de la RI est globalement faible et s'appuie principalement sur des revues et cohortes historiques. Néanmoins cette technique fait ses preuves au quotidien notamment comme un moyen de traitement de lésions hémorragiques. Elle s'est donc imposée progressivement comme un outil indispensable dans la gestion des patients traumatisés graves.

Nous nous emploierons à exposer une analyse des différentes techniques et indications actuelles de la RI, à déterminer sa position au sein d'une stratégie globale de prise en charge du traumatisme grave, en particulier à la phase initiale.

1) Technique de l'embolisation transartérielle (ETA)

L'hémorragie reste la deuxième cause de mortalité des patients traumatisés et la première cause de décès évitable. La RI met à disposition l'embolisation transartérielle (ETA) comme moyen de contrôle de ces hémorragies. Dans cette indication l'ETA est souvent utilisée en première intention pour des hémorragies au niveau du bassin, la rate, du foie, des extrémités, et du massif facial. Dans toutes les localisations, une source d'hémorragie peut être embolisée aisément par un radiologue expérimenté. La technique utilisée dépend de l'organe et du territoire. La technique standard consiste à établir un abord artériel fémoral, de cathétériser le territoire vasculaire impliquée et d'injecter à travers ce cathéter de manière la plus sélective et distale possible un matériel d'embolisation pour boucher les brèches vasculaires.

Gelfoam

Le Gelfoam est l'agent d'embolisation le plus répandu. Il s'agit d'une éponge de gélatine qui induit une thrombose au contact de plaquettes. Ce matériel est peu onéreux et facilement disponible, l'effet d'embolisation est transitoire. Le vaisseau embolisé se re-perméabilise au bout de deux semaines en général. Des re-perméabilisations retardées au bout de quatre mois et des occlusions permanentes ont été décrites (1).

Autres matériels

Il existe d'autres agents d'embolisation comme des coils, petites spirales métalliques en acier ou platinum, qui induisent également une thrombose. Il est possible de les utiliser en combinaison avec du Gelfoam. Les coils sont bien plus onéreux, leur effet quasi permanent. Ils sont déployés sur des pseudoanévrismes et déformations artérielles isolées. Des recanalisation ont été décrites (1).

D'autres matériels sont utilisés moins fréquemment, comme des sphères constitués de polymères d'acrylate ou de polyvinyle de sodium acrylate. Récemment ont été décrits des polymères d'acrylate ou gélatine en microparticules de 100 à 1200 mcm.

Une autre innovation est constituée par les agents d'embolisation liquide comme le N-butyl-cyanoacrylate ou un copolymère d'éthylène-vinyl. Ces agents ont la capacité d'induire une thrombose, même en cas de coagulopathie manifeste. Ils sont très onéreux et leur utilisation nécessite une grande expérience pour éviter des complications thrombotiques graves. Une imprégnation avec la thrombine augmente leur efficacité (1).

Par ailleurs selon la situation, un stent peut être mise en place pour contrôler une hémorragie, par exemple en cas de pseudo-anévrisme. Une revue récente de Lopera et al. (1) comporte une analyse intéressante des techniques d'embolisation.

Traumatismes pelviens

Depuis les premières utilisations au début des années 1970 (2), l'embolisation des hémorragies du pelvis est devenue la technique de référence pour traiter les hémorragiques sur fractures du bassin, en particulier d'origine artérielle. Dans cette indication la RI s'est substituée à la chirurgie. En effet, les procédures chirurgicales s'avèrent complexes dans ce contexte, grevées d'une morbi-mortalité importante et nécessitent régulièrement des ligatures vasculaires. L'abord chirurgical de l'hématome rétro-péritonéal est ainsi souvent associé à des suites catastrophiques (3).

Le taux de succès de la RI dans cette indication varie de 81% à 100%, avec un taux de complications faible et un taux de reprises de l'ordre de 10% (4). Les échecs sont plus fréquents chez des patients âgés et en grande insuffisance circulatoire. Une analyse récente d'un important registre sur les fractures du bassin avec lésion vasculaire rapporte une mortalité due à une exsanguination moins fréquente chez les patients traités par embolisation (0%) versus non-embolisation (20%) avec des besoins transfusionnels plus importants dans le dernier groupe (5). Autre information importante de cette étude, même après traitement séquentiel optimal avec contention et packing pelvien, encore 17% des patients avec hémorragie nécessitent de l'ETA.

Une extravasation lors de la réalisation du scanner est un indicateur important afin de prédire le besoin d'un geste d'ETA avec une sensibilité de 60 à 90% et une spécificité de 85% à 98% (8,9). Les indications acceptées sont : extravasation active, irrégularités ou rupture d'une artère ou des pseudo-anévrismes. Par contre on note une absence d'extravasation dans 25% des cas. (3) Une absence d'extravasation au scanner peut être expliquée par une insuffisance circulatoire sévère, un vasospasme, une injection de produit de contraste erronée ou bien encore une compression par la contention du bassin.

