

Chirurgie hybride de l'aorte thoracique : de la théorie à la pratique

Hybrid surgery of the thoracic aorta: theory and practical aspects

S. Rubin *, B. Baehrel **

* *Praticien Hospitalier et Universitaire en Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire, Docteur en Sciences, CHU de Reims, Hôpital Robert Debré, Service de Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire* / ** *Professeur des Universités, Praticien Hospitalier en Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire, Chef de Service, CHU de Reims, Hôpital Robert Debré, Service de Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire, Université de Médecine de Reims Champagne Ardenne*

Mots clés

- ◆ Procédure Hybride
- ◆ Aorte Thoracique
- ◆ Endoprothèse
- ◆ Chirurgie

Résumé

Avec l'avènement de la circulation extracorporelle au cours des années 50, la chirurgie cardio-vasculaire a pris un essor extraordinaire. En dépit de nombreuses améliorations et innovations, cette chirurgie reste un grand challenge pour le chirurgien cardio-vasculaire. La mortalité de tels gestes reste supérieure à 15% pour des interventions électives et dépasse les 60% en urgence. Outre cette mortalité, la chirurgie de l'aorte est aussi grevée d'une lourde morbidité (infection, défaillances rénales, respiratoires, hépatiques etc.). Parallèlement à ces évolutions et depuis 1998, la disponibilité d'endoprothèses aortiques fiables, a permis de traiter des lésions aortiques toujours plus graves et étendues, chez des patients toujours plus fragiles et âgés. L'approche endovasculaire s'est limitée pendant de nombreuses années à l'aorte thoracique descendante et à certains segments de l'aorte abdominale. De nombreux chirurgiens ont alors vu le potentiel de telles techniques dans le traitement des lésions complexes de l'aorte thoracique ou thoraco-abdominale. En dehors de protocoles de recherche, les endoprothèses disponibles actuellement ne disposent pas de « branche » permettant de couvrir par exemple une lésion de la crosse aortique ou des artères viscérales. Pour répondre à ces défis, l'idée de la chirurgie hybride, combinant approches conventionnelle et endovasculaire, s'est vite imposée ; d'abord par la couverture de la crosse aortique distale avec réimplantation de l'artère sous-clavière gauche puis par des transpositions complexes des troncs supra-aortiques avec couverture complète de l'aorte horizontale. Initialement réservée à une chirurgie programmée, cette approche permet désormais de traiter des lésions toujours plus complexes, y compris en urgence.

Keywords

- ◆ Hybrid Approach
- ◆ Thoracic Aorta
- ◆ Stentgraft
- ◆ Surgery

Abstract

Since the invention of the cardiopulmonary bypass in the 50s, the aortic surgery has made extraordinary progress. Despite many improvements and innovations, that surgery remains a real challenge for cardiovascular surgeons. The related mortality of such procedures remains above 15% for elective procedures and over 60% in emergency. In addition to this mortality, the aortic surgery is also related to a heavy morbidity (infection, kidney or respiratory failures, hepatic dysfunction, etc.). In the same time, since 1998, reliable aortic stentgrafts allow to treat more and more complex aortic diseases in patients increasingly old and sick. For many years, the endovascular approach was limited at the descending thoracic aorta and the infrarenal part of the abdominal aorta. However, many surgeons saw the potential of such techniques in the treatment of complex thoracic or thoracoabdominal lesions.

Except research protocols, all available stentgrafts have no "branch", allowing for example the covering of lesions of the horizontal aorta or to exclude aortic lesions in front of visceral arteries. In order to treat less invasively these complex lesions, surgeons have introduced the concept of "Hybrid Surgery", combining conventional and endovascular procedures. At the beginning, they could only cover the distal aortic arch, performing the transposition of the left subclavian artery; nowadays, we can perform complex transpositions of all supra-aortic vessels, allowing the complete coverage of the horizontal aorta. Originally reserved for scheduled procedures, this approach can also be employed for increasingly complex aortic lesions, even in emergency.

Introduction

La chirurgie de l'aorte est probablement, pour tout chirurgien vasculaire ou cardio-vasculaire, celle qui requiert le plus subtil des mélanges entre qualité, sophistication et humilité. Si le geste est essentiel, la stratégie chirurgicale joue un rôle fondamental. L'arsenal thérapeutique à la disposition du chi-

urgien aortique s'est enrichi au fil du temps d'outils et de matériels, aujourd'hui d'une étrange banalité, mais d'une remarquable efficacité ; pour exemples, les substituts vasculaires, la circulation extracorporelle (CEC) ou encore l'arrêt circulatoire en hypothermie profonde. En 1951, Oudot [1] rapporte le premier remplacement aortique abdominal utilisant une allogreffe artérielle humaine. Dès l'année suivante, Voorhees décrit l'utilisation d'une prothèse vasculaire synthé-

Correspondance :
sru9@neuf.fr

tique poreuse [2]. Ces chirurgiens se sont lancés dans l'inconnu, tout en gardant à l'esprit la nécessité d'évaluer leurs techniques avec objectivité. Aujourd'hui, soit plus de cinquante ans plus tard, force est de constater que leurs intuitions étaient justes.

La circulation extracorporelle a fortement modifié les chirurgies aortiques et cardiaques, jusque là balbutiantes. Lillehei, Bigelow, Gibbon ou encore Kirklin ont permis d'envisager des gestes de plus en plus complexes et audacieux. Le traitement des lésions de l'aorte thoracique devient alors possible, en dépit des nombreux problèmes posés par ces mêmes matériels. L'évolution de ces dispositifs, la compréhension des mécanismes de la coagulation et l'expérience accumulée par nos pairs nous permettent aujourd'hui de traiter des lésions encore inopérables voici quelques décennies.

Parallèlement en 1991, Parodi propose le concept de l'endoprothèse [3] afin de traiter des lésions anévrismales de l'aorte abdominale sous-rénale. Peu de temps après, Dake [4] reprend le concept et le popularise en diffusant largement son expérience des traitements endovasculaires. Au fil des innovations, ces procédures sont venues concurrencer la chirurgie de l'aorte abdominale puis thoracique.

Les évolutions parallèles des techniques chirurgicales et endovasculaires ont fréquemment fait naître des tensions, sauf au sein des équipes chirurgicales croyant en la complémentarité de ces traitements. Nous avons débuté notre expérience des techniques aortiques endovasculaires dès 1999, en parallèle de notre activité de chirurgie aortique conventionnelle.

