



Luca Panti
Matteo Panti

EVAR – Endovascular Aneurysms Repair

Perfetta sinergia tra
ingegneria e medicina



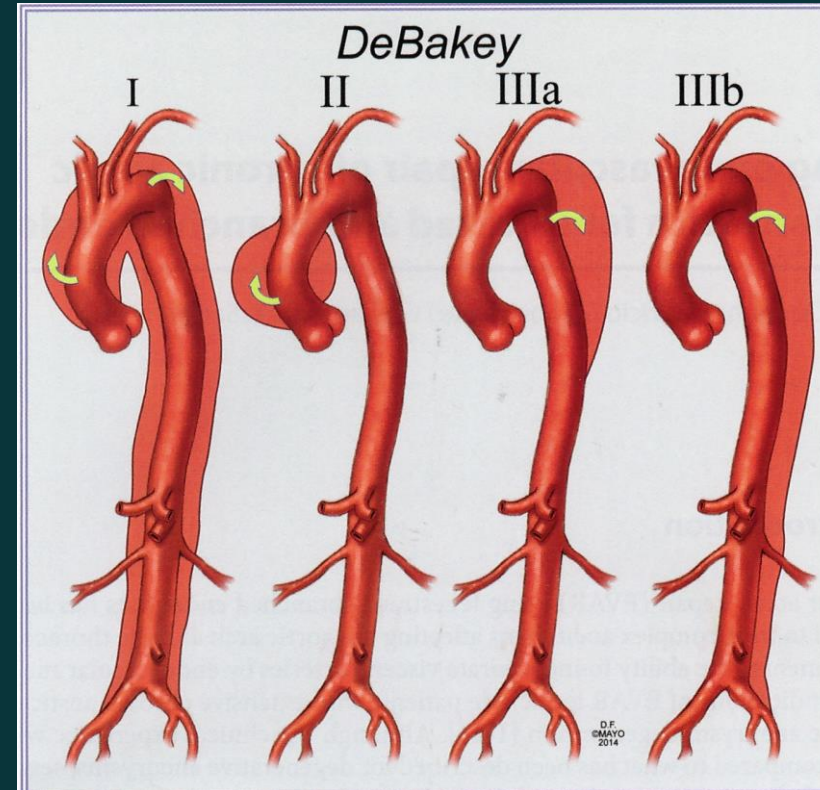
L'aorta è l'arteria che distribuisce il sangue dal cuore a tutte le parti del nostro corpo.

Il diametro standard dell'aorta toracoaddominale è all'incirca 3 cm.

Quando (per vari motivi genetici o legati a specifici problemi precedenti del paziente) questa subisce un indebolimento, allora, a causa della pressione del sangue che spinge contro la pareti del vaso, ci può essere una dilatazione eccessiva del vaso o un rigonfiamento verso l'esterno.

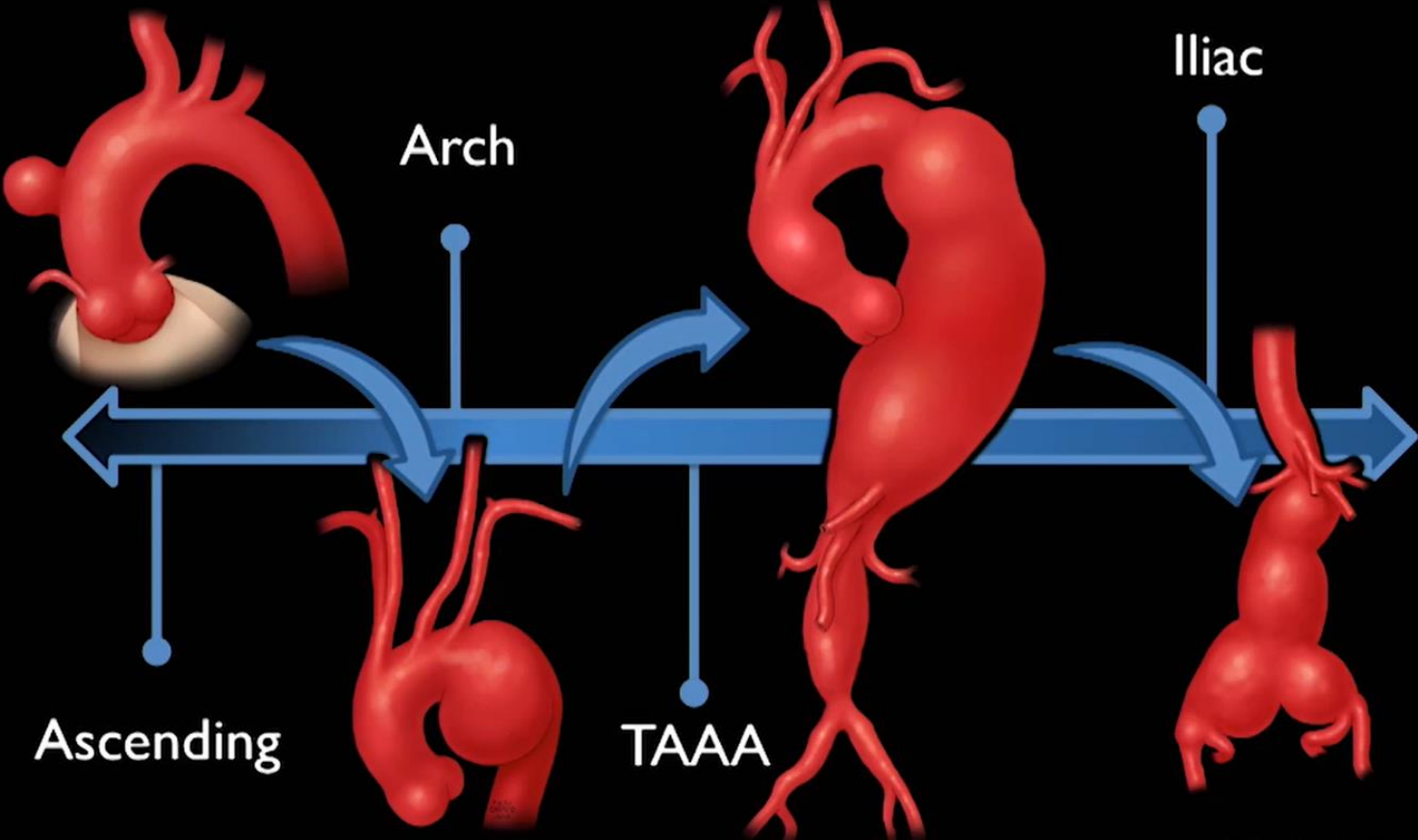
Questa viene chiamata Aneurisma Toracoaddominale Aortico (ThoracoAbdominal Aortica Aneurysm – TAAA).

Cosa è un Aneurisma Aortico ToracoAddominale ?



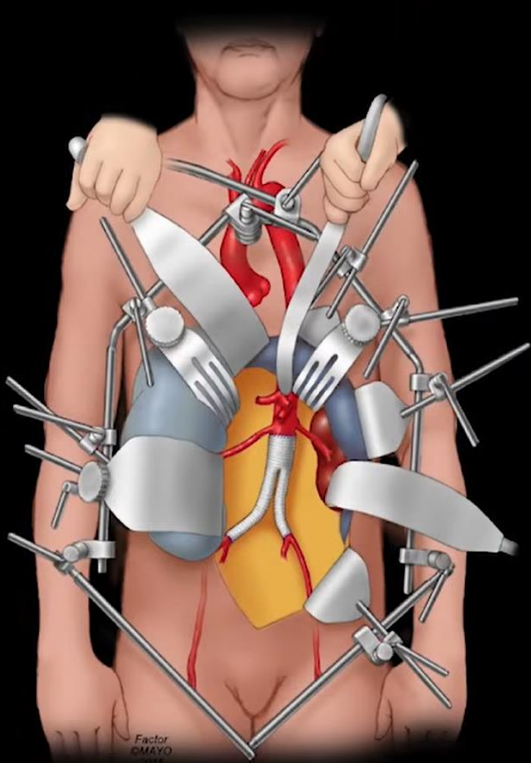
Classificazione dell'aneurisma in base all'altezza cui si trova:

AREAS OF CLINICAL NEED

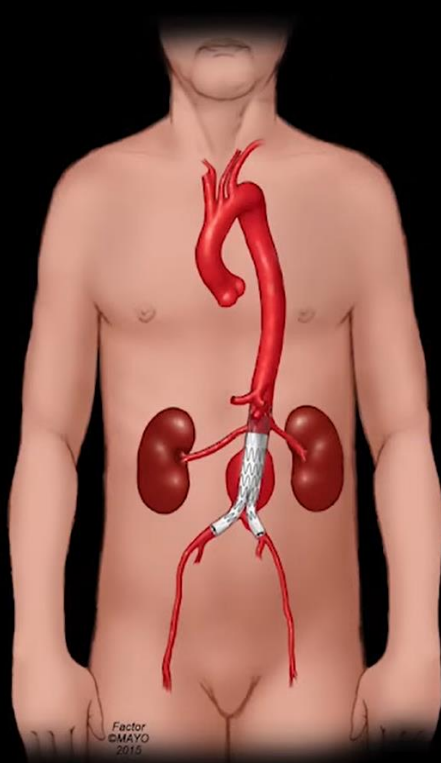


Come può essere gestito un TAAA ?

OPEN REPAIR



ENDOVASCULAR REPAIR



Esistono attualmente due modi per procedere:

1. Chirurgia aperta
2. Chirurgia endovascolare - EVAR

Vantaggi della EVAR:

- ✓ Minor tasso di mortalità
- ✓ Minor tempo di operazione
- ✓ Minori perdite di sangue e trasfusioni

La Endovascular Aortic Repair (EVAR) è una tecnica innovativa sviluppata negli ultimi anni, ancora in rapida evoluzione.