Un geste d'ETA peut tout de même devenir indiqué sans visualisation d'extravasation, si cliniquement le patient reste instable et/ou en hémorragie manifeste. Un geste d'ETA peut contrôler des sites de saignement veineux, car il réduit l'apport du côté artériel. Il est recommandé d'éviter une cystographie rétrograde avant le geste pour ne pas créer un signal qui serait à confondre avec une extravasation.

Le saignement artériel provient souvent des branches de l'artère iliaque interne. Une ETA distale avec Gelfoam à partir d'une position de cathéter proximale peut être nécessaire, si le patient est instable et lorsqu'une approche très sélective prendrait trop de temps. Une embolisation trop proximale par coils est souvent inefficace à cause d'un réseau de collatérales très développés, ce qui impose souvent une embolisation bilatérale (5).

Les complications existent, mais elles sont rares, avec une incidence <2% et il est souvent difficile d'incriminer l'ETA ou les conséquences du traumatisme du bassin lui-même. Des cas de nécrose musculaire ont été décrits. Des dysfonctions érectiles ont également été décrites, mais ne sont probablement pas dues à l'ETA, mais au traumatisme (6).

Traumatismes spléniques

Depuis les années 80, l'embolisation des lésions spléniques est de plus en plus fréquente. On constate une tendance globale de privilégier l'attitude de traitement non-chirurgical (*NOM=Non-Operative-Management*) pour préserver la fonction immunitaire de la rate. L'exception reste les lésions de la rate avec choc manifeste où la splénectomie d'hémostase reste le moyen de contrôle hémostatique de première intention selon une recommandation de la Eastern Trauma Association, en lien avec la rapidité de réalisation du geste (7). Les facteurs de risque d'échec d'une attitude non-chirurgicale sont : l'instabilité hémodynamique, l'extravasation, l'âge, un hémopéritoine très volumineux, la présence de lésions multiples (8). Une controverse persiste en absence de résultats d'études randomisées contrôlées. Ces études

sont en cours, dont une étude française. Mais globalement le taux de succès de la stratégie NOM est très satisfaisant, ce qui conduit aux indications de l'ETA retenues selon l'AAST (*American Association for the Surgery of Trauma*) : extravasation et pseudo-anévrismes au scanner pour les lésions de rate grade 3 et 4, parfois grade 5, présence d'un hémopéritoine, tachycardie persistante malgré réanimation et spoliation sanguine documentée. Ces indications sont conditionnées par la stabilité de l'hémodynamique. La revue systématique de Schnüriger permet une bonne analyse de la littérature (9).

Les deux techniques les plus utilisées sont l'embolisation proximale ou distale. Dans la technique proximale, des coils sont mis en place après l'origine de l'artère pancréatique dorsale. Cette méthode réduit le flux vers la rate pour préserver une irrigation collatérale et donc théoriquement la fonction immunitaire de la rate, car associée à moins de micro-infarctus. Dans la technique distale, on injecte du Gelfoam, ce qui permet un contrôle hémostatique plus rapide. Une variante est l'injection super-sélective qui demande par contre plus d'expérience et du temps. Parfois des combinaisons sont utilisées. Pour le moment aucune preuve formelle n'existe pour privilégier l'une ou l'autre en termes d'infarcissement ou de récurrence hémorragique. Globalement la technique proximale est recommandée dans un but de préservation de l'organe et la distale afin de réaliser une hémostase rapide.

Le taux de resaignement après ETA varie entre 7 et 20%, mais dépasse rarement les 10% dans des centres expérimentés (10). Une récurrence peut être traitée le plus souvent par un nouveau geste d'ETA et demande rarement une splénectomie. Les infarcissements étendus sont de l'ordre de moins de 3%, les infarcissements mineurs représentent jusqu'à 20 %. Des cas d'ischémie ou d'infarcissement du pancréas avec pancréatite ont été décrits. Les infections précoces sont rares (10). Concernant les infections à distance on constate une absence de données de qualité. Il est à noter que la préservation d'immunocompétence de la démarche

NOM versus la splénectomie n'a pas été démontrée de manière formelle, même si les études disponibles le suggèrent (7). Une immunisation systématique après embolisation n'est actuellement pas recommandée par toutes les sociétés.

Traumatismes hépatiques et rénaux

Malgré les avancés dans la prise en charge, la morbi-mortalité des lésions hépatiques reste importante, notamment pour les lésions grade IV et V de la classification AAST-OIS, et la chirurgie avec packing du foie reste le traitement de référence pour les patients les plus graves et les plus instables. Néanmoins, on observe une tendance à privilégier un traitement non-chirurgical, comme dans les cas de lésions spléniques (11), même pour des lésions pénétrantes du foie (12) et en particulier pour les lésions grade I et II, voir III. Un des principes est de ne pas considérer la chirurgie et la RI comme des moyens mutuellement exclusifs, mais complémentaires qui peuvent être déployés de manière séquentielle dans une vraie stratégie de *damage control*. Grâce à ces moyens, la chirurgie peut maintenant être évitée dans une grande majorité des cas.

