

**Università degli studi di Napoli  
“Federico II”**

**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIRURGICHE,  
ANESTESIOLOGICHE-RIANIMATORIE E  
DELL'EMERGENZA**

**DOTTORATO DI RICERCA in Scienze Chirurgiche e  
Tecnologie Diagnostico-Terapeutiche Avanzate, XIX Ciclo**

**Coordinatore: Prof. Andrea Renda**

**Trattamento chirurgico e combinato degli aneurismi  
dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale**

*Relatore:*

**Ch.mo**

**Prof. Giancarlo Bracale**

*Candidato:*

**Dott. Marcellino Cicalese**

**Anno Accademico 2005 - 2006**

## INDICE

• Introduzione	pag 3
• Classificazione degli aneurismi dell'aorta toracica e toraco-addominale	pag 3
• Etiologia e fattori predisponenti	pag 3
• Storia naturale ed esame clinico	pag 6
• Esami da eseguire ai pazienti prima di sottoporre i pazienti al trattamento chirurgico	pag 7
• Protezione del midollo	pag 8
• Tecniche operatorie	pag 11
• Tecniche operatorie per gli aneurismi dell'aorta toracica discendente	pag 11
• Tecniche operatorie per gli aneurismi dell'aorta toraco-addominale	pag 12
• Trattamento combinato	pag 13
• Risultati	pag 14
• Figure	pag 15
• Bibliografia	pag 25

# Trattamento chirurgico e combinato degli aneurismi dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale.

## Introduzione

Varisson e colleghi nel 1993 ripararono con successo l'intera aorta, dalla valvola aortica alla biforcazione aortica, in un solo tempo usando un'incisione combinata mediastinica e toraco-addominale con ipotermia spinta e arresto circolatorio ottenendo ottimi risultati. Da quel momento in poi sono stati eseguiti una serie d'interventi, con metodiche differenti, e da qui si è pensato ad una classificazione dei vari tipi di aneurismi che interessano l'aorta. In questo studio si è presa in considerazione la letteratura internazionale e si è fatto un punto della situazione. Presso la nostra struttura, un solo caso di aneurisma toraco-addominale è stato trattato.<sup>15</sup>

## Classificazione degli aneurismi dell'aorta toracica e toraco-addominale

Principalmente gli aneurismi dell'aorta toracica discendente sono classificati secondo il coinvolgimento del vaso e il tipo di sostituzione che si fa al momento dell'intervento. Questa classificazione è usata per valutare i risultati dopo la chirurgia: in primo luogo il rischio di sviluppare un deficit neurologico per insulto al midollo spinale esitante in paraplegia o paraparesi.

Pertanto l'aorta discendente è stata suddivisa in tre tratti uguali: un *terzo prossimale* (A), un *terzo medio* (B) e un *terzo distale* (C). La suddivisione in questi tre tratti è utile per valutare l'incidenza del deficit neurologico.

Gli aneurismi toraco-addominali sono stati classificati da Crawford e coll. in quattro tratti <sup>9-14-16</sup> ( fig. 1):

*tipo I*: l'aneurisma interessa l'aorta prossimalmente a livello della 6 costola al di sopra dell'arteria renale;

*tipo II*: l'aneurisma interessa l'aorta prossimalmente a livello della 6 costa fino alle arterie renali;

*tipo III*: l'aneurisma interessa l'aorta oltre la 6 costola e per un tratto variabile dell'aorta addominale;

*tipo IV*: l'aneurisma interessa l'aorta addominale senza coinvolgere l'aorta toracica discendente.

Il tipo II di Crawford è quello che dà risultati peggiori. Il rischio di sviluppare paralisi nel tipo I di Crawford varia a seconda se l'aorta è sostituita al di sopra o al di sotto del tripode celiaco.

## Eziologia e fattori predisponenti

- a) **Lesioni congenite**: le lesioni congenite dell'aorta toracica abitualmente sono abbastanza frequenti rispetto all'aorta toraco-addominale. Infatti, più comunemente, esse coinvolgono l'arco aortico distale e il terzo prossimale dell'aorta discendente; la forma più frequente è la coartazione che si osserva nella popolazione pediatrica o nei pazienti adulti che sono stati operati precedentemente per coartazione: infatti, quando la riparazione è inadeguata può formarsi l'aneurisma prossimalmente o distalmente alla zona riparata in precedenza (fig 2).<sup>9</sup> Altre lesioni sono il diverticolo di Kommerell's che si associa all'arteria succlavia aberrante o con l'arco aortico a destra.

Rara è la coartazione dell'aorta toraco-addominale (the middle aortic syndrome) che è correlata alla malattia di Takayasu o alla neurofibromatosi.

Talune volte l'aneurisma dell'aorta toracica discendente o toraco-addominale può essere dovuto all'infezione congenita cronica legata all'uso di cannule intravenose o intrarteriose divenute infette.

- b) **Aneurismi degenerativi:** gli aneurismi degenerativi dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale sono dovuti alla perdita di tessuto elastico dalla parete dell'aorta. Parimenti all'aumento di dimensioni dell'aneurisma, vi è un'aumentata deposizione di materiale ateromatoso e formazioni di coaguli lungo la parete aneurismatica. L'area del coagulo spesso, alla Tc o alla RMN, può apparire come una dissecazione aortica. Gli aneurismi sono tipicamente fusiformi e talvolta possono avere un'area di debolezza che allo studio RMN o angiografico appare come bolle.

Una variante associata frequentemente, in vecchie donne, con una lunga storia di patologie polmonari e di fumo di tabacco, è un'ulcerazione a carattere penetrante che può portare sia alla dissecazione sia, se successivamente cicatrizza, alla formazione di un aneurisma saccolare. Tale forma è frequentemente osservata nella porzione distale del terzo prossimale o del terzo medio dell'aorta discendente.

A causa dell'estensione dell'ateroma e della formazione del coagulo nella sacca aneurismatica, i pazienti possono presentare embolizzazione a distanza che si manifestano con pancreatiti, angina addominale, infarto intestinale, claudicatio intermittente progressiva e insufficienza renale.

Al momento dell'intervento, se c'è un coagulo esteso lungo l'aorta in aggiunta all'ateroma, i vasi intercostali potrebbero essere ostruiti, con deficit del flusso al midollo spinale. Spesso tali pazienti, con grossi aneurismi degenerativi, presentano associate lesioni dei vasi viscerali come l'arteria renale, il tronco celiaco e la stenosi dell'arteria mesenterica superiore.

- c) **Aneurismi micotici:** gli aneurismi micotici che interessano solo il tratto discendente dell'aorta toracica sono del tutto rari. Più frequentemente, invece, accorrono nella piccola curva dell'arco aortico o, per gli aneurismi toraco-addominali, nell'area opposta ai vasi viscerali. Tuttavia, gli aneurismi dell'aorta toracica discendente possono infettarsi diventando aneurismi micotici. L'infezione insorta precedentemente all'impianto del tratto dell'aorta toracica discendente o toraco-addominale può essere un vero problema. Si può osservare anche un empiema pleurico sinistro, soprattutto se il paziente è stato operato recentemente. La diagnosi è, spesso, difficoltosa da ottenere e aspirare con ago, sotto guida Tc, un po' di liquido pleurico è un metodo accurato per dimostrare l'infezione della protesi. Le opzioni terapeutiche includono il lavaggio del cavo pleurico con antibiotici, la resezione del tratto di protesi infetta sostituendo con una nuova protesi o alloprotesi o il confezionamento di un by-pass anatomico aorta-aorta o axillo-femorale bilaterale.<sup>6-7-9-14</sup>

- d) **Traumi aortici:** i traumi che interessano l'aorta possono essere sia penetranti che contusivi. I traumi penetranti richiedono attenzione dal momento che i pazienti sono shockati a causa della grossa perdita ematica. Molti danni possono essere riparati con sutura diretta senza uso di protesi.

I traumi da corpi penetranti ad alta velocità ossia di schegge e proiettili raramente fanno sopravvivere il paziente. Se il paziente dovesse sopravvivere tanto da riuscire a raggiungere la sala operatoria, al momento dell'apertura sono riscontrati grossi danni e lacerazioni.

I traumi contusivi dell'aorta più comunemente interessano la porzione prossimale dell'aorta discendente a livello dell'istmo. È stato notato che i traumi dell'aorta ascendente diagnosticati clinicamente, raramente vengono operati dal momento che i pazienti non

sopravvivono tanto a lungo da raggiungere l'ospedale. Al contrario, circa il 90% dei pazienti con lacerazioni dell'aorta discendente vengono operati. Approssimativamente un terzo delle vittime della strada all'autopsia presentano rottura dell'aorta. L'angiografia multiplanare è considerata il gold standard per l'identificazione delle lacerazioni; spesso la Tc spirale con ricostruzione 3 D o l'ecocardiografia trans-esofagea sono sempre più usate per la diagnosi.<sup>9</sup> I pazienti con rottura dell'aorta sono sempre più emodinamicamente instabili a causa dello shock e dell'ipotensione. Prima di procedere all'atto chirurgico, mentre la sala operatoria viene preparata, la pressione sanguigna del paziente deve essere stabilizzata. Il metodo più usato (clampa e cucì o la perfusione distale con pompa, shunt o by-pass cardio-polmonare) per proteggere il midollo spinale durante il cross-clamping dell'aorta è ancora dibattuto. In una più recente review, Von Oppell e alt. hanno dichiarato che il by-pass cardio-polmonare e la tecnica di perfusione distale riducono il rischio di paralisi.<sup>3-9</sup> In un trial multicentrico prospettico è riportato che il " clampa e cucì" ( $p= 0.02$ ) e il "cross-clamp" ( $p=0.1$ ) che si prolungano al di là dei trenta minuti sono associati a paraplegia postoperatoria. Risultati validi suggeriscono che sia la perfusione distale con pompa centrifuga, che il " clampa e cucì" sono procedure sicure se impiegate solo per un tempo di clampaggio inferiore a trenta minuti.(fig 3). Con l'aumento del tempo di cross-clamping, usualmente in relazione alle lesioni complicate e all'entità della lacerazione, il rischio di paralisi o di insufficienza renale acuta aumenta con entrambe le tecniche, sebbene di meno rispetto alla tecnica della perfusione distale.

