

# Chirurgie de l'aorte ascendante et plastie aortique

Emmanuel LANSAC, Isabelle DI CENTA

## POINTS CLEFS

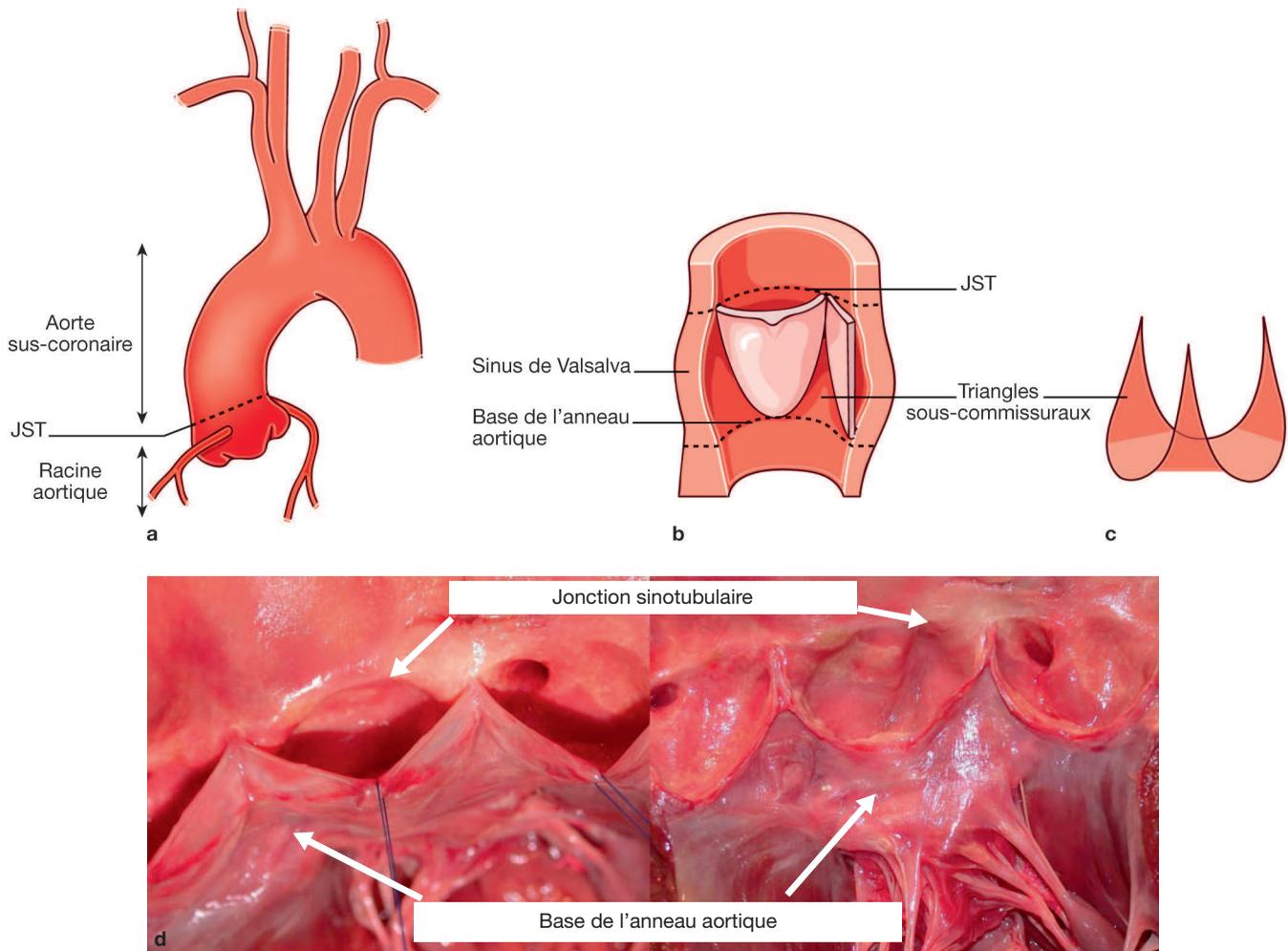
- ▶ La plastie aortique s'adresse aux patients porteurs d'une dystrophie de l'aorte ascendante à valves souples bicuspidées ou tricuspides.
- ▶ L'anneau aortique est une structure tridimensionnelle, constituée de 2 diamètres fonctionnels nécessaires à la coaptation valvulaire : la base l'anneau aortique et la jonction sinotubulaire.
- ▶ La coaptation valvulaire se décompose en deux paramètres : la hauteur de coaptation (Hc) (normale 4-5 mm) et la hauteur effective (He) correspondant à la distance entre le plan de l'anneau et le sommet de la coaptation valvulaire (normale 9-10 mm).
- ▶ On distingue trois phénotypes d'aorte ascendante dystrophique : les anévrismes de la racine aortique (diamètre des sinus de Valsalva > 45 mm), les anévrismes sus-coronaires (diamètre des sinus de Valsalva < 40 mm) et les insuffisances aortiques dystrophiques isolées (tous les diamètres < 40 mm).
- ▶ L'analyse échographique des mécanismes lésionnels distingue les insuffisances aortiques centrales, liées à une dilatation des diamètres de l'aorte ascendante (type I), les insuffisances aortiques excentrées, liées à un prolapsus valvulaire (type II), et les insuffisances aortiques par rétraction valvulaire (type III).
- ▶ La chirurgie réparatrice de la valve aortique repose sur deux principes : le traitement des lésions (dilatation de l'anneau aortique > 25 mm et/ou de la jonction sinotubulaire > 35 mm ± prolapsus valvulaire), et le respect de la dynamique de la racine aortique (néosinus de Valsalva, expansibilité systolique de la racine aortique via les triangles sous-commissuraux).
- ▶ Pour une réparation valvulaire durable, il faut associer une annuloplastie aortique (traitement de la dilatation de l'anneau) avec une resuspension de la hauteur effective des cuspidés (traitement du prolapsus).
- ▶ Une approche chirurgicale standardisée et physiologique est proposée, centrée sur l'implantation d'un anneau aortique externe expansible calibré, associée à la resuspension de la hauteur effective des cuspidés et au remodelage de la racine aortique.
- ▶ L'ETO peropératoire est indispensable à l'évaluation du résultat d'une plastie aortique : toute insuffisance aortique résiduelle excentrée ou de grade > 1 nécessite un reclampage aortique.
- ▶ La plastie aortique des valves bicuspidées donne des résultats satisfaisants, superposables à ceux des plasties de valves aortiques tricuspides.