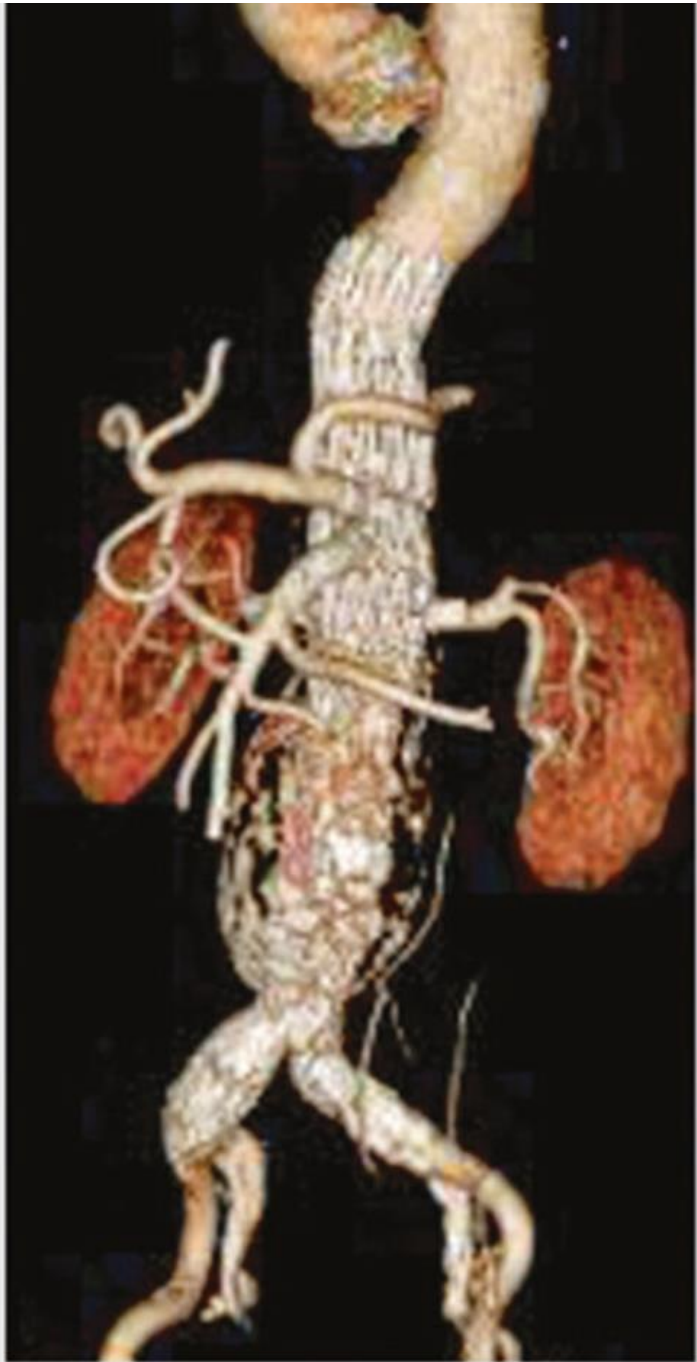
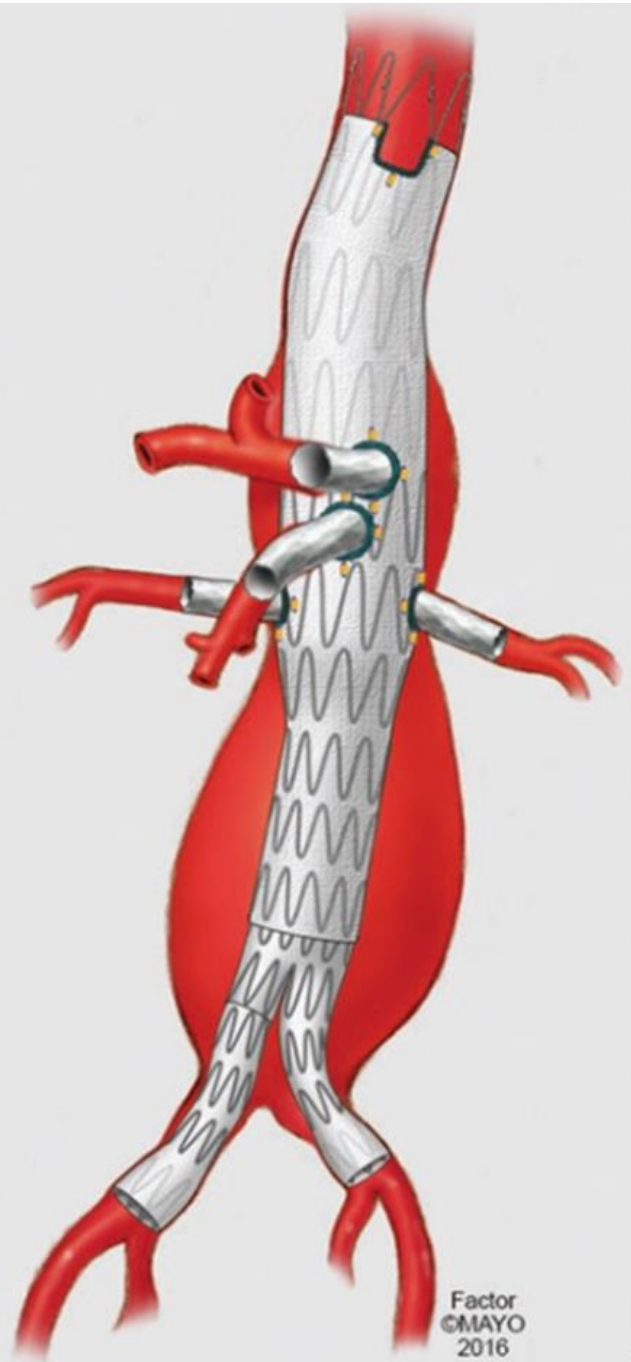
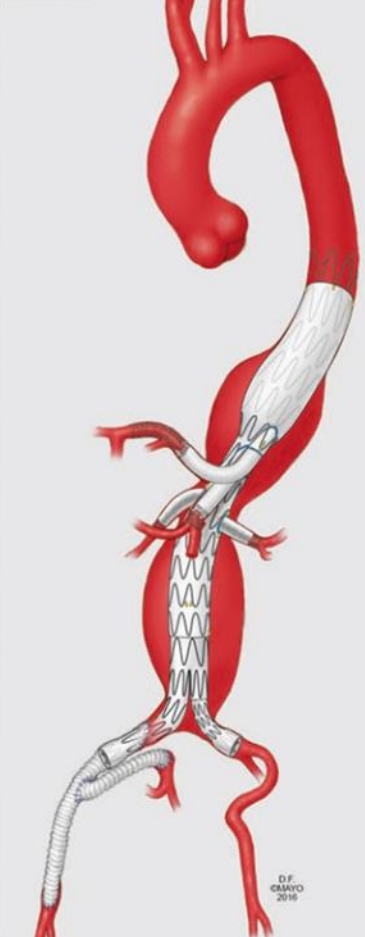
Questa consiste nella sostituzione della parte malata di aorta con una protesi artificiale molto particolare dal punto di vista tecnico, cioè la «custom-made fenestrated or branches stent graft».

Può essere posizionata effettuando un accesso dalle arterie brachiali, degli stents, e iliofemorali, della protesi principale.

Il progetto della protesi è fatto su misura del paziente vista la complessità anatomica e i possibili differenti orientamenti con le quali si possono ramificare le arterie (Mesenterica Superiore, Renali, Celiaca), che possono cambiare da paziente a paziente.

In che cosa consiste la EVAR?

- 1) Scannerizzazione TAC tridimensionale dell'aorta
- 2) Scelta delle «sealing zones»
- 3) Scelta della tipologia di ramificazioni:
 - Fenestrated
 - Directional branches
- 4) Progettazione della protesi con TeraRecon
- 5) Costruzione della protesi





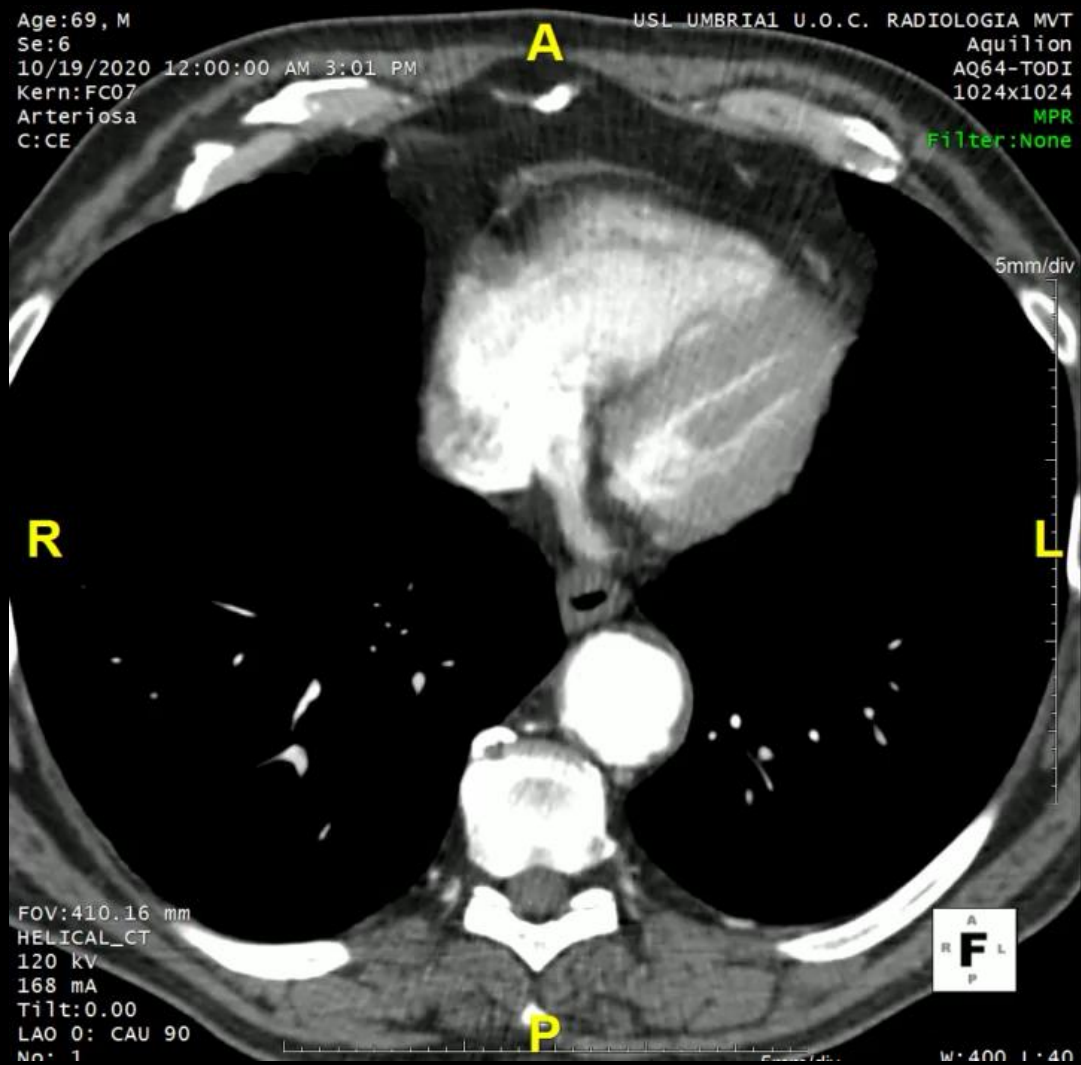
Preoperative planning

Nella fase preoperatoria si deve fare una valutazione complessiva dell'intera aorta toracoaddominale (dall'arco fino alla biforcazione femorale).

