

Ballon intra-aortique : une technique de sauvetage ?

Julien Brun¹, Marion Berthet¹, Frédéric Thony², Jean-François Payen¹, Pierre Bouzat¹

¹ Pole d'Anesthésie Réanimation, Déchocage et Bloc des urgences, CHU de Grenoble, 38000 Grenoble

² Pole Imagerie, CHU de Grenoble, 38000 Grenoble

Correspondance : jbrun@chu-grenoble.fr

POINTS ESSENTIELS

- Le ballon d'occlusion intra aortique (BOIA) se situe comme technique de sauvetage dans les hémorragies traumatiques non contrôlables (patients in extremis) en dehors de la traumatologie thoracique.
- Il est une thérapeutique de sauvetage de première ligne en traumatologie pelvienne.
- Il est une alternative à la thoracotomie de ressuscitation en traumatologie abdominale.
- La décision de pose de BOIA doit être extrêmement rapide dès la phase d'accueil et peut se discuter avant le transfert dans le centre capable de réaliser une hémostase définitive.
- Le site d'implantation dépend du bilan primaire d'imagerie (radio de thorax et de bassin, FAST échographie).
- Les données de la littérature expérimentale et clinique sont peu nombreuses.
- Sa place dans l'arsenal thérapeutique reste à préciser.

HISTORIQUE

En 1954 pendant la guerre de Corée, le Lieutenant Col Hughes décrit pour la première fois l'utilisation du BOIA chez deux patients moribonds en médecine militaire. Les deux patients décèdent, mais il suggère qu'une utilisation plus précoce pourrait être bénéfique pour de nombreux patients ⁽¹⁾

Les années 80 voient l'avènement des techniques de damage control chirurgical en traumatologie grave. Des équipes de Denver ⁽²⁾ et de Détroit ⁽³⁾ décrivent la technique de

thoracotomie de ressuscitation (RT) chez des patients in extremis présentant des hémopéritoines massifs. En limitant le saignement sous-diaphragmatique et en redistribuant le flux sanguin vers les circulations cérébrale et myocardique, la technique permettrait de limiter le collapsus circulatoire et d'augmenter la survie. La technique est alors largement adoptée aux États-Unis et introduite dans les guidelines.

En 1989, on voit réapparaître le BOIA comme technique alternative à la RT. Cependant la publication de l'équipe de Brooklin ⁽⁴⁾ présente un taux élevé de complications : une paraplégie, quatre perforations artérielles, trois thromboses artérielles fémorales sur 23 patients soit 35% de complications graves. La RT reste la technique de référence des patients in extremis présentant un traumatisme abdominal grave.

Ces dernières années, les progrès de la radiologie interventionnelle et des techniques endovasculaires, l'utilisation du BOIA dans d'autres domaines que la traumatologie grave (chirurgie pelvienne, anévrisme abdominal aortique rompu, hémorragie de la délivrance) ont incité à de nouvelles publications sur le BOIA comme technique de sauvetage en traumatologie grave. C'est l'objet de cette présentation.

CONTEXTE CLINIQUE / DÉFINITION DU PROBLÈME

Quels sont les patients concernés ?

Il s'agit de patients exsangues, victimes d'un traumatisme abdominal et/ou pelvien, pour lequel une technique de sauvetage est indiquée en urgence compte tenu d'un état hémodynamique non contrôlé voire d'un arrêt circulatoire imminent.

Quels sont les patients exclus de ce cadre clinique ?

Les traumatismes pénétrants du thorax où la thoracotomie de ressuscitation est la seule technique envisageable. Il en est de même pour tout traumatisme thoracique fermé avec suspicion d'atteinte des vaisseaux thoraciques.

Quelles thérapeutiques sont proposées pour ces patients ?

La laparotomie est le premier traitement hémostatique des hémorragies intra-abdominales permettant l'identification et le traitement de tous les sites hémorragiques. Les méthodes de radiologie interventionnelle ont également montré leur intérêt dans certains traumatismes graves comme les fractures graves du bassin. Cependant ces deux thérapeutiques nécessitent le transfert soit au bloc opératoire, soit vers un site de radiologie interventionnelle. Le cas des hémorragies traumatiques non contrôlables arrivant en salle de déchocage en choc hémorragique réfractaire présente un risque élevé de collapsus cardiovasculaire sévère voire d'arrêt cardiaque imminent. La thoracotomie de ressuscitation est proposée dans ce cadre-là, mais reste très controversée du fait d'une morbidité importante (saignement accru, hypothermie induite, technique invasive, potentielle difficulté de clampage aortique) et d'une mortalité effroyable ⁽⁵⁾. C'est dans ce contexte qu'est proposée l'utilisation du BOIA.

