

Università degli studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Corso di laurea in Bioingegneria

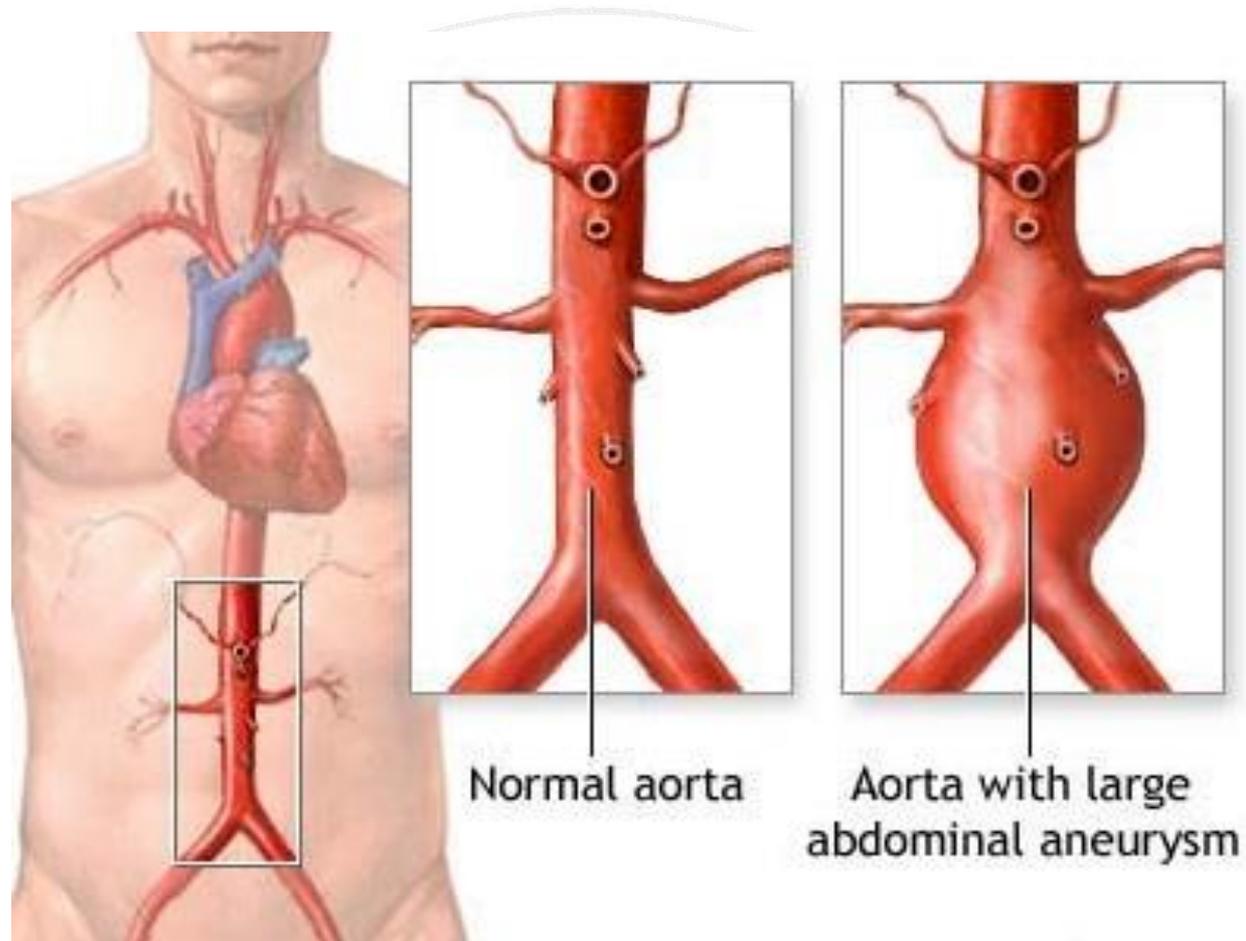
Un modello semplificato di endograft per l'analisi agli elementi finiti

Relatore: Prof. Michele Conti

Giulia Caci

MAT 401132

Anno Accademico: 2013/2014



Aneurisma: allargamento anormale o rigonfiamento di una porzione di un'arteria a causa della debolezza nella parete del vaso sanguigno

Intervento chirurgico

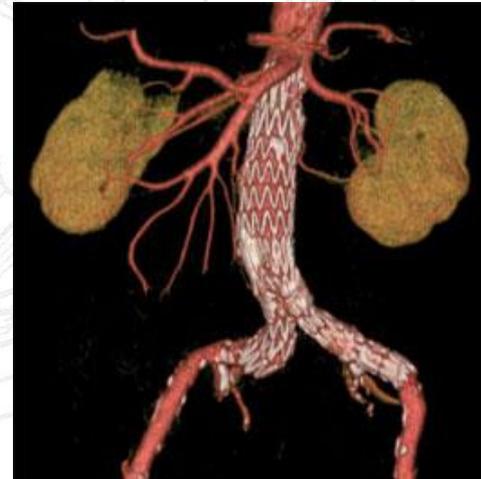
- La sezione indebolita del vaso può essere chirurgicamente rimossa e sostituita con un innesto di materiale artificiale
- Altamente invasivo
- Elevata mortalità e morbilità



