

TRATTAMENTO ENDOVASCOLARE DI ANEURISMI AORTICI PARARENALI E IUXTARENALI

Paolo Mingazzini¹, Pietro Mingazzini²

¹Centro Diagnostico Italiano - Università di Milano Bicocca

²Direttore UOC Chirurgia Vascolare – Ospedale Salvini – Garbagnate Milanese

Parole chiave: *Aneurismi Aorta, Pararenali, Juxtarenali, Esclusione Endovascolare Endoprotesi Fenestrate, Tecnica Chimney, Periscope, Snorkel*

Key Words: *Aortic Aneurysm, Pararenal, Juxtarenal, Endovascular Exclusion, Fenestrated Endografts, Snorkel, Chimney, Periscope Technique*

RIASSUNTO

Gli aneurismi aortici complessi iuxta e pararenali, che coinvolgono i rami viscerali dell'aorta, sono rimasti appannaggio della chirurgia tradizionale aperta sino a circa quindici anni fa, per la difficoltà di ottenere una sicura esclusione dell'aneurisma in mancanza di un colletto aortico sottorenale, che fornisse un valido punto di ancoraggio all'endoprotesi. Dopo i buoni risultati acquisiti con il trattamento endovascolare degli aneurismi dell'aorta sottorenale, sono state sviluppate nuove tecniche e materiali che consentono oggi la correzione endovascolare anche di aneurismi aortici complessi iuxta e pararenali, ed anche soprarenali e toracoaddominali, estendendo il trattamento anche a pazienti ad alto rischio per comorbidità, proibitivo per la chirurgia aperta.

Queste procedure utilizzano endoprotesi branched, con rami per le arterie viscerali ed iliache, oppure endoprotesi fenestrate, confezionate per la conformazione anatomica del singolo paziente, con aperture ove anastomizzare i rami viscerali attraverso stent-graft. È stata inoltre introdotta e già validamente testata la metodica Chimney (/snorkel /periscope), adattabile anche estemporaneamente a differenti conformazioni anatomiche ed a più rami da riperfondere. Proprio le caratteristiche di adattabilità di questa metodica ne permettono l'utilizzazione anche per complicanze di trattamenti endovascolari, come le estensioni prossimali per leak di 1° tipo, conservando il flusso in un ramo ricoperto di necessità. La recente introduzione di endoprotesi fenestrate preconfezionate, insieme alla metodica chimney, consentono di trattare casi complessi, anche in emergenza per fissurazione o rottura di aneurismi. Vengono mostrati esempi dalla casistica personale.

ABSTRACT

Endovascular treatment of pararenal and juxtarenal aortic aneurysms

Complex juxta and pararenal aortic aneurysms, involving the visceral branches of the aorta, remained preserved to traditional open surgery until about fifteen years ago, due to the difficulty of obtaining a stable aneurysm exclusion, in the absence of an infrarenal aortic neck that would provide a safe anchor point to the endograft. After the good results obtained with endovascular treatment of infrarenal aortic aneurysms, new techniques and materials have been developed, that enable today endovascular correction of complex juxta/pararenal aortic aneurysms, and even suprarenal and thoracoabdominal, extending the treatment option to patients at prohibitive risk for open surgery, due to comorbidities. These procedures use branched endografts, with outlets to the

visceral and iliac arteries, or fenestrated endografts, constructed for the anatomical configuration of the individual patient, with openings where anatomize visceral branches through stent-grafts. It was also introduced and already validly tested the Chimney method (snorkel/periscope), ready adaptable to different anatomical conformations and more branches to anastomize. The adaptability of this method allow its use for the correction of endovascular complications, such as proximal extensions for type I leak, restoring flow in a branch covered by necessity. The recent introduction of off-the-shelf fenestrated endoprostheses, together with the chimney method, allow to treat complex cases, also in case of emergencies for fissuration or rupture of aneurysms. (cited examples from personal series)

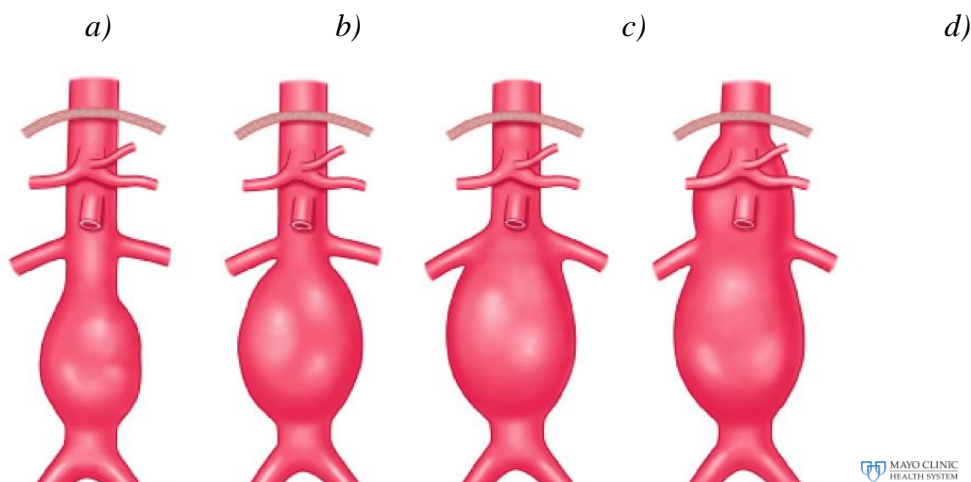
INTRODUZIONE

Gli aneurismi aortici sono definiti come dilatazione permanente e localizzata dell'aorta, con aumento di diametro di oltre il 50% di quello normale. La grande maggioranza (80% circa) degli aneurismi aortici riguarda il tratto addominale, di questi il 90% si trova nel segmento aortico al di sotto delle arterie renali.