Il by-pass cardiopolmonare completo con arresto cardiaco è solitamente riservato per le lesioni complicate che interessano l'arco aortico. Queste lesioni sono meglio trattate con l'arresto circolatorio appena dopo il ricovero del paziente e per tutta la durata dell'intervento. Il management iniziale dei pazienti con rottura traumatica dell'aorta associata a complicanze da trauma di altri organi o dell'aorta stessa è simile alla gestione della dissecazione acuta dell'aorta discendente. I pazienti debbono essere osservati attentamente nell'unità di terapia intensiva e trattati con farmaci antipertensivi per assicurare che non vi sia perdita ematica. E' importante continuare a monitorare attentamente i pazienti per qualsiasi evenienza di leaks per la prima o seconda settimana.

Nei pazienti con lacerazione traumatica dell'aorta, il sito classico di lacerazione è l'istmo. Alcune semplici lacerazioni possono essere riparate con una sutura continua e con l'uso dei pledgets. Nelle lesioni più complicate, è richiesta una resezione dell'aorta con interposizione di una protesi con anastomosi termino-terminale. Occasionalmente, la dissecazione aortica è favorita dal trauma e, in questa situazione, il sito di lacerazione viene riparato. Per la restante parte dell'aorta si adotta un trattamento di tipo conservativo con attento controllo pressorio e follow-up al pari delle dissezioni tipo III di De Bakey o Stanford B. Raramente gli aneurismi sacciformi cronici traumatici possono risolversi spontaneamente col tempo.

- e) **Aortiti:** vi è un aumento della frequenza delle aortiti associate ad arteriti a cellule giganti. La causa è ignota. Nei pazienti con arterite a cellule giganti dell'aorta si è visto che circa un terzo hanno una storia di polimialgia reumatica. Approssimativamente il 10% dei pazienti con arterite temporale avrà tipicamente una progressione, molti anni dopo, in arterite a cellule giganti dell'aorta. In questi pazienti l'aorta ascendente e l'arco sono dilatati parimenti all'aorta toracica discendente e toraco-addominale. L'aorta infrarenale spesso è risparmiata e non è chiaro se questo è legato all'aumentato contenuto di collagene dell'arteria infrarenale o all'alto contenuto di fibre elastiche negli altri segmenti. L'aortite tubercolare spesso coinvolge il terzo medio dell'aorta discendente. Questa rara complicanza della tubercolosi sembra essere correlata al fatto che sia il bacillo di Koch che la parete aortica contengono degli antigeni in comune. Al contrario l'aortite luetica coinvolge più frequentemente l'aorta ascendente.

L'arterite di Takayasu è piuttosto frequente tra la popolazione mediterranea e la diagnosi è solitamente basata su sintomi complessi piuttosto che sul tipo di aneurisma. La malattia può avere forme transitorie con fasi acute, subacute fino alla progressione in una forma cronica. Molti aneurismi sono infatti scoperti nella fase cronica. Affinché non si formi un aneurisma nella fase acuta, è raccomandato l'uso di steroidi in fase precoce anche se vi è un aumentato rischio di dissecazione o rottura. Comunque si è visto che nella malattia di Takayasu alcuni segmenti dell'aorta possono essere risparmiati dal processo flogistico. La VES e la proteina C reattiva vengono dosati per lunghi periodi perché a livelli > di 1 mg/dl sono considerati indici di attività della malattia.

f) **Reinterventi:** i reinterventi sull'aorta discendente e toraco-addominale sono aumentati. Infatti un terzo dei pazienti viene operato una seconda volta per l'aneurisma. Il motivo è nel processo naturale di dilatazione dell'aorta nei segmenti non resecati, in particolare se dissecati, con la formazione di aneurismi sacciformi e falsi aneurismi dopo il primo intervento. Nei pazienti che hanno subito un pregresso intervento riparativo per dissecazione acuta dell'aorta ascendente, la formazione di aneurismi nell'arco aortico e nell'aorta discendente o toraco-addominale è un'evenienza comune. I pazienti che hanno avuto una pregressa sostituzione dell'aorta discendente per aneurisma, spesso presentano un aneurisma degenerativo toraco-addominale a partenza dal tratto distale dell'aorta toracica precedentemente riparata. Meno comunemente si vedono pazienti che sviluppano falsi aneurismi a livello della varie anastomosi o aneurismi sacciformi a livello dei patch di Carrel dove i vasi lombari, viscerali ed intercostali sono attaccati alla protesi. Anche se raro, questo è un problema che si osserva particolarmente nei pazienti con sindrome di Marfan.<sup>9</sup>

## Storia naturale ed esame clinico

Quando si interroga un paziente con aneurisma dell'aorta toracica discendente o toraco-addominale, il più importante sintomo da indagare è la presenza di dolore in regione dorsale. La ragione è che i pazienti che presentano dolore dorsale incipiente legato alla presenza di un aneurisma sono ad alto rischio di rottura di quest'ultimo o di leaking e di complicanze operatorie. Il dolore dorsale, spesso, è dovuto all'artrite del rachide perciò è difficilmente distinguibile dal dolore legato all'aneurisma. Così alla Tc o alla RMN è importante ricercare una possibile evidenza di erosione del corpo vertebrale o della costa da parte dell'aneurisma e se l'aneurisma è lesionato dalle strutture ossee. Gli aneurismi dell'aorta toracica e toraco-addominale che coinvolgono anche il tratto distale dell'arco, possono presentarsi con raucedine e con problemi respiratori, in particolare possono presentare un respiro stridente legato alla compressione del bronco di sinistra da parte dell'aneurisma. Anche l'esofago può essere compresso, particolarmente a livello in cui l'arco si continua nell'aorta discendente, provocando disfagia; alla Tc può osservarsi un esofago dilatato prossimalmente contenente del liquido. La raucedine è causata dalla compressione del nervo ricorrente da parte dell'aneurisma quando il nervo avvolge l'istmo aortico. Può verificarsi l'evenienza di embolie distali in pazienti con estesi e larghi aneurismi contenenti ateromi e coaguli, per questo, spesso, è fatta diagnosi di malattia vascolare periferica, sebbene la causa dell'ischemia periferica sia dovuta all'embolizzazione cronica nei vasi distali, esitando in occlusioni arteriose. Nei soggetti con aneurismi degenerativi della media, il manifestarsi di improvvisa debolezza e paralisi alle gambe è evenienza poco frequente, mentre lo è invece nelle dissecazioni acute. Questo scaturisce dall'interferenza col flusso ematico diretto al midollo spinale sia a livello dell'aorta toracica discendente che toraco-addominale. Nei pazienti con aneurismi degenerativi e in quelli con lesioni congenite dell'aorta, l'ipertensione cronica è un fattore spesso presente. La

risoluzione dell'ipertensione dopo il trattamento della coartazione dell'aorta è variabile: studi retrospettivi hanno mostrato che, generalmente, circa i due terzi dei pazienti che avevano avuto un trattamento per coartazione in età adulta continuavano ad avere ipertensione, ma generalmente di grado meno severo rispetto a prima della chirurgia. Alcuni pazienti possono essere normotesi a riposo, ma presentare ipertensione in corso di esercizio fisico a causa del ridotto flusso all'aorta discendente. Per tale ragione è consigliato, in questi pazienti, far eseguire un test da stress, con determinazione della pressione arteriosa, sia pre- che post-operatoriamente. È da notare che se il paziente continua a presentare ipertensione indotta dall'esercizio fisico, anche dopo il trattamento chirurgico effettuato in modo corretto, cioè è legato ad un'insufficiente misura della protesi. Per questo è raccomandato l'utilizzo di protesi del diametro di almeno 20mm nelle donne e di 22 mm nell'uomo.

Il fumo di tabacco, anche se ancora non si conosce la ragione, occupa un importante ruolo nella formazione degli aneurismi dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale così come nell'aorta ascendente e nell'arco. Il fumo di sigaretta non solo è implicato nella genesi dell'aneurisma, ma è causa anche di danno alle vie aeree da cui scaturiscono gravi problemi nei pazienti da sottoporre ad intervento chirurgico. Infatti è necessario determinare preoperatoriamente la capacità respiratoria. Valori di volume espiratorio forzato nel I secondo (FEV 1) < di 1,2 l/m fanno aumentare notevolmente i rischi di complicanze all'intervento. Naturalmente l'habitus del paziente gioca un ruolo importante nella valutazione del rischio operatorio. Comunque, se l'aneurisma si presenta relativamente largo, tanto da occupare molto spazio nell'emitorace sinistro, la funzione respiratoria può migliorare dopo la resezione dello stesso. Il flusso espiratorio forzato (FEF 25-75) è considerato il miglior fattore predittivo di complicanze respiratorie nel post-operatorio. Cio' rappresenta la forza del paziente a fare la tosse ed in tal modo la capacità di espettorare le secrezioni nel post-operatorio. Invece, l'aumento della Co<sub>2</sub> nel sangue e l'ossigenoterapia cronica rappresentano controindicazioni all'intervento.<sup>9-15</sup> Durante l'anamnesi e l'esame clinico è importante ricercare fattori di rischio e/o la presenza di patologie cardiache. Infatti pazienti con aterosclerosi coronarica hanno un rischio di mortalità significativamente più' alto ed una minore sopravvivenza a lungo termine. Per questo motivo deve essere valutato preoperatoriamente lo stato delle coronarie; non solo, ma anche quello delle valvole cardiache, in particolare l'insufficienza aortica perché, durante il cross-clamping, si verifica una significativa riduzione dell'afterload che può' portare ad un'insufficienza acuta di pompa derivante dalla eccessiva distensione miocardica. La forza del ventricolo sinistro e la frazione di eiezione sono dei buoni determinanti per i risultati precoci e tardivi dopo l'intervento. Infatti una frazione di eiezione ridotta è associata ad un alto tasso di mortalità.

Deve essere prestata molta cura anche alla ricerca di patologie renali: un incremento dei livelli di creatinina ematici è associato a non buoni risultati precoci e a distanza. Se i livelli di creatinina risultano molto alti va fatto anche uno studio per valutare la stenosi dell'arteria renale.

## **Esami da eseguire prima di sottoporre i pazienti al trattamento chirurgico**

Un accurato studio preoperatorio è teso prima a valutare l'estensione della resezione, poi a prevenire le complicanze postoperatorie. Tutti i pazienti vengono sottoposti a Tc e/o a RMN del torace e dell'addome al fine di documentare l'estensione dell'aneurisma. I pazienti che portano grossi aneurismi, specialmente quelli in cui sono presenti molti coaguli e placche, e pazienti con disfunzioni renali, vengono sottoposti allo studio con RMN dei vasi viscerali per escludere la stenosi delle arterie renali, mesenteriche e celiaca.

