

Rassegne

La terapia endovascolare degli aneurismi dell'aorta toracica: verso un nuovo standard di trattamento

Piergiorgio Cao, Fabio Verzini

S.C. di Chirurgia Vascolare ed Endovascolare, Università degli Studi, Perugia

Key words:

Endovascular treatment;
Thoracic aortic aneurysm;
Thoracic endograft.

Despite recent improvements in surgical techniques and patient care, open surgery for degenerative aneurysms in the thoracic aorta is still associated with major morbidity in the form of death, cardiac, renal and neurological complications.

Recent clinical experience indicates that most of thoracic aortic pathology is potentially amenable to minimally invasive therapy with endovascular stent graft repair. Single-center series as well as the first comparative studies in the form of case-control comparisons demonstrate that endovascular treatment offers an early postoperative outcome more favorable than open surgery.

Hybrid procedures, which combine an open surgical step for branch vessel rerouting to create a stent-graft seal zone where none existed, have been applied increasingly to afford a stent-graft option in patients with lesions involving the aortic arch or visceral aorta.

Endograft technology is still in evolution. Future refinements will address some of the most important needs like lower profile delivery systems, greater device flexibility, precise deliverability and deployment characteristics that will contribute to achieve optimal success and safety, especially in the region of the aortic arch.

Endovascular treatment of complex thoraco-abdominal aneurysms and arch aneurysms with fenestrated or branched endografts has recently been introduced in the clinical setting in small series in few centers with a focused expertise. Preliminary results are promising but the more widespread use of this technology should not occur until longer-term results will become available.

(G Ital Cardiol 2007; 8 (5): 271-278)

© 2007 AIM Publishing Srl

Ricevuto il 22 dicembre 2006; nuova stesura 16 gennaio 2007; accettato il 17 gennaio 2007.

Per la corrispondenza:

Prof. Piergiorgio Cao

*Cattedra e S.C.
di Chirurgia Vascolare
ed Endovascolare
Università degli Studi
A.O. Ospedale S. Maria
della Misericordia
S. Andrea delle Fratte
06132 Perugia
E-mail: pcao@unipg.it*

Gli aneurismi dell'aorta toracica discendente (AAT) rappresentano una patologia frequente nella terza età, con un'incidenza di 1/1000¹⁻³. Spesso tali aneurismi vengono accomunati con quelli più estesi, toraco-addominali (AATA), con cui condividono eziopatogenesi, clinica e prognosi, ma che presentano talvolta aspetti peculiari soprattutto dal punto di vista terapeutico. La chirurgia endovascolare, con l'uso di endoprotesi di poliestere (dacron) o politetrafluoroetilene espanso supportate da stent in acciaio o nitinolo, ha recentemente rappresentato un'alternativa alla chirurgia aperta nel trattamento degli AAT e sta guadagnando consensi per la minore invasività associata a minore morbidità postoperatoria.

Storia naturale e indicazioni al trattamento degli aneurismi dell'aorta toracica discendente

La storia naturale degli AAT non trattati è sfavorevole. In uno studio longitudinale di

Juvonen et al.⁴ 114 pazienti con AAT sono stati seguiti per un periodo medio di 28 mesi senza intervento chirurgico; il diametro aneurismatico medio all'ingresso era di 4.9 cm e l'indicazione all'intervento in elezione veniva posta al raggiungimento del diametro di 7 cm. La rottura dell'AAT è avvenuta nel 23% dei pazienti, con conseguente mortalità in tutti i pazienti, mentre il 20% è stato trattato in elezione per comparsa di sintomi, crescita >1 cm/anno o diametro >7 cm. Il diametro aneurismatico all'ultima tomografia computerizzata, pari a 5.8 cm, ha rappresentato uno dei fattori predittivi di rottura, insieme alla presenza di dolore e la coesistenza di broncopneumopatia cronica ostruttiva⁴. In definitiva, da questo studio emerge il messaggio che un'indicazione chirurgica basata sul diametro dell'AAT di almeno 7 cm sia troppo conservativa, con un eccesso di mortalità per rottura.

Un altro studio più recente di Elefteriades⁵ ha puntualizzato come pazienti con AAT di diametro di 6 cm hanno un rischio di rottura, dissezione o mortalità correlata

del 14.1% annuo. Lo stesso autore, basandosi sui risultati della propria esperienza in chirurgia aperta (mortalità dell'8%, con un tasso di ictus del 5% e di paraplegia dell'8%), consiglia l'indicazione chirurgica al raggiungimento di tale diametro in pazienti a buon rischio operatorio.

La valutazione del bilancio rischio/beneficio per il singolo paziente è ovviamente molto più complessa della semplice misurazione del diametro dell'AAT e deve tener conto della modalità di presentazione, dell'età e delle comorbidità del paziente. La necessità di un intervento eseguito in urgenza, anche se con il paziente in condizioni stabili, è sicuramente associata ad un incremento della mortalità perioperatoria, come dimostrato in varie serie chirurgiche⁶⁻¹¹. La presenza di insufficienza renale cronica, la broncopatia cronica e l'età avanzata si sono dimostrati fattori di rischio aggiuntivi per la chirurgia aperta degli AAT e proprio in questi sottogruppi di pazienti sembra che l'opzione endovascolare possa determinare un beneficio sensibile^{6-8,12-13}.