A volte la dilatazione aortica si avvicina all'origine delle arterie renali, tanto da ridurre il "colletto" sottorenale a meno di un centimetro. Questi sono gli aneurismi iuxtarenali. Gli aneurismi aortici pararenali sono invece quelli estesi a comprendere l'origine delle arterie renali (una od entrambe).

Fig.1 - Aneurismi dell'aorta addominale:

a) Sottorenale; b) iuxtarenale; c) pararenale; d) soprarenale



Il termine pararenale è stato talora usato anche impropriamente, tanto da indurre la Commissione americana per i "Reporting Standards" a considerare iuxta e pararenali sinonimi, definendo invece "soprarenale" l'aneurisma che coinvolge una od entrambe le arterie renali [1].

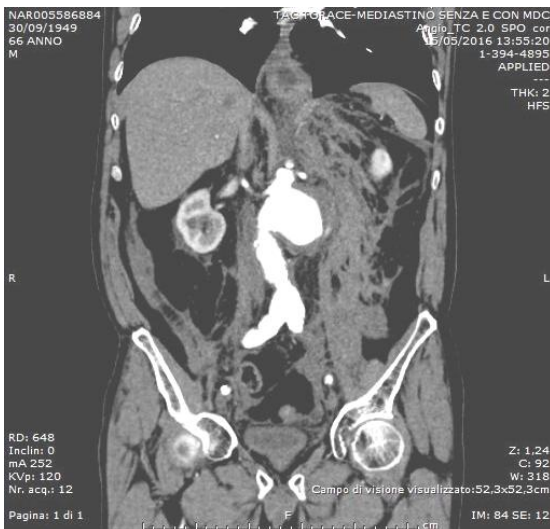
La questione non è puro sofisma, poiché implica la possibilità, o meno, di clampare l'aorta al di sotto delle arterie renali, per la riparazione tradizionale, in "chirurgia aperta" degli aneurismi aortici. Un clampaggio soprarenale può infatti condizionare una sofferenza ischemica del parenchima

renale, se il tempo d'ischemia si prolunga, con insufficienza renale secondaria. Il problema è ancora più complesso se la dilatazione aneurismatica comprende la mesenterica superiore ed anche il tronco celiaco, con il rischio d'ischemia intestinale. Se l'aneurisma invece è esteso in alto sino al passaggio diaframmatico, si parla di aneurisma aortico toracoaddominale di 4° tipo, che interessa l'aorta sopraceliaca.

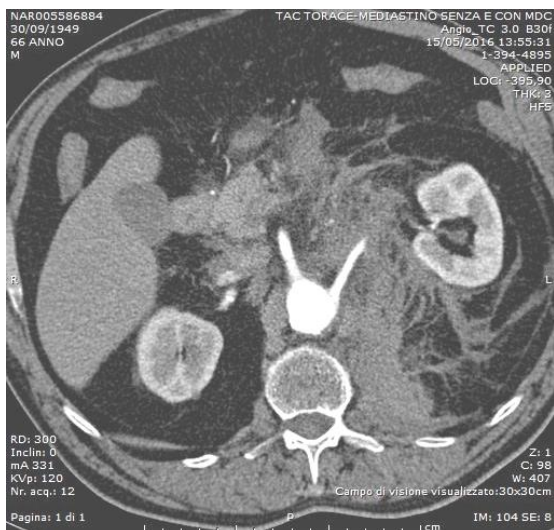
La riparazione di questi aneurismi, anche se di riscontro non frequente, ha rappresentato un cimento per i Chirurghi Vascolari, alla ricerca delle tecniche più appropriate in grado di ridurre le possibili complicanze da sofferenza ischemica viscerale. Non solo insufficienza renale, ma anche ischemia intestinale, epatica e del midollo spinale. Furono iniziate da De Backey negli anni 50 le ricostruzioni protesiche con branche per i rami viscerali [2]. Crawford introdusse poi la tecnica rivoluzionaria di inclusione nell'aneurisma ed anastomosi diretta alla protesi di tratti della radice aortica dei vasi viscerali [3]. Gli aneurismi iuxtarenali possono talora essere affrontati con un clampaggio soprarenale temporaneo, che permetta, una volta deteso l'aneurisma, il posizionamento di un secondo clamp con precisione a filo e sottostante l'origine delle arterie renali, tanto da mantenere la perfusione ematica ai reni e consentire l'anastomosi prossimale della protesi all'aorta sottorenale. Se invece il colletto aortico non è isolabile, ma consente ancora l'anastomosi di una protesi, il clampaggio soprarenale indurrà ischemia renale per il tempo dell'anastomosi. Si può ricorrere, in questo caso, a precedente perfusione selettiva con soluzioni perfrigerate, che aumentano la tolleranza del rene all'ischemia, sino al completamento dell'anastomosi prossimale, per poi spostare il clamp sulla protesi e riperfondere così i reni. Gli aneurismi soprarenali e toracoaddominali richiedono tempi prolungati per la loro ricostruzione, devono essere dunque spesso affrontati con l'ausilio della circolazione extracorporea [4].

