

# Un dispositif d'anastomose aorto-prothétique sans clampage ni suture : étude expérimentale

## A clampless and sutureless aorto-prosthetic anastomosis device

M Boufi, Y Alimi

Service de chirurgie vasculaire, Hôpital Nord de Marseille.

### Mots clés

- ◆ Maladie occlusive aorto-iliaque
- ◆ chirurgie aortique
- ◆ Anastomose aortique
- ◆ Etude animale

### Résumé

**Objectif.** Évaluer la faisabilité et l'efficacité d'un nouveau système d'anastomose aortique clampless® « sans clampage » et sans suture sur un modèle porcin.

**Matériel et méthode.** Nous avons réalisé chez huit porcs un pontage aorto-iliaque gauche en utilisant une approche transpéritonéale conventionnelle avec une anastomose proximale aorto-prothétique latéro-terminale par le système clampless® et une anastomose distale entre la prothèse et l'iliaque réalisée en termino-terminale selon la technique d'anastomose conventionnelle.

**Résultats.** Le porc n°1 est décédé durant la procédure suite à une déchirure de l'aorte liée à un défaut d'implantation de la prothèse. Les sept autres interventions se sont déroulées avec succès. La durée moyenne d'anastomose était de 3,35 mn (2,25-4,25) avec une durée moyenne d'intervention de 101 mn (81-115) et des pertes sanguines en moyenne de 152 mL (30-235 mL). Le porc n°4 est décédé à J4 postopératoire d'une pneumopathie avec un pontage qui était perméable. Une angiographie, systématiquement réalisée à la fin de chaque procédure et avant le sacrifice de l'animal à 2 (n = 2), 4 (n = 2) et 6 (n = 2) semaines, n'a pas objectivé de sténose ni de thrombose du pontage. L'analyse histologique n'a pas retrouvé de prolifération endothéliale ni de réaction inflammatoire aiguë au niveau des zones anastomotiques.

**Conclusion.** La réalisation d'une anastomose aorto-prothétique latéro-terminale avec le système clampless® est faisable chez l'animal et efficace. La prochaine étape sera d'étudier la faisabilité d'une implantation laparoscopique du clampless®.

### Keywords

- ◆ Aortoiliac occlusive disease
- ◆ Aortic anastomosis
- ◆ Aortic surgery
- ◆ Animal study

### Abstract

**Objectives.** Experimental study to evaluate the feasibility and efficacy of a new clampless and sutureless device (Clampless®) for aortic anastomosis.

**Methods.** Eight pigs underwent an aorto-femoral bypass using a conventional transperitoneal approach. The proximal end-to-side aorto-prosthetic anastomosis was performed using a Clampless® device and a distal conventional end-to-end anastomosis was then realised between the graft and the left iliac artery.

**Results.** The first pig died during the procedure due to aortic tear related to graft misplacement. The seven other procedures were successful. The mean anastomosis and operative time was 3.35 mn (range 2.25-4.25 mn) and 101 mn (range 81-115 mn) respectively with mean blood loss of 152 ml (range 30-235 ml). The pig n°4 died at day 4 as a result of pneumoapathy with a patent graft. A systematic angiography performed during the procedure and before sacrifice at 2 (n=2), 4 (n=2) and 6 weeks (n=2) showed no graft stenosis or thrombosis. Histologic examination did not find any endothelial proliferation or inflammation in the anastomotic area.

**Conclusion.** An end-to-side aorto-prosthetic anastomosis can be performed safely and efficiently on animal with the Clampless® device. The next step will be the feasibility of laparoscopic implantation.

La chirurgie aortique permet le traitement aussi bien des lésions occlusives que des lésions anévrysmales au prix d'une morbidité et d'une mortalité importante liées essentiellement aux complications cardiovasculaires, variables selon qu'il s'agisse d'une chirurgie pour lésions occlusives ou anévrysmales. Le traitement des sténoses ou occlusions aorto-iliaque par pontage aortobifémoral est associé à une mortalité de 0 à 3,3 % et à une morbidité de 8 à 13 % (1). Les deux principales raisons à ces complications sont : les grands abords transpéritonéaux ou rétropéritonéaux qui en-

traînent des pertes liquidiennes importantes, et le clampage aortique qui induit par le biais de l'augmentation de la post-charge, un stress cardiaque et du clampage-déclampage, une ischémie tissulaire délétère (1-3).