Les dystrophies de la racine aortique sont la 3<sup>e</sup> cause de maladie valvulaire dans les pays industrialisés. L'insuffisance aortique peut être isolée, ou associée à un anévrisme de l'aorte ascendante. Les premiers essais de réparation de la valve aortique ont eu lieu dans les années soixante, avec des résultats aléatoires et suboptimaux. L'apparition des valves mécaniques et biologiques a transformé le traitement de ces pathologies mais présente des taux significatifs de complications thromboemboliques et hémorragiques notamment liés au traitement anticoagulant. Par ailleurs, les malades sont aujourd'hui mieux informés, et privilégient autant leur qualité de vie que l'espérance de vie. Dans la continuité de la réparation mitrale, ces facteurs ont stimulé le développement d'alternatives au remplacement valvulaire conventionnel. La chirurgie réparatrice de la valve aortique est associée à moins de complications que les valves prothétiques, et présente des résultats à moyen terme encourageants. Cependant, les techniques de reconstruction de la racine et de prise en charge des lésions valvulaires doivent être standardisées afin de limiter le risque de réopération. La plastie aortique a ouvert de nouveaux horizons tant dans l'approche échographique préopératoire que dans la stratégie chirurgicale, nécessitant une prise en charge multidisciplinaire.

## ANATOMIE DE L'AORTE ASCENDANTE

### ANATOMIE DESCRIPTIVE

L'aorte ascendante est le segment intrapéricardique de l'aorte, étendue de la base de l'anneau aortique au pied du tronc artériel brachio-céphalique. Elle est composée de deux segments (Figure 36-1) :  
 – la *racine aortique*, comprise entre la base de l'anneau aortique (jonction ventriculo-aortique) et la jonction sinotubulaire à sa partie supérieure, ses parois latérales étant constituées par les triangles sous-commissuraux et les sinus de Valsalva d'où naissent les artères coronaires ;



**Figure 36-1 Anatomie de l'aorte ascendante.** a) Séparée par la jonction sinotubulaire (JST) en deux segments, la racine aortique et l'aorte sus-coronaire. b) Détail des éléments de la racine aortique. c) Pourtour sigmoïde de l'anneau aortique. d) À droite : racine aortique ouverte entre les sinus coronaire droit et gauche ; à gauche : les cuspidés ont été réséquées, révélant leur insertion semi-lunaire et la forme sigmoïde de l'anneau aortique.

– *l'aorte sus-coronaire*, segment tubulaire débutant au niveau de la jonction sinotubulaire jusqu'au pied du tronc artériel brachio-céphalique.

La racine aortique est une unité fonctionnelle dynamique à expansion systolique, permettant une ouverture et une fermeture valvulaire sans stress [16]. Les cuspidés aortiques sont insérées sur la racine aortique de façon semi-lunaire, délimitant le pourtour sigmoïde de l'anneau aortique, dont la partie basale est située à la jonction ventriculo-aortique (base de l'anneau aortique), et la partie distale au niveau de la jonction sinotubulaire, où elle forme les commissures. Elles sont désignées en fonction des artères coronaires : cuspidé coronaire droite, coronaire gauche et non coronaire.

L'anneau aortique est donc une structure tridimensionnelle, qui peut être séparée en deux diamètres fonctionnels nécessaires à la coaptation valvulaire : le diamètre de la base l'anneau aortique et celui de la jonction sinotubulaire (Figure 36-1).

Sur une racine aortique normale le diamètre de la jonction sinotubulaire ( $27,4 \pm 2,2$  mm) est plus large que celui de la base de l'anneau aortique ( $22,6 \pm 1,4$  mm), avec un ratio de 1,2 [17]. Les corrélations entre ces diamètres et la surface corporelle dans la population adulte sont faibles [7]. Ainsi, en dehors des petites tailles (syndrome de Turner), il est licite d'utiliser les valeurs absolues non indexées à

la surface corporelle. L'anneau aortique et la jonction sinotubulaire sont considérés dilatés lorsque leurs diamètres sont respectivement supérieurs ou égaux à 25 et 35 mm [17].

#### LA RACINE AORTIQUE : UNE STRUCTURE DYNAMIQUE

Pendant longtemps, la valve aortique a été considérée comme une structure passive, composée de trois cuspidés fonctionnant comme un clapet avec le flux éjectionnel. Cependant, la racine aortique doit être considérée comme une unité fonctionnelle incluant la valve aortique, les ostia coronaires, le myocarde ventriculaire gauche et la valve mitrale [16].

