

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr)

Trattamento della stenosi carotidea tramite stenting e disegno CAD di uno stent carotideo ibrido

Candidato: Giacomo Pace
Relatore: Michele Conti
Co-relatore: Dott. Enrico Maria Marone

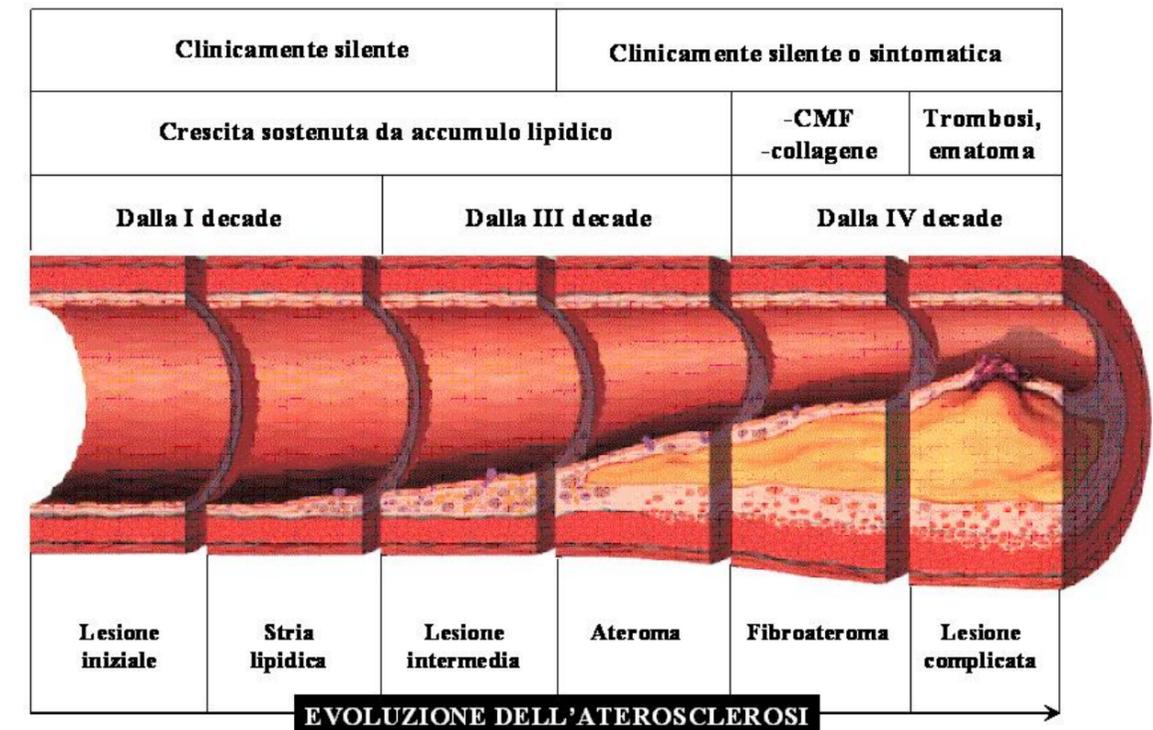
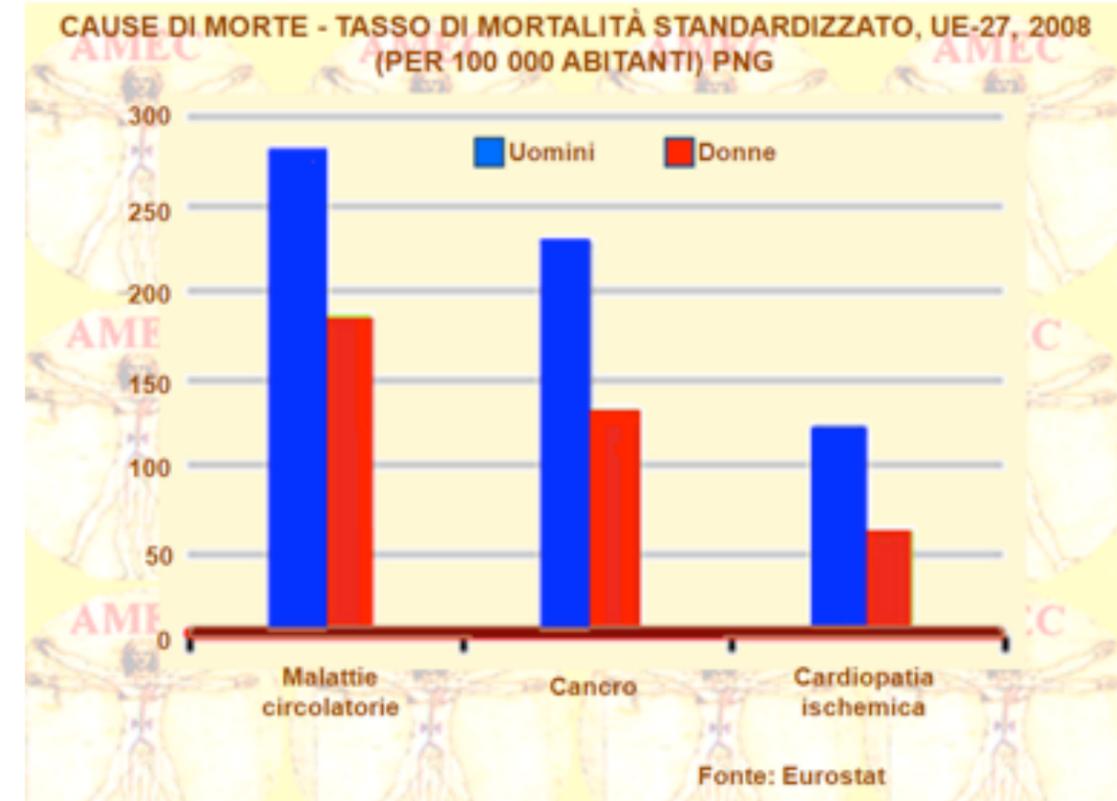
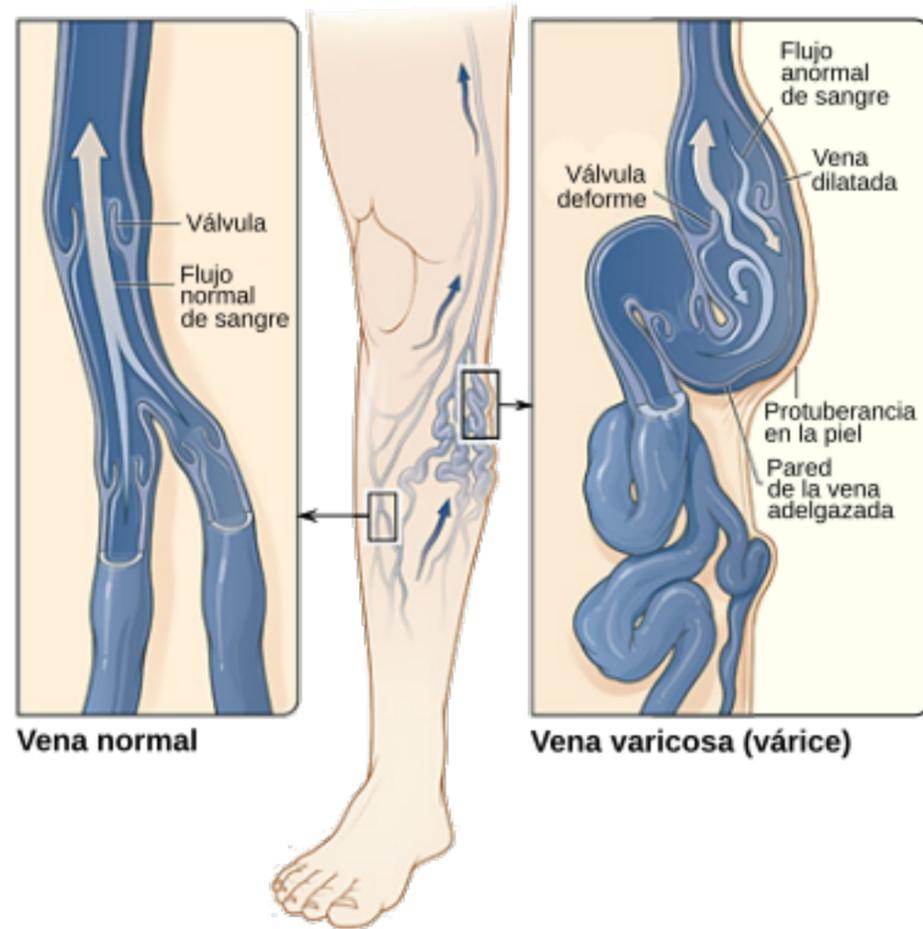
Laurea triennale in Bioingegneria

16/07/2019

Anno Accademico 2018/2019

➤ Patologie ostruttive

- arteriopatie
- flebopatie



Stenosi carotidea

➤ Di cosa si tratta?

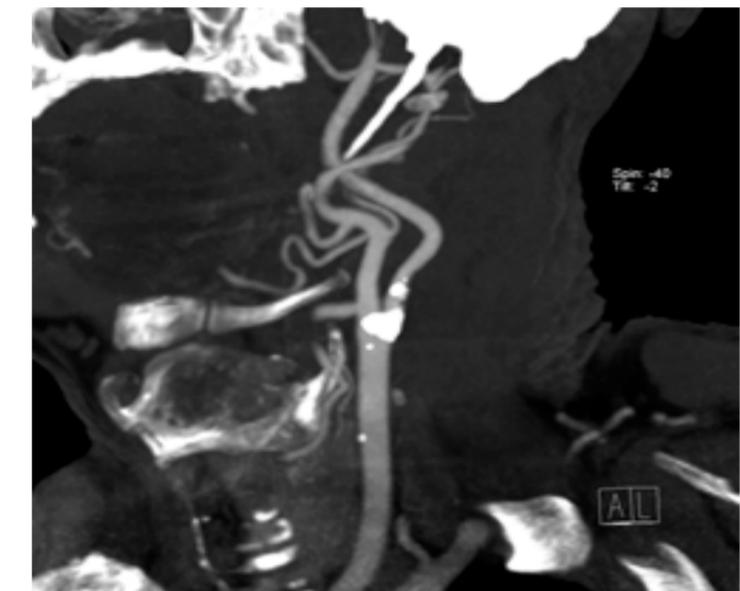
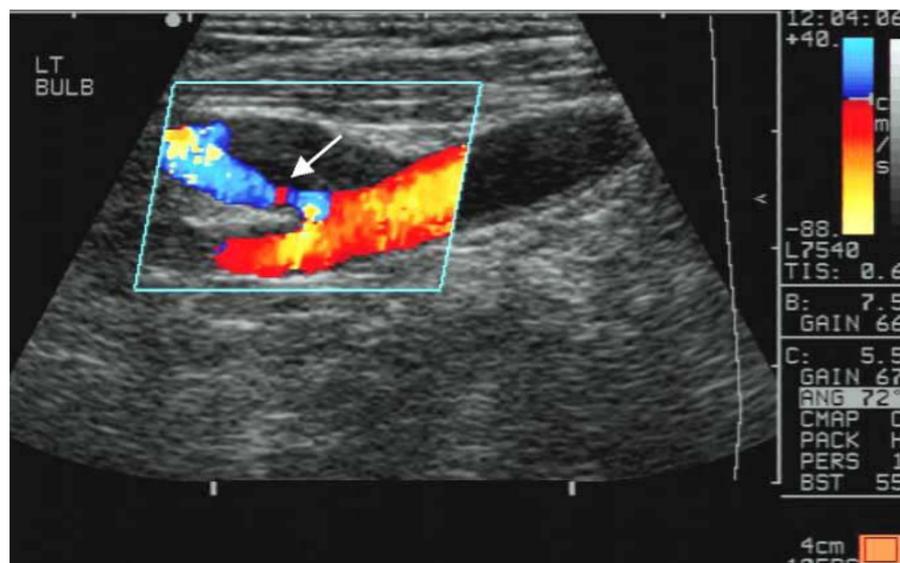
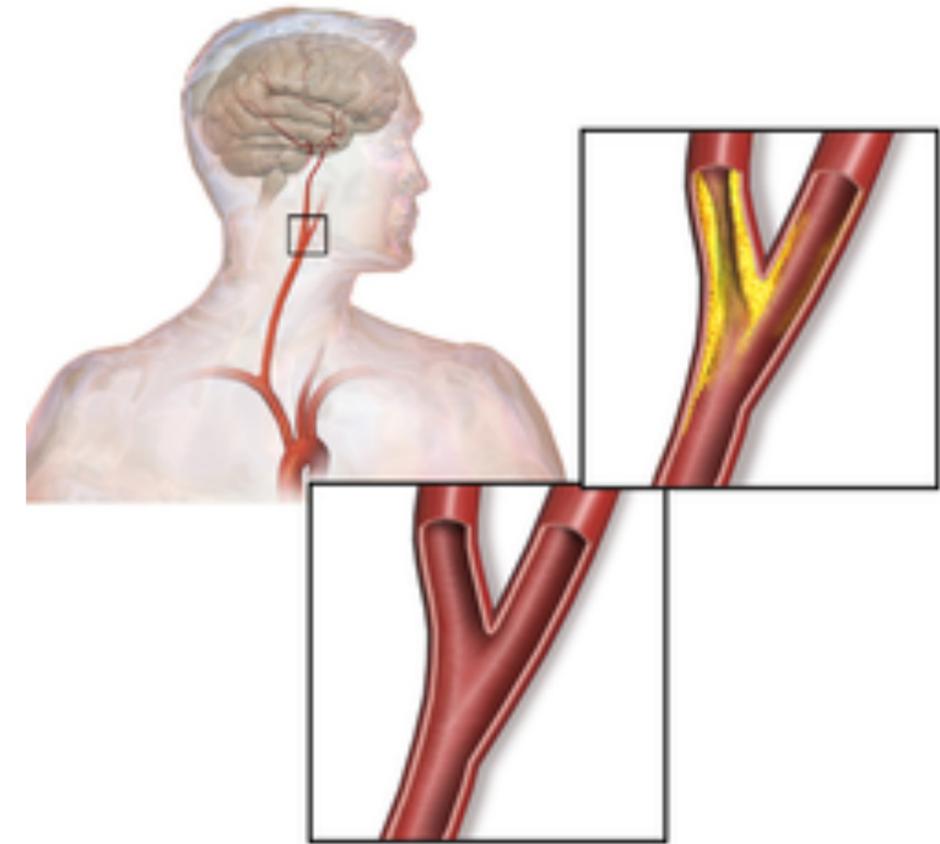
- restringimento del calibro della carotide

➤ Quali sono le cause?