Il trattamento endovascolare degli aneurismi dell'aorta toracica discendente

Dalla prima descrizione di Volodos et al.¹⁴ del trattamento endovascolare di un AAT pubblicata nel 1988, questa terapia ha rappresentato nell'ultima decade un campo in continua espansione, grazie alle continue modifiche tecnologiche suggerite dai principali investigatori clinici e supportate dall'industria. Le prime endoprotesi utilizzate a Stanford dal gruppo guidato da Michael Dake erano "home-made" e utilizzavano due stent a Z di Gianturco suturati alle estremità di una protesi in poliestere, poi compresse in un introduttore vascolare di grosso calibro per l'impianto. I risultati di questa pionieristica esperienza dimostrarono per la prima volta la fattibilità e l'enorme potenziale della terapia endovascolare, sottolineando comunque le difficoltà tecniche e anatomiche che gli AAT possono proporre, spesso molto differenti da quelle incontrate per il trattamento degli aneurismi della aorta addominale (AAA). Nei 103 pazienti trattati in un intervallo di 5 anni, la sopravvivenza a 5 anni con tali endoprotesi di prima generazione è risultata soddisfacente nei pazienti considerati a buon rischio chirurgico, con un tasso del 78%, mentre nei pazienti inoperabili era del 31%, a sottolineare che molti dei pazienti ad alto rischio hanno una prognosi sfavorevole indipendentemente dalla cura dell'AAT. L'insuccesso tardivo o la necessità di reintervento sono risultati del 61% a 8 anni, sottolineando la necessità di un'evoluzione del materiale protesico e la ridefinizione delle indicazioni anatomiche^{15,16}.

Nel 1997 sono stati immessi nel mercato i primi modelli di endoprotesi commerciali, con supporto completo di stent metallico e provviste di barre longitudinali che congiungevano gli stent tra loro. Tale caratteristica, introdotta nell'intento di aumentare la stabilità dell'en-

doprotesi sottoposta alle continue forze del flusso ematico aortico, si è dimostrata un punto di debolezza con il passare del tempo, poiché proprio questa struttura metallica a barre longitudinali era sottoposta a stress eccessivi con conseguente rottura e possibili complicanze.

Così la seconda generazione dei correnti modelli di endograft ripropone protesi totalmente sorrette da stent, senza barre longitudinali rigide. Meccanismi ausiliari per il fissaggio alla parete aortica quali uncini, stent scoperti alle estremità, o stent a forma di petalo di fiore aperto verso l'esterno, insieme alla forza radiale dell'endoprotesi, mantengono fermamente in sede l'endoprotesi¹⁷⁻¹⁹.

Risultati della chirurgia endovascolare degli aneurismi dell'aorta toracica discendente

Sebbene manchino studi controllati sui risultati della chirurgia endovascolare verso chirurgia aperta, la letteratura fornisce serie mono e multicentriche che permettono di valutare i risultati a medio termine di questa nuova tecnologia. Purtroppo, molto spesso i casi di aneurismi aterosclerotici vengono riportati insieme alle dissezioni e ai traumi, sia in emergenza sia in elezione, mischiando patologie a diversa eziologia e decorso e rendendo estremamente difficile l'analisi e l'interpretazione dei risultati²⁰⁻²⁴.

In effetti anche nella nostra esperienza presso la S.C. di Chirurgia Vascolare ed Endovascolare dell'Università degli Studi di Perugia il trattamento endovascolare dell'aorta toracica è stato effettuato nella cura di diverse patologie, di cui l'aneurisma aterosclerotico rappresenta soltanto una parte; nel periodo dal 1999 al 2006 sono infatti stati trattati con endoprotesi 81 pazienti affetti da aneurismi dell'aorta toracica o toracoaddominale nel 67.9%, dissezioni aortiche acute o croniche nel 27.1%, traumi nel 4.9%.

Una recente revisione della letteratura basata su esperienze pubblicate con almeno 20 casi di AAT, in un totale di 1895 pazienti, riporta una mortalità media dopo *endografting* dell'aorta toracica del 6.7%, con un range da 0 a 19%. L'incidenza di ischemia midollare è risultata del 2.7%, con ampia variabilità (da 0 a 12.5%)²⁵.

Sistemi di prevenzione dell'ischemia midollare sono stati utilizzati talvolta in modo estensivo, come nell'esperienza di Greenberg et al.²¹ che su 100 pazienti trattati con endoprotesi Zenith Cook, in maggioranza per aneurismi aterosclerotici (81%), hanno posizionato preventivamente un drenaggio liquorale nell'84% dei casi, con conseguente paraparesi-paraplegia in 6 pazienti (7.4%), in 2 dei quali permanente²¹. Altre esperienze sembrano contraddire questi risultati: su 103 pazienti trattati per patologia toracica, di cui l'85% per AAT, soltanto in 7 casi è stato posizionato un drenaggio liquorale preoperatorio: l'indicazione selettiva era basata sulla necessità di coperture lunghe >20 cm dell'aorta, sulla necessità di coprire il tratto aortico T8-T12, o nei casi di precedente chirurgia dell'aorta addo-

minale. In tale studio l'incidenza di ischemia midollare è risultata del 4%, in tutti i casi temporanea e regredita dopo terapia con drenaggio liquorale, cortisonici e ipertensione controllata²⁶.