Questo può essere fatto con una «helical thin-slice» TAC, in grado di scannerizzare con grandissimo dettaglio tutto il tratto interessato, facendo una serie di sezioni bidimensionali.

Grazie al software di ultima generazione TeraRecon possiamo ottenere una **ricostruzione tridimensionale** grazie alla tecnica del Volume Rendering incorporata in TeraRecon.

Sezioni bidimensionionali a varie altezze della TAC



Ricostruzione tridimensionale di TeraRecon con la «Volume Rendering»



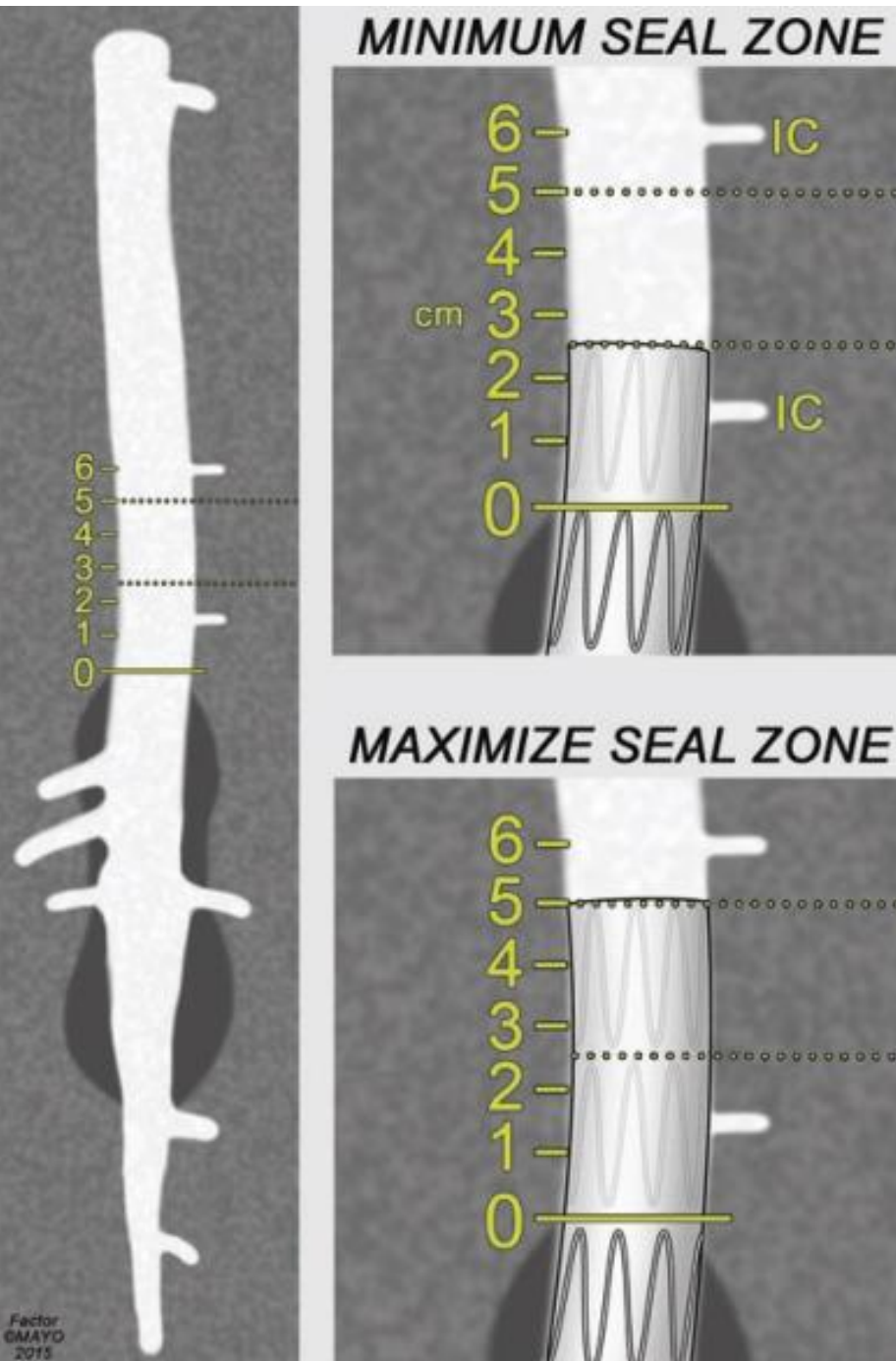
Sealing zones

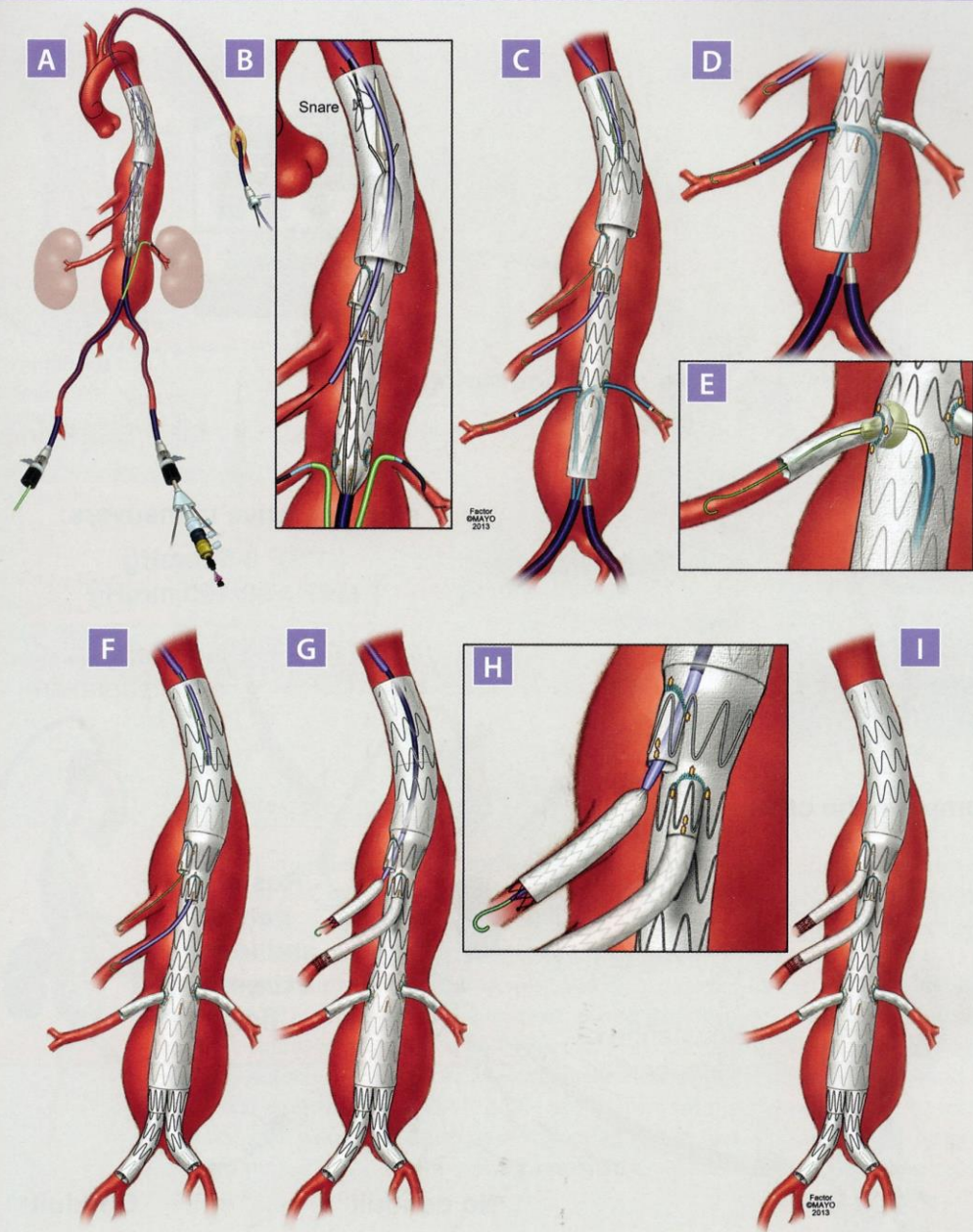
Uno step fondamentale è quello della scelta delle «sealing zones», cioè quelle sezioni prossimali e distali dell'aorta che saranno il punto di fissaggio dell'intera protesi.

Si deve quindi scegliere una zona dell'aorta che sia sana e che non presenti nessun tipo di anomalia come calcificazioni, trombi o assottigliamenti.

La parete del vaso, infatti, deve mantenere delle eccellenti proprietà meccaniche, quali elasticità e resistenza, per poter sostenere a lungo termine le forze di sollecitazione della protesi.

La sealing zone deve essere minimo 2,5 cm, di solito si utilizza di 3-4 cm





Luogo di accesso

Il luogo di accesso della protesi vera e propria deve essere quello dalle arterie iliofemorali, in quanto il **diametro** di questi vasi è **sufficiente** per poter introdurre la protesi.

Viceversa, le fenestrations e directional branches devono **essere posizionati dall'alto**, quindi si preferisce un accesso brachiale.