Tutti i pazienti, prima di essere sottoposti ad intervento in elezione per aneurisma dell'aorta toracica o toraco-addominale, devono subire il cateterismo cardiaco con angiografia. Se si

evidenzia una stenosi significativa di una o più coronarie è necessario praticare l'angioplastica con o senza stent, dopo di che il paziente deve essere messo in terapia con Plavix per trenta giorni prima di programmare un intervento di elezione. Gli stents medicati vanno evitati dal momento che richiedono almeno tre mesi di trattamento con farmaci prima dell'intervento. Infine, se il paziente presenta un rigurgito aortico superiore a +2, è necessario sostituire o riparare la valvola prima dell'intervento in quanto il malfunzionamento valvolare potrebbe portare ad una dilatazione del ventricolo e quindi ad arresto cardiaco intraoperatorio. Tutti i pazienti sono sottoposti ad ECG Holter delle 24 ore per l'alta incidenza di aritmie: infatti i soggetti che vengono operati in ipotermia hanno un alto rischio di sviluppare aritmie sopraventricolari, quali la fibrillazione atriale e la tachicardia sopraventricolare. Parimenti tutti i pazienti candidati all'intervento debbono essere sottoposti a test funzionali respiratori. Chi fuma, deve sospenderlo immediatamente perché questo tipo di interventi richiede un'intubazione postoperatoria prolungata che può essere complicata dall'eccesso di secrezioni presente nei fumatori.

## **Protezione del midollo spinale.**

Per quanto concerne l'eziologia e la fisiopatologia della paralisi dopo interventi per aneurismi dell'aorta toracica e toraco-addominale ci sono tre meccanismi principali. Primo è la durata ed il grado di ischemia durante il periodo di cross-clamping. Nei pazienti con coartazione dell'aorta c'è un valido circolo collaterale per l'apporto ematico al midollo in modo che il grado di ischemia non è severo, diversamente che nei pazienti con rottura traumatica e dissecazione acuta dell'aorta dove non si sono formati dei circoli collaterali. Nei grossi aneurismi, come il tipo II di Crawford toraco-addominale, il grado di ischemia del midollo spinale è più severo. Molti studi dimostrano che la durata dell'ischemia è un fattore importante; la dimostrazione di questo è basata su un'analisi di regressione in cui è correlato il tempo di cross-clamping aortico o il tempo di ischemia intercostale con il rischio di deficit neurologico (fig 4). Il risultato è una curva a forma di "S", dalla quale si evince che il rischio di paralisi aumenta rapidamente dopo 30 minuti di cross-clampig nei pazienti con dissecazione acuta o rottura traumatica dell'aorta.<sup>9-10</sup> Nei pazienti con aneurismi toraco-addominali, in virtù di un certo flusso ematico collaterale che si è stabilito, la curva non è completamente ripida. Allo stesso modo per gli aneurismi dell'aorta toracica discendente, quando vi è un circolo collaterale valido, il rischio di paralisi dopo trenta minuti è basso.

Secondo, il mancato ripristino del flusso ematico al midollo dopo il clampaggio aumenta il rischio di danno midollare. Pertanto studi su animali e su uomini suggeriscono che le arterie lombari ed intercostali debbono essere riattaccate al fine di ridurre i deficit neurologici nel postoperatorio.

Terzo, dopo l'iniziale evento ischemico del midollo spinale, un ulteriore danno può derivare dall'instabilità emodinamica del periodo post-operatorio o dalla cascata biochimica derivante dalla riperfusione, incluso lo sviluppo dell'apoptosi.<sup>8-9-21</sup> Pertanto le tecniche operative e le manovre intraoperatorie devono essere tese a ridurre il rischio di incidenti neurologici. Per ridurre i rischi dell'ischemia molta attenzione è posta al tempo di cross-clampig e al tempo di ischemia intercostale. Per tale motivo una veloce ed efficiente anastomosi deve essere fatta nel tempo stabilito. Bisogna adoperare la tecnica che accorcia il tempo di cross-clamping dell'aorta: per esempio l'uso in second-stage della tecnica elephant trunk ogni volta che è indicata. Un metodo valido è basato sul riparo segmentario sequenziale che ristabilisce il flusso ematico al midollo. Una volta portata a termine l'anastomosi prossimale, i clamps sul tratto prossimale dell'aorta toracica discendente e sull'arteria succlavia vengono rimossi in modo da riperfondere l'arteria succlavia e da qui, attraverso le arterie vertebrali e le arterie spinali posterolaterali, ristabilire una quota di flusso ematico diretto al midollo spinale. La porzione media dell'aorta



toracica discendente viene clampata nella fase iniziale del cross-clamping in modo che la porzione di aorta sottostante viene perfusa dal circuito del by-pass atrio-femorale. I vasi intercostali in questo segmento, al di sotto di T6, vengono suturati con un sopraggitto. Questo tratto è in genere a livello della 6 costola che è stata resecata durante la toracotomia. Successivamente, l'aorta viene aperta al di sotto del clump fino al di sopra del tronco celiaco e le arterie intercostali, tra T6 e il tronco celiaco, incluse alcune arterie lombari superiori, sono rianastomizzate alla protesi mediante path di Carrel. Se possibile, la protesi è poi declampata e il patch di Carrel viene ripperfuso ristabilendo ulteriore flusso ematico al midollo spinale anche attraverso le arterie radicolari spinali, così questi vasi collaterali possono rifornire l'arteria anterospinale sia sopra che sotto l'estensione dell'arteria spinale. Il tratto viscerale dell'aorta deve essere riparato riattaccando alcune arterie lombari. Negli aneurismi toraco-addominali tipo II e III di Crawford le arterie lombari vengono riattaccate al segmento addominale come anche l'arteria centrale mediana, se presente. Tale tecnica sequenziale, è dimostrato in alcuni studi, minimizza il periodo di ischemia con ridotto rischio di danno al midollo spinale.<sup>9-17-18-19</sup> In aggiunta, il paziente è condotto in ipotermia moderata (30 C° - 32 C°) con by-pass atrio-femorale oppure in ipotermia spinta con by-pass cardio-polmonare. Altri metodi di raffreddamento locale del midollo includono l'iniezione di soluzione fredda nell'aorta, nello spazio intratecale, epidurale, intrapleurico con vari gradi di risultati (Fig 5).

Le arterie segmentali intercostali e lombari nascono dall'aorta per perfondere vari segmenti vertebrali. Nel neonato le arterie radicolari nascono dalle arterie segmentali ad ogni livello dei forami vertebrali, ma con la crescita molte di queste arterie involgono. Tipicamente, alla fine, due o tre arterie radicolari, dalla fine delle arterie vertebrali, provvedono ad irrorare il tratto cervicale, due o tre il segmento toracico e due o tre il segmento lombare del midollo spinale. Poiché queste arterie radicolari non nascono dall'aorta, esaminando dall'interno l'aorta per verificare quali vasi debbono essere riattaccati non è di grande utilità. Le arterie radicolari toraciche, una volta raggiunta l'arteria spinale anteriore, si biforcano e possono perfondere la corda spinale sia in alto che in basso attraverso l'arteria spinale anteriore. Piccoli rami perfondono anche le due reti posteriori delle arterie spinali. Nascente dalle arterie intercostali basse o dalle lombari alte vi è una grossa arteria radicolare nota come Arteria radicolare magna (ARM) o arteria di Adamkiewicz (Fig 6). Questo vaso può originare da T7 e L 2, ma spesso origina tra il segmento T8 ed L 1. Circa l'80% di questi vasi origina dal paio di sinistra dell'arterie intercostali e lombari. L' ARM si unisce all'arteria spinale anteriore formando una curva ad U in modo da perfondere il tratto lombare del midollo al di sotto di questo livello o dalla congiunzione con l'arteria spinale anteriore. Basato sull'equazione di Poiseuille, secondo la quale la resistenza del flusso è inversamente proporzionale al raggio alla 4°, solo un modestissimo flusso con l'arteria spinale anteriore raggiunge il tratto basso toracico del midollo. Il motivo è dato dal fatto che nel punto di unione dell'ARM con l'arteria spinale anteriore, quest'ultima assume un calibro molto piccolo. Inversamente, il tratto lombare basso del midollo riceve i vasi lombari che sono più ampi e consentono un flusso ematico sufficiente sia valle che a monte. A livello della cauda equina ci sono delle anastomosi che mettono in comunicazione i vasi della cauda con l'arteria spinale anteriore e posterolaterale. Questi vasi bassi possono originare dall'arteria sacrale mediana o dall'iliaca o dall'ipogastrica. L'arteria anterospinale è un vaso che è formato dall'unione di due branche che originano dall'arteria basilare con branche che sono alimentate dalle arterie vertebrali che poi si uniscono, a livello variabile, sul midollo spinale. Numerosi studi hanno dimostrato che l'arteria anterospinale è un vaso intero.<sup>5-11-17-19-20</sup> Questo ha conseguenze significative sulla tecnica operatoria. Ulteriori studi effettuati su umani hanno dimostrato che i vasi posterolaterali del midollo sono variabili; questa rete forma un importante sorgente di sangue per il terzo posteriore del midollo. I due terzi anteriori del midollo, compreso le cellule del corno e le fibre motorie, sono invece dipendenti dall'arteria anterospinale. Pertanto questi studi hanno mostrato che vi è alto rischio di paralisi se le arterie segmentali basse toraciche non vengono riattaccate: infatti, negli

aneurismi toracoaddominali è raccomandato di riattaccare i vasi da T6 a L2.<sup>36-48</sup> Griep et al 15 hanno dimostrato che più vasi intercostali sono sacrificati durante il trattamento di un aneurisma dell'aorta toracica discendente, più alto è il rischio di paraplegia o paraparesi. Pertanto i vasi intercostali al di sotto di T8 debbono essere riattaccati in modo che un adeguato flusso ematico è garantito da altre arterie intercostali e radicolari all'arteria anterospinale. Se le arterie intercostali basse vengono sacrificate può verificarsi l'involvere dell'ARM e delle arterie radicolari toraciche con compromissione dell'afflusso al midollo. Pertanto, nel riparo degli aneurismi toraco-addominali, è raccomandato di riattaccare le arterie intercostali al di sopra dell'ARM. Questa arteria non è la sola che deve essere riattaccata perché si è visto che, specialmente quando l'ARM è occlusa da trombi, persiste un circolo collaterale in grado di irrorare il midollo. Allo stesso modo alcuni pazienti portatori di aneurisma toraco-addominale trattati con posizionamento di uno stent tollerano bene l'occlusione dell'ARM.