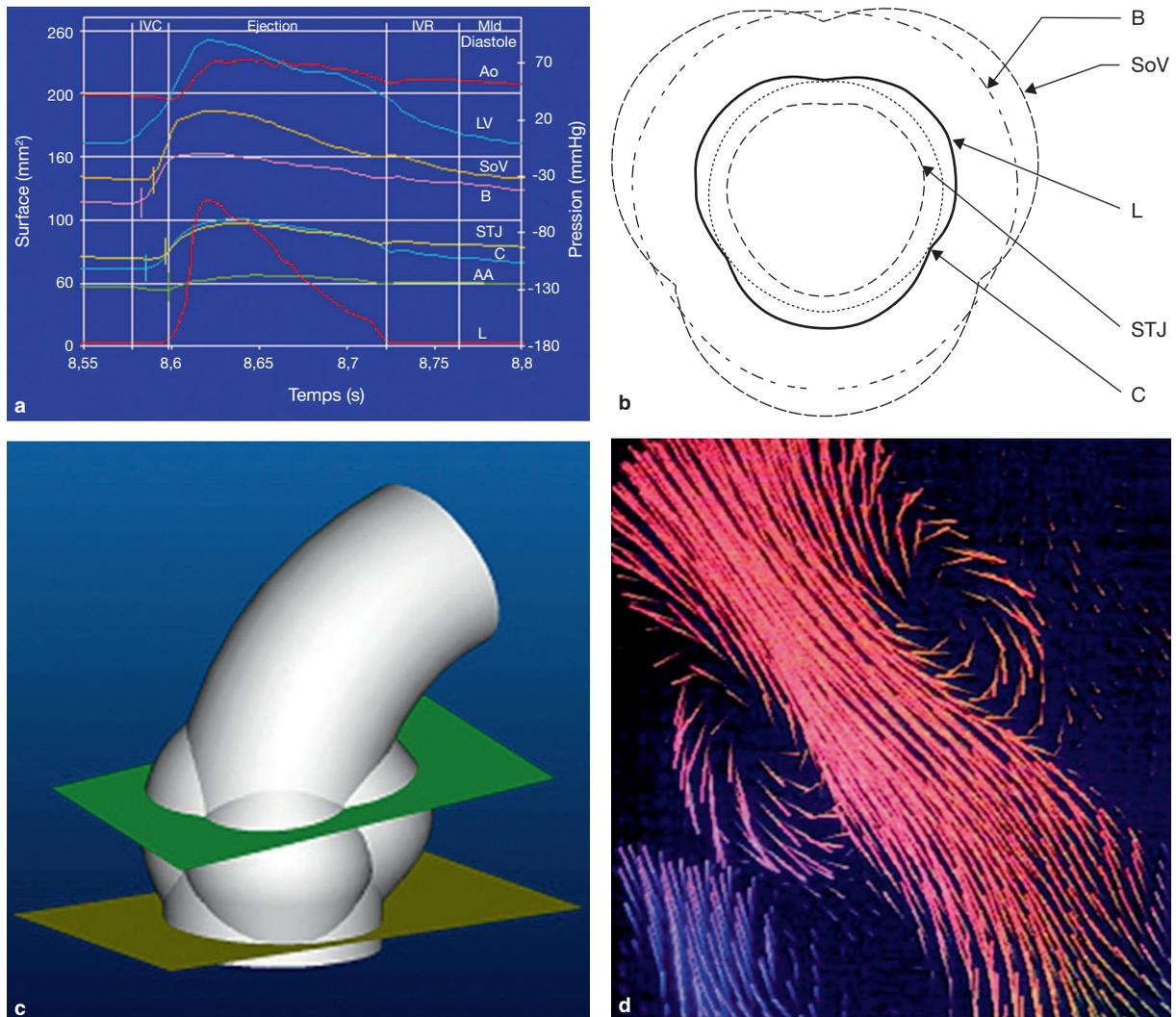
La racine aortique constitue la jonction entre deux compartiments aux régimes hémodynamiques différents, séparés par les cuspidés aortiques. Le compartiment sous-valvulaire, situé sous les cuspidés, incluant l'anneau aortique sigmoïde, les triangles sous-commissuraux et les commissures, est soumis au régime de pression ventriculaire gauche. Le compartiment sus-valvulaire, au-dessus des cuspidés, comprenant les sinus de Valsalva, la jonction sinotubulaire et l'aorte sus-coronaire, est soumis au régime de pression aortique. Durant la contraction isovolumique, l'expansion de la racine aortique débute dans le compartiment sous-valvulaire via

les triangles sous-commissuraux, par une redistribution des volumes dans la chambre de chasse du ventricule gauche sous les cuspidés aortiques. L'expansion du compartiment aortique est retardée à la fin de la contraction isovolumique, par redistribution des volumes au-dessus des cuspidés. La confirmation de cette dynamique bicompartimentale est fournie à la fin de la diastole, alors qu'il existe une ré-expansion de la racine aortique liée à l'expansion du ventricule gauche pendant son remplissage. Ainsi, l'initiation de l'ouverture valvulaire est un mécanisme dynamique par dilatation de la racine aortique, survenant en présence d'un gradient de pression négatif entre le ventricule gauche et l'aorte ( $-8,5 \pm 2,6$  mmHg) [16].

La forme de l'orifice valvulaire aortique reste controversée (Figure 36-2). Il a été initialement décrit en étoile, puis triangulaire, et circulaire à son ouverture maximale. Cependant, ces études ont été limitées par leur faible pouvoir de résolution (60 Hz) n'autorisant pas l'enregistrement continu des modifications de l'orifice valvulaire lors de chaque phase du cycle cardiaque. L'analyse en sonomicrométrie (de 200 à 800 Hz) a mis en évidence que l'ori-

ficé valvulaire passe d'un aspect en étoile à une forme triangulaire puis circulaire et enfin trifoliée à son ouverture maximale, suivant la forme des sinus de Valsalva (Figure 36-2). À ce stade, la surface valvulaire (bord libre des cuspidés) dépasse la surface commissurale de  $+16,3 \pm 2,0$  %. Ce phénomène pourrait expliquer les cas de détérioration valvulaire précoce constatés après réimplantation de la valve aortique dans un tube prothétique vasculaire droit dépourvu de sinus de Valsalva [16]. En effet, en dépassant le niveau commissural, l'ouverture des cuspidés pourrait heurter les parois du tube. Le bombement des sinus de Valsalva empêche ce contact avec la paroi aortique. Par ailleurs, les sinus induisent la formation de vortex qui initie la fermeture valvulaire durant l'éjection, évitant ainsi tout reflux de sang vers le ventricule gauche.