Si on résume les propositions thérapeutiques actuelles concernant le BOIA en thérapeutique de sauvetage du traumatisé grave, on peut reprendre le schéma récemment proposé par Biffl ⁽⁶⁾ indiquant quelle thérapeutique proposer selon l'état hémodynamique et le site suspecté d'hémorragie (**Figure 1**). Le schéma suivant indique la zone d'insertion du BOIA (**Figure 2**). En dehors de l'hémorragie intra thoracique, le BOIA vient se placer en alternative à la thoracotomie de ressuscitation dans l'hémorragie intra abdominale voire en première intention dans l'hémorragie pelvienne.

Localize Hemorrhage with CXR, FAST, Pelvis X-Ray					
	SBP	A	B	C	D
		CPR	<60	60-80	> 80
1	Thoracic Hemorrhage	EDT	EDT	EDT vs OR	OR Thoracotomy
2	Abdominal Hemorrhage	EDT	EDT vs REBOA	OR vs REBOA	OR Laparotomy
3	Pelvic Hemorrhage	EDT	REBOA vs EDT	REBOA	OR Pelvic Packing

Figure 1. Thérapeutiques de sauvetage d'après Biffl et al. ⁽⁶⁾

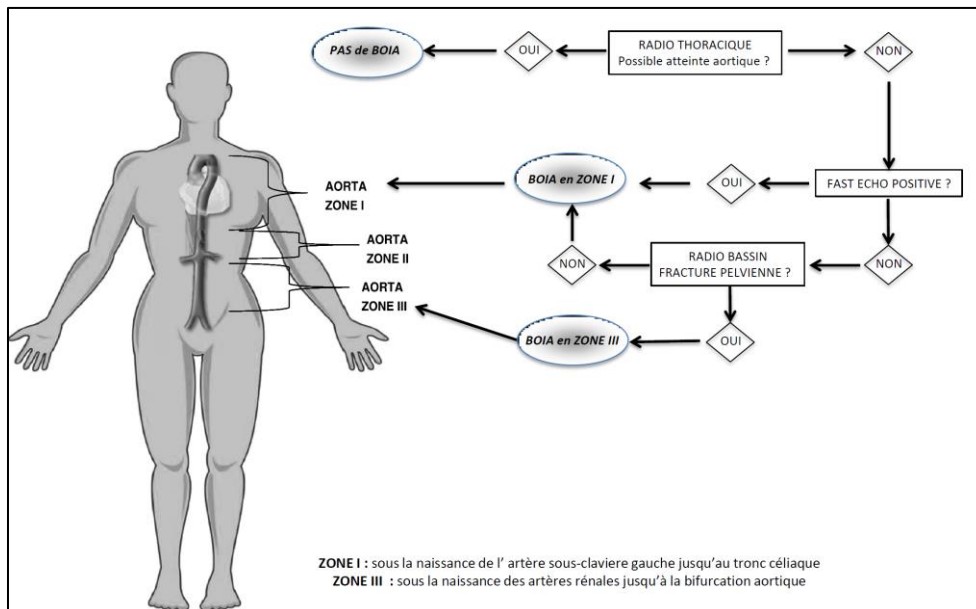


Figure 2. Zones d'implantations du ballon d'occlusion intra aortique (BOIA).

Dans ce contexte, quelles sont les données actuelles de la littérature sur le sujet ?

Les données expérimentales du BOIA sont résumées dans le tableau 1. Difficilement transposables à la clinique humaine, on note globalement une amélioration des conditions hémodynamiques, des pertes sanguines et de la survie. Le BOIA serait même supérieur à la technique de thoracotomie de sauvetage. Malheureusement aucune de ces études ne compare le BOIA avec une technique chirurgicale d'emblée hémostatique.