Studi basati su modelli animali ed umani dimostrano che alcuni soggetti che dipendono maggiormente da flussi ematici collaterali sono ad alto rischio di paraplegia e paraparesi nel periodo post-operatorio quando appunto si verificano fenomeni ipotensivi.<sup>1-18-19</sup> E' stata praticata l'angiografia selettiva dei vasi che perfondono il midollo spinale con scarsi risultati perché già di per sé l'esame può comportare paraplegia, paresi e insufficienza renale; è una procedura lunga e, una volta identificati i vasi di supplenza del midollo spinale, al momento dell'intervento si incontra una difficoltà oggettiva a riconoscerli esattamente. Molti eventi nel postoperatorio possono condurre alla paraplegia o paraparesi. Ad esempio episodi ipotensivi devono essere evitati mantenendo la pressione arteriosa media al di sopra degli 85 mmHg usando farmaci vasocostrittori ed inotropi. Inoltre i pazienti restano intubati più a lungo rispetto ai pazienti cardiocirurgici, in quanto i problemi respiratori che potrebbero verificarsi nel postoperatorio determinano quasi sicuramente danni neurologici. E' necessario anche rimpiazzare le perdite ematiche, controllare e prevenire le aritmie atriali e ventricolari. Quando possibile, ai pazienti sottoposti ad interventi per aneurismi dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale può essere applicato un drenaggio per il liquido cerebrospinale, questo per alcuni motivi: la pressione di perfusione del midollo spinale è direttamente proporzionale alla pressione sistemica meno la pressione del liquido cefalorachidiano; è stato anche notato che durante l'ischemia al midollo, il drenaggio del liquido cefalorachidiano può rimuovere anche fattori neutrofici negativi come il TPA e falsi trasmettitori derivanti dall'insulto ischemico. Alcuni studi randomizzati hanno appunto dimostrato gli effetti positivi del drenaggio cerebrospinale.<sup>7</sup> Infatti Cascelli e col. nei pazienti trattati per aneurisma toracoaddominale tipo II di Crawford, mantenendo i valori pressori del liquido cerebrospinale al di sotto di 10 mmHg, hanno ottenuto effetti protettivi sul midollo spinale statisticamente significativi. Pertanto, riassumendo, nei pazienti da trattare per tale patologia la protezione midollare, nei soggetti non sottoposti ad arresto circolatorio, deve essere attuata con: 1) somministrando 200 mg di Lidocaina prima del cross-clamping per ridurre i rischi di aritmia; 2) stabilire un by-pass atriofemorale in ipotermia moderata (31°-32°C) prima del cross-clamping aortico; 3) iniettare Papaverina intratecale prima del cross-clamping; 4) attuare il drenaggio del liquido cerebrospinale durante il cross-clamping aortico; 5) confezionare un'anastomosi precisa e veloce assicurando il ripristino del flusso ematico nei vasi intercostali e lombari tra T6 e L2; 6) mantenere il drenaggio del liquido cerebrospinale per almeno due giorni nel postoperatorio; 7) indurre l'ipertensione con farmaci. Nonostante, però, tutti questi accorgimenti si è visto che deficit neurologici possono verificarsi anche tre settimane dopo l'intervento.<sup>8-9-17-19</sup>

## **TECNICHE OPERATORIE**

Le tecniche operatorie per il riparo degli aneurismi dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale sono tese a realizzare un riparo efficace e veloce al fine di ridurre, per le ragioni sopra esposte, il rischio di danno ischemico midollare e l'insufficienza renale. Infatti bisogna porre molta attenzione alla presenza di patologie preesistenti come l'aterosclerosi coronarica e patologie valvolari. Le manovre, inoltre, debbono prevenire l'ischemia midollare, l'insufficienza renale e le aritmie.

### **Tecniche operatorie per gli aneurismi dell'aorta toracica discendente**

L'uso delle protesi tubulari è la tecnica più comune e semplice per il riparo degli aneurismi dell'aorta toracica.

Un catetere spinale di plastica è inserito, in anestesia locale, a livello di L3/L4 o L4/L5 all'interno dello spazio intratecale, a 20 – 25 cm dalla cute. Attraverso il catetere viene rilasciata nello spazio intratecale la Papaverina perché a questo livello il midollo spinale è più vulnerabile all'ischemia. Dopo il fissaggio viene effettuato un controllo radiologico per verificare il corretto posizionamento del catetere. Poiché il paziente è ancora sveglio, bisogna chiedergli se avverte dolore o parestesie e di muovere le gambe per verificare che non ci sia stato un danno al midollo.

Successivamente il catetere morbido in Silastic è collegato alla linea della pressione arteriosa e fissato bene alla cute del paziente per evitare che si pieghi e si blocchi il drenaggio del liquido cefalorachidiano.

Il paziente viene sottoposto ad anestesia generale con posizionamento di un tubo tracheale a doppio lume; viene inserita una linea nell'arteria femorale destra mentre il paziente è fatto distendere lentamente sul dorso. Questa serve a misurare la pressione nell'arteria femorale quando parte il circuito del by-pass atrio-femorale. Il paziente viene poi posizionato sul lato destro per eseguire la toracotomia sinistra, con un angolo di rotazione di 70° con possibilità di ruotarlo fino a 45° per accedere all'arteria femorale sinistra. Viene disinfettato e coperto con uno sterile-drapes sul sito dell'intervento. L'arteria femorale viene esposta e circondata con una fettuccia. L'incisione cutanea viene praticata dall'angolo della scapola lungo la costola fino alla linea ascellare media. I muscoli vengono divisi con l'elettrobisturi, si contano le costole e si identifica la V. L'asportazione o meno di quest'ultima dipende dal tipo di aneurisma: se la parte distale dell'arco o l'arteria succlavia di sinistra sono coinvolti e l'arteria deve essere campata fra l'arteria carotide comune di sinistra e l'arteria succlavia sinistra, la V costola viene rimossa. Appena entrati nel cavo toracico, il legamento polmonare inferiore viene inciso per esporre la vena polmonare inferiore. L'aorta viene dissezionata circonferenzialmente dai tessuti circostanti al di sopra e al di sotto dell'area coinvolta dall'aneurisma. Se è coinvolto l'arco distalmente, l'arteria succlavia sinistra deve lo stesso essere dissezionata. E' controindicato usare la fettuccia intorno all'aorta perché si corre il pericolo di suturarla nell'anastomosi.<sup>9</sup> (Fig 7).

A questo punto il paziente viene eparinizzato con basse dosi Eparina. Una borsa di tabacco viene applicata alla vena polmonare inferiore; viene fatta passare una cannula nella vena fino all'atrio sinistro, prestando attenzione a far fuoriuscire tutta l'aria dal sistema; la cannula viene poi collegata al circuito della pompa centrifuga del by-pass atrio-femorale.

Si clampo l'arteria femorale, si apre e si inserisce la cannula arteriosa. A questo punto il paziente è sottoposto a by-pass atrio-femorale ed è portato ad una temperatura di 32° C. Mentre si raffredda, gli vengono somministrati lentamente (in 5 minuti) 30 mg di Papaverina nello spazio intratecale ad una temperatura di 37° C. Questo accorgimento previene i rischi di una risposta simpatica, quando una soluzione calda viene iniettata nello spazio intratecale, con

riduzione della pressione arteriosa. L'iniezione di Papaverina è preceduta dalla sottrazione di 3-5 ml di liquido cefalorachidiano che si fa defluire nella cannula di Silastic.<sup>4</sup>

Quando il paziente raggiunge la temperatura stabilita, monitorata attraverso un catetere di Swan-Ganz, l'aorta è cross-clampata ed al liquido cefalorachidiano è consentito di fuoriuscire secondo gravità. L'aorta clampata viene aperta e la protesi viene attaccata con una sutura continua. Quando si esegue questa manovra è importante ricercare e preservare il nervo ricorrente. Se l'arteria succlavia sinistra è stata clampata per eseguire l'anastomosi prossimale, un clamp viene messo distalmente sulla protesi dopo che l'anastomosi prossimale è completata in modo da flushare e rimuovere completamente il clamp prossimale. A questo punto si perfeziona l'emostasi dell'anastomosi. Se l'anastomosi si trova a livello del terzo distale dell'aorta toracica, è più semplice confezionare l'anastomosi distale sul diaframma. Se la sostituzione non supera il livello di T7 o T8, i vasi intercostali vengono chiusi senza essere riattaccati. Se invece si supera tale livello, i vasi tra T7 e T11 debbono essere preservati e pertanto devono essere riattaccati lungo la parete laterale della protesi con una lunga continua di punti. La protesi viene clampata prima distalmente, poi prossimamente prima di chiudere l'ultimo punto ed il paziente viene posizionato a testa in giù.<sup>10</sup> Successivamente, quando possibile, la protesi viene avvolta dalla sacca aneurismatica. Nei pazienti nei quali bisogna sostituire l'aorta sotto il tronco celiaco, il diaframma può essere aperto a livello dello iato aortico, senza aprirlo per intero; viene passato un divaricatore di Perks per esporre il tripode; è importante posizionare questo divaricatore con cura per evitare danni alla milza. E' raccomandato di non aprire circonferenzialmente il diaframma per evitare problemi respiratori nel postoperatorio.

I danni traumatici dell'aorta possono essere riparati con sutura diretta senza inserzione di protesi. Quando si usa la protesi, se la breccia è piccola, spesso, si apre la stessa e si posiziona come un patch (Fig 8).

L'infezione della protesi è un problema difficilmente risolvibile. Quando ciò accade si posiziona una cannula sotto guida Tc nella cavità infetta per irrorarla con antibiotici. Solo occasionalmente si ottiene la sterilizzazione della protesi infetta, ma è comunque un approccio da tentare per prima. Alternativamente la protesi deve essere sostituita e coperta con un flap di omento, in più viene posizionato un tubo di drenaggio per consentire l'irrigazione con gli antibiotici.

## **Tecniche operatorie per gli aneurismi dell'aorta toraco-addominale**

Per questo tipo di aneurismi l'anestesia e il catetere cerebrospinale sono gli stessi utilizzati per il trattamento di quelli toracici. La posizione operatoria è lievemente differente. Il torace e le spalle sono posizionati a circa 60° sul tavolo e nel campo operatorio deve essere compreso l'addome fino al pube (Fig 7). In aggiunta, se c'è necessità di inserire una protesi biforcata nell'arteria iliaca o femorale sul lato destro, l'inguine destro deve essere compreso nel campo operatorio.

