



# Mesh per contenimento erniale

---

Amedeo Franco Bonatti  
[amedeofranco.bonatti@phd.unipi.it](mailto:amedeofranco.bonatti@phd.unipi.it)

# + Mesh per contenimento erniale

- Introduzione
- Ernie addominali
- Mesh per contenimento erniale
- Aspetti di progettazione



# + Mesh per contenimento erniale

- **Introduzione**
- Ernie addominali
- Mesh per contenimento erniale
- Aspetti di progettazione



## + Introduzione

- ✓ Con il termine **ernia** si intende la fuoriuscita di un viscere dalla cavità cerebrale, toracica o addominale che normalmente lo contiene, **attraverso un orifizio**, un canale anatomico o una qualsiasi soluzione di continuo **pre-esistente**
- ✓ In generale sono soggetti ad erniarsi soltanto i **visceri mobili** o quelli colpiti da una determinata patologia



## + Introduzione

- ✓ Il laparoccele, o ernia post-laparotomica, rappresenta una grave complicanza post operatoria che determina la fuoriuscita dei visceri contenuti nella cavità addominale attraverso una breccia della parete formatasi in fase di consolidamento cicatriziale di una ferita operatoria



# + Introduzione

## ✓ Classificazione in base a:

### 1. direzione di dislocazione del viscere:

- Interne: se lo spostamento avviene all'interno del corpo;
- Esterne: se lo spostamento avviene verso l'esterno e i visceri diventano evidenti.

### 2. struttura di interesse:

- del disco: è un ernia interna dovuta alla dislocazione del nucleo polposo del disco intervertebrale;
- cerebrali: sono ernie interne secondarie allo sviluppo di masse tumorali;
- toraciche (o diaframmatiche): sono ernie interne prodotte da dislocazioni di visceri addominali attraverso lo iato esofageo. La più frequente è l'ernia iatale;
- addominali: sono ernie esterne che interessano i visceri addominali mobili. Sono di gran lunga le più frequenti e colpiscono il 5-6% della popolazione.



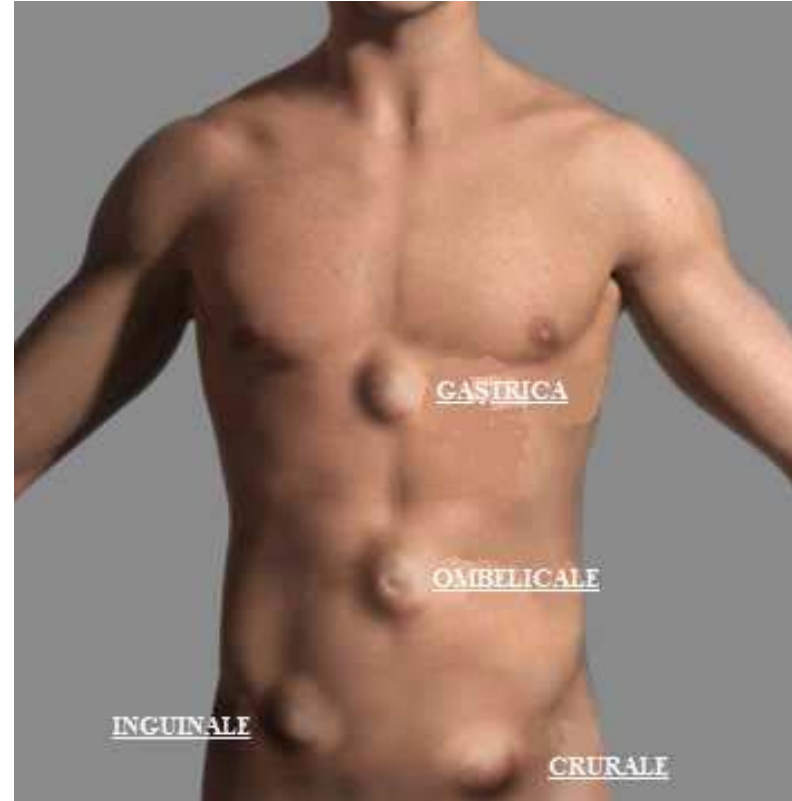
# + Mesh per contenimento erniale

- Introduzione
- **Ernie addominali**
- Mesh per contenimento erniale
- Aspetti di progettazione



# + Ernie addominali

- ✓ Ernie acquisite: che si fanno strada attraverso **aree di debolezza della parete muscolare** addominale;
- ✓ Ernie congenite: dovute ad una mancata o cattiva restrizione di due strutture presenti nel corpo quali l'ombelico e il dotto peritoneo. Rispettivamente permettono il passaggio del cordone ombelicale e la migrazione del testicolo nello scroto e possono portare alla formazione dell'ernia ombelicale e dell'ernia inguinale in caso di non obliterazione post-nascita.





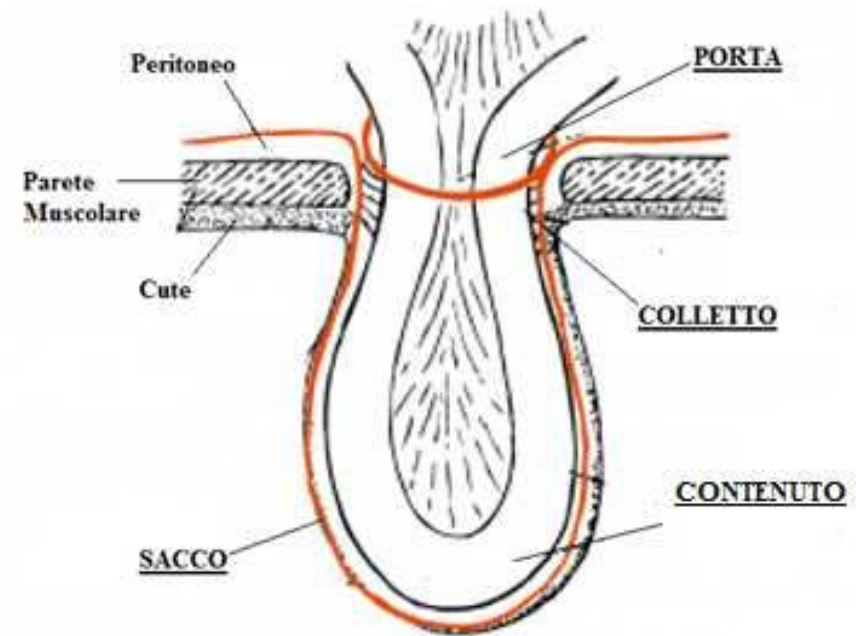
## + Ernie addominali

- ✓ Nel meccanismo patogenetico di formazione di un'ernia è necessario che si verificano due condizioni:
  - Una predisponente legata alla presenza di una malformazione, ad una debolezza congenita o ad un assottigliamento della parete addominale causata da gravidanza, età avanzata o magrezza costituzionale;
  - l'altra scatenante e causata da un aumento della pressione endo-addominale legata a colpi di tosse, obesità o sforzi ripetuti eccessivi.