Les embolisations du foie sont habituellement bien tolérées, car le foie est organisé en segments et chaque segment dispose de son propre système d'irrigation, et l'irrigation du foie est en grande partie alimentée par le système porte et non par le système artériel. Les complications incluent des récives de saignement, la nécrose hépatique des infections et des fistules biliaires (1). L'utilisation d'une technique la plus sélective possible est donc recommandée pour éviter ces complications.

Les lésions de l'artère rénale conduisent souvent à des fistules ou pseudo-anévrismes, elles sont habituellement traitées chirurgicalement ou par mise en place d'un stent. L'occlusion

des artères rénales conduit à une ischémie dans le territoire concerné. Si l'ETA est déployée, une technique supra-sélective est recommandée, car les complications observées sont principalement ischémiques (13).

Autres territoires

La RI a été utilisée avec succès pour contrôler des hémorragies post-traumatiques dans d'autres territoires, comme le massif facial, le cou ou les extrémités. Ceci est même possible après traumatismes pénétrants, à condition qu'il existe une continuité du vaisseau lésé qui permet une cathétérisation. L'occlusion d'un vaisseau responsable de l'irrigation de tout un territoire est évidemment à éviter. Dans ces cas la solution peut résider dans la pose d'un stent. Les vaisseaux traités incluent entre autres la carotide, l'artère iliaque, l'artère brachiale, l'artère sous-clavière.

Les lésions thoraciques se prêtent moins à une ETA en raison de la complexité des lésions, du risque d'ischémie majeur des vaisseaux impliqués et de systèmes de vaisseaux collatéraux très développés. Des cas d'embolisation efficace de lésions thoraciques ont été décrits (14). Une utilisation au cas par cas et après concertation est donc envisageable.

2) Traumatisme de l'aorte

La prise en charge des lésions de l'aorte a également vécu une transformation grâce aux techniques interventionnelles. La mortalité notamment en préhospitalier reste élevée, et est estimée à 20% en intrahospitalier.

Pour les patients survivants à la phase initiale préhospitalière, le développement des techniques de RI a simplifié et amélioré la gestion de ces lésions. Depuis les années 2010, la mise en place de dispositifs endovasculaires s'est imposée comme gold standard.

Globalement, la mortalité a été diminuée avec l'avenant de la RI comparé aux séries avec chirurgie conventionnelle (15, 16). Par ailleurs, la technique se déploie beaucoup plus facilement, en particulier chez un patient instable, avec coagulopathie ou lésions multiples, et dure moins longtemps que la chirurgie.

Cette substitution est principalement due à la morbi-mortalité élevée de la chirurgie en urgence pour ces traumatismes comparée aux techniques endovasculaires. Les revues de la littérature rapportent d'excellents résultats pour la RI avec un taux de succès proche de 100%, une mortalité péri-interventionnelle et globale à 30 jours de 2 à 4%, une survie à deux ans de 93,7% et un taux faible de complications neurologiques, notamment d'ischémie médullaire de 1% (17).

La démarche se décline en fonction des types de lésions. Une lésion grade I correspond à une rupture intimale, grade II à un pseudoanévrisme <50% de la circonférence aortique, grade III à >50% et grade IV à une rupture ou section complète. Des lésions de grade I ou II peuvent être traitées avec une attitude non-interventionnelle et observation pure dans un centre disposant d'une expertise et du plateau technique. Des lésions grade III et IV avec atteinte de la paroi extérieure sont une indication à un traitement endovasculaire. Parfois une lésion de type III peut être traitée de manière différée de 24 heures permettant la maîtrise d'autres lésions vitales à très court terme (neurochirurgie, chirurgie abdominale). Des critères à prendre en compte sont la présence d'éventuels hématomes médiastinaux, d'hémothorax ou de pseudocoarctation. L'attitude à adopter est résultat d'une concertation pluridisciplinaire. Les critères à intégrer sont la stabilité hémodynamique, l'existence d'autres défaillances et d'autres lésions associées comme le traumatisme crânien. Le scanner joue un rôle essentiel dans l'identification, la priorisation et l'estimation de la taille de la prothèse endovasculaire (17).

Même avec cette simplification, l'identification et le traitement de ces lésions reste une urgence absolue, car la mortalité de la rupture retardée est importante. En conséquence le diagnostic doit s'inscrire dans une stratégie globale et ne pas être retardé, même si certains auteurs préconisent maintenant même une attitude différée pour les lésions grade III. Dans ce contexte il est important de rappeler le suivi à distance des patients porteurs d'une endoprothèse aortique.