- aterosclerosi

➤ Come può essere diagnosticata?

- ecodoppler
- angiografia
- angio-TC



Come trattare la stenosi?

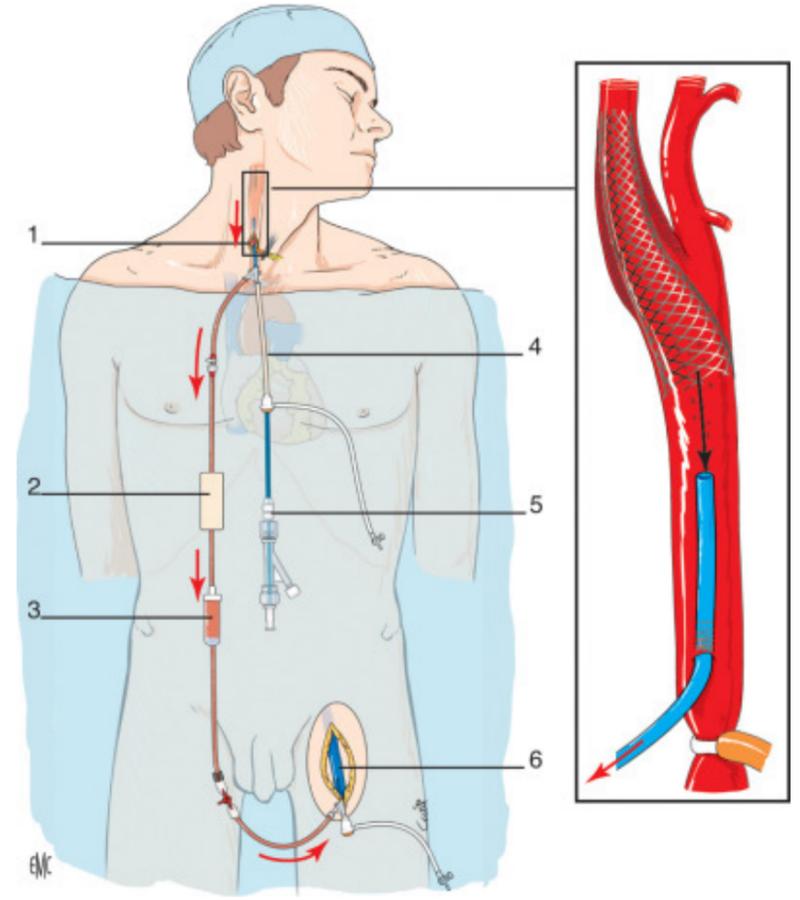
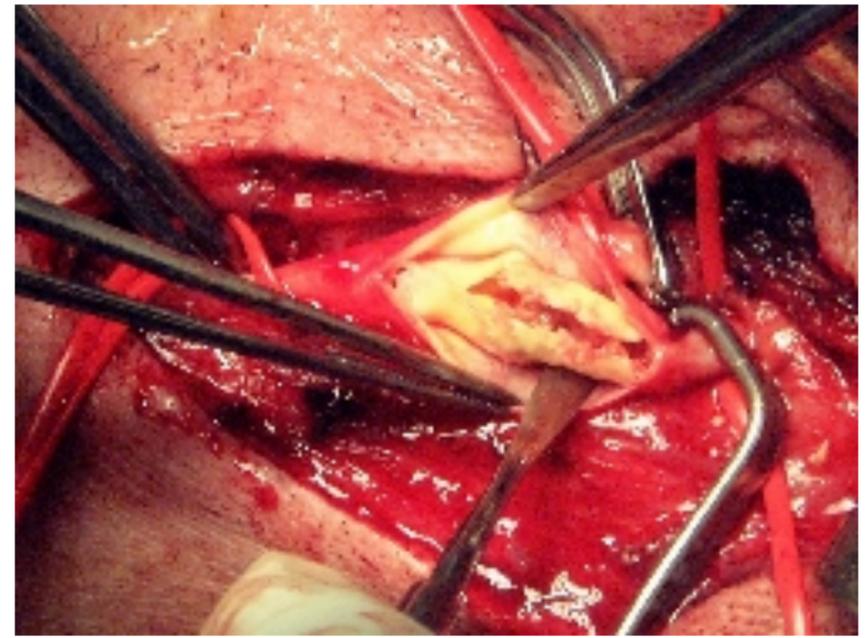
➤ Due modalità di trattamento

➤ Procedura chirurgica

- incisione e pulizia della carotide
- procedura invasiva

➤ Procedura endovascolare

- inserimento dello stent via endovenosa
- procedura mini-invasiva



Stent: di cosa si tratta?

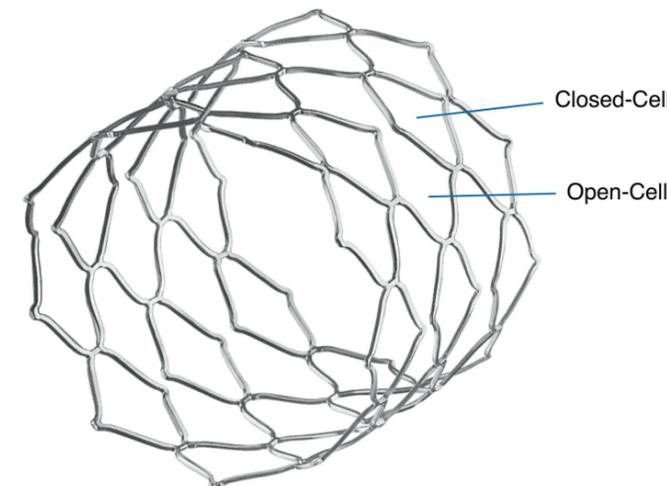
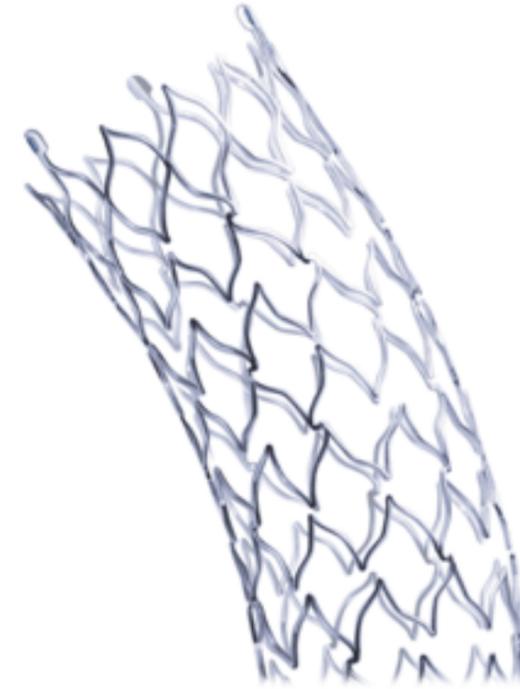
➤ **Struttura metallica cilindrica a maglie**

➤ **Gli stent possono essere suddivisi in**

- a cella aperta
- a cella chiusa
- ibridi

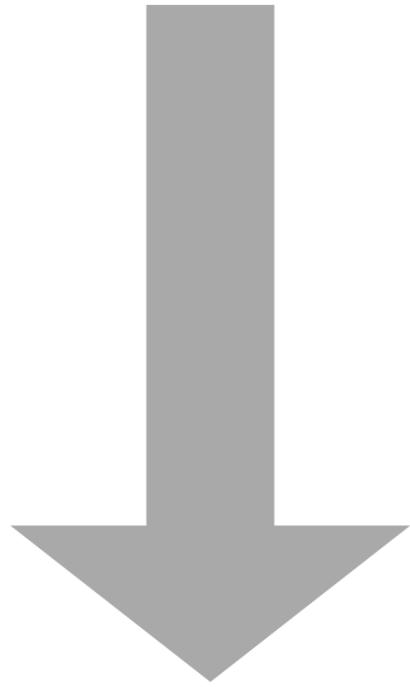
➤ **I materiali utilizzati sono i seguenti**

- Cr-Co (Cromo-Cobalto)
- Ni-Ti (Nichel-Titanio)



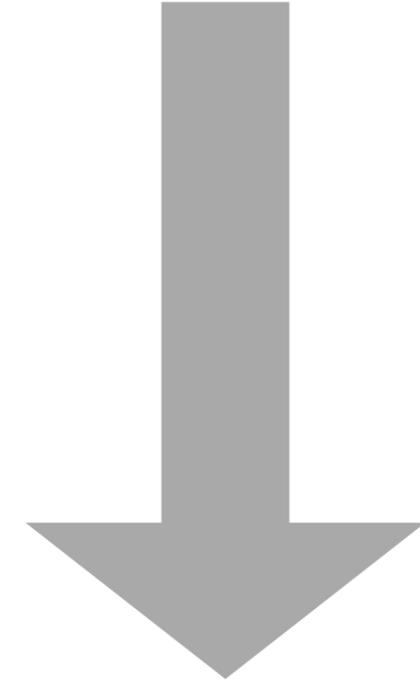
Open vs closed cell: conseguenze strutturali

➤ Open cell



- elevata free cell area
- grande elasticità
- grande adattabilità
- scarsa capacità di scaffolding

➤ Closed cell

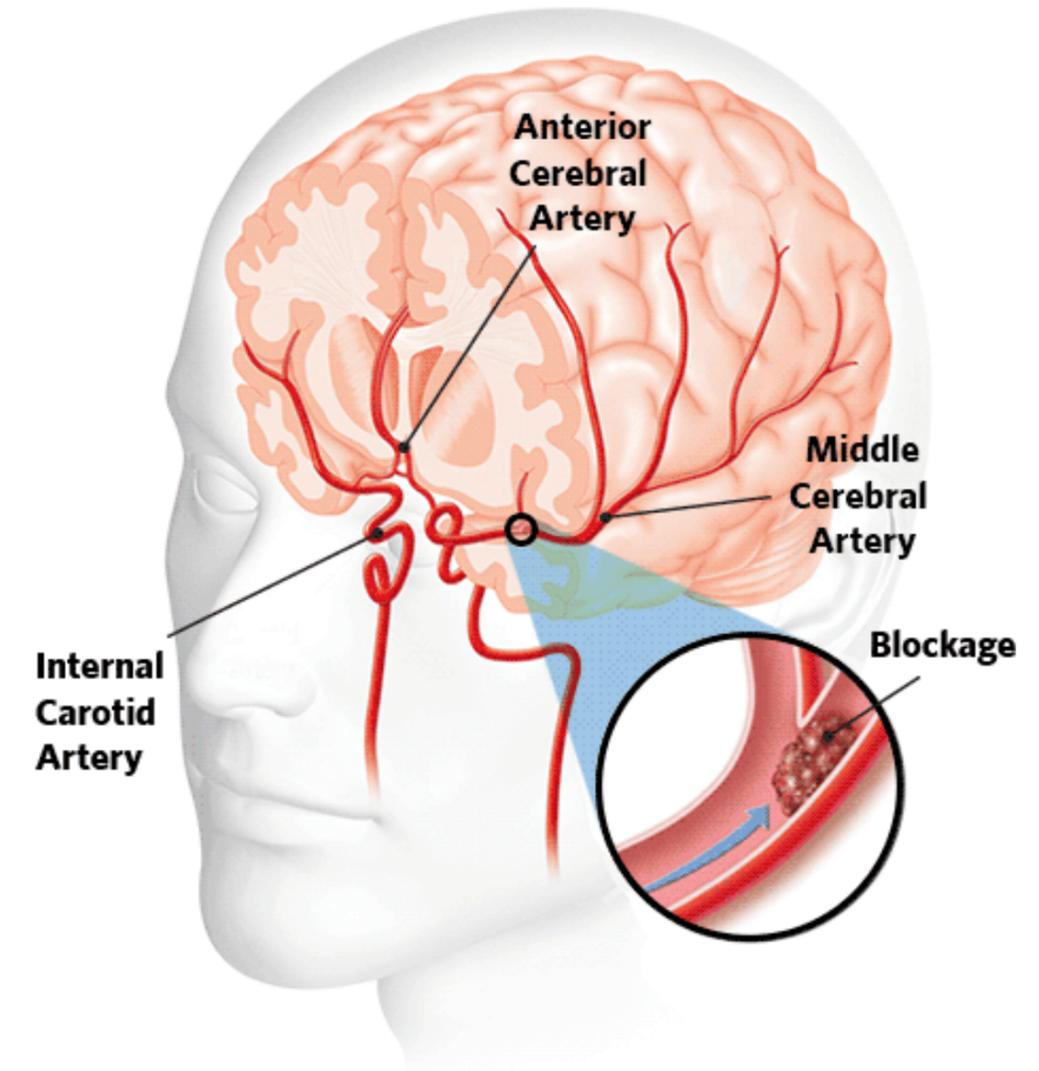


- bassa free cell area
- scarsa elasticità
- scarsa adattabilità
- elevata capacità di scaffolding

Open vs closed cell: complicanze cliniche

➤ Quali sono le possibili complicanze?

