

Endovascular abdominal aortic aneurysm repair and renal complications: a comparison between suprarenal and infrarenal fixation of stent grafts

Trattamento endovascolare degli aneurismi dell'aorta addominale e complicanze renali: confronto tra endoprotesi ad aggancio sopra e sottorenale

A.R. Cotroneo¹ • R. Iezzi¹ • D. Giancristofaro¹ • M. Santoro¹ • A. Pierro¹ • F. Spigonardo²
M.L. Storto¹

¹Dipartimento di Scienze Cliniche e Bioimmagini, Sezione di Scienze Radiologiche, ²Unità Operativa di Chirurgia Vascolare, Università degli Studi "G. D'Annunzio", Ospedale "SS. Annunziata", Via dei Vestini, I-66013 Chieti, Italy
Correspondence to: A.R. Cotroneo, Tel.: +39-0871-358237, Fax: +39-0871-560035, e-mail: ar.cotroneo@rad.unich.it

Received: 28 March 2006 / Accepted: 15 June 2006 / Published online: 19 March 2007

Abstract

Purpose. This study was performed to compare the rate of morphological (renal infarction and/or ischaemic lesions) and functional renal complications after the suprarenal and infrarenal fixation of aortic stent-grafts for endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR).

Materials and methods. We retrospectively reviewed all follow-up computed tomography (CT) angiograms (obtained at 1, 6 and 12 months and yearly thereafter) and laboratory data pertaining to 102 patients who underwent suprarenal (60 patients, group A) or infrarenal (42 patients, group B) placement of aortic stent-grafts. The groups were compared in terms of complications affecting kidney function (creatinine clearance) and morphology (renal artery steno-occlusions, morphological and structural parenchymal changes), and pre- and postprocedural arterial pressure (AP).

Results. Analysis of patient demographics revealed no statistically significant difference between the two groups. The proximal neck was shorter in group A (2.14 cm±0.84 cm) than in group B (3.41 cm±1.21 cm). Creatinine clearance (CrCl) decreased in both groups (group A: from 64.24 ml/min to 60.66 ml/min; group B: from 72.41 ml/min to 68.73 ml/min) without any significant difference in terms of changes in renal function (CrCl variation: -8.75% vs. -6.4%) or morphology (post-EVAR stenosis: 2.6% vs. 0%; progression of existing steno-occlusive lesions: 1% vs. 0%; ischaemic lesions: 3.2% vs. 0%), or in AP.

Conclusions. In our experience, the use of abdominal endografts with suprarenal fixation did not lead to any significant increase in morphological and/or functional renal complications compared with those with infrarenal fixation.

Key words CT angiography • Abdominal aortic aneurysm • Stent graft • Suprarenal fixation • Renal complication

Riassunto

Obiettivo. Confrontare il tasso di complicanze renali morfologiche (infarto e/o lesioni ischemiche renali) e funzionali dopo posizionamento di endoprotesi aortiche ad aggancio sopra e sottorenale per il trattamento endovascolare dell'aneurisma dell'aorta addominale (EVAR).

Materiali e metodi. Sono stati analizzati retrospettivamente tutti gli esami angio-TC di controllo (follow-up a 1, 6, 12 mesi e quindi 1/anno) e i test di laboratorio eseguiti su 102 pazienti sottoposti a posizionamento di endoprotesi ad aggancio soprarenale (60 pazienti, gruppo A) o sottorenale (42 pazienti, gruppo B). I due gruppi di pazienti sono stati confrontati in termini di complicanze renali funzionali (valutazione della funzionalità renale mediante clearance della creatinina) e morfologiche (steno-occlusioni delle arterie renali; alterazioni morfo-strutturali del parenchima renale) e di pressione arteriosa pre- e post-procedurale.

Risultati. I due gruppi di pazienti sono risultati omogenei da un punto di vista epidemiologico. La lunghezza del colletto prossimale è risultata inferiore nel gruppo A (2,14 cm±0,84 cm) rispetto al gruppo B (3,41 cm±1,21 cm). In entrambi i gruppi di pazienti si è registrato un decremento della ClCr (gruppo A: da 64,24 ml/min a 60,66 ml/min; gruppo B: da 72,41 ml/min a 68,73 ml/min), in assenza di differenze statisticamente significative in termini di alterazioni renali funzionali (variazione ClCr: -8,75% versus -6,4%), morfologiche (stenosi post-EVAR: 2,6% versus 0%; progressione di lesioni steno-occlusive pre-esistenti: 1% versus 0%; lesioni ischemiche renali: 3,2% versus 0%) e della pressione arteriosa.

Conclusioni. Nel nostro studio l'impianto di endoprotesi addominali ad aggancio soprarenale non ha determinato un aumento significativo di complicanze renali morfologiche e/o funzionali rispetto ai pazienti trattati con endoprotesi ad aggancio sottorenale.

Parole chiave Angiografia CT • Aneurisma aortico addominale • Stent-graft • Aggancio soprarenale • Complicazioni renali

Introduction

Abdominal aortic aneurysm (AAA) is a clinically relevant condition that has an estimated incidence of 20–40 cases every 100,000 inhabitants per year and is responsible for 1.7% of deaths among subjects aged 65–74 years [1, 2]. The conventional approach to AAA is surgery, which is associated with a mortality rate of 1.4%–6.5%, which increases to 20% if the patients are at high surgical risk due to severe concomitant disease and reaches 50% when surgery is performed in an emergency setting due to aneurysm rupture [3, 4].

Over the last few years, a less invasive alternative to open surgery has been introduced with excellent results: the imaging-guided intraluminal positioning of a covered stent-graft. Success of endovascular repair in terms of aneurysm exclusion and absence of perioperative and postoperative complications is dependent on accurate patient selection to ensure that only aneurysms with a morphology that corresponds to well-established indications are treated [5–7]. On the other hand, the indications for endovascular repair are continuously evolving as a result of the growing experience of surgeons and the improved versatility and applicability of the new stent-grafts [5]. One example is the new generation of endografts with suprarenal fixation that, by extending the proximal anchorage point cranially, have broadened the inclusion criteria to aneurysms with “hostile” – i.e. short, tortuous or angulated – necks, thus potentially reducing the risk of caudal migration and of type I proximal endoleaks [6, 7]. However, the meshes of the uncovered metallic portion of the graft, which ensure suprarenal fixation, overlap with the ostia of the renal arteries and may cause damage to the renal arteries, the renal parenchyma and renal function. Published results are conflicting so that the issue remains controversial [8–13].

The purpose of our study was to compare the rate of morphological and functional renal complications after placement of suprarenal and infrarenal aortic stent-grafts for endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR).