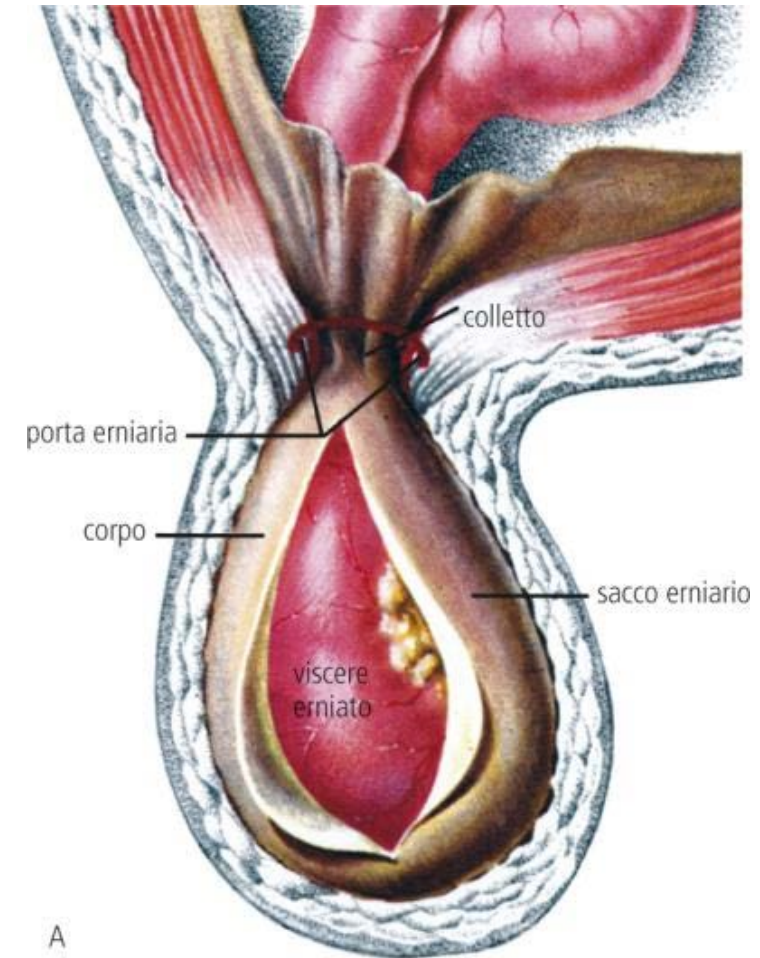
# + Ernie addominali

- ✓ Ogni ernia presenta:
  - una propria porta attraverso la quale si fa strada, un sacco che si forma nel momento in cui il viscere viene generando una estroflessione del peritoneo parietale
  - un contenuto, rappresentato dal tipo di viscere mobile che solitamente risulta essere l'intestino tenue o l'epiploon.
- ✓ Nel sacco possono essere distinti un colletto o orifizio, un corpo e un fondo. Questo accrescendosi si infila tra i vari strati che compongono la parete addominale fino a raggiungere il piano sottocutaneo.



# + Ernie addominali

1. Infiammazione:
  - Acuta
  - Cronica
2. Intasamento: *accumulo nelle anse intestinali di masse fecali*
3. Strozzamento: *ostacolo alla circolazione sanguigna*
4. Rottura: *scoppio dell'ansa erniata*



## + Ernie addominali

- ✓ Molte volte il contenuto erniato riesce a rientrare spontaneamente o mediante una delicata manovra di spremitura (per taxis) nella cavità addominale. In questo caso si parla di *ernie riducibili*, che possono essere distinte in:
  - Contenibili: se la massa, una volta riportata in loco, vi rimane;
  - Incontenibili: se la massa fuoriesce nuovamente.
- ✓ Altre volte non è possibile riportare in addome il contenuto per via dell'eccessivo volume fuoriuscito o alla formazione di aderenze tra il sacco e la parete stessa, così da denominare le *ernie irriducibili*.



# + Ernie addominali

## ✓ Erniorrafie (Sutura) :

- sono metodi tradizionali che prevedono la ricostruzione della parete erniata suturando i diversi piani anatomici (Bassini, Marcy, Shouldice)

## ✓ Ernioplastiche – protesiche

- ricostruzione eseguita mediante l'utilizzo di protesi biocompatibili capaci di sostituire o rinforzare i tessuti (Gilbert, Trabucco, Stoppa, Lichtenstein);

## ✓ Ernioautoplastiche:

- ricostruzione della parete sfruttando gli stessi tessuti del paziente.



# + Ernie addominali

- ✓ Tutte constano fundamentalmente di tre fasi che prevedono il raggiungimento del sacco e della porta erniaria, il trattamento del sacco e successiva ricostruzione della parete
- ✓ Il sacco e la porta possono essere raggiunte attraverso varie vie di accesso indipendentemente dal metodo che si vuole adoperare.
  - **Via inguinale:** è la via diretta. Si esegue un'incisione cutanea obliqua anteriormente, che decorre più o meno parallelamente alla piega dell'inguine. Si procede all'incisione dell'aponeurosi obliqua nella direzione delle fibre fino a raggiungere l'anello superficiale che viene aperto a produrre l'isolamento del funicolo spermatico. È di gran lunga la più usata perché presenta diversi vantaggi quali la possibilità di fare anestesia locale, raggiungimento diretto di tutti i piani anatomici e basso rischio di compromettere grandi vasi;
  - **Via pre-peritoneale:** la porta viene raggiunta posteriormente, attraverso lo spazio pre-peritoneale. Le principali incisioni cutanee eseguite sono tre e site nella zona mediana ombelico-pubica, dalla trasversale sovra-pubica e dalla sopra-inguinale trasversale;
  - **Via laparoscopica:** può avvenire sia intra-peritonealmente che pre-peritonealmente anche se si preferisce la seconda. Il pre-peritoneo può essere raggiunto direttamente, senza apertura del peritoneo, o per via trans-peritoneale. Questo approccio richiede un'esperienza specifica ed una buona conoscenza dell'anatomia dell'interno.

# + Mesh per contenimento erniale

- Introduzione
- Ernie addominali
- **Mesh per contenimento erniale**
- Aspetti di progettazione



# + Mesh per contenimento erniale

- ✓ Sintetiche non riassorbibili
- ✓ Sintetiche parzialmente riassorbibili
- ✓ Biologiche: biodegradabili,  
*vengono sostituite da  
tessuto nuovo nella sede di  
impianto*