L'émergence dans les années 1990 des techniques endovasculaires a permis de traiter une partie de ces lésions aorto-iliaques occlusives en s'affranchissant des grands abords et du clampage aortique, et par conséquent avec une morbi-mortalité faible (4).

Une conférence de consensus *TransAtlantic Society Consensus*

### Correspondance :

Dr Mourad Boufi, Service de chirurgie vasculaire, Hôpital Nord de Marseille, Chemin des Bourrelly, 13915 Marseille Cedex20.  
E-mail : Mourad.BOUFI@ap-hm.fr

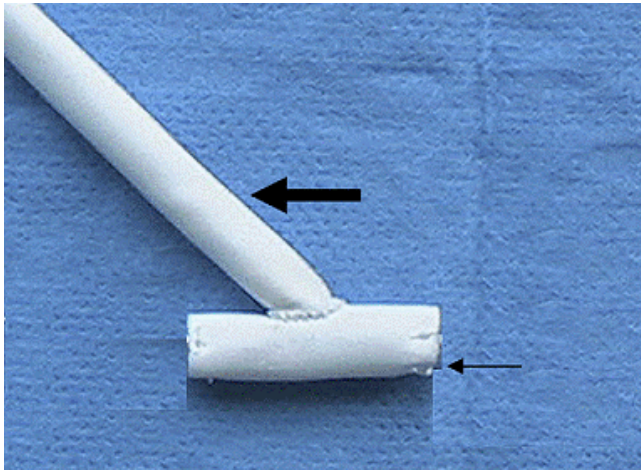


Figure 1. Le système clampless® : la petite flèche montre le connecteur avec un stent de 7 mm de diamètre couvert d'une prothèse en PTFE, qui sera déployé dans la lumière aortique. La large flèche correspond à la prothèse vasculaire en PTFE de 5 mm qui sera implantée sur l'artère iliaque

(TASC) a permis, en 2007 (5), d'établir des recommandations dans la prise en charge des lésions athéromateuses occlusives en divisant ces dernières, en fonction de leur sévérité, en quatre classes A, B, C et D aussi bien à l'étage aorto-iliaque qu'en infraginal. Le traitement chirurgical par pontage aorto-bifémoral est le traitement de premier choix des lésions TASC D (sténoses ou occlusions diffuses incluant l'aorte et les deux axes iliaques) et le traitement préféré des lésions TASC C (occlusion iliaque primitive bilatérale ou sténoses sévères et longues iliaques externes bilatérales) chez les patients à bon risque chirurgical.

Toujours dans le but de réduire l'agression chirurgicale, dans les années 1996, des techniques laparoscopiques ou laparoscopiques assistées ont vu le jour. Ces techniques ont permis de réduire la durée d'hospitalisation en soins intensifs, la durée de séjour global et une récupération plus rapide du patient (2, 3, 6, 7) mais restent cependant confrontées à des temps opératoires et surtout des durées de clampage aortique prolongées, comme cela a été démontré par deux études comparatives récentes entre la chirurgie conventionnelle et la chirurgie laparoscopique (8, 9).

Le développement de nouveaux instruments laparoscopiques est nécessaire afin de rendre ces techniques plus reproductibles avec une diminution de la courbe d'apprentissage et de réduire davantage la morbi-mortalité en réduisant le temps de l'intervention et de clampage aortique.

Ce travail vise à établir la faisabilité et l'efficacité d'un nouveau système d'anastomose aortique latéro-terminale sans clampage ni suture. On a décidé dans un premier temps de réaliser cette étude de faisabilité avec la chirurgie conventionnelle avant de l'entreprendre en chirurgie laparoscopique.

## Matériels et méthodes

### Description du dispositif

Ce système a été développé par la société Protomed en partenariat avec l'Université de la Méditerranée. Il est composé d'un ancillaire et d'un implant vasculaire clampless®. L'ancillaire permet l'introduction et le positionnement de l'implant dans l'artère cible. L'implant, composé d'une prothèse vasculaire et d'un connecteur, permet la réalisation d'une anastomose latéro-terminale. Le connecteur est formé d'un stent en acier couvert par une prothèse en PTFE (qui reste à l'intérieur de la lumière aortique) avec une fenêtre latérale assez large

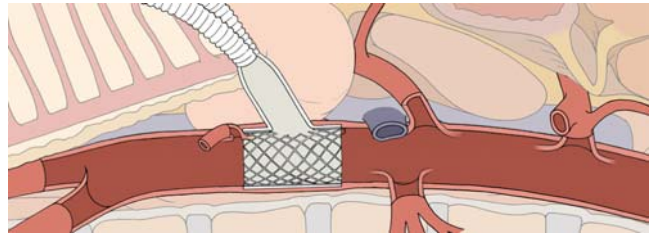


Figure 2. Schéma du clampless® implanté dans l'aorte sous-rénale.