De plus, le déplacement de la base de l'anneau vers l'apex est une composante importante de la fonction ventriculaire gauche. Pendant le cycle cardiaque, l'angle aortomitral varie, il se ferme en fin de systole et s'ouvre en fin de diastole (Figure 36-2). Le raccourcissement ventriculaire gauche devient alors maximal entre l'apex et la



**Figure 36-2** Dynamique de la racine aortique sur un modèle ovin. **a)** Expansion systolique à chaque niveau de la racine aortique (enregistrement sonomicrométrique d'un cycle cardiaque). **b)** Section de la racine aortique à son expansion maximale pendant l'éjection montrant la forme trifoliée de l'orifice valvulaire aortique. **c)** Diagramme de l'angle de bascule de la valve aortique entre le plan de la base de l'anneau et celui des commissures en fin de diastole. **d)** Flux éjectionnel aortique normal en IRM en fin de systole, mettant en évidence des vortex dans les sinus de Valsalva. Ao : pression aortique ; LV : pression ventriculaire gauche ; SoV : sinus de Valsalva ; B : base de l'anneau ; STJ : jonction sinotubulaire ; C : commissures ; AA : aorte ascendante ; L : cuspidé ; IVC : Isovolumetric Contraction ; IVR : Isovolumetric Relaxation.

partie postérieure de l'anneau mitral, alignant ainsi la valve mitrale antérieure avec le septum afin de créer un tunnel vers l'orifice valvulaire aortique. Dans le même temps, l'angle de bascule entre le plan de la base de l'anneau et celui des commissures diminue en systole, alignant la chambre de chasse ventriculaire gauche avec l'aorte ascendante, afin d'optimiser l'éjection. Dès que la valve commence à se fermer et pendant la diastole, l'angle bascule dans l'autre sens, jouant le rôle d'un amortisseur, diminuant ainsi le stress sur les cuspidés aortiques [16].

Bien que l'expansion de la racine aortique soit documentée dans les études expérimentales, peu de données sont disponibles chez l'être humain, en raison des limites de précision des mesures échographiques et tomodensitométriques. L'expansion serait de 6,2 % (2,5-9,6 %) au niveau de la base de l'anneau aortique, et de 5,7 % (2,8-9,8 %) au niveau de la jonction sinotubulaire [16].

Ainsi la durabilité de la valve aortique native repose sur une triade dynamique, associant :

- l'expansion systolique de la racine aortique ;
- la forme trifoliée de l'orifice valvulaire aortique, suivant celle des sinus de Valsalva ;
- et la bascule dynamique des valves aortiques et mitrales [16].

La chirurgie de la valve aortique devrait respecter ces bases d'anatomie dynamique afin d'offrir une approche la plus physiologique possible.

## IMAGERIE DES DYSTROPHIES DE L'AORTE ASCENDANTE

### ÉCHOGRAPHIE CARDIAQUE PRÉOPÉRATOIRE

Elle guide la stratégie chirurgicale en analysant :

- *le phénotype de l'aorte ascendante* par la mesure de ses 4 diamètres caractéristiques (base de l'anneau aortique, sinus de Valsalva, jonction sinotubulaire et aorte sus-coronaire) (Figure 36-3a). On distingue trois phénotypes : les anévrismes de la racine aortique (sinus  $\geq 45$  mm), les anévrismes sus-coronaires (sinus  $< 40$  mm) et les IA isolées (tous les diamètres  $< 40$  mm) (Figure 36-4a) ;

- *le nombre de cuspidés* : par ordre de fréquence décroissante tricuspide, bicuspidé (zéro ou un raphé), unicuspidé (deux raphés), quadricuspide ;

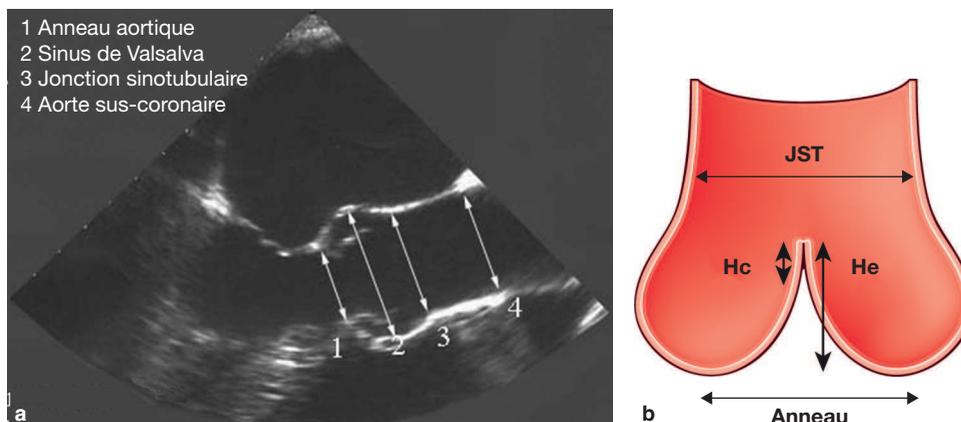
- *la direction du jet en coupe grand axe et le mécanisme de l'insuffisance aortique*, en distinguant les insuffisances aortiques centrales liées à une dilatation des diamètres de l'aorte ascendante, les insuffisances aortiques excentrées liées à un prolapsus valvulaire et les insuffisances aortiques restrictives liées à une rétraction valvulaire (Figure 36-4b) [11, 17]. Si le jet est excentré vers la grande valve mitrale, il fera rechercher un prolapsus de la cuspidé coronaire droite ; de même un jet dirigé vers le septum fera rechercher un prolapsus de la cuspidé non coronaire ou coronaire gauche. En cas de rétraction valvulaire, le jet sera homolatéral à la lésion valvulaire ;

- *la coaptation valvulaire*, décomposée en deux paramètres (Figure 36-3b) : la hauteur de coaptation (Hc) mesurée à l'endroit où le jet est maximal (normale 4-5 mm) et la hauteur effective de coaptation (He) correspondant à la distance entre le plan de l'anneau et le sommet de la coaptation valvulaire (normale 9-10 mm) [7, 11, 23]. Le prolapsus valvulaire aortique est défini par une asymétrie de hauteur des bords libres de deux cuspidés adjacentes responsable de l'insuffisance aortique (Figure 36-5). Il peut être complet (bord libre en dessous du plan de l'anneau, He négative) ou partiel (bord libre au-dessus du plan de l'anneau, He positive). La ballonnisation valvulaire diffère du prolapsus et correspond au passage du ventre des cuspidés sous le plan de l'anneau alors que le sommet de la coaptation est au-dessus (He positive) ;