L'incisione viene praticata a partenza dalla scapola, attraverso il margine sottocostale fino all'ombelico. La VI costola viene resecata ed il diaframma viene mobilizzato incidendolo circonferenzialmente. A questo punto può essere o meno usato un approccio extraperitoneale. Si posiziona un divaricatore e si circonda l'aorta a monte e a valle dell'aneurisma. Per ridurre il periodo di ischemia intercostale si deve cercare, dove possibile, di eseguire una riparazione sequenziale. Nei pazienti con grossi aneurismi toraco-addominali si mobilizzano in successione: l'aorta e l'arco tra la carotide comune di sinistra e la succlavia sinistra; l'arteria succlavia sinistra; l'aorta fino a livello della VI costola; il tratto immediatamente sopra il tronco celiaco, dove c'è spesso un collo; il tratto lungo le arterie renali; infine l'aorta distale compresa

l'arteria iliaca di sinistra. Questo approccio di sostituzione segmentaria sequenziale consente di mantenere il più possibile la per fusione midollare.<sup>9-17-18</sup>

Si prepara un by-pass atrio-femorale come già descritto. Nei soggetti con aneurismi toraco-addominali tipo III e IV di Crawford si cannula l'aorta discendente per inserirla nel circuito del by-pass. La sequenza operatorio per gli aneurismi di tipo II di Crawford richiede il clampaggio dell'arco aortico distale, dell'arteria succlavia di sinistra e dell'aorta a livello di T6 (Fig 9).

L'aorta viene aperta e si confeziona l'anastomosi a livello dell'arco distalmente o a livello dell'arteria succlavia di sinistra. Quest'ultima viene successivamente declampata per far riempire la protesi e verificarne l'emostasi. I vasi intercostali al di sotto di T6 vengono chiusi. Successivamente l'aorta è clampata a livello del diaframma al sopra del tripode celiaco dopo aver clampato anche la protesi. L'aorta sotto il clamp diaframmatico viene aperta, ripulita da ogni detrito, vengono identificati accuratamente i vasi intercostali che vengono riattaccati alla protesi con patch di Carrel. Questo deve essere fatto dal livello di T6 fino al clamp. Un clamp viene posizionato sotto l'arteria renale in prossimità dell'aorta infrarenale, si perfondono i vasi intercostali, si apre il segmento viscerale. Dopo aver attuato il raffreddamento dei reni, bisogna decidere come comportarsi con i vasi renali. Se ci sono altri vasi intercostali o lombari è evidente che debbano essere riattaccati, particolarmente a questo livello, perché qui la per fusione midollare può essere critica. In molti pazienti, specialmente se non sono affetti dalla sindrome di Marfan, i vasi viscerali possono essere riattaccati con un singolo patch oppure con un patch multipli, uno per la mesenterica superiore, uno per il tronco celiaco, uno per l'arteria renale destra, mentre l'arteria renale di sinistra può essere riattaccata direttamente o con l'interposizione di un graft. A questo punto si posiziona un clamp sotto il tratto viscerale in modo che i vasi viscerali vengono per fusi, prestando attenzione ad eliminare tutta l'aria prima di ristabilire il flusso. Il segmento infrarenale viene sostituito attraverso il clampaggio della biforcazione o, più spesso, clampando l'arteria iliaca comune di sinistra; il resto dell'aorta viene aperto. Le arterie lombari a questo livello sono generalmente preservate includendole nell'anastomosi. Conclusa l'anastomosi distale, il paziente viene riscaldato ed il by-pass atrio-femorale è bloccato. E' importante che il paziente non venga riscaldato troppo per il rischio di danno midollare. La sacca aneurismatica viene avvolta attorno alla protesi ed il by-pass rimosso (Fig. 10)

## **Trattamento combinato**

Con questa tecnica, di recente introduzione, viene usato un accesso trans-peritoneale, attraverso il quale viene esposta l'aorta addominale e l'origine delle arterie renali, il tronco celiaco e l'arteria mesenterica superiore. La sede del sito di accesso del by-pass è determinata dalla estensione dell'aneurisma; in genere è usata l'arteria iliaca comune. Il lembo del tronco celiaco viene tunnellizzato di fronte alla vena renale attraverso il tessuto lasso dietro il pancreas; l'anastomosi viene confezionata inferiormente alla confluenza tra l'arteria epatica e la gastrica di sinistra. La protesi per la mesenterica superiore viene modellata a forma di C. Successivamente viene effettuato il by-pass per le arterie renali. Graft separati vengono utilizzate per ogni arteria col metodo sequenziale. La protesi finale viene chiusa nel retroperitoneo o coperta con un flap di omento per evitare le aderenze dell'intestino (Fig. 11).

Si sceglie a questo punto un sito per l'entrata dello stent. In primis è scelta l'arteria femorale, perché in genere è meno tortuosa. Successivamente viene introdotto un catetere da angiografia nel sito controlaterale e gli stents vengono passati per escludere l'aneurisma. Tra gli stents, quello più usato è lo stent di Talent. Un controllo tramite Tc viene eseguito prima a 3 mesi, successivamente a 6 e a 12 mesi.<sup>22</sup>

## RISULTATI

Il trattamento degli aneurismi dell'aorta toracica discendente e toraco-addominale hanno una sopravvivenza del 98%, con un rischio di paraplegia o paraparesi del 5% 45. Il più' alto rischio si riscontra negli aneurismi toraco-addominali del tipo II di Crawford. In una review, la sopravvivenza a lungo termine dei pazienti sottoposti a tutti i tipi di interventi di sostituzione dell'aorta, considerati nell'insieme, è del 60% a 5 anni; la curva di sopravvivenza, a 10 anni, calcolata col metodo di Kaplan-Maier è quella mostrata in figura, su una popolazione di 4170 pazienti trattati chirurgicamente per aneurisma dell'aorta. 9.

Per quanto riguarda il trattamento combinato, nei 23 casi trattati da Alan Blak e coll, la mortalità è stata del 13%. In nessun paziente si è verificata paraplegia o paraparesi. In 9 pazienti è stato necessario un prolungamento dell'assistenza respiratoria ed in 4 è stato necessario un supporto cardiologico con farmaci inotropi positivi.22

Con tale procedura è possibile trattare gli aneurismi toraco-addominali di tipo I, II e III di Crawford, mentre per il tipo IV è ancora necessario l'intervento esclusivamente di tipo chirurgico.

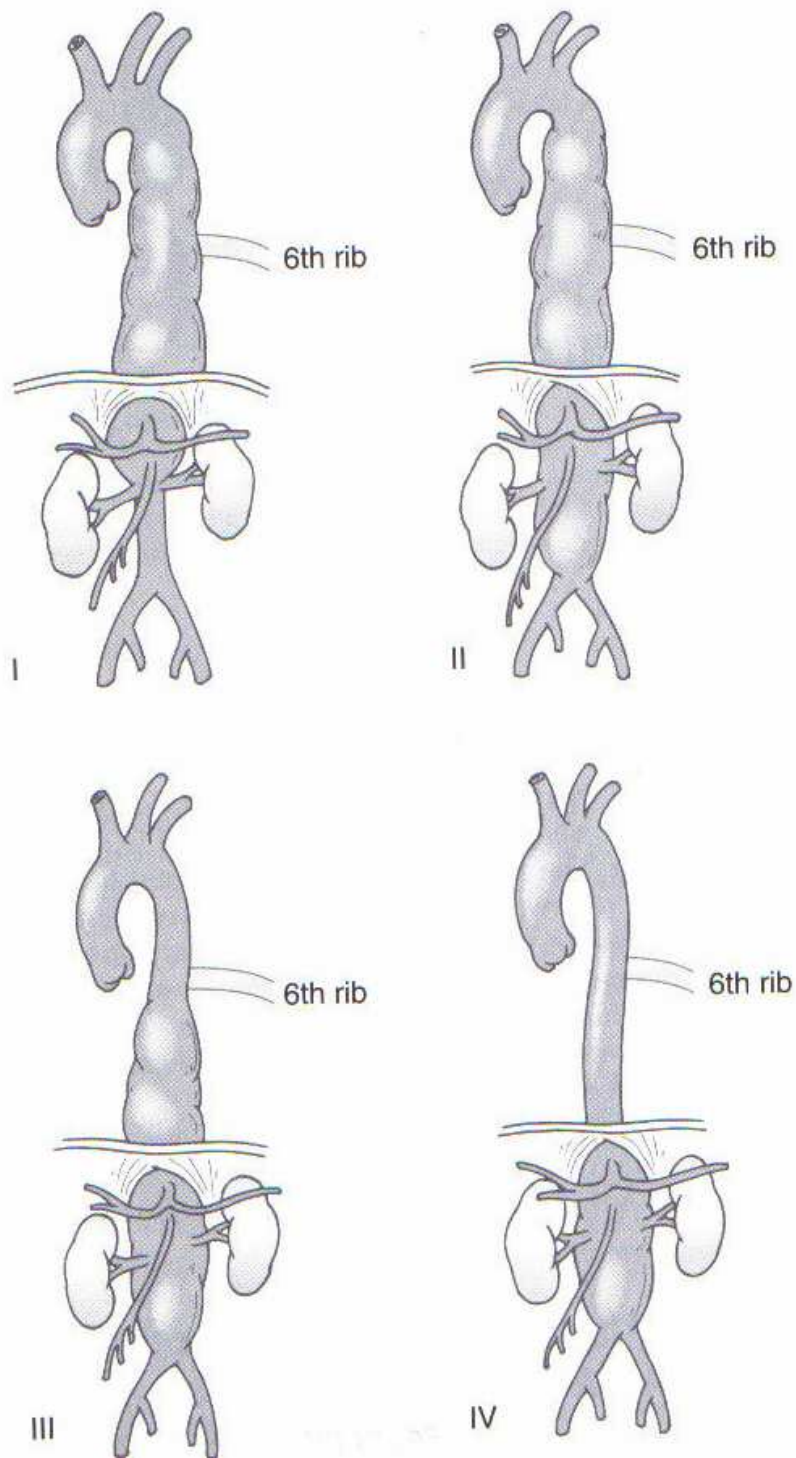


Fig. 1 Classificazione degli aneurismi toraco-addominali sec. Crawford.