Figure 3. Vue peropératoire après réalisation de l'anastomose proximale avec le clampless®

permettant la circulation du sang sur laquelle est suturée une prothèse vasculaire en PTFE (fig. 1 et 2). Un ballon spécifique est inclus dans le système, dont l'inflation permet l'ancrage proximal et distal du stent à la paroi aortique. Après déflation le ballon peut être retiré du système à travers la prothèse vasculaire.

Le système clampless® a été conçu pour répondre à quatre objectifs : assurer une anastomose perméable, étanche, sans clampage et sans suture. Le système doit être compatible aussi bien avec une laparotomie conventionnelle qu'avec une mini-laparotomie ou un accès totalement laparoscopique.

### Étude expérimentale sur animal

La procédure a été réalisée sur huit porcs femelles de poids moyen 29 kg (25-35) avec une implantation d'un pontage aorto-iliaque gauche en utilisant le système clampless®.

Le diamètre des artères chez le porc varie considérablement avec le poids. Il a été établi par des études anatomiques que les diamètres de l'aorte sous-rénale et de l'artère iliaque primitive étaient respectivement de 7 à 8 mm et de 4 à 5 mm pour un animal dont le poids varie entre 25 et 35 kg. Pour être compatible avec ces diamètres, le prototype d'implant utilisé était composé d'un introducteur de 20 French (1Fr = 0,33 mm), d'un stent couvert de 7 mm sur lequel est suturé une prothèse de 5 mm.

### Protocole chirurgical

Toutes les expériences ont été conduites dans le centre d'enseignement et de recherche chirurgicale à la faculté Nord-Marseille, conformément au *Guide for the care and use of laboratory animals*. Tous les porcs ont été opérés sous anesthésie générale avec une intubation endotrachéale. La voie d'abord utilisée était une approche transpéritonéale de l'aorte abdominale avec une dissection et un contrôle de 5 cm d'iliaque primitive gauche. Après injection de 100 UI/kg d'héparine, l'aorte sous rénale est ponctionnée et un introducteur de 20 Fr est mis en place sur un guide rigide de 0,035 inch. Le

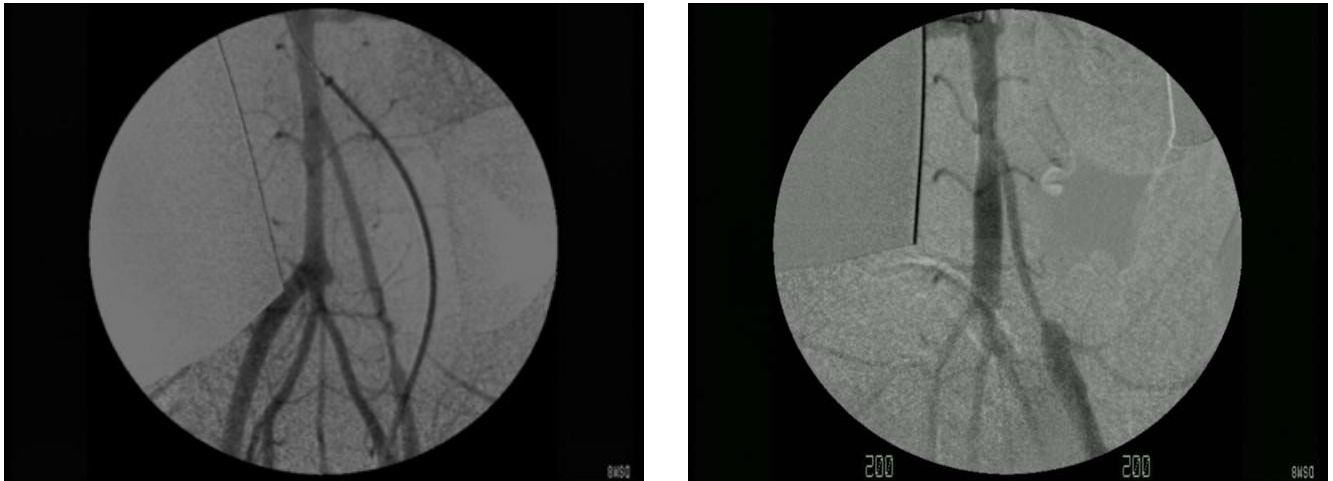


Figure 4. Artériographie peropératoire après implantation du clampless® et réalisation du pontage aorto-iliaque gauche (a) et après 6 semaines (b).