*Creano una reazione cicatriziale  
(discomfort al paziente)*





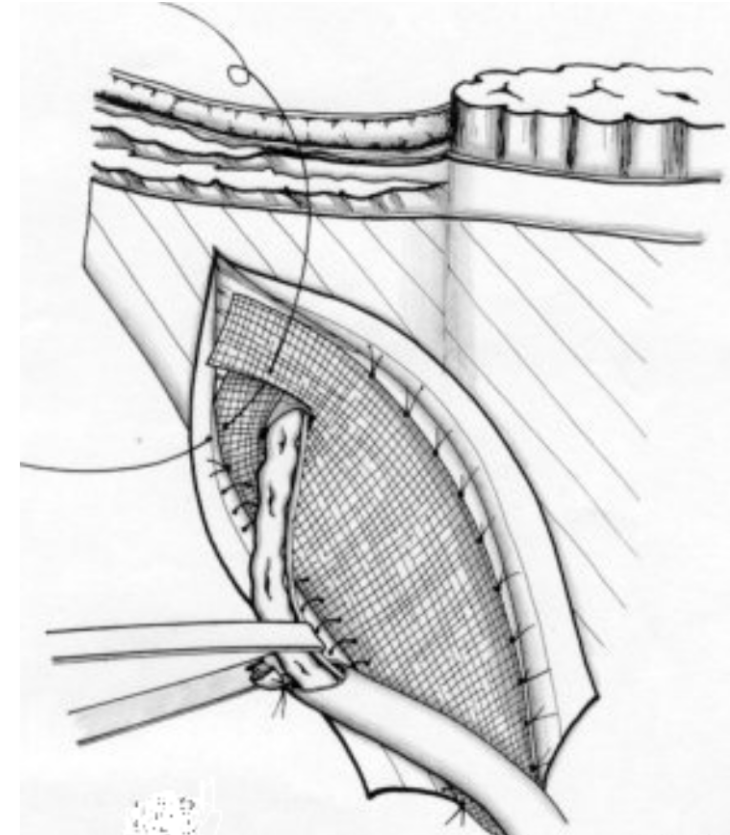


# Mesh per contenimento erniale



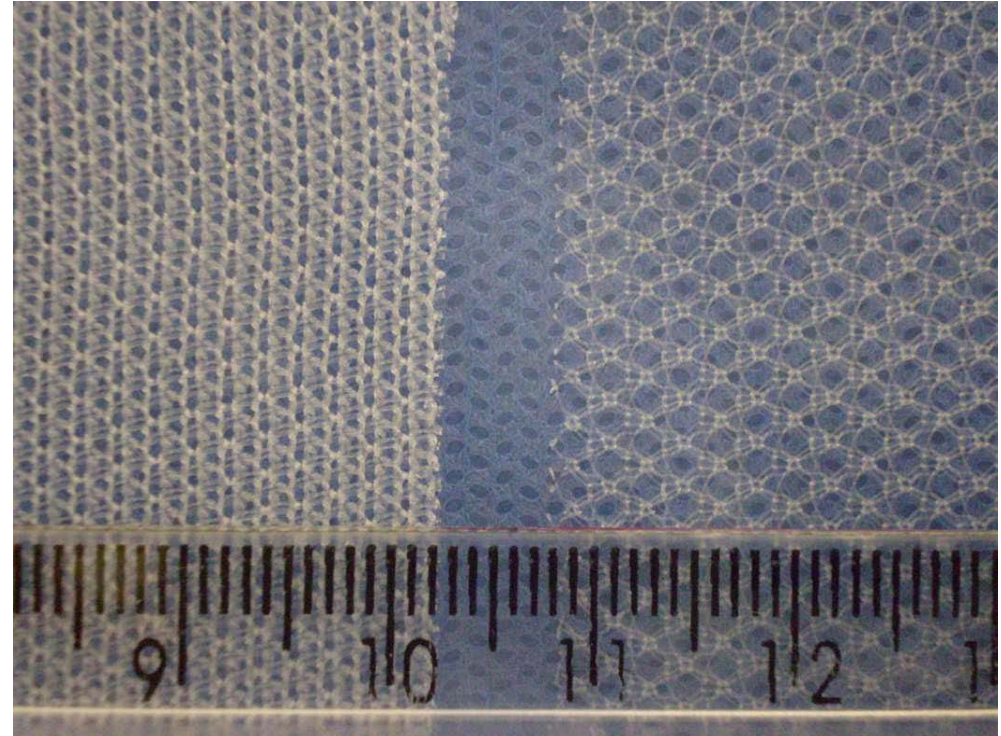
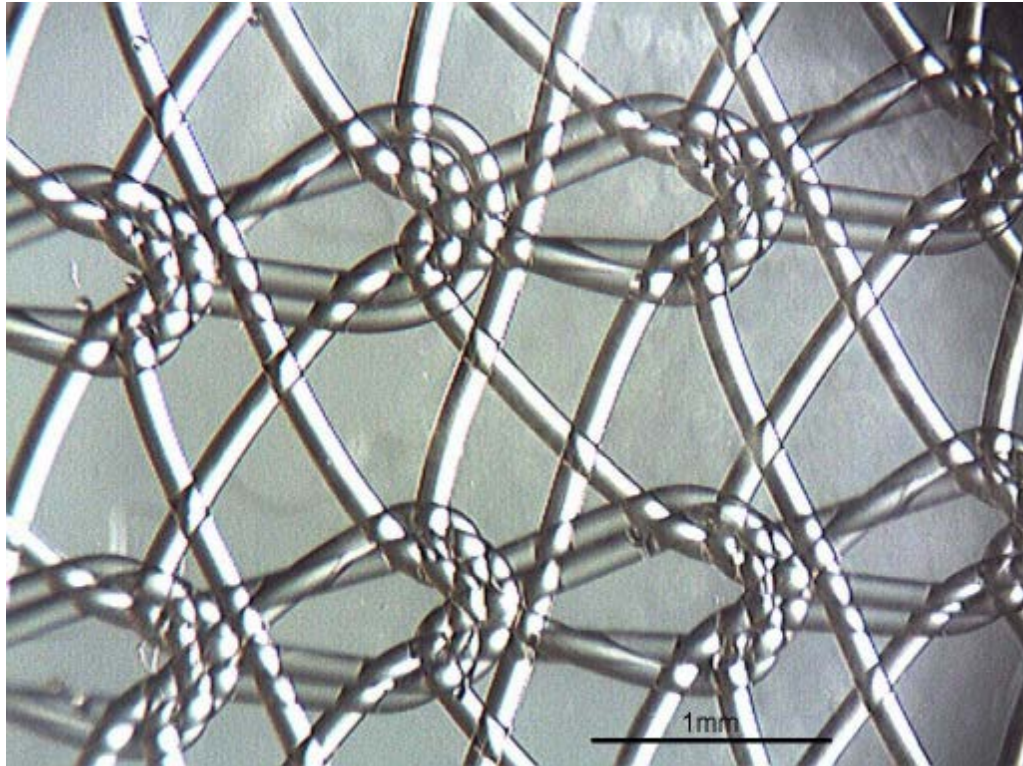
Esistono diverse tipologie di protesi e per questo classificabili in:

- ✓ **Standard:** costituite da un solo materiale che può essere riassorbibile o non. Nel primo caso solitamente vengono realizzate a generare delle forme intrecciate o mesh (es: PLA/PGA), nel secondo caso possono anche assumere la semplice forma di foglio ed essere definite espanse (PP/PE);
- ✓ **Composta:** costituita da due materiali non assorbibili ed utilizzata soprattutto intraperitonealmente (es: PP/PVDF);
- ✓ **Struttura mista (Composita):** realizzata con due materiali differenti di cui uno riassorbibile e l'altro non. Solitamente vanno a generare delle mesh ed utilizzate extra peritonealmente (PP/PGA);
- ✓ **Rivestita:** hanno la base di una struttura composta o mista con l'aggiunta di un film riassorbibile (PP/PE + FILM IDROGEL);



# + Mesh per contenimento erniale

✓ Tessitura



# + Mesh per contenimento erniale

- ✓ I materiali più utilizzati per risanare difetti legati alla parete addominale sono:
  - Polipropilene
  - Politetrafluoroetilene
  - Polietilentereftalato
  - Poliuretano
  - Polivinildenfluoruro
  - Nylon



# + Mesh per contenimento erniale

- Introduzione
- Ernie addominali
- Mesh per contenimento erniale
- **Aspetti di progettazione**