Auteur/Année	Type trauma	Groupes	Résultat
White 2011 ⁽⁷⁾	Cochon. Lésion artère iliaque.	Thoracotomie (RT) / BOIA thoracique / Pas de clampage aortique (NO) Tous suivis de transfusion puis chirurgie hémostatique, puis réanimation volémique et amines.	Pression aortique, débit et oxygénation cérébrale : RT et BOIA > NO p<.05 Acidose, lactatémie et PaCO ₂ : BOIA > RT p<.05 Remplissage et amines : BOIA > RT p<.05
Avaro 2011 ⁽⁸⁾	Cochon. Lésion splénique.	Remplissage seul (R) / Remplissage + BOIA pendant 60min (B60) / Remplissage + BOIA pendant 40min et splénectomie à 40min (BS40) / Remplissage + BOIA pendant 60 min et splénectomie à 60 min (BS60)	Augmentation significative de la PAM dans les groupes BOIA Réduction significative du saignement et des besoins volémiques dans les groupes BOIA Lactatémie significativement inférieure dans le groupe BS40 vs BS60 et B60. Mortalité : BS40= 0%, B60 et BS60= 75%, R=100%.
Morrison 2012 ⁽⁹⁾	Cochon. Lésion artère iliaque et coagulopathie de dilution.	Temoin/Combat Gauze (CG) /BOIA Euthanasie à 180 min.	Pertes sanguines CG = 229 ml, BOIA 20 ml p=0,085 PAM à 15 min : CG 28 mmHg, BOIA 71 mmHg p=0,005 Mortalité : CG 71%, BOIA 0% p=0,010
Markov 2013 ⁽¹⁰⁾	Cochon. Lésion artère iliaque.	Choc 30min (C30)/ BOIA 30min (BOIA 30)/ Choc 90min (C90) / BOIA 90 min (BOIA 90)	PAM : BOIA > choc p<.05 Lactates plus élevés dans groupes BOIA
Morrison 2014 ⁽¹¹⁾	Cochon. Lésion hépatique.	BOIA continu (C)/ BOIA discontinu (D)/ pas de BOIA(NO) Tous suivis de chirurgie hémostatique à 60min, transfusion et réanimation.	PASyst : C et D > NO p<0.001 Mortalité : C (25%) < D (37%) < NO (100%)
Russo 2016 ⁽¹²⁾	Cochon. Lésion hépatique et coagulopathie de dilution.	Contrôle (C) / BOIA partiel (P-BOIA) / BOIA continu (C-BOIA)	Temps de survie : C 25 min, P-BOIA 86 min, C-BOIA 163 min p<0.001 Pertes sanguines : C 3818 ml, P-BOIA 4722 ml, C-BOIA 3834 ml p=0.10 Débit sanguin cérébral et PAM : P-BOIA = proche baseline ; C-BOIA = supraphysiologiques.

Tableau 1. Etudes expérimentales concernant le BOIA.

Les données cliniques du BOIA sont recensées dans le tableau 2. La plupart sont des cas cliniques. Il existe trois études de cohorte que nous allons détailler.

Norii et al ⁽¹³⁾ reprennent les données des traumatismes fermés (thorax, abdomen ou pelvis) de la Trauma Data Bank japonaise entre 2004 et 2011 réunissant 194 centres. Au Japon, l'utilisation du BOIA est répandue et chaque centre de niveau III et la plupart des centres de niveau II disposent d'un stock de BOIA. En termes d'organisation il faut noter qu'un chirurgien traumatologue n'est pas constamment présent à l'hôpital 24h/24. Il en résulte des délais de prise en charge plus longs et la nécessité de mesures temporaires de contrôle de l'hémorragie. 452 patients ont été traités par BOIA dont 351 ont des données complètes. Un score de propension est fait permettant de les matcher avec 1454 patients similaires en gravité lésionnelle et données physiologiques à l'admission. Il existe alors une survie significativement inférieure dans le groupe BOIA (26%) versus le groupe sans BOIA (51%). Ces données doivent être interprétées avec précaution : différence significative d'*Injury Severity Score* (ISS) (gravité supérieure dans le groupe BOIA), et limitations identiques à l'étude plus récente issue du même registre japonais.