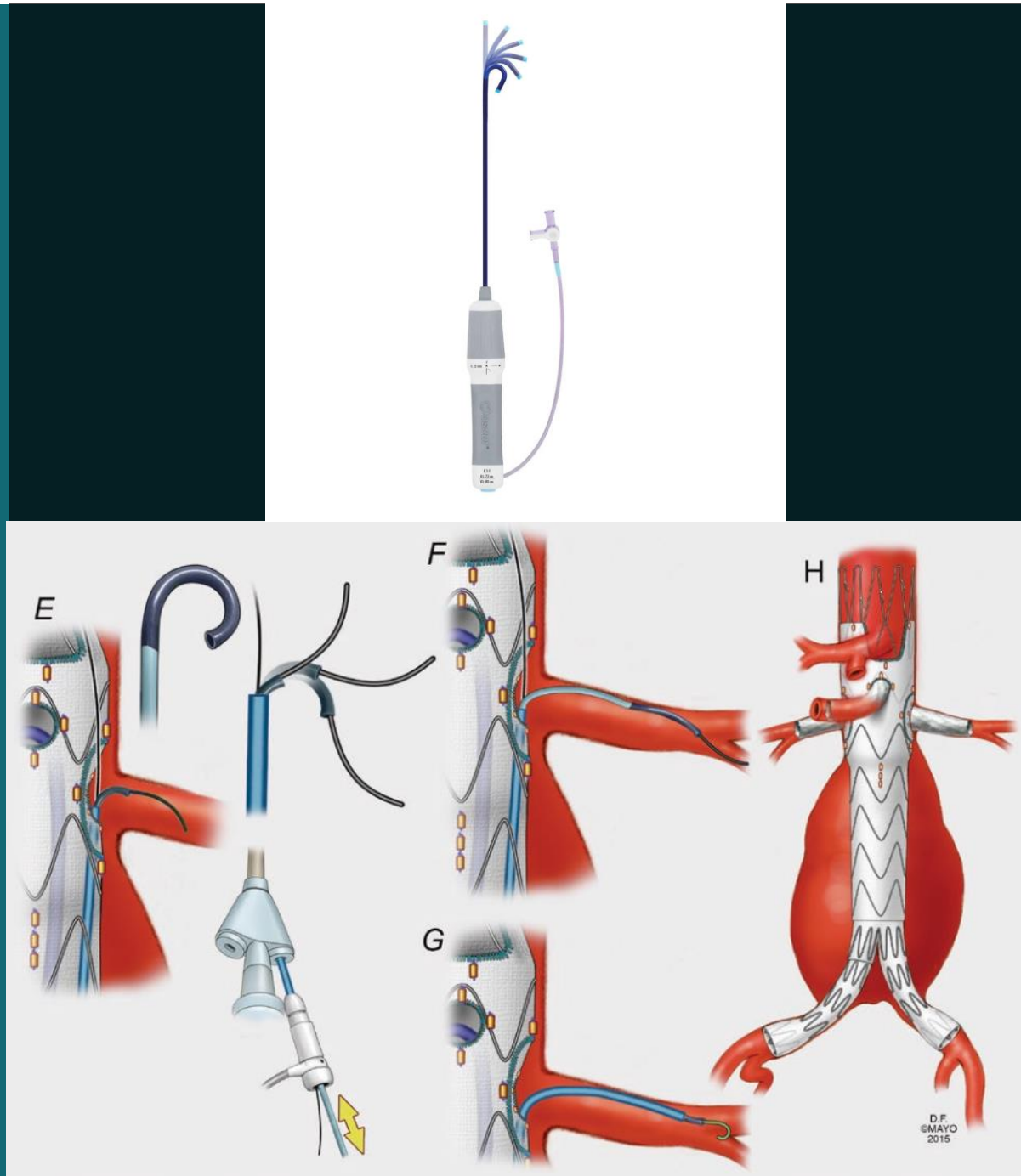
Da notare che questo è sempre possibile in quanto la dimensione degli stents ramificati è molto più ridotta.

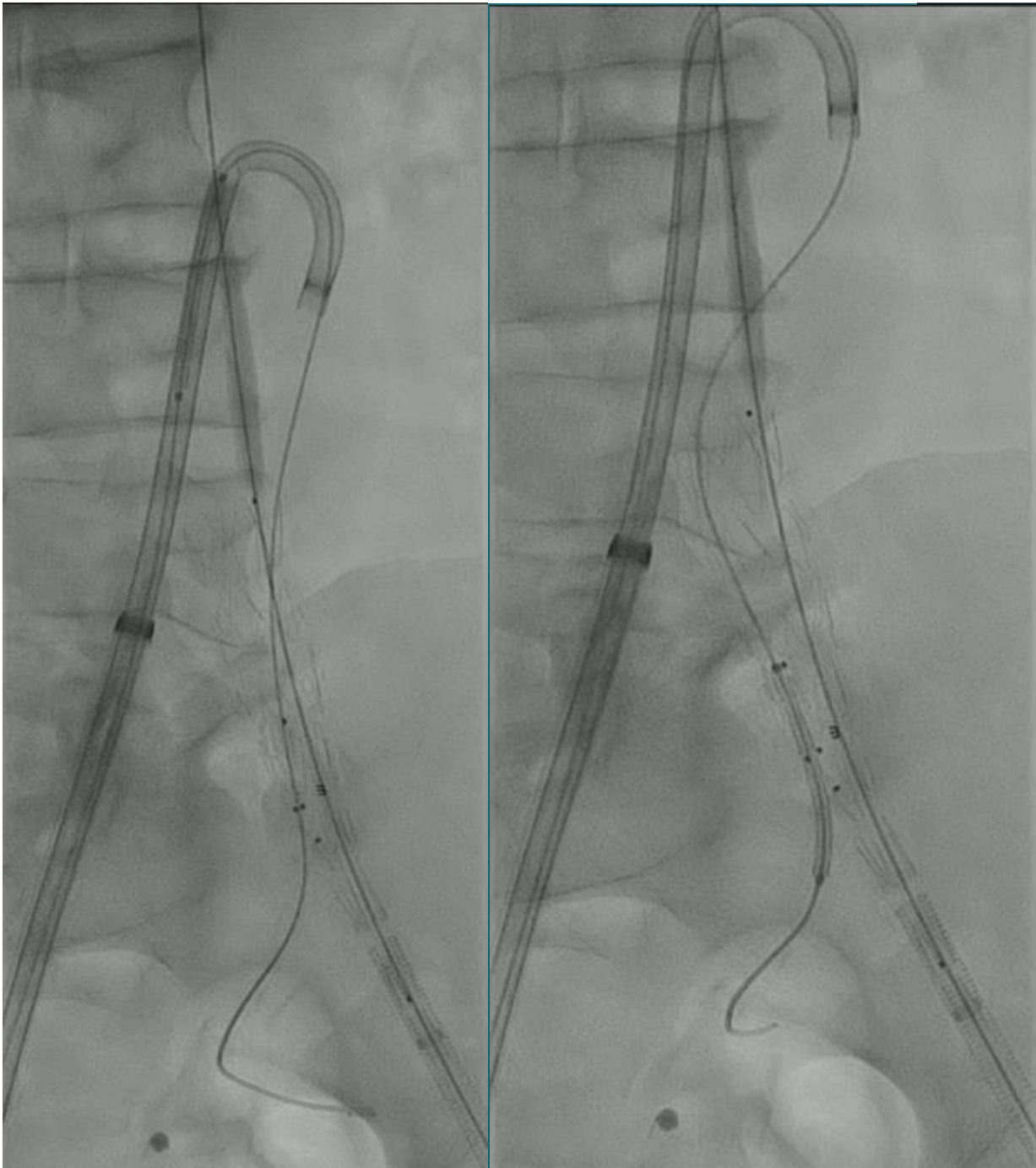
Luogo di accesso

Molto recentemente si stanno sviluppando prodotti estremamente innovativi, che permettono di *ridurre ulteriormente l'invasività dell'operazione.*

Infatti, grazie a dei cateteri in grado di cambiare direzione di 180 gradi, siamo in grado di posizionare dall'alto i directional branches con accesso dall'inguine.

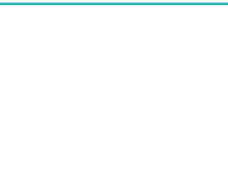
Si può quindi fare esclusivamente accesso iliofemorale evitando quello brachiale.



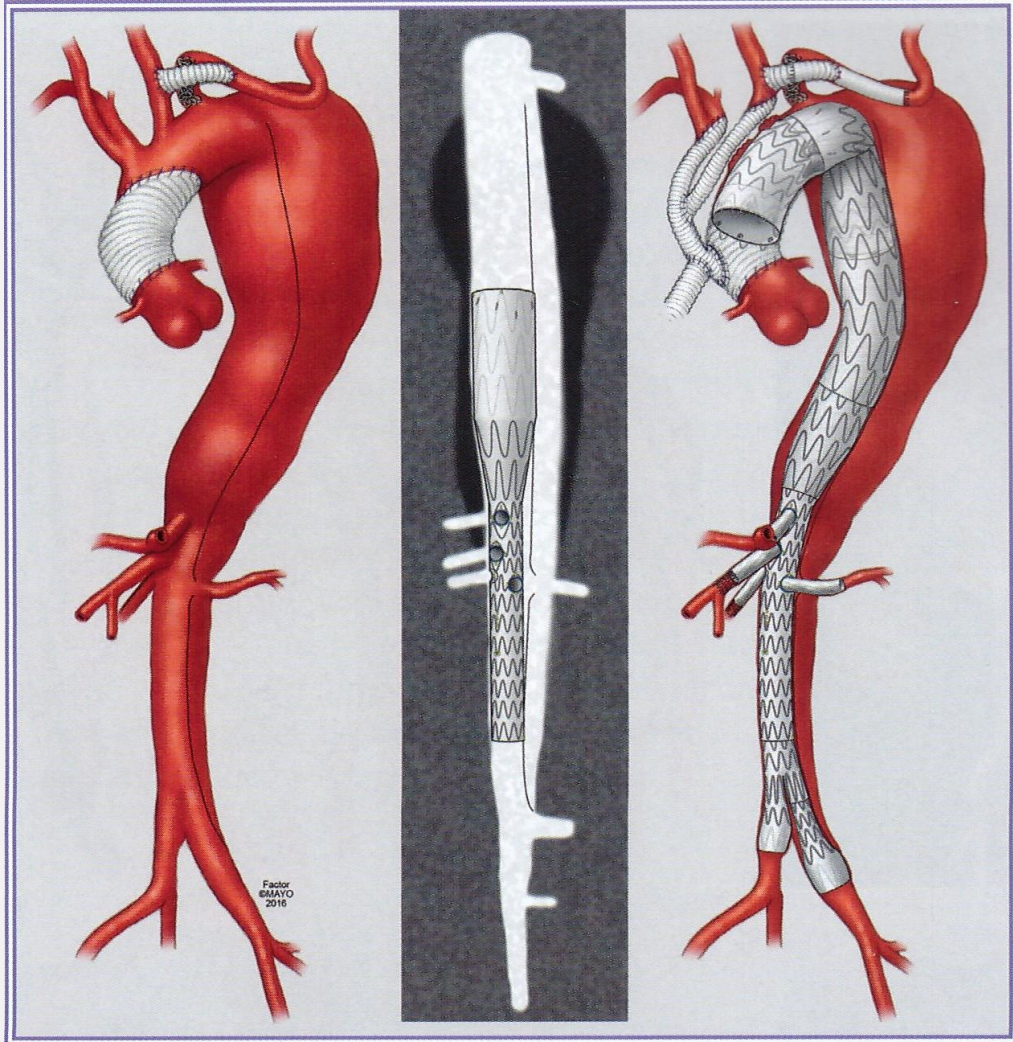


Caso clinico reale di
posizionamento dal basso di
uno stent a palloncino
espandibile di una directional
branch down-going tramite
utilizzo di catetere Oacor
Destino.