Fig.2 – Aneurisma pararenale rotto in peritoneo:

a) *l'arteria renale destra nasce dall'aneurisma rotto, con infiltrazione dei mesi*



b) *la renale sinistra emerge immediatamente sotto la mesenterica superiore (In chirurgia aperta, con clampaggio soprarenale, l'anastomosi prossimale verrà confezionata a comprendere, con incisura sulla protesi, l'origine dell'arteria renale destra).*



Morbilità e mortalità aumentano con l'aumentare della lunghezza e complessità dell'intervento, anche in relazione all'ampiezza dell'accesso chirurgico, con estese laparotomie ed aperture toraco-addominali. Inoltre i pazienti affetti da aneurismi aortici complessi, data l'origine soprattutto degenerativa della patologia con importante componente arteriosclerotica, sono in età avanzata e presentano svariati fattori di rischio chirurgico per patologie associate, e conseguente alto grado ASA (coronaropatia, riduzione della funzionalità cardiaca, broncopneumopatia cronica, spesso insufficienza renale ecc.) [5]. Tutto ciò concorre ad aumentare il rischio operatorio per l'intervento in chirurgia tradizionale "aperta", per questa ragione sono state applicate in modo crescente in questi ultimi anni le metodiche endovascolari, opportunamente modificate, onde permettere la correzione degli aneurismi aortici pararenali e iuxtarenali, preservando l'irrorazione delle arterie viscerali interessate dall'aneurisma [6, 7]. Le tecniche endovascolari consentono infatti di estendere l'indicazione alla correzione chirurgica anche a quei pazienti con patologie associate che rendono proibitivo un intervento in chirurgia aperta.

Tecniche Endovascolari

Numerosi trials internazionali hanno ormai dimostrato chiaramente che le metodiche endovascolari sono in grado di fornire risultati paragonabili alla chirurgia tradizionale aperta nel trattamento degli aneurismi dell'aorta addominale riducendone in diverse casistiche la mortalità [8, 9]. I vantaggi forniti dall'esclusione endovascolare sono la minor invasività, che consente di trattare anche pazienti ad alto rischio per la chirurgia aperta; inoltre la degenza post operatoria è più breve, con minor ricorso al Reparto di Rianimazione [5, 9].

A svantaggio del trattamento endovascolare sta invece la necessità di sottoporre i pazienti ad un fitto programma di controlli a distanza dall'intervento, per correggere prontamente eventuali complicanze dell'endoprotesi, quali la mobilizzazione con comparsa di endoleak e riabilitazione della sacca aneurismatica, con rischio di dilatazione e rottura. Altra possibile complicanza è il prodursi di inginocchiamenti (kinking) delle branche con ostacolo al flusso, sino alla trombosi.

L'evoluzione delle tecniche endoprotesiche è stata dunque focalizzata allo scopo di renderle utilizzabili anche negli aneurismi aortici complessi, tradizionale appannaggio della chirurgia aperta, onde poter ridurre l'elevata mortalità offrendo il trattamento anche ad una quota di pazienti considerati, per patologie coesistenti, a rischio proibitivo per la chirurgia aperta.

Il principale ostacolo per l'esclusione endovascolare degli aneurismi aortici addominali "alti" è la mancanza di un colletto aortico sottorenale di lunghezza sufficiente (>1cm.) a garantire una buona fissazione dell'endoprotesi, che rimanga così ben sigillata alla parete aortica, senza dar luogo a fuoriuscita di sangue intorno al bordo prossimale, verso la sacca aneurismatica (leak di I° tipo).

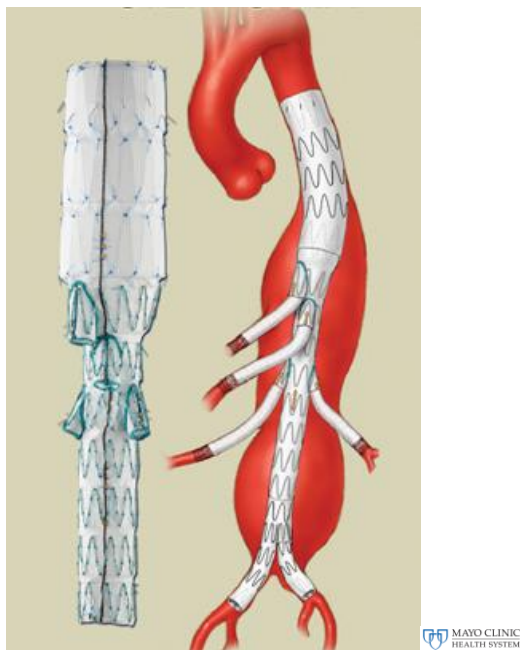
Sono state progettate endoprotesi con stent prossimali non ricoperti da tessuto, da posizionare a cavallo e sopra le arterie renali, talora anche con uncini di fissazione alla parete aortica.