- prolasso della placca
- attacco ischemico transitorio (TIA)



➤ Quale design è più rischioso?

- open cell: 12.2%* di casi con complicanze neurologiche
- closed cell: 3.1%* di casi con complicanze neurologiche

Stent design: l'ibrido come compromesso

➤ Come trovare un compromesso tra elasticità e capacità di scaffolding?

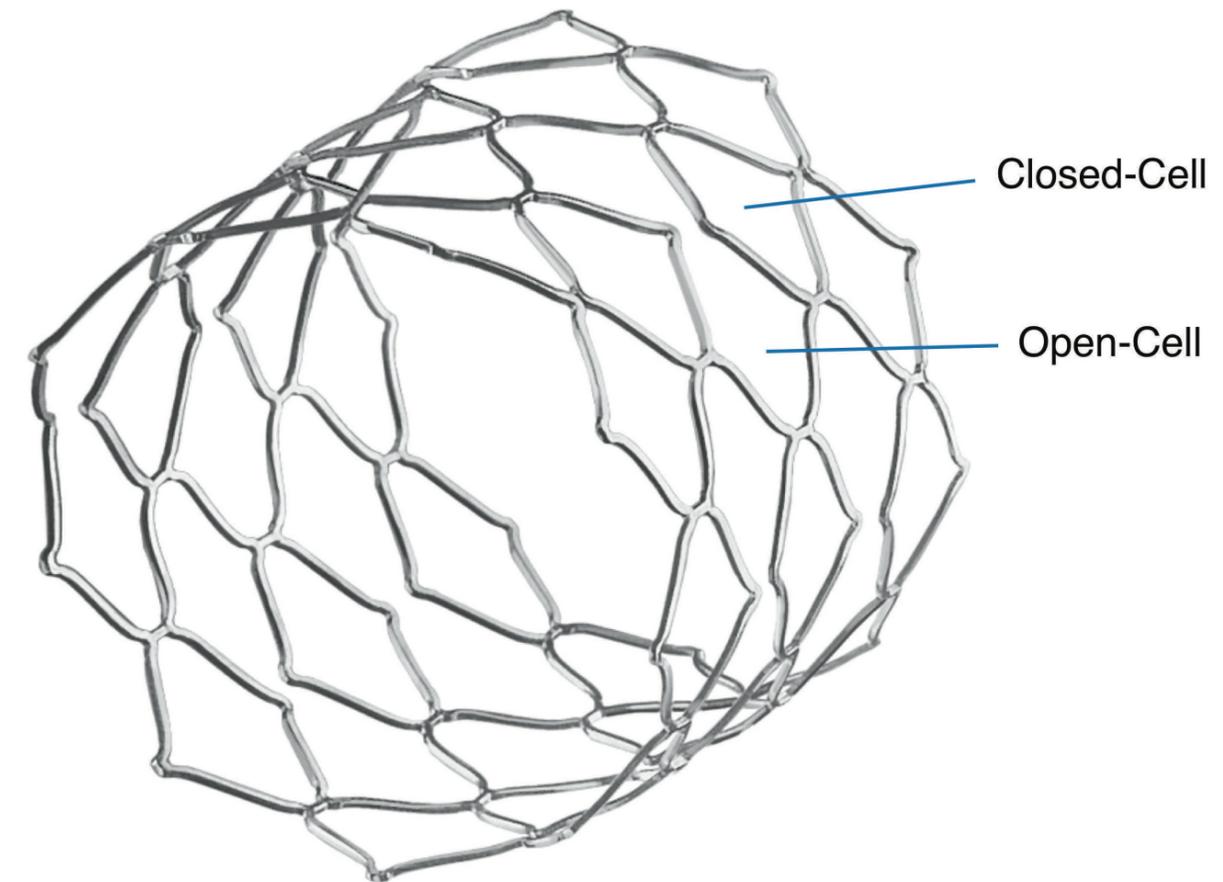
- utilizzo di uno stent ibrido

➤ Cosa si intende per ibrido?

- stent dotato di una regione open cell e una closed cell

➤ Quali sono i vantaggi?

- adattabilità
- capacità di contenimento



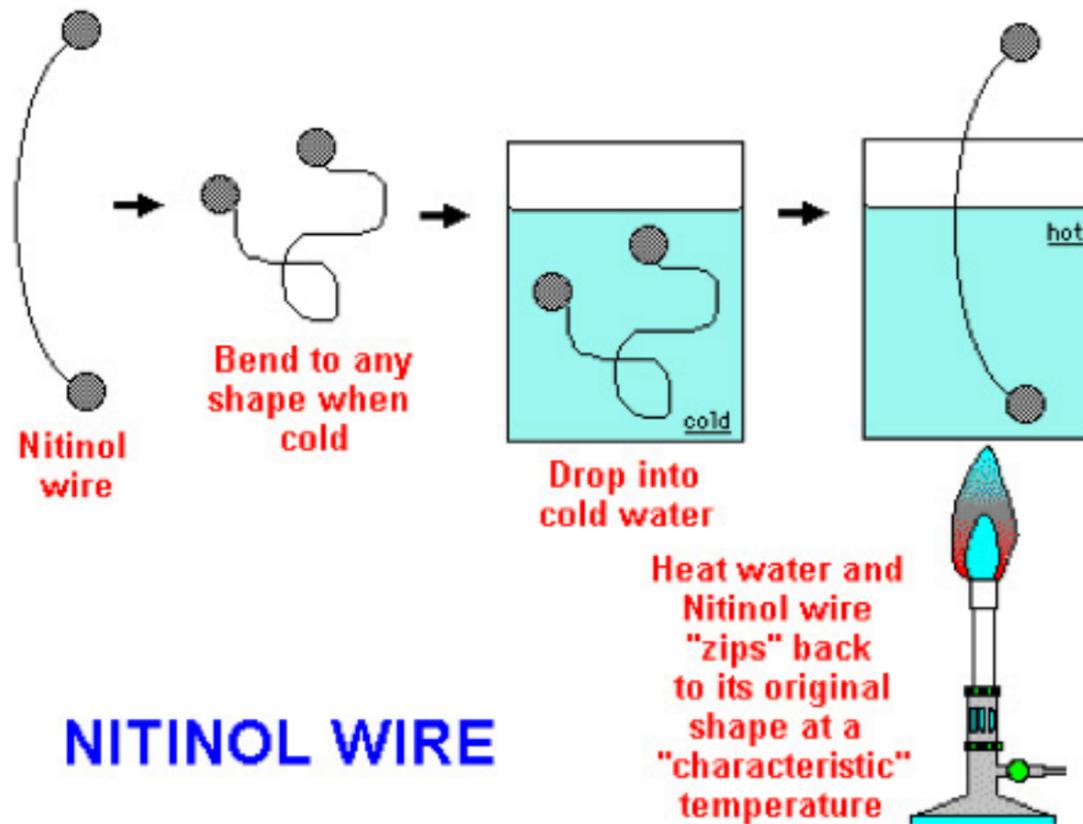
➤ Obiettivo

- porre le basi per il disegno di uno stent carotideo ibrido ottimale

➤ Su indicazione del Prof. Enrico Maria Marone

➤ Materiale utilizzato

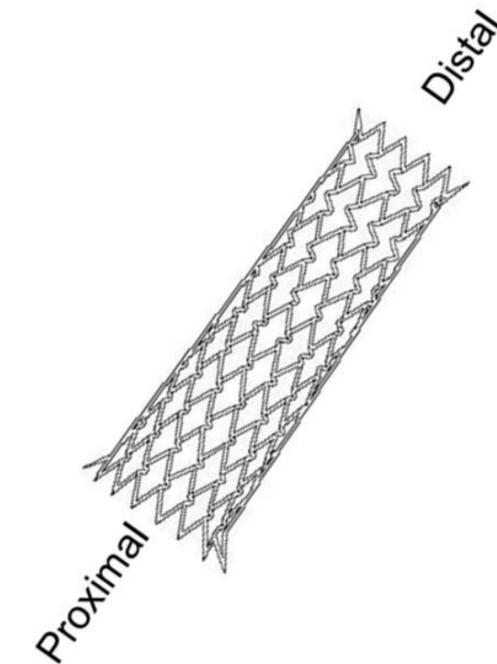
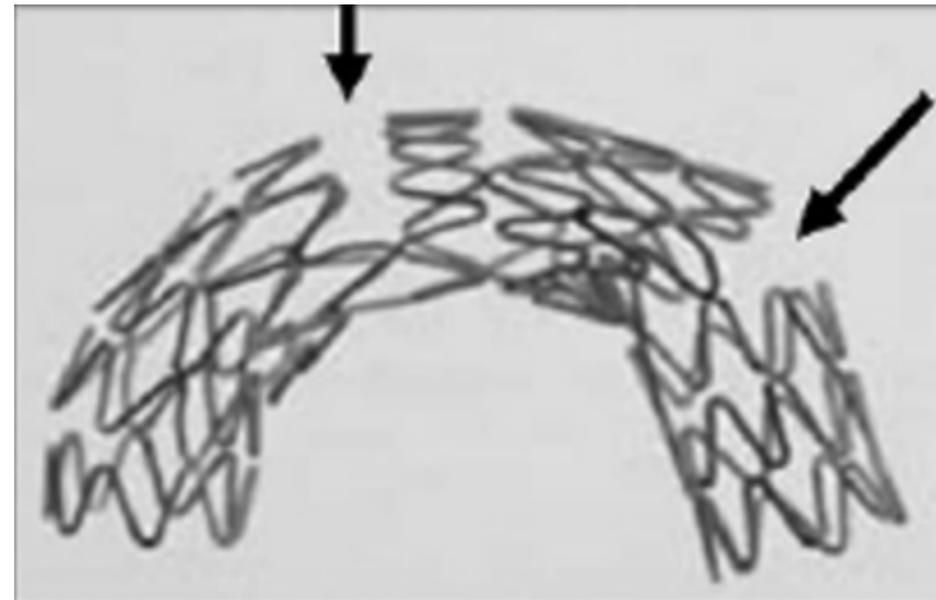
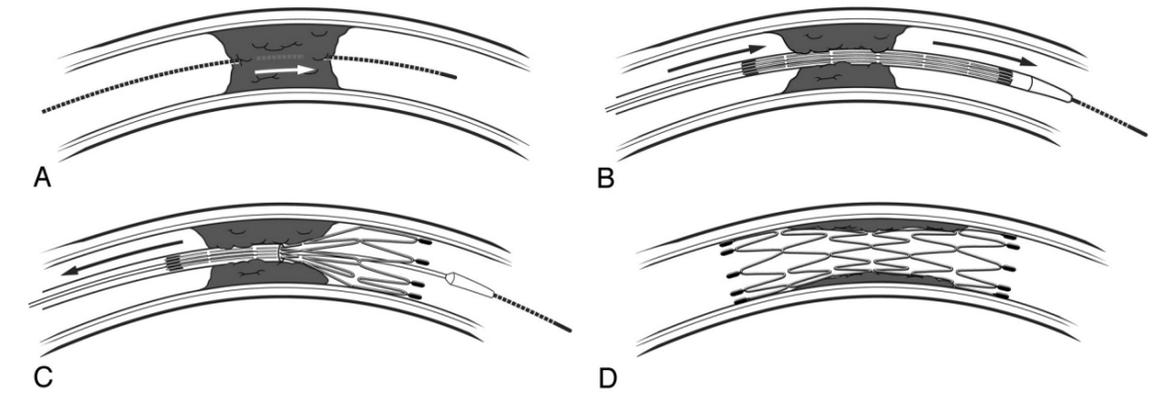
- Nitinol



Misure e caratteristiche

➤ Per lo stent sono state scelte le seguenti misure/caratteristiche:

- self-expanding
- tapered
- lunghezza tratto closed cell 2 cm
- lunghezza tratti open cell 1 cm ciascuno
- no scaled fish effect



➤ Quali sono i software utilizzati?