clampless®, monté sur un ballon de 7 mm de diamètre, est par la suite inséré dans l'aorte sous-rénale. Après retrait de l'introducteur et du guide, le ballon est inflaté pour impacter le stent et assurer l'hémostase. La prothèse vasculaire est ainsi récupérée à travers l'orifice crée dans la paroi aortique par l'introducteur (fig. 3). Au retrait du ballon, on s'assure de la présence d'un bon flux pulsé aussi bien au niveau aortique qu'au niveau de la prothèse vasculaire. La prothèse est clampée à son origine et une anastomose classique en termino-terminale est réalisée avec l'iliaque primitive en utilisant du polypropylène 7/0. Après les manœuvres de purges et le déclantage, une artériographie de contrôle est systématiquement réalisée par une ponction directe de l'aorte au-dessus de la zone d'implantation du clampless®.

En fin d'intervention, le rétro-péritoine ainsi que l'incision médiane sont fermés par un surjet.

En postopératoire, tous les animaux reçoivent une analgésie, une antibiothérapie pendant 10 j et un traitement anticoagulant par une héparine de bas poids moléculaire 3 000 UI/0,3 mL et un double traitement antiagrégant plaquettaire aspirine 100 mg et clopidogrel 75 mg.

Au terme d'un suivi variable de 2 à 6 semaines, l'animal est euthanasié. Sous anesthésie générale, on reprend l'abord transpéritonéal de l'aorte. Après dissection de l'aorte et de l'axe iliaque gauche, on réalise une angiographie de contrôle et on explante l'aorte sous-rénale dans sa totalité, le pontage jusqu'à l'anastomose. L'ensemble est par la suite adressé pour l'analyse histologique.

À la fin de la procédure, l'animal est sacrifié par une injection intraveineuse de 40 mEq de chlorure de potassium.

### Analyse morphologique et histologique

Le prélèvement est fixé au formol à 4 % pendant 48 h. L'aorte, la prothèse vasculaire et le clampless® sont ouverts longitudinalement et des images macroscopiques sont prises et analysées.

Des pièces histologiques comprenant des échantillons de l'aorte, du stent, de l'ostium aorto-prothétique et de l'anastomose distale sont incluses en paraffine. Des sections de 5 micromètres colorées avec hématoxyline-éosine sont étudiées au microscope optique.

### Résultats

Toutes les procédures sauf une ont été réalisées avec succès. Le seul échec est survenu lors de la première implantation du clampless®, lié à un retrait précoce de l'introducteur alors que le connecteur n'était pas complètement introduit dans

l'aorte. Ce qui a conduit à une déchirure de l'aorte avec impossibilité de réintroduire le système. L'animal a été sacrifié en fin de procédure. Cet échec a permis d'apporter une amélioration au système qui a consisté à placer un marqueur sur la partie externe de l'introducteur correspondant à l'extrémité distale du connecteur. L'introducteur doit par conséquent être inséré dans l'aorte au moins à hauteur de ce marqueur, ce qui garantit un largage de la totalité du stent dans la lumière aortique et permet d'éviter le problème sus-cité.

Pour les porcs traités avec succès (n = 7), la durée opératoire moyenne était de 101 minutes (81 à 115) avec un temps d'anastomose moyen de 3,35 min (2,25 à 4,25). Cliniquement, le pouls sur la prothèse en PTFE et sur l'aorte distale était bien perceptible en fin de procédure pour les sept cas.

L'étanchéité de l'anastomose a été spontanément obtenue dans tous les cas, excepté un où l'adjonction d'un point de suture sur la partie proximale de l'anastomose sans clampage aortique a été nécessaire pour l'obtention de l'hémostase. La moyenne des pertes sanguines pour l'ensemble des procédures était de 152 mL (30-235 mL).

L'angiographie aortique systématique réalisée à la fin de chaque procédure a permis de confirmer la perméabilité du pontage aorto-iliaque, la perméabilité des artères rénales et mésentérique inférieure et l'absence de fuite au niveau de l'anastomose aortique dans tous les cas (fig. 4a). Aucune sténose n'a été notée ni sur la zone d'implantation aortique du clampless® ni sur l'anastomose iliaque, en dehors de deux cas de spasme iliaque spontanément résolutif.