L'assenza completa di colletto sottorenale, come si verifica negli aneurismi para e soprarenali, impone una fissazione più alta, ove esista colletto aortico, dunque sopra le renali, o sopra la mesenterica superiore, od anche sopra il tronco celiaco, come nei toracoaddominali di tipo 4° [10].

Endoprotesi "Branched" e "Fenestrate"

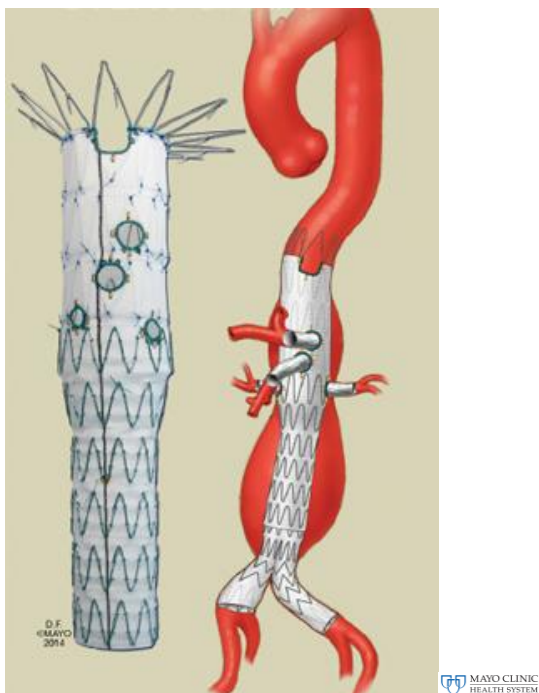
Le configurazioni utilizzate nella progettazione delle endoprotesi riproducono fedelmente le tecniche di ricostruzione utilizzate nella chirurgia tradizionale aperta. Nascono così per l'esclusione degli aneurismi aortici soprarenali le protesi branched, che consistono in un corpo endoprotesico prossimale, che si divide in varie branche per la rivascularizzazione, mediante stent-graft interposti, dei rami viscerali (arteria celiaca, mesenterica superiore e renali), oltre alle arterie iliache [10].

Fig.3: Protesi con più branche (branched)
per la vascolarizzazione dei rami viscerali
dell'aorta e della arterie iliache.



Analogamente le endoprotesi fenestrate presentano delle aperture in corrispondenza dell'origine dei rami viscerali, che vengono incannulati con stent-graft, quindi sigillate alla loro emergenza dal corpo protesico [11].

Fig.4: Protesi fenestrate con orrefizi per la vascolarizzazione dei rami viscerali dell'aorta.



Sul bordo prossimale dell'endoprotesi vengono anche ricavate incisure (scallop), che hanno lo scopo di estendere prossimalmente la superficie di fissaggio del graft, con miglior aderenza ed emostasi (sealing) evitando di ricoprire l'origine di un ramo vitale (mesenterica superiore o tronco celiaco). Queste conformazioni ricordano le anastomosi della chirurgia tradizionale aperta, oblique o sagomate a comprendere l'origine dei vasi viscerali.

La necessità di adattare alle differenti condizioni anatomiche l'endoprotesi ha portato alle protesi fenestrate "custom made", ossia con aperture esattamente confezionate per affacciarsi ai vari rami viscerali dell'aorta nel singolo paziente [11, 12, 13]. Queste richiedono un accurato studio angioTC preoperatorio, inoltre la progettazione ed il confezionamento, con da uno a due mesi di attesa.

Il pericolo di rottura in aneurismi instabili e la necessità di affrontare casi in emergenza, per fissurazione o rottura, ha portato all'ideazione della tecnica chimney.

Rivascolarizzazione viscerale con Tecnica Chimney

E' stato Greenberg ad ideare ed utilizzare per primo questa tecnica nel 2003 proprio per ovviare alla copertura dei rami viscerali negli aneurismi aortici alti mantenendone però l'irrorazione [14]. Vengono comunemente usati più sinonimi per definire questa metodica (chimney, periscope o snorkel technique) e le similitudini utilizzate richiamano il possibile andamento di questi grafts, che prendono il flusso parallelamente ed all'esterno della protesi principale per portarlo al ramo viscerale ed assicurarne la perfusione, sia che questo origini sul bordo prossimale della protesi principale, sia sotto di esso, con flusso ortogrado verso il basso, o verso l'alto [15].

