

---

# Effets du clamage aortique par voie endovasculaire en traumatologie viscérale : Résultats préliminaires d'une étude expérimentale chez l'animal

---

J-P AVARO<sup>1</sup>, V MARDELLE<sup>2</sup>, C GIL<sup>2</sup>, A ROCH<sup>3</sup>,  
P-M BONNET<sup>1</sup>, M POURRIERE<sup>1</sup>, T FUSAI<sup>4</sup>,  
M OLIVIER<sup>5</sup>, P BALANDRAUD<sup>1</sup>.

1 : Service de chirurgie viscérale et thoracique, Hôpital d'Instruction des Armées A. Laveran, Marseille. jeanphilippe.avaro@ap-hm.fr

2 : Département d'anesthésie réanimation, Hôpital d'Instruction des Armées A. Laveran, Marseille.

3 : Service de réanimation médicale, Centre Hospitalo-universitaire Sainte Marguerite, Marseille.

4 : Unité de Chirurgie et de Physiologie Expérimentale, Institut de Médecine Tropicale du Service de Santé des Armées, Marseille.

5 : Laboratoire de biochimie, Hôpital d'Instruction des Armées A. Laveran, Marseille.

---

## Résumé

Objectif : Evaluer la faisabilité et les effets d'un clamage aortique coeliaque par voie endovasculaire en cas de choc hémorragique lié à un traumatisme abdominal.

Matériel et méthode : 24 porcs soumis à un traumatisme splénique responsable d'un choc hémorragique non contrôlé ont été répartis aléatoirement en quatre groupes. Le groupe I (n=8) a été traité par remplissage vasculaire seul (NaCl 9/1000), les groupes II (n= 8) et III (n=4) ont été traités par l'association d'un clamage aortique endovasculaire par voie fémorale (Cathéter d'occlusion Equalizer 33/7/100, Boston Scientific®) d'une ou trois heures et d'un remplissage vasculaire. Le groupe IV (n=4) a bénéficié d'un remplissage vasculaire, d'un clamage endovasculaire et d'une splénectomie d'hémostase. Les variables étudiées étaient la durée de survie, les constantes hémodynamiques, les gazométries artérielles et veineuses, l'hémoglobine et le volume du remplissage vasculaire. Un ionogramme sanguin, un dosage des lactates et de la troponine ont été réalisés à différents temps de la procédure chez tous les animaux.

Résultats : Le clamage aortique endovasculaire a pu être mis en œuvre chez tous les animaux des groupes II, III et IV sans contrôle radiologique. Cette procédure en complément d'un remplissage vasculaire a permis l'augmentation de la durée de survie (p<0,05), l'arrêt du saignement (p<0,05), l'augmentation de la pression artérielle moyenne (p<0,05) et l'utilisation d'un moindre volume de remplissage (p<0,05).

Conclusion : Le clamage aortique par voie endovasculaire semble être une technique de sauvetage temporaire simple et efficace dans la prise en charge du choc hémorragique non contrôlé dans un contexte de traumatisme abdominal.

**Mots-Clefs** : Clamage aortique endovasculaire, choc hémorragique, traumatisme abdominal.

---

## Abstract

**Effects of aortic clamage by endovasculaire in visceral traumatology. Preliminary results of an experimental study on animals.**

Objective : to evaluate feasibility of celiac aortic balloon catheter in massive intraabdominal haemorrhage.

Materials and methods : The haemodynamic effects of transfemoral diaphragmatic aortic occlusion with a balloon have been evaluated in 24 pigs. The animals were submitted to uncontrollable haemorrhage by reproducible surgical splenic trauma. Group I (n=8): pigs received fluid resuscitation with isotonic NaCl without aortic occlusion; group 2 (n=8) and group 3 (n=4) underwent aortic occlusion (respectively 1 and 3 hours) and fluid resuscitation. Group 4 (n=4) underwent aortic occlusion (40 minutes), fluid resuscitation and splenectomy.