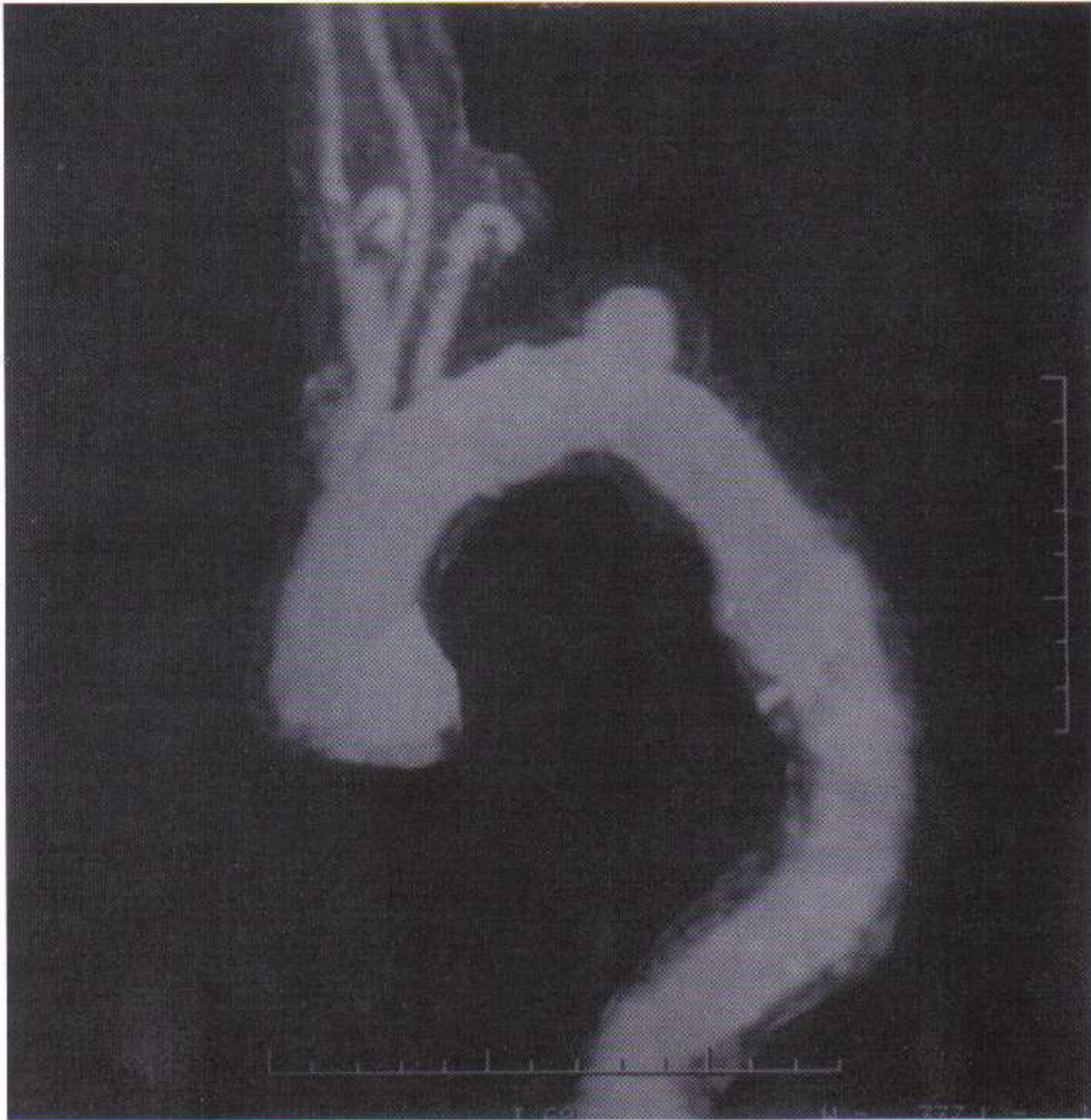


Fig. 2 : aneurisma sacculare.



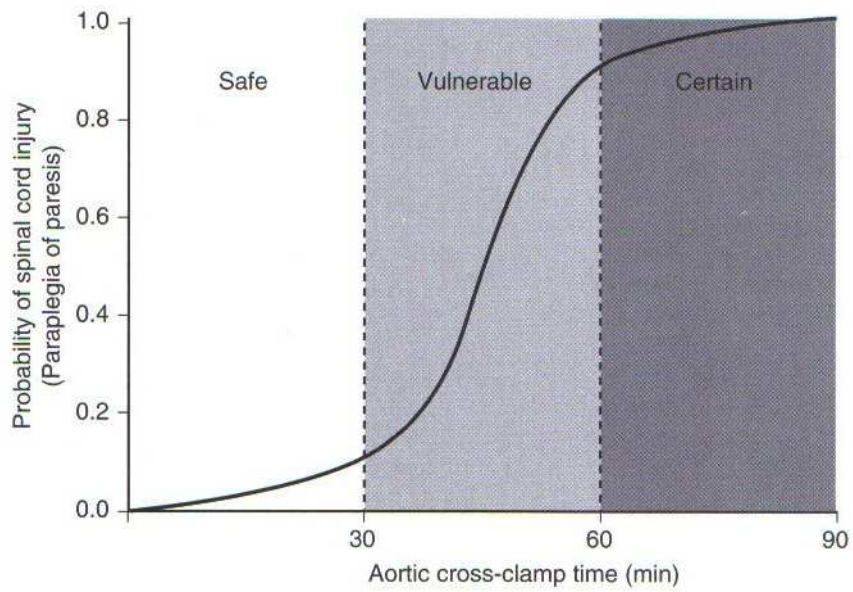
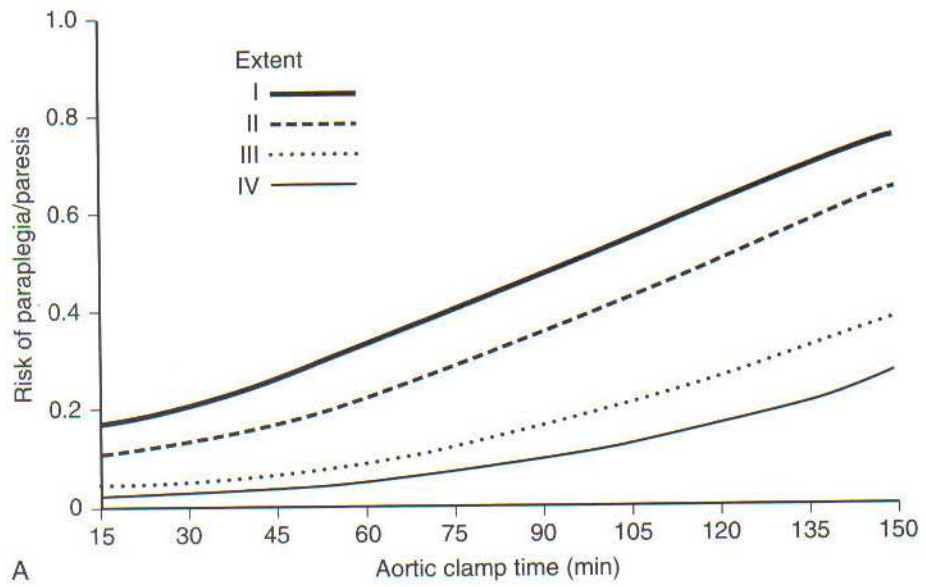
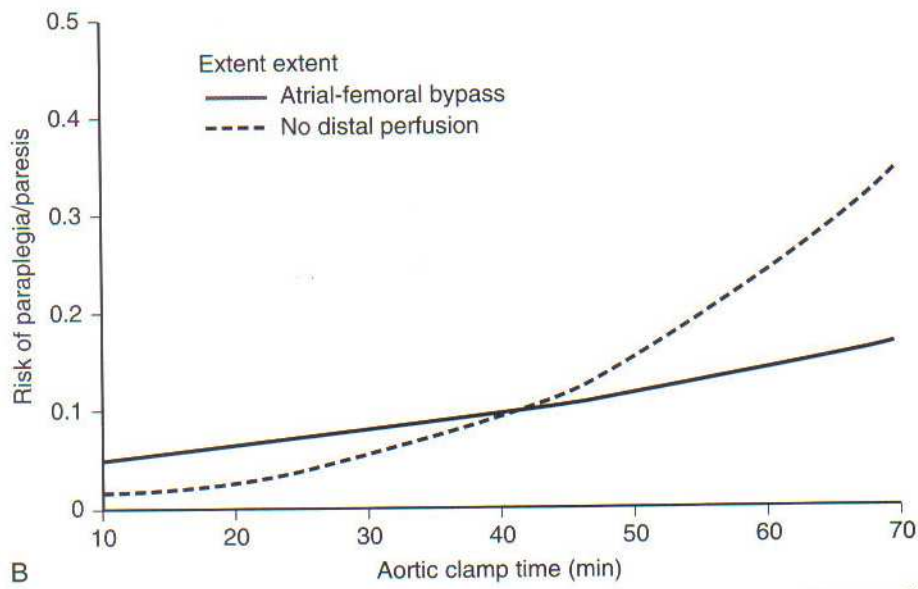


Fig. 3. Relazione tra il cross-clampaortico e la probabilità del danno spinale.