Materials and Methods

Patients

From January 2000 to June 2004, we positioned aortic endografts in 140 patients with abdominal aortic aneurysms. Indications for endovascular repair and procedure planning (graft selection) were defined by a team of vascular surgeons and interventional radiologists on the basis of the aneurysm’s clinical and morphological characteristics [derived from pre-procedural computed tomography (CT) angiography] along the guidelines proposed by the Italian Transfemoral Endovascular Aneurysm Management (TEAM) group and by the Sezione di Studio di Radiologia Vascolare ed Interventistica (Vascular and Interventional Radiology Study Section) (SIRM) [14]. In particular, inclusion criteria for endovascular repair were: age ≥ 65 years; aneurysm sac diameter < 7 cm; proximal neck length ≥ 15 mm; proximal neck diameter < 30 mm; proximal neck angulation $> 120^\circ$; proximal

Introduzione

L’aneurisma dell’aorta addominale è una patologia di notevole rilevanza clinica, con un’incidenza stimata in 20–40 casi su 100000 abitanti per anno ed è responsabile dell’1,7% dei decessi nei soggetti con età compresa tra 65 e 74 anni [1, 2]. Il trattamento tradizionale dell’aneurisma dell’aorta addominale è di tipo chirurgico ed è gravato da un rischio di mortalità variabile tra l’1,4% e il 6,5%, che può aumentare sino al 20% se l’intervento è effettuato in pazienti ad alto rischio chirurgico per gravi patologie concomitanti e raggiunge il 50% quando l’intervento viene effettuato in emergenza per rottura dell’aneurisma stesso [3, 4].

Negli ultimi anni è stata proposta ed utilizzata sempre più diffusamente una metodica alternativa alla chirurgia tradizionale, meno invasiva, che consiste nel posizionamento imaging-guidato per via endoluminale di uno stent-graft ricoperto e che ha dimostrato risultati estremamente soddisfacenti. Il successo del trattamento endovascolare, in termini di esclusione dell’aneurisma ed assenza di complicanze peri- e post-operatorie, dipende da un’accurata selezione dei pazienti al fine di trattare solamente quei casi nei quali le caratteristiche morfologiche dell’aneurisma siano perfettamente rispondenti ad indicazioni ben codificate. D’altra parte, le indicazioni al trattamento endovascolare sono in continua evoluzione, sia per la crescente esperienza degli operatori, che tendono ad applicare questa procedura ad una quota sempre maggiore di pazienti, sia per la disponibilità di nuovi modelli di endoprotesi con maggiori caratteristiche di versatilità ed applicabilità [5]. Un esempio è rappresentato dalle nuove generazioni di protesi ad aggancio soprarenale che, estendendo cranialmente la sede di ancoraggio prossimale, hanno consentito di ampliare i criteri di inclusione anche ad aneurismi con colletti definiti “ostili”, ossia corti, tortuosi o angolati, riducendo potenzialmente il rischio di migrazione caudale dello stent-graft e di endoleak di tipo I prossimale [6, 7]. Tuttavia, la porzione metallica scoperta delle protesi, deputata all’aggancio soprarenale, si sovrappone con le sue maglie all’ostio delle arterie renali con potenziali effetti dannosi sulle arterie renali, sul parenchima renale e sulla funzionalità renale. Gli studi presenti in letteratura a tale proposito riferiscono risultati contrastanti tali da mantenere ancora aperta tale problematica [8–13].

Lo scopo del nostro lavoro è stato quello di confrontare il tasso di complicanze renali morfologiche e funzionali, dopo posizionamento di endoprotesi aortiche ad aggancio sopra e sottorenale per il trattamento endovascolare dell’aneurisma dell’aorta addominale (EVAR).

Materiali e metodi

Pazienti

Da gennaio 2000 a giugno 2004, 140 pazienti con aneurisma dell’aorta addominale sono stati sottoposti presso il nostro centro a posizionamento di endoprotesi aortica. L’indicazione al trattamento endovascolare e la pianificazione della

neck with parietal calcifications involving less than half its circumference without any significant thrombotic deposits; iliac artery angulation $>90^\circ$ ($<90^\circ$ without diffuse calcification); diameter of the external iliac artery >7 mm and <14 mm. Endovascular repair was also indicated in patients considered at high surgical risk (severe cardiorespiratory condition, hostile abdomen) irrespective of their age and the morphological and structural features of the aneurysm.

All patients who underwent EVAR and who had complete records for at least 1 year of imaging and clinical/laboratory follow-up were included in our study. The study population therefore consisted of 102 patients. Sixty patients (group A) (58 men; two women; mean age: 71.3 years, range: 62–86 years) received suprarenal endografts (55 Talent, Medtronic-AVE; five Zenith, Cook), whereas the remaining 42 patients (group B) (41 men; one woman; mean age: 69.1 years, range: 61–89 years) received infrarenal endografts (25 AneuRx; 17 Excluder, Gore).

Mean neck length was 2.14 ± 0.84 cm (range 0.8–5.5 cm) in group A and 3.41 ± 1.21 cm (range 2–5.3 cm) in group B, whereas the rate of hostile necks was 41.7% (25/60 patients) in group A and 14.3% (6/42 patients) in group B. In particular, in group A, the proximal neck was short (<1.5 cm) in eight patients, tortuous in 12 patients, angulated ($>120^\circ$) in six patients, and showed significant thrombotic appositions in 15 patients and ulcerations in five patients. In eight patients with proximal neck <1.5 cm, the decision to carry out endovascular repair was taken because of the presence of risk factors for open surgery. In group B, no patient had a short proximal neck (<1.5 cm); the proximal neck was tortuous in four patients, angulated ($>120^\circ$) in three patients, and had significant thrombotic appositions in five patients and ulcerations in one patient (Table 1).

Diagnostic procedures and clinical laboratory evaluation

After endovascular repair, all patients underwent clinical/laboratory follow-up with creatinine clearance (CrCl) and systemic arterial pressure (AP) monitoring and imaging follow-up with CT angiography at 1, 6 and 12 months and yearly thereafter. Renal function was evaluated by calculating CrCl using the Cockcroft and Gault equation [15]: $\text{CrCl} = (140 - \text{patient's age}) \times \text{patient's weight (kg)} / 72 \times \text{serum creatinine (mg/100 ml)}$. Any changes in renal function were defined on the basis of the comparison between the pretreatment CrCl values and those obtained at the last follow-up test at least 1 year after the procedure. Only in patients with a CrCl decrease greater than or equal to 20% was renal function considered to be significantly altered. Systemic AP values before treatment were also compared with those obtained at the last follow-up visit at least 1 year after EVAR. Both the CrCl and the AP values were obtained from patients' medical records and reviewed by a team member not involved in the interpretation of CT images.

Follow-up CT angiography was done with a multidetector technique (Somatom Volume Zoom, Siemens, Medical Solutions, Forchheim) before and during administration of 120 ml of contrast agent (300 mgI/ml; 3 ml/s flow rate). Precontrast acquisition was carried out with 4×2.5 -mm collimation,

procedura (scelta della protesi) sono state definite da un'equipe mista di chirurghi vascolari e radiologi interventisti sulla base di criteri clinici e caratteristiche morfologiche dell'aneurisma (queste ultime desumibili dall'esame angio-TC eseguito prima del trattamento), tenendo conto delle linee guida proposte dal TEAM (Transfemoral Endovascular Aneurysm Management) italiano, a cura della Sezione di Studio di Radiologia Vascolare ed Interventistica della SIRM [14]. In particolare, i criteri di inclusione al trattamento endovascolare utilizzati sono stati: età del paziente ≥ 65 anni; diametro della sacca aneurismatica < 7 cm; lunghezza del colletto prossimale ≥ 15 mm; diametro del colletto prossimale < 30 mm; angolazione del colletto prossimale $> 120^\circ$; colletto prossimale con calcificazioni parietali coinvolgenti meno della metà della sua circonferenza in assenza di significativa apposizione trombotica; angolazione arterie iliache $> 90^\circ$ ($< 90^\circ$ in assenza di diffuse calcificazioni); diametro arteria iliaca esterna > 7 mm e < 14 mm. L'indicazione al trattamento endovascolare è stata inoltre posta nei pazienti giudicati ad elevato rischio chirurgico (gravi condizioni cardiorespiratorie, addome ostile), indipendentemente dall'età del paziente e dalle caratteristiche morfo-strutturali dell'aneurisma.