Fig.5 – Aneurisma aortico pararenale:

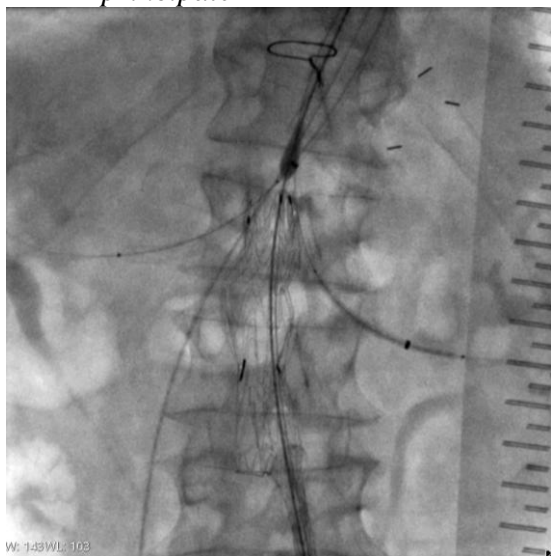
a) e b) le arterie renali sono coinvolte dall'aneurisma



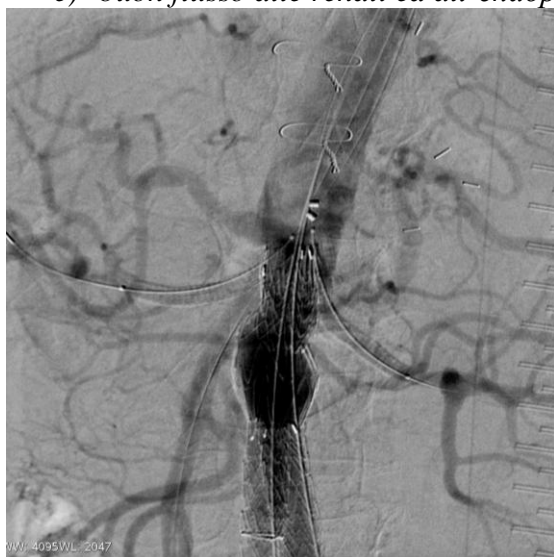
c) il collo è appena sotto la mesenterica superiore



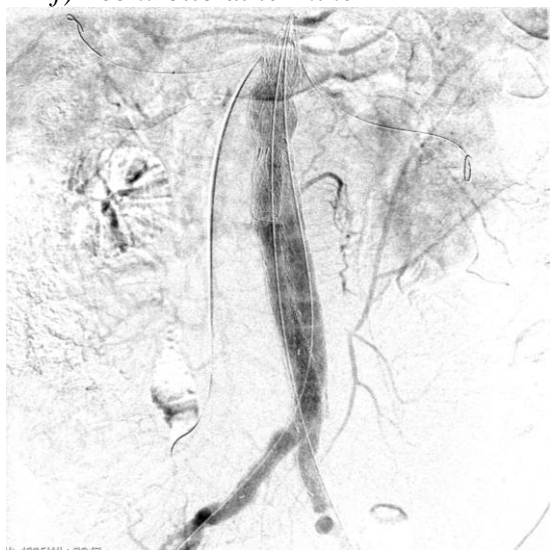
d) tecnica chimney: i viabahn sono posizionati nelle arterie renali, all'esterno della protesi principale



e) buon flusso alle renali ed all'endoprotesi principale



f) controllo al termine



E' facilmente intuibile che la versatilità di questa metodica ne ha decretato la diffusione sia per la correzione di aneurismi iuxta, para e sopra-renali, sia per i reinterventi di rivascularizzazione di rami viscerali incidentalmente ricoperti dall'endograft, o da ricoprire per correggere un leak di primo tipo [15, 16].

Il vantaggio della chimney è che è applicabile anche nell'urgenza, quindi per aneurismi rotti o sintomatici, per i quali non ci sia il tempo di programmare una protesi "custom made" [17].

La perplessità principale evocata da questa metodica sono gli spazi lasciati a fianco dei graft viscerali, tra la protesi principale e la parete aortica. Queste sacche (goitres) parrebbero un invito al formarsi di endoleak di 1° tipo, che costituirebbe una chiara controindicazione alla metodica stessa.

Sorprendentemente la condizione di basso flusso e la presenza del graft favoriscono la coagulazione spontanea di questi spazi, inoltre alle Tc di controllo si osserva un adattamento della parete aortica intorno alle protesi, che assume una forma ellittica, probabilmente grazie alla sua elasticità residua. La presenza di un'aorta particolarmente calcifica è dunque una controindicazione alla chimney. Resta comunque l'osservazione di una maggior frequenza di leak di tipo 1° con l'aumento del numero di branche viscerali rivascularizzate con questa tecnica. [16].

CONCLUSIONI

L'esperienza maturata nella correzione endovascolare degli aneurismi aortici sottoreali (EVAR) ha evidenziato l'importanza di una buona fissazione prossimale dell'endoprotesi, per evitare le complicanze più temibili di EVAR, leak tipo I e migrazione dell'endoprotesi. Infatti la mancanza di un colletto aortico sottorenale di almeno 1,5 cm, la sua eccessiva angolazione, la presenza di trombo o forte calcificazione impediscono un buon ancoraggio e sono dunque considerati controindicazioni ad EVAR. Per tale motivo gli aneurismi iuxta e pararenali sono stati in un primo tempo esclusi dal trattamento endovascolare.

La ricerca di una fissazione più alta, ove trovare un minor calibro aortico, negli aneurismi sottoreali con colletto difficile, ma anche nei para e iuxtarenali, ha portato alla creazione delle protesi fenestrate (FEVAR) [18]; esse hanno consentito inoltre di trattare i pazienti esclusi dalla chirurgia aperta per comorbidità a rischio eccessivo [19].