Stent chiuso: 2,5 mm
Stent aperto: 8 mm



Progettazione della protesì



Per la progettazione del dispositivo di parte dalla misurazione dei diametri sia dell'aorta nelle zone di fissaggio (distali e prossimali), sia delle ramificazioni.

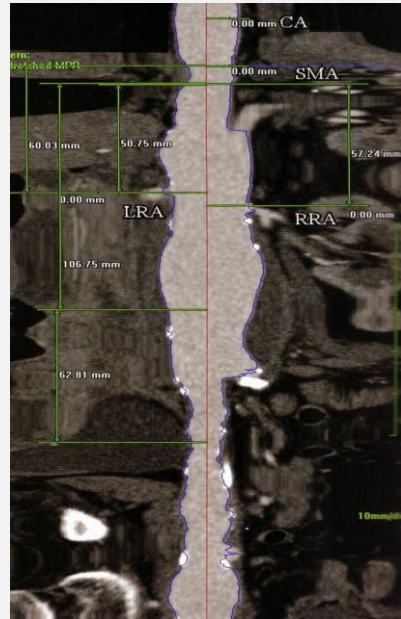
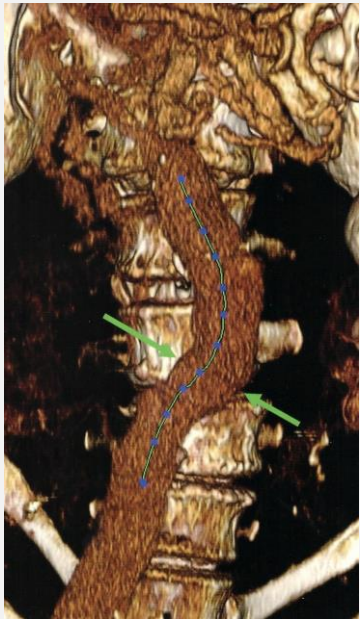
Inoltre deve essere identificata *l'altezza* alle quali si trovano quest'ultime, nonché il loro *orientamento* (angolo), per definire completamente la loro posizione nello spazio.

Perciò si deve fare affidamento su dispositivi hardware e software all'avanguardia come il multidetector computed tomography with advanced 3D reformatting – *TeraRecon*.

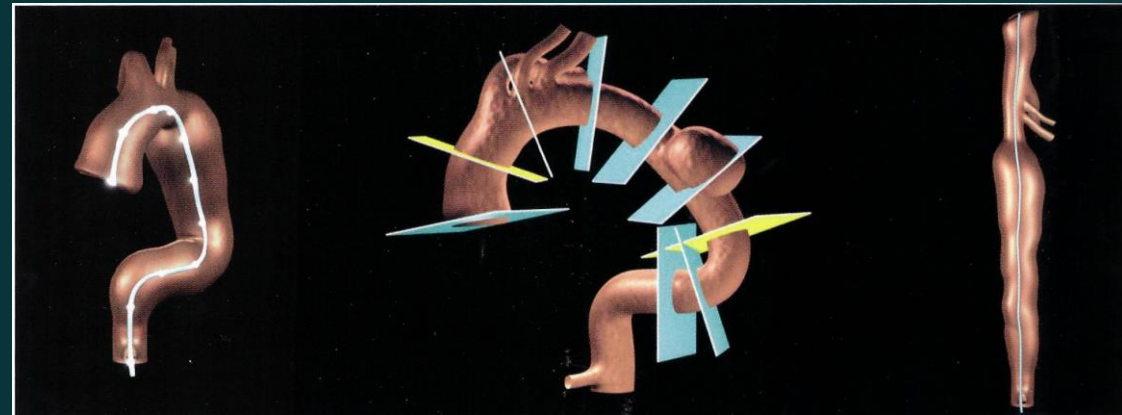
Per misurare le altezze cui si trovano le fenestrations e branches si può procedere con la tecnica del CLF (CenterLine Flow), cioè andare ad unire i luoghi dei baricentri delle sezioni del flusso di sangue, così da definire una linea lungo l'aorta.

Il programma 3D Aquarius di TeraRecon ci offre una ipotetica CLF in automatico, basandosi sui dati ricevuti dalla TAC.

La CLF può essere modificata manualmente se questa presenta delle irregolarità.



Misurazione con 3D Aquarius Workstation



Una volta fatto ciò possiamo andare a dispiegare (stretching) l'aorta lungo la centerline.

In questo modo possiamo andare ad effettuare le misurazioni direttamente sull'immagine della CLF.

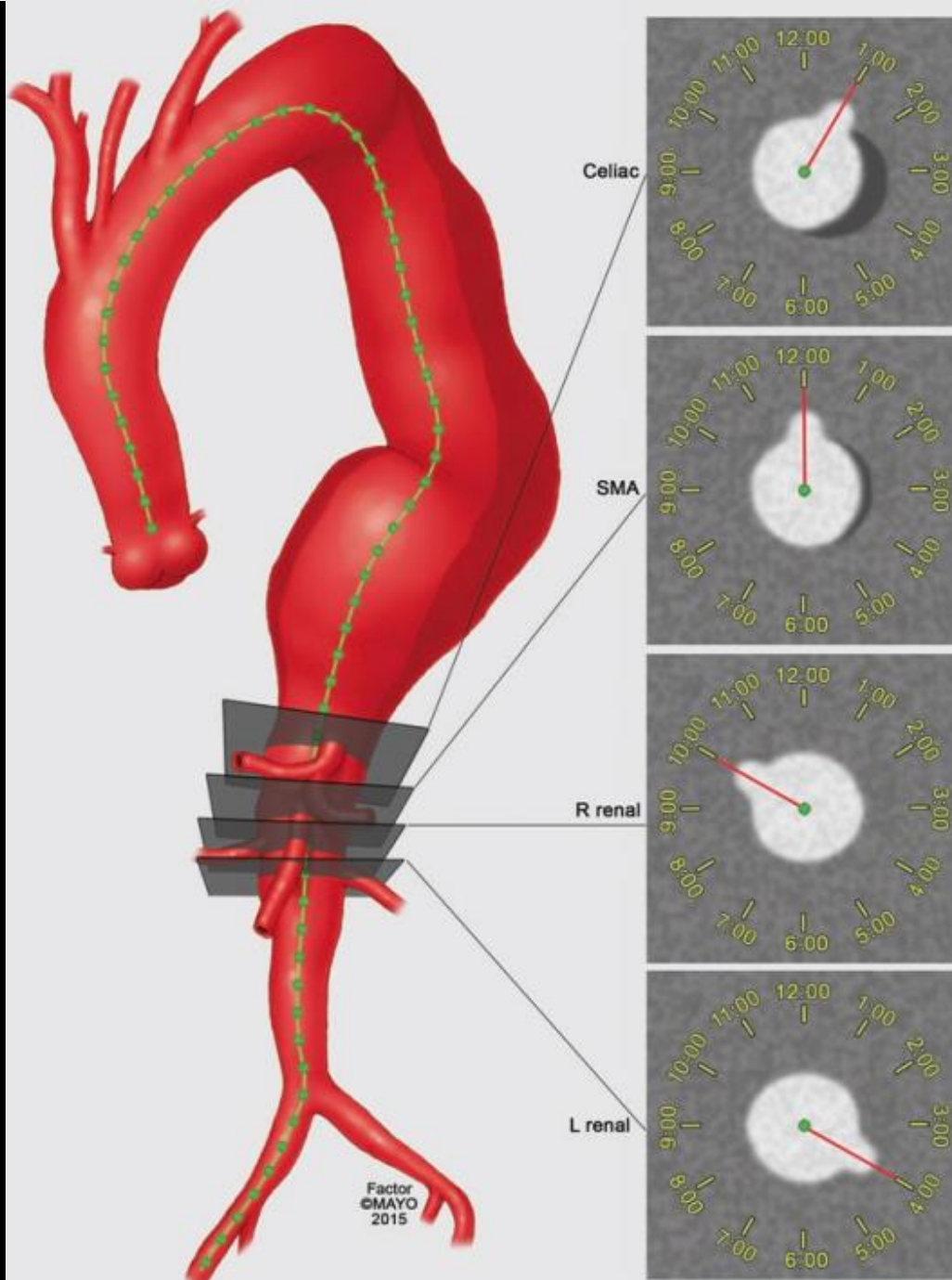
Questo procedimento è consigliato perché evita tutte le tortuosità e le angolazioni che ci possono essere dell'aorta oltre quelle del suo naturale percorso.