Tutti i pazienti sottoposti ad EVAR e provvisti di documentazione completa riguardante i dati del follow-up strumentale e clinico-laboratoristico ad almeno 1 anno dalla procedura sono stati inclusi nel nostro studio. La popolazione in esame è risultata quindi composta da 102 pazienti. In 60 pazienti (gruppo A) (maschi 58; femmine 2; età media: 71,3 anni; range: 62–86 anni) è stata posizionata una protesi ad aggancio soprarenale (55 Talent, Medtronic-AVE; 5 Zenith, Cook), mentre nei restanti 42 pazienti (gruppo B) (maschi 41; femmine 1; età media: 69,1 anni; range: 61–89 anni) è stata posizionata una protesi ad aggancio sottorenale (25 AneuRx ;17 Excluder, Gore).

La lunghezza media del colletto era di $2,14 \pm 0,84$ cm (range 0,8–5,5 cm) nel gruppo A e $3,41 \pm 1,21$ cm (range 2–5,3 cm) nel gruppo B, mentre la percentuale di colletti "ostili" era di 41,7% (25/60 pazienti) e 14,3% (6/42 pazienti) per il gruppo A e B rispettivamente. In particolare nel gruppo A il colletto prossimale è risultato corto ($< 1,5$ cm) in 8 pazienti, tortuoso in 12 pazienti, angolato ($> 120^\circ$) in 6 pazienti e ha mostrato significative apposizioni parietali trombotiche e/o ulcerazioni, in 15 e 5 pazienti rispettivamente. Negli 8 pazienti con colletto prossimale $< 1,5$ cm, la decisione di ricorrere al trattamento endovascolare è derivata dalla presenza di fattori di rischio per l'intervento chirurgico tradizionale. Nel gruppo B, nessun paziente presentava un colletto prossimale definito corto ($< 1,5$ cm); il colletto prossimale è risultato tortuoso in 4 pazienti, angolato ($> 120^\circ$) in 3 pazienti, con significative apposizioni parietali trombotiche ed ulcerazioni in 5 ed 1 paziente, rispettivamente (Tabella 1).

Indagini strumentali e valutazione clinico-laboratoristica

Tutti i pazienti sottoposti a trattamento endovascolare sono stati controllati nel tempo con un follow-up clinico-laboratoristico, mediante il monitoraggio della clearance della creatinina (CrCl) e della pressione arteriosa sistemica, e

Table 1 Morphological characteristics of necks in the two groups of patients

	Group A	Group B
Number of patients	60	42
Mean length of the proximal neck	2.14±0.84 cm*	3.41±1.21 cm
Hostile necks:	25/60 (41.7%)*	6/42 (14.3%)
Short (<1.5 cm)	8/60	0/42
Tortuous	12/60	4/42
Angulated (>120°)	6/60	3/42
Thrombotic apposition	15/60	5/42
Ulcerations	5/60	1/42
Renal arteries	124 (4 accessory renal arteries)	84

*Statistically significant results compared with the values obtained in group B ($p < 0.05$)

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del colletto nei due diversi gruppi di pazienti

	Gruppo A	Gruppo B
Numero pazienti	60	42
Lunghezza media colletto prossimale	2,14±0,84 cm*	3,41±1,21 cm
Colletti ostili	25/60 (41,7%)*	6/42 (14,3%)
Corto (<1,5 cm)	8/60	0/42
Tortuoso	12/60	4/42
Angolato (>120°)	6/60	3/42
Apposizione parietale trombotica	15/60	5/42
Ulcerazioni	5/60	1/42
Arterie renali	124 (4 arterie renali accessorie)	84

*Risultato statisticamente significativo rispetto a quanto ottenuto nel gruppo B ($p < 0,05$)

pitch=6, gantry rotation speed=0.5 s, slice thickness and reconstruction interval=5 mm, field of view (FOV) = 240 mm on average, and a volume of interest (VOI) from D-12 to the symphysis pubis. The acquisition lasted on average 12 s. The contrast study was carried out with 4×1-mm collimation, pitch =6, gantry rotation speed =0.5 s, slice thickness =1.25 mm, and reconstruction interval =1 mm. The VOI extended from a plane passing through the coeliac trunk to one passing through the common femoral arteries, with an average acquisition time of 25 s. Scan delay was identified for each patient with an automatic bolus tracking system (C.A.R.E. Bolus, Siemens) and by placing a region of interest (ROI) inside the lumen of the suprarenal abdominal aorta.

Pre- and posttreatment CT images were reviewed by two radiologists with experience in endovascular procedures and CT angiography working in consensus. Axial and three-dimensional (3D) images were reviewed on a dedicated workstation (Leonardo, Siemens, Medical Solutions, Forchheim) to confirm the development and/or progression of steno-occlusive lesions of the renal arteries and the presence of ischaemic parenchymal changes (renal infarction). Steno-occlusion of the renal arteries was evaluated on a 4-point scale: grade 0=no stenosis; grade 1=<50% stenosis; grade 2=>50% stenosis; grade 3=occlusion. Alterations of the urographic effect associated with changes in the size of the renal parenchyma were interpreted as evidence of renal infarction. Renal infarctions occupying less than 20% of the entire kidney volume were considered small.

strumentale, mediante esame angio-TC a 1, 6 e 12 mesi e quindi 1/anno dopo la procedura. La funzionalità renale è stata valutata mediante il calcolo della clearance della creatinina (ClCr) utilizzando la formula di Cockcroft [15]: $ClCr = (140 - \text{età del pz}) \times \text{peso del pz (kg)} / 72 \times \text{livello sierico della creatinina (mg/100 ml)}$. La presenza/assenza di variazioni della funzionalità renale è stata definita dal confronto dei valori della ClCr pre-trattamento con quelli ottenuti nell'ultimo controllo, eseguito almeno 1 anno dalla procedura. Solo nei pazienti con un decremento della ClCr maggiore o uguale al 20%, la funzionalità renale è stata considerata alterata in maniera significativa. In tutti i pazienti sono stati inoltre misurati e comparati i valori della pressione arteriosa sistemica pre-trattamento con quelli ottenuti nell'ultimo controllo, ovvero almeno 1 anno dopo EVAR. I valori della ClCr e della pressione arteriosa sono stati ottenuti dalla revisione delle cartelle cliniche dei pazienti, effettuata da uno dei componenti dell'equipe non coinvolto nella interpretazione delle immagini TC.