# + Aspetti di progettazione

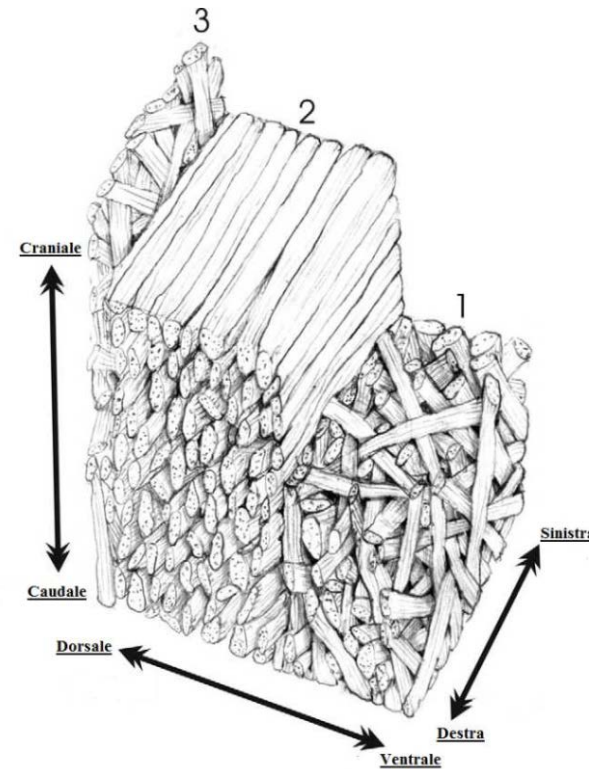
## ✓ Caratteristiche ideali:

- Modulo di Young simile ai tessuti in cui viene posizionata
- Monofilamenti sottili
- Biocompatibilità, chimicamente inerti, ipoallergenici, non cancerogene
- Spessore ridotto
- Buona resistenza alla trazione, rottura, deterioramento nei liquidi organici
- Grado di porosità elevato
- Margini arrotondati



# + Aspetti di progettazione

- ✓ La parete addominale anteriore è costituita da una parte muscolare e da una collagenosa.
- ✓ Può essere suddivisa in tre differenti piani.
  - Il primo piano, ulteriormente suddivisibile in sei strati differenti, è costituito fondamentalmente dalla sovrapposizione di fibre oblique.
  - Il secondo piano, anch'esso ulteriormente suddivisibile in altri 6 strati, è costituito da fibre che si diramano in direzione trasversale (riferimento alle direzioni anatomiche).
  - Il terzo piano, costituito da 2 strati differenti, presenta fibre con direzioni irregolari.

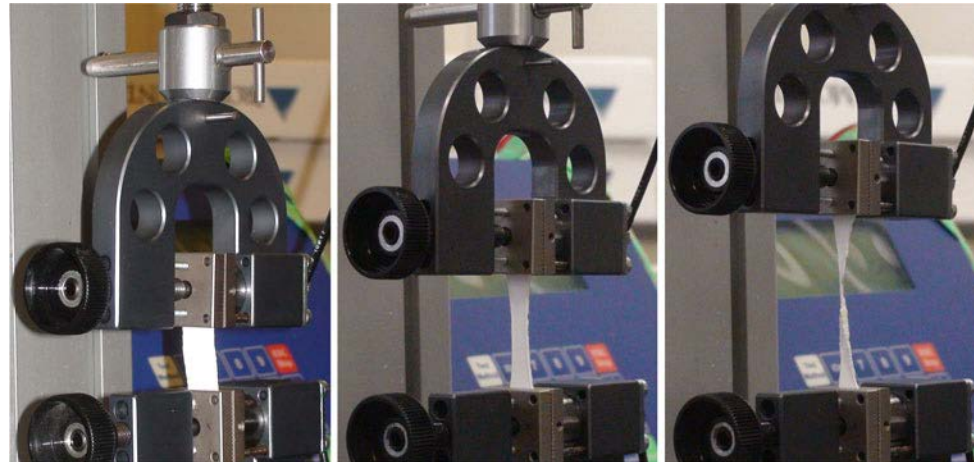


## + Aspetti di progettazione

- ✓ Il modulo di Young sul piano trasversale risulta essere compreso tra 33,5 e 54,5 kPa, mentre sul piano longitudinale fra 19,9 e 26,1 kPa
- ✓ Questo risulta avere particolare importanza durante la formazione del sacco erniario, e per l'impianto di reti per riparare la parete addominale
- ✓ Sono state inoltre trovate notevoli differenze tra le fibre trasversali ed oblique che costituiscono la parete addominale femminile e maschile
- ✓ In particolare nelle donne il rapporto fra fibre trasversali ed oblique è del 60 %, mentre negli uomini del 37%



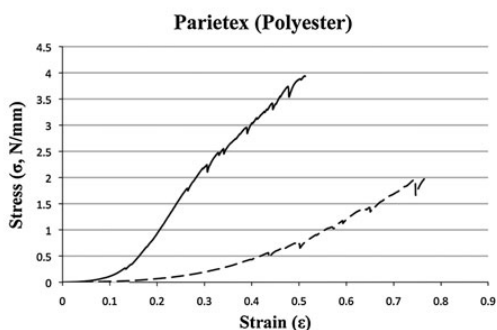
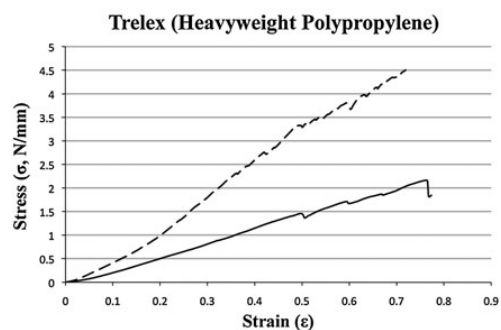
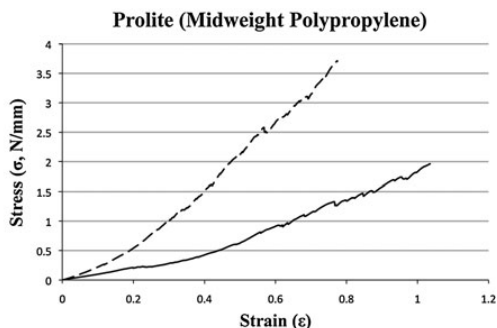
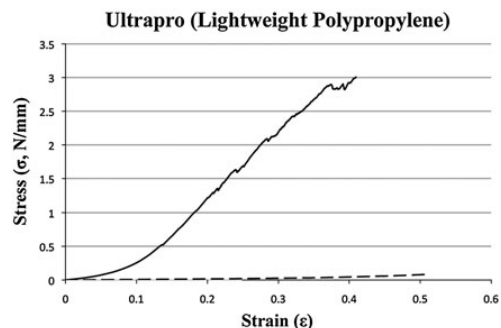
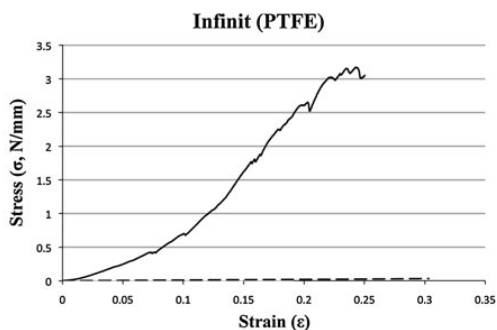
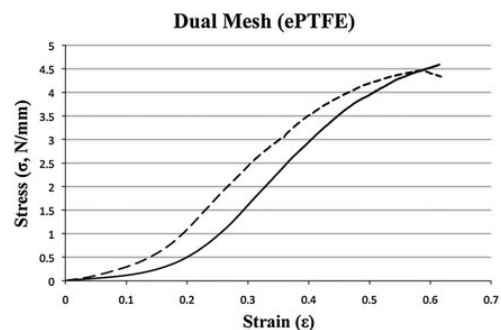
# + Aspetti di progettazione







# Aspetti di progettazione



## Modulo elastico

- Low strain
- High strain

➤ Come si calcola il modulo di Young?