En dépit du potentiel des thérapeutiques interventionnelles, certaines indications leur restent inaccessibles, comme les lésions touchant la racine ou la crosse aortique. Dès 2000, nous avons réalisé dans notre service, des procédures hybrides touchant l'aorte thoracique malgré certaines réticences des deux « Mondes ».

La chirurgie hybride, puisqu'il s'agit bien d'un acte chirurgical, a permis dans un premier temps de compléter des gestes chirurgicaux complexes puis de modifier nos stratégies opératoires en nous permettant des procédures innovantes et efficaces.

Les pathologies de l'aorte thoracique

La pathologie chirurgicale de l'aorte thoracique est largement dominée par les processus anévrysmaux qui représentent à eux seuls plus de 70% des indications opératoires. Pathologie souvent pauci voire asymptomatique, elle est fréquemment associée à une mortalité spontanée élevée et probablement sous-estimée. En effet, la fréquence réelle de cette pathologie du vieillissement artériel est difficile à établir mais il est probable que l'incidence dans les pays occidentaux augmentera progressivement parallèlement à l'amélioration de l'espérance de vie de la population : plus trois mois en l'espace de deux ans grâce aux progrès médicaux et à l'amélioration des conditions de vie.

L'aorte ascendante, particulièrement intéressée par les dilations anévrysmales, fait se poser les délicates questions de la conservation ou non de la valve aortique et des artères coronaires. Malgré l'avènement des procédures hybrides, ce segment reste à ce jour « épargné », justifiant pleinement la poursuite des travaux concernant la chirurgie de la racine aortique ainsi que la transmission des techniques chirurgicales aux jeunes chirurgiens. Au delà de ce segment initial, les crosses et aorte descendantes posent bien d'autres problèmes au chirurgien.

La crosse aortique et plus particulièrement l'aorte horizontale, bien que ne mesurant que quelques centimètres, est le lieu de naissance des vaisseaux supra-aortiques dont le chirurgien apprend précocement à se méfier, tant les accidents neurologiques qu'ils peuvent engendrer sont dévastateurs [5]. Quoi de plus dramatique que d'opérer un patient avec

« succès », d'une chirurgie qui reste difficile et incertaine, pour finalement être confronté à l'échec. La protection cérébrale et le délai supplémentaire qu'elle alloue, ont permis, aux travers des cérébroplégies antéro- [6] et rétrogrades [7] associées à l'arrêt circulatoire en hypothermie profonde, de pousser plus avant la complexité du geste chirurgical. Parmi les limites qui persistent, le temps reste l'une des principales préoccupations. Les gestes les plus sophistiqués ne doivent pas excéder 60 à 90 minutes de protection cérébrale, ce qui peut sembler long, sauf pour le chirurgien qui opère. L'humilité est une valeur que la chirurgie aortique se charge perpétuellement de rappeler au chirurgien.

L'anévrysme de l'aorte thoracique descendante est, par comparaison, une pathologie touchant un segment moins hostile et moins redouté par le chirurgien, parfois à tort. Ici, le spectre de l'accident vasculaire cérébral se dissipe pour laisser place à celui de la paraplégie, liée au clampage aortique et aux incertitudes de la vascularisation médullaire. Shunts puis circulation extracorporelle ont permis de minimiser la fréquence de cette complication sans jamais l'éliminer.

Outre les anévrysmes, la dissection de l'aorte thoracique est une pathologie moins fréquente (3 cas pour 100 000 habitants / an), fréquemment gérée dans l'urgence. Parallèlement à la douleur, de nombreux signes cliniques, en rapport avec une mal perfusion des collatérales artérielles, peuvent être observés. Elle s'accompagne spontanément d'une mortalité impressionnante, puisque proche de 100% pour l'aorte ascendante après 30 jours. Le processus tissulaire conduisant à cette pathologie est aujourd'hui connu même si son origine reste incertaine. La nécrose de la média de l'aorte ou « média-nécrose » a longtemps été associée au vieillissement du tissu aortique et à l'hypertension artérielle ; d'autres processus, mal élucidés à ce jour, sont co-responsables des lésions de la matrice extracellulaire. On citera par exemple, une mutation du chromosome 15, touchant la synthèse de la Fibrilline 1 et responsable de la maladie de Marfan, bien connue pour ses anévrysmes et dissections aortiques.

D'un point de vue anatomopathologique, la dissection aortique est caractérisée par deux entités : la « porte d'entrée » et le faux chenal. La porte d'entrée de la dissection est le site de la lésion intimale aortique à l'origine de l'irruption de l'onde systolique sanguine dans la profondeur de la média aortique qui conduira à la création d'un second chenal circulant : le faux chenal. Outre l'extrême fragilisation de la paroi aortique et le risque de rupture, divers phénomènes entrent en jeu et concourent à la survenue de complications ischémiques. De façon statique, le faux chenal « capte » et dévie une partie du flux artériel hypoperfusant alors certaines collatérales vasculaires. A l'opposé, des phénomènes dynamiques (souvent associés) peuvent engendrer la compression du vrai chenal par le faux ou la complète occlusion de certaines collatérales, justifiant alors d'un traitement en urgence.

En marge, des les anévrysmes et dissections aortiques, d'autres pathologies touchent l'aorte avec de moindres fréquences : hématomes intra-muraux, ulcères ou encore processus traumatiques de l'aorte, chacune présentant des particularités singulières. Ces pathologies « relativement » peu fréquentes restent de véritables défis chirurgicaux et stratégiques qui s'associent à une lourde morbi-mortalité dans le cadre de l'urgence.

La chirurgie conventionnelle de l'aorte thoracique

La chirurgie de remplacement de l'aorte thoracique, ou la mise à plat-greffe dans le cas des anévrysmes, reste le « standard » incontournable en raison des possibilités étendues qu'elles offrent, des résultats immédiats et à long terme, fondés sur un recul de près de 40 ans.

Chirurgie parmi les plus risquées, les plus complexes mais aussi parmi les plus belles, la chirurgie de l'aorte thoracique reste encore un défi pour les chirurgiens cardio-vasculaires. Le geste technique, quoique grandement facilité par de nombreuses innovations, demande toujours une grande rigueur pour être immédiatement efficace et assurer la durabilité du résultat.