Results: Aortic balloon catheter was effective without radiological control in every animal in group 2, 3 and 4. Survival value and mean arterial blood pressure were increased in aortic occlusion groups (p<0.05). In these groups, there were a significantly decrease of bleeding and volume of fluid resuscitation (p<0.05).

Conclusion: Endovascular aortic occlusion produced a temporary significantly better haemodynamic profile and could be considered for management of uncontrolled hemorrhagic shock from an abdominal trauma.

**Key words** : Aortic balloon, haemorrhagic shock, abdominal trauma.

---

Le but de ce travail était d'évaluer la faisabilité et les effets d'un clamage aortique par voie endovasculaire sur un modèle animal de choc hémorragique par traumatisme abdominal.

## Matériel et méthode

### Objectifs de la recherche

L'hypothèse testée était une supériorité de l'association d'un remplissage vasculaire et d'un clamage aortique endovasculaire en comparaison avec un remplissage vasculaire seul.

L'objectif principal de l'étude était de prouver la faisabilité et la reproductibilité du clamage aortique endovasculaire.

Les objectifs secondaires étaient d'évaluer les effets de cette procédure sur la survie, le profil hémodynamique et les conséquences de l'ischémie induite par le clamage.

---

## Introduction

Différents protocoles de prise en charge ont été proposés pour le traitement du choc hémorragique non contrôlé lié à un traumatisme abdominal grave. Le but est toujours l'obtention du meilleur profil hémodynamique jusqu'à la réalisation d'une hémostase chirurgicale définitive [1]. Dans ce cadre, les résultats de la thoracotomie de sauvetage avec clamage aortique sont controversés, ses indications et ses résultats sont assez difficiles à évaluer [2].

Depuis le début des années 2000 la voie d'abord endovasculaire devient la méthode de choix de traitement de la pathologie aortique aiguë néanmoins elle n'a été que rarement décrite pour la réalisation d'un clamage en traumatologie viscérale [3].

### Sélection des animaux :

Il s'agissait d'une étude prospective randomisée réalisée au sein du laboratoire de chirurgie et de physiologie expérimentale de l'Institut de Médecine Tropicale du Service de Santé des Armées.

Le protocole d'étude a été soumis et accepté par le comité d'éthique vétérinaire de l'établissement.

Après anesthésie générale et mise en condition, un traumatisme splénique par laparotomie a été réalisé chez chaque animal. Il a été ensuite randomisé à l'aide d'une table aléatoire. Le groupe contrôle (n=8) a fait l'objet d'un remplissage vasculaire seul. Les groupes II (n=8) et III (n=4) ont bénéficié d'un clampage aortique endovasculaire respectivement de 1 et 3 heures en association avec un remplissage vasculaire. Enfin le groupe IV (n=4) a bénéficié d'un clampage endovasculaire de 40 minutes, d'un remplissage vasculaire et d'une splénectomie d'hémostase. Le clampage débutait dans les groupes concernés lorsque le remplissage vasculaire avait atteint la moitié du volume sanguin théorique de l'animal. Dans tous les groupes la réanimation était poursuivie jusqu'au décès de l'animal (Pression artérielle moyenne < 30 mmHg et/ou fréquence cardiaque < 60 bpm pendant 2 minutes). Les animaux survivants une heure après le déclampage étaient euthanasiés.

### Anesthésie et mise en condition

Le protocole d'anesthésie générale et la mise en condition étaient identiques chez tous les animaux. Chaque animal à jeun depuis 12 heures recevait une injection intramusculaire de 20 mg/kg de kétamine et 0,15mg/kg de midazolam. Une fois en salle d'opération, après mise en place d'une voie veineuse périphérique au niveau de l'oreille, l'induction anesthésique était réalisée par injection de sufentanil (0,5 mcg/kg) et cisatracurium (0,2 mg/kg). Un tube endotrachéal de diamètre 8 mm était mis en place par trachéotomie. L'entretien de l'anesthésie était assuré par du sufentanil (1mcg/kg/h) et du cisatracurium (1mg/kg/h) par voie intraveineuse au pousse seringue électrique. Les paramètres de ventilation contrôlée étaient : un volume courant de 10ml/kg, une fréquence de 15 cycles/min, et une FiO2 à 50% sans pression expiratoire positive. Après abord chirurgical, étaient mis en place : un cathéter