Le endoprotesi fenestrate (con aperture nel graft ed incisure al bordo superiore), o branched (con rami pre-anastomizzati) hanno risolto l'esigenza di estendere prossimalmente la zona di attacco dell'endoprotesi all'aorta, con più sicura fissazione ed esclusione dell'aneurisma, permettendo nel contempo di vascolarizzare, attraverso stent graft collegati alle finestre od alle branche, i rami viscerali necessariamente coperti dal corpo dell'endoprotesi, con buoni risultati in varie casistiche [20-23].

Fig.6 – Voluminoso aneurisma pararenale:

a) e b) coinvolgimento dell'origine delle renali



b) Tecnica Chimney, i viabahn nelle renali sono rinforzati con stent al nitinolo



c) Risultato al termine



I criteri di indicazione ad endoprotesi fenestrate o branched sono: aneurismi con diametro ≥ 5.5 cm negli uomini e ≥ 4.5 cm nelle donne, oppure in rapida crescita (> 1 cm/anno), con colletto sottorenale molto corto (< 1 cm), particolarmente angolato, ricoperto da trombi, o molto calcifico. Sono quindi compresi gli aneurismi iuxtarenali ed a maggior ragione i pararenali e i soprarenali.

Le endoprotesi fenestrate o con branche sono anche indicate per correggere aneurismi prossimali o pseudoaneurismi secondari a pregressa correzione chirurgica aperta di aneurismi dell'aorta sottorenale [24, 25]. Anche la correzione di endoleak di 1° tipo per distacco o migrazione dell'endoprotesi dopo EVAR, quando comporti la copertura delle arterie renali, costituiscono indicazioni all'uso di endoprotesi fenestrate.

Naturalmente i rami viscerali devono essere di calibro e lunghezza tali da poter essere stentati [13].

Altra indicazione ad endoprotesi fenestrate, in alternativa a chirurgia aperta, sono quei pazienti giudicati a rischio eccessivo per la chirurgia tradizionale. I fattori che determinano l'alto rischio sono l'età superiore agli 80 anni (valutando, in specie, l'età biologica), la coronaropatia (pregresso infarto, stenting, CABG), insufficienza cardiaca (con FE $<40\%$), broncopneumopatia ostruttiva ed insufficienza renale. Anche la presenza di estese cicatrici chirurgiche in addome (addome ostile) può controindicare la chirurgia aperta. In conclusione la procedura endovascolare FEVAR è indicata ove il rischio chirurgico, secondo i criteri dell'American Society of Anesthesiologists sia superiore ad ASA 3 [13].

Anche dal versante chirurgico è indispensabile un team dedicato, con elevata esperienza, sia generica nelle metodiche endovascolari e nella cateterizzazione dei vasi viscerali, che specifica, per il tipo di endoprotesi utilizzato, ovviamente con le disponibilità tecniche di una Sala Ibrida modernamente attrezzata.

Come già segnalato precedentemente, l'esigenza di confezionare l'endoprotesi con fenestrate per le caratteristiche del singolo paziente richiede tempi di 4-8 settimane, escludendo pertanto il trattamento di casi in urgenza. Dall'altro lato, la necessità di risolvere problemi chirurgici nel corso d'intervento e di trattare aneurismi instabili, ha fatto nascere nuove metodiche: interventi endovascolari "off label", nei quali endoprotesi e componenti presenti sul mercato vengono utilizzati associandoli e componendoli in vario modo, adattandoli al singolo caso, estendendo dunque le indicazioni fornite dal costruttore [26-29]. Inoltre gli interventi "Ibridi", prevedono la rivascolarizzazione preliminare in chirurgia aperta, attraverso bypass extra-anatomici, dei vasi viscerali, per poi procedere all'impianto dell'endoprotesi, coprendone l'origine aortica [30].

Anche il Metodo Chimney utilizza componenti endovascolari, per rivascularizzare con stent ricoperti i rami viscerali all'esterno del graft principale [31]. A volte, per miglior stabilizzazione, gli stent ricoperti vengono posizionati tra due endoprotesi concentriche, con la tecnica "a sandwich" [32]. Vengono anche confezionate protesi sia con fenestrate che branche per meglio adattarsi alle diverse angolazioni dei rami aortici [33].

Recentemente sono state introdotte endoprotesi fenestrate pre-confezionate, con diverse componenti modulari, o fenestrate orientabili, che consentono di adattare a differenti posizioni anatomiche, tali endoprotesi fenestrate "off the shelf" sono quindi utilizzabili anche in caso d'urgenza [34, 35].

I risultati forniti da diversi trial multicentrici con l'uso di endoprotesi fenestrate in configurazione standard hanno buoni risultati, senza differenze significative rispetto alle protesi fenestrate "su misura" per il paziente [34, 35, 36].

Ora che cominciano a comparire casistiche con maggior follow-up e revisioni casistiche con una messa a confronto dei risultati ottenuti con tecnica chirurgica differente (open/endo, branched/fenestrate/chimney), si è potuto constatare incidenza di mortalità e morbidità analoghe tra le diverse tecniche, con indicazioni più estese, nei pazienti a rischio per comorbidità, per il trattamento endovascolare [37, 38, 39].