### Suivi

Tous les porcs exceptés un (n° 4), ont eu des suites opératoires simples.

Le porc n°4 est décédé à J4 postopératoire d'une pneumopathie. Le contrôle angiographique du pontage n'a pas pu être réalisé mais le pontage était cliniquement perméable avec un pouls fémoral gauche bien perçu. Les six autres porcs ont eu un suivi normal avec un sacrifice de deux d'entre eux respectivement à 2, 4 ou 6 semaines.

### Euthanasie et explantation de la prothèse

L'exploration abdominale lors de la ré-intervention pour les 6 porcs restant, n'a pas permis de retrouver d'hématome ni de faux anévrisme aortique. L'angiographie aortique réalisée avant chaque explantation a permis de confirmer la bonne perméabilité du pontage aorto-iliaque, ainsi que les artères rénales et mésentérique inférieure dans tous les cas (fig. 4b). Aucune sténose n'a été notée sur le clampless® ni sur l'artère iliaque gauche, cependant et en raison de la croissance des



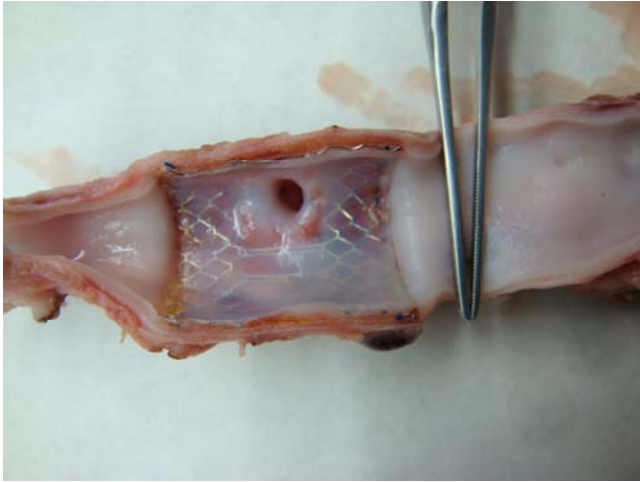


Figure 5. Vue macroscopique après explantation du clampless® montrant l'intégration du stent dans la paroi vasculaire et l'absence d'hyperplasie au niveau de l'ostium aorto-prothétique.

porcs, le diamètre aortique a augmenté et une disparité de calibre a été notée entre la partie proximale et distale de l'aorte par rapport à la zone d'implantation du clampless®.

### Examen macroscopique

L'exploration macroscopique de l'aorte et du pontage après explantation montre que le clampless® est bien intégré à la paroi aortique sans thrombus ni hyperplasie (fig. 5).

### Examen microscopique

Le tissu couvrant la lumière du stent évolue avec le temps :

- à 2 semaines, il est composé de fibrine avec quelques cellules endothéliales ;
- à 4 semaines le tissu devient plus fragile et d'épaisseur variable ;
- à 6 semaines le tissu est épais et lisse, sans signe de prolifération endothéliale ni inflammation.

Au niveau de la paroi aortique sous le stent, une nécrose intimale localisée avec quelques calcifications sans modifications des couches externes a été notée à 2 semaines. Cette nécrose

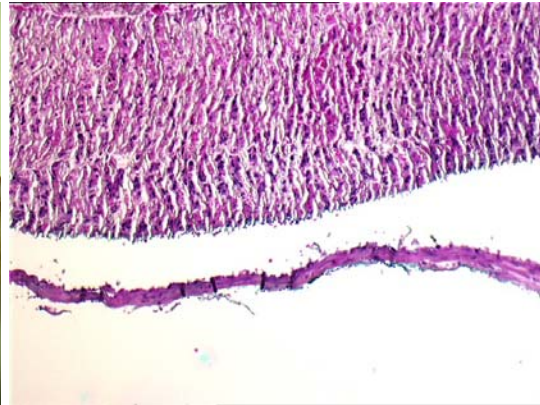
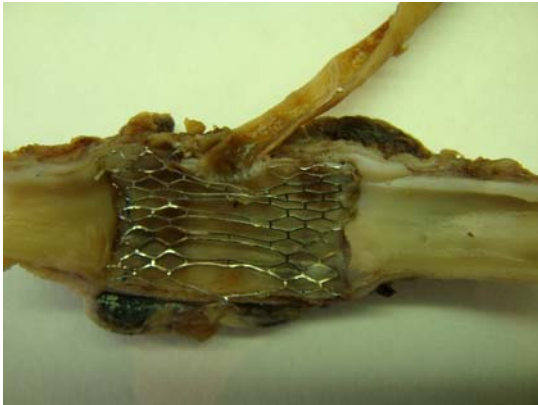


Figure 6. Aspect macroscopique et microscopique de l'implant aortique à 2 semaines : fibrine avec quelques cellules endothéliales.