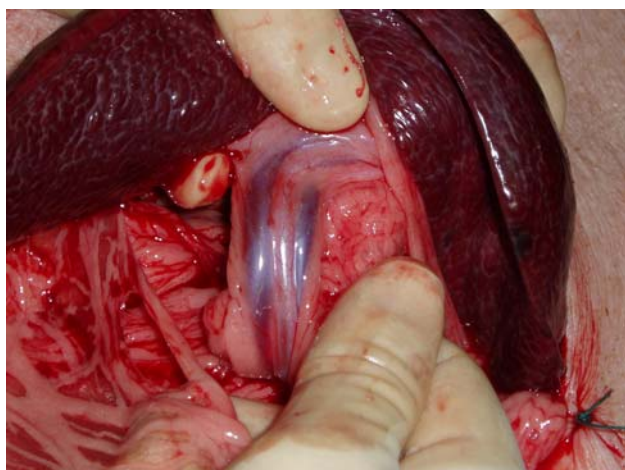


Figure 1 : section standardisée du pédicule et du parenchyme splénique.

veineux en jugulaire externe droite pour le remplissage, un autre en jugulaire interne gauche pour les prélèvements, et un cathéter artériel dans l'artère carotide commune gauche pour le monitoring continu de la pression artérielle.

### Choc hémorragique

Sur chaque porc endormi et sédaté était réalisé une mini laparotomie médiane calibrée de 10 cm. La rate est médialisée puis sectionnée complètement en son milieu avec lésion du pédicule au niveau de la bifurcation (figure 1). La laparotomie était ensuite refermée par deux hémisurjets.

### Réanimation et clampage

La réanimation médicale identique dans tous les groupes d'animaux était assurée par un remplissage vasculaire cristalloïde (sérum salé isotonique à 9‰). Ce remplissage était réalisé à la demande à l'aide d'une pompe accélératrice de perfusion (débit maximum 300 ml/min) en fonction de la pression artérielle moyenne avec un objectif de 60 mm de mercure.

Pour les porcs du groupe clampage on réalisait un abord fémoral droit au Scarpa. Après contrôle de l'artère fémorale commune, une artériotomie transversale permettait l'introduction d'un cathéter d'occlusion aortique Equalizer 33/7/100 Boston Scientific® (figure 2). La hauteur de mise en place était calculée par mesure externe entre l'arcade crurale et la xiphoïde. Il n'y avait pas de contrôle radiologique. Le placement du ballonnet était vérifié chirurgicalement en fin de procédure après le décès de l'animal.

### Recueil des données

Les données collectées concernaient le succès de la mise en place du cathéter et la morbidité vasculaire liée au geste. La durée de survie était mesurée depuis le traumatisme splénique et jusqu'au décès. Les constantes hémodynamiques ( fréquence cardiaque et pression artérielle) et des gazométries artérielles et veineuses étaient colligées avant le traumatisme splénique (T0), au début du remplissage vasculaire (T1), au moment où le remplissage vasculaire atteignait une demi-masse sanguine (T2), puis toutes les 10 minutes jusqu'au décès. Le volume de remplissage était noté en doses cumulées de T0 au décès. Des prélèvements veineux comprenant ionogramme,