La plupart des études chirurgicales récentes rapportent des résultats en constantes améliorations malgré des morbimortalités toujours conséquentes. Si la mortalité publiée des procédures touchant l'aorte ascendante est actuellement inférieure à 10%, celle de la chirurgie de la crosse aortique est plus proche de 20% à 25% et même supérieure à 50% en urgence. Enfin, la morbidité de telles interventions est loin d'être négligeable puisque certaines séries rapportent des taux supérieurs à 30% pour des chirurgies programmées et parfois proches de 60% en urgence. Cette morbidité est principalement due à des défaillances pulmonaires, rénales, cardiaques et / ou neurologiques d'origines diverses.

A la lumière de ces chiffres, la chirurgie de l'aorte thoracique ne peut actuellement être proposée qu'à des patients sélectionnés. Dans l'avenir, l'augmentation de l'incidence des pathologies aortiques et de l'âge de découverte poseront inmanquablement des problèmes de prise en charge, tant au médecin qu'au chirurgien.

La chirurgie de l'aorte ascendante et de la racine aortique

La chirurgie de l'aorte ascendante pose une triple problématique. Elle comporte, d'une part, le traitement de l'aorte elle-même, d'autre part celui de la valve aortique et de la gestion des ostia coronaires.

L'arsenal chirurgical se décompose en de multiples interventions allant du remplacement sus-coronaire de l'aorte ascendante jusqu'à l'intervention, décrite par Bentall en 1968 [8], emportant l'ensemble de l'aorte ascendante, la valve aortique et nécessitant la réimplantation des ostia coronaires. Enfin, au cours des années 1980 et 1990, Sir Magdi Yacoub [9] puis Tiron David [10] introduisent la notion de préservation de la valve aortique lors de ces chirurgies radicales de la racine aortique, évitant ainsi le remplacement valvulaire prothétique.

Malgré une morbi-mortalité et des résultats à long terme acceptables, ces interventions justifient un suivi rigoureux de façon à détecter précocement certaines complications tardives, comme les faux anévrysmes anastomotiques, ou l'évolution de la pathologie sur d'autres segments aortiques.

Du fait de la complexité de l'architecture dynamique de la racine aortique, il est actuellement inenvisageable de traiter ce segment aortique autrement que chirurgicalement.

La chirurgie de l'aorte horizontale

La crosse aortique, ou plus exactement l'aorte horizontale, est fréquemment approchée par le chirurgien cardiaque dans les gestes touchant l'aorte ascendante ou descendante. Dans ce dernier cas, il est relativement fréquent de clamer l'aorte horizontale entre l'artère sous-clavière gauche et la carotide primitive gauche de façon à totalement libérer la partie toute initiale de l'aorte thoracique descendante, facilitant alors le geste chirurgical. Ce clampage nécessite un contrôle de l'aorte horizontale et expose au risque de lésion du nerf récurrent gauche, cheminant sous ce segment aortique avant d'amorcer sa récurrence ascendante. Le chirurgien reste également conscient que certaines suppléances de la vascularisation médullaire naissent de l'artère sous-clavière gauche et qu'il s'expose à un risque accru de paraplégie en cas de clampage et / ou d'hypotension artérielle. Ceci explique, au

moins en partie, la plus grande fréquence des troubles médullaires rapportés après chirurgie de l'aorte thoracique comparée aux traitements endovasculaires.

Le remplacement complet de l'aorte horizontale pose principalement le problème de ses collatérales et donc de la protection cérébrale. Si le geste n'est pas des plus complexes, puisqu'il consiste en un remplacement vasculaire avec réimplantation des troncs supra-aortiques, les mortalités et morbidités neurologiques imposent des procédures adaptées.

La protection cérébrale peut être assurée de diverses façons ; on citera la perfusion cérébrale antérograde ou rétrograde lors de la circulation extracorporelle ou, plus classiquement lors d'un arrêt circulatoire en hypothermie profonde. Cette dernière consiste en une hypothermie corporelle profonde comprise entre 16 et 22°C afin de protéger les différents organes, en bloquant leur métabolisme. Cet artifice permet l'interruption de toute circulation corporelle pendant environ 45 minutes. L'association à une perfusion cérébrale antérograde via les carotides, introduite par Bachet et Guilmet [6], permet de prolonger cet arrêt circulatoire d'environ 20 à 30 minutes. Enfin, la perfusion cérébrale rétrograde, réalisée en perfusant le cerveau « à contre sens » via la veine cave supérieure, a rencontré des succès variables selon les pays. Mise au point et toujours utilisée au Japon, elle n'a qu'un impact modéré en Europe alors que seuls certains chirurgiens américains, spécialistes de l'aorte, l'ont définitivement adoptée.

En dépit de certaines publications, issues de centres très spécialisés, les résultats de ces chirurgies montrent qu'elles ne peuvent pas être envisagées à tout âge de la vie et pour tout type de patients. En effet, l'âge, le caractère urgent, les dysfonctions rénales et pulmonaires préopératoires sont autant de facteurs prédictifs de morbi-mortalité de ces gestes.

La chirurgie de l'aorte thoracique descendante

L'aorte thoracique descendante a été, du fait de la fréquence de ces lésions et de son accessibilité « relative », l'un des segments thoraciques les plus précocement approché par le chirurgien, surtout avant l'avènement des techniques de circulation extracorporelle. Le perfectionnement de cette technique a permis d'initier la chirurgie de l'aorte ascendante mais aussi de diminuer les complications des gestes touchant l'aorte thoracique descendante.

Outre le problème du clampage de l'aorte horizontale, ces remplacements aortiques, surtout prolongés sous le huitième métamère, exposent au risque de paraplégie. Cette complication est principalement liée à l'artère intercostale donnant naissance à la vascularisation médullaire spinale antérieure, via la redoutée artère d'Adamkiewicz. Cette dernière, quoiqu'inconstamment retrouvée, naît généralement d'une artère intercostale ou lombaire entre T8 et L2 avec une préférence gauche. Là encore, la chirurgie conventionnelle permet des remplacements extensifs au prix d'une morbi-mortalité non négligeable, malgré quelques raffinements comme le clampage étagé ou la réimplantation prothétique de paires d'artères intercostales. D'ailleurs, devant un risque de paraplégie compris entre 6 à 8%, nombre de patients refusent l'idée d'une chirurgie préventive qui risque de leur infliger un lourd handicap. Les causes de ces paraplégies sont multiples et parfois associées : arrêt total de la vascularisation médullaire, l'hypotension per-opératoire, l'annulation du gradient entre la vascularisation artérielle et le liquide céphalo-rachidien ou encore l'absence de suppléance. Cette multiplicité explique, là encore, l'imprévisibilité de cette complication majeure.