Gli esami angio-TC di controllo sono stati eseguiti con tecnica multistrato (Somatom Volume Zoom, Siemens, Medical Solutions, Forchheim) prima e durante somministrazione di 120 ml di MdC (300 mgI/ml; flusso 3 ml/s). L'acquisizione senza somministrazione di MdC è stata eseguita con collimazione di 4×2,5 mm, pitch 6, velocità di rotazione del sistema tubo radiogeno-detettori di 0,5 s, spessore dello strato ed intervallo di ricostruzione di 5 mm, campo di vista (FOV), in media, di 240 mm volume di interesse (VOI) este-

Statistical analysis

Clinical/laboratory and imaging data from the two groups of patients were compared using Student's *t* test to verify the existence of significant differences in terms of complications affecting the renal parenchyma and renal arteries and creatinine clearance levels. A *p* value <0.05 was considered statistically significant. Statistical analysis was performed using the STATA Statistical Software (RELEASE 8.2, Stata Corp., College Station, TX, USA).

Results

Stent-graft deployment was technically successful in all cases, and no patient required surgical conversion at any stage of the procedure. Mean follow-up was 21.3 months (range 12–49 months) in group A and 22.2 months (range 12–46 months) in group B (*p*>0.05). The two groups were statistically similar in patient demographics [age: 71.3 years vs. 69.1 years, *p*=not significant (NS); gender distribution M/F: 58/2 vs. 41/1, *p*=NS]. There were significant differences between the groups in proximal neck length (2.14±0.84 cm vs. 3.41±1.21 cm, *p*<0.05), number of patients with a proximal neck <1.5 cm (13.3% vs. 0%, *p*<0.05) and rate of hostile proximal necks (41.7% vs. 14.3%, *p*<0.05) (Table 1).

Clinical/laboratory evaluation

A mean reduction in CrCl was observed in both groups at follow-up performed at least 1 year after endograft placement. Mean CrCl decreased from 64.24 ml/min to 60.66 ml/min in group A and from 72.41 ml/min to 68.73 ml/min in group B, but the difference (-8.75% vs. -6.40%, *p*>0.05) was not statistically significant (Table 2). In addition, there were no statistically significant differences between the groups in terms of either number of patients with CrCl reduction ≥20% (11.86% for group A vs. 7.1% for group B, *p*>0.05) or the mean CrCl reduction in this subset of patients (-38.97% vs. -30%, *p*>0.05). Finally, there were significant differences between pre- and posttreatment pressure values in the two groups (group A: from 135±13 to 141±21; group B: between 128±28 and 135±15; *p*>0.05) (Table 2).

Imaging assessment

In group A, preprocedural CT angiography of the renal arteries (a total of 124 renal arteries: four patients had a double renal artery) documented grade 0 steno-occlusive lesions in 115 arteries (115/124; 92.7%), grade 1 lesions in six arteries (6/124; 4.8%), grade 2 lesions in three arteries (3/124; 2.4%) and grade 3 lesions in 0 arteries (0%) for a total of nine significant stenoses (grades 1+2; 9/124, 7.2%). At follow-up after 1 year, there was only one case of progression – from a grade 1 to a grade 2 stenosis (1/9, 11.1%) – whereas the remaining eight cases were unchanged. Among the 115 arteries free of stenosis before treatment, CT angiography at 1 year identified three new grade 2 stenoses (3/115, 2.6%)

so da D12 alla sinfisi pubica. La durata media dell'acquisizione è stata di 12 s. L'acquisizione con MdC è stata eseguita con collimazione di 4×1 mm, pitch 6, velocità di rotazione del sistema tubo radiogeno-detettori di 0,5 s, spessore dello strato di 1,25 mm ed intervallo di ricostruzione di 1 mm. Il VOI è stato esteso da un piano passante per il tripode celiaco sino ad un piano passante per le arterie femorali comuni, con un tempo di acquisizione medio di 25 s. Il ritardo di scansione è stato individuato per ogni paziente mediante un sistema automatico di "bolus tracking" (CARE Bolus, Siemens) e posizionamento di una ROI (Region of Interest) nel lume dell'aorta addominale soprarenale.

L'analisi delle immagini TC (esami pre- e post-trattamento) è stata effettuata retrospettivamente in consensus da due radiologi esperti in procedure endovascolari ed angio-TC, valutando le immagini assiali e 3D su una stazione dedicata (Leonardo, Siemens, Medical Solutions, Forchheim) al fine di verificare l'insorgenza e/o la progressione di patologia steno-occlusiva a carico delle arterie renali e la presenza di alterazioni parenchimali renali su base ischemica (infarto renale). La valutazione della patologia steno-occlusiva delle arterie renali è stata effettuata utilizzando una scala a 4 gradi: grado 0=assenza di stenosi; grado 1=stenosi <50%; grado 2=stenosi >50%; grado 3=occlusione. Le alterazioni dell'effetto nefrografico, associate alla variazione delle dimensioni del parenchima renale, sono state interpretate come indice della presenza di infarti renali. Gli infarti renali occupanti meno del 20% dell'intero volume del rene sono stati considerati piccoli infarti.

Analisi statistica

I dati clinico-laboratoristici e strumentali ottenuti in entrambi i gruppi di pazienti sono stati confrontati con il test *t* di Student, al fine di verificare la presenza di differenze significative in termini di complicanze sul parenchima renale, sulle arterie renali e sull'andamento della clearance della creatinina, considerando significativa una differenza di *p*<0,05. La valutazione statistica è stata effettuata mediante lo STATA Statistical Software (RELEASE 8.2, College Station, Tx; Stata Corp LP).

Risultati

In nessun paziente si sono verificati problemi tecnici al momento del posizionamento e rilascio dell'endoprotesi, né la necessità di conversione chirurgica intraoperatoria e/o in fase intra/peri-procedurale. Il follow-up è stato in media di 21,3 mesi (range 12–49 mesi) per il gruppo A e 22,2 mesi (range 12–46 mesi) per il gruppo B (*p*>0,05). I due gruppi di pazienti sono risultati statisticamente simili dal punto di vista epidemiologico (età: 71,3 anni versus 69,1 anni, *p*=NS; distribuzione M/F: 58/2 versus 41/1, *p*=NS). Differenze statisticamente significative tra i due gruppi sono emerse, invece, confrontando la lunghezza del colletto prossimale (2,14±0,84 cm versus 3,41±1,21 cm, *p*<0,05), il numero di pazienti con colletto prossimale <1,5 cm (13,3% versus 0%,

Table 2 Arterial pressure and creatinine clearance (CrCl) values at baseline and 1-year follow-up

	Group A	Group B
Renal function		
Preprocedural CrCl	64.24 ml/min	72.41 ml/min
Postprocedural CrCl	60.66 ml/min	68.73 ml/min
CrCl variation	-8.75%*	-6.40%
Renal function decrease >20%	7/60 patients (11.6%)	3/42 patients (7.1%)
Preprocedural CrCl	65.95 ml/min	80.21 ml/min
Postprocedural CrCl	40.76 ml/min	56.24 ml/min
CrCl variation	-38.97%*	-30%
Arterial pressure (AP)		
Preprocedural	135±13 mmHg	128±28 mmHg
Postprocedural	141±21 mmHg	135±15 mmHg
AP variation	+4.3%*	+5.2%

*No statistically significant difference compared with group B ($p>0.05$)

Tabella 2 Valori di base e nei controlli ad 1 anno dall'EVAR della clearance della creatinina e della pressione arteriosa

	Gruppo A	Gruppo B
Funzionalità renale		
ClCr pre-procedura	64,24 ml/min	72,41 ml/min
ClCr post-procedura	60,66 ml/min	68,73 ml/min
ClCr variazione	-8,75%*	-6,40%
Funzionalità renale con decremento >20%	7/60 pz (11,6%)	3/42 pz (7,1%)
ClCr pre-procedura	65,95 ml/min	80,21 ml/min
ClCr post-procedura	40,76 ml/min	56,24 ml/min
ClCr variazione	-38,97%*	-30%
Pressione arteriosa (PA)		
Pre-procedura	135±13 mmHg	128±28 mmHg
Post-procedura	141±21 mmHg	135±15 mmHg
PA variazione	+4,3%*	+5,2%

*Differenza non statisticamente significativa rispetto al gruppo B ($p>0,05$)

(Fig. 1) and one occlusion (1/115, 0.86%) (Fig. 2).