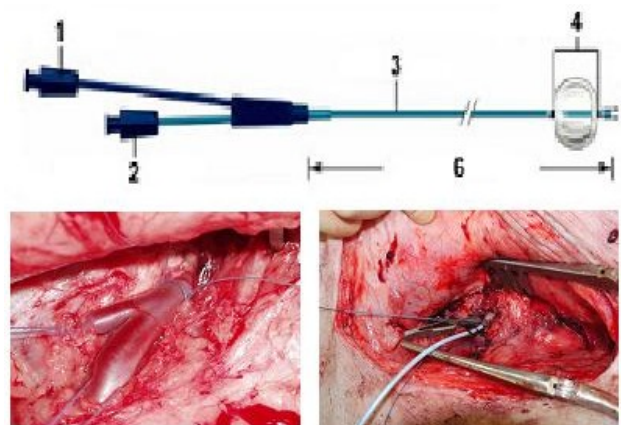


Figure 2 : Mise en place du cathéter d'occlusion aortique.

variables	contrôle	1 heure	3 heures	40 Minutes splénectomie	Valeurs de p
Survie (minutes)	61,7 +/- 3,49[52-80]	99,4 +/- 31,63[ 76-162](1)	217,3 +/- 34,79[ 192-257](2)	109,8 +/- 2,3[107-112 ](3)	1 :P=0,04 2 :P=0,01 3 :P=0,02
PAM (mm Hg)	53,3 +/- 9,6	78,9 +/- 12,7(1)	93,6 +/- 14,6(2)	80,6 +/- 12,1(3)	1 :P=0,05 2 :P=0,01 3 :P=0,04
Remplissage (ml/mn)	192 +/- 60	90 +/- 17,1(1)	46,6 +/- 6,7 (2)	77,5 +/- 12,1(3)	1 :P=0,01 2 :P=0,01 3 :P=0,01
Hb au décès (gr/dl)	0,7 +/- 0,04	2,5 +/- 0,31(1)	4,7 +/- 0,45(2)	5,7 +/- 1,12(3)	1 :P=0,007 2 :P=0,001 3 :P=0,001

Tableau 1 : comparaison intergroupe concernant la durée de survie, la PAM, le volume de remplissage et le taux d'hémoglobine.

CPK, troponine et lactates ont été réalisés à T0, T2 avant et après déclantage et au décès.

### Analyse statistique

Les données ont été saisies sur un tableur Excel.

L'analyse descriptive a porté sur l'ensemble des animaux : poids, données hémodynamiques, durée de survie, volume de remplissage et données biologiques. Ces variables quantitatives ont été documentées à l'aide de moyennes, écart type, minima et maxima.

L'analyse comparative était conduite entre les différents groupes de clantage et le groupe contrôle sur la durée de survie, l'évolution de la pression artérielle, de l'hémoglobine, du volume cumulé de remplissage, du pH et du taux de lactates sériques. Pour ces variables nous avons procédé à des comparaisons de moyennes par test-t de Student.

## Résultats

Le clantage vasculaire a pu être réalisé chez 100% des sujets des groupes clantage (n=16). Il n'y pas eu de complication vasculaire liée au geste. Le ballonnet était toujours positionné en regard de l'aorte cœliaque.

Le tableau 1 rapporte les comparaisons entre les groupes qui ont bénéficiés du clantage et le groupe contrôle concernant la durée de survie, la pression artérielle moyenne, le volume de remplissage et le taux d'hémoglobine au décès. La survie était significativement supérieure dans tous les groupes clantés par rapport au groupe contrôle. La PAM moyenne était significativement supé-

rieure en cas de clantage qu'en cas de remplissage vasculaire seul. Le volume de remplissage était significativement inférieur en cas de clantage. Enfin le taux d'hémoglobine au décès des animaux était significativement supérieur dans les groupes qui ont bénéficiés du clantage.

La figure 3 met en évidence l'évolution de la pression artérielle moyenne en fonction du temps dans les différents groupes. Le ballonnet aortique a permis une augmentation et un maintien de la pression artérielle moyenne au-delà de 60 mm de Hg pendant toute la durée du clantage. Dans le groupe IV la splénectomie d'hémostase permettait en outre une stabilisation de la PAM après le déclantage.

La figure 4 met en évidence l'évolution du taux d'hémoglobine en fonction du temps. Le clantage a permis de limiter la perte sanguine pendant toute sa durée dans les différents groupes. Dans le groupe IV, la splénectomie a permis la réalisation d'une hémostase définitive.