Finalement, toutes indications et tous contextes confondus, la mortalité à 30 jours des remplacements de l'aorte thoracique s'établit entre 15 et 20% avec une lourde morbidité, essentiellement liée au terrain et à l'invasivité de telles chirurgies.

Parallèlement, les thérapeutiques endovasculaires de l'aorte thoracique ont rapidement progressé pour se positionner comme une alternative à la chirurgie. Ce « choc » des cultures a été initié et entretenu pendant plus de dix ans, freinant l'essor de nouveaux traitements de l'aorte thoracique. Un certain refus des concepts endovasculaires et le vieillissement des patients ont limité les indications chirurgicales alors que les limitations intrinsèques des endoprothèses aortiques les ont fréquemment cantonnées aux traitements de l'aorte thoracique descendante. Aujourd'hui, la concurrence entre ces deux techniques pourrait bien s'effacer au profit d'une certaine complémentarité.

Les traitements endovasculaires de l'aorte thoracique

Genèse de l'innovation

Le concept de traitement endovasculaire de l'aorte est ancien. Dès les années 1970, les industriels proposent aux chirurgiens une approche « hydride » ; la prothèse munie de deux anneaux rigides et encochés aux extrémités, est introduite par une courte aortotomie puis l'aorte est liée sur ces extrémités, excluant ainsi le sac anévrysmal. Le temps s'est chargé de faire disparaître cet étrange concept aux résultats incertains.

Pourtant, le concept de traiter par l'intérieur du vaisseau est né et survit jusqu'à Juan C. Parodi qui réalise, en 1990, à Buenos Aires, la première implantation d'une endoprothèse aortique abdominale [3]. Ce chirurgien vasculaire déclare alors : « *Dès 1976, j'ai dit à mon chef que je développais un nouveau système qui pourrait être utilisé pour remplacer les lourdes et dangereuses réparations chirurgicales de l'aorte. L'idée n'a d'abord pas été prise au sérieux mais après mes premières présentations, je fus attaqué verbalement* ». La violence de ces propos n'avait pour seul but que de cacher l'inquiétude du monde chirurgical envers cette potentielle alternative.

La première réalisation endovasculaire concernant l'aorte thoracique (peu médiatisée) est le fait de Volodos en 1991 [11]. En 1994, Mickael Dake, radiologue à Stanford publie l'étude de faisabilité d'exclusions endovasculaires des lésions en rapportant 13 cas d'anévrysmes et de dissections de l'aorte thoracique traités par endoprothèses dans le célèbre "*New England Journal of Medicine*" [4]. Le choc est rude et cet article galvanise alors toute une génération de chirurgien qui pratique couramment la chirurgie aortique. La plupart d'entre eux se détournent de cette technique et peu y voient le moyen de renforcer leur arsenal thérapeutique... tout du moins au début...

En France, la qualité des endoprothèses de première génération (Premier marquage CE en 1998) et la diffusion très, ou trop, rapide de cette nouvelle technique, auront raison d'une grande partie des autorisations de mise sur le marché. La réaction de l'industrie ne se fait pas attendre avec la création de nouveaux dispositifs, plus faciles à poser, plus maniables, plus fiables et fournissant des résultats acceptables à moyen terme, voire comparables à ceux de la chirurgie. Un peu à contre courant, nous avons fait le choix de nous former à ces techniques dès 1999 puis de traiter certains patients sélectionnés. L'évaluation de nos procédures et nos résultats nous ont convaincus du bien fondé de cette technique. Aussi, notre vision de « chirurgien » nous a permis de simplifier et de sécuriser certaines procédures qui restent à nos yeux, des actes chirurgicaux réalisés par voie endovasculaire. En effet, certaines complications sont « aisément » traitées par un chirurgien

cardio-vasculaire alors qu'elles peuvent avoir des conséquences fâcheuses dans une salle interventionnelle, même bien équipée. On citera, par exemple, les lésions des artères fémorales ou iliaques, relativement fréquentes au commencement des techniques endovasculaires, du fait des diamètres des dispositifs utilisés.

L'endoprothèse thoracique

L'endoprothèse « moderne » est composée de deux parties distinctes : la prothèse vasculaire et le stent métallique qui assure l'expansion et la fixation de cette dernière sur la paroi aortique. Différents matériaux ont été utilisés pour la prothèse vasculaire avec une préférence industrielle pour le Dacron et le PTFE alors que les stents sont majoritairement en Nitinol. Ce métal à mémoire de forme thermique à la propriété de se déployer en fonction de la température ; sa résistance a permis la réalisation de stents fins mais pourvus d'une force radiaire importante. Cette caractéristique assurant une forte impaction de l'endoprothèse dans la paroi aortique, est gage d'une bonne fixation et d'étanchéité.

Particularités des traitements endovasculaires de l'aorte

Outre les caractéristiques propres des endoprothèses, d'autres facteurs influencent l'étanchéité de ces réparations endovasculaires. On citera particulièrement la taille de l'endoprothèse par rapport au diamètre aortique et la longueur d'aorte non dilatée de part et d'autre de la lésion, permettant l'implantation du dispositif.

Ces zones de largages, appelées les collets, doivent au minimum mesurer entre 15 et 20 millimètres pour assurer fixation et étanchéité immédiates et futures. Actuellement, la structure tubulaire des endoprothèses commercialisées ne permet pas de traiter convenablement des lésions aortiques à proximité immédiate de collatérales aortiques importantes. Pourtant, certaines lésions, comme les orifices d'entrée de dissection aortique de type III ou les ruptures de l'isthme aortique, sont fréquemment situés à proximité immédiate des troncs supra-aortiques. Se pose alors le problème du devenir de l'artère sous-clavière gauche. Même si la couverture de son ostium par une endoprothèse étanche est possible et régulièrement rapportée, notre « culture » de chirurgien cardio-vasculaire nous met en garde. En effet, les modifications de flux des collatérales de l'artère sous-clavière peuvent induire un vol vertébro-basilaire, des accidents vasculaires transitoires ou définitifs et compromettre l'utilisation ultérieure de l'artère thoracique interne gauche, greffon d'excellence du chirurgien cardiaque. Finalement, la chirurgie hybride de l'aorte thoracique est née de l'exigence et des principes des chirurgiens. D'ailleurs en 2009, la « Society of Vascular Surgery » publie des recommandations dans lesquelles la réimplantation de l'artère sous-clavière gauche doit être la règle et préalable au traitement endovasculaire [12].