In group B, preprocedural CT angiography of the renal arteries (84 renal arteries in 42 patients) demonstrated grade 0 lesions in 76 cases (76/84, 90.4%), grade 1 lesions in six cases (6/84; 7.1%), grade 2 lesions in two cases (2/84, 2.35) and grade 3 in 0 cases for a total of eight significant renal artery stenoses (grades 1+2; 8/84, 9.5%). At follow-up, only one lesion was found to have progressed from a grade 1 to a grade 2 stenosis (1/8, 12.5%); the remaining seven case were unchanged. Follow-up of the 76 renal arteries that were free of stenosis before treatment showed that no new steno-occlusive lesion had developed.

In group A, CT angiography documented one case of a shrunken kidney, resulting from the occlusion of the ipsilateral main renal artery, as well as a case of lower pole infarction due to the endograft covering a thin lower pole branch (2/60, 3.2%) (Fig. 3). In group B, no case of ischaemic injury to the renal parenchyma was observed (0%) (Table 3).

Comparison of the two groups revealed no statistically significant differences in terms of progression (11.1% vs. 12.5%) or onset (3.5% vs. 0%) of renal artery lesions or in terms of ischaemic parenchymal changes (3.2% vs. 0%).

$p<0,05$) e la percentuale di pazienti con collesso prossimale "ostile" (41,7% versus 14,3%, $p<0,05$) (Tabella 1).

Valutazione clinico-laboratoristica

In entrambi i gruppi si è registrata una riduzione media della clearance della creatinina nei controlli eseguiti ad almeno 1 anno dal posizionamento dell'endoprotesi. Nel gruppo A il valore medio della ClCr è passato da 64,24 ml/min a 60,66 ml/min, mentre nel gruppo B da 72,41 ml/min a 68,73 ml/min senza differenze statisticamente significative tra i due gruppi (-8,75% versus -6,40%, $p>0,05$) (Tabella 2). Inoltre non si sono osservate differenze statisticamente significative né in termini di numero di pazienti con riduzione della ClCr maggiore o uguale al 20% (11,86% nel gruppo A versus 7,1% nel gruppo B, $p>0,05$), né in termini di decremento medio della ClCr in questo gruppo selezionato di pazienti (-38,97% versus -30%, $p>0,05$). Infine non abbiamo registrato differenze statisticamente significative tra i valori pressori pre- e post-trattamento in entrambi i gruppi (gruppo A: da 135±13 a 141±21; gruppo B: da 128±28 a 135±15, $p>0,05$) (Tabella 2).



Fig. 1a-f A 79-year-old man. Multidetector computed tomography (MDCT) angiography, three-dimensional (3D) (a,c,d) and axial (b) images; digital subtraction angiogram (DSA) (e,f). CT angiography performed 1 year after the endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR) procedure (c,d) shows an eccentric stenosis of the right renal artery (arrows), which was absent from the pre-EVAR MDCT angiography (a,b) (arrows). The stenosis is confirmed by the DSA examination (e) performed before percutaneous transluminal angioplasty (PTA)/stenting (f) (arrows).

Fig. 1a-f F.T. 79 anni (M); angio-TC immagini 3D (a,c,d) e assiale (b); DSA (e,f). L'esame TC eseguito ad 1 anno dalla procedura di EVAR (c,d) documenta la comparsa di una stenosi eccentrica dell'arteria renale destra (freccie), non presente all'esame TC pre-EVAR (a,b) (freccie). Tale stenosi è confermata all'esame angiografico eseguito come fase preliminare (e) al successivo trattamento mediante PTA/stenting (f) (freccie).

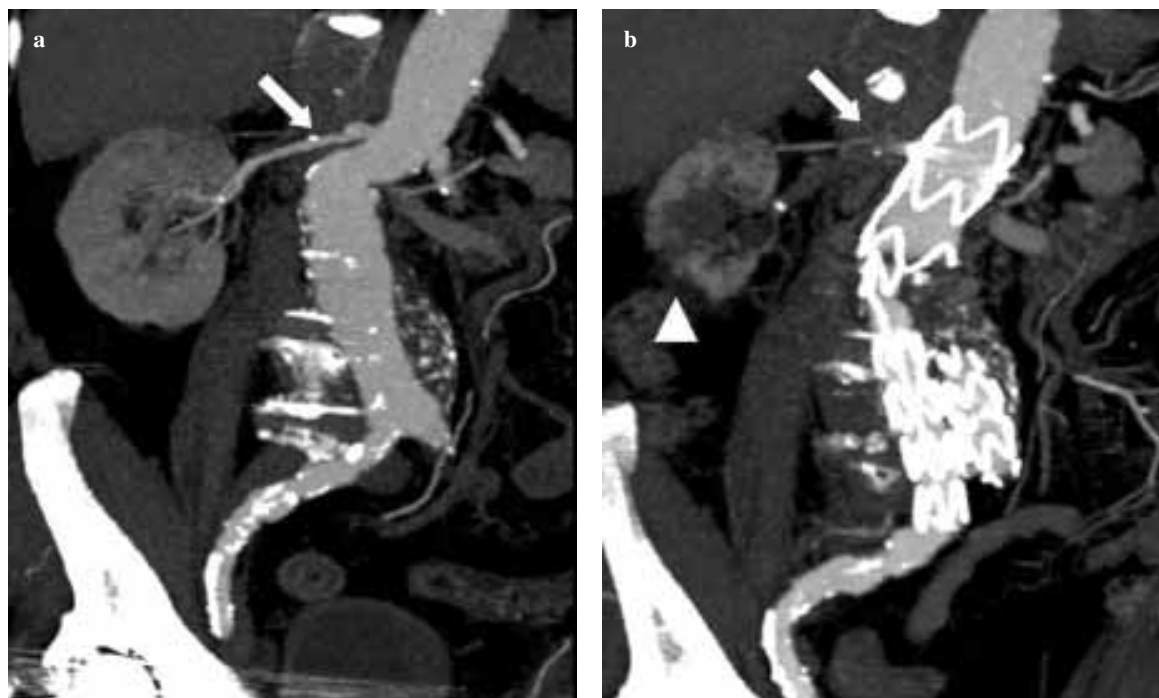


Fig. 2a,b A 75-year-old man. The pre-endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR) maximum intensity projection (MIP) images show regular patency of the right renal artery (a) (arrow), which appears occluded (b) at the 1-year computed tomography (CT) follow-up, with a resulting ipsilateral renal infarction (arrowhead).