Sostituzione chirurgica dell'aneurisma

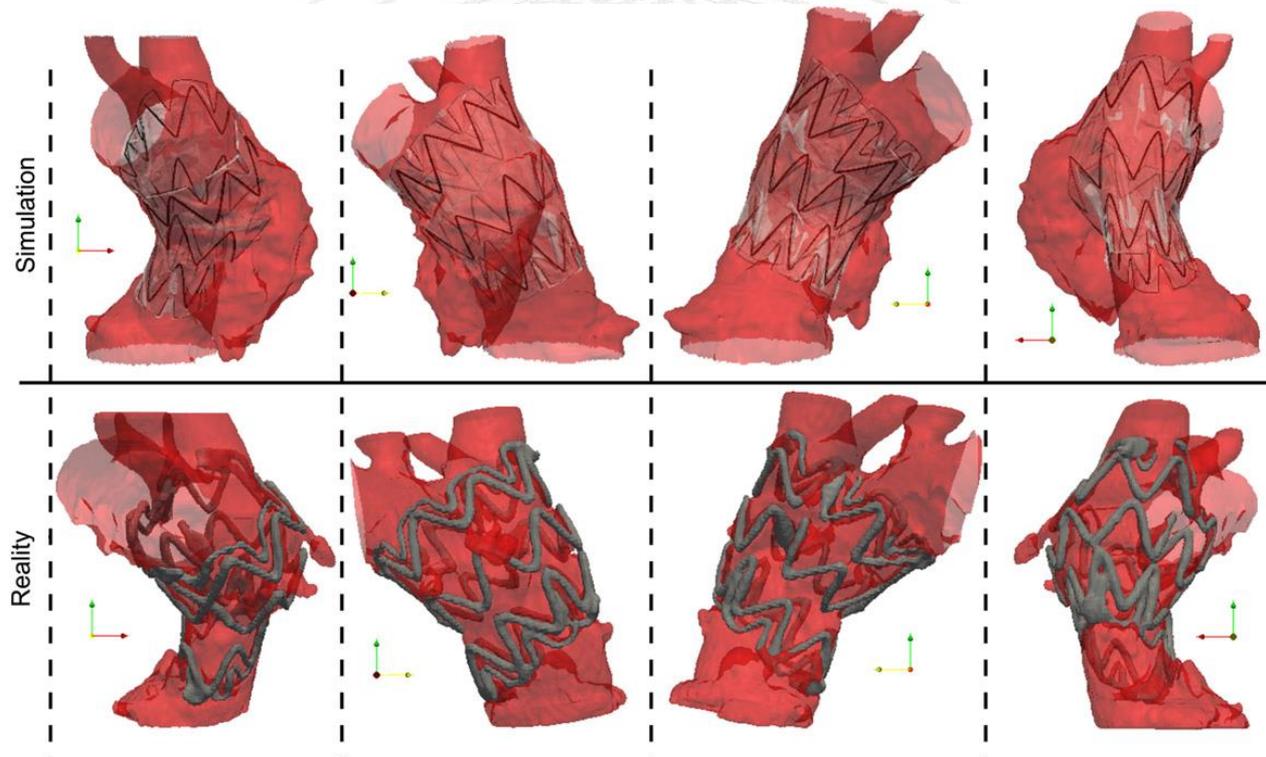
Inserimento di un endograft

- Esclusione della sacca dell'aneurisma con l'inserimento endovascolare di uno stent-graft (SG) facendolo passare per le arterie femorali.
- Minore mortalità e morbilità
- Possibili complicazioni dovuti alla rottura dello stent-graft



Inserimento dell'endograft

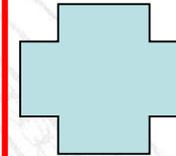
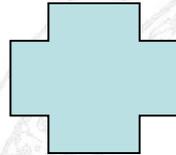
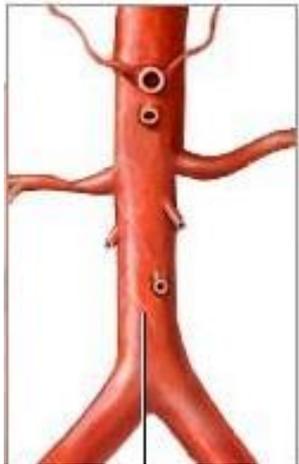
Strumento potente per simulare il reale comportamento della protesi



Risultato della simulazione confrontato con la ricostruzione 3D dell'impianto post-operatorio Endograft/Vaso ricavata da immagini CTA.

Rif: "Patient-specific aortic endografting simulation: From diagnosis to prediction"

F. Auricchio, M.Conti, S.Marconi, A.Reali, JipL.Tolenaar, S.Trimarchi



Modello
Vaso

Modelli reali, dati in
dotazione dal Policlinico
San Donato e dal dottor
G.Piffaretti dell'ospedale
di Varese

Modello
Protesi

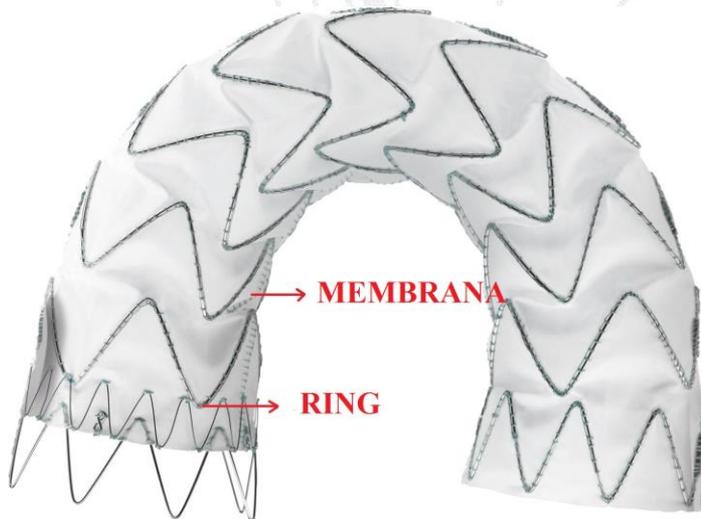
Simulazione
Procedura

Obiettivo: Generazione di un modello parametrico di endograft aortico per l'analisi agli elementi finiti e simulazione dell'impianto

Endograft = Protesi tubulare composta da due componenti principali

Componente	Materiali	Funzione
Membrana	Politetrafluoroetilene (PTFE) o Poliestere (PET, Dacron).	Copertura e impermeabilizzazione del tratto affetto da aneurisma
Ring Metallico	Acciaio 316L o Nitinolo	Supporto della membrana

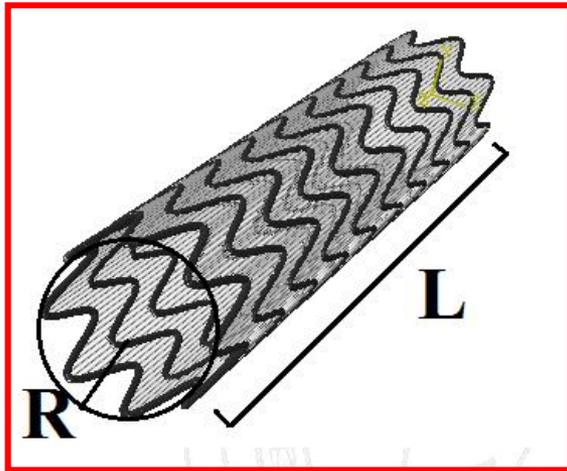
Due tipologie di endograft modellizzate:



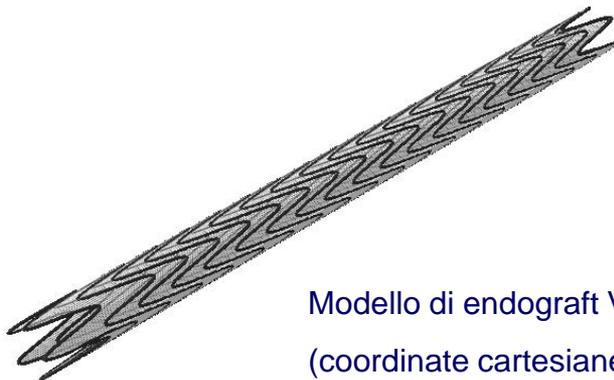
Medtronic Captive



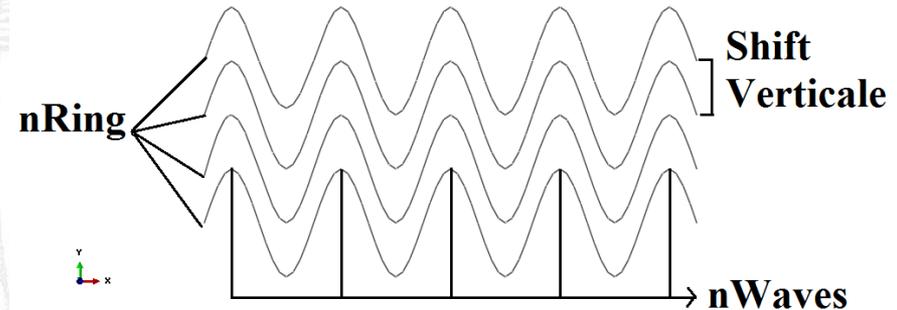
Viaban Gore



Modello di endograft Medtronic
(coordinate cartesiane)



Modello di endograft Viaban
(coordinate cartesiane)

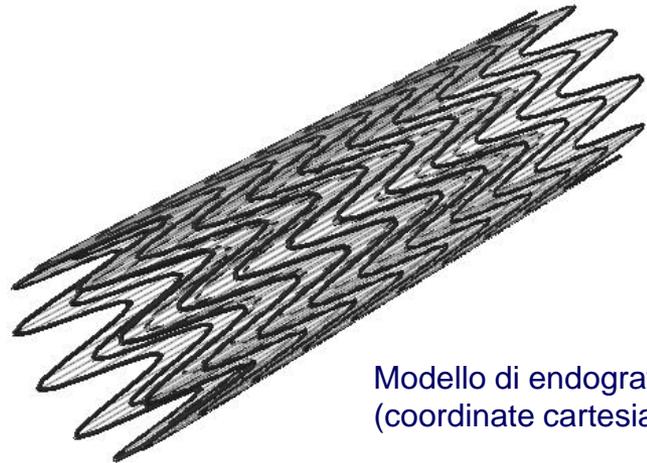


Struttura dell'endograft in coordinate polari

I ring sono separati l'uno dall'altro

Altri parametri geometrici:

- $nnodes$ = numero di nodi per ring
- $Lring$ = metà altezza del singolo ring

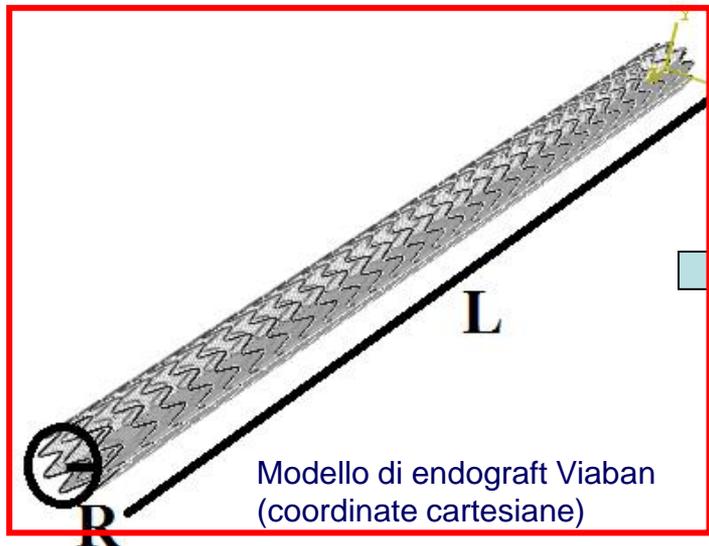


Modello di endograft Medtronic
(coordinate cartesiane)

I ring sono composti da un unico avvolgimento elicoidale.

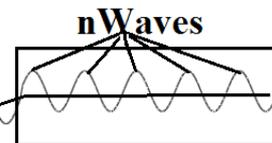
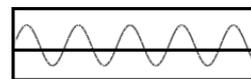
Altri parametri geometrici:

- **nnodes=** numero di nodi per ring
- **Lring=** metà altezza del singolo ring



Modello di endograft Viaban
(coordinate cartesiane)

Ring prossimale inferiore



Ring prossimale superiore

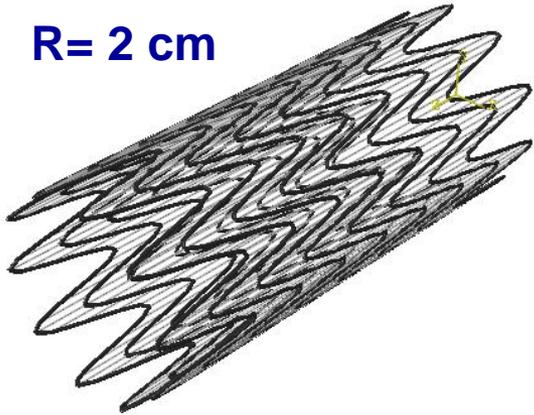
dy/dx

Struttura dell'endograft in coordinate polari

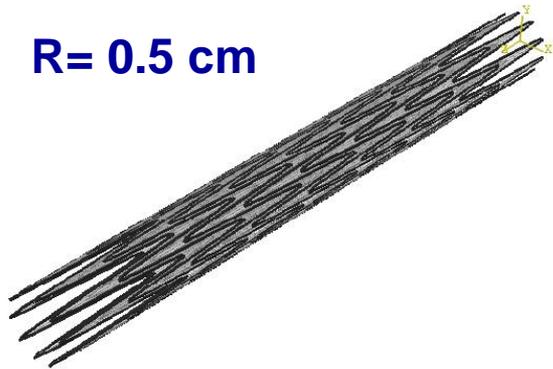
Potenza del modello parametrico

Raggio (cm)

R= 2 cm

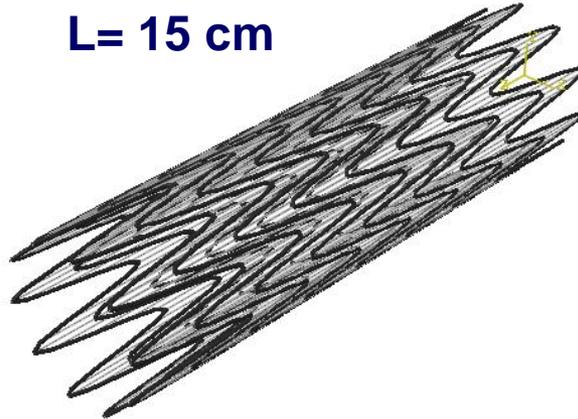


R= 0.5 cm

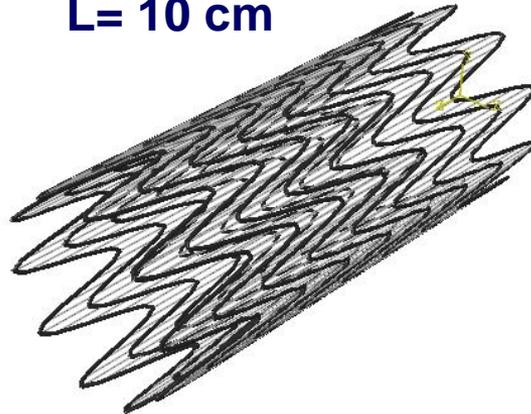


Lunghezza (cm)