3) REBOA- *Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta*

L'occlusion de l'aorte par ballon, pour permettre une hémostase temporaire le temps d'établir une hémostase définitive, a été décrite pour la première fois pendant la guerre de Corée. Cette technique connaît une renaissance sous le terme *REBOA-Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta*. Il est à noter qu'elle fait toujours partie de l'algorithme pour la gestion des hémorragies traumatiques de la SFMU.

Ces dernières années les publications et retours d'expérience sur cette technique se sont répétés. Des données issues de modèles de choc hémorragique chez le porc suggèrent une amélioration de la perfusion du cerveau et du myocarde, une réduction du taux de lactate et une augmentation du taux de survie. Les données en traumatologie grave chez l'homme se limitent actuellement à des séries observationnelles qui partagent leur expérience. Une étude japonaise a comparé la mortalité des patients en choc traités par REBOA par score de propension avec les patients sans REBOA et conclut à un bénéfice en terme de survie. Cette étude porte cependant un bon nombre de biais. Une autre série japonaise met en évidence un

taux élevé de complications comme des ischémies de membres inférieurs ou un ballon défectueux.

La littérature disponible ne permet actuellement pas de conclure de façon définitive sur le bénéfice de cette technique, notamment car les études disponibles sont probablement biaisées par un phénomène d'*ultima ratio* (18). L'option est ainsi utilisée trop tardivement, en dernier recours. Il est important de constater que son utilisation se développe aux Etats-Unis et nombre de centres l'intègrent dans leur arsenal de *damage control* interventionnel comme *bridging* avant d'établir un contrôle d'hémostase définitif (19). Comme suggéré, la technique n'est pas dépourvue de complications, doit s'inscrire dans une concertation pluridisciplinaire globale et nécessite un entraînement rigoureux et mise en place complexe (18, 19, 30). Sous ces conditions elle représente une option très intéressante et pourrait devenir une nouvelle arme. Son rôle et ses indications restent à définir par des études prospectives. Un registre américain prospectif (*AORTA-study*) est en cours, une équipe préhospitalière anglaise a récemment publié son expérience avec un déploiement préhospitalier.

4) Aspects organisationnels et concept de « prise en charge en un seul lieu »

La types de lésions rencontrées jusqu' alors, les hémorragies et ruptures de l'aorte, et les indications résultantes de la RI, représentent des urgences absolues. Comme un travail souvent cité le suggère, le contrôle de l'hémostase est primordial, tout délai augmentant la mortalité (20).

Ce constat est néanmoins contradictoire avec la notion que le temps nécessaire pour déployer les techniques de RI dépassent fréquemment les délais cibles de 60 à 90 minutes. Même dans des systèmes rodés le temps dépasse souvent 130 minutes (1) et n'est possible que dans 15% des cas avant 90 minutes (21).

Rôle du scanner

Dans ce contexte il est important de constater que l'utilisation quasi systématique du scanner corps entier accompagne une transformation des attitudes. Longtemps utilisé comme un outil ciblé, il a pris sa place comme référence diagnostique dans une stratégie globale. D'un côté la réalisation peut prolonger le temps jusqu'à l'initiation d'une mesure d'hémostase, et en ce qui concerne la RI son utilisation est théoriquement possible sans scanner. D'un autre côté le scanner permet une identification rapide et la priorisation des lésions hémorragiques (23), et accélère par la suite le geste interventionnel (22). Le temps investi dans le scanner corps entier est le plus souvent du temps gagné au cours du geste d'hémostase.

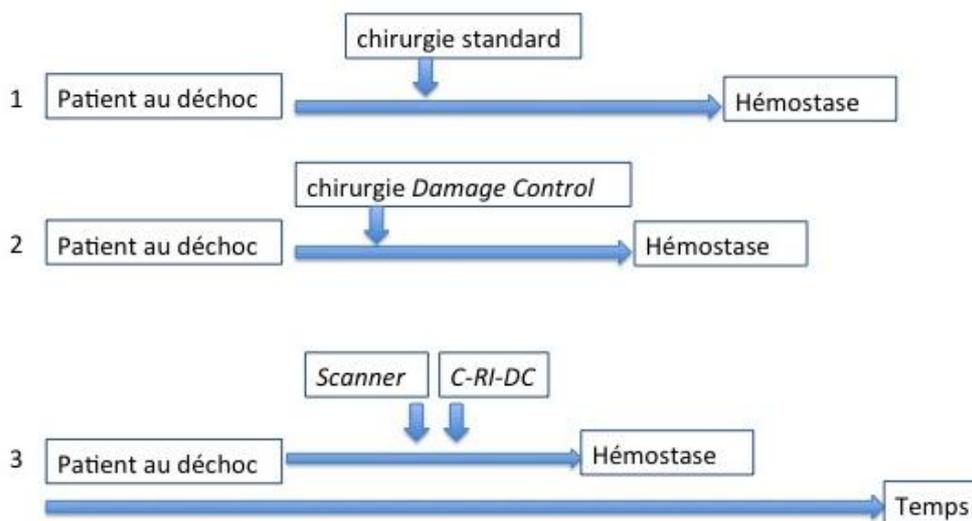
L'utilisation systématique du scanner dans le bilan initial semble même réduire la mortalité des patients traumatisés sévères (24). En conséquence son déploiement même pour les patients les plus graves apparaît comme bénéfique (25).