- Autodesk Inventor Professional (edizione 2020)
- Abaqus (edizione 2017)

➤ Autodesk

- disegno 3D

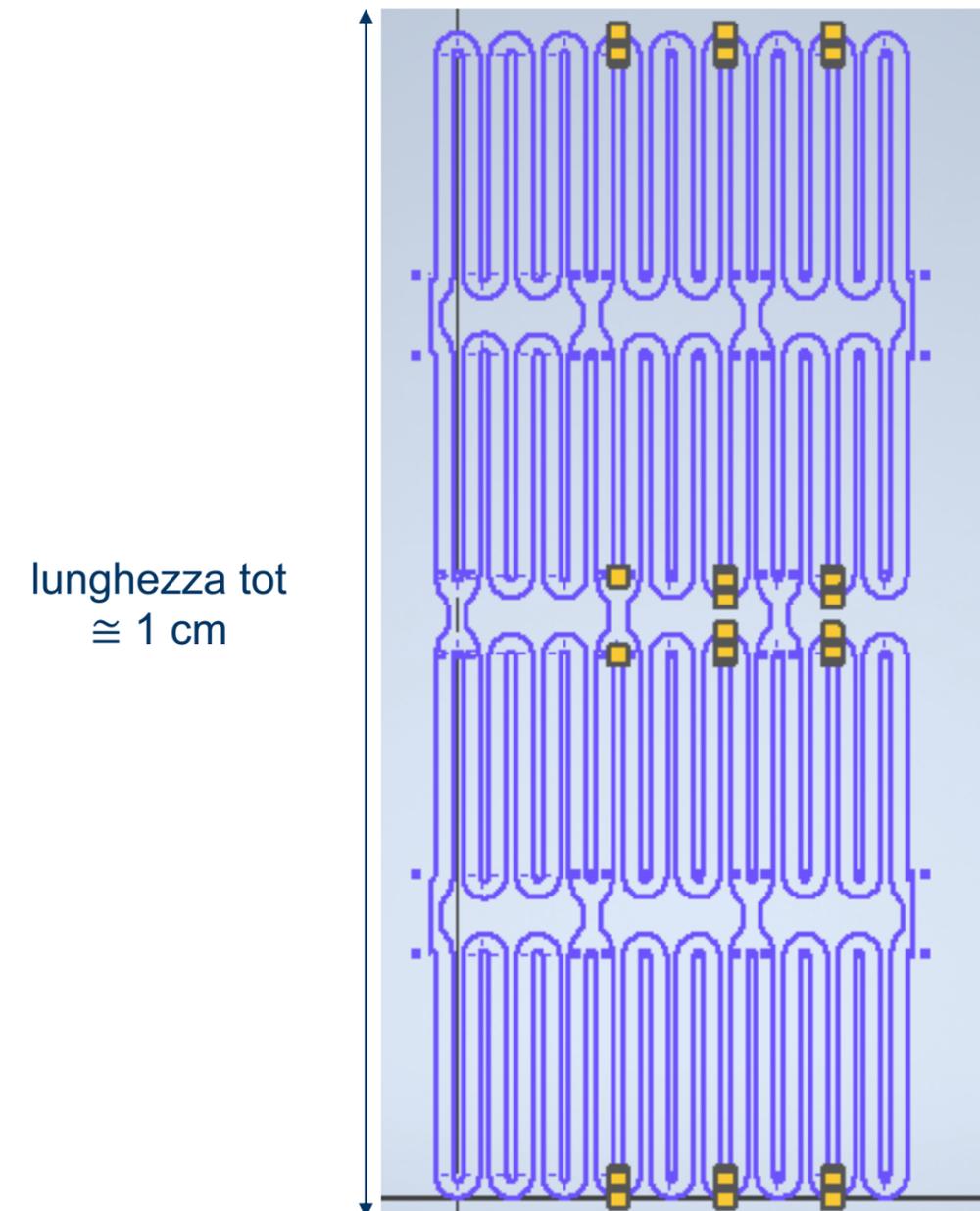
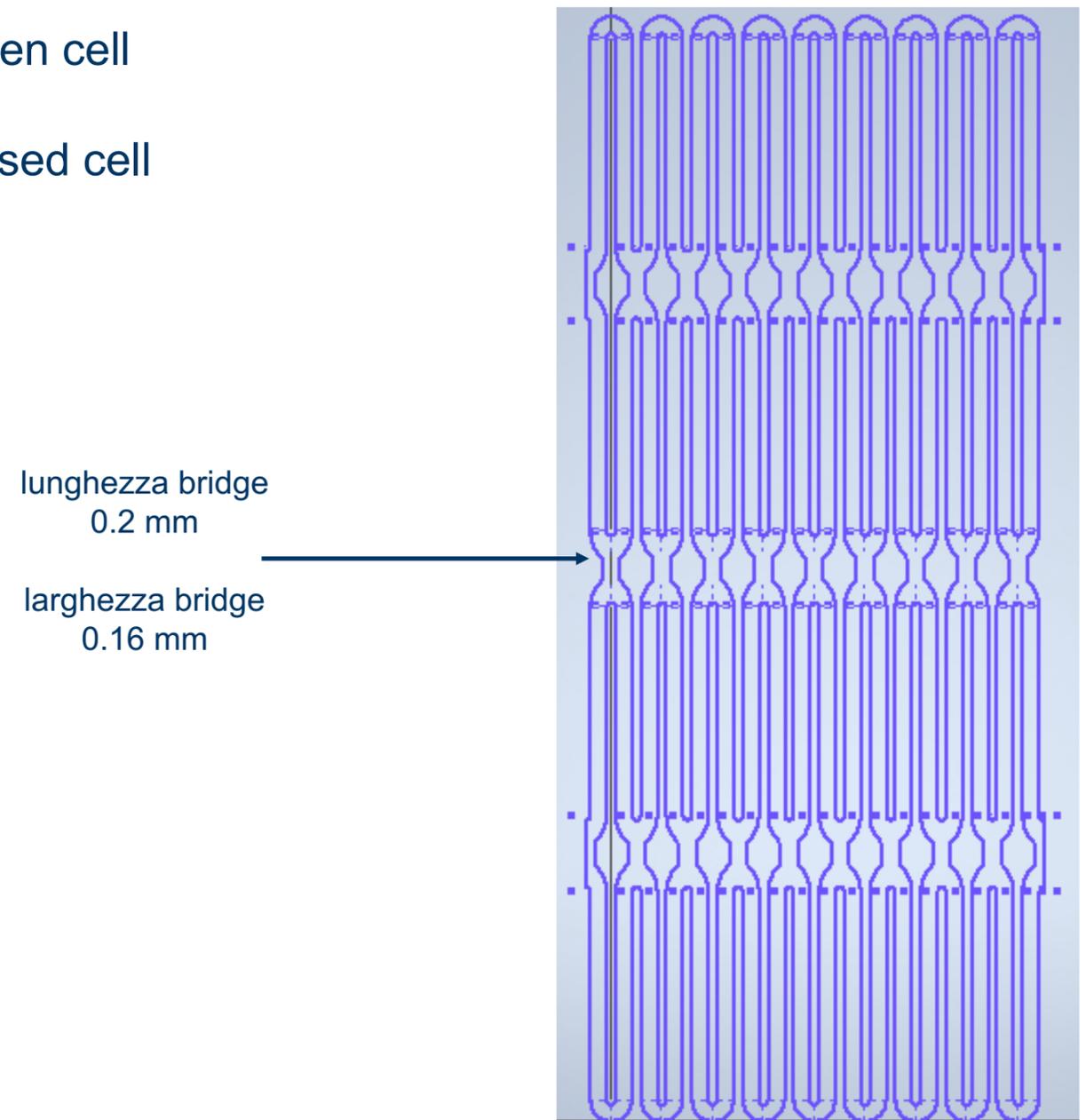
➤ Abaqus