Fig. 2a,b Uomo di 75 anni. Pre-EVAR, Ricostruzione MIP. Regolare pervietà dell'arteria renale destra (a) (freccia) che al controllo a 12 mesi dall'impianto appare ostruita (b) (freccia) con conseguente infarto renale omolaterale (punta di freccia).

Discussion

In abdominal endografts with suprarenal fixation, the proximal anchorage point can be extended upwards to the renal arteries thanks to the presence of a portion of the prosthesis not covered by the graft (free-flow section). This potentially reduces the risk of caudal migration and extends the indications for endovascular repair to aneurysms with proximal necks considered hostile due to length, tortuosity or angulation and to those with thrombotic deposits and ulcerations.

In our series, the use of suprarenal endografts allowed the treatment of aneurysms with a shorter proximal neck (2.14 ± 0.84 cm vs. 3.41 ± 1.21 cm; 13.3% vs. 0%) and with a higher rate of hostile characteristics (41.7% vs. 14.3%). Nonetheless, although there was no conclusive evidence, we hypothesised that such grafts could bring about a new haemodynamic equilibrium at the renal artery ostia due to a number of factors:

- The free-flow section could promote the creation of turbulent flows, with a resulting higher risk of steno-occlusive lesions
- The radial force of the metallic meshes might promote distortions in the renal artery ostia, with the resulting formation of intimal folds and ostial stenoses
- Possible hooks in the free-flow section might cause chronic microtraumas to the aortic wall, leading to platelet aggregation and thrombi formation that could obstruct the renal arteries or migrate distally.

Valutazione strumentale

Nel gruppo A, la valutazione pre-EVAR mediante angio-TC delle arterie renali (totale di 124 arterie renali: 4 pazienti presentavano una doppia arteria renale) ha documentato lesioni steno-ostruttive di grado 0 in 115 arterie (115/124; 92,7%), di grado 1 in 6 arterie (6/124; 4,8%), di grado 2 in 3 arterie (3/124; 2,4%) e di grado 3 in 0 arterie (0%), per un totale di 9 stenosi significative (grado 1+2; 9/124, 7,2%). Nel follow-up soltanto in un caso si è osservata la progressione di una lesione stenotica da grado 1 a grado 2 (1/9, 11,1%); le rimanenti 8 stenosi renali sono rimaste invariate nel follow-up ad 1 anno. Nel gruppo delle 115 arterie indenni da stenosi pre-trattamento, i controlli angio-TC ad un anno hanno documentato 3 nuove stenosi di grado 2 (3/115, 2,6%) (Fig. 1) e 1 occlusione (1/115, 0,86%) (Fig. 2).

Le 84 arterie renali dei 42 pazienti del gruppo B, in fase pre-trattamento sono risultate: grado 0 in 76 casi (76/84, 90,4%); grado 1 in 6 (6/84; 7,1%); grado 2 in 2 (2/84, 2,35%) e grado 3 in nessun paziente, per un totale di 8 stenosi significative delle arterie renali (grado 1+2; 8/84, 9,5%). Nel follow-up, solo 1 stenosi è progredita da grado 1 a grado 2 (1/8, 12,5%) mentre le rimanenti 7 sono rimaste immutate. La valutazione delle 76 arterie renali indenni da stenosi prima del trattamento non ha documentato l'insorgenza di alcuna nuova lesione steno-ostruttiva.

Nel gruppo A si è documentata la comparsa di un rene grinzoso, secondario all'occlusione dell'arteria renale principale omolaterale, e di un infarto polare inferiore secondario



Fig. 3a-c A 74-year-old man. Computed tomography (CT) axial images (a, b) show that the endograft covers one left lower polar artery, with resulting infarction of the lower kidney pole (c) (arrow).

Fig. 3a-c P.E. 74 anni (M); le immagini TC assiali (a,b) documentano la copertura da parte della protesi di un ramo polare inferiore di sinistra con conseguente infarto renale polare inferiore (c) (freccia).

alla copertura da parte della protesi di un esile ramo polare renale inferiore (2/60, 3,2%) (Fig. 3). Nel gruppo B non si sono osservate alterazioni parenchimali renali di natura ischemica (0%) (Tabella 3).

La valutazione comparativa tra i due gruppi non ha documentato differenze statisticamente significativa né in termini di progressione (11,1% versus 12,5%) o insorgenza (3,5% versus 0%) di lesioni delle arterie renali, né in termini di alterazioni parenchimali renali di natura ischemica (3,2% versus 0%).

Discussione

Le endoprotesi addominali ad aggancio soprarenale consentono di estendere la sede di ancoraggio prossimale cranialmente all'emergenza delle arterie renali, grazie alla presenza di una porzione della protesi non coperta dal graft ("free flow"), riducendo così potenzialmente il rischio di migrazione caudale e consentendo di ampliare le indicazioni al trattamento endovascolare anche a pazienti con colletto prossimale definito "ostile", sulla base della lunghezza, tortuosità, angolazione, presenza di apposizione parietale trombotica e di ulcerazioni.

Nella nostra serie, l'utilizzo di protesi ad aggancio soprarenale ha consentito di trattare pazienti con un colletto prossimale mediamente più corto ($2,14 \pm 0,84$ cm versus $3,41 \pm 1,21$ cm; 13,3% versus 0%) e con una maggiore percentuale di caratteristiche "ostili" (41,7% versus 14,3%).

Tuttavia, anche se non ci sono dati sicuri e dimostrati, si è ipotizzato che tali protesi potrebbero determinare un nuovo equilibrio emodinamico a livello dell'ostio delle arterie renali sostenuto da diversi fattori:

- il "free-flow" potrebbe favorire la genesi di flussi turbolenti con conseguente aumento del rischio di patologia steno-ostruttiva;
- le maglie metalliche dello stent-graft potrebbero favorire, per mezzo della loro forza radiale, fenomeni di distorsione sugli osti delle arterie renali con conseguente formazione di pieghe intimali in grado di generare stenosi ostiali;
- l'eventuale presenza di uncini in corrispondenza del "free-flow" potrebbe causare un micro-traumatismo cronico sulla parete aortica capace di attivare l'aggregazione piastrinica portando alla formazione di trombi che potrebbero ostruire le arterie renali o migrare distalmente;
- la possibilità che la proliferazione intimale copra gli spazi tra le maglie del "free-flow" con conseguente riduzione di calibro degli osti delle arterie renali e riduzione del flusso ematico al rene.

Appare pertanto giustificata la tendenza a verificare l'effetto nel tempo di queste protesi a livello della funzionalità renale, delle arterie renali e del parenchima renale [13, 16–20].