Alors qu'avant l'apport de l'imagerie, notamment pour les patients les plus graves, était réduit à la FAST échographie et la radiographie, le scanner corps entier devient un outil quasi indispensable et systématique du processus de triage, de priorisation et de stratification pour établir la meilleure séquence (22, 26). Ce changement contribue à l'importance croissante de la RI dans la gestion des traumatismes graves (26). La radiologie diagnostique par scanner et la RI sont devenus des éléments incontournables et complémentaires dans l'arsenal moderne de prise en charge du traumatisé.

La bonne séquence

Cette transformation pose régulièrement le défi de définir la bonne séquence de prise en charge (24). Il ne s'agit plus d'une attitude qui se réduit à la question « bloc » ou « scanner ».

Chaque élément est complémentaire de l'autre : le diagnostic et raisonnement clinique appuyé par les techniques d'imagerie, la chirurgie, la radiologie interventionnelle. Cette démarche est à considérer comme un flux dynamique d'étapes séquentielles qui s'enchaînent. Les mesures de réanimation et d'hémostase ne s'arrêtent pas en salle de déchocage, le processus diagnostique et décisionnel ne commence pas au scanner. Chacun des éléments s'inscrit dans une démarche séquentielle et intégrative qui décline les outils à disposition selon une stratégie globale fondée sur l'évidence et qui vise à maîtriser l'hémorragie tout en limitant ses dégâts et claiatrogénie (22, 24). Certains auteurs parlent même d'une *integrative damage control strategy* (24), qui intègre les aspects de réanimation, radiologie diagnostique et interventionnelle et chirurgie. Le **schéma 1** illustre le principe.



1 Approche chirurgicale standard

2 Approche chirurgie *damage control* classique

3 Approche stratégie *damage control* intégratif (C-RI-DC=chirurgie-radiologie interventionnelle *damage control*)

Une stratégie globale et intégrative fait gagner du temps au final, même si la mesure est initiée plus tard comparée à une approche de *damage control* classique

La condition *sine qua non* reste de ne pas perdre de temps. Une partie de la réponse à ce défi repose sur l'organisation collective et spécifique ainsi que sur l'implication précoce d'un

maximum d'acteurs. Il est bien démontré, notamment pour les traumatismes du pelvis, que des procédures locales écrites qui conduisent à des organisations de soins et attitudes spécifiques, accélèrent le déploiement des mesures de contrôle de l'hémostase (22).

La concertation

Un autre outil indispensable pour relever ce défi est la concertation pluridisciplinaire en amont afin d'établir ensemble la séquence de prise en charge pour les lésions les plus fréquentes : la rate, le foie, le bassin et l'aorte. Ces attitudes fondées sur l'évidence disponible doivent définir la place de la RI et de la chirurgie pour chaque constellation et être déclinée selon les spécificités organisationnelles de chaque centre. Le **schéma 2** illustre par exemple une procédure pour le traumatisme du bassin et le **schéma 3** la déclinaison dans le concept intégratif. Pour y arriver, une culture d'échange et de coopération est indispensable (27). Cette culture et les procédures permettent ensuite en aval la concertation autour d'un dossier au quotidien. Ce processus constitue la caractéristique même d'un trauma center : des compétences médicales pluridisciplinaires associées à un plateau technique, et qui sont liés par une organisation spécifique, disponible 24h/24 et 7jours/7.