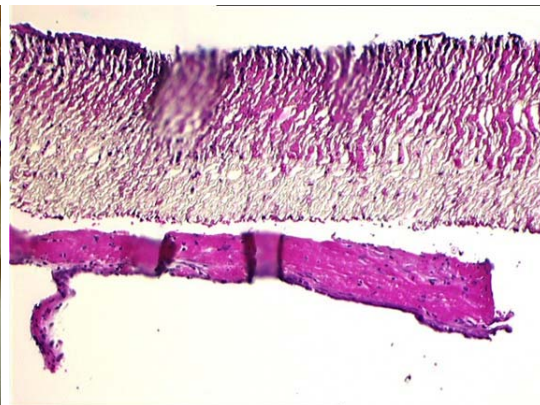
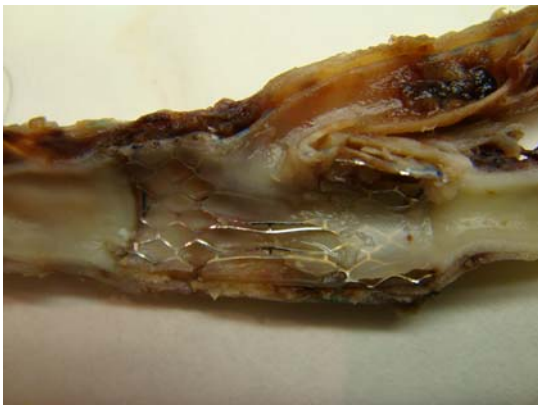


Figure 7. Aspect macroscopique et microscopique de l'implant aortique à 4 semaines : tissu fragile d'épaisseur variable.

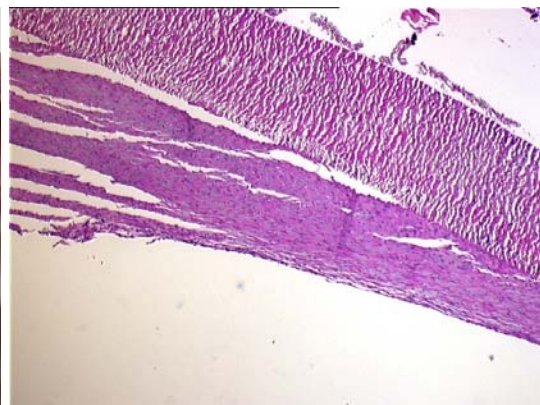


Figure 8. Aspect macroscopique et microscopique de l'implant aortique à 6 semaines : tissu épais et continu.

	Système d'anastomose	Étude in vitro	Expérimentation en laparoscopie totale	histologie	Étude sur cadavre	Anastomose T-T	Anastomose L-T
Agrafes circulaires	Agrafes circulaires à recharge manuelles (13)	+	-	+	-	+	+
	<i>Shifrin « Stapler »</i> (14)	+	-	+	+	-	+
Clips	<i>Vascular closure</i> (15)	+	-	-	-	+	-
	<i>Titanium clips</i> (16)	+	-	+	-	-	+
Endograft	<i>Hermetic docking head</i> (17)	+	-	+	+	+	-
<i>Exovascular sleeve</i>	<i>Exovascular anastomotic device</i> (18)	+	-	+	-	+	-
Stent externe avec un stent interne	<i>Lock stent device</i> (19)	+	-	+	-	+	-

Tableau 1. Études expérimentales récentes avec les systèmes d'anastomoses aortiques.

fibreuse est progressivement remplacée à 4 semaines par un tissu conjonctif lâche, avec une inflammation modérée à 6 semaines. Une réaction macrophagique à cellules géantes est notée en périphérie des calcifications. Une masse granulomateuse s'est également développée à proximité de la prothèse en PTFE le long du mur aortique sans diffusion au reste de la paroi aortique (fig. 6, 7 et 8).