Un'altra temuta complicanza della chirurgia endovascolare degli AAT è l'ictus cerebrale, evenienza giustificata dalla presenza di trombo parietale aortico a livello dell'arco in pazienti affetti da AAT, dalla manipolazione di guide e cateteri davanti agli osti dei tronchi epiaortici, e dalla necessità talvolta di copertura della succlavia o di interventi di *debranching* dei vasi cerebro-afferenti per il posizionamento delle endoprotesi. Nella revisione di Sullivan e Sundt²⁵, l'incidenza di ictus è risultata in media del 2.2% (range 0-18.6%). Nel trial americano della protesi GORE TAG l'incidenza di ictus è risultata del 3.5%, con un evento su 5 fatale^{27,28}.

Dati non univoci sono riportati riguardo alla necessità o meno di rivascolarizzazione dell'arteria succlavia per aneurismi coinvolgenti l'origine di tale arteria: nello stesso studio quattro ictus sono occorsi in pazienti con rivascolarizzazione succlavia, pari al 14 vs 1% nei pazienti senza questa procedura, dimostrando come la presenza di un aneurisma coinvolgente anche solo in minima parte l'arco dell'aorta aumenti il rischio di embolia cerebrale non evitabile con la rivascolarizzazione preventiva dei tronchi epiaortici.

Comunque, la scelta di rivascolarizzare la succlavia sinistra dopo la sua copertura intenzionale dipende da vari fattori, tra cui la pervietà della vertebrale controlaterale allo studio preoperatorio. Una recente revisione di Peterson et al.²⁹ dimostrerebbe comunque una prognosi migliore per pazienti operati con rivascolarizzazione succlavia, ove il rischio di ischemia midollare, di insufficienza vascolare del braccio, ictus o lesioni neurologiche periferiche sembra notevolmente ridotto dopo chirurgia associata. L'incidenza di tali complicanze è stata, infatti, del 3% (3/114) in caso di rivascolarizzazione, rispetto al 23% (24/104) per quelli con copertura senza rivascolarizzazione.

Molte altre complicanze dopo posizionamento delle endoprotesi toraciche sono state descritte in letteratura: dalla rottura delle arterie di accesso, talvolta mortali, a collassi protesici, migrazioni, dissezioni retrograde, fistole aorto-esofagee³⁰⁻³³. Tra le più comuni e benigne è la sindrome postimpianto, caratterizzata da leucocitosi, febbre, dolore e alterazione degli indici di

flogosi; tale sindrome, descritta anche per gli interventi endovascolari per AAA, è di solito temporanea e regredisce con antinfiammatori.

Chirurgia aperta o endovascolare?

Studi comparativi prospettici randomizzati finora non sono nemmeno iniziati; i dati a disposizione derivano da studi caso-controllo di singoli centri o da uno studio di fase 2 dell'unica endoprotesi approvata dalla Food and Drug Administration (Tabella 1)^{17,34-36}.

Nelle esperienze monocentriche come quella del gruppo di Harvard, Stati Uniti, la chirurgia endovascolare si è dimostrata metodica sicura, con tasso di mortalità perioperatoria ridotta rispetto alla chirurgia aperta (7.6 vs 15.1%), ma con simile incidenza di paraplegia/paraparesi (6.7 vs 8.6%) in 198 pazienti affetti da patologia dell'aorta toracica, in maggioranza AAT o AATA di tipo 1, prossimali. La sopravvivenza a 4 anni e mezzo dal trattamento risulta peraltro simile nei due gruppi (54 vs 64%)³⁴.

Altri studi caso-controllo hanno dimostrato risultati favorevoli in termini di minore mortalità e morbilità postoperatoria dopo interventi endoluminali, con un vantaggio anche economico in gran parte correlato ai minori costi relativi alla terapia intensiva, alla degenza e alla cura delle complicanze postoperatorie^{35,36}.

L'evidenza di migliore qualità attualmente disponibile è senz'altro quella relativa allo studio FDA di fase 2 della GORE TAG, recentemente pubblicata: 140 pazienti affetti da AAT e candidati a buon rischio per chirurgia aperta, trattati per via endovascolare in 17 centri degli Stati Uniti, sono stati confrontati con 94 controlli trattati con chirurgia aperta inclusi in parte prospetticamente (44 pazienti) e in parte retrospettivamente (50 pazienti). I due gruppi sono risultati omogenei riguardo alle caratteristiche anatomiche e all'incidenza dei principali fattori di rischio, a parte la presenza di sintomi che prevale nel gruppo della chirurgia aperta.

La mortalità perioperatoria è risultata del 2.1% nel gruppo endovascolare e dell'11.7% nella chirurgia aperta. Paraplegia o paraparesi sono occorse nel 13.8% dei casi dopo chirurgia aperta e nel 3% dopo endoprotesi. Anche l'incidenza di complicanze renali (12 vs 1%) e respiratorie (20 vs 4%) sono risultate molto ridotte con la chirurgia endovascolare. La sopravvivenza a 3 anni libera da mortalità correlata all'AAT è risultata del 97% nel

Tabella 1. Risultati degli studi comparativi di chirurgia aperta ed endovascolare per aneurismi dell'aorta toracica discendente.