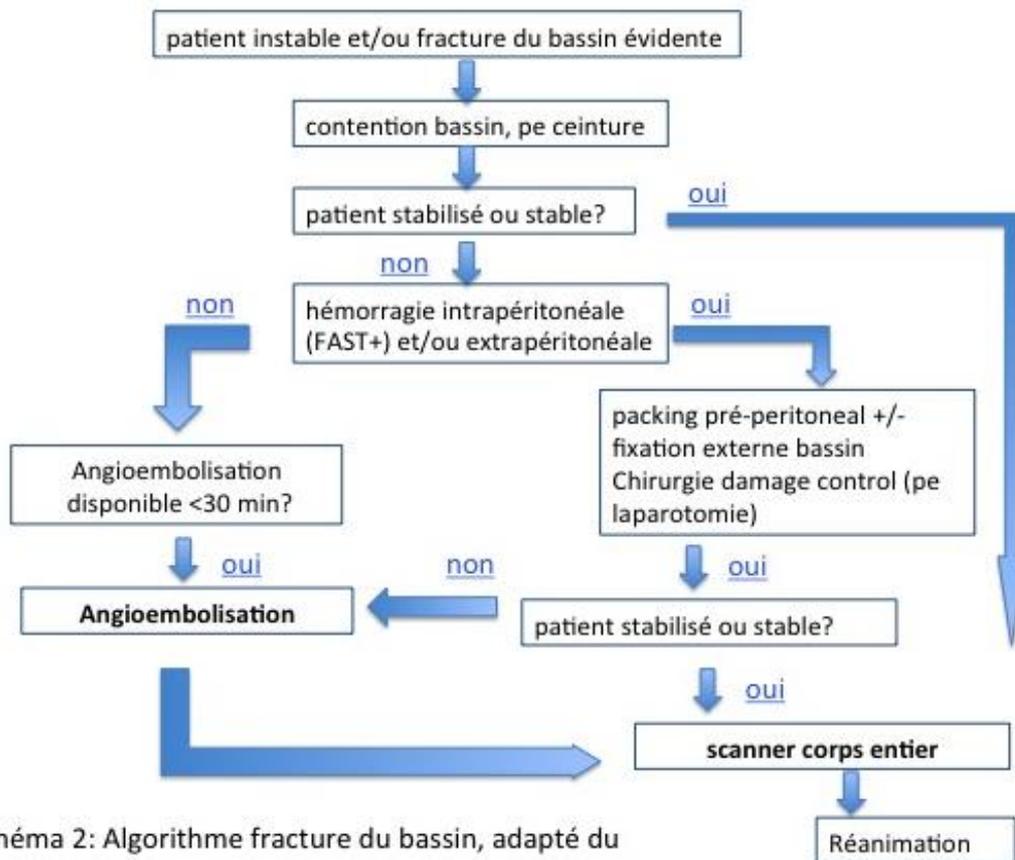


Schéma 2: Algorithme fracture du bassin, adapté du Royal London Hospital

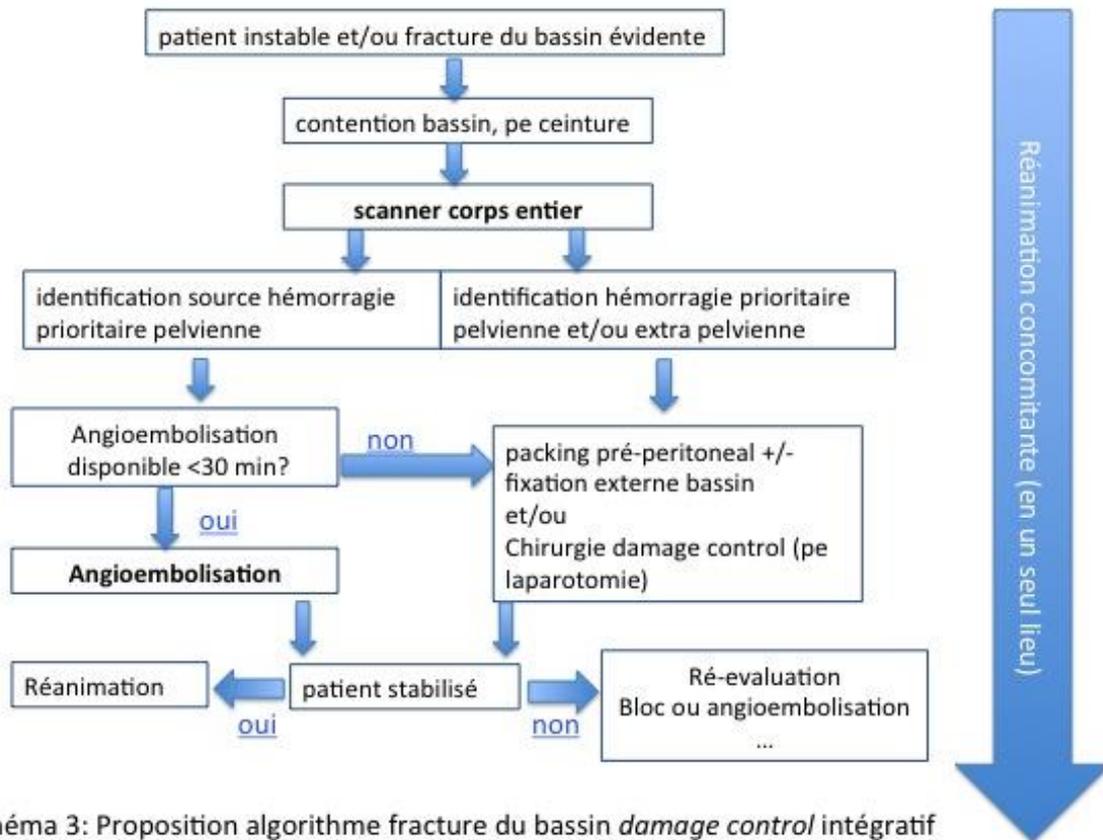


Schéma 3: Proposition algorithme fracture du bassin *damage control* intégratif (C-RI-DC=chirurgie-radiologie interventionnelle *damage control*) d'après (22)