- disegno 3D e analisi



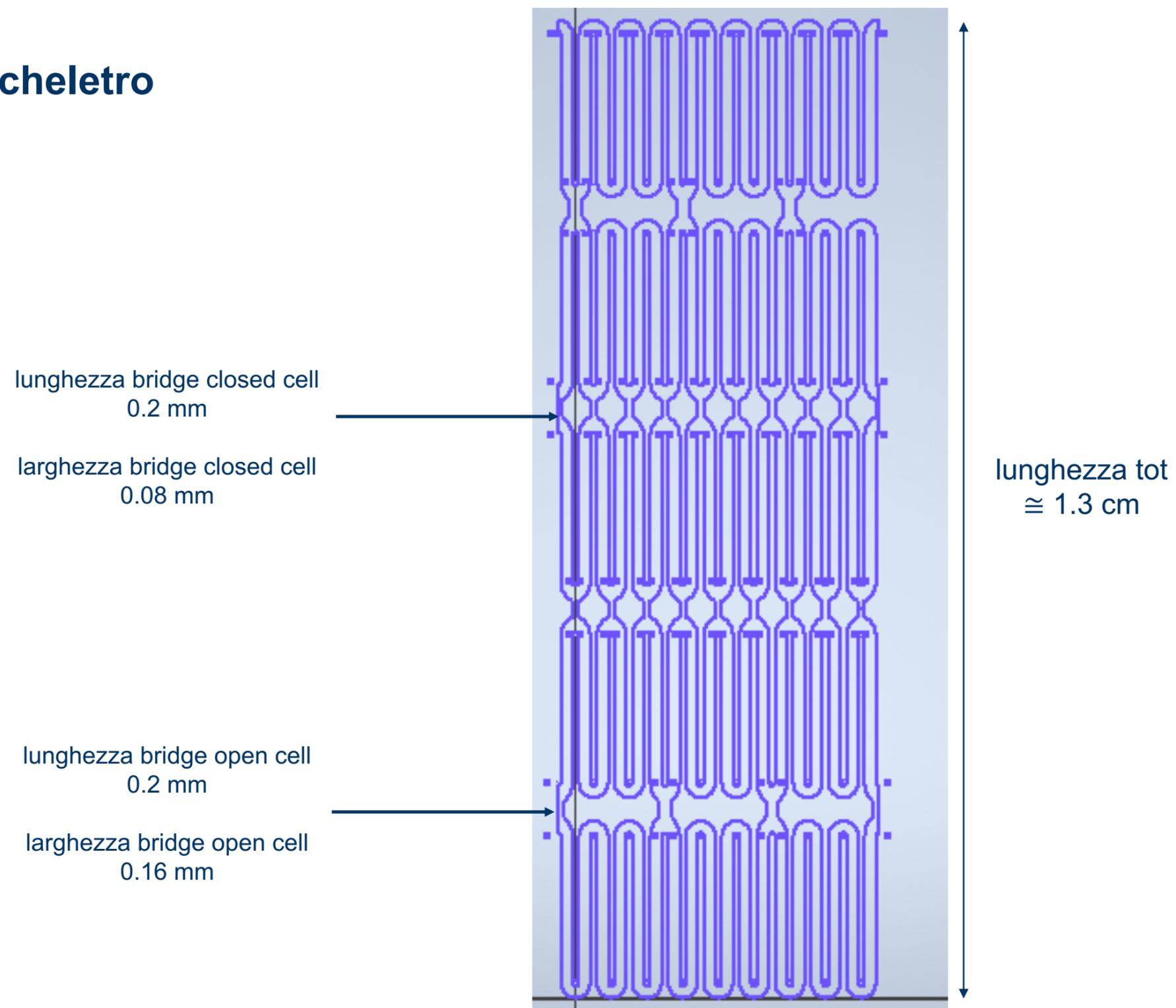
➤ Disegno CAD dello scheletro

- design open cell
- design closed cell



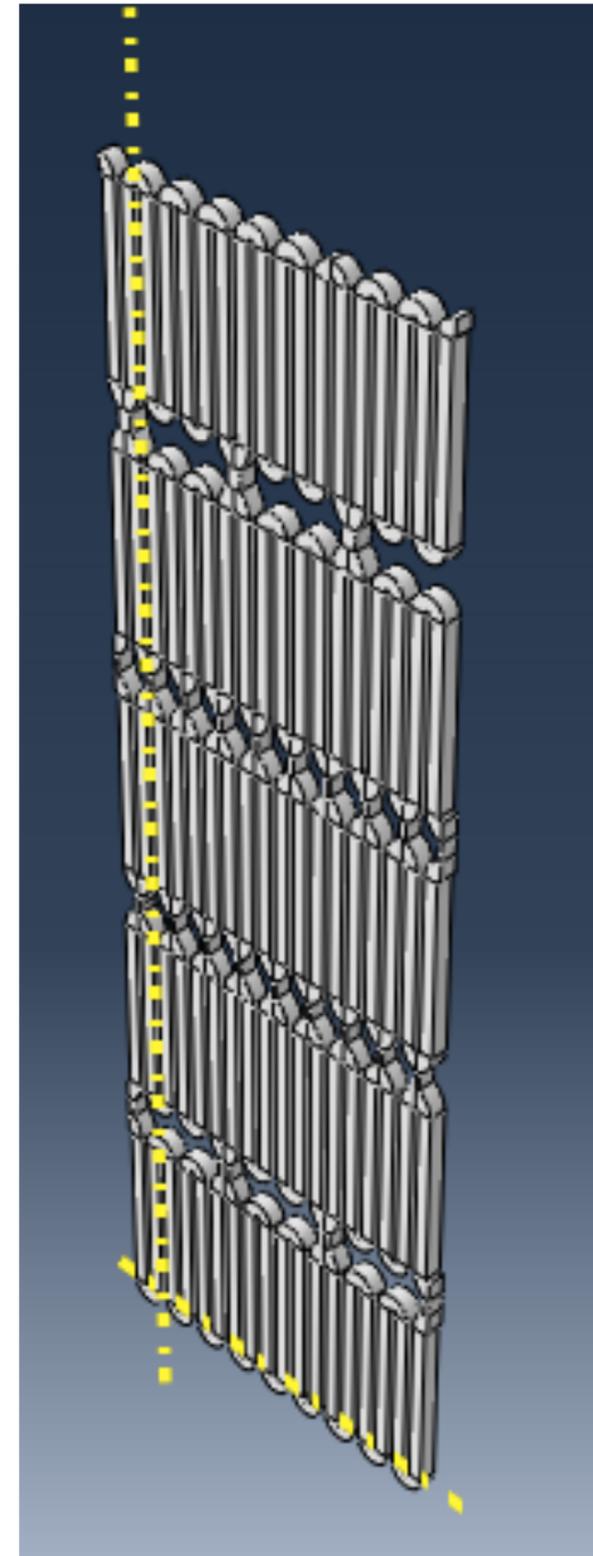
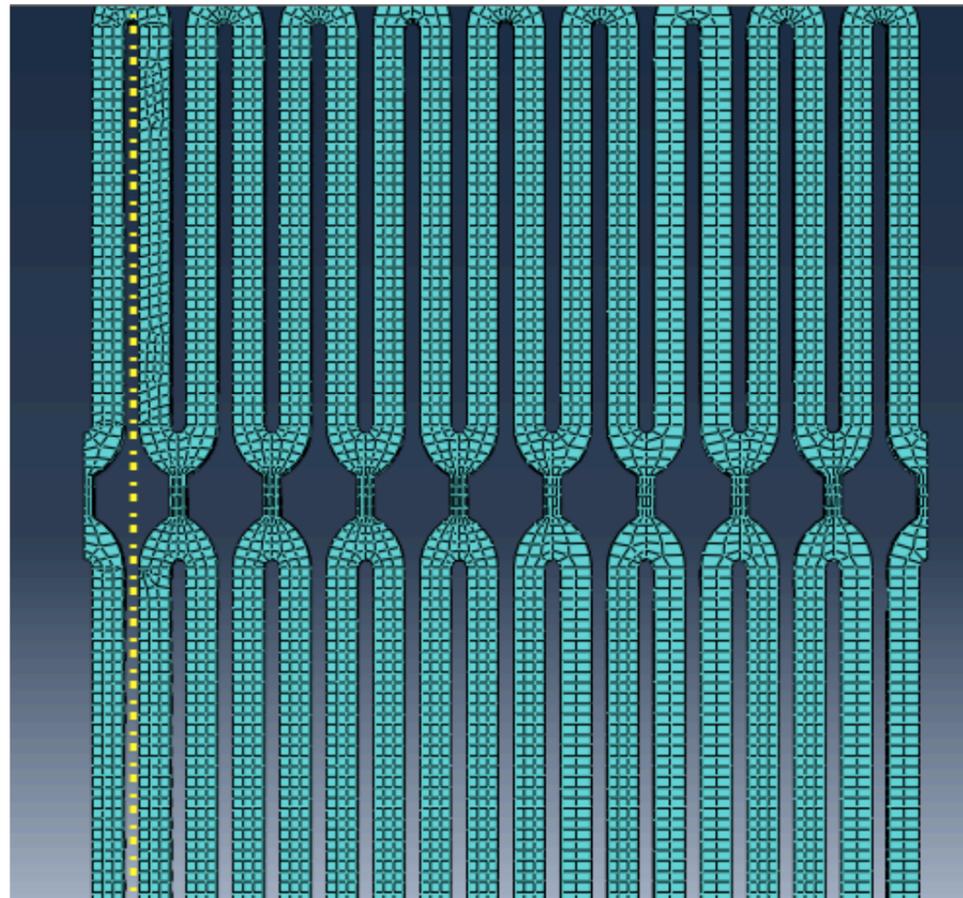
➤ Disegno CAD dello scheletro

- design ibrido



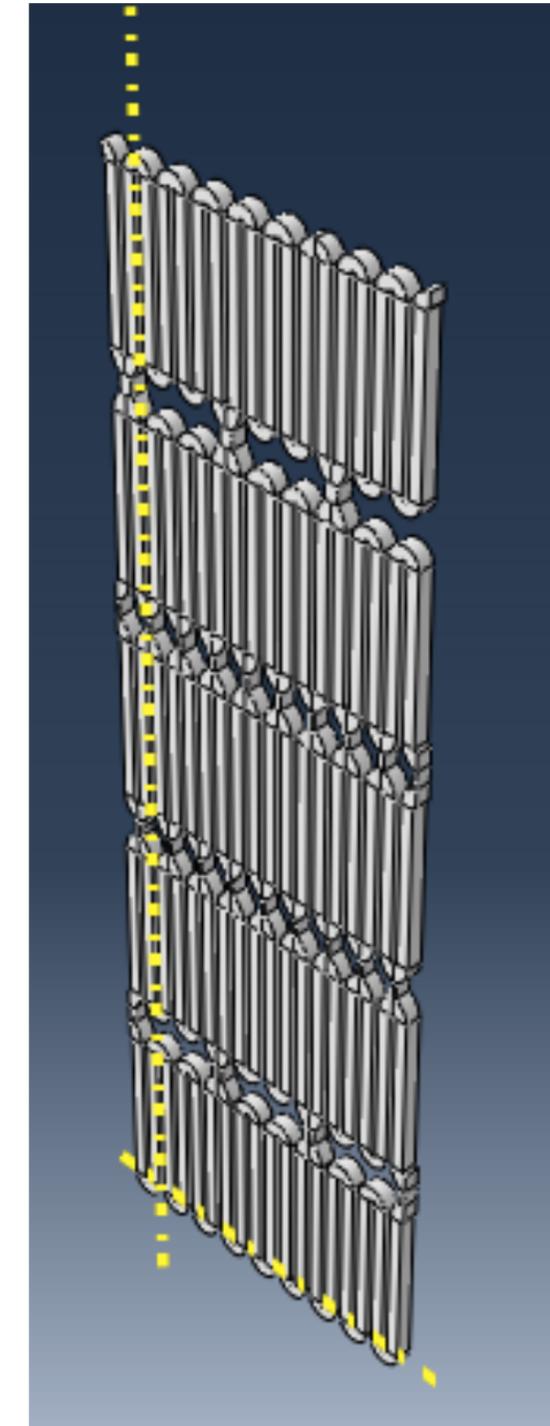
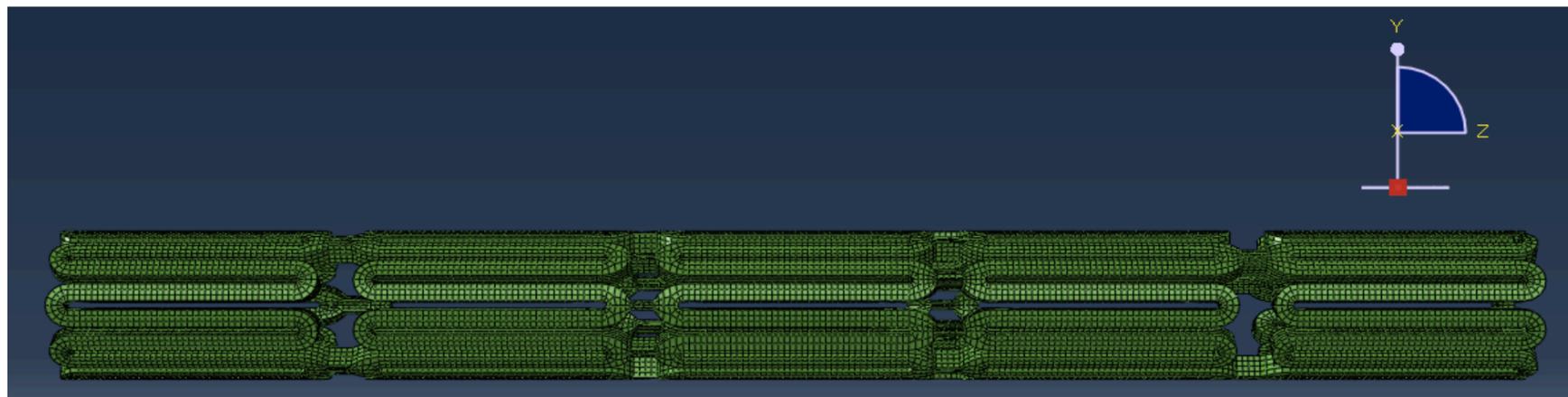
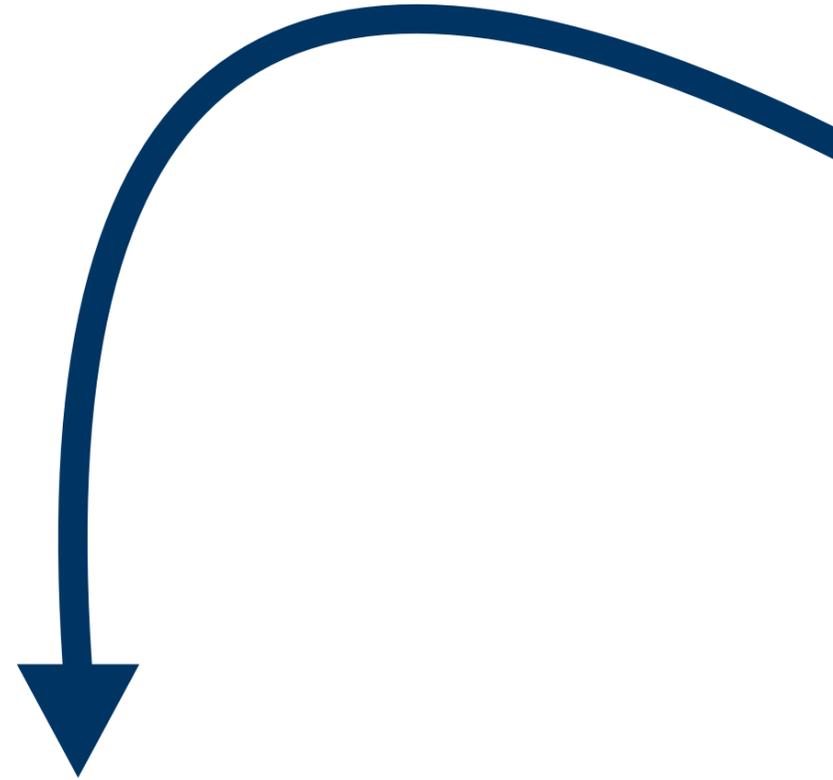
➤ Entrambe realizzate tramite Abaqus