In letteratura sono presenti diversi studi comparativi tra le protesi ad aggancio soprarenale e quelle ad aggancio sottorenale con risultati contrastanti. Nel lavoro di Cayne con-

Table 3 Pre- and post-endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR) lesions involving the renal arteries and parenchyma

	Group A	Group B
Renal artery complications		
Preprocedural stenosis	9/124 arteries (7.2%)*	8/84 arteries (9.5%)
Unchanged	8/9 (88.8%)	7/8 (87.5%)
Progressed	1/9 (11.1%)	1/8 (12.5%)
Postprocedural stenosis	3/115 arteries (2.6%)*	0/76 arteries (0%)
Postprocedural occlusions	1/115 arteries (0.86%)*	0/76 arteries (0%)
Renal parenchymal alterations		
Ischaemia/infarction	2/60 patients (3.2%)*	0/42 patients (0%)

*No statistically significant difference compared with group B ($p>0.05$)

Tabella 3 Lesioni pre- e post-EVAR a carico delle arterie renali e del parenchima renale

	Gruppo A	Gruppo B
Complicanze arterie renali		
Stenosi pre-procedura	9/124 arterie (7,2%)*	8/84 arterie (9,5%)
Immodificate	8/9 (88,8%)	7/8 (87,5%)
Progredite	1/9 (11,1%)	1/8 (12,5%)
Stenosi post-procedura	3/115 arterie (2,6%)*	0/76 arterie (0%)
Occlusioni post-procedura	1/115 arterie(0,86%)*	0/76 arterie(0%)
Alterazioni parenchima renale		
Ischemia/infarto	2/60 pz (3,2%)*	0/42 pz (0%)

*Risultati statisticamente simili rispetto a quanto ottenuto nel gruppo B ($p>0,05$)

– Possible intimal proliferation could cover the spaces between the meshes of the free-flow section, with resulting renal artery ostia narrowing and reduced blood supply to the kidney.

There is therefore a justified tendency to verify the long-term effect of these grafts on renal function, renal arteries and renal parenchyma [13, 16, 20].

Very few comparative studies of grafts with suprarenal and infrarenal fixation exist in the literature, and the results vary. Cayne et al. studied 130 patients, 69 of whom were treated with suprarenal and 61 with infrarenal stent-grafts. They found a higher rate of small renal infarctions in the suprarenal stent-graft group compared with the infrarenal graft group (5.8% vs. 1.6%) but found no significant differences in renal function [19]. These figures were confirmed by Bockler et al., who reported a 19% rate of renal infarction in patients treated with suprarenal stent-grafts (398 patients) compared with 3.7% in those treated with infrarenal stent-grafts (265 patients) [21]. Lau et al. studied 55 patients treated with infrarenal stent-grafts and 32 patients with suprarenal stent-grafts, finding a higher incidence of progression of steno-occlusive lesions in the group with suprarenal grafts [20]. Conversely, in studies conducted by Malina et al. and Marin et al., the use of suprarenal grafts did not increase the risk of complications affecting the renal arteries, the renal parenchyma or renal function [22, 23]. These results have been confirmed in studies by Kramer et al., Burks et al. and Surowiec et al. on 99, 192, and 113 patients, respectively [24–26].

dotto su 130 pazienti, di cui 69 trattati con protesi ad aggancio soprarenale e 61 con protesi ad aggancio sottorenale, si è osservata una maggiore percentuale di piccoli infarti renali con l'utilizzo di protesi ad aggancio soprarenale rispetto all'aggancio sottorenale (5,8% versus 1,6%), seppure in assenza di differenze significative in termini di funzionalità renale [19]. Tale dato appare confermato dal lavoro di Bockler che riporta una percentuale di infarti renali pari al 19% nel gruppo di pazienti trattati con protesi ad aggancio soprarenale (398 pazienti) e 3,7% nel gruppo trattato con protesi ad aggancio sottorenale (265 pazienti) [21]. Nello studio di Lau, condotto su 55 pazienti trattati con protesi ad aggancio sottorenale e 32 pazienti con protesi ad aggancio soprarenale, si è documentato una maggiore incidenza di progressione di patologia steno-occlusiva nel gruppo di pazienti con protesi ad aggancio soprarenale [20]. Al contrario, nell'esperienza di Malina e Marin l'utilizzo di protesi ad aggancio soprarenale non ha aumentato il rischio di complicanze sulle arterie renali, sul parenchima renale e sulla funzionalità renale [22, 23]. Tali risultati appaiono confermati anche dagli studi condotti da Kramer, Burks e Surowiec rispettivamente su 99, 192 e 113 pazienti [24–26].

Nel nostro studio la valutazione retrospettiva degli esami angio-TC, pre- e post-EVAR, non ha documentato differenze statisticamente significative in termini di insorgenza/progressione delle lesioni steno-occlusive delle arterie renali (11,1% nel gruppo A versus 12,5% nel gruppo B) né in termini di alterazioni parenchimali renali. Tuttavia un fattore da non trascurare è comunque la maggior tendenza all'insorgenza di

In our study, the retrospective review of pre- and post-treatment CT angiograms revealed no statistically significant difference in either the onset/progression of renal artery steno-occlusive lesions (11.1% in group A vs. 12.5% in group B) or parenchymal changes. There was, however, a greater tendency to develop steno-occlusive lesions and parenchymal changes in patients treated with suprarenal grafts (3.5% vs. 0%), which, although not statistically significant, should not be overlooked.

Evaluation of AP did not reveal any significant posttreatment variations, either in absolute terms or when comparing the two groups. This finding agrees with previous studies that reported that suprarenal grafts did not significantly alter the patient's AP [22, 23].

Assessment of renal function in terms of CrCl changes in the two groups after 1 year revealed no statistically significant difference (-8.75 in group A vs. -6.40 in group B). Similar results were found when comparing the number of patients with a CrCl reduction $\geq 20\%$ (11.86% vs. 7.1%); in addition, in this subset of patients, the degree of CrCl reduction (-38.97% vs. -30%) was statistically similar. A significant finding is the tendency for renal function to decline in all patients undergoing EVAR, regardless of the type of graft employed; as previously reported, this decline in renal function appears similar to that occurring after open surgery. In the case of surgery, the decline is secondary to distal embolisation phenomena connected with the operation, to the possible development of renal ischaemia after renal artery clamping or to possible renal artery injury (dissection, occlusion) during the operation [12].

Conclusion

In conclusion, our study shows that the use of grafts with suprarenal fixation has broadened the indications for EVAR, with no significant increase in complications affecting renal function, renal arteries or renal parenchyma. However, we believe that further studies with longer follow-up periods and larger population samples are needed to evaluate the real risk of using suprarenal grafts as regards the development of renal artery steno-occlusive lesions and ischaemic damage to the renal parenchyma.

The tendency of renal function to decline in all patients after EVAR should encourage us to put in place appropriate pretreatment "hydration" protocols and limit the use of iodinated contrast agents during the procedure and the follow-up by restricting the number of CT angiography examinations and resorting to alternative techniques such as magnetic resonance (MR) angiography and contrast-enhanced ultrasonography [27].

patologia steno-ostruttiva delle arterie renali e di alterazioni parenchimali renali associata all'utilizzo di protesi ad aggancio soprarenale (3,5% versus 0%), seppur senza differenze statisticamente significative tra i due gruppi di pazienti.

La valutazione dei livelli della pressione arteriosa non ha documentato significative variazioni post-trattamento, sia in assoluto sia paragonando i due gruppi. Tale risultato coincide con i dati riportati in letteratura secondo i quali le protesi ad aggancio soprarenale non modificano in maniera significativa i valori di pressione arteriosa del paziente [22, 23].