Principe « en un seul lieu »

Un nouvel outil qui permet de réaliser cet objectif ambitieux est la mise à disposition d'une infrastructure dédiée. Il s'agit de salles dites hybrides (aussi *RAPTOR-Suite, Resuscitation with angiography percutaneous treatments and operative resuscitations*) qui permettent à la fois la réalisation de gestes radio-interventionnels et/ou chirurgicaux. Ce concept a été développé par des équipes canadiennes et australiennes et fut utilisé avec succès lors des conflits en Iraq et Afghanistan (28). Un avantage théorique et pragmatique de la salle hybride est qu'elle réduit considérablement les déplacements des patients. La réalisation du concept complet selon les lignes élaborées plus haut demande une grande proximité du scanner à la salle hybride pour réduire au maximum la durée des séquences de prise en charge. La mise en place d'une telle structure est lourde et intense en termes de ressources techniques et de personnel, et très coûteuse. La concertation et articulation des acteurs impliqués deviennent

d'autant plus importantes et précieuses (29). Les premières expériences sont assez prometteuses, mais nous ne disposons actuellement pas d'assez de recul pour juger l'impact sur la prise en charge des patients. La mise en place d'une telle structure et stratégie paraît utopique pour la majorité des centres. Le principe « en un seul lieu » pourrait néanmoins inspirer l'enchaînement des éléments diagnostiques et thérapeutiques, ainsi que la concertation entre les acteurs, afin de s'en approcher le plus possible même dans les structures où une réunion en un seul lieu physique est impossible.

Conclusion

La radiologie diagnostique et interventionnelle (RI) occupe une place stratégique dans la prise en charge des patients traumatisés graves et elle est devenue le traitement de référence, par exemple, dans le cas des hémorragies artérielles du bassin ou des lésions de l'aorte. Elle peut se substituer à une approche chirurgicale pour de nombreuses constellations cliniques et reste un outil complémentaire pour d'autres. L'occlusion de l'aorte par ballon pourrait devenir une option supplémentaire pour permettre une hémostase temporaire. Globalement, les taux de complications et d'échec de la RI sont faibles. Le déploiement rapide de la radiologie interventionnelle reste un défi organisationnel qui peut être en grande partie relevé par une organisation spécifique et dédiée pour obtenir des délais équivalents à la chirurgie.

Ce défi peut être relevé par une articulation fluide des démarches diagnostiques et thérapeutiques. Dans ce contexte, le scanner corps entier est devenu un outil indispensable pour la gestion de ces situations complexes, assurant un bilan lésionnel complet et participant à l'établissement de la séquence hémostatique la plus adaptée.

Une nouvelle voie d'innovation repose sur le principe de réunir tous les acteurs et le plateau technique en un seul lieu. Sa valeur ajoutée sur le devenir des patients reste à définir.

Bibliographie

- 1) Lopera JE. Embolization in Trauma : Principles and Techniques. *Seminars in Interventional Radiology* 2010; 27: 14-28
- 2) Ring EJ, Athanasoulis C, Waltman AC, Margolies MN, Baum S. Arteriographic management of hemorrhage following pelvic fracture. *Radiology* 1973; 109:65–70
- 3) Cullinane DC, Schiller HJ, Zielinski MD, et al. Eastern association for the surgery of trauma practice management guidelines for hemorrhage in pelvic fracture—update and systematic review. *J Trauma* 2011; 71: 1850–68
- 4) Papakostidis C, Kanakaris N, Dimitriou R, Giannoudis PV. The role of arterial embolisation in controlling pelvic fracture haemorrhage: a systematic review of the literature. *Eur J Radiol* 2012; 81:897–904.
- 5) Hauschild O, Aghayev E, von Heyden J, et al. Angioembolisation for pelvic hemorrhage control: results from the German pelvic injury register. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 73:679–684
- 6) Ramirez JI, Velmahos GC, Best CR, Chan LS, Demetriades D. Male sexual function after bilateral internal iliac artery. *J Trauma*. 2004; 56:734-9
- 7) Skattum J, Naess PA, Gaarder C. Non-operative management and immune function after splenic injury. *Br J of Surg* 2012 ; 99 : 59-65
- 8) Shafi S, Parks J, Ahn C, Gentilello LM, NAthens AB. More operations, more deaths ? Relationship between operative intervention and risk-adjusted mortality at trauma centers. *J Trauma* 2010 ; 69 :70-77
- 9) Schnüriger B, Inaba K, Konstantinidis A, et al. Outcomes of proximal versus distal splenic artery embolization after trauma: a systematic review and metaanalysis. *J Trauma* 2011; 70:252–260.
- 10) Ekeh AP, McCarthy MC, Woods RJ, Haley E. Complications arising from splenic embolization after blunt splenic trauma. *Am J Surg*. 2005; 189: 335–339.
- 11) Asensio JA, Roldan G, Petrone P, Rojo E, Tillou A, Kuncir E, et al. Operative management

and outcomes in 103 AAST-OIS grades IV and V complex hepatic injuries: trauma surgeons still need to operate, but angioembolization helps. *J Trauma* 2003 ; 54:647–653