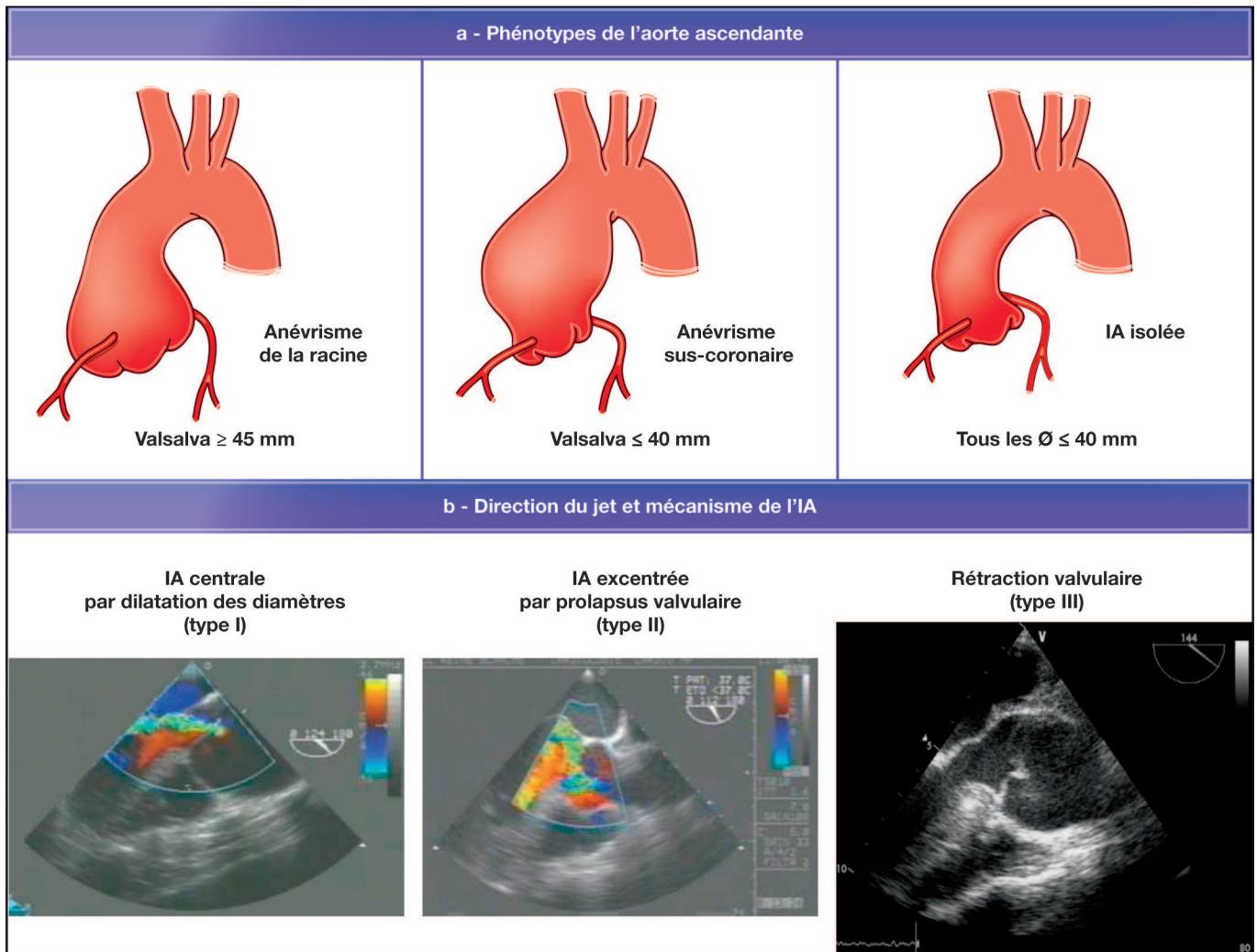
- *l'origine du jet et les commissures* en coupe petit axe. Un large jet central peut traduire un prolapsus des trois cuspidés, tandis qu'un jet le long de la coaptation valvulaire peut correspondre à une anomalie commissurale (par exemple une rupture de fenestration) (Figure 36-6). La fonction X-plan permet d'analyser précisément le mécanisme de l'insuffisance aortique en exposant à la fois l'origine et la direction du jet. L'analyse détaillée des commissures recherche des fusions partielles signes de formes mineures de bicuspidie dont elle précisera l'orientation commissurale de 120° (valve tricuspide) à 180° (bicuspidie symétrique) (Figure 36-7).

### SCANNER CARDIAQUE SYNCHRONISÉ

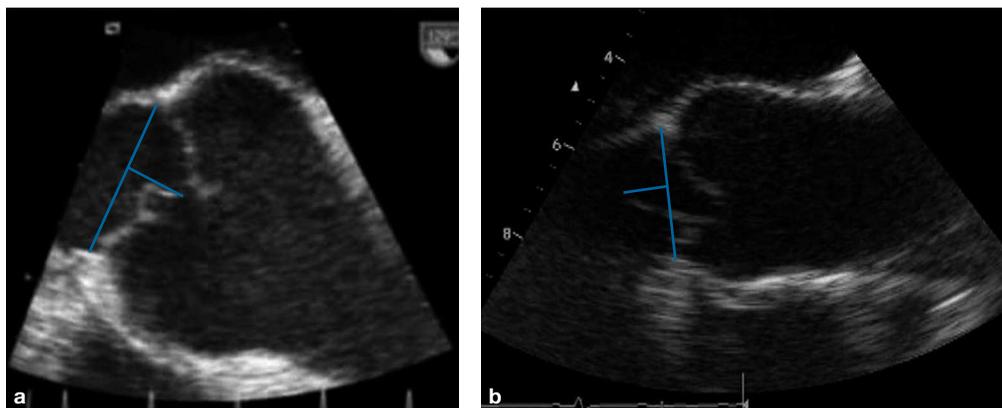
Il confirme les diamètres de l'aorte ascendante, analyse la crosse aortique et les artères coronaires, en précisant notamment la localisation et la hauteur des ostia. Par ailleurs, il analyse la forme de l'anneau aortique, en fonction des hauteurs des triangles sous-commissuraux et de l'orientation commissurale (Figure 36-8).