In conclusione, anche per gli aneurismi dell'aorta addominale alti e complessi, iuxta, para e soprarenali, è possibile oggi utilizzare la chirurgia endovascolare, oltre alle tecniche tradizionali "aperte". I risultati a distanza sono paragonabili, pur estendendo il trattamento endovascolare nonostante importanti comorbidità.

Le metodiche chimney e l'utilizzo di protesi fenestrate "standard" consentono inoltre di affrontare anche casi in emergenza per fissurazione, rottura e sanguinamento dell'aneurisma.

BIBLIOGRAFIA

1. Johnston KW, Rutherford RB, Tilson MD et al (Ad Hoc Committee on reporting standards SVS/NAISCVS)
Suggested standards for reporting on arterial aneurysms
J Vasc Surg 1991; 13: 452-458
2. De Bakey ME, Creech OJr, Morris CGE
Aneurysms of the thoracoabdominal aorta involving the celiac, superior mesenteric and renal arteries
Ann Surg 1956; 44: 549-573
3. Crawford ES
Thoracoabdominal and abdominal aortic aneurysms involving renal, superior mesenteric and celiac arteries
Ann Surg 1974; 179: 763-772
4. Chiesa R, Tshomba Y, Mascia D, Rinaldi E, Logaldo D, Civilini E
Open repair for juxtarenal aortic aneurysms
J Cardiovasc Surg 2013; 54(1): 35-45
5. West CA, Noel AA, Bower TC, Cherry KJJr, Gloviczki P, Sullivan TM, Kalra M, Hoskin TL, Harrington JR

Factors affecting outcomes of open surgical repair of pararenal aortic aneurysms
J Vasc Surg 2006; 43: 921-927

6. Donas KP, Eisenack M, Panuccio G, Austermann M, Osada N, Torsello G
The role of open and endovascular treatment with fenestrated and chimney endografts for patients with juxtarenal aortic aneurysms: a 10-year experience
J Vasc Surg 2012; 56: 285-290
7. Canavati R, Millen A, Brennan J, Fisher RK, McWilliams RG, Naik JB, Vallabhaneni SR
Comparison of fenestrated endovascular and open repair on abdominal aortic aneurysms not suitable for standard endovascular repair
J Vasc Surg 2013; 57: 362-367
8. Greenhalgh RM, Brown RC, Powell JT, Thompson SG, Epstein D, Sculpher MJ
Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysms
N Engl J Med 2010; 362: 1863-1871
9. Moll FL, Powell JT, Fraedrich G, Verzini F, Haulon S, Waltham M, VanHerwaarden JA, Holt PJ, VanKeulen JW, Rantner B, Schlosser FJ, Setacci F, Ricco JB,
Management of abdominal aortic aneurysms clinical practice guidelines of European Society for Vascular Surgery
Eur J Vasc Endovasc Surg 2011; 41: S1-S58
10. Greenberg R, Eagleton M, Mastracci T
Branched endografts for thoracoabdominal aneurysms
J Thorac Cardiovasc Surg 2019; 140: S171-S178
11. Canning C, Martin Z, Colgan MP, Abdulrahim O, Mc Cafferty M, Fitzpatrick J, Haider SN, Madhavan P, O'Neill S
Fenestrated endovascular repair of complex aortic aneurysms
Ir J Med Sci 2015; 184: 249-255
12. Brit Soc Endovasc Ther, GLOBALSTAR Registry Collaborators
Early results of fenestrated endovascular repair of juxtarenal aortic aneurysms in the United Kingdom
Circulation 2012; 125: 2707-2715
13. Georgiadis GS, VanHerwaarden JA, Antoniou GA, Giannoukas AD, Lazarides MK, Moll FL
Fenestrated stent graft for the treatment of complex aortic aneurysm disease: A mature treatment paradigm
Vasc Med 2016 ; I: 1-16
14. Greenberg RK, Clair D, Srivastava S, Bhandari G, Turc A, Hampton J, Popa M, Green R, Ouriel K
Should patients with challenging anatomy be offered endovascular aneurysm repair?
J Vasc Surg 2003; 38: 990-996