L= 15 cm



L= 10 cm



nRing

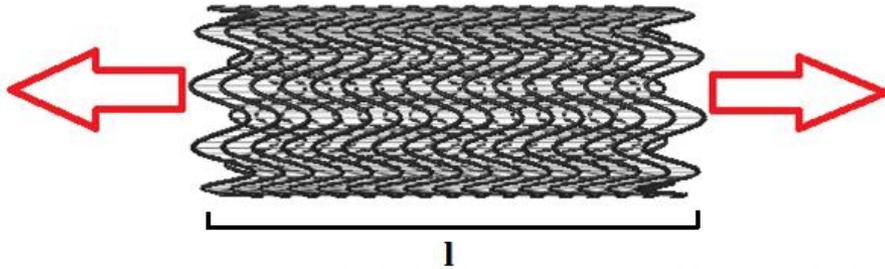
nRing= 16



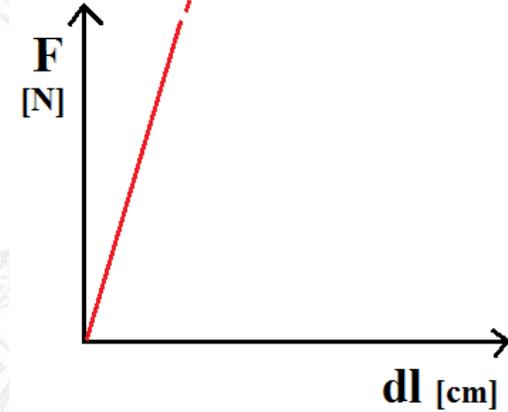
nRing= 8



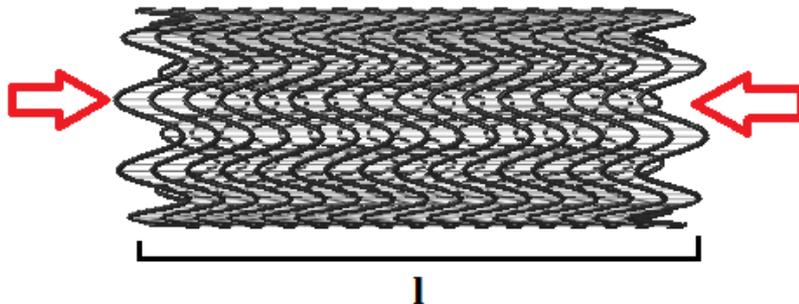
Trazione



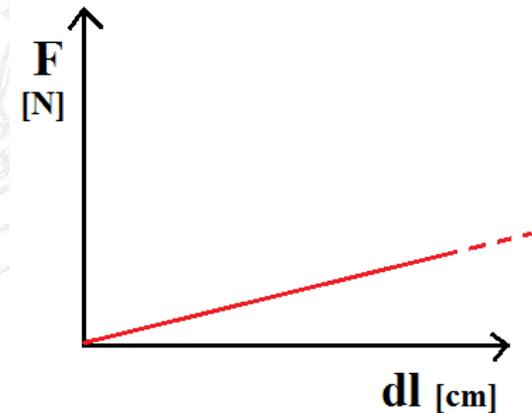
Aspettativa



Compressione



Aspettativa

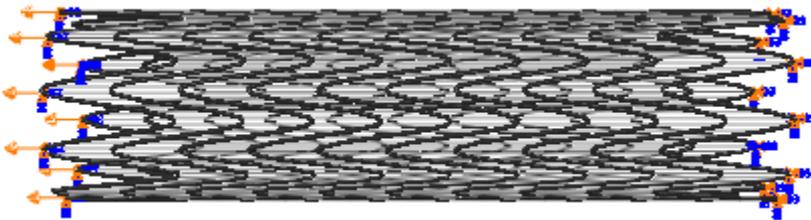


Questi test sono possibili e sono stati fatti per entrambi i modelli

Medtronic Captive: Prova di trazione (Dettagli)

Tipi di elementi:

- Ring metallico: B31 (elementi beam)
- Membrana: T3D2 (elementi truss)



Boundary condition:

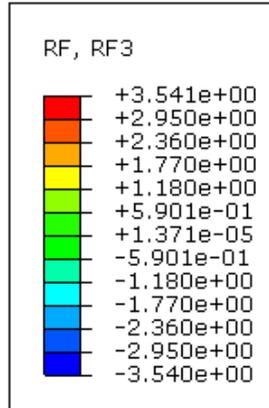
- Estremità di destra: incastro
- Estremità di sinistra: spostamento orizzontale di 1.5 cm

Materiali

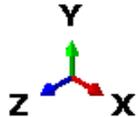
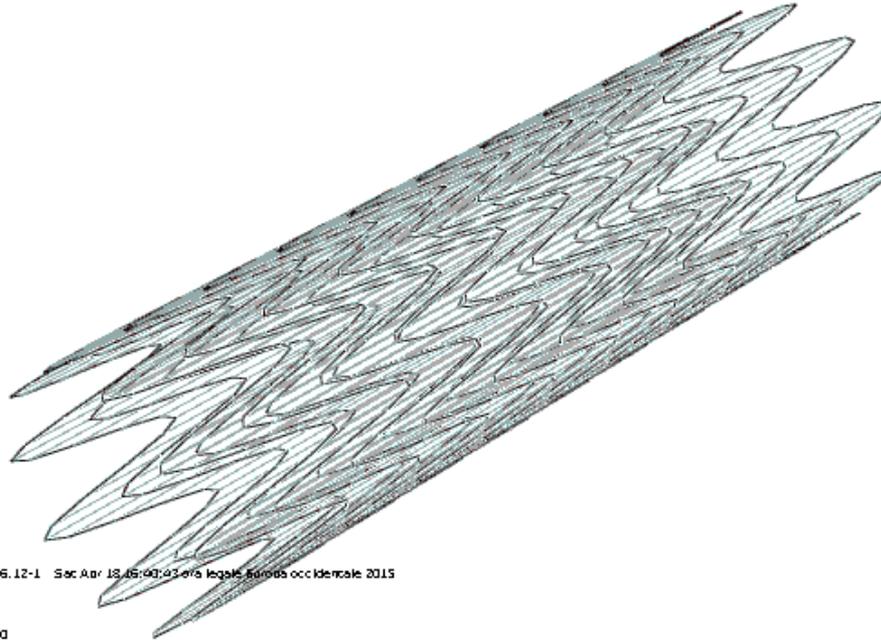
	RING		MEMBRANA	
	E(MPa)	ν	E(MPa)	ν
SIMUL_1	40000	0.46	110	0.2
SIMUL_2	18854	0.46	1000	0.2