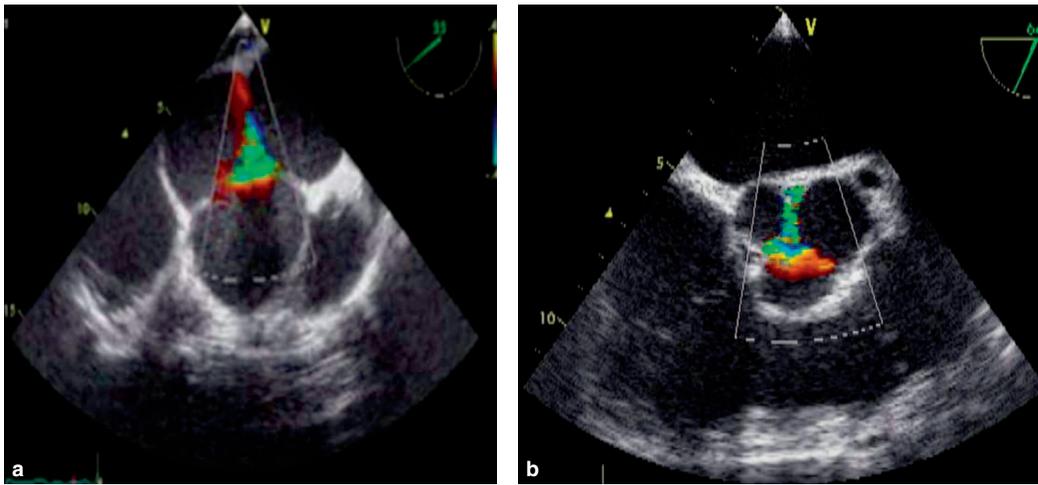
**Figure 36-3** Analyse échographique de l'aorte ascendante : mesure standardisée des 4 diamètres aortiques (a) et mesure de la hauteur de coaptation valvulaire (Hc), et de la hauteur effective de coaptation (He : distance entre la base de l'anneau aortique et le sommet de la coaptation valvulaire) (b). Anneau aortique (1) : diamètre interne, du bord de fuite au bord d'attaque ; sinus de Valsalva (2) : du bord d'attaque au bord d'attaque ; jonction sinotubulaire (JST) (3) : du bord d'attaque au bord d'attaque ; aorte sus-coronaire (4) : du bord d'attaque au bord d'attaque.



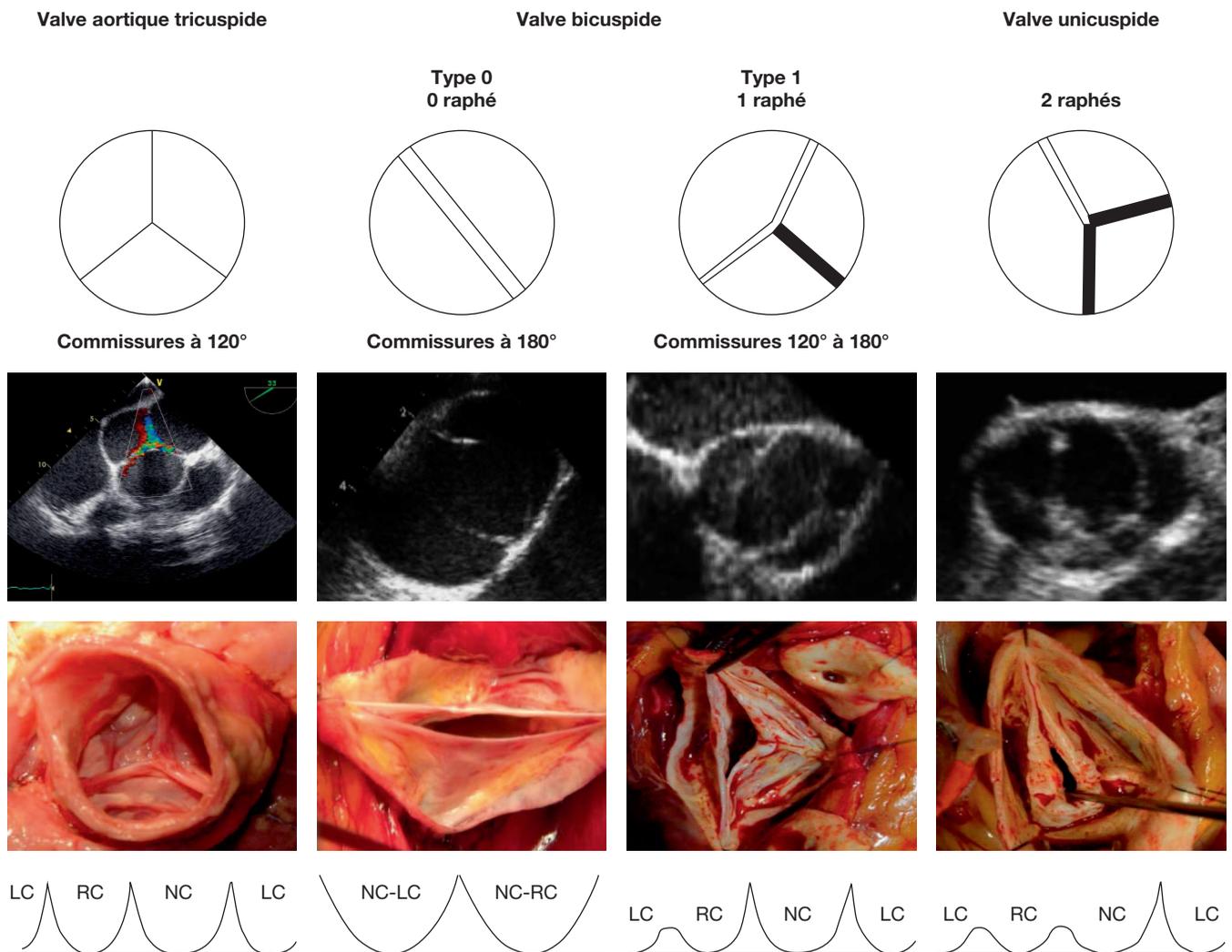
**Figure 36-4** Classification lésionnelle des insuffisances aortiques basée sur le phénotype de l'aorte ascendante (a) : anévrisme de la racine aortique, anévrisme de l'aorte sus-coronaire et insuffisance aortique isolée, et sur l'analyse de la direction du jet et des mécanismes de l'insuffisance aortique (IA) (b).