Mesh type	$E_L$ (N/mm)	$E_T$ (N/mm)	L/T Ratio	P-value
Dualmesh <sup>®</sup>	10.73	9.78	1.1	ns <sup>a</sup>
Trelex <sup>®</sup>	7.69	3.31	2.3	<0.05
Parietex <sup>™</sup>	12.26	5.28	2.3	<0.05
ProLite <sup>™</sup>	5.99	2.54	2.4	<0.05
Ultrapro <sup>™</sup>	10.21	0.87	11.7	<0.05
Infinit	19.35	0.98	19.7	<0.05

$E_L$  Elastic modulus for longitudinal axis,  $E_T$  elastic modulus for transverse axis,  $L/T$  longitudinal/transverse axes

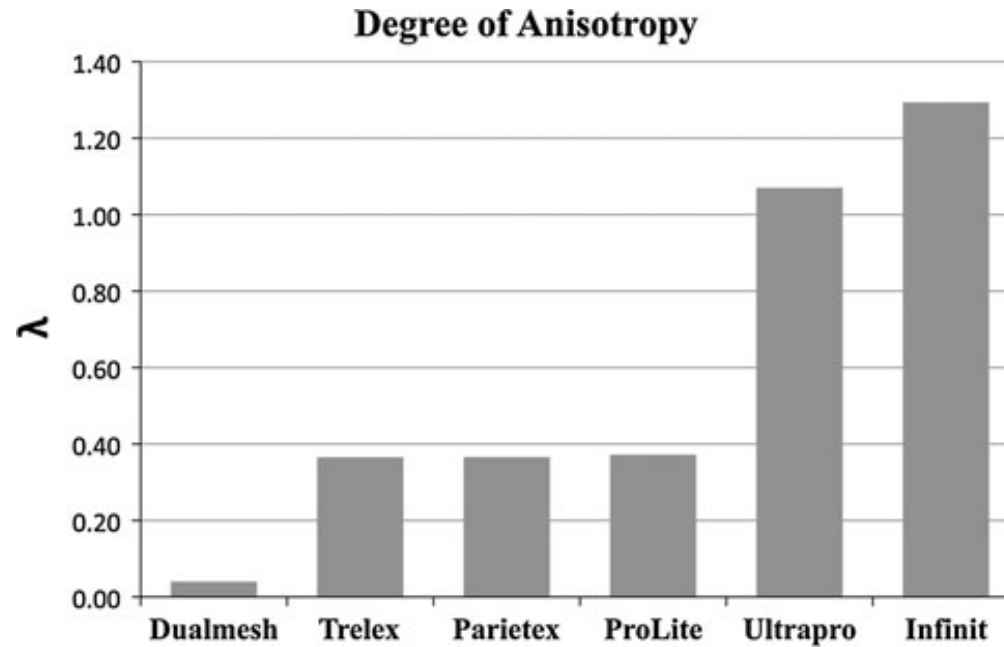
<sup>a</sup> No statistical significance

# + Aspetti di progettazione

✓ Grado di anisotropia delle mesh ( $\lambda$ )

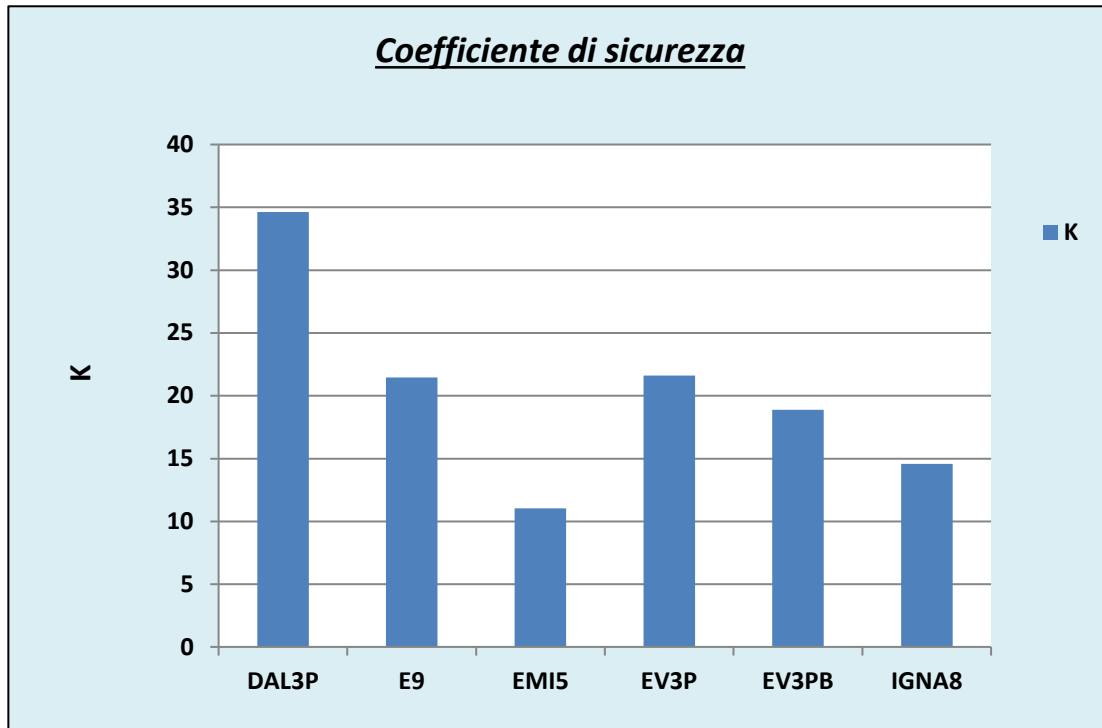
$$\lambda = \left\| \log \frac{E_y}{E_x} \right\|$$