	N. pazienti		Mortalità perioperatoria (%)		Ischemia midollare (%)	
	Chirurgia aperta	Chirurgia endovascolare	Chirurgia aperta	Chirurgia endovascolare	Chirurgia aperta	Chirurgia endovascolare
Cho et al. ¹⁷	94	142	11.7	2.1	14	3
Stone et al. ³⁴	93	105	15.1	7.6	8.6	6.7
Brandt et al. ³⁵	22	22	5	27	5	9
Glade et al. ³⁶	42	53	5	11	2	8

gruppo endovascolare rispetto al 90% nel gruppo della chirurgia aperta ($p = 0.024$) con una differenza non significativa in termini di sopravvivenza totale^{27,28}. Questi dati, sebbene derivanti da un singolo studio, non randomizzato sponsorizzato, sono senz'altro estremamente favorevoli alla chirurgia endovascolare almeno nel medio termine e hanno aperto la strada alla diffusione a tale tipo di trattamento negli AAT. Ulteriori studi in fase II stanno per essere completati negli Stati Uniti e riguardano altri due modelli di endoprotesi: il VALOR Trial¹⁸ analizza i risultati della protesi Talent, Medtronic, e lo STARZ Trial quelli della protesi Zenith TX2, Cook^{19,37}; da questi studi potranno essere ricavate ulteriori informazioni sull'affidabilità di questa tecnica e si potranno valutare i risultati specifici dei singoli modelli, già attualmente in commercio in Europa.

Indicazioni all'intervento endovascolare e scelta dell'endoprotesi

Le complicanze della chirurgia endovascolare degli aneurismi aortici sottolineano l'importanza della corretta scelta della endoprotesi in base alle caratteristiche del singolo individuo nel prevenire *endoleaks*, migrazioni, trombosi protesiche e rotture. Tutto ciò è ancora più importante nel distretto toracico, ove il graft è sottoposto a notevole stress meccanico per la velocità del flusso e per le angolazioni aortiche, specialmente a livello dell'arco e del tratto distale toracico. Inoltre il calibro dei cateteri portanti delle endoprotesi toraciche (circa 7-8 mm) richiede uno studio approfondito dei vasi di accesso: le arterie iliache devono essere almeno 8 mm di diametro. Talora, se sono di piccolo calibro, tortuose o diffusamente calcifiche, è necessario costruire una via di accesso suturando sulle arterie native un segmento di protesi in dacron di calibro adeguato (di solito di 10 mm) che viene legato alla fine della procedura, o utilizzato come bypass in caso di lesioni stenotiche.

La premessa per il successo del trattamento endovascolare è la stabilità del fissaggio dell'endoprotesi ai segmenti aortici non aneurismatici prossimale e distale (colletti). Tali segmenti debbono essere sufficientemente lunghi (almeno 2-3 cm) in modo da mantenere una completa aderenza con l'endoprotesi, e privi di patologia trombotica grossolana. Il diametro dell'aorta nativa deve essere tale da permettere l'apposizione di una protesi tra il 10 e il 20% più grande, così da garantire una adeguata forza radiale di fissaggio e da mantenere il contatto parietale anche in caso di crescita del colletto; considerando che il massimo calibro protesico disponibile per endoprotesi in commercio è di 46 mm, il massimo diametro di un colletto che è possibile trattare non deve superare i 42 mm. Un sovradimensionamento eccessivo dell'endoprotesi può a sua volta essere estremamente dannoso, sia per il rischio di indebolimento della parete aortica, sia per la possibilità che l'estremità prossimale della protesi, specialmente se non aderente alla concavità dell'arco aortico, possa formare delle piegature interne fino a collassare piegandosi su se stessa,

assumendo una sezione assiale a semiluna, con ipoperfusione distale e conseguenze catastrofiche. Per questo motivo, angolazioni aortiche molto accentuate sia nel tratto discendente sia in prossimità dell'arco sono un criterio di esclusione per l'impianto.

La lunghezza dell'endoprotesi deve essere tale da non coprire inutilmente segmenti aortici non aneurismatici per ridurre il rischio di paraplegia, ma mantenendo un adeguato appoggio ai colletti. Oggi sono a disposizione protesi lunghe fino a 20 cm, mentre per coperture di maggiore lunghezza si possono utilizzare più segmenti, sovrapponendoli parzialmente con la cosiddetta tecnica "a trombone".

La presenza di stent scoperti o di ganci alle estremità può migliorare l'ancoraggio a colletti corti o tortuosi preservando il flusso dei tronchi epiaortici o viscerali da risparmiare.

Per ottenere un colletto di lunghezza sufficiente per il posizionamento dell'endoprotesi si possono eseguire interventi cosiddetti di *debranching*, spostando l'origine dei vasi epiaortici o viscerali con bypass extra-anatomici come, ad esempio, interventi per via cervicotomica di bypass della carotide di sinistra sulla destra o di reimpianto della succlavia sinistra sulla carotide omolaterale. Ridotte casistiche di *debranching* completo sull'aorta ascendente di tutti i tronchi epiaortici riportano un elevato tasso di ictus³⁸⁻⁴². Analogamente sono state riportate ridotte casistiche di *debranching* totale viscerale (arterie renali, mesenterica superiore e tripode celiaco), ma sono interventi molto indaginosi sui quali mancano dati di affidabilità ed efficacia⁴³⁻⁴⁵.

Studio anatomico preoperatorio

L'esame oggi considerato il *gold standard* per lo studio degli AAT in previsione dell'intervento endovascolare è la tomografia computerizzata multistrato con mezzo di contrasto endovenoso.