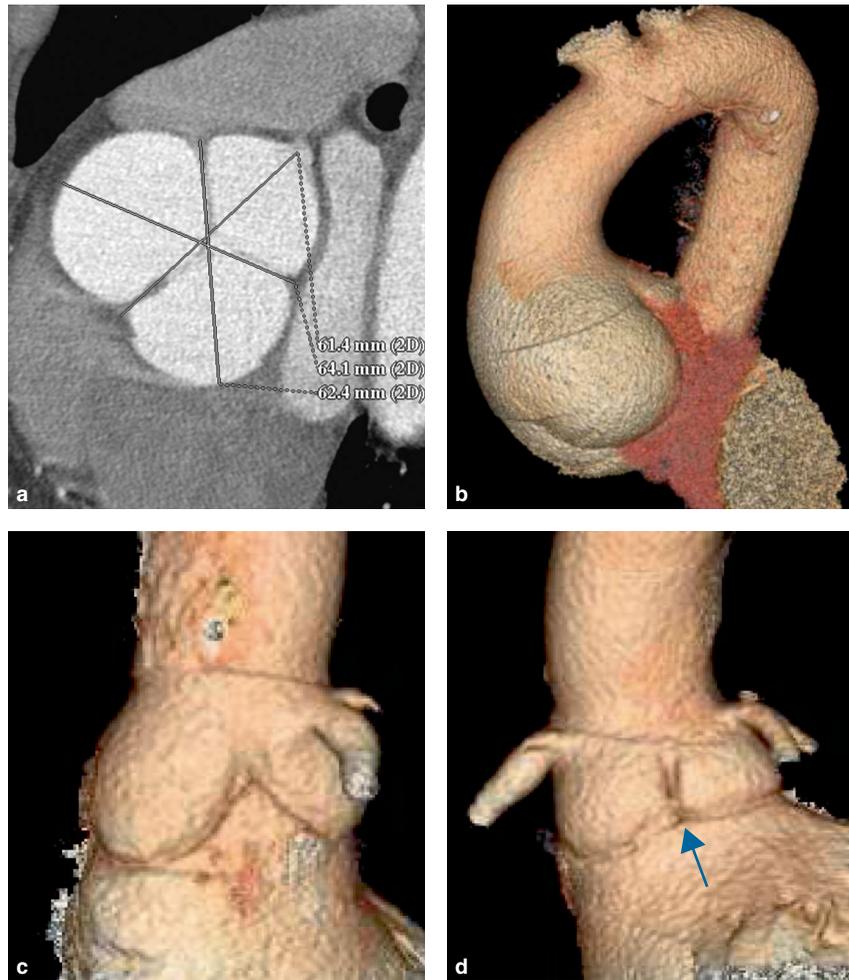
**Figure 36-5 Prolapsus valvulaire.** a) Prolapsus partiel (hauteur effective positive). b) Prolapsus complet (hauteur effective négative).



**Figure 36-6** Origine du jet en coupe petit axe. a) Jet central, b) Lésion commissurale (rupture de fenestration).



**Figure 36-7** Analyse des orientations commissurales et morphologies associées de l'anneau aortique : valve tricuspide, bicuspide, unicuspide.



**Figure 36-8 Apport du scanner cardiaque synchronisé.** a) Anévrisme de la racine aortique à valve tricuspide, coupe transversale. b) Même patient, aspect en *volume rendering*. c et d) Insuffisance aortique isolée à valve bicuspide, hypoplasie d'un triangle sous-commissural (d).

L'hypoplasie d'un triangle sous-commissural signe une bicuspidie, celle de deux triangles, une valve unicuspide.

### IRM CARDIAQUE

Elle est moins précise que le scanner synchronisé pour la mesure des diamètres aortiques. Elle peut être utile au diagnostic de bicuspidie, ainsi que pour quantifier l'insuffisance aortique et évaluer la fonction ventriculaire gauche chez les patients peu échogènes ou dans le cadre du suivi des plasties aortiques avec une insuffisance aortique résiduelle.

### CLASSIFICATION LÉSIONNELLE DES INSUFFISANCES AORTIQUES

Le bilan d'imagerie permet de classer les dystrophies aortiques en fonction de leurs lésions. Cette classification repose sur (Figure 36-4) [17] :

- *le phénotype de l'aorte ascendante* : anévrismes de la racine aortique (sinus  $\geq 45$  mm), anévrismes sus-coronaires (sinus  $< 40$  mm) et insuffisances aortiques isolées (tous les diamètres  $< 40$  mm) ;
- *le nombre de cuspides* : tricuspide, bicuspide, unicuspide, quadricuspide ;
- *le mécanisme de l'insuffisance aortique* : *fuite centrale* par dilatation des diamètres aortiques (type I), *fuite excentrée* par pro-

lapse valvulaire (type II), *fuite restrictive* par rétraction valvulaire (type III).

Elle définira par exemple un « anévrisme de la racine aortique à valve tricuspide avec une fuite centrale » ou une « insuffisance aortique isolée à valve bicuspide et fuite excentrée par prolapsus ». À chaque phénotype est proposé un algorithme de prise en charge chirurgicale adapté aux lésions.

### ANÉVRISMES DE LA RACINE AORTIQUE

Les objectifs du traitement chirurgical sont de :

- remplacer l'ensemble de la racine aortique dilatée, ce qui implique de réimplanter les artères coronaires ;
- corriger ou prévenir l'insuffisance aortique par la réparation de la valve aortique native (plastie aortique) ou par son remplacement prothétique (intervention de Bentall).