L'analisi ad un anno dalla procedura della funzionalità renale in termini di variazione della ClCr registrate nei due gruppi, non ha documentato differenze statisticamente significative (-8,75 nel gruppo A versus -6,40 nel gruppo B). Risultati simili sono emersi anche confrontando il numero di pazienti con decremento della ClCr maggiore o uguale al 20% (11,86% versus 7,1%); in tali pazienti, inoltre, il decremento della ClCr (-38,97% versus -30%) è risultato statisticamente simile. Un dato rilevante è rappresentato dalla costante tendenza al decremento della funzionalità renale in tutti i pazienti sottoposti ad EVAR, indipendentemente dal tipo di protesi utilizzata; come riportato anche in letteratura tale decremento della funzionalità renale appare del tutto simile a quanto si verifica dopo terapia chirurgica convenzionale. In caso di trattamento chirurgico, tale decremento è secondario ai fenomeni di embolizzazione distale connessi con l'intervento, alla possibile insorgenza di ischemia renale post-clampaggio delle arterie renali o in rapporto ai possibili insulti (dissezione, occlusione) provocati sulle arterie renali durante l'intervento [12].

Conclusioni

In conclusione, dai dati del nostro studio emerge che l'utilizzo di protesi ad aggancio soprarenale consente di ampliare le indicazioni all'EVAR, in assenza di un incremento significativo di complicanze in termini di alterazioni della funzionalità renale, delle arterie renali e del parenchima renale. Tuttavia pensiamo che siano necessari ulteriori studi con follow-up più lunghi e casistiche più ampie tali da valutare il reale rischio legato all'utilizzo di protesi ad aggancio soprarenale nell'insorgenza di nuove lesioni steno-ostruttive renali e di alterazioni parenchimali renali ischemiche.

La tendenza al decremento della funzionalità renale, in tutti i pazienti post-EVAR, dovrebbe indurre a praticare adeguati protocolli di "idratazione" in fase pre-procedura e a ridurre l'uso di mezzo di contrasto organo-iodato in fase intraprocedurale e nel follow-up, limitando eventualmente il numero di esami angio-TC e utilizzando tecniche alternative quali l'angio-RM e l'ecografia con mezzo di contrasto [27].

References/Bibliografia

1. Melton LJ, Bickerstaff K, Hollier LH et al (1984) Changing incidence of abdominal aortic aneurysms: a population based study. *Am J Epidemiol* 120:379–386
2. Cao P, De Rango P (1999) Abdominal aortic aneurysms. Current management. *Cardiologia* 44:711–717
3. Ingoldby CJ, Wujanto R, Mitchell JE et al (1986) Impact of vascular surgery on community mortality from ruptured aortic aneurysm. *Br J Surg* 73:551–553
4. Noel AA, Gloviczki P, Cherry KJ et al (2001) Ruptured abdominal aortic aneurysms: the excessive mortality rate of conventional repair. *J Vasc Surg* 34:41–46
5. Rockman C (2004) Reducing complication by better case selection : anatomic considerations. *Semin Vasc Surg* 17:298–306
6. Biebl M, Hakaim AG, Hugel B et al (2005) Endovascular aortic aneurysm repair with Zenith AAA Endovascular Graft: does gender affect procedural success, postoperative morbidity, or early survival? *Am Surg* 71:1001–1008
7. Torsello G, Osada N, Florek HJ et al (2006) Long-term outcome after Talent endograft implantation for aneurysm of the abdominal aorta: a multicenter retrospective study. *J Vasc Surg* 43:277–284
8. Parmer SS, Carpenter JP (2006) Endovascular aneurysm repair with suprarenal vs infrarenal fixation: a study of renal effect. *J Vasc Surg* 43:19–25
9. Alric P, Hinchliffe RJ, Picot MC et al (2003) Long-term renal function following endovascular aneurysm repair with infrarenal and suprarenal aortic stent-grafts. *J Endovasc Ther* 10:397–405
10. Grego F, Frigatti P, Antonello M et al (2004) Suprarenal fixation of endograft in abdominal aortic aneurysm treatment: focus on renal function. *Ann Surg* 240:169–178
11. Alsac JM, Zarins CK, Heikkinen MA et al (2005) The impact of aortic endografts on renal function. *J Vasc Surg* 41:926–930
12. Greenberg RK, Chuter TA, Lawrence-Brown M et al (2004) Analysis of renal function after aneurysm repair with a device using suprarenal fixation (Zenith AAA Endovascular Graft) in contrast to open surgical repair. *J Vasc Surg* 39:1219–1228
13. Harris JR, Fan CM, Geller SC et al (2003) Renal perfusion defects after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol* 14:329–333
14. Simonetti G, Gandini G, Inglese L et al (2000) Aneurysms of the abdominal aorta. Guidelines for patient selection and post-procedure management. Italian TEAM (Transfemoral Endovascular Aneurysm Management). *Radiol Med* 99:22–25
15. Cockcroft DW, Gault MH (1976) Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron* 16:21–41
16. Liffman K, Lawrence-Brown MM, Semmens JB et al (2003) Suprarenal fixation effect on blood flow of an endoluminal stent wire across an arterial orifice. *J Endovasc Ther* 10:260–274
17. Desgranges P, Hutin E, Kedzia C et al (1997) Aortic stents covering the renal arteries ostia an animal study. *J Vasc Interv Radiol* 8:77–82
18. Birch PC, Start RD, Whitbread T et al (1999) The effects of crossing porcine renal artery ostia with various endovascular stents. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 17:185–190
19. Cayne NS, Rhee SJ, Veith FJ et al (2003) Does transrenal fixation of aortic endografts impair renal function? *J Vasc Surg* 38:639–644
20. Lau LL, Hakaim AG, Oldenburg WA et al (2003) Effect of suprarenal versus infrarenal fixation on renal function and renal artery patency: a comparative study with intermediate follow-up. *J Vasc Surg* 37:1162–1168
21. Bockler D, Krauss M, Mansmann U et al (2003) Incidence of renal infarctions after endovascular AAA repair: relationship to infrarenal versus suprarenal fixation. *J Endovascular Ther* 10:1054–1060
22. Malina M, Brunkwall J, Ivancev K et al (1997) Renal arteries covered by aortic stents: clinical experience from endovascular grafting of aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 14:109–113
23. Marin ML, Parsons RF, Hollier LH et al (1998) Impact of transrenal aortic endograft placement on endovascular graft repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 28:638–648
24. Kramer SC, Seifarth H, Pamler R et al (2002) Renal infarction following endovascular aortic aneurysm repair: incidence and clinical consequences. *J Endovasc Ther* 9:98–102
25. Burks JA, Faries PL, Gravereaux EC et al (2002) Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: stent-graft fixation across the visceral arteries. *J Vasc Surg* 35:109–113
26. Surowiec SM, Davies MG, Fegley AJ et al (2004) Relationship of proximal fixation to postoperative renal dysfunction in patient with normal serum creatinine concentration. *J Vasc Surg* 39:804–810
27. Carpenter JP, Fairman RM, Barker CF et al (2001) Endovascular AAA repair in patients with renal insufficiency: strategies for reducing adverse renal events. *Cardiovasc Surg* 9:559–564