Tutte le mesh presentano anisotropia meccanica

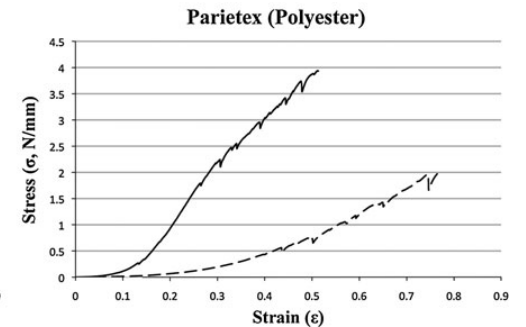
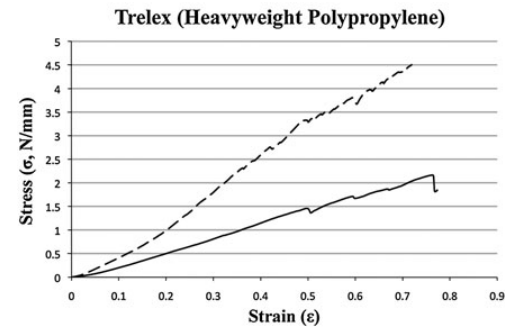
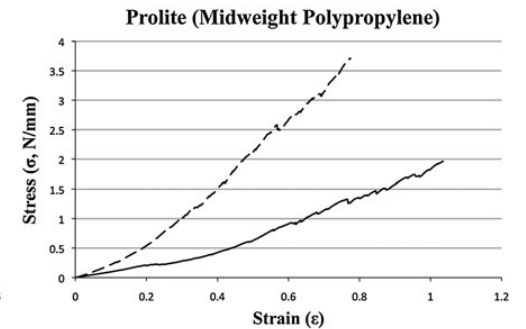
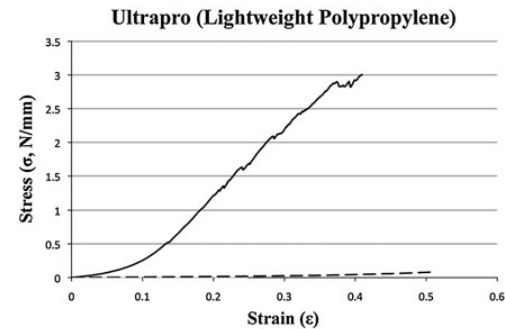
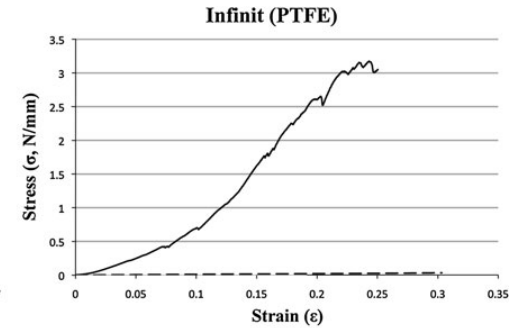
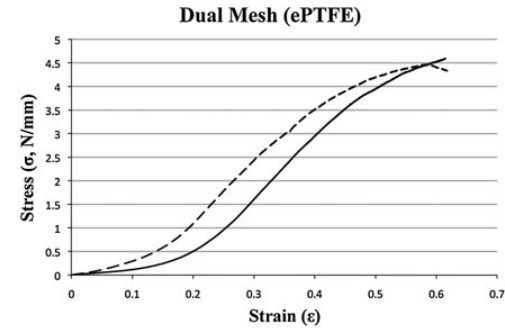


# + Aspetti di progettazione

## ✓ Coefficiente di sicurezza (K)

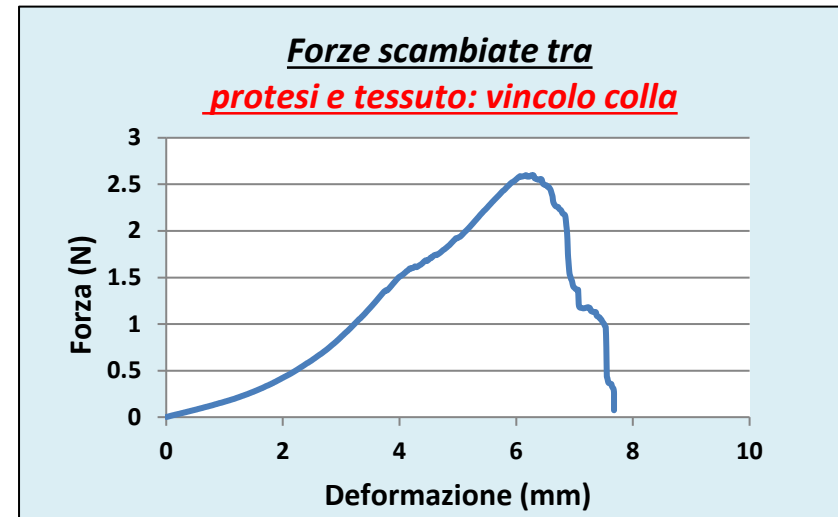
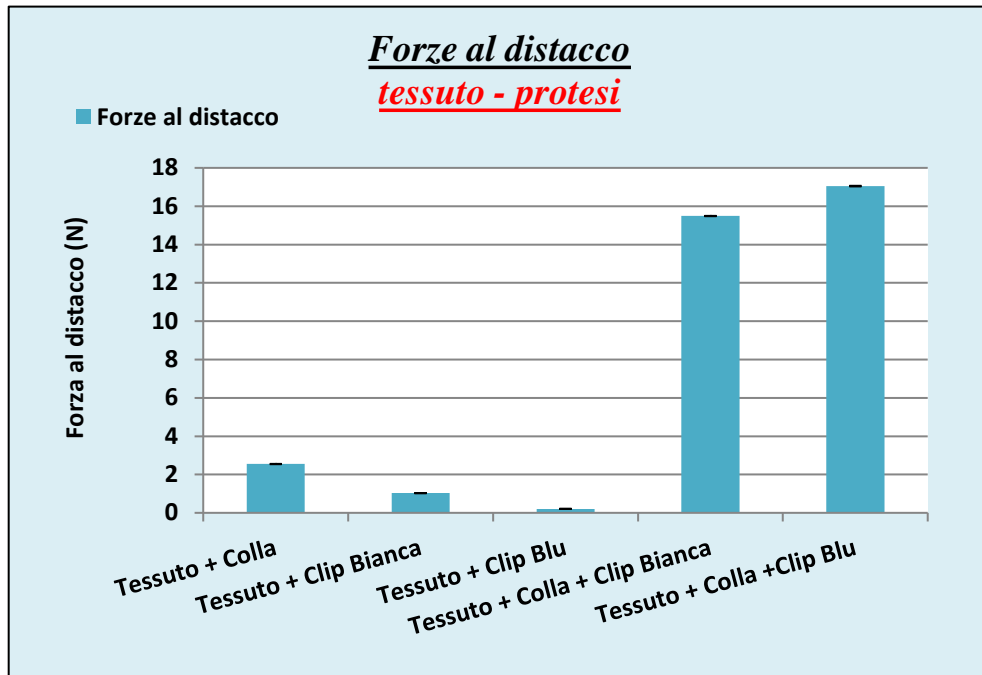


$$K = \frac{\sigma_r}{\sigma}$$



# + Aspetti di progettazione

## ✓ Forza al distacco della protesi dal tessuto



**Ottima risposta dal connubio:  
Colla + Clip**

# + Aspetti di progettazione

- ✓ La porosità rappresenta un aspetto fondamentale nel processo di guarigione come la distanza tra le suture che formano la protesi.
- ✓ Micro-porosità e macroporosità
- ✓ E' stato dimostrato che:
  - una protesi con un diametro di poro di  $1.75 \times 1.74$  mm sarà colonizzata più rapidamente di una protesi con pori di  $0.84 \times 1.04$  mm.
  - La reazione fibroblastica stimolata dalla presenza di una rete è strettamente correlata alla dimensione, al numero e alla forma dei pori. Infatti quando i pori presentano una dimensione superiore ai  $70 \mu\text{m}$ , determinano una valida migrazione all'interno della protesi stessa di macrofagi, fibroblasti, fibre di collagene e vasi neoformati. Ciò minimizza il rischio di infezione post operatoria e migliora la capacità di impianto e integrazione tissutale.