A



B

(Continued)

Fig. 4 Relazione tra cross-clamp aortico e rischio di paraplegia/paraparesi

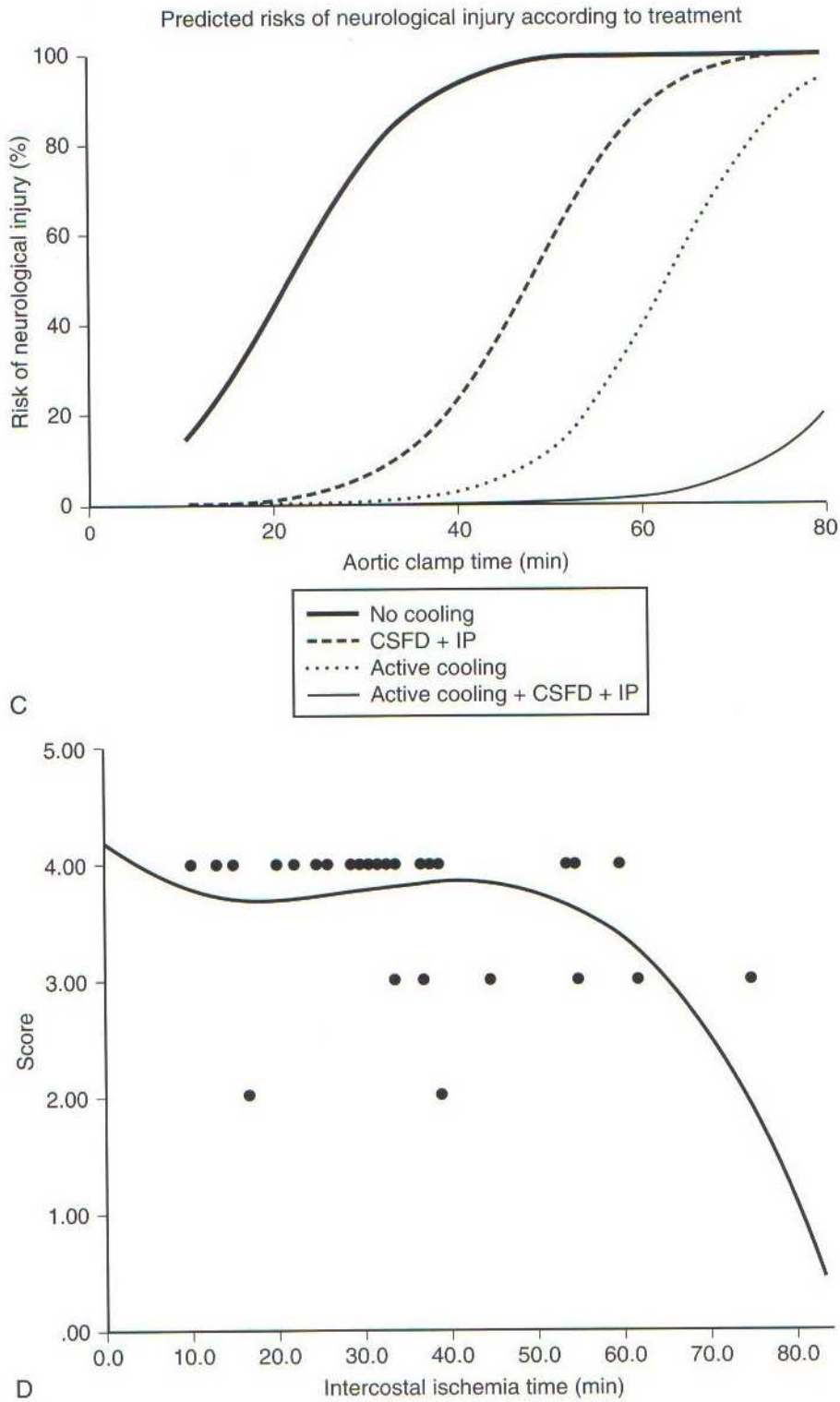


Fig. 5 Relazione tra il tempo di cross-clamp aortico e il danno neurologico basato sull'utilizzo di varie protezioni midollari.

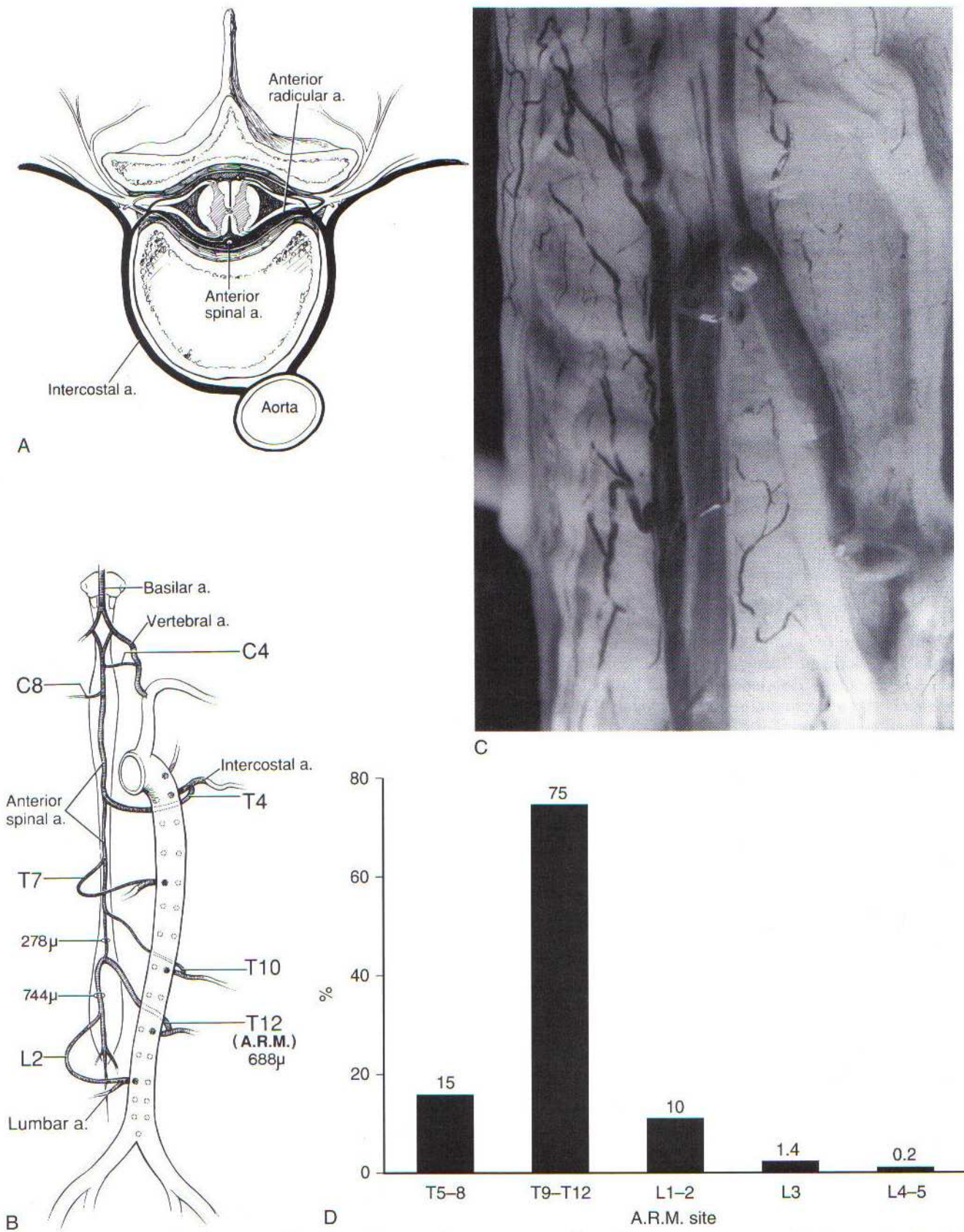


Fig. 6 Vascolarizzazione midollare; origine dell'arteria radicolare magna - ARM-.



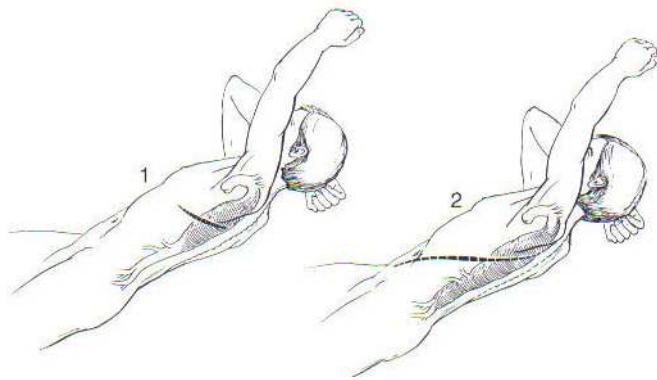
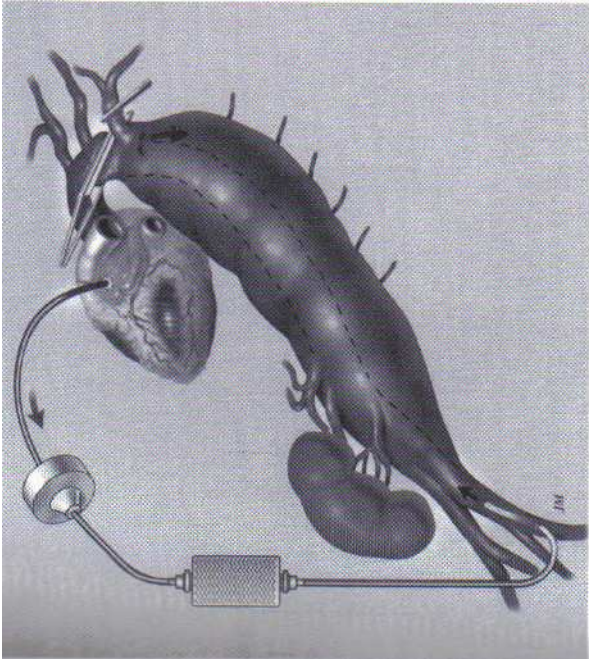
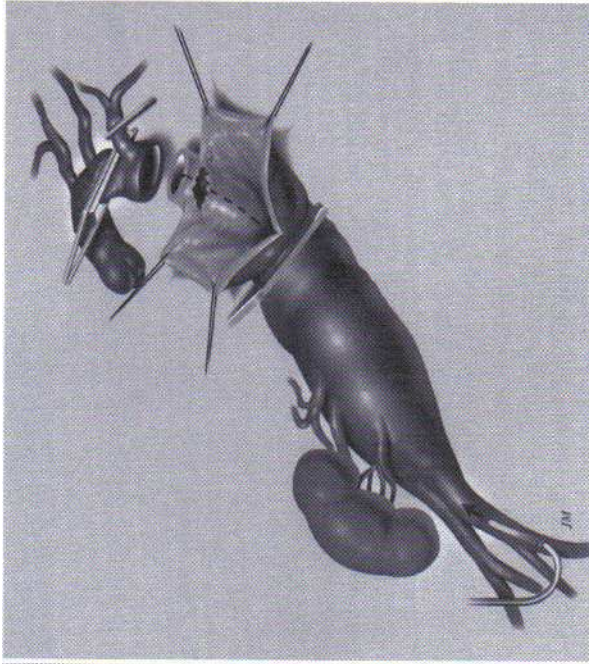


Fig. 7. Toracotomia (1) e Toracofrenolaparotomia (2).



Fig. 8 Riparo di rottura traumatica con path di protezi.