Rif: "Computational comparison of the bending behavior of aortic stent-grafts", Nicolas Demanget, Stéphane Avril, Pierre Badel, Laurent Orgéas, Christian Geindreau, Jean-Noël Albertini, Jean-Pierre Favre

Medtronic Captive: Prova di trazione (Simulazione)



Step: Step-1 Frame: 0
Total Time: 0.000000



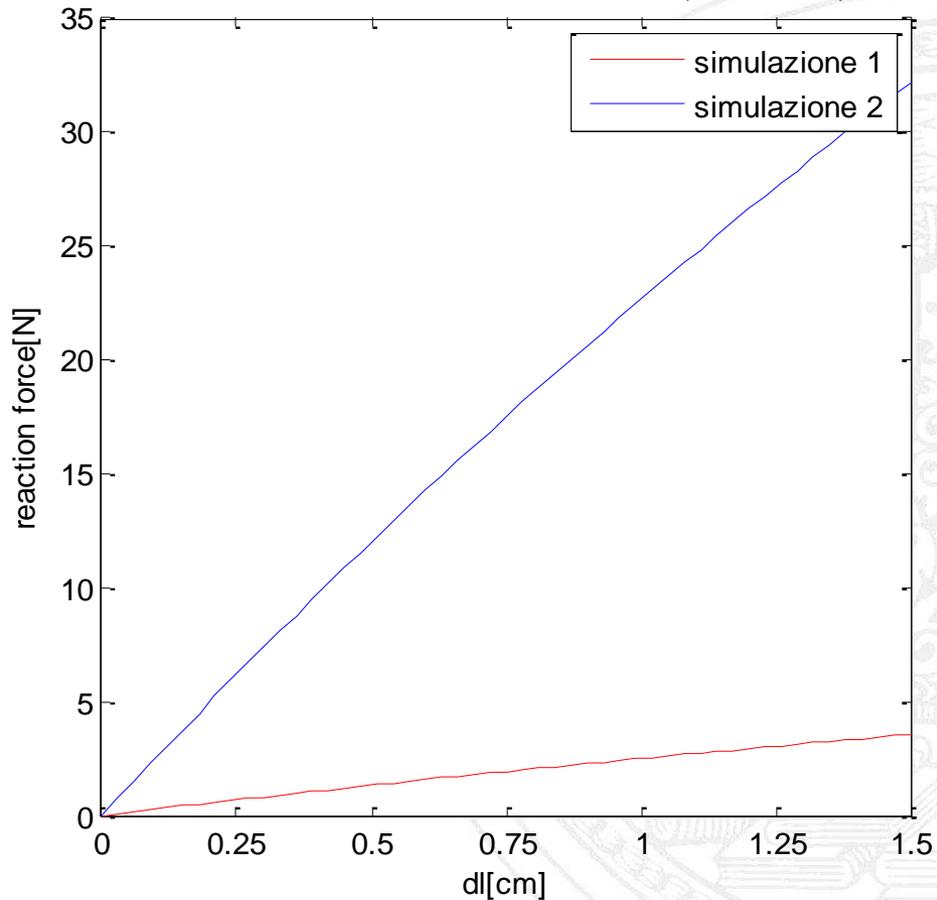
ODB: Job-1.odb Abaqus/Standards 6.12-1 Sat Apr 18, 2015 09:43:03 ora legale Standard occidentale 2015

Step: Step-1
Increment: 0; Step Time = 0.000
Symbol Var: RF, RF3
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: = 1.000e+00

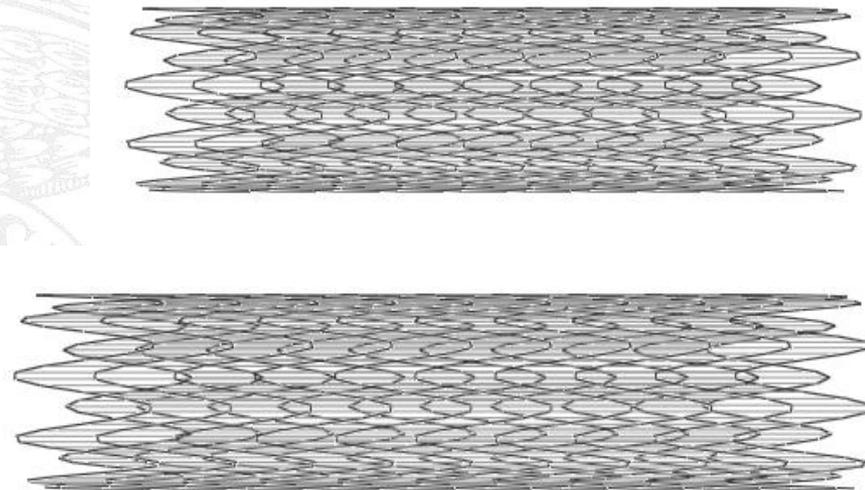
Risultato della simulazione della prova di trazione in Abaqus

Medtronic Captive: Prova di trazione (Confronto tra materiali)

PLOT REACTION FORCES ON BC-2 (TRACTION)



$l = 15 \text{ cm}$, $dl = 1.5 \text{ cm}$



Confronto tra il modello iniziale e il modello soggetto a trazione

Grafico forza-spostamento

	RING		MEMBRANA	
	E(MPa)	u	E(MPa)	u
SIMUL_1	40000	0.46	110	0.2
SIMUL_2	18854	0.46	1000	0.2

Viaban Gore: Prova di compressione (Dettagli)

Tipi di elementi:

- Ring metallico: B31 (elementi beam)
- Membrana: T3D2 (elementi truss)

Boundary condition:

Utilizzo vincolo multifixed points

- Estremità destra: incastro
- Estremità sinistra: spostamento orizzontale di -2.5 cm