Moore et al. ⁽¹⁴⁾ apportent un éclairage différent avec un collectif certes bien inférieur, sur 18 mois d'observation à compter du 1^{er} janvier 2012 dans deux trauma center américains. Ils comparent la thoracotomie de sauvetage à la pose d'un BOIA

immédiatement, suivie d'une chirurgie d'hémostase de traumatismes ouverts ou fermés, en état de choc hémorragique non contrôlé. Les traumatismes pénétrants thoraciques sont exclus, considérant qu'ils ne sont pas éligibles au BOIA et orientés directement sur une thoracotomie de sauvetage (RT). Le BOIA est placé en zone I en cas de FAST positive (79% des patients), en zone III en cas de fracture pelvienne (21% des patients). La survie du groupe BOIA est de 37,5% vs 9,7% dans le groupe RT. Le résultat positif du groupe BOIA s'expliquerait par le caractère mini invasif du BOIA limitant les pertes sanguines intrinsèques à la thoracotomie et l'hypothermie induite par une chirurgie invasive, ainsi qu'une pose plus précoce avant la perte des signes vitaux. Il est cependant peu exploitable du fait de groupes non comparables entre BOIA (ISS 19) vs RT (ISS 71). Par ailleurs 71% des patients du groupe BOIA ont des signes de vie à l'admission contre seulement 38% dans le groupe RT, et il n'y a pas d'analyse de ce sous-groupe dans l'étude. On peut également relever qu'il n'y a pas de groupe laparotomie d'urgence avec clampage aortique premier.

La dernière étude de cohorte parue en 2016 est issue, à nouveau, de la *trauma data bank* japonaise sur la période 2004-2014 ⁽¹⁵⁾. Il s'agit d'une étude de cohorte avec score de propension incluant tout patient ayant une chirurgie ou une embolisation du thorax, de l'abdomen ou du pelvis en urgence (13 780 patients). Sont exclus les moins de 16 ans, les patients en arrêt circulatoire à l'arrivée et les cotations ISS 6 (traumatisme non compatible avec la survie) (12 053 patients éligibles). Après analyse par régression logistique, 625 patients traités par BOIA préalable au geste hémostatique (chirurgie ou embolisation) sont matchés avec 625 patients traités uniquement par geste hémostatique. Ainsi l'âge, le sexe, le type de traumatisme, les constantes vitales et l'ISS sont identiques dans les deux groupes. Les résultats de l'étude sont surprenants : alors que le groupe BOIA bénéficie de délais entrée-début de transfusion et entrée-début de chirurgie plus courts, il existe une surmortalité dans le groupe BOIA (62%) vs 45% dans le groupe sans BOIA. On peut tenter d'expliquer cela par les délais relevés dans cette étude : la transfusion de patients, tous en état de choc hémorragique (PA systolique à 80 mmHg, FC à 106 b/min), débute 50 minutes après l'entrée. De même pour l'hémostase chirurgicale ou interventionnelle qui débute 97 minutes après l'entrée alors que nos standards de soins actuels recommandent de ne pas excéder 30 minutes pour le traitement d'urgence et l'orientation vers un geste d'hémostase. L'analyse de sous-groupe dans cette étude montre d'ailleurs qu'une différence significative de mortalité au profit du BOIA apparaît dans le sous-groupe où le délai entrée-début de chirurgie est inférieur à 60 min. Les autres interactions positives sur la mortalité du BOIA sont l'état hémodynamique (diminution de la mortalité si PA systolique < 80 mmHg versus \geq 80 mmHg), le type de traumatisme (moindre mortalité dans le groupe pénétrant vs fermé) et le recours à la chirurgie (vs l'embolisation). Il est à noter qu'on ne retrouve pas de différence significative de mortalité selon le score AIS par région anatomique de traumatisme (pelvien notamment) concernant l'utilisation ou non du BOIA. Il existe d'autres limites à cette étude : les modes d'utilisation du BOIA diffèrent selon les hôpitaux (juste avant le geste hémostatique/ en attente de la disponibilité des moyens techniques ou humains / prophylactique), les temps d'insertion et d'occlusion, les sites

d'insertion, les méthodes d'occlusion (complet/partiel/intermittent/continu), les complications liées à l'insertion ou l'occlusion du ballon et les causes de décès ne sont pas renseignées.