- 12) Demetriades D, Hadjizacharia P, Constantinou C, Brown C, Inaba K, Rhee P, et al (2006) Selective nonoperative management of penetrating abdominal solid organ injuries. *Ann Surg* 2006 ; 244 :620–62
- 13) Brewer ME Jr, Strnad BT, Daley BJ, et al. Percutaneous embolization for the management of grade 5 renal trauma in hemodynamically unstable patients: initial experience. *J Urol* 2009; 181:1737–1741
- 14) Antevil JL, Holmes JF, Lewis D, Battistella F. Successful angiographic embolization of bleeding into the chest wall after blunt thoracic trauma. *J Trauma*. 2006 May; 60: 1117-8
- 15) Zipfel B, Chiesa R, Kahlberg A, Marone EM, Rousseau H, et al, RESTORE Investigators. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: final results from the relay endovascular registry for thoracic disease. *Ann Thorac Surg*. 2014 ; 97:774-8
- 16) Tang GL, Tehrani HY, Usman A, Katariya K, Otero C, Perez E, Eskandari MK. Reduced mortality, paraplegia, and stroke with stent graft repair of blunt aortic transections: a modern meta-analysis. *J Vasc Surg*. 2008; 47:671-5
- 17) Mokrane FZ, Revel-Mouroz P, Saint Lebes B, Rousseau H. Traumatic injuries of the thoracic aorta: The role of imaging in diagnosis and treatment. *Diagn Interv Imaging* 2015 ; 96:693-706
- 18) Brenner ML, Moore LJ, DuBose JJ, et al. A clinical series of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for hemorrhage control and resuscitation. *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 75:506–11
- 19) Qasim Z, Brenner M, Menaker J, Scalea T. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *Resuscitation* 2015; 96 : 275-279
- 20) Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 min. *J Trauma* 2002; 52:420–5.

- 21) Miller PR, Moore PS, Mansell E, Meredith JW, Chang MC. External fixation or arteriogram in bleeding pelvic fracture: initial therapy guided by makers of arterial hemorrhage. *J Trauma*. 2003; 54:437–443
- 22) Matsumoto J, Lohmana BD, Morimoto K, Ichinose Y, Hattori T, Taira Y. Damage control interventional radiology (DCIR) in prompt and rapid endovascular strategies in trauma occasions (PRESTO): A new paradigm PRESTO. *Diagnostic and Interventional Imaging* 2015 96, 687—691
- 23) Huber-Wagner S, Biberthaler P, Häberle S, Wierer M, Dobritz M, Rummeny E, van Griensven M, Kanz KG, Lefering R, the TraumaRegister DGU. Whole-Body CT in Haemodynamically Unstable Severely Injured Patients – A Retrospective, Multicentre Study. *Plos ONE* 2013 ; 8 : e68880
- 24) Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009; 373: 1455–61.
- 25) Harvey JJ, West ATH. The right scan, for the right patient, at the right time: the reorganization of major service provision in England and its implications for radiologists. *Clin Radiol* 2013; 68: 871–86
- 26) Chakraverty S, Flood K, Kessel D, et al. CIRSE guidelines: quality improvement guidelines for endovascular treatment of traumatic hemorrhage. *Cardiovasc Interv Radiol* 2012; 35: 472–82
- 27) Goei AD, Ching BH, Meyermann MW, Nunez T, Sacks D. Tips and Tricks for the Trauma Patient. *Sem Intervent Radiol* 2010 ; 27 : 81-98
- 28) Kirkpatrick AW, Vis C, Dubé M, Biesbroek S, Ball CG, Laberge J, Shultz J, Rea K, Sadler D, Holcomb JB, Kortbeek J. The evolution of a purpose designed hybrid trauma operating room from the trauma service perspective: the RAPTOR (Resuscitation with Angiography Percutaneous Treatments and Operative Resuscitations). *Injury*. 2014 ; 45:1413-21.
- 29) Chakraverty S, Zealley I, Kessel D. Damage control radiology in the severely injured patient: what the anaesthetist needs to know. *Br J Anaesth* 2014 ; 113 : 250–7
- 30) Morrison JJ, Galgon RE, Jansen JO, Cannon JW, Rasmussen TE, Eliason JL. A systematic

review of the use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in the management of hemorrhagic shock. *J Trauma Acute Care Surg* 2016 ; 80:324-34.