Progressivement ces procédures endovasculaires, jusque là réservées à des patients radiologiquement hyper-bilantés, s'imposent comme des alternatives efficaces et séduisantes dans le cadre de l'urgence. Ainsi, certaines dissections, ruptures anévrysmales ou traumatiques bénéficient de traitements endovasculaires associés à des morbi-mortalités favorables, ainsi qu'à des résultats à moyen terme satisfaisants.

Les évolutions notables, tant dans le dessin des endoprothèses que dans leurs systèmes de fixation n'excluent pas certaines limites selon le segment aortique traité.

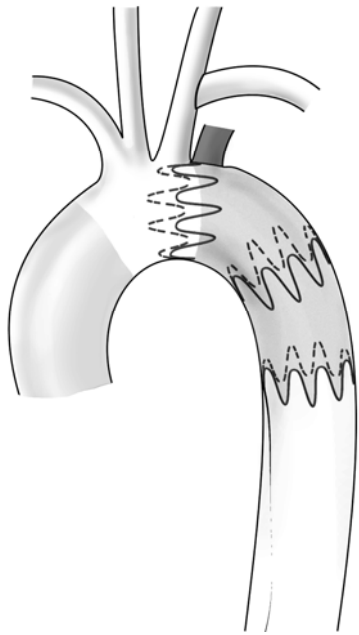


Figure 1 : Schéma du traitement endovasculaire de la crosse aortique distale par couverture de l'artère sous-clavière gauche et transposition de cette dernière dans l'artère carotide primitive gauche

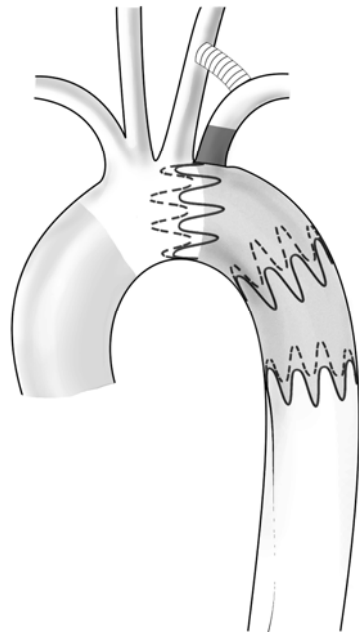


Figure 2 : Schéma du traitement hybride de la crosse aortique distale par couverture de l'artère sous-clavière gauche et pontage entre cette dernière et l'artère carotide primitive gauche

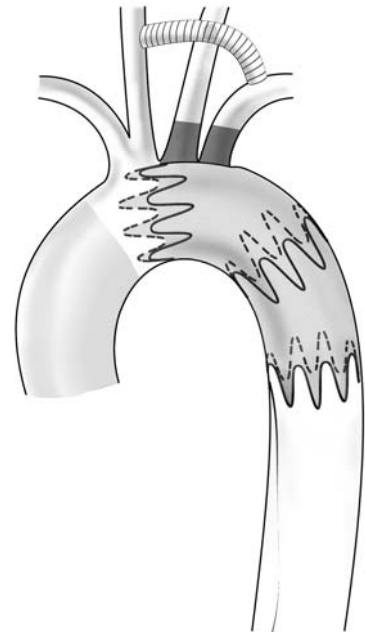


Figure 3 : Schéma du traitement hybride d'une l'hémi-crosse aortique distale par couverture des artères carotide primitive gauche et sous-clavière gauche associée à un pontage entre le TABC, l'artère carotide primitive gauche et de l'artère sous-clavière gauche.

La Chirurgie Hybride de l'aorte thoracique

Les premières réalisations hybrides font preuve d'une grande sobriété. En effet, quoi de plus banal aujourd'hui que de transposer l'artère sous-clavière sur l'artère carotide primitive gauche avant à la mise en place d'une endoprothèse thoracique (Figure 1). Ainsi, dès les premières années de commercialisation des endoprothèses, les premiers gestes hybrides sont réalisés, sans d'ailleurs en avoir pleinement conscience. Dans ces cas, la chirurgie est le facilitateur du traitement endovasculaire, libérant l'hémi-crosse aortique postérieure en créant un collet favorable à l'implantation de l'endoprothèse. Cette procédure permet une augmentation de la taille du collet d'environ 2 cm. De façon élective, ce geste est principalement réalisé avant la mise en œuvre du traitement endovasculaire voire dans le même temps. Cette chronologie est sous-tendue par le risque du développement d'un thrombus

au sein de la portion initiale d'une artère sous-clavière gauche après couverture endovasculaire, exposant au risque d'accidents thromboemboliques vertébro-basilaires et périphériques. La libération de la crosse aortique distale peut être réalisée selon deux approches : la transposition, illustré par la figure 1 et le pontage entre l'artère carotide primitive gauche et l'artère sous-clavière gauche schématisé sur la figure 2.