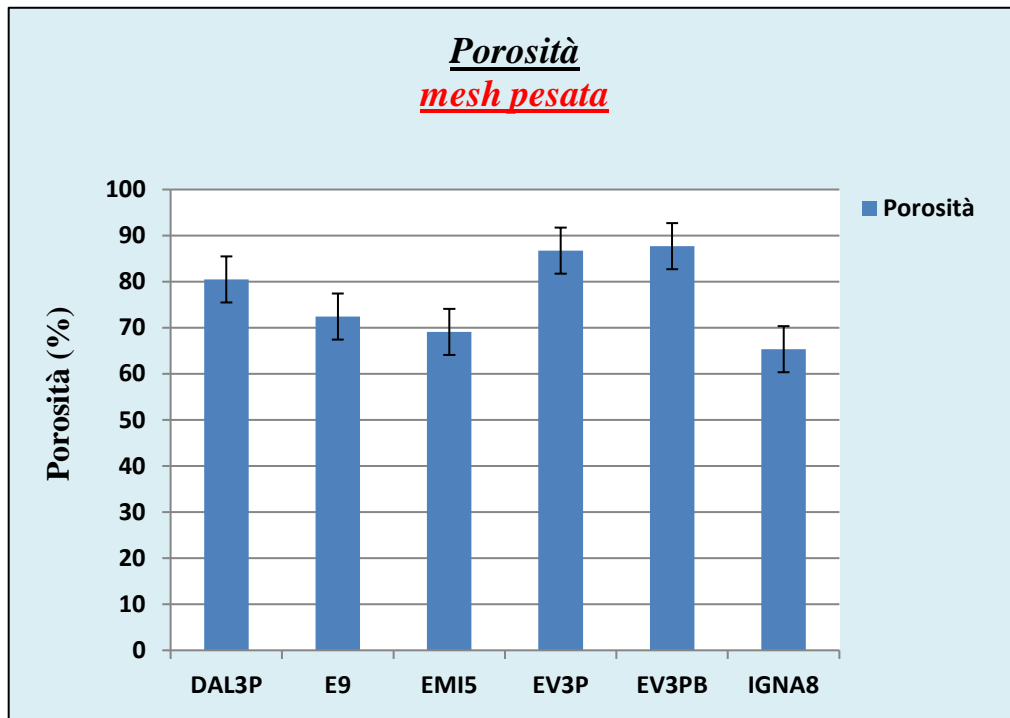
# + Aspetti di progettazione

Prostheses	Definition	Examples
Type I	Pore diameter $> 75 \mu\text{m}$	Polypropileno (PP)
Type II	Pore diameter $< 10 \mu\text{m}$	Expanded Polytetrafluorethylene (e-PTFE)
Type III	Pore diameter $>75 \mu\text{m}$ Space between threads $< 10 \mu\text{m}$	Polyester (PE)
Type V	Submicromic pores	Pericardium, dura mater

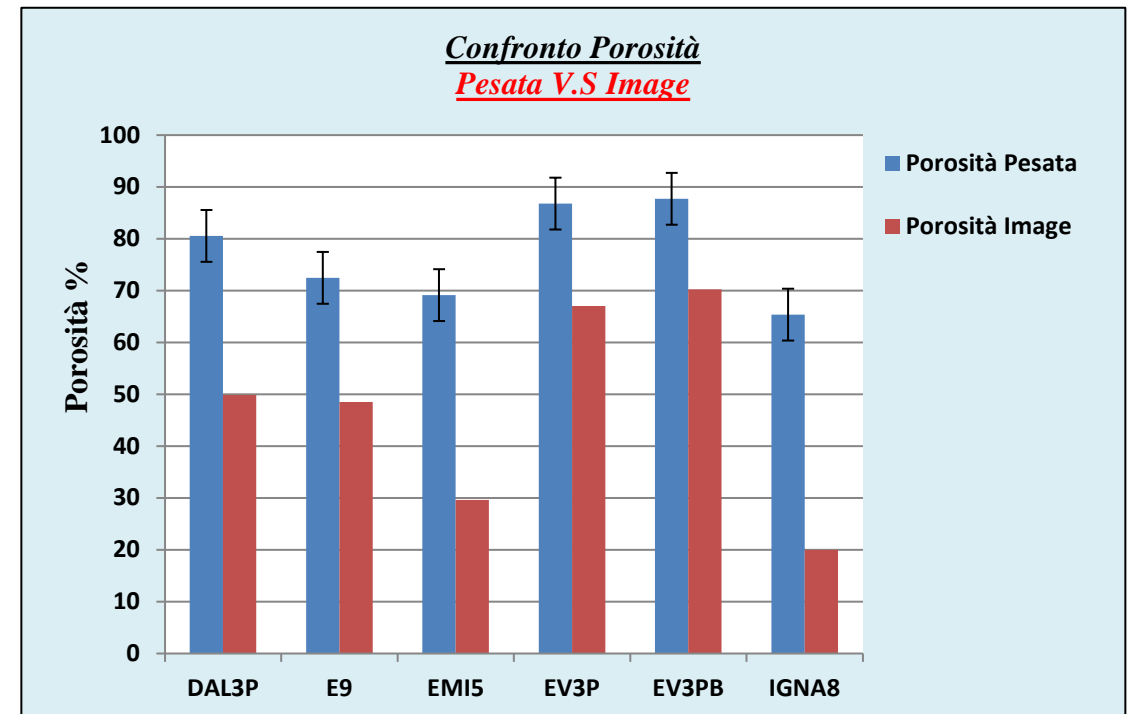
Table 2. Classification of the biomaterials according to Amid (Amid, 1997)

# + Aspetti di progettazione

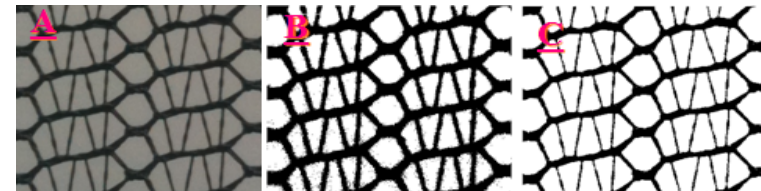
## ✓ Porosità (peso)



## ✓ Porosità (imaging)



$$P = 100 - \left( \frac{M_r}{M_i} \right) * 100$$



# + Aspetti di progettazione

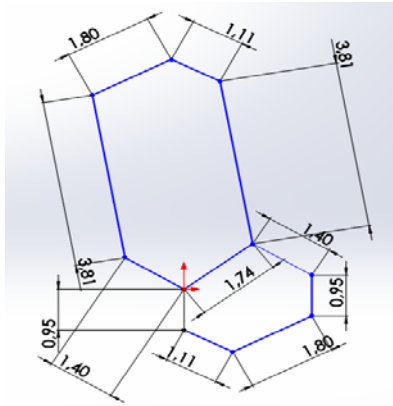
- ✓ Permeabilità: Permette il giusto passaggio di nutrienti cellulari, tale da mantenere vitali i tessuti a contatto

$$k = \frac{SQ\mu}{A\Delta P} ; \quad \Delta P = \rho gh ;$$

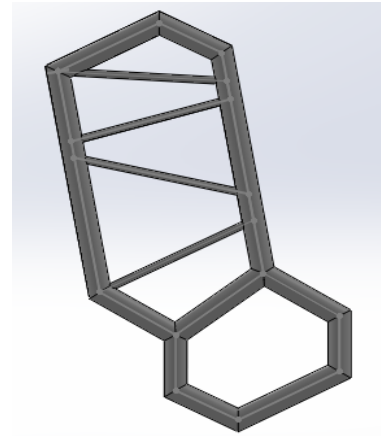
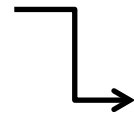