### INDICATIONS OPÉRATOIRES

Les indications opératoires des anévrismes de l'aorte ascendante reposent sur le diamètre aortique maximal. Dans les formes idiopathiques, que la valve soit tricuspide ou bicuspide, la valeur seuil recommandée est de 55 mm. En présence d'un syndrome de Marfan,

le seuil d'intervention est 50 mm de diamètre. Il peut être abaissé à 45 mm en cas de facteur de risque (antécédents familiaux de mort subite ou de dissection), de désir de grossesse ou s'il existe une croissance anévrismale supérieure à 2 mm/an. En présence d'une bicuspidie, le seuil opératoire sera abaissé à 50 mm s'il existe des facteurs de risque (antécédents familiaux de mort subite ou de dissection, hypertension ou coarctation) ou une croissance anévrismale supérieure à 2 mm/an. Le seuil d'intervention est de 45 mm de diamètre en présence d'une valvulopathie aortique d'indication chirurgicale [7].

### INTERVENTION DE BENTALL

Elle consiste en un remplacement complet de la racine aortique par un tube monté sur une valve mécanique ou biologique, avec réimplantation des artères coronaires selon la technique décrite par De Bono et Bentall en 1968 (Figure 36-9) [5]. Cette intervention reste grevée d'une morbidité importante liée à la valve [29].

En cas de prothèse mécanique, le risque annuel de réopération est compris entre 0 et 2,7 % patients/an, celui des complications thromboemboliques oscille entre 0 et 3,2 % patients/an. Il est compris entre 0 à 2,5 % patients/an pour les complications hémorragiques, et approche 1 % patient/an pour les complications infectieuses (endocardite).

La mise en place d'une bioprothèse évite la prise d'un traitement anticoagulant mais expose au risque de réintervention précoce liée à la dégénérescence accélérée de ces substituts biologiques chez les sujets jeunes. Les complications en rapport avec la valve sont respectivement de 0,46 % patient/an pour les complications hémorragiques, 1,4 à 1,8 % patient/an pour les complications thromboemboliques, 0,4 à 0,7 % patients/an pour les endocardites. La médiane de réopération varie de 16 ans pour un malade opéré à l'âge de 45 ans, à 24 ans pour un malade opéré à l'âge de 75 ans [29].

Dans ce contexte, les inconvénients inhérents au matériel prothétique et au traitement anticoagulant, ainsi que la supériorité de la réparation mitrale par rapport au remplacement valvulaire, et les progrès réalisés dans la connaissance de l'anatomie fonctionnelle de la racine aortique ont remis en avant l'intérêt de la chirurgie réparatrice de la valve aortique.

### REMPACEMENT DE LA RACINE AORTIQUE AVEC CONSERVATION VALVULAIRE

#### Principes

La chirurgie de remplacement de la racine aortique avec conservation valvulaire repose sur deux principes :

- le traitement des lésions (dilatations de la base de l'anneau aortique et de la jonction sinotubulaire ± prolapsus valvulaire) ;
- le respect de l'anatomie fonctionnelle de la racine aortique (création de néosinus de Valsalva, respect de l'expansibilité systolique de la racine aortique via les triangles sous-commissuraux).

Deux techniques de conservation valvulaire sont principalement utilisées : la technique du *remodeling* [30, 31] et celle de la réimplantation (Figure 36-10) [8, 9].

Proposé par Yacoub et al. en 1983, le *remodeling* de la racine aortique réalise un remplacement de la racine aortique au moyen d'un tube en Dacron® festonné en trois néosinus de Valsalva, dans lesquels seront réimplantés les ostia coronaires [30, 31]. Le principe de l'intervention est de rétablir la continence valvulaire en réduisant le diamètre de la jonction sinotubulaire, tout en restaurant une anatomie de la racine aortique proche de la normale (Figure 36-10). Cependant, le *remodeling* ne traite pas la dilatation de la base de l'anneau aortique.

En 1992, David et al. proposent une approche chirurgicale différente, la réimplantation de la valve aortique, consistant en un remplacement de la racine aortique avec réimplantation de la valve par l'intérieur dans un tube en Dacron® (technique d'inclusion) [8, 9].

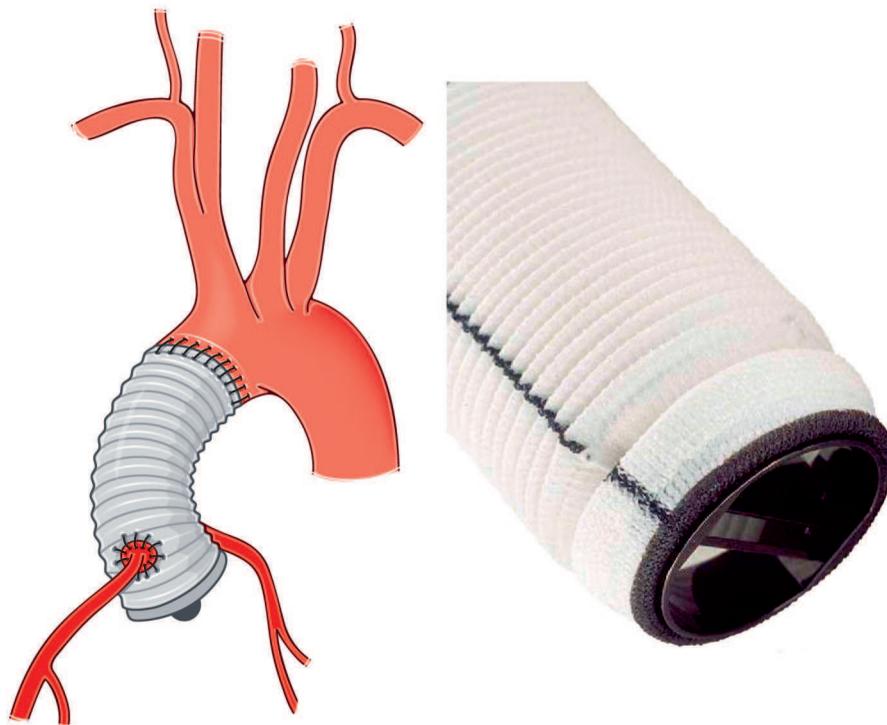


Figure 36-9 Intervention de Bentall mécanique.