- estrusione
 - spessore 0.19 mm
- meshing
 - approximate global size 0.06 mm

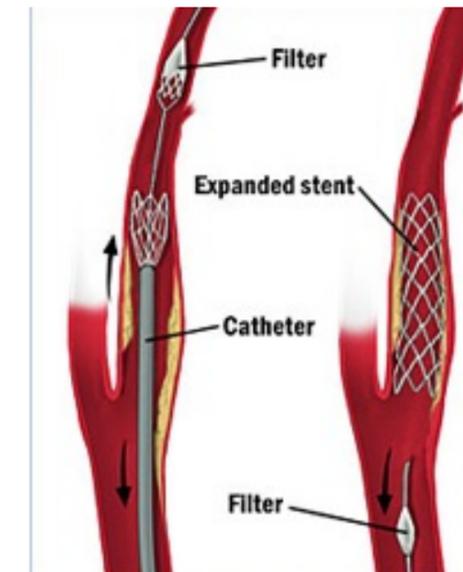
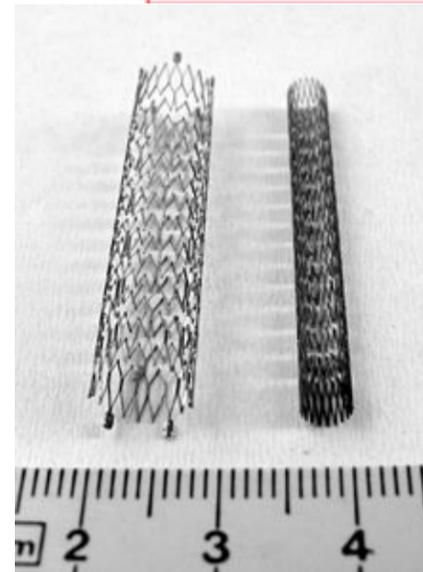
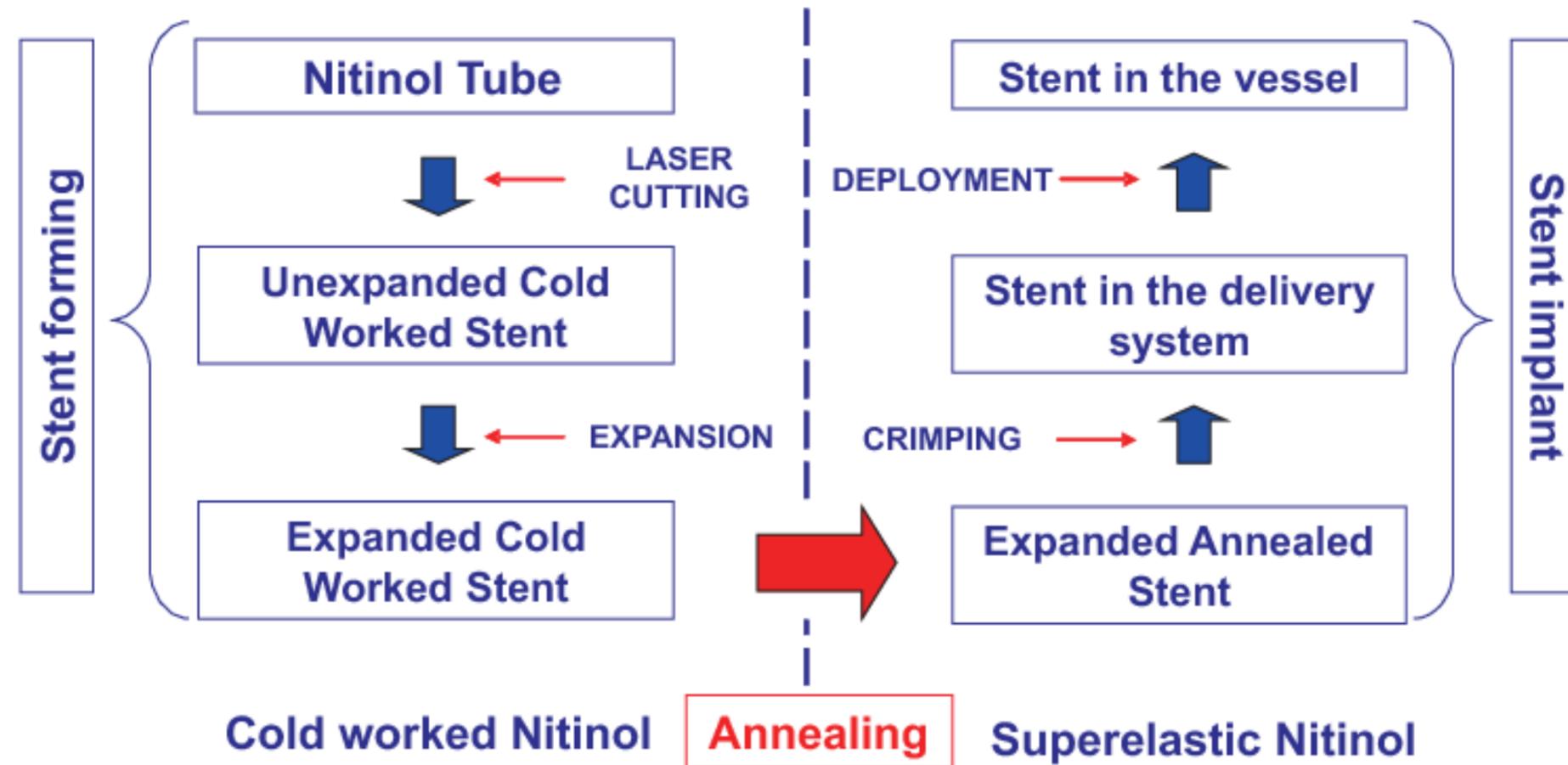


➤ Effettuato su Abaqus

- tramite apposito tool (WrapMesh)
 - importato attraverso file python



Realizzazione e posizionamento



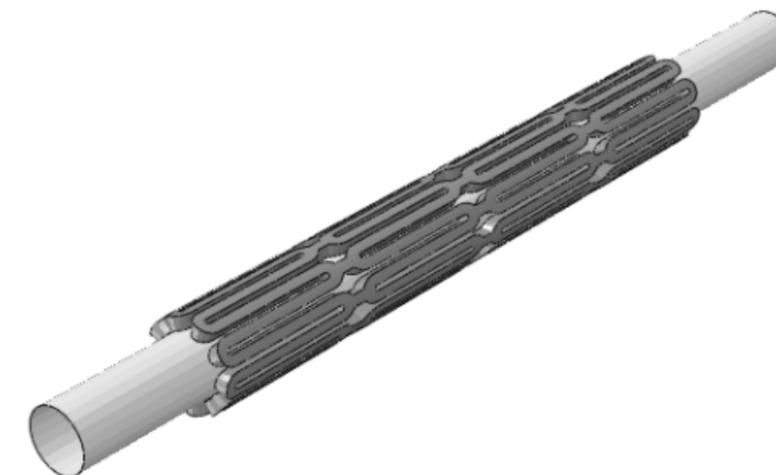
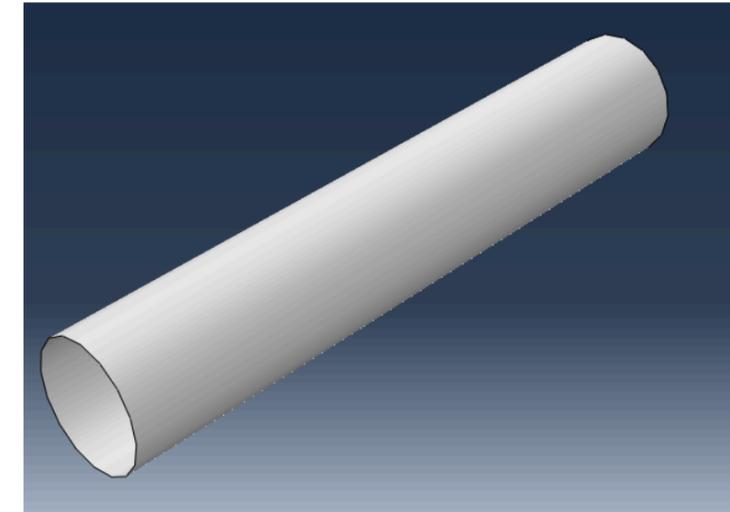
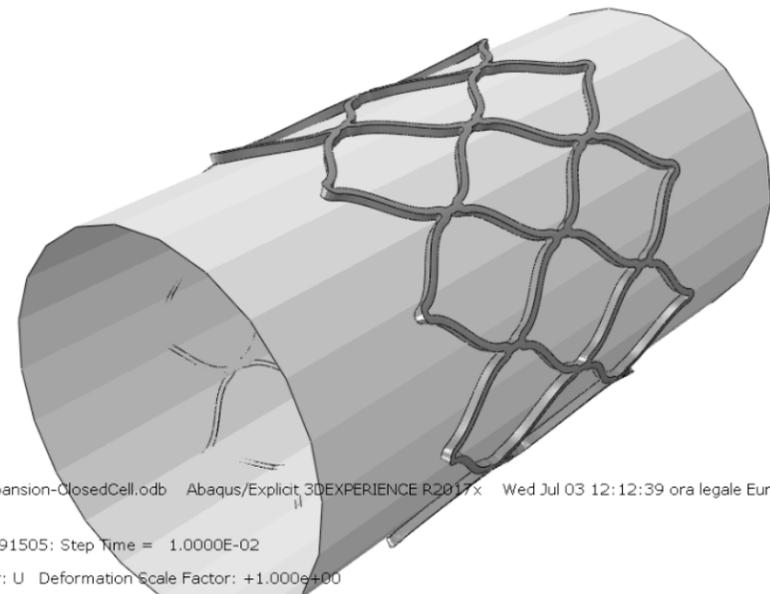
Simulazione: stent expanding