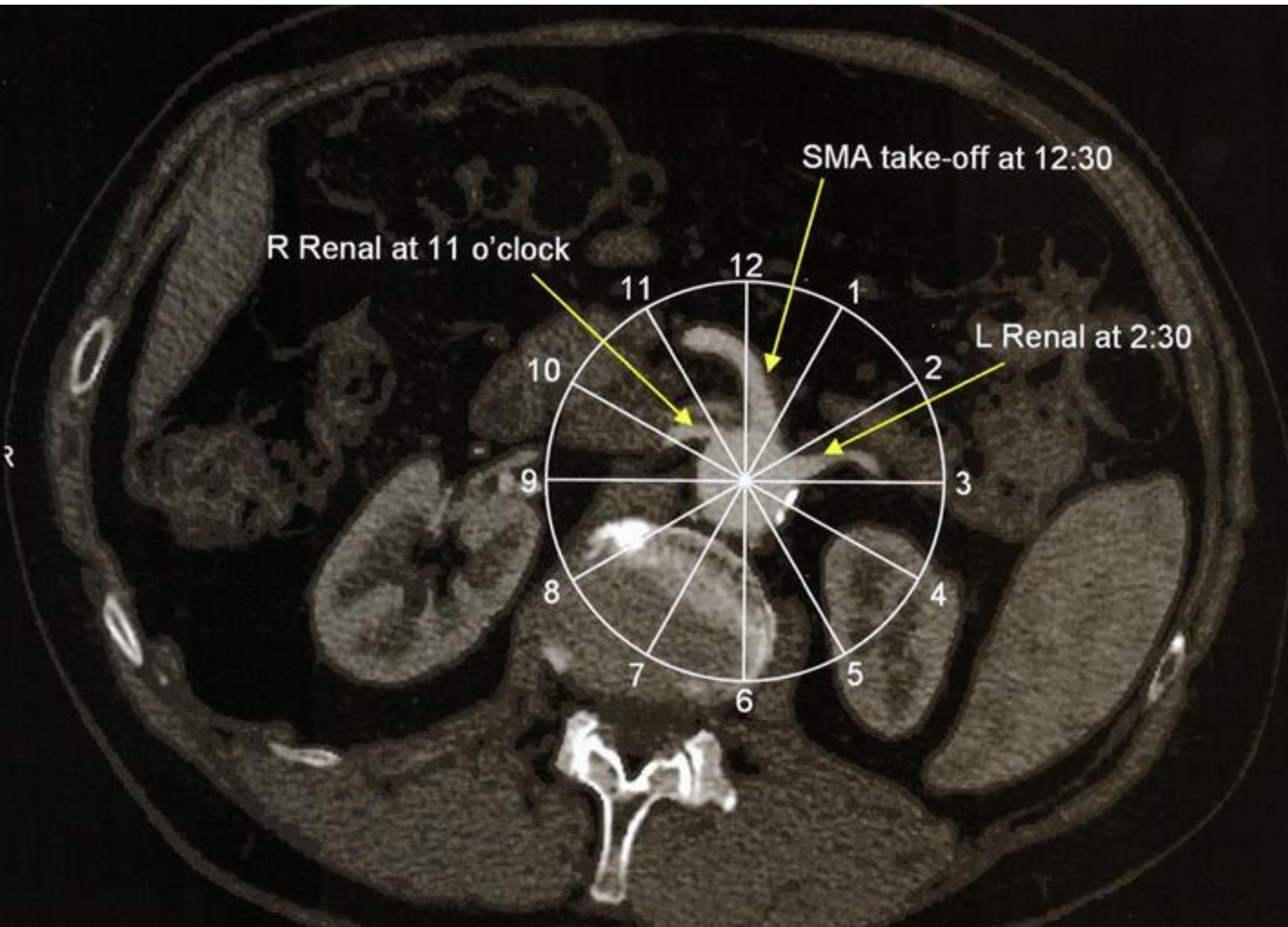
Orientamento dei directional branches e fenestrations

Il metodo più utilizzato per la definizione dell'orientamento degli stents che si ramificano dall'aorta è quello «dell'orologio».

Si sovrappone il centro di una griglia oraria con quello dell'aorta.

Poi si definiscono all'incirca le posizioni delle arterie con le ore: 12,00 o'clock, 3,30, etc...

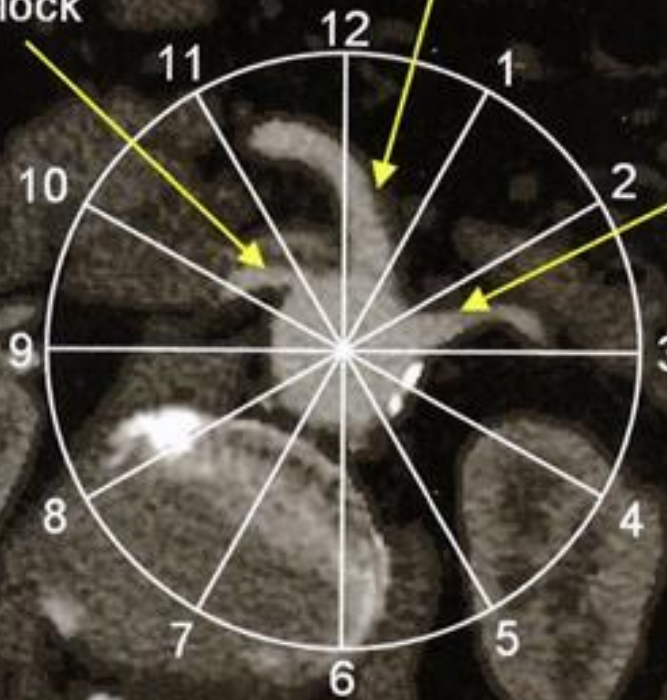




SMA take-off at 12:30

R Renal at 11 o'clock

L Renal at 2:30



Fenestrations vs. Directional branches

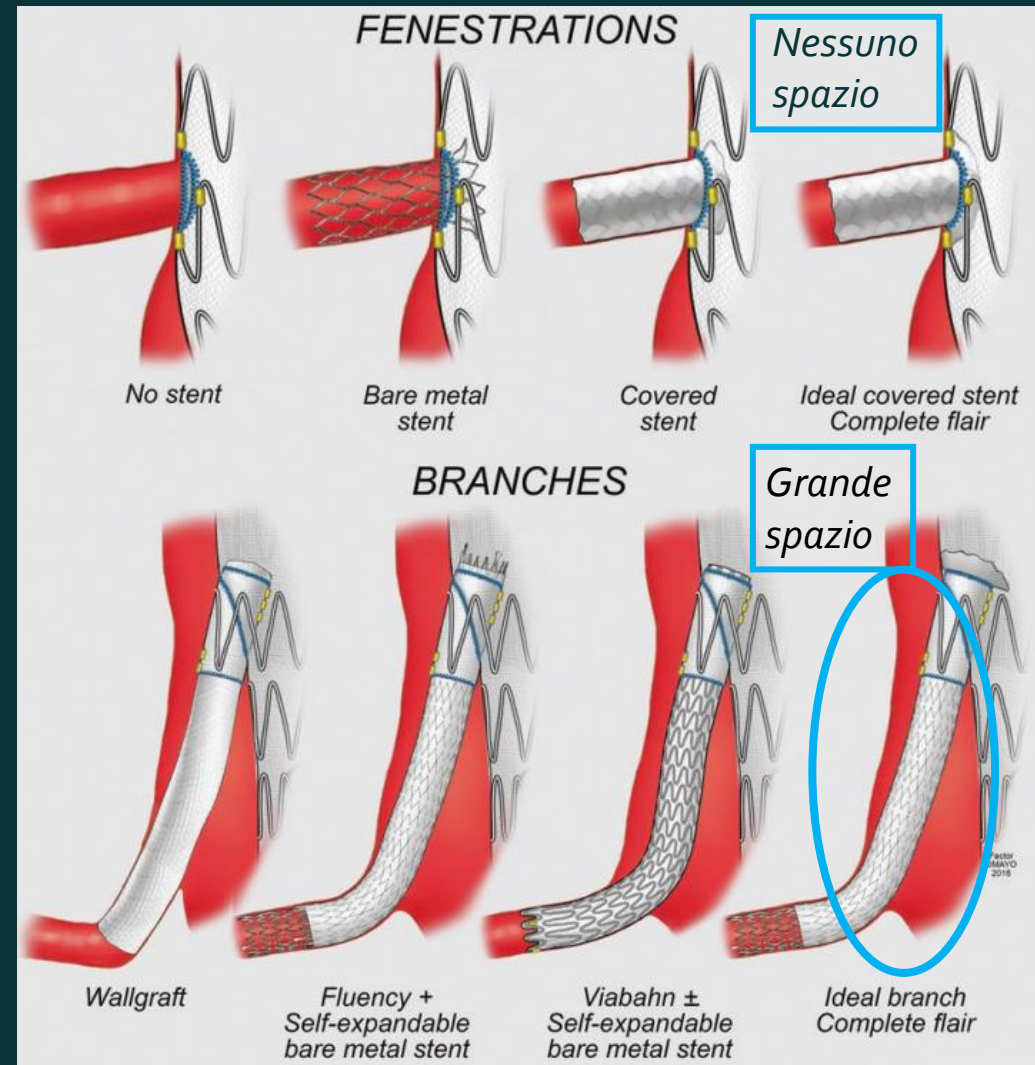
La decisione di questi due tipi di incorporazione dei vasi dipende da vari fattori, tra i quali la dimensione e il diametro dell'arteria.