Logiquement, la nécessité de libérer plus largement la crosse aortique distale conduit à proposer des pontages entre le tronc artériel brachio-céphalique (TABC) et les artères sous-clavière et carotide primitive gauches. Cette intervention, généralement réalisée par un pontage latéro-terminal entre le TABC et la carotide primitive gauche puis termino-terminal sur l'artère sous-clavière permet de libérer largement l'hémi-crosse distale sur environ 4 à 5 cm (Figure 3). Les figures 4a et 4b présentent respectivement les reconstructions scannographiques 2D et 3D de tels traitements. Dans ces cas, seul le tronc artériel brachio-céphalique reste implanté sur l'aorte

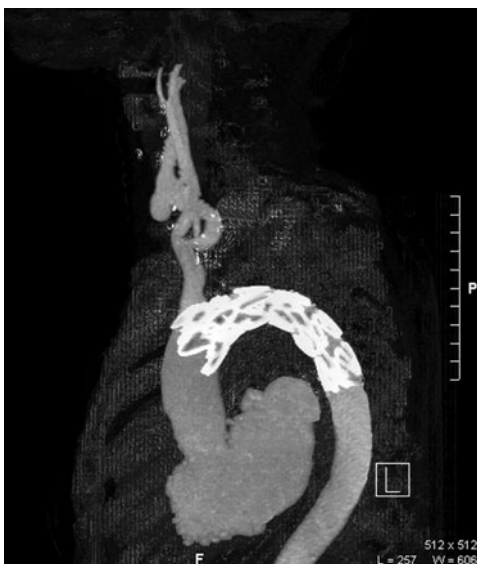


Figure 4a : Reconstruction scannographique 2D sagittale d'une libération partielle de la crosse aortique et couverture endovasculaire. Au niveau de la crosse, seul le TABC reste directement vascularisé par l'aorte horizontale.



Figure 4b : Reconstruction scannographique 3D frontale du même patient que celui représenté sur la figure 4a. On visualise parfaitement le pontage entre la carotide primitive droite, la carotide primitive gauche et l'artère sous-clavière gauche.

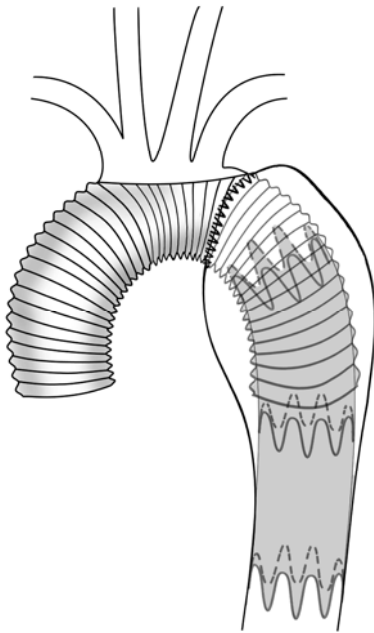


Figure 5 : Schéma d'un traitement selon la technique de la « trompe d'éléphant ». Remplacement chirurgical de la crosse aortique et « anastomose » distale de la prothèse chirurgicale par une endoprothèse thoracique.

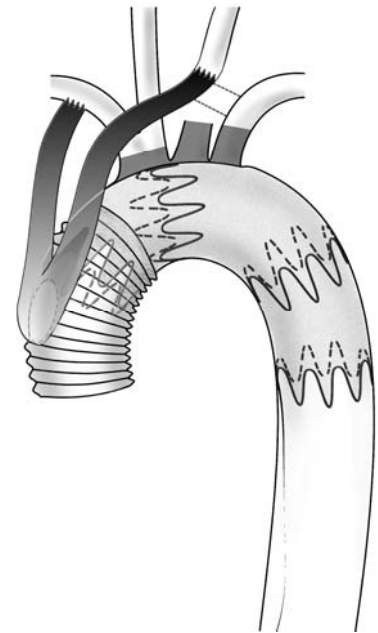


Figure 6 : traitement hybride de l'ensemble de la crosse aortique et d'une partie de l'aorte descendante. Occlusions et transpositions des troncs supra-aortiques sur l'aorte ascendante à l'aide d'une prothèse bifurquée.

horizontale. Comme toujours, la technique chirurgicale se doit d'être la plus parfaite possible de façon à limiter le risque d'accidents vasculaires cérébraux transitoires ou définitifs. Dans notre expérience de libération étendue de l'aorte horizontale concernant 17 patients, nous déplorons un accident vasculaire cérébral majeur (hémiparésie aux trois étages) en postopératoire immédiat et deux accidents vasculaires transitoires, régressifs sous héparinothérapie.

En plus de la facilitation de gestes endovasculaires, la chirurgie hybride est rapidement utilisée pour simplifier des gestes chirurgicaux lourds. C'est par exemple le cas de la technique dite de la « trompe d'éléphant », initiée par Borst en 1983 [13]. Elle permet le remplacement chirurgical de la crosse aortique et de tout ou partie de l'aorte thoracique descendante. Ce geste radical nécessite, dans un premier temps, une sternotomie médiane avec remplacement de la crosse aortique en arrêt circulatoire à l'aide d'une prothèse dont l'extrémité distale est laissée libre dans l'aorte thoracique descendante. Dans un second temps, une thoracotomie latérale gauche permet de « récupérer » la prothèse vasculaire dans l'aorte thoracique et de l'anastomoser au delà du seg-

ment aortique à remplacer. Les endoprothèses convainquent rapidement certaines équipes de réaliser ce second temps opératoire de façon endovasculaire, limitant ainsi la morbi-mortalité globale de cette chirurgie. La figure 5 illustre ce type de traitement dont le second temps est réalisé par voie endovasculaire.

Dans ces premiers exemples, les procédures endovasculaires ne font que « mimer » le résultat chirurgical au prix de quelques artifices. Pourtant, la maîtrise de ces techniques, nous permet de les mettre en œuvre dans des circonstances où le risque chirurgical peut être considéré comme déraisonnable. Nous avons ainsi traité quelques anévrysmes rompus de l'aorte thoracique de façon endovasculaire avec transposition de l'artère sous-clavière gauche et quelques cas atypiques de dissection de l'aorte thoracique associées à des complications rédhibitoires pour un geste chirurgical.

Nous citerons en exemple deux cas assez caricaturaux, illustrant parfaitement l'intérêt pour le chirurgien cardiovasculaire de maîtriser l'approche endovasculaire.

Le premier cas correspond au traitement en urgence d'un patient hypertendu de 69 ans, porteur d'une dissection aorti-

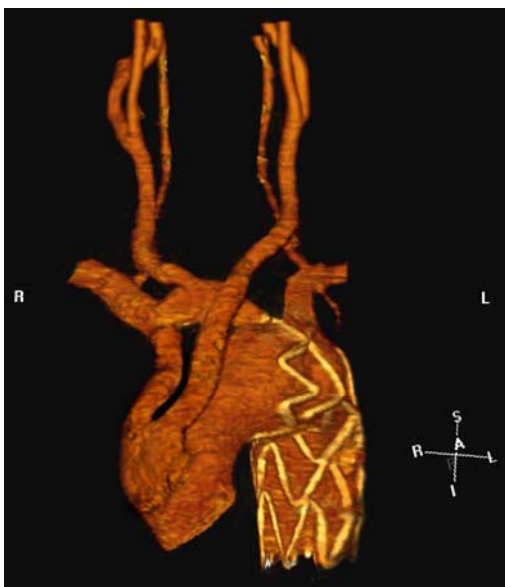


Figure 7a : Reconstruction 3D d'une couverture de l'hémicrosse distale associée à la transposition des troncs supra-aortiques, bien visible au premier plan.