Pour les groupes II, III et IV le taux de survie au déclantage était différent. Il est de 25% pour le groupe d'animaux qui ont bénéficié d'un clantage de trois heures, de 50% pour un clantage d'une heure et de 100% pour un clantage de 40 minutes.

Le tableau 2 rapporte les comparaisons des résultats biologiques entre les différents groupes. L'ensemble de prélèvements n'a pas encore été analysé. On a pu constater des marqueurs biologiques d'acidose plus élevés en fonction de la durée de clantage. Le pH sanguin ne présente

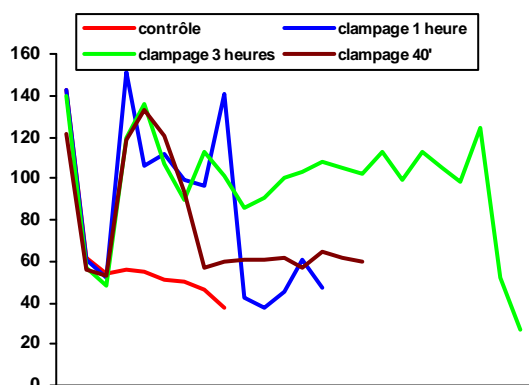


Fig. 3. Evolution de la pression artérielle moyenne en fonction du temps.

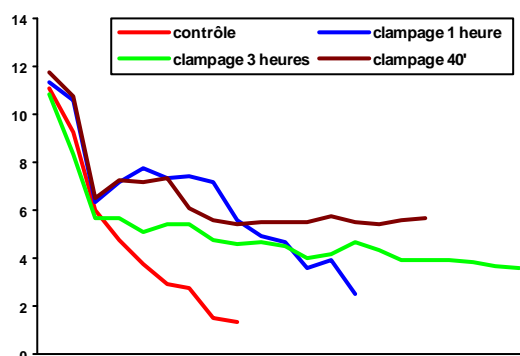


Fig. 4. Evolution du taux d'hémoglobine en fonction du temps.

Variabiles	Contrôle	1 heure	3 heures	40 minutes	Valeurs de p
Ph décès	7,27 +/-0,24	6,97 +/-0,3(1)	7,05 +/-0,15(2)	7,12 +/- 0,8(3)	1 :P=0,04 2 :P=0,04 3 :ns
Réserve alcaline décès	11,3 +/-4	8,2 +/-0,85(1)	5,6 +/-0,5(2)	na	1 :P=0,05 2 :P=0,03
Lactates (mmol/l) décès	6,5 +/-1,55	9,0 +/-1,39(1)	11,0 +/-1,05(2)	na	1 :P=0,02 2 :P=0,03
Kaliémie (mmol/l) post déclampage	4,0 +/-0,8 (Valeur au décès)	5,4 +/-1,08(1)	6,5 +/-0,9(2)	na	1 :P=0,05 2 :P=0,05

Tableau 2 : comparaison inter-groupe concernant les marqueurs biologiques d'acidose.

pas de différence significative entre le groupe contrôle et celui qui a bénéficié d'un clampage de 40 minutes.

## Discussion

Les traumatismes graves de l'abdomen ont une mortalité élevée qui reste stable entre 15 et 30% ces dix dernières années [4]. L'indication d'un clampage aortique en cas de traumatisme grave de l'abdomen n'est pas clairement défini dans la littérature. La thoracotomie de ressuscitation est d'ailleurs retenue comme un facteur indépendant de mortalité dans ce contexte [5]. Les taux de survie après clampage aortique en cas de traumatisme abdominal chez les patients en état de mort apparente sont compris entre 0 et 5% [6].

La voie d'abord endovasculaire est largement utilisée en traumatologie vasculaire avec un bénéfice maintenant bien prouvé [7]. Cependant le clampage aortique endovasculaire est rarement retenu dans la prise en charge des traumatismes abdominaux avec choc hémorragique.