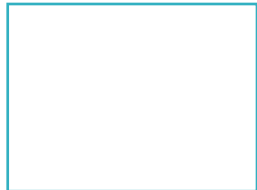
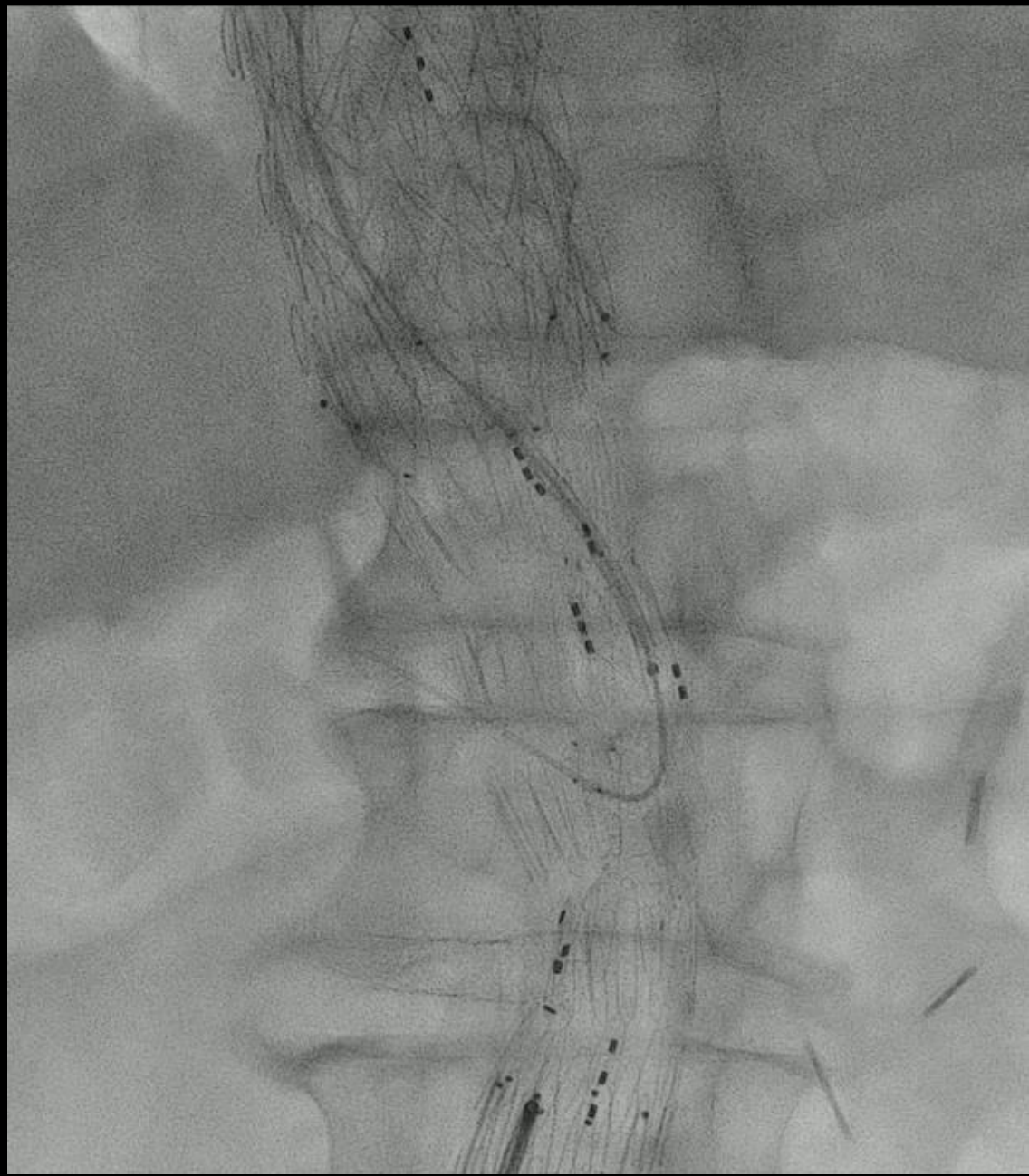
Fenestrations:

- ❖ Small: 6 x 6 mm , 6 x 8 mm (arterie renali)
- ❖ Large: 8 mm, 10 mm, 12mm diametro (SMA)
- ❖ Minore ingombro all'aorta
- ❖ Migliore trasversalità del flusso
- ❖ Nessuno spazio tra la protesi e l'origine dell'arteria

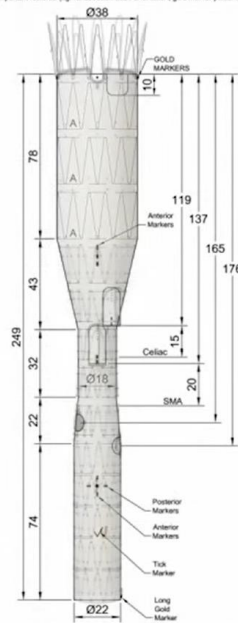
Directional branches:

- ❖ Up-going
- ❖ Down-going
- ❖ 6 mm (arterie renali)
- ❖ 8 mm (SMA)
- ❖ Migliore orientamento longitudinale
- ❖ Più margine di errore
- ❖ Sono indispensabili quando c'è un grande spazio tra la protesi e l'origine dell'arteria ramificata.





Ensure all clinically important features (eg. fenestration size / orientation, gold marker placement, sealing stents) are included in this graft design prior to approval.



- REINFORCED ACCESS SCALLOP #1**
(For Preloaded Catheter & Guidewire)
WIDTH: 10mm
HEIGHT: 10mm
CLOCK: 1:00
IVD: 37mm
- INTERNAL/EXTERNAL SIDEBRANCH #1**
Preloaded Catheter & Guidewire
DIAMETER: 8mm
LENGTH: 18mm
DIST FROM PROX EDGE: 119mm
CLOCK: 1:30
- INTERNAL/EXTERNAL SIDEBRANCH #2**
Preloaded Catheter & Guidewire
DIAMETER: 8mm
LENGTH: 18mm
DIST FROM PROX EDGE: 137mm
CLOCK: 12:00
- REINFORCED SMALL FENESTRATION #1**
WIDTH: 6mm
HEIGHT: 8mm
DIST FROM PROX EDGE: 165mm
CLOCK: 9:45
IVD: 19mm
- REINFORCED SMALL FENESTRATION #2**
WIDTH: 6mm
HEIGHT: 8mm
DIST FROM PROX EDGE: 176mm
CLOCK: 2:15
IVD: 21mm

AAA-BIFURCATED-GRAFT
(As per ZFEN-D-12-62-109)

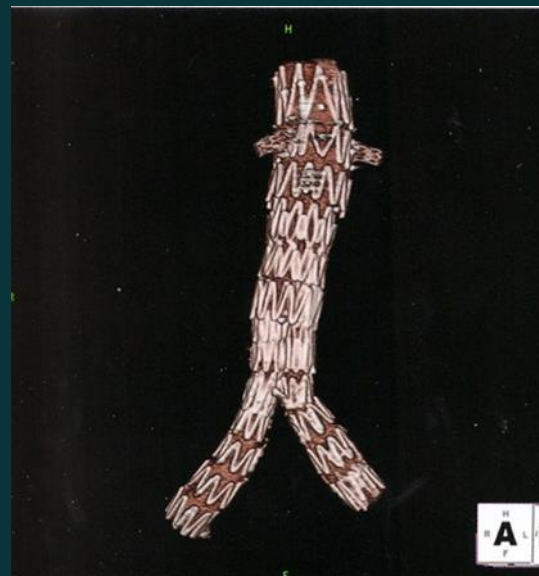
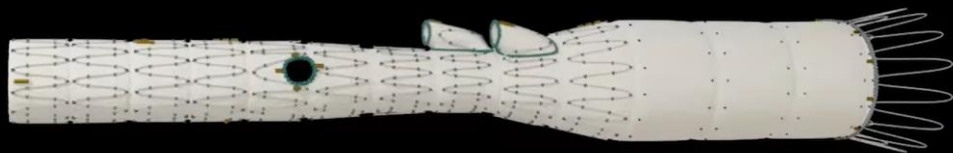
Not to Scale

ATTENTION: Please note that unsigned plans or alterations may lead to a delay in the supply of this device. Please sign and date each page. If you wish to alter any part of this plan please initial and date each change.

Sheath Size: 22FR FLEXOR	Patient ID:
O.D.: 8.6mm	Doctor: Gustavo Oderich, M.D.
Sheath Length: 80cm	Hospital: Mayo Clinic Rochester
Device: BRANCH-DESCENDING-THORACOABDOMINAL-DEVICE	Date of Procedure:
Component: THORACO-ABDOMINAL-SIDE-BRANCH	Drs Signature:
All Dimensions in mm. Not to scale if stated. US-ES Date:	Date:

Creazione del modello tridimensionale

Una volta identificate tutte queste specifiche si passa alla vera e propria ricostruzione del modello 3D.



Esistono tanti tipi di stents costruiti con diversi materiali:

- Acciaio inossidabile
- Leghe di cobalto (cobalto-cromo)
- Leghe Nichel-Titanio (**Nitinol**)

Queste ultime sono quelle utilizzate per gli stents autoespandibili.

Sono molto particolari perché hanno due proprietà fondamentali per queste applicazioni: «**memoria di forma**» e «**superelasticità**».

Per evitare la corrosione nel tempo viene fatto un trattamento superficiale all'ossido di titanio.

Il loro svantaggio è quello di essere meno opachi rispetto ad altri stents ai raggi X.

Per ovviare a questo problema vengono posti dei **marcatori** in oro e tantalio che permettono di riconoscere l'orientamento e la posizione dello stent stesso.