➤ Realizzazione superficie cilindrica rigida

- lunghezza 5 mm
- raggio 0.45 mm

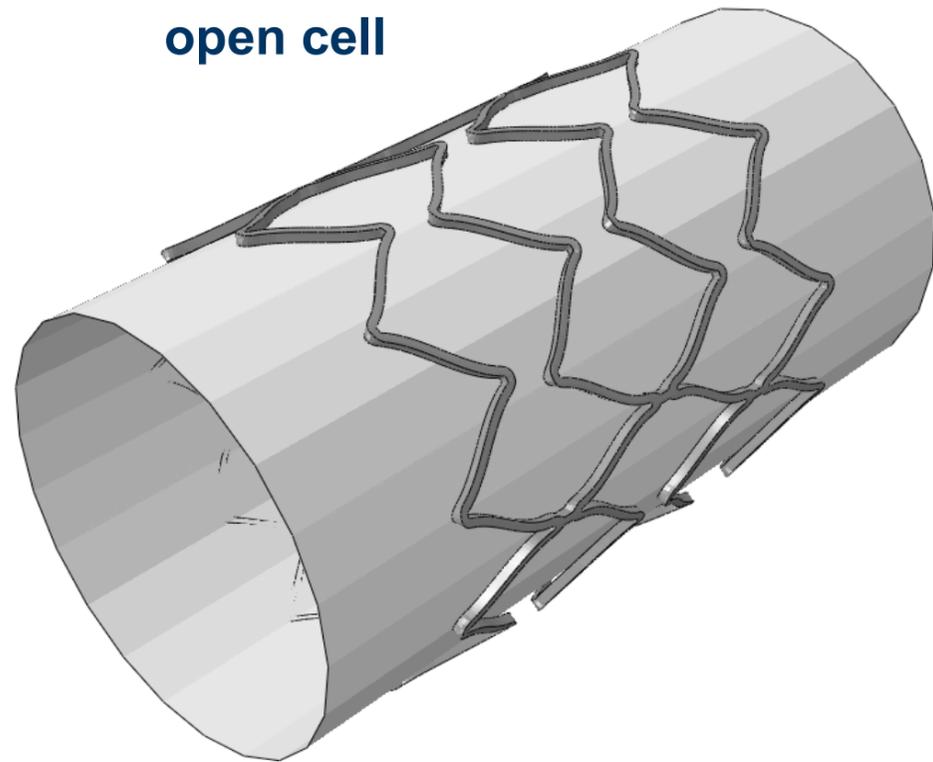
➤ Espansione dello stent

- spostamento di 3.35 mm
- diametro finale 8 mm

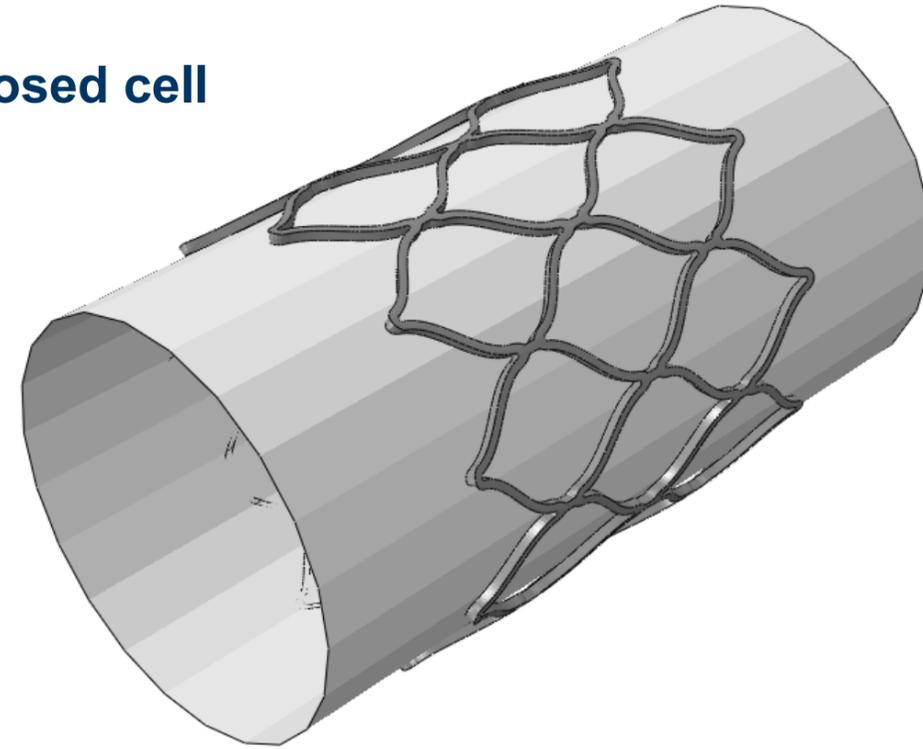


➤ I tre design espansi

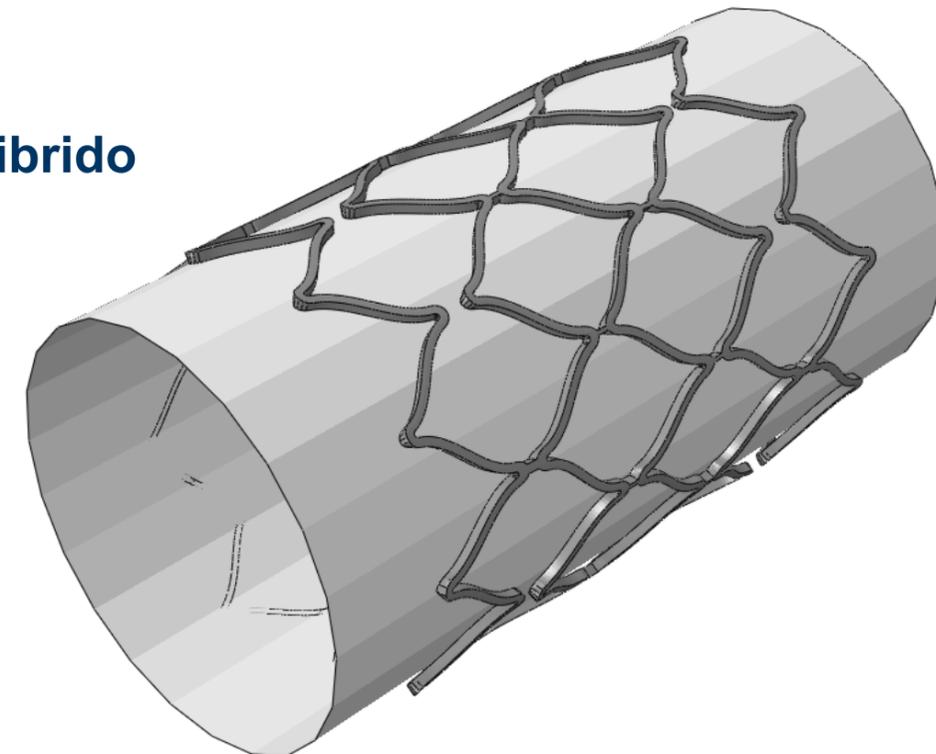
open cell



closed cell

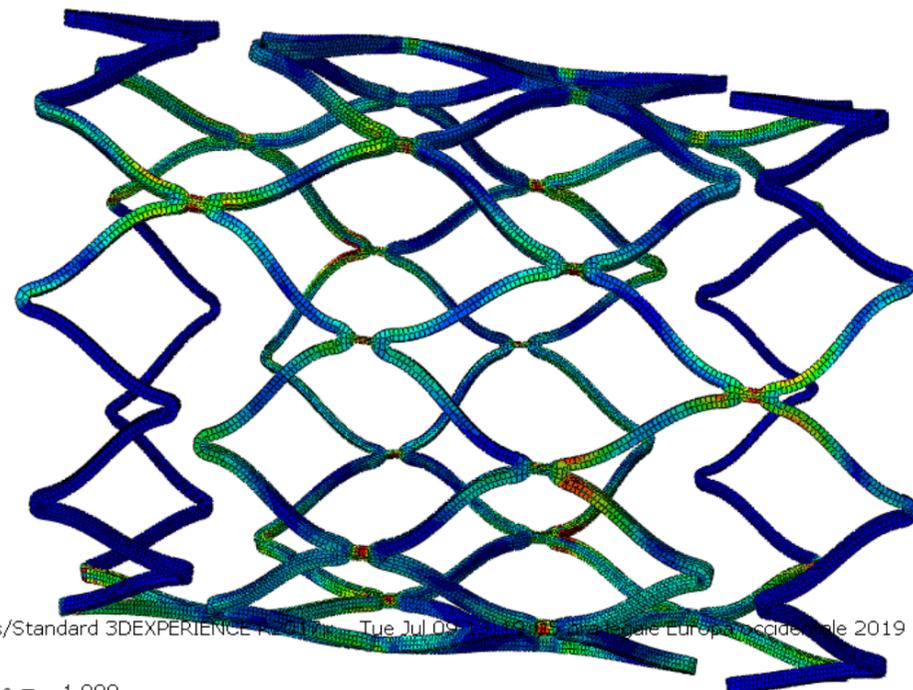


ibrido

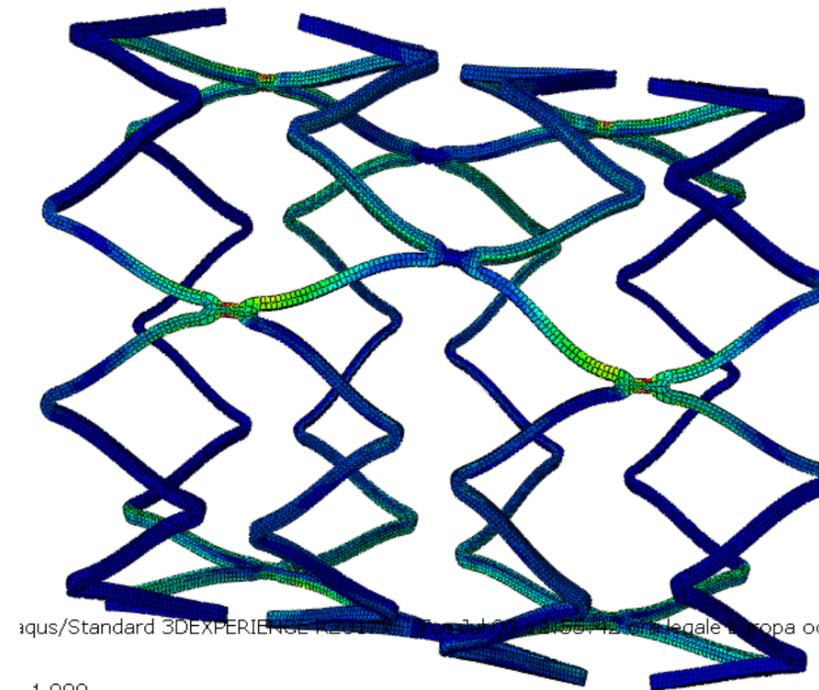
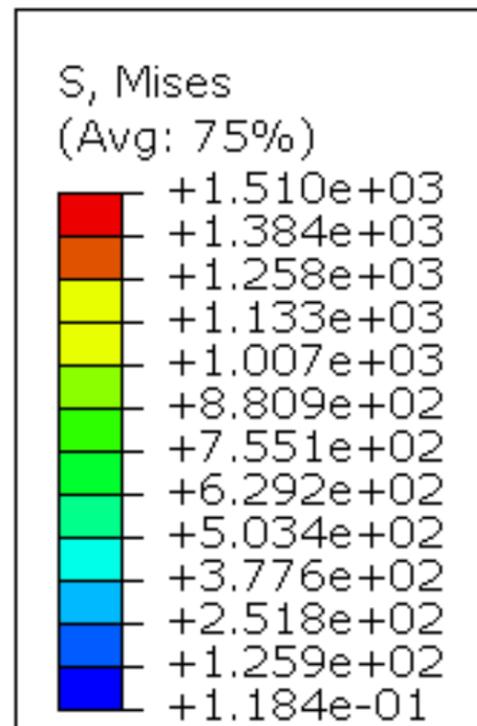


➤ Test di bending sulle tre configurazioni espanse

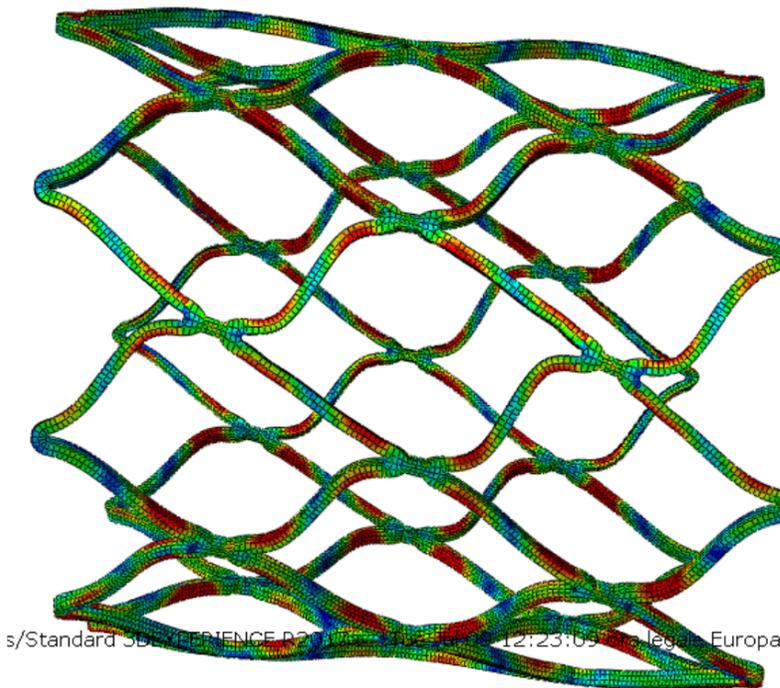
- condizioni al contorno
 - incastro
 - abbassamento di 6 mm



ne = 1.000
nation Scale Factor: +1.759e-01



1.000
Scale Factor: +1.496e-01



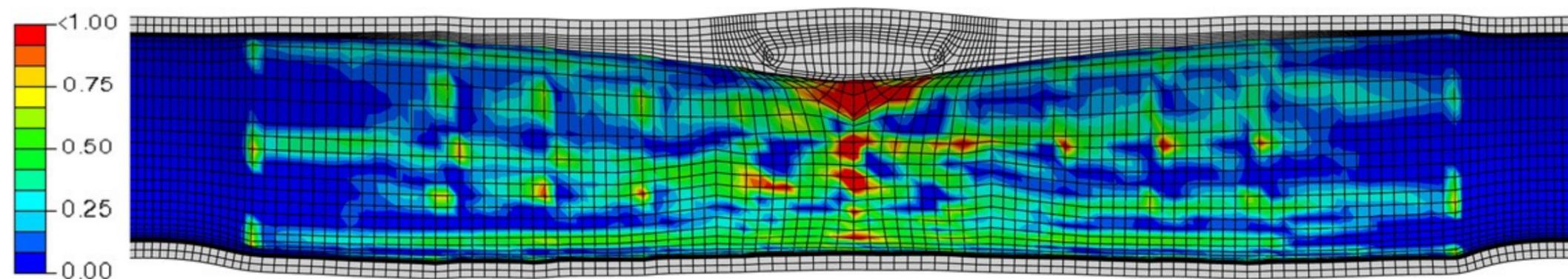
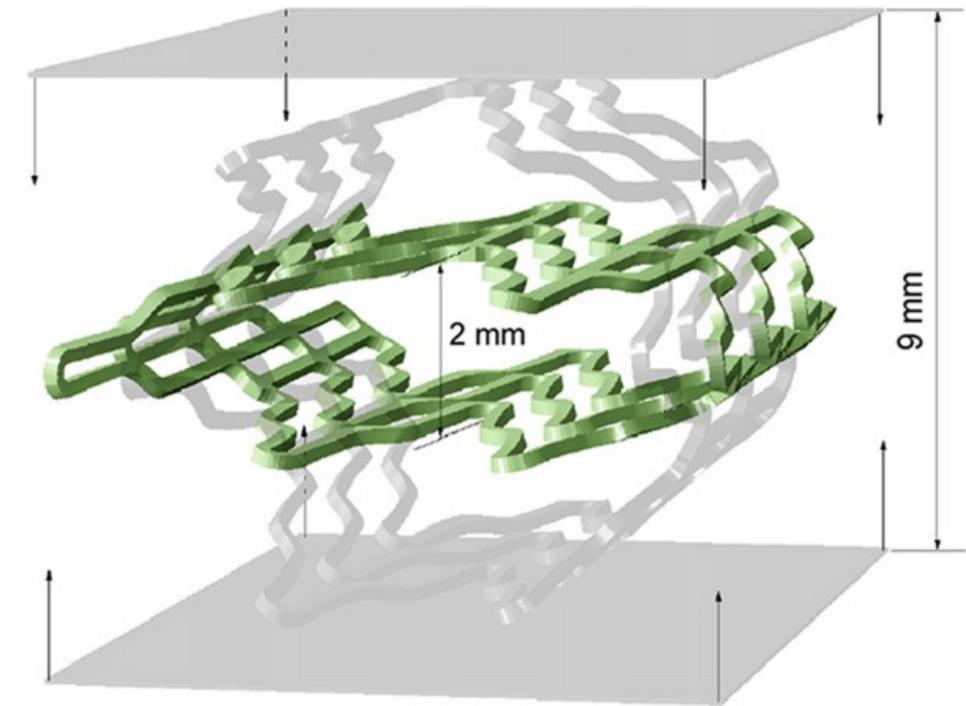
000
Scale Factor: +1.266e-01

➤ Quali analisi effettuare?

- test di compressione
- test di torsione

➤ Misurazione della forza radiale esercitata dallo stent

- al variare di parametri geometrici
 - spessore radiale
 - spessore circonferenziale
 - diametro iniziale



Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Candidato: Giacomo Pace

Relatore: Michele Conti

Co-relatore: Dott. Enrico Maria Marone

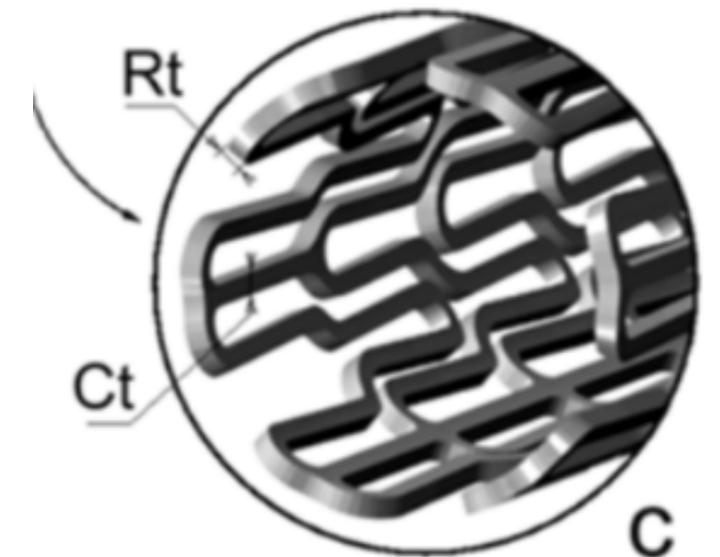
Paper 2011: simulazioni di impianto di diversi stent e immagini radiografiche, deviazione standard nella misura degli angoli intra-strutturali più alta per open cell.