On rapporte l'utilisation avec succès d'un cathéter intra aortique pour le contrôle d'une hémorragie intra abdominale chez l'homme pour la première fois en 1954 [8]. Plusieurs études expérimentales ont montré que le clampage aortique endovasculaire était faisable avec un bénéfice sur la perfusion coronarienne et cérébrale par une augmentation de la pression artérielle moyenne [9,10].

Dans notre étude la mise en place d'un cathéter d'occlusion aortique nous apparaît comme simple et reproductible. Le taux de faisabilité est de 100%. La mise en place du cathéter n'a jamais entraîné de complications vasculaires aux niveaux fémoral ou aortique. Le clampage a toujours été efficace. L'utilisation de la mesure externe arcade crurale-xiphôïde pour définir la hauteur de déploiement du ballonnet s'est avérée parfaitement reproductible d'un animal à l'autre. Nous pensons que chez des sujets présentant des artères saines le clampage par voie endovasculaire est plus simple, plus rapide et moins morbide que le contrôle de l'aorte thoracique descendante par thoracotomie.

Nous avons pu prouver que le clampage aortique endovasculaire permet le maintien d'une hémodynamique satisfaisante, la réalisation d'une hémostase temporaire et la diminution du volume total de remplissage vasculaire. Ces résultats sont compatibles avec ceux de la littérature [11]. Ainsi la place de ce dispositif pourrait être en salle de déchoquage pour permettre de stabiliser temporaire-

ment en patient en choc et le conduire au bloc opératoire. Un second avantage serait son utilisation en salle d'opération permettant d'éviter le collapsus lié à l'induction anesthésique et à la laparotomie en cas d'hémopéritoine massif. Un dernier avantage théorique serait de faciliter l'exploration chirurgicale de l'abdomen en réduisant l'hémorragie per opératoire ce qui semble d'ailleurs avoir été mis en évidence en chirurgie réglée duodéno pancréatique [12].

Si le clampage aortique endovasculaire semble être efficace en cas de traumatisme abdominal grave, une question difficile reste celle du moment du clampage. Nous avons choisi arbitrairement de clamper l'aorte dans notre travail au moment où le remplissage vasculaire représente une demi-masse sanguine. En effet il est prouvé qu'à partir de ce volume les bénéfices de la réanimation sont contre balancés par les conséquences de l'hémodilution notamment sur la coagulation et la température qui sont des éléments clefs de la physiopathologie du choc hémorragique [13]. Dans la littérature le clampage de l'aorte par voie ouverte ou endovasculaire pour contrôler une hémorragie intra abdominale a de meilleurs résultats chez des sujets qui ont encore une activité cardiaque efficace [14]. Pour autant clamper trop tôt exposerait aux conséquences néfastes du clampage.

En effet notre étude met également en évidence les limites de cette méthode de traitement du choc hémorragique. Le clampage aortique a un coût métabolique majeur corrélié à sa durée. Le bas débit tissulaire induit dans le territoire clampé est responsable d'une acidose corrélée à la durée du clampage et possiblement létal à l'arrêt de ce dernier [15]. Ainsi seul le groupe d'animaux ayant subi un clampage de 40 minutes ont un taux de survie de 100% au déclampage et des marqueurs sériques d'acidose comparables au groupe contrôle. On retient donc le caractère temporaire du bénéfice du clampage endovasculaire en traumatologie abdominale. Par ailleurs nous n'avons pas étudié spécifiquement la possibilité de complications médullaires liées au clampage de l'aorte coeliaque. La possibilité de survenue de complications neurologiques mérite d'être évaluée avant la diffusion de cette technique de clampage.

## Conclusion

Le clampage endovasculaire de l'aorte en cas de choc hémorragique lié à un traumatisme abdominal assure une hémostase temporaire efficace et améliore et le profil

hémodynamique au prix d'une acidose acceptable pour des durées inférieure à 40 minutes.