Materiali

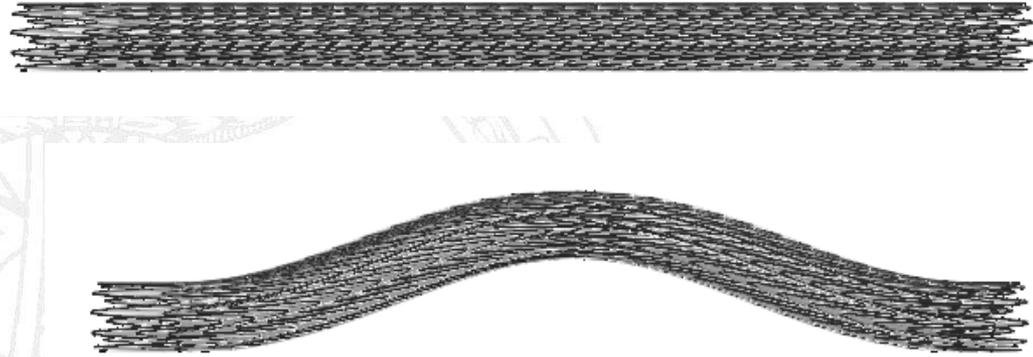
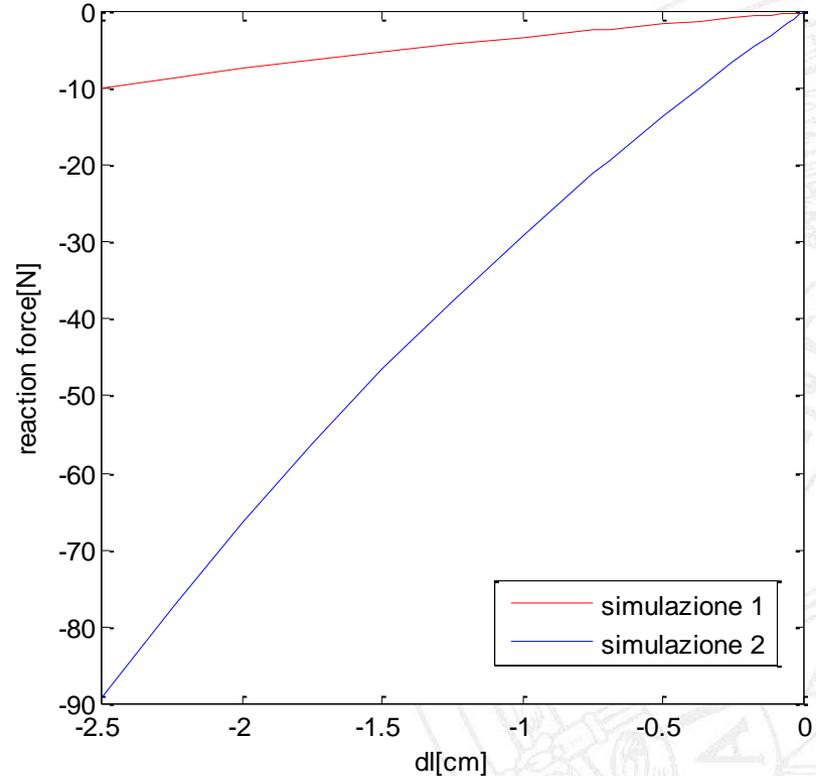
	RING		MEMBRANA	
	E(MPa)	ν	E(MPa)	ν
SIMUL_1	40000	0.46	110	0.2
SIMUL_2	18854	0.46	1000	0.2

Rif: "Computational comparison of the bending behavior of aortic stent-grafts", Nicolas Demanget, Stéphane Avril, Pierre Badel, Laurent Orgéas, Christian Geindreau, Jean-Noël Albertini, Jean-Pierre Favre

Viaban Gore: Prova di compressione (Confronto tra materiali)

PLOT REACTION FORCES ON RF POINT2 (COMPRESSION)

$l = 14.5 \text{ cm}$, $dl = -2.5 \text{ cm}$

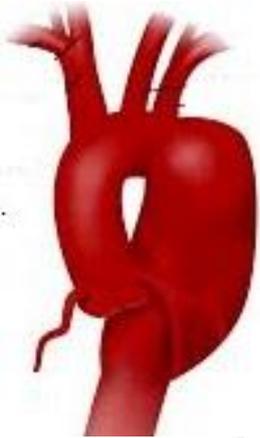


Confronto tra il modello iniziale e il modello soggetto compressione

Grafico forza-spostamento

	RING		MEMBRANA	
	E(MPa)	u	E(MPa)	u
SIMUL_1	40000	0.46	110	0.2
SIMUL_2	18854	0.46	1000	0.2

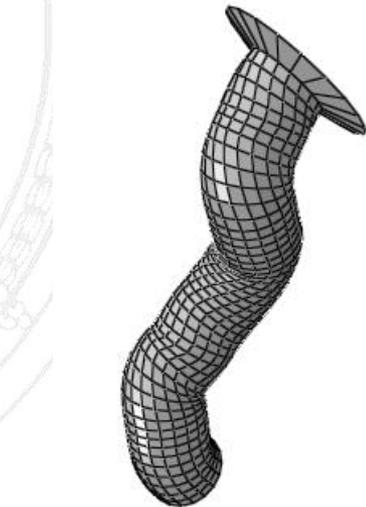
Il modello finale vuole simulare l'intero impianto comprendente
l'aorta, l'endograft e il catetere



Part
rappresentante
l'aorta



Part
rappresentante
l'endograft



Part
rappresentante il
catetere

Conclusioni

- Utilizzando Matlab e Abaqus è possibile riuscire a creare un modello parametrico di endograft in grado di riprodurre il comportamento macroscopico della protesi, in diverse situazioni e per diversi modelli.
- Conoscenze acquisite: Approfondimento della programmazione in Matlab e dell'utilizzo di Abaqus, meccanica degli endograft, proprietà dei materiali a memoria di forma

Sviluppi futuri

- Automatizzazione dell'intera procedura di inserimento dell'endograft all'interno dell'aorta
- Utilizzo delle conoscenze acquisite per simulazioni numeriche di una nuova tipologia di valvole a lembi flessibili durante un tirocinio presso l'University College of London. (Prof. Gaetano Burriesci)

**GRAZIE
PER L'ATTENZIONE**



Università degli studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Corso di laurea in Bioingegneria