Ainsi, les études cliniques publiées ne nous permettent donc pas d'établir clairement l'apport ou non du BOIA en pratique de sauvetage, car la qualité méthodologique est faible et les pratiques cliniques semblent relativement éloignées des pratiques européennes : délai pour une hémostase d'urgence ou de transfusion longs dans les études japonaises, pas de comparaison à la laparotomie d'urgence dans l'étude américaine sur les traumatismes abdominaux, utilisation même de la thoracotomie de sauvetage dans les traumatismes abdominaux graves. Deux études prospectives observationnelles sont en cours (étude AORTA de l'American Association for the Surgery of Trauma/étude suédoise du registre ABO Trauma) pour essayer de mieux préciser la place du BOIA des traumatisés sévères en choc non contrôlé.

Référence	Type	n	Trauma	ISS	PAsyst avant BOIA mmHg	Zone Aorte	Mortalité (%)	Remarque
Hughes et al. ⁽¹⁶⁾	CS	2	Pénétrant			I	100	
Low et al. ⁽¹⁷⁾	CS	15				I	74	
Wolf et al. ⁽¹⁸⁾	CR	1	Pénétrant/abdomen	-		I	-	
Gupta et al. ⁽¹⁹⁾	CS	21	Pénétrant / abdomen			I	66	Survie : 0/5 DEM, 3/6 choc réfractaire, 4/10 Pas > 80 à l'admission mais dégradation secondaire
Matsuoka et al. ⁽²⁰⁾	CR	1	Abdomen	-		I	-	
Martinelli et al. ⁽²¹⁾	CS	13	Fermé/ Bassin	48	PAS moy 41 (+/-26)	III	53	Mortalité prédite : 61%. Temps moyen d'occlusion : 70min Différences significatives vivant vs décédé : ISS (38 vs58) et temps d'occlusion (46 vs 91 min)
Brenner et al. ⁽²²⁾	CS	6	Fermé et pénétrant / Thorax, abdomen, bassin.	34	PAS moy 59 (0-85)	Ix3, IIIx3	33	Temps moyen de pose du BOIA: 5,2 min. Temps moyen d'occlusion aortique : 18 min.
Ogura et al. ⁽²³⁾	CS	7	Fermé / Abdomen Bassin	50	PAS moy 80 (71-99)	NR	14	Traitement par BOIA puis TDM puis embolisation.

			instable exclu					Temps moyen d'occlusion aortique 80 min.
Irahara et al. (24)	CS	14	Fermé / Abdomen, bassin	29	PAS moy 65 (+/- 5)	I	64	Différences significatives vivant vs décédé : temps d'occlusion aortique (46 vs 224 min)
Norii et al. (13)	Cohorte	351	Fermé / Thorax, abdomen, bassin	35	NR	NR	BOIA puis Xie/E° : 74 Xie/E° seule : 49	Traumatic Japan Data Bank. Patients matchés par score de propension.
Saito et al. (25)	CS	24	Fermé / Abdomen, bassin	47	PAS moy 53	I	42	Temps entrée-inflation 20min, temps moyen d'occlusion 21 min (groupe survivant) versus 35 min (groupe non survivant). Mortalité prédite 88%.
Moore et al. (14)	Cohorte	24	Thorax, abdomen, bassin	BOIA 19 Thoraco 71	NR	Ix19, IIIx5	BOIA : 62 Thoraco : 90	Comparaison thoracotomie de sauvetage versus BOIA
Inoue et al. (15)	Cohorte	625	Thorax/ abdomen/ bassin avec chirurgie hémostatique avec (625) ou sans (625) BOIA préalable. 586 trauma fermés/ 39 trauma pénétrants	35	PAS moy 80 (56-106)	NR	BOIA : 62 Xie/E° seule : 45	Traumatic Japan Data Bank. Patients matchés par score de propension. Temps entrée-début de transfusion 50min (BOIA)/ 64min (sans BOIA) Temps entrée-début chirurgie hémostatique 97min (BOIA)/ 110 min (sans BOIA)
Tsurukiri (26)	CS	16	Thorax, abdomen, bassin	41	PAS médiane 78	Ix7, IIx5, IIIx4	62	Temps median d'occlusion : 65min

Tableau 2. Etudes cliniques concernant le BOIA.

Légende : CS case series, CR case report, P pénétrant, F fermé, NR non renseigné, DEM dissociation électromécanique, BOIA ballon d'occlusion intra aortique, Xie chirurgie, E° embolisation, PAS pression artérielle systolique.