Questo esame, con acquisizioni molto rapide di grandi segmenti corporei, grazie alla presenza di multipli detettori rotanti durante lo spostamento del letto radiologico, permette la collezione di immagini assiali a distanza molto ravvicinata (0.75-1 mm) che possono essere utilizzate per ricostruzioni multiplanari e tridimensionali estremamente fedeli e senza artefatti da movimento⁴⁷. Le informazioni derivanti da una angio-tomografia di buona qualità possono essere ritenute sufficienti per il planning preoperatorio senza più la necessità di ulteriori studi quali l'angiografia con catetere centimetrato. Tale esame viene da noi oggi riservato a pazienti con coinvolgimento dei vasi che originano dall'aorta aneurismatica o in casi selezionati di patologia dei tronchi epiaortici, viscerali o iliaco-femorali, in cui si possa ipotizzare la necessità di procedure associate di *debranching* anche parziale. Lo svantaggio dell'angiografia è infatti dato dall'impossibilità di visualizzare la porzione trombata del lume arterioso e quindi di localizzare con precisione l'origine dell'AAT, oltre che sottostimare la presenza di calcio nella parete arteriosa.

La misurazione del diametro aortico a livello dei colletti e dell'AAT può risultare problematico nelle scansioni assiali della tomografia computerizzata per le tortuosità arteriose, che danno sezioni ellittiche che possono essere difficili da differenziare da una reale asimmetria del lume aortico. A tal fine è quindi necessario eseguire una ricostruzione del vaso lungo piani perpendicolari all'asse centrale arterioso. Con queste ricostruzioni è più precisa anche la determinazione della lunghezza dei segmenti in studio e la pianificazione delle dimensioni dell'endoprotesi. Ricostruzioni tridimensionali osservabili da multiple angolazioni sono importanti per apprezzare le tortuosità che l'endoprotesi dovrà attraversare durante il posizionamento e quelle cui dovrà adattarsi una volta rilasciata. Emerge quindi la necessità che l'operatore acquisisca un'esperienza diretta nell'imaging e sia in prima persona coinvolto nella misurazione e nel planning preoperatorio: a tal fine nella nostra Struttura abbiamo a disposizione una postazione di lavoro con hardware e software dedicati (Aquarius, Terarecon, San Mateo, CA, USA) per l'acquisizione di immagini prodotte nel formato standard DICOM delle tomografie computerizzate e per la loro ricostruzione sia secondo tecniche di *maximum intensity projection* (Figura 1) sia di *volume rendering* (Figura 2), per un'accurata valutazione preoperatoria.

Imaging intraoperatorio

Se un'accurata pianificazione è la premessa per un intervento efficace, la corretta visualizzazione e un'ampia disponibilità di presidi ausiliari per fronteggiare qualunque evenienza durante l'intervento sono essenziali per il successo della procedura. La disponibilità di una sala endovascolare con angiografo ad alta definizione, con requisiti di immagini digitali, sottrazione di immagine e *roadmapping*, è indispensabile, ma non sufficiente per l'imaging intraoperatorio. Per gli AAT

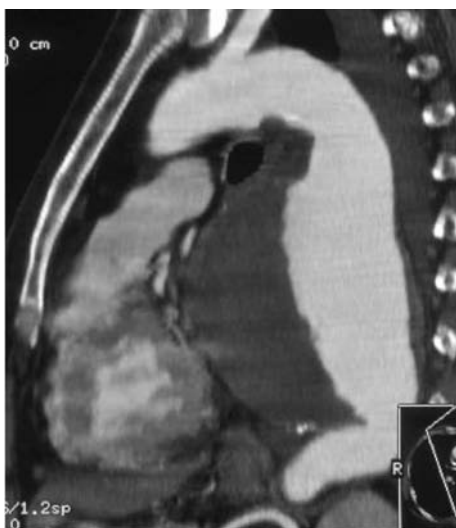


Figura 1. Ricostruzione tomografica computerizzata in proiezione di massima intensità di un voluminoso aneurisma dell'aorta toracica.

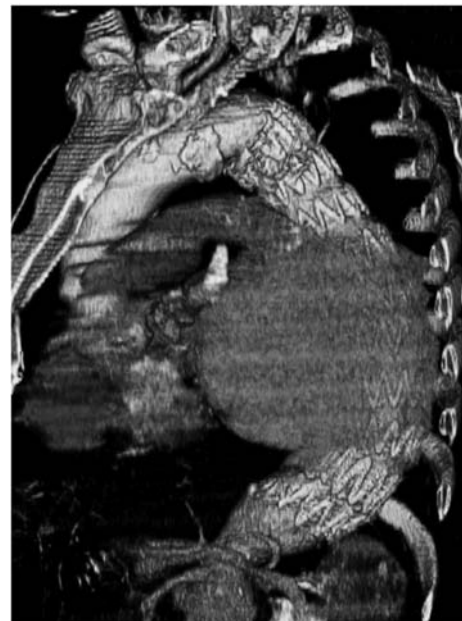


Figura 2. Ricostruzione tomografica computerizzata tridimensionale dopo impianto di endoprotesi.

sono infatti fondamentali il controllo diretto dell'anatomia e la localizzazione dei colletti, che all'angiografia possono essere nascosti dalla presenza di trombosi parietale⁴⁸. Per questo le nostre procedure vengono sempre effettuate nella sala endovascolare, equipaggiata oltre che con angiografo fisso con flat panel (Axiom Artis, Siemens AG, Erlangen, Germania), con eco color Doppler transesofageo. La sala operatoria così disegnata è attrezzata a tutti gli effetti per qualsiasi intervento aperto associato si rendesse necessario (Figura 3).