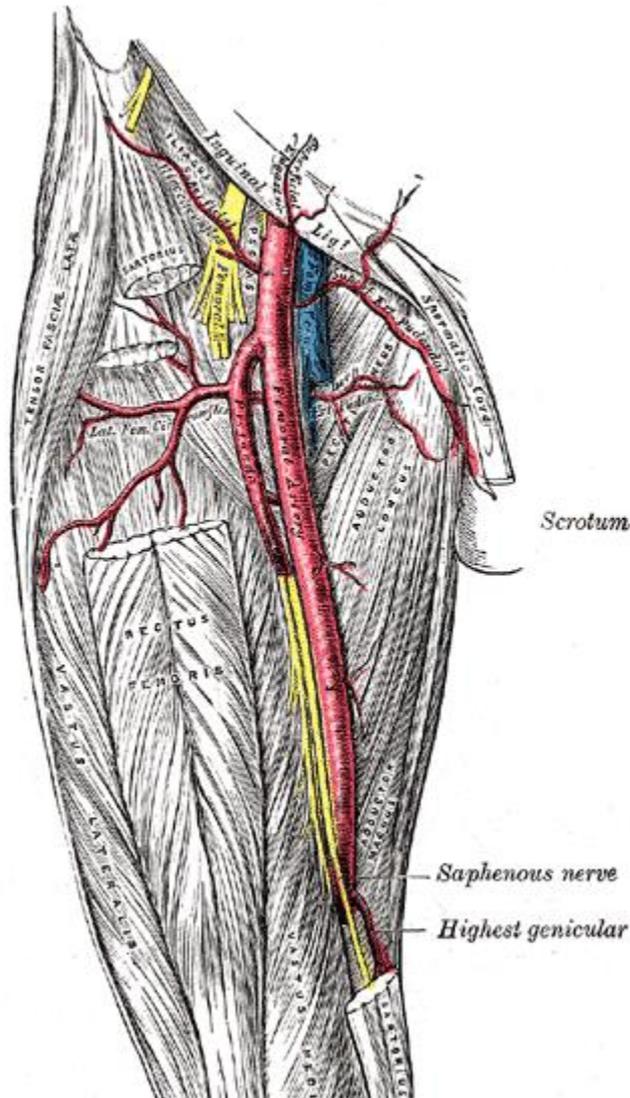
**Un modello semplificato di endograft per l'analisi
agli elementi finiti**

Relatore: Prof. Michele Conti

Giulia Caci

MAT 401132

Anno Accademico: 2013/2014

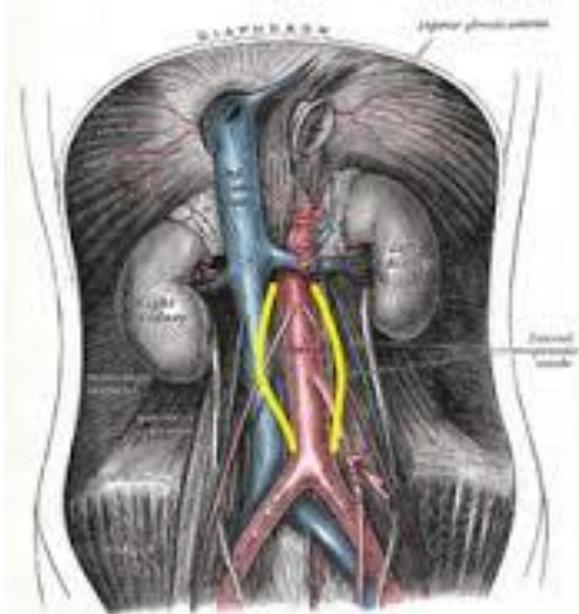


Arteria femorale

Ref: "Gray Anatomy"

- L'endograft Viaban è utilizzato per il trattamento dell'arteria femorale.
- L'arteria femorale rappresenta il ramo terminale dell'arteria iliaca esterna e il tronco arterioso principale dell'arto inferiore, essendo un tratto molto tortuoso richiede un'elevata flessibilità dell'endograft.
- Le caratteristiche del modello Viaban lo rendono l'unico approvato ad intervenire in queste zone.

Utilizzo dell'endograft Medtronic

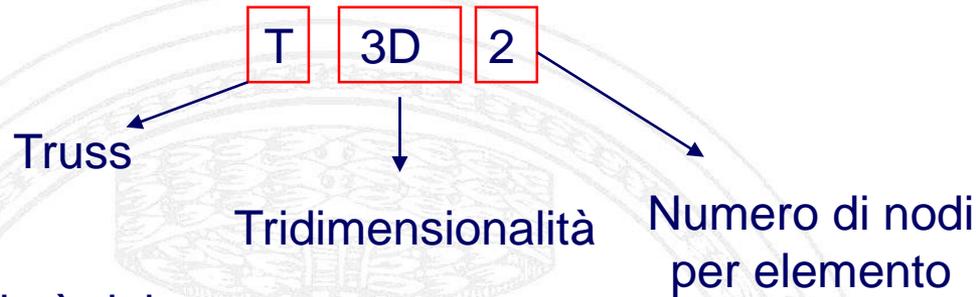


Aorta addominale
infrarenale

Ref: "Gray Anatomy"

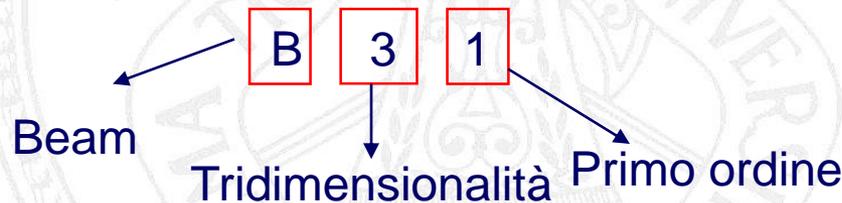
- L'endograft Medtronic è indicato per il trattamento endovascolare di aneurismi dell'aorta addominale infrarenale.
- L'aorta addominale è situata al davanti della colonna vertebrale in uno spazio chiamato retroperitoneo dove si biforca nelle arterie iliache comuni.
- L'endograft Medtronic è adatta per questo tipo di intervento perchè più rigido rispetto al Viaban e quindi migliore per sostenere l'aorta in questo tratto

Membrana:



- Proprietà:
- Input: Proprietà del materiale, diametro della sezione
 - Utilizzati come vincolo cinematico tra i beam per la trazione

Ring:



- Proprietà:
- Gli elementi first-order si utilizzano nelle simulazioni che includono contatto
 - Ottimali perchè la lunghezza dei ring è significativa rispetto alle altre due dimensioni
 - Input: Proprietà del materiale, Orientamento

Caratteristica principale: Sono in grado di recuperare una forma macroscopica preimpostata per effetto del cambiamento di temperatura o dello stato di sollecitazione applicato.