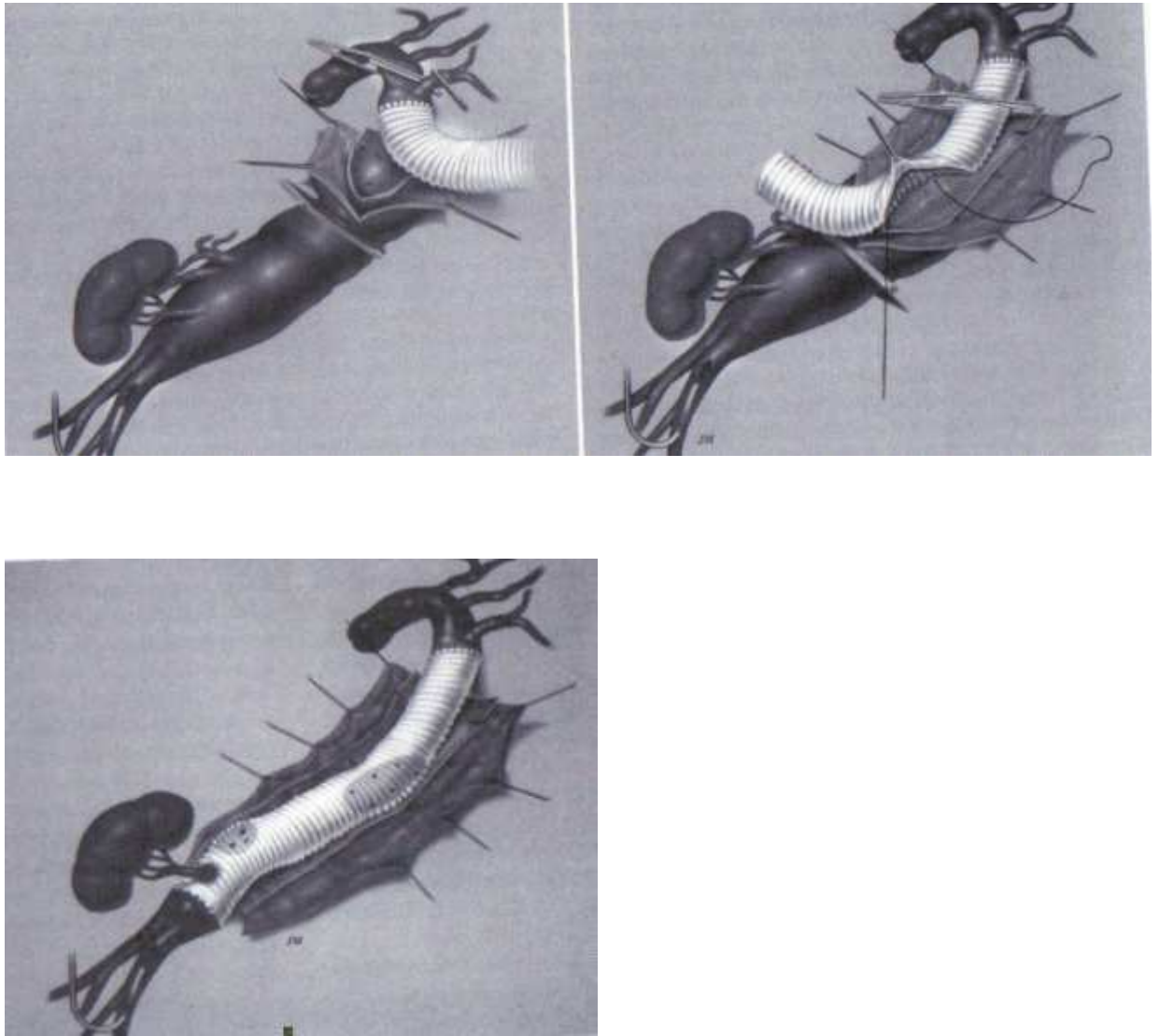


Fig. 9 Riparo sequenziale di un aneurisma toraco-addominale.



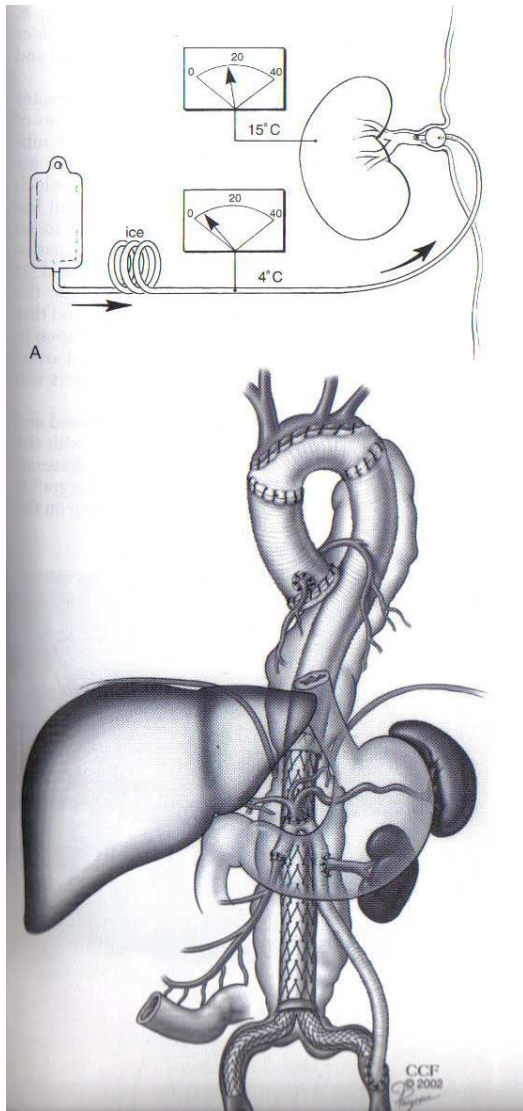


Fig. 10 Risultato finale del riparo di aneurisma toraco-addominale.



Fig. 11 Trattamento combinato



## Bibliografia.

- 1) Crawford ES, Svensson LG, Hess KR, et al: a prospective randomized study of cerebrospinal fluid drainage to prevent paraplegia after high-risk on thoracoabdominal aorta. *J Vasc Surg* 13: 36-45, 1991.
- 2) Griep RB, Ergin MA, Galla Jd, et al: Looking for the artery of Adamkiewicz: a quest to minimize paraplegia after operation for aneurysms of the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 112: 1202-1215, 1996.
- 3) Robinson BL, Nadolny EM, Entrup MH, Svensson LG: Management of right-sided aortic arch aneurysms. *Ann Thorac Surg* 72: 1764-1765. 2001.
- 4) Saltman AE, Snensson LG: Chronic traumatic aortic pseudoaneurysm: resolution with observation. *Ann Thorac Surg* 67: 240-241, 1999.
- 5) Svensson LG: Management of acute aortic dissection associated with coarctation by a single operation. *Ann Thorac Surg* 58: 241-243. 1994.
- 6) Svensson LG: Management of thoraco-abdominal graft infection. In Calligaro K Veith FJ editors: management of infection arterial graft. St Lo: Quality Medical Publishing, Inc., 1994, pp. 65-81.
- 7) Svensson LG: Management of graft infection of the ascending aorta and aortic arch. In Kieffer E, editor: Arterial infection. Paris: expansion Scientifique Francaise, 1997.
- 8) Svensson LG: New and future approaches for spinal cord protection. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 9: 206-221, 1997.
- 9) Svensson LG, Crawford ES: Cardiovascular and Vascular Disease of the Aorta. Philadelphia: W.B. Saunders, 1997.
- 10) Svensson LG, Loop FD: Prevention of spinal cord ischemia in aortic surgery: In Bergan JJ, Yao JST editors. Arterial Surgery. New-York 1988, pp2273-2285.
- 11) Svesson LG, Klepp P, Hinder RA: spinal cord anatomy of the baboon: comparison with man and implications on spinal cord blood flow during thoracic aortic cross clamping. *S Afr J Surg* 24: 32-34 1986.
- 12) Svesson LG, Crawford ES, Hess KB, et al: Thoracoabdominal aortic aneurysm associated with celiac, superior mesenteric, and renal artery occlusive disease: methods and analysis of result in 271 patients. *J Vasc Surg* 16: 378-389; 1992.
- 13) Svesson LG, Coselli JS, Safi HJ, et al: Appraisal of adjuncts to prevent acute renal failure after surgery on the thoracic aorta or thoracoabdominal aorta. *J Vasc Surg* 10: 230-239, 1989.
- 14) Svesson LG, Crawford ES, Hess KB, et al: Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg* 17: 357-370, 1993.
- 15) Svesson LG, Hess KR, Coselli JS, et al : a prospective study of respiratory failure after high-risk surgery on the thoracoabdominal aorta. *J Vasc Surg* 14: 271-282, 1991.
- 16) Svesson LG, Hess KR, Coselli JS, et al: Influence of segmental arteries, extent, and atrio-femoral by-pass on postoperative paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repairs. *J Vasc Surg* 20: 255-262, 1994.
- 17) Svesson LG, Hess KR, D'Agostino RS et al : Reduction of neurologic injury after high-risk thoracoabdominal aortic operation. *Ann Thorac Surg* 66: 132-138, 1998.
- 18) Svesson LG, Khitin L, Nadolny EM, Kimmel WA: Influence of systemic temperature on paralysis after complete thoracoabdominal and descending aortic operation. *Arch Surg* 138: 175-179.2003.
- 19) Svesson LG, Patel V, Robinson MF et al: Influence of preservation or perfusion of intraoperatively identified spinal cord blood supply on spinal motor evoked potentials and paraplegia after aortic surgery, *J Vasc Surg* 13: 355-365, 1991.

- 20) Svesson LG, Rickards E, Coull A, et al: Relationship of spinal cord blood flow to vascular anatomy during thoracic aortic cross-clamping and shunting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 91: 71-78. 1986.
- 21) Svesson LG, Von Ritter CM, Groenveld HT et al: Cross clamping of the thoracic aorta: influence of aortic shunts, laminectomy, papaverine, calcium channel blockers, allopurinol, and superoxide dismutase on spinal cord blood flow and paraplegia in baboons. *Ann Surg* 204: 38-47, 1986.
- 22) Alan Black S, Wolfe JHN, Clark M, Hamady M, Cheshire NJW, Jenkins MP: Complex thoracoabdominal aortic aneurysms: endovascular exclusion with visceral revascularization. *J Vasc Surg.* 43; 6: 1081-1087.