Sviluppi futuri

La chirurgia endovascolare presenta risultati così promettenti che è auspicabile una sua diffusione anche ai casi di aneurismi più complessi quali quelli toraco-addominali o dell'arco, che presentano difficoltà anato-



Figura 3. Sala operatoria endovascolare dell'Azienda Ospedaliera, Università degli Studi di Perugia.

miche notevoli. Gli interventi ibridi sono una realtà già a disposizione per superare alcune delle limitazioni anatomiche imposte dalla presenza dell'origine dei tronchi epiaortici e dai vasi viscerali dall'aneurisma, ma restano interventi complessi, di norma riservati a pazienti a rischio proibitivo per la chirurgia aperta e comunque gravati da alti tassi di morbidità e mortalità, con prognosi a distanza ancora non definita.

L'evoluzione delle tecniche endovascolari ha già allo studio modelli di endoprotesi con fori e branche laterali per il trattamento di AATA e di aneurismi dell'arco aortico che oggi vengono posizionate in casi sperimentali e in piccole serie cliniche. Lo sviluppo di tali tecniche dipende dalla disponibilità di materiali idonei come stent coperti e protesi fabbricate su misura per l'anatomia specifica del singolo paziente da trattare; sebbene queste tecniche saranno probabilmente a disposizione di pochi centri particolarmente dedicati a questo settore della chirurgia endovascolare, diverranno presto una valida opzione alternativa alla chirurgia aperta almeno in casi selezionati⁴⁹⁻⁵².

Conclusioni

Il trattamento degli AAT e delle altre forme di patologia aortica è in rapida evoluzione con la disponibilità di modelli commerciali di seconda generazione di endoprotesi. Nonostante la chirurgia aperta abbia dimostrato un netto miglioramento dei risultati nel tempo, con l'applicazione di metodiche anestesilogiche e di protezione della funzione cardiaca, respiratoria renale e midollare, i tassi di complicanze in casistiche non selezionate restano alti.

La tecnica endovascolare, almeno nel breve e medio termine, sembra presentare vantaggi sensibili rispetto alla chirurgia convenzionale, sebbene manchino ancora risultati di ampi studi controllati.

Con l'avvento della chirurgia endovascolare, un ampio numero di pazienti affetti da AAT prima considerati inoperabili per la presenza di comorbidità tali da controindicare un intervento a torace aperto, può attualmente beneficiare di un intervento che si è dimostrato efficace nel medio termine. Pazienti con caratteristiche anatomiche favorevoli per l'impianto dell'endoprotesi, anche se a buon rischio chirurgico, sempre più vengono trattati con questa metodica, con un più rapido ritorno alla vita attiva e minori complicanze postoperatorie. L'intervento mini-invasivo resta comunque indicato per pazienti con AAT ad alto rischio di rottura, con gli stessi criteri della chirurgia aperta, poiché non sono ancora disponibili risultati a lungo termine che giustificano il trattamento precoce di piccoli aneurismi.

Protesi più flessibili, che si conformano meglio alle curvature aortiche, con sicuri sistemi di fissaggio e migliori cateteri portanti si stanno affacciando sul mercato, ma soprattutto ulteriori progressi si stanno raggiun-

gendo, per ora con esperienze molto limitate, sull'impianto di endoprotesi ramificate sui vasi viscerali e, speriamo in un prossimo futuro, sui tronchi epiaortici.

Affidabilità nel tempo dei materiali, miniaturizzazione dei dispositivi, introduzione di nuove tecnologie per endoprotesi ramificate, rimangono punti cruciali da risolvere affinché il trattamento endoluminale di questa patologia possa sostituire completamente la chirurgia aperta.

Riassunto

Nonostante i recenti miglioramenti della chirurgia aperta degli aneurismi aterosclerotici dell'aorta toracica, dovuti sia a migliori tecniche chirurgiche sia all'assistenza intra- e postoperatoria, la mortalità e la morbidità cardiaca, renale e neurologica di tale chirurgia rimangono gravose.

Esperienze cliniche recenti indicano che gran parte della patologia aortica toracica è potenzialmente trattabile anche per via endovascolare, con l'uso di endoprotesi supportate da stent metallici. Serie di centri selezionati e le prime comparazioni con la chirurgia aperta, in forma di studi caso-controllo, dimostrano che il trattamento endovascolare offre vantaggi sensibili almeno nel breve e medio termine.

In alcuni pazienti con caratteristiche anatomiche non favorevoli per l'impianto di endoprotesi, la chirurgia convenzionale può permettere comunque un trattamento senza toracotomia: il trattamento ibrido, sempre più spesso utilizzato, è infatti costituito da un tempo chirurgico convenzionale in cui si sposta l'origine dei vasi epiaortici o delle arterie viscerali, seguito dal posizionamento dell'endoprotesi aortica.