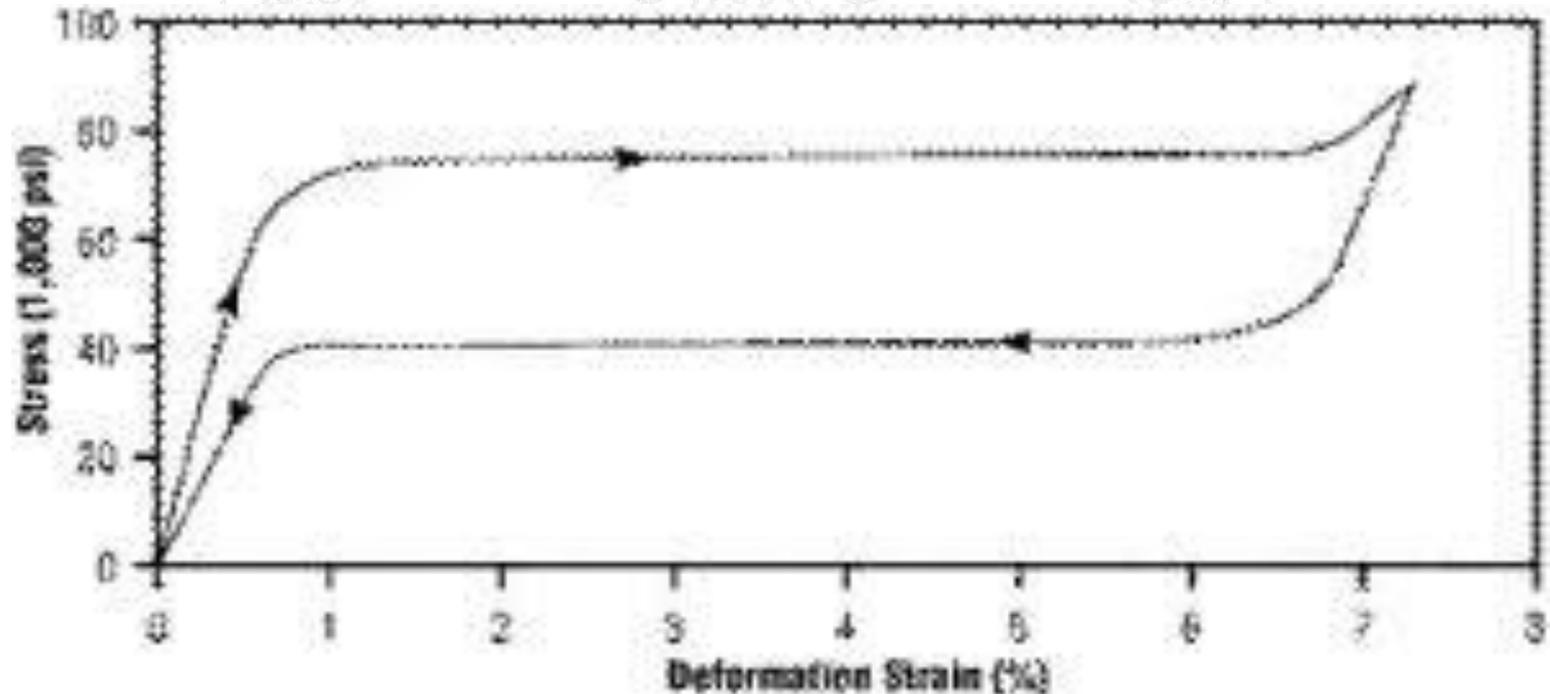


Grafico stress-deformazione dei materiali a memoria di forma

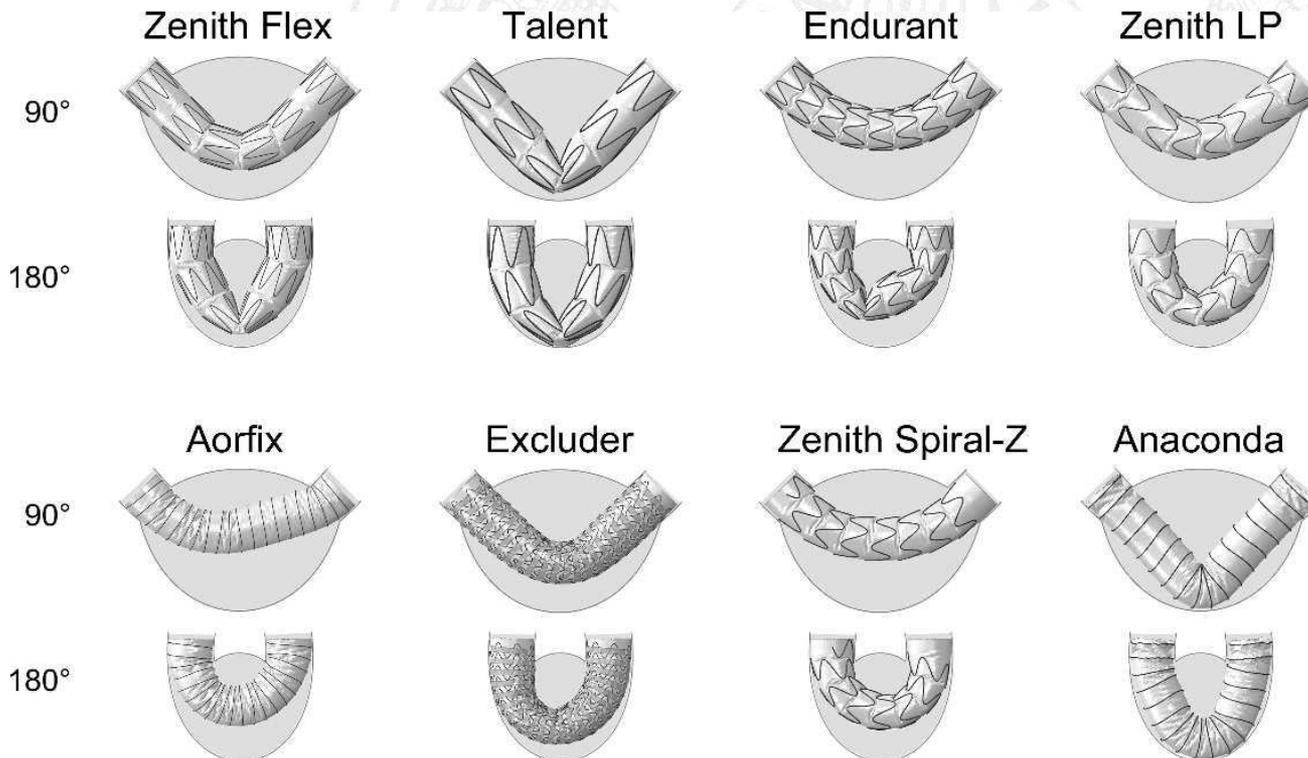
Gruppo: *Nicolas Demanget, Stéphane Avril, Pierre Badel, Laurent Orgéas, Christian Geindreau, Jean-Noël Albertini, Jean-Pierre Favre*

Vari articoli in cui si confrontano diversi modelli di endograft per forma e materiali.



Ring: Nitinolo o acciaio 316L

Forme geometriche diverse per l'avvolgimento dei ring



Limiti della ricerca: Utilizzo di modelli molto complessi

Rif: "Finite Element Analysis of the Mechanical Performances of 8 Marketed Aortic Stent-Grafts", *Nicolas Demangeta,*, Stéphane Avrila, Pierre Badela, Laurent Orgéasb, Christian Geindreaub, Jean-Noël Albertinic, Jean-Pierre Favrec*