15. Ducasse E, Lepidi S, Brochier C, Deglise S, Berard X, Alberti D, Midy D
The open chimney graft technique for juxtarenal aortic aneurysms with discrepant Renal Arteries
Eur J Vasc Endovasc Surg 2014; 47(2): 124-130
16. Moulakakis KG, Mylonas SN, Avgerinos E, Papapetrou A, Kakisis JD, Brountzos EN, Liapis CD
The chimney graft technique for preserving visceral vessels during endovascular treatment of aortic pathologies
J Vasc Surg 2012; 55: 1497-1503
17. Lachat M, Frauenfelder T, Mayer D, Pfiffner R, Veith FJ, Rancic Z, Pfammatter T
Complete endovascular renal and visceral artery revascularization and exclusion of a ruptured tipe IV thoracoabdominal aortic aneurysm
J Endovasc Ther 2010; 17: 216-220
18. Chuter TA
Fenestrated and branched stent-grafts for thoracoabdominal, pararenal and juxtarenal aortic aneurysm repair
Sem Vasc Surg 2007; 20: 90-96
19. Rao R, Lane TL, Franklin IJ, Davies AH
Open repair versus fenestrated endovascular aneurysm repair of juxtarenal aneurysms
J Vasc Surg 2015; 61: 242-255
20. Di X, Ye W, Liu CW, Jiang J, Han W, Liu B
Fenestrated endovascular repair for pararenal abdominal aortic aneurysms. A systematic review and meta-analysis
Ann Vasc Surg 2013; 27:1190-1200
21. O'Neill S, Greenberg RK, Haddad F, Resh T, Serejka J, Katz E
A prospective analysis of fenestrated endovascular grafting: intermediate term outcomes
Eur J Vasc Endovasc Surg 2006; 32: 115-123
22. Kristmundsson T, Sonesson B, Malina M, Bjorses K, Dias N, Resh T
Fenestrated endovascular repair for juxtarenal aortic pathology
J Vasc Surg 2009; 49: 568-574
23. Oderich GS, Greenberb RK, Farber M, Zenith fenestrated Study Investigators
Results of the United States prospective study evaluating the Zenith fenestrated endovascular graft for treatment of juxtarenal abdominal aortic aneurysms
J Vasc Surg 2014; 60: 1420-1428
24. Beck AW, Bos WTGJ, Vourliotakis G, Zeebregts CJ, Tielliu IFJ, Verhoeven ELG
Fenestrated and branched endograft repair of juxtarenal aneurysm after previous open aortic reconstruction
J Vasc Surg 2009; 49: 1387-1394

25. Oikonomou K, Katsagyris A, Bekkema F, Tielliu I, Verhoeven EL
Fenestrated endografting of juxtarenal aneurysms after open aortic surgery
J Vasc Surg 2014; 59: 307-314
26. Cross J, Gurusamy K, Gadhvi V, Simring D, Harris P, Ivancev K, Richards T
Fenestrated endovascular aneurysm repair
Br J Surg 2012; 99(2): 152-159
27. Torsello G, Troisi N, Donas KP, Austermann M
Evaluation of the Endurant stent graft under instructions for use versus off-label conditions for endovascular aortic aneurysm repair
J Vasc Surg 2011; 54(2): 300-306
28. Troisi N, Torsello G, Weiss K, Donas KP, Michelagnoli S, Austermann M
Midterm results of endovascular aneurysm repair using Endurant stent-graft according to the instruction for use versus off-label conditions
J Endovasc Ther 2014; 21: 841-847
29. Shahverdian R, Gray D, Gawenda M, Brunkwall J
Technical feasibility of endovascular aorto-iliac aneurysm repair combining Anaconda fenestrated and Zenith iliac side-branched stent grafts
J Vasc Surg 2015; 61(5): 1324-1328
30. Lin PH, Kougiaris P, Bechara CF, Weakley SM, Bakaeen FG, Lemaire SA, Coselli JS
Clinical outcome of staged versus combined treatment approach of hybrid repair of thoracoabdominal aortic aneurysm with visceral vessel aortic debranching and aortic endograft exclusion
Perspect Vasc Surg Endovasc Ther 2012; 24: 5-13
31. Wilson A, Zhou S, Bachoo P, Tambyraja AL
Systematic review of chimney and periscope grafts for endovascular aneurysm repair
Br J Surg 2013; 100(12): 1557-1564
32. Buck DB, VanHerwaarden JA, Schermerhorn ML, Moll FL
Endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms
Nat Rev Cardiol 2014; 11: 112-123
33. Panuccio G, Bisdas T, Berekoven B, Torsello G, Austermann M
Performance of bridging stent graft in fenestrated and branched aortic endografting
Eur J Vasc Endovasc Surg 2015; 50: 60-70
34. Georgiadis GS, VanHerwaarden JA, Antoniou GA, Hazenberg CE, Giannoukas AD, Lazarides MK, Moll FL
Systemic review of off-the-shelf or physician-modified fenestrated and branched endografts
J Endovasc Ther 2016; 23: 98-109

35. Farber MA, Vallabhaneni R, Marston WA
“Off-the-shelf” devices for complex aortic aneurysm repair
J Vasc Surg 2014; 60: 579-584
36. Baldrich WJ, Holden A, Mertens R, Thompson MM, Sawchuk AP, Becquemin JP, Eagleton M, Clair DG
Prospective, multicenter experience with the Ventana Fenestrated System for juxtarenal and pararenal aortic aneurysm endovascular repair
J Vasc Surg 2013; 58: 1-9
37. Patel RP, Katsagiris A, Verhoeven ELG, Adam DJ, Hardman JA
Endovascular aortic aneurysm repair with chimney and snorkel grafts: Indications, Techniques and Results
Cardiovasc Intervent Radiol 2013; 36: 1443-1451
38. Donas KP, Torsello GB, Piccoli G, Pitoulias GA, Torsello GF, Bisdas T, Austermann M, Gasparini D
The PROTAGORAS Study to evaluate the performance of Endurant stent graft for patients with pathological processes treated by the chimney/snorkel endovascular technique
J Vasc Surg 2016; 63: 1-7
39. Donas KP, Lee JT, Lachat M, Torsello G, Veith FJ
Collected world experience about the performance of the snorkel/chimney endovascular technique in the treatment of complex aortic pathologies: the PERICLES Registry
Ann Surg 2015; 262: 546-553