La tecnologia endovascolare è ancora in evoluzione e alcune problematiche ancora presenti saranno probabilmente risolte con i prossimi modelli di endoprotesi, che dovranno migliorare sia il calibro dei cateteri, la loro flessibilità e capacità di navigare nelle tortuosità arteriose, che la precisione del rilascio, per ottenere risultati ottimali anche in condizioni anatomiche difficili come nel caso della regione dell'arco aortico.

Il trattamento endovascolare degli aneurismi toraco-addominali e di quelli dell'arco aortico con speciali endoprotesi provviste di ramificazioni è già possibile ed eseguito in piccole serie cliniche in centri selezionati con particolare esperienza in questo campo. I risultati preliminari sono promettenti, ma per la disponibilità su larga scala di tali tecniche si dovranno ancora attendere i risultati a distanza di più ampie casistiche.

Parole chiave: Aneurisma dell'aorta toracica; Endoprotesi toracica; Trattamento endovascolare.

Bibliografia

1. Johansson G, Markstrom U, Swedenborg J. Ruptured thoracic aortic aneurysms: a study of incidence and mortality rates. *J Vasc Surg* 1995; 21: 985-8.
2. Clouse WD, Hallett JW Jr, Schaff HV, Gayari MM, Ilstrup DM, Melton LJ 3rd. Improved prognosis of thoracic aortic aneurysms: a population-based study. *JAMA* 1998; 280: 1926-9.
3. Lee JT, White RA. Current status of thoracic aortic endograft repair. *Surg Clin North Am* 2004; 84: 1295-318.
4. Juvonen T, Ergin MA, Galla JD, et al. Prospective study of the natural history of thoracic aortic aneurysm. *Ann Thor Surg* 1997; 63: 1533-45.

5. Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus non-surgical risks. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: S1877-S1880.
6. Cambria RP, Davison JK, Zannetti S, et al. Clinical experience with epidural cooling for spinal cord protection during thoracic and thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg* 1997; 25: 234-41.
7. Cambria RP, Clouse WD, Davison JK, Dunn PF, Corey M, Dorer D. Thoracoabdominal aneurysm repair: results with 337 operations performed over a 15-year interval. *Ann Surg* 2002; 236: 471-9.
8. Coselli JS, LeMaire SA, Miller CC 3rd, et al. Mortality and paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: a risk factor analysis. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 409-14.
9. Galloway AC, Schwartz DS, Culliford AT, et al. Selective approach to descending thoracic aortic aneurysm repair: a ten-year experience. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 1152-7.
10. LeMaire SA, Rice DC, Schmittling ZC, Coselli JS. Emergency surgery for thoracoabdominal aortic aneurysms with acute presentation. *J Vasc Surg* 2002; 35: 1171-8.
11. Safi HJ, Winnerkvist A, Miller CC 3rd, et al. Effect of extended cross-clamp time during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1204-9.
12. Acher CW, Wynn MM, Hoch JR, Popic P, Archibald J, Turnipseed WD. Combined use of cerebral spinal fluid drainage and naloxone reduces the risk of paraplegia in thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg* 1994; 19: 236-46.
13. Huynh TT, Miller CC 3rd, Estrera AL, Sheinbaum R, Allen SJ, Safi HJ. Determinants of hospital length of stay after thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2002; 35: 648-53.
14. Volodos NL, Karpovich IP, Shekhanin VE, Troian VI, Iakovenko LF. A case of distant transfemoral endoprosthesis of the thoracic artery using a self-fixing synthetic prosthesis in traumatic aneurysm. *Grudn Khir* 1988; 6: 84-6.
15. 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; 331: 1729-34.
16. Dake MD, Miller DC, Mitchell RS, Semba CP, Moore KA, Sakai T. The first generation of endovascular stent-grafts for patients with aneurysms of the descending thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 689-704.
17. Cho JC, Haider SE, Makaroun MS. Endovascular therapy of thoracic aneurysms: Gore TAG trial results. *Semin Vasc Surg* 2006; 19: 18-24.
18. Kwolek CJ, Fairman R. Update on thoracic aortic endovascular grafting using the medtronic talent device. *Semin Vasc Surg* 2006; 19: 25-31.
19. Hassoun HT, Matsumura JS. The COOK TX2 thoracic stent graft: preliminary experience and trial design. *Semin Vasc Surg* 2006; 19: 32-9.
20. Leurs LJ, Bell R, Degrieck Y, Thomas S, Hobo R, Lundbom J, for the EUROSTAR, UK Thoracic Endograft Registry Collaborators. Endovascular treatment of thoracic aortic diseases: combined experience from the EUROSTAR and United Kingdom Thoracic Endograft registries. *J Vasc Surg* 2004; 40: 670-80.
21. Greenberg RK, O'Neill S, Walker E, et al. Endovascular repair of thoracic aortic lesions with the Zenith TX1 and TX2 thoracic grafts: intermediate-term results. *J Vasc Surg* 2005; 41: 589-96.
22. Won JY, Lee DY, Shim WH, et al. Elective endovascular treatment of descending thoracic aortic aneurysms and chronic dissections with stent-grafts. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 575-82.
23. Matsumura JS. Worldwide survey of thoracic endografts: practical clinical application. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): A20-A21.
24. Hansen CJ, Bui H, Donayre CE, et al. Complications of endovascular repair of high-risk and emergent descending thoracic aortic aneurysms and dissections. *J Vasc Surg* 2004; 40: 228-34.
25. Sullivan TJ, Sundt III TM. Complications of thoracic aortic endografts: spinal cord ischemia and stroke. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): A85-A88.
26. Chiesa R, Melissano G, Marrocco-Trischitta MM, Civilini E, Setacci F. Spinal cord ischemia after elective stent-graft repair of the thoracic aorta. *J Vasc Surg* 2005; 42: 11-7.
27. Makaroun MS, Dillavou ED, Kee ST, et al. Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms: results of the phase II multicenter trial of the GORE TAG thoracic endoprosthesis. *J Vasc Surg* 2005; 41: 1-9.
28. Cho JS, Haider SE, Makaroun MS. US multicenter trials of endoprostheses for the endovascular treatment of descending thoracic aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): 12A-19A.
29. Peterson BG, Eskandari MK, Gleason TG, Morasch MD. Utility of left subclavian artery transposition in association with endoluminal repair of acute and chronic thoracic aortic pathology. *J Vasc Surg* 2006; 43: 433-9.
30. Malina M, Brunkwall J, Ivancev K, et al. Late aortic arch perforation by graft-anchoring stent: complication of endovascular thoracic aneurysm exclusion. *J Endovasc Surg* 1998; 5: 274-7.
31. Eggebrecht H, Baumgart D, Radecke K, et al. Aorto-esophageal fistula secondary to stent-graft repair of the thoracic aorta. *J Endovasc Ther* 2004; 11: 161-7.
32. Pasic M, Bergs P, Knollmann F, et al. Delayed retrograde aortic dissection after endovascular stenting of the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg* 2002; 36: 184-6.
33. Kasirajan K, Milner R, Chaikof EL. Late complications of thoracic endografts. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): A94-A99.
34. Stone DH, Brewster DC, Kwolek CJ, et al. Stent-graft versus open-surgical repair of the thoracic aorta: mid-term results. *J Vasc Surg* 2006; 44: 1188-97.
35. Brandt M, Hussel K, Walluscheck KP, et al. Stent-graft repair versus open surgery for the descending aorta: a case-control study. *J Endovasc Ther* 2004; 11: 535-8.
36. Glade GJ, Vahl AC, Wisselink W, Linsen MA, Balm R. Mid-term survival and costs of treatment of patients with descending thoracic aortic aneurysms; endovascular vs open repair: a case-control study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005; 29: 28-34.
37. Hassoun HT, Dake MD, Svensson LG, et al. Multi-institutional pivotal trial of the Zenith TX2 thoracic aortic stent-graft for treatment of descending thoracic aortic aneurysms: clinical study design. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2005; 17: 255-64.
38. Melissano G, Civilini E, Bertoglio L, Setacci F, Chiesa R. Endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005; 29: 131-8.
39. Criado FJ, Clark NS, Barnatan MF. Stent graft repair in the aortic arch and descending thoracic aorta: a 4-year experience. *J Vasc Surg* 2002; 36: 1121-8.
40. Schumacher H, Bockler D, Bardenheuer H, Hansmann J, Allenberg JR. Endovascular aortic arch reconstruction with supra-aortic transposition for symptomatic contained rupture and dissection: early experience in 8 high-risk patients. *J Endovasc Ther* 2003; 10: 1066-74.
41. Bergeron P, Mangialardi N, Costa P, et al. Great vessel management for endovascular exclusion of aortic arch aneurysms and dissections. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 32: 38-45.