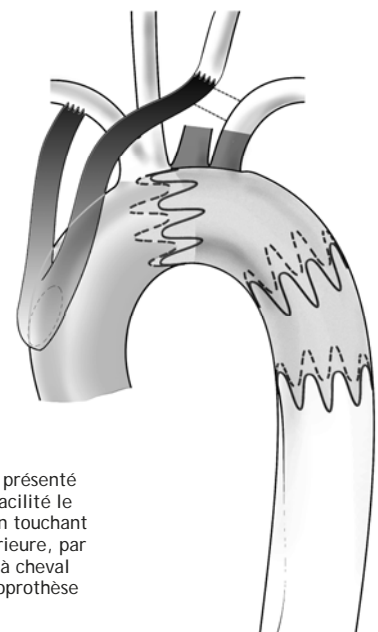


Figure 7b : Schéma du traitement présenté par la figure 7a. Cette approche facilité le traitement d'une éventuelle lésion touchant ultérieurement l'hémicrosse antérieure, par interposition d'une endoprothèse à cheval entre l'aorte ascendante et l'endoprothèse existante.

que aiguë de type I, s'étendant de l'aorte ascendante sus-croanaire jusqu'aux artères iliaques. Une fois l'aorte ascendante remplacée par un tube prothétique, la réinjection artérielle de la CEC a été réalisée par une branche de cette même prothèse. Juste avant de procéder au sevrage de la CEC, nous avons été confrontés à une rupture soudaine de l'aorte horizontale. Une prothèse bifurquée a rapidement été implantée sur l'aorte ascendante prothétique, puis les 2 jambages ont été anastomosés sur les artères sous-clavière droite et carotide primitive gauche. La crosse aortique ainsi libérée (en dehors de l'artère sous-clavière gauche) a alors été couverte par une endoprothèse insérée par l'aorte ascendante, obstruant alors la rupture de l'aorte horizontale. Le suivi à trois ans ne retrouve aucune complication vasculaire ou neurologique ; la figure 6 illustre cette libération complète de l'aorte horizontale.

Notre second cas, plus récent, concerne un patient de 51 ans hypertendu, présentant une dissection aortique débutant au niveau de l'aorte horizontale et se propageant jusqu'aux artères rénales, disséquée du côté gauche et mal-perfusée du côté droit (dans le faux chenal). Le scanner retrouve la porte d'entrée de la dissection au pied de la carotide primitive gauche alors que l'aorte ascendante est indemne de tout processus disséquant. Par ailleurs, ce patient présente « déjà » à l'admission, une hémiparésie droite, une anurie ainsi que de violentes douleurs abdominales avec méléna et vomissements liés à une ischémie digestive. Devant ce tableau de mal-perfusion viscérale majeure, une chirurgie de la crosse aortique, en arrêt circulatoire nous est apparue inenvisageable préférant une chirurgie hybride de la crosse aortique, sans CEC.

L'intervention, réalisée par sternotomie médiane, a permis l'implantation d'une prothèse bifurquée sur l'aorte ascendante clampée latéralement, lors d'une hypotension artérielle modérée (90 mmHg). La première branche de la prothèse a été anastomosée à la naissance de l'artère carotide primitive gauche alors que la seconde l'a été sur la sous-clavière droite. Suite à cette transposition des troncs supra-aortiques, la crosse aortique ainsi libérée a été couverte depuis le pied du TABC jusqu'à l'aorte thoracique descendante à l'aide d'une endoprothèse. Cette dernière a été surdimensionnée de 10% par rapport au diamètre aortique mesuré. Le pontage réalisé entre l'aorte et l'artère sous-clavière droite a été réalisé de façon préventive afin de permettre une éventuelle couverture endovasculaire de l'ensemble de la crosse aortique en cas d'évolution anévrysmale sur l'hémicrosse antérieure.

Les Figures 7 illustrent le résultat cette chirurgie hybride sur une reconstruction scannographique 3D (figure 7a) et sur une vue schématique (figure 7b). Les suites de cette courte intervention (150 minutes) ont été simples, avec des récupérations neurologique et digestive rapides et complètes. La levée précoce des mal-perfusions cérébrale et splanchnique (moins de quatre heures après le diagnostic) et l'absence d'hypotension majeure sont en grande partie responsables de cette évolution favorable. Devant l'absence d'amélioration de la fonction rénale (dialyse postopératoire immédiate), nous avons décidé de « ré-ouvrir » l'artère rénale gauche disséquée à l'aide d'un stent. Ce geste a permis une reprise rapide de la diurèse, conduisant à une récupération totale de la fonction rénale en huit jours (arrêt des dialyses 3 jours après la levée de l'ischémie rénale). Dès lors, les suites postopératoires s'avèrent simples, permettant une sortie à J19. Le suivi chirurgical à 8 mois, de ce patient qui a repris son activité professionnelle, ne retrouve aucune complication ou détérioration du résultat initial. Certes, on peut objecter un suivi de courte durée mais, sans cette approche chirurgicale hybride, nous sommes totalement persuadés que ce patient serait décédé à la suite d'une chirurgie conventionnelle.

Comme le montrent ces deux exemples, il nous paraît important que chaque chirurgien cardio-thoracique ait la possibilité en propre, ou les collaborations nécessaires, pour mettre en

œuvre de telles techniques qui lui permettront de traiter efficacement certains patients lors d'interventions électives ou urgentes. Toutefois, il est impératif de préciser que ces interventions hybrides doivent s'adresser à des patients sélectionnés, dont le risque opératoire conventionnel est jugé trop élevé, du fait de l'intervention envisagée ou des comorbidités associées.