TECHNIQUE DE POSE et GESTION

La technique de pose des BOIA se décompose en 5 étapes :

1/ Accès artériel : par voie fémorale dans la majorité des cas par palpation, écho guidage ou mini abord chirurgical.

2/ Sélection et positionnement du ballon :

- Il existe différentes références de ballon et de taille d'introducteurs. Pour notre part nous utilisons actuellement le ballon Equalizer OBX 20mm/7Fr/65cm Boston Scientific Medi Tech® et l'introducteur Terumo® 10Fr, longueur 100mm.
- Choix de la zone d'occlusion selon les données du bilan radio échographique à l'accueil : zone I (entre la sous-clavière droite et le tronc cœliaque) en cas de FAST écho positive ou zone III (entre l'aorte sous-rénale et la bifurcation aortique) en cas de fracture du bassin isolée (**figure 2**).
- Repérage sur le cathéter de la distance d'insertion grâce à la mesure point d'insertion fémoral-processus xiphoïdien (zone I) ou ombilic (zone III).
- Montée du ballon.

3 / Inflation du ballon :

- Inflation par sérum physiologique (éventuellement associé à du produit de contraste radiologique) jusqu'à sentir une résistance modérée lors du déplacement du ballon
- Contrôle de la position du ballon : par radio simple, scopie ou échographie.
- Inflation continue ou discontinue jusqu'à blocage du ballon, sans augmenter les pressions d'insufflation au-delà.
- Avec monitoring éventuel des pressions artérielles d'amont (PA radiale ou dispositif en distalité du ballon)
- Réalisation directe de l'embolisation par l'introducteur en place ou par deuxième abord vasculaire.

4/ Déflation du ballon: prudente et progressive après compensation volémique et hémostase effective. Dans la plupart des études, la durée totale de l'inflation est un facteur prédictif de mortalité.

5/ Retrait de l'introducteur et fermeture artérielle par système mécanique

Les complications potentielles des BOIA sont: dissection, faux trajets, perforation, ischémie de membre, hémorragie rétro péritonéale. Il existe des impossibilités à la pose du BOIA notamment chez la personne âgée artéritique. Généralement le temps de pose est estimé à une dizaine de minutes.

CONCLUSION

Il n'existe actuellement pas de preuves scientifiques fortes pour recommander l'utilisation du ballon d'occlusion intra aortique comme moyen de sauvetage pour les

patients traumatisés sévères en état de choc hémorragique non contrôlé. Il n'y aura pas d'étude prospective randomisée compte tenu de la difficulté d'inclure ce type de patients.

Cependant on peut penser qu'en situation de sauvetage, le ballon d'occlusion intra aortique pourrait être utile à condition de respecter certaines règles notamment lorsque :

- aucune solution hémostatique n'est disponible d'emblée (plateau technique non disponible, impossibilité d'évacuation immédiate, médecine militaire de terrain)
- il ne retarde en aucun cas le geste hémostatique ;
- il aide au geste hémostatique en diminuant le saignement du champ opératoire ;
- il s'intègre dans une stratégie globale de damage control alliant simultanément les techniques chirurgicales et radiologiques interventionnelles. Dans ce contexte, les salles hybrides en liaison immédiate avec les salles de déchocage des trauma center de niveau I pourrait être un début de réponse qui restera à évaluer dans les prochaines années.