## Discussion

La réalisation de pontages aortiques nécessite un clampage aortique total afin d'obtenir un champ exsangue le temps de réaliser la suture. Le clampage entraîne des perturbations physiopathologiques avec une augmentation de la post-charge, une modification des résistances vasculaires systémiques et une accumulation des substances vasoactives (10-12). Ces phénomènes sont d'autant plus exacerbés que la durée du clampage aortique est longue et sont à l'origine de la morbi-mortalité associée à la chirurgie aortique. Réduire drastiquement ou supprimer ce temps de clampage est une des voies de recherche explorées pour améliorer le pronostic de cette chirurgie.

La chirurgie aortique laparoscopique s'est développée depuis plus de 10 ans, pour répondre à un besoin de diminution de l'agression chirurgicale associée à la chirurgie aortique. Cependant, les temps opératoires prolongés et les durées de clampage aortique plus long que dans la chirurgie conventionnelle, comme observés dans l'étude de Rouers et al. (8), ont effacé le bénéfice de cette technique. D'où la nécessité de développer une instrumentation spécifique et des alternatives aux techniques de sutures classiques utilisant le fil et l'aiguille, et réalisables à travers des accès limités. Ces nouveaux systèmes dédiés aux approches mini-invasives peuvent également être utilisés pour réaliser des anastomoses en chirurgie ouverte au niveau de sites d'accès profonds et difficiles.

De nombreux systèmes d'anastomoses sans suture ont émergé durant ces dernières années, certains sont restés au stade d'idées et n'ont eu qu'un intérêt historique et d'autres ont abouti à des évaluations cliniques. Ces systèmes utilisant agrafes, clips, colle, anneaux ou stents ont été développés de façon active en chirurgie coronaire, et leur utilisation clinique a également avancé (13). En chirurgie aortique, les travaux sur les systèmes d'anastomoses mécaniques n'ont débouché que sur des expériences animales. La plupart de ces systèmes permettent la réalisation d'une anastomose termino-terminale au prix d'un temps de clampage. Les résultats sont rapportés dans le tableau I (13-19).

Le *clampless*® est le premier système qui permet de réaliser une anastomose latéro-terminale sans clampage et sans suture. L'étude animale permet de montrer que c'est un système fiable et sûr. La réalisation de l'anastomose avec ce système est facile, reproductible et rapide avec un temps moyen d'implantation de 3 minutes. Contrairement aux autres systèmes d'anastomoses mécaniques, notamment les agrafes

et les clips, le succès d'implantation et l'absence de fuite ne sont pas tributaires de la qualité de la paroi aortique puisque la connexion avec la lumière aortique se fait par l'intermédiaire d'un stent ballon expansible qui s'applique sur la paroi vasculaire grâce à sa force radiale.

La dissection aortique est également rendue plus simple puisque le contrôle de l'aorte en amont et en aval de l'anastomose n'est plus nécessaire. Une exposition de la face antérieure de l'aorte sur quelques centimètres est suffisante pour réaliser la ponction artérielle.

Dans ce système, le stent est le seul élément étranger qui reste au contact de la lumière vasculaire, et l'étude histologique n'a montré de réaction inflammatoire aiguë sur aucun des échantillons.

Les résultats cliniques et histologiques sont encourageants puisqu'aucune resténose ni thrombose n'ont été observées à court et à moyen terme.

Un certain nombre de limitations à cette étude préliminaire ont été authentifiées :

- le décès peropératoire du premier porc était lié à l'absence de repérage de la prothèse durant l'implantation qui n'a pas pu être décelé préalablement ;
- le choix du model animal n'est pas compatible avec la réalisation d'une étude à long terme, compte tenu de la croissance progressive de l'aorte native qui entraîne au fil du temps une incongruence avec le stent ;
- le prototype utilisé pour cette étude est incompatible avec une implantation laparoscopique, notre ultime but. La raison de notre choix de l'approche chirurgicale conventionnelle est essentiellement liée à la crainte de ne pas pouvoir contrôler rapidement un éventuel saignement et de pouvoir modifier l'angle d'introduction de l'ancillaire dans l'aorte sous contrôle de la vue ;
- le système actuel était conçu pour une aorte qui fait 7 à 8 mm de diamètre. L'adaptation de ce système pour un usage clinique nécessitera l'utilisation d'un stent dont le diamètre varie entre 12 et 16 mm de diamètre et une prothèse vasculaire de 6 à 8 mm de diamètre et par conséquent un système d'introduction de plus gros diamètre. Hors l'ancillaire doit être profilé pour être compatible avec un trocart de 12 mm de diamètre en cas d'implantation laparoscopique et pour éviter le traumatisme de l'aorte pouvant aboutir à une dissection ou rupture aortique.