42. Criado FJ, Abul-Khoudoud OR, Damer GS, et al. Endovascular repair of the thoracic aorta: lessons learned. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 857-63.
43. Quinones-Baldrich WJ, Panetta TF, Vescera CL, Kashyap VS. Repair of type IV thoracoabdominal aneurysm with a combined endovascular and surgical approach. *J Vasc Surg* 1999; 30: 555-60.
44. Rimmer J, Wolfe JH. Type III thoracoabdominal aortic aneurysm repair: a combined surgical and endovascular approach. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003; 26: 677-9.
45. Flye MW, Choi ET, Sanchez LA, et al. Retrograde visceral vessel revascularization followed by endovascular aneurysm exclusion as an alternative to open surgical repair of thoracoabdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg* 2004; 39: 454-8.
46. Kougiyas P, Peden EK, Lumsden AB. Endovascular management of thoracic aortic aneurysms. Preoperative imaging and device sizing. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): A48-A52.
47. White RA, Donayre CE, Walot I, Kopchok GE. Intraprocedural imaging: thoracic aortography techniques, intravascular ultrasound, and special equipment. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): A53-A61.
48. Stanley BM, Semmens JB, Lawrence-Brown MM, Goodman MA, Hartley DE. Fenestration in endovascular grafts for aortic aneurysm repair: new horizons for preserving blood flow in branch vessels. *J Endovasc Ther* 2001; 8: 16-24.
49. Chuter TA. Branched and fenestrated stent grafts for endovascular repair of thoracic aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2006; 43 (Suppl A): A111-A115.
50. Kaviani A, Greenberg R. Current status of branched stent-graft technology in treatment of thoracoabdominal aneurysms. *Semin Vasc Surg* 2006; 19: 60-5.
51. Anderson JL, Adam DJ, Berce M, Hartley DE. Repair of thoracoabdominal aortic aneurysms with fenestrated and branched endovascular stent grafts. *J Vasc Surg* 2005; 42: 600-7.