REFERENCES

- 1: Hughes CW. Use of an intra-aortic balloon catheter tamponnade for controlling intra-abdominal hemorrhage in man. *Surgery* 1954 ;36 :65-68.
- 2: Millikan JS, Moore EE. Outcome of resuscitative thoracotomy and descending aortic occlusion performed in the operating room. *J Trauma* 1984 ;24 :387-392.
- 3: Ledgerwood AM, Kazmers M, Lucas CE . The role of thoracic aortic occlusion for massive hemoperitoin. *J Trauma* 1976 ; 16 :610-615.
- 4 : Gupta BK, Khaneja SC, Flores L, et al. The role of intra-aortic balloon occlusion in penetrating abdominal trauma. *J Trauma* 1989 ;29 :861-865.
- 5: Pust GD, Namias M. Resuscitative thoracotomy. *Int J Surg* 2016 ;14.
- 6: Biffl WL, Fox CJ, Moore EE. The role of REBOA in the control of exsanguinating torso hemorrhage. *J Trauma Acute Surg.* 2015 ;78 :1054-1058.
- 7: White J, Cannon J, Stannard A et al. Endovascular balloon occlusion of the aorta is superior to resuscitative thoracotomy with aortic clamping in a porcine model of hemorrhagic shock. *Surgery* 2011 ; 150 :400-409.
- 8: Avaro JP, Mardelle V, Roch A et al. Forty minute endovascular aortic occlusion increases survival in an experimental model of uncontrolled hemorrhagic shock caused by abdominal trauma. *J Trauma* 2011 ; 71 :720-726.
- 9: Morrison JJ, Percival T, Markov N et al. Aortic balloon occlusion is effective in controlling pelvic hemorrhage. *J Surg Res* 2012 ; 177 : 341-347.
- 10: Markov N, Percival T, Morrison JJ et al. Physiologic tolerance of descending thoracic aortic balloon occlusion in a swine model of hemorrhagic shock. *Surgery* 2013 ; 153 : 848-856.

- 11: Morrison JJ, Ross JD, Houston R et al. Use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in a highly lethal model of non-compressible torso hemorrhage. *Shock* 2014 ; 41 :130-137.
- 12: Russo R, Williams T, Grayson JK et al. Extending the golden hour : partial resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in a highly lethal swine liver injury model. *J Trauma Acute Care Surg* 2016 ; 80 : 372-380.
- 13: Norii T, Crandall C, Terasaka Y. Survival of severe blunt trauma patients treated with resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta compared with propensity score adjusted untreated patients. *J Trauma Acute Care Surg* 2015 ;78 :721-728.
- 14: Moore LJ, Brenner M, Kozar RA et al. Implementation of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta as an alternative to resuscitative thoracotomy for non-compressible truncal hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg* 2015 ;79 :523-532.
- 15: Inoue J, Shiraishi A, Yoshiyuki A et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta might be dangerous in patients with severe torso trauma: a propensity score analysis. *J Trauma Acute Care Surg* 2016 ;80 : 559-567.
- 16: Hughes CW. Use of an intra-aortic balloon catheter tamponade for controlling intra-abdominal hemorrhage in man. *Surgery* 1954 ;36 :65-68.
- 17: Low RB, Longmore W, Rubinstein R et al. Preliminary report on the use of the Percluder occluding aortic balloon in human beings. *Ann Emerg Med* 1986 ;15 :1466-1469.
- 18: Wolf RK, Berry RE. Transaxillary intra-aortic balloon tamponade in trauma. *J Vasc Surg* 1986 ;4 :95-97.
- 19: GuptaBK, Khaneja SC, Flores L et al. The role of intra-aortic balloon occlusion in penetrating abdominal trauma. *J Trauma* 1989 ;29 :861-865.
- 20: Matsuoka S, Uchiyama K, Shima H et al. Temporary percutaneous aortic balloon occlusion to enhance fluid resuscitation prior to definitive embolization of posttraumatic liver hemorrhage. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2001 ; 24 :274-276.
- 21: Martinelli T, Thony F, Declety P et al. Intra-aortic balloon occlusion to salvage patients with life threatening hemorrhagic shocks from pelvic fracture. *J Trauma* 2010 ;98 :942-948.
- 22: 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 :506-511.
- 23: Ogura T, Lefor AT, Nakano M et al. Non operative management of hemodynamically unstable abdominal trauma patients with angioembolization and resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *J Trauma Acute Care Surg* 2015 ;78 :132-135.
- 24 : Irahara T, Sato N, Moroe Y et al. Retrospective study of the effectiveness of intra-aortic balloon occlusion (IABO) for traumatic hemorrhagic shock. *World J Emerg Surg* 2015 ;10 :1.
- 25: Saito N, Matsumoto H, Yagi T et al. Evaluation of the safety and feasibility of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *J Trauma Acute Care Surg* 2015 ;78 :897-903.

26: Tsurukiri J, Akamine I, Sato T. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for uncontrolled haemorrhagic shock as an adjunct to hemostatic procedures in the acute care setting. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016 ;24 :13.

Aucun conflit d'intérêt.