Discussion

La chirurgie de l'aorte thoracique reste et restera le « gold standard » du traitement des lésions de l'aorte. D'ailleurs, de nombreux centres réalisant ce type de traitements endovasculaires pratiquent essentiellement la chirurgie dite « conventionnelle » et ne réservent l'approche endovasculaire, voire hybride, qu'aux cas récusés pour une chirurgie classique. Il est impératif que le choix soit fait sur des arguments pratiques et non en raison d'une incapacité à réaliser tels ou tels traitements. Le chirurgien et son équipe chirurgicale doivent faire un choix avisé et non imposé.

L'approche endovasculaire doit donc être réservée aux cas ou aux situations qui semblent incompatibles avec un risque chirurgical raisonnable. La simplification relative des procédures, induite par l'approche endovasculaire, ne doit pas masquer des complications que nous ne connaissions pas auparavant. C'est principalement le cas des fuites paraprothétiques, les dissections rétrogrades [14], perforations aortiques ou les lésions des artères d'introduction (fémorales, iliaques...), qui bien qu'heureusement peu fréquentes, restent parfois catastrophiques.

Si la discussion doit être posée avec discernement pour une chirurgie élective, le contexte de l'urgence ne nous permet que peu de réflexion. Ce choix doit être le fruit de l'expérience du chirurgien et de l'anesthésiste dans l'évaluation clinique du patient. Ceci suppose que le chirurgien ait le choix et donc connaisse parfaitement les deux possibilités thérapeutiques et leurs implications. En effet, une transposition complète des troncs supra-aortiques n'est pas un geste dénué de risque et peut être mis en balance avec le risque de la perfusion cérébrale antérograde. Là encore, le choix doit résulter d'une analyse juste et impartiale des risques respectifs. Pour notre part, nous ne réservons les gestes endovasculaires que pour les patients récusés pour une chirurgie. Finalement, du fait de cette attitude raisonnée, ces procédures hybrides sont relativement rares et rendent la réalisation d'études comparatives difficile voire impossible.

Si le geste chirurgical hybride est important, le suivi des patients ayant bénéficié de tels gestes doit être aussi rigoureux qu'en chirurgie conventionnelle. L'évaluation, à moyen et long terme, de cette chirurgie hybride est un point fondamental de notre approche. Actuellement, nous sommes encore dans une phase d'évaluation concernant les gestes touchant l'entière de l'aorte horizontale. Par contre, l'évaluation des gestes hybrides intéressant la crosse aortique distale retrouve des résultats au moins équivalents, voire nettement supérieurs à ceux de la chirurgie, en terme de morbi-mortalité. Nous considérons que la spécificité de telles techniques et les suites possibles requièrent un suivi clinique et radiologique réalisé par le spécialiste le plus impliqué : le chirurgien.

Finalement, il apparaît après avoir considéré la chirurgie et les endoprothèses comme deux approches concurrentes et particulièrement divergentes, qu'il semble aujourd'hui évident que la coopération devienne l'alternative pour la prise en charge raisonnable des cas les plus lourds, contre-indiqués à une chirurgie. Nous assistons probablement à la naissance d'une nouvelle « branche » hybride de la chirurgie aortique qui permettra la prise en charge de patients toujours plus âgés et aux problèmes toujours plus complexes.

Conclusion

Malgré des évolutions importantes, la chirurgie reste l'avenir de la prise en charge des pathologies aortiques aiguës et chroniques. Pourtant, le chirurgien doit dès aujourd'hui accepter une chirurgie différente qui s'appuie tant sur notre héritage chirurgical que sur les évolutions technologiques récentes. Il doit s'emparer de cette « chirurgie hybride » et l'évaluer objectivement, sans a priori, s'il ne veut pas perdre à terme, la capacité de traiter ces pathologies aortiques complexes, actuellement en pleine recrudescence dans les pays occidentaux.

Références

- Oudot J. La greffe vasculaire dans les thromboses du carrefour aortique. *Presse Méd* 1951;59:234-6.
- Voorhees AB, Jaretzkilii A, Blakemore AH. The use of tubes constructed from Vinyon N cloth in bridging arterial defects. *Ann Surg* 1952;135:332-6.
- Parodi J, Palinaz J, Barone H. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysm. *Ann Vasc Surg* 1991;5:491-9.
- Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell RS, Walker PJ, Liddell RP. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms. *N Engl J Med*. 1994 Dec 29;331:1729-34.
- Etz CD, Plestis KA, Kari FA, Luehr M, Bodian CA, Spielvogel D, Griep RB. Staged repair of thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysms using the elephant trunk technique: a consecutive series of 215 first stage and 120 complete repairs. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008 Sep;34(3):605-14; discussion 614-5. Epub 2008 Jun 13. Review.
- Bachet J, Guilmet D, Goudot B, et al. Cold cerebroplegia. A new technique of cerebral protection during operations on the transverse arch. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;102:85-94.
- Ueda Y, Miki S, Kusuhara K, et al. Surgical treatment of aneurysm or dissection involving the ascending aorta and aortic arch, utilizing circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1990;31:553-8.
- Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* 1968;23:338-9.
- Yacoub MH, Fagan A, Stassano P, Radley-Smith R. Results of valve conserving operations for aortic regurgitation. *Circulation* 1983;68:311-21.
- David TE, Feindel M. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;103:617-22.
- Volodos NL, Karpovich IP, Troyan VI, Kalashnikova yuV, Shekhanin VE, Ternyuk nE, neoneta AS, Ustinov ni, yakovenko LF. Clinical experience of the use of self-fixing synthetic prostheses for remote endoprosthetics of the thoracic and the abdominal aorta and iliac arteries through the femoral artery and as intraoperative endoprosthesis for aorta reconstruction. *VASA* 1991; 33: 93-95.
- Matsumura JS, Lee WA, Mitchell RS, Farber MA, Murad MH, Lumsden AB, Greenberg RK, Safi HJ, Fairman RM; Society for Vascular Surgery. The Society for Vascular Surgery Practice Guidelines: management of the left subclavian artery with thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg*. 2009 Nov;50:1155-8.
- Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using elephant trunk prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg* 1983;31:37-40.
- Rubin S, Bayle A, Poncet A, Baehrel B. Retrograde aortic dissection after a stent graft repair of a type B dissection: how to improve the endovascular technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2006 Dec;5:746-8.