Paper forza radiale: studiata la forza radiale al variare di spessore radiale e circonferenziale e del diametro iniziale. Più sensibile allo spessore circonferenziale. Studio su Acculink, 16 modelli variando gli spessori e su questi modelli sono stati variati tre diametri iniziali, quindi 48 modelli.

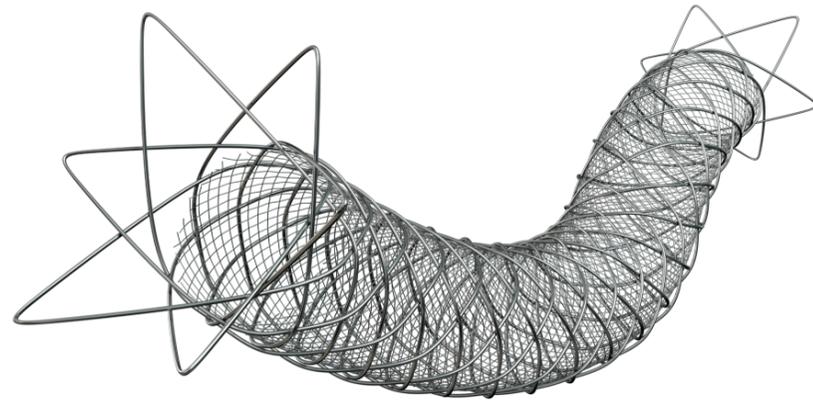
Angio TC: esame diagnostico che consente la visualizzazione dei vasi sanguigni grazie all'interazione tra mezzo di contrasto e raggi x. Il mezzo di contrasto viene iniettato via endovenosa, per cui è mini invasivo.

Angiografia: esame più invasivo basato sull'introduzione di un catetere fino al tratto di interesse dove verrà iniettato il liquido di contrasto per una risoluzione migliore. Gli svantaggi sono l'invasività, il possibile distaccamento di frammenti di placca e possibili danni renali. Per cui la si utilizza spesso solo in caso di stenting.

Ecodoppler: si basa sulla riflessione delle onde quando queste incontrano la superficie di separazione tra due tessuti con proprietà diverse.



Alcuni modelli



► Roadsaver (Terumo)

- Nickel titanium (Nitinol) double layer micromesh design
- Provides good wall apposition
- Good in-vessel flexibility
- Smallest stent cell size(375-500 um)



► CGuard (InspireMD)

- Dual layer design
- Cguard material:Nitinol
- MicroNet material:Polyethylene Terephthalate
- SmartFit Technology

**Stent
maggiormente
utilizzati**

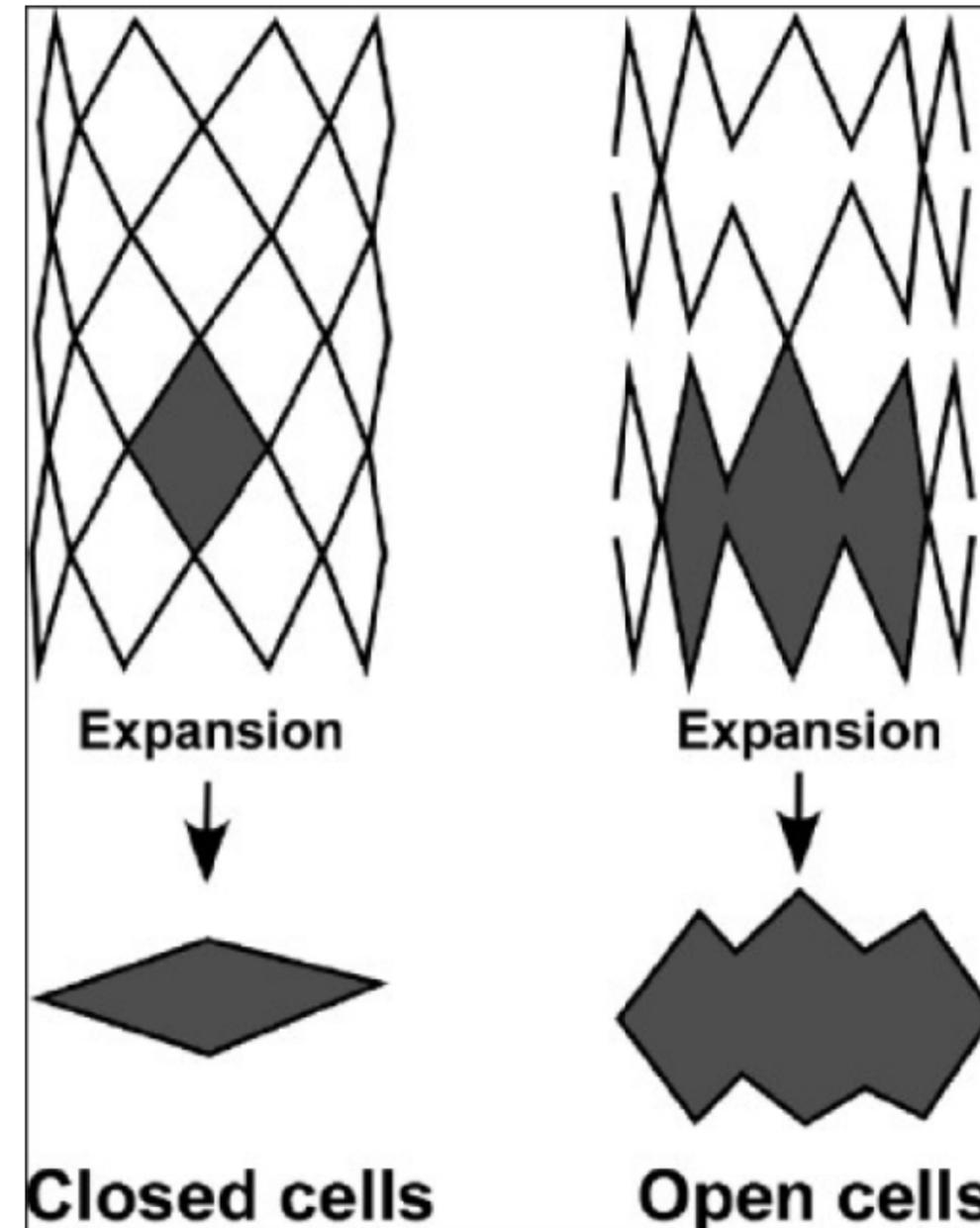


► Cristalloy (Medtronic)

- Stent material:nitinol
- Stent design:multisegment design
- Stent construction:slotted tube, laser cut
- Wall thickness:0.16 mm

Free cell area

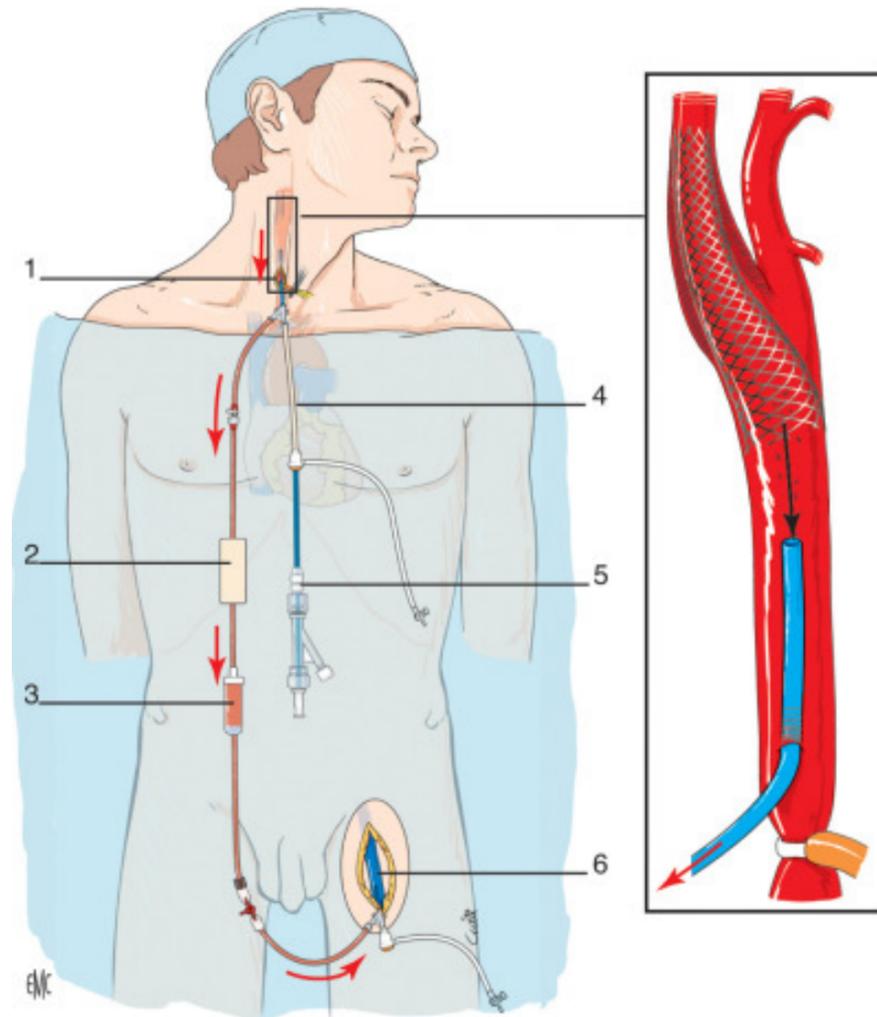
- ▶ **Cos'è la free cell area?**
 - Regione di spazio compresa tra le maglie
- ▶ **Come variare la free cell area di uno stent?**
 - sfasatura nell'allineamento delle maglie
 - variazioni in lunghezza dei bridge
 - variazioni in larghezza dei bridge
 - numero di bridge tra le maglie



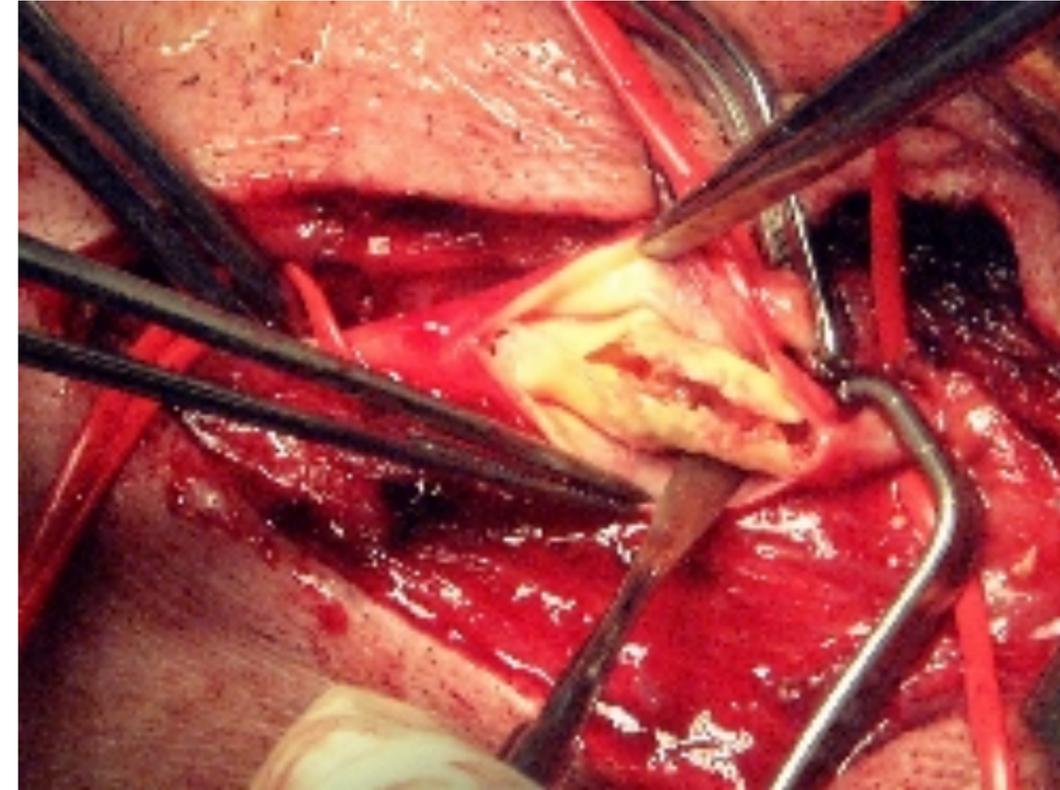
*nell'immagine il confronto tra la free cell area di uno stent open cell e uno closed cell

Vantaggi del CAS

- ▶ **Tecnica mini-invasiva**
- ▶ **Evita il ritorno elastico dell'arteria**
- ▶ **Creazione di un lume largo e liscio**



VS



Arteria carotide

▶ Arteria carotide comune

- carotide interna
- carotide esterna

▶ Flusso sanguigno vorticoso

- sede preferenziale per placche aterosclerotiche