## Conclusion

Ce premier prototype du système *clampless*® a permis la réalisation *in vitro* sur l'animal des anastomoses aortiques latéro-terminales étanches et perméables avec un contrôle angiographique et une analyse histologique à 2, 4 et 6 semaines très satisfaisant. Cependant, des améliorations seront nécessaires afin de pouvoir l'adapter pour un usage clinique sur l'aorte humaine et pour une implantation laparoscopique.

## Références

1. de Vries SO, Hunink MG. Results of aortic bifurcation grafts for aortoiliac occlusive disease: a meta-analysis. *J Vasc Surg* 1997 ; 26 : 558-69.
2. Alimi YS, De Caridi G, Hartung O, Barthélemy P, Aissi K, et al. Laparoscopy-assisted reconstruction to treat severe aortoiliac occlusive disease: early and midterm results. *J Vasc Surg* 2004 ; 39 : 777-83.
3. Nio D, Diks J, Bemelman WA, Wisselink W, Legemate DA. Laparoscopic vascular surgery: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007 ; 33 : 263-71.
4. Hans SS, DeSantis D, Siddiqui R, Khoury M. Results of endovascular therapy and aortobifemoral grafting for transatlantic inter-society type C and D aortoiliac occlusive disease. *Surgery* 2008 ; 144 : 583-90.
5. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007 ; 33 : S1-75.
6. Dion YM, Thaveau F, Fearn SJ. Current modifications to totally laparoscopic "apron technique". *J Vasc Surg* 2003 ; 38 : 403-6.
7. Coggia M, Di Centa I, Javerliat I, Colacchio G, Goeau-Brissonniere O. Total laparoscopic aortic surgery: transperitoneal left retrorenal approach. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2004 ; 28 : 619-22.
8. Rouers A, Meurisse N, Lavigne JP, Francart D, Quaniers J, et al. Potential benefits of laparoscopic aorto-bifemoral bypass surgery. *Acta Chir Belg* 2005 ; 105 : 610-5.
9. Kolvenbach R, Puerschel A, Fajer S, Lin J, Wassiljew S, et al. Total laparoscopic aortic surgery versus minimal access techniques: review of more than 600 patients. *Vascular* 2006 ; 14 : 186-92.
10. Gelman S. The pathophysiology of aortic clamping and unclamping. *Anaesthesiology* 1995 ; 82 : 1026-60.
11. Nypaver TJ, Shepard AD, Reddy DJ, Elliot Jr JP, Ernst CB. Supraceliac aortic cross clamping: determinants of outcome in elective aortic reconstruction. *J Vasc Surg* 1993 ; 17 : 868-76.
12. Deb S, Martin B, Sun L, Barris D, Wherry D, et al. Comparison of Titanium vascular closure staples with suture repair of the thoracic aorta in swine. *Chest* 2000 ; 118 : 1762-8.
13. Yoshida K, Ohtake H, Kimura K, Watanabe G. Experimental study of aortic anastomosis using a circular stapling device in the porcine model. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006 ; 31 : 575-80.
14. Shifrin EG, Moore WS, Bell PR, Kolvenbach R, Daniline EI. Intravascular stapler for "open" aortic surgery: preliminary results. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007 ; 33 : 408-11.
15. Calles-Vazquez MC, Viguera FJ, Crisostomo V, Uson-Gargaloo J. Vascular closure stapler clip anastomosis decreases aortic crossclamping time compared to interrupted nonabsorbable and running absorbable sutures in growing pigs. *Ann Vasc Surg* 2006 ; 20 : 35-41.
16. Pikoulis E, Burris D, Rhee P, Nishibe T, Leppaniemi A, Wherry D, et al. Rapid arterial anastomosis with titanium clips. *Am J Surg* 1998 ; 175 : 494-6.
17. Yoffe B, Vaysbeyn I, Urin Y, Waysbeyn I, Zubkova O, et al. Experimental study of a novel suture-less aortic anastomotic device. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007 ; 34 : 79-86.
18. Chang DW, Chan A, Forse RA, Abbott WM. Enabling sutureless vascular bypass grafting with the exovascular sleeve anastomosis. *J Vasc Surg* 2000 ; 32 : 524-30.
19. Scarcello E, Triggiani G, Arispici M, Bertini L, Bosi F, et al. Experimental study of a new vascular anastomotic technique in a swine model: short and mid-term results. *Ann Vasc Surg* 2007 ; 21 : 346-51.