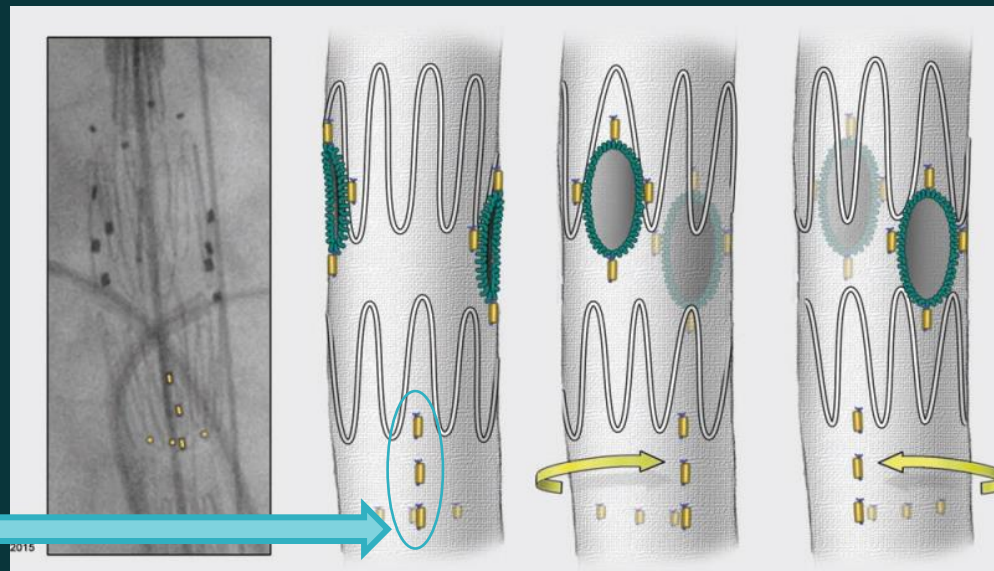
12,00 position

Materiali degli stents

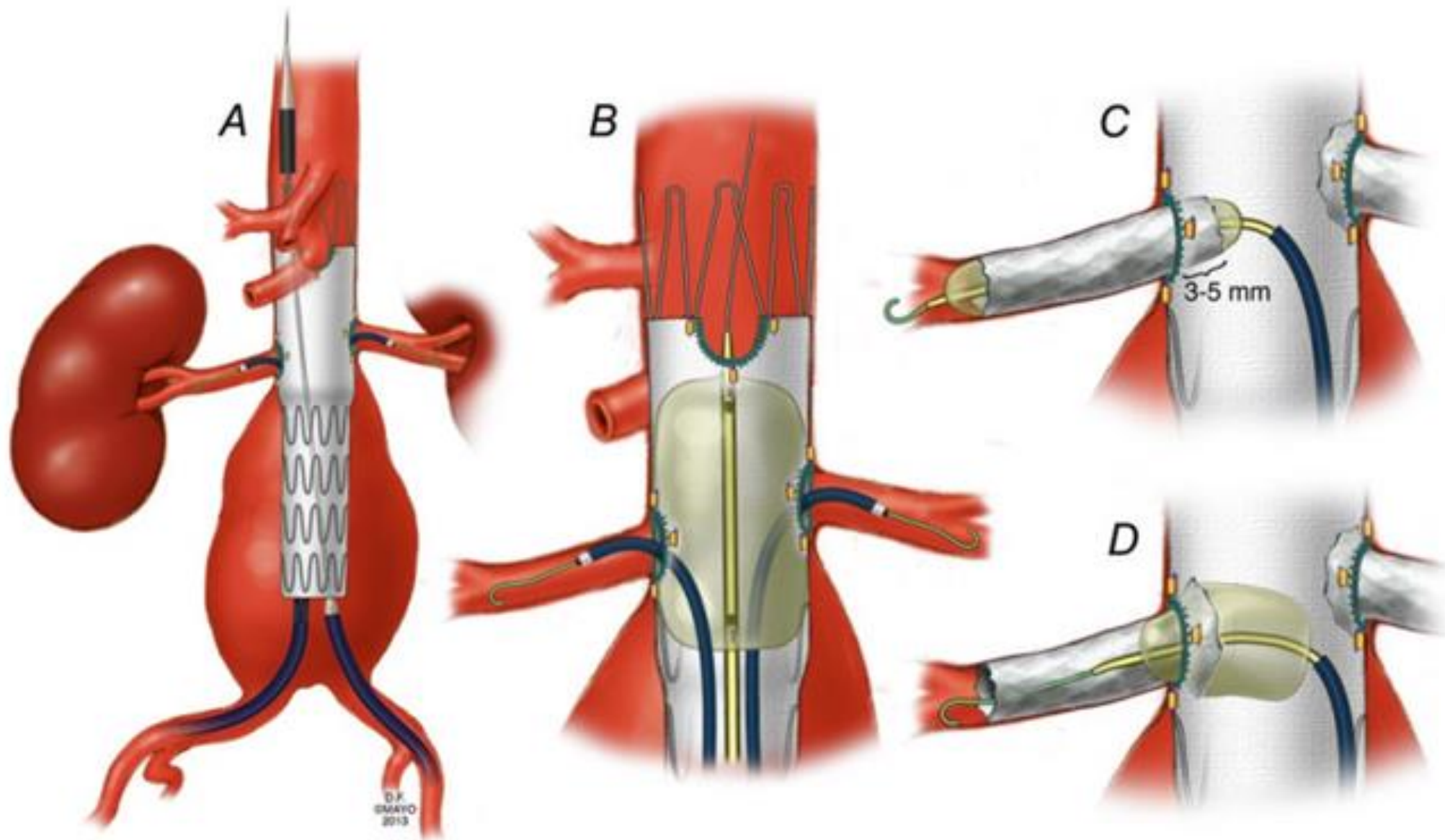
Tipologie di stents

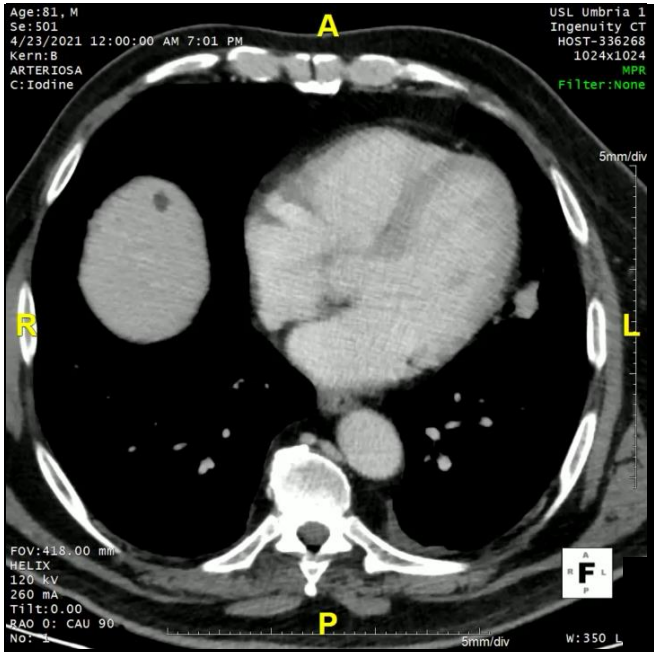
Autoespandibili
(branches)

A palloncino
espandibile
(fenestrations)



Posizionamento di uno stent a palloncino espandibile





CASO CLINICO

PATIENT INFOS:

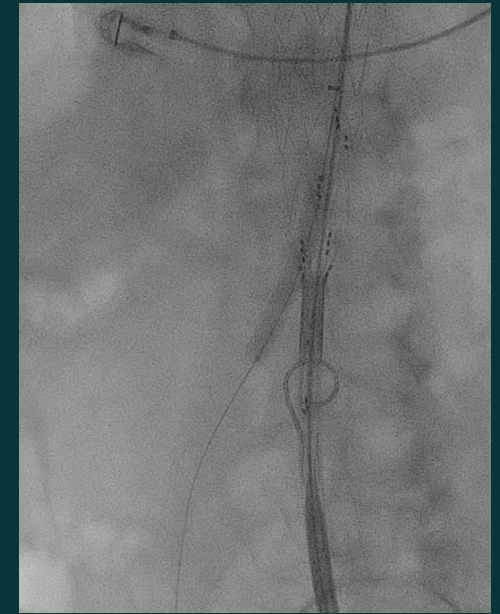
- Male, 81
- Hypertension, mild Chronic renal Insufficiency
- Symptomatic Pararenal aneurysm (URGENT treatment)



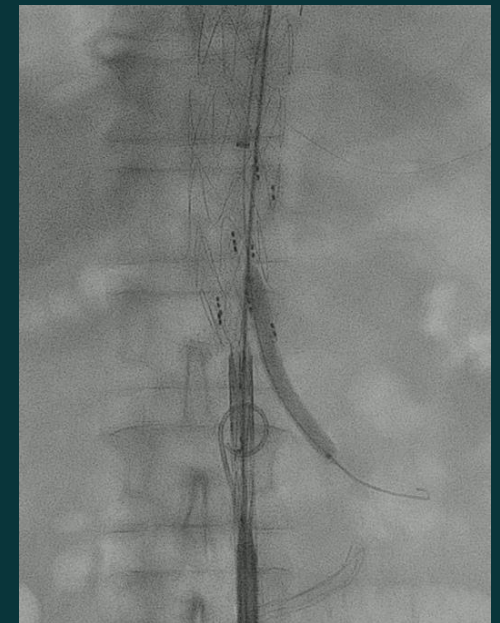
PREOPERATIVE
SITUATION



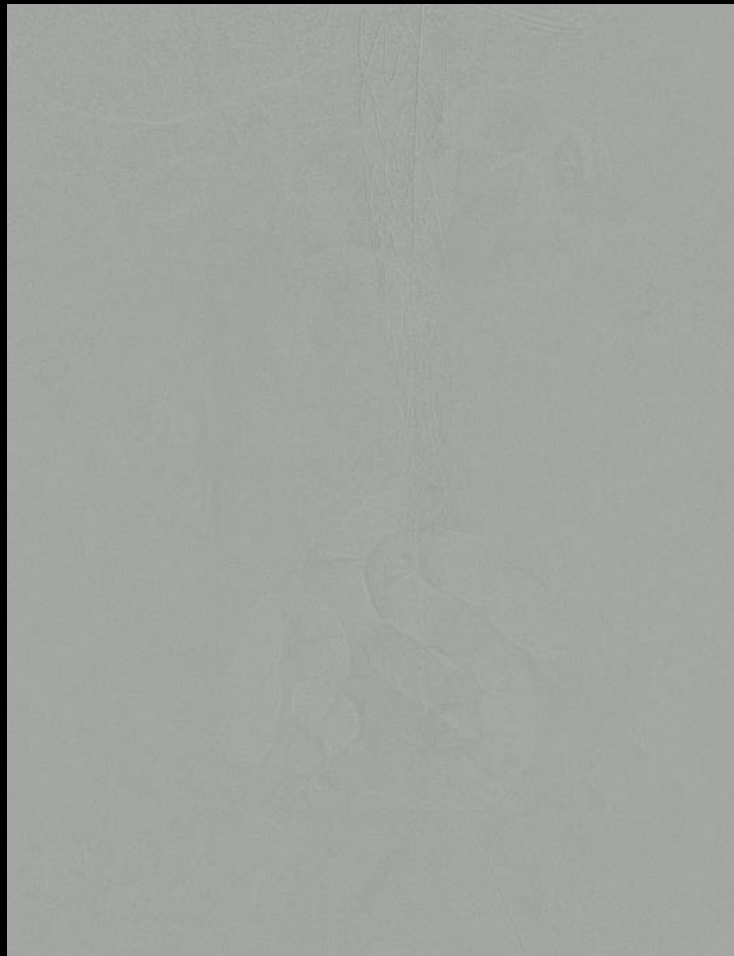
SMA baloon
expandible



LRA



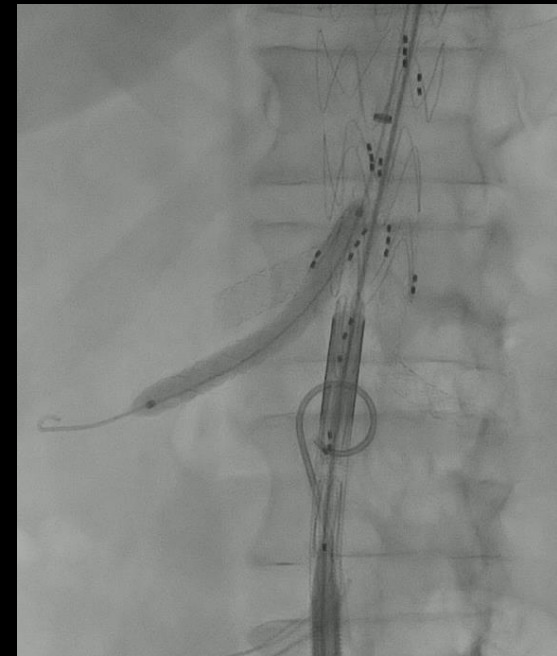
COMPLETE ANGIOGRAPHY



CT



RRA





POSTOPERATIVE
SITUATION