Cette méthode mérite d'être évaluée afin de mieux définir ses indications potentielles en traumatologie viscérale.

## Références

1. Salomone JP, Ustin JS, McSwain NE, Feliciano DV. Opinions of trauma practitioners regarding prehospital interventions for critically injured patients. *J Trauma* 2005; 58(3): 509-17.
2. Rhee PM, Acosta J, Bridgeman A, Wang D, Jordan M, Rich N. Survival after emergency department thoracotomy : review of published data from the past 25 years. *J Am Coll Surg* 2000; 190: 288-98.
3. Matsuoka S, Uchiyama K, Shima H, Ohishi S, Nojiri Y, Ogata H. Temporary percutaneous aortic balloon occlusion to enhance fluid resuscitation prior to definitive embolization of posttraumatic liver hemorrhage. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2001 Jul-Aug ;24 (4) :274-6.
4. Nicholas JM, Rix EP, Easley KA, Feliciano DV, Cava RA, Ingram WL, Parry NG, Rozycki GS, Salomone JP, Tremblay LN. Changing patterns in the management of penetrating abdominal trauma : the more things change, the more they stay the same. *J Trauma* 2003 ; 55(6) :1095-108.
5. Adesanya AA, da Rocha-Afodu JT, Ekanem EE, Afolabi IR. Factors affecting mortality and morbidity in patients with abdominal gunshot wounds. *Injury* 2000; 31(6) : 397-404.
6. Fialka C, Sebok C, Kemetzhofer P, Kwasny O, Terz F, Vecsei V. Open-chest cardiopulmonary resuscitation after cardiac arrest of blunt chest or abdominal trauma : a consecutive series of 38 cases. *J trauma* 2004 ; 57(4) : 809-14.
7. Piffaretti G, Caronno R, Tozzi M, Lomazzi C, Rivolta N, Castelli P. Endovascular versus open repair of ruptured abdominal aortic aneurysms. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2006 ; 4(6) : 839-52..
8. Hugues CW. Use of an intra-aortic balloon catheter tamponade for controlling intra-abdominal hemorrhage in man. *Surgery* 1954; 36 (1): 65-8.
9. Poli de Figueiredo LF, Peres CA, Attalah AN, Romaldini H, Miranda F, Francisco J, Burihan E. Hemodynamic improvement in hemorrhagic shock by aortic balloon occlusion and hypertonic saline solutions. *Cardiovascular Surgery* 1995; 3(6) : 679-86.
10. Dunn LE, Moore EE, Moore JB. Hemodynamic effects of aortic occlusion during hemorrhagic shock. *Ann Emerg Med* 1982 ; 11 : 238-41.
11. Gupta BK, Khaneja SC, Flores L. The role of intra aortic balloon occlusion in penetrating abdominal trauma. *J Trauma* 1989 ; 29 : 861-5.
12. Miura F, Takada T, Ochiai T, Asano T, Kenmochi T, Amano H, Yoshida M. Aortic occlusion balloon catheter is useful for uncontrollable massive intraabdominal bleeding after hepato-pancreato biliary surgery. *J Gastro Surg* 2006 ; 10(4) : 519-22.
13. Leppaniemi A, Soltero R, Burris D, Pikoulis E, Waasdorp C, rati-gan J, Hufnagel H, Malcolm D. Fluid resuscitation in a model of uncontrolled hemorrhage : too much too early, or too little too late. *J Surg Research* 1996 ; 63 : 413-18.
14. Low R, rubinstein R, Flores L, wolvek S. Preliminary report on the use of the percluser occluding aortic balloon in human beings. *Ann Emerg Med* 1996 ; 15(12) : 1466-9.
15. Gelman S. The pathophysiology of aortic cross-clamping and un-clamping. *Anesthesiology* 1995 ; 82(4) : 1026-52.

Remerciements : C Aglioni, W Menini, Unité de Chirurgie et de Physiologie Expérimentale. Institut de Médecine Tropicale de Service de Santé des Armées.