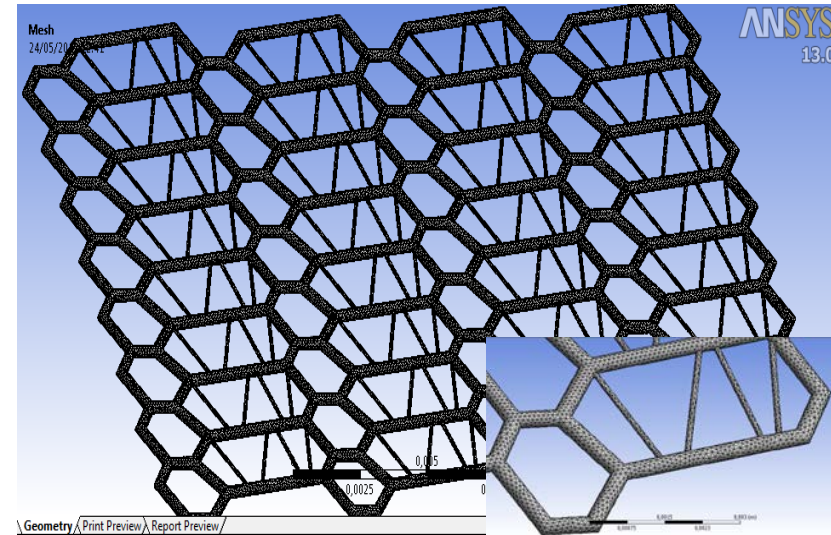
# + Modellazione ad elementi finiti



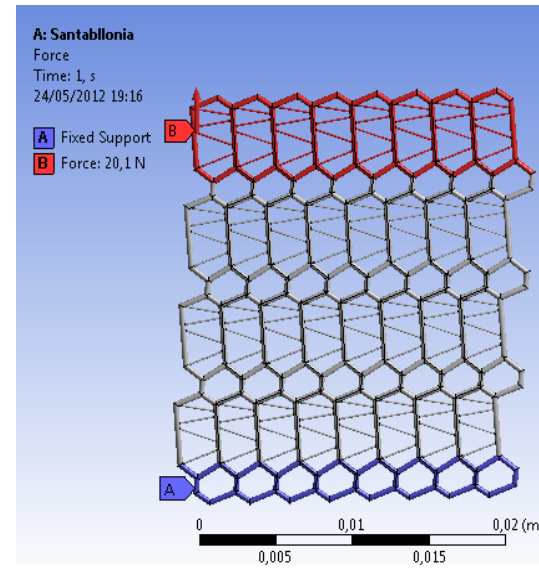
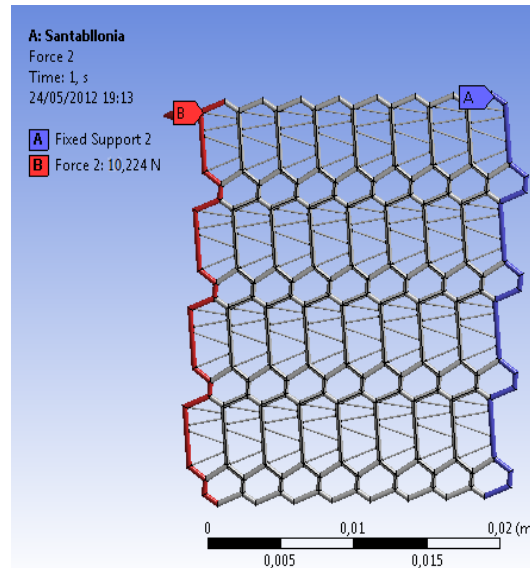
Disegno quotato



Estrusione

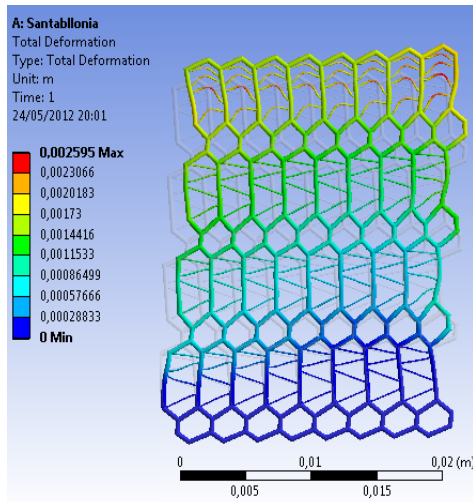
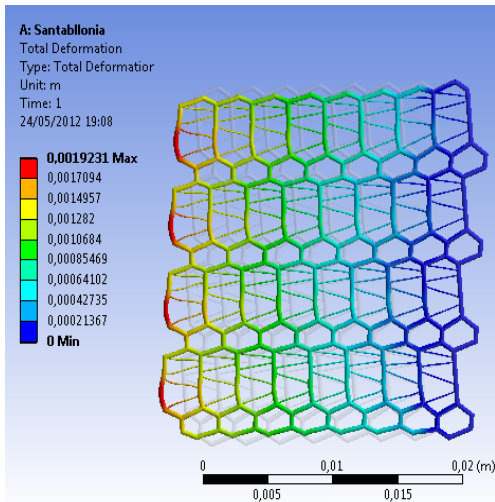
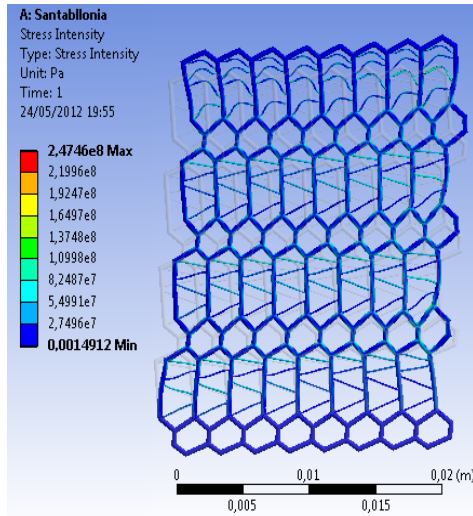
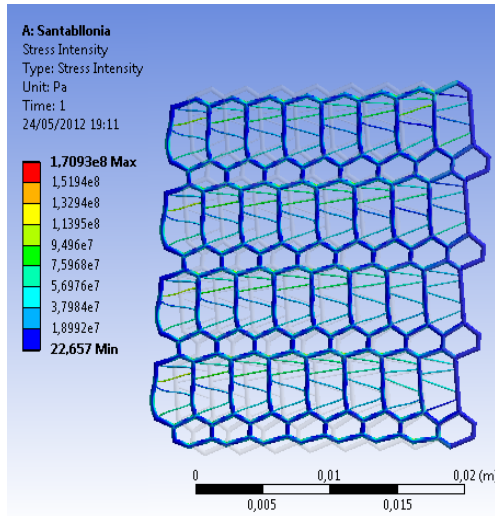


*Opportunamente  
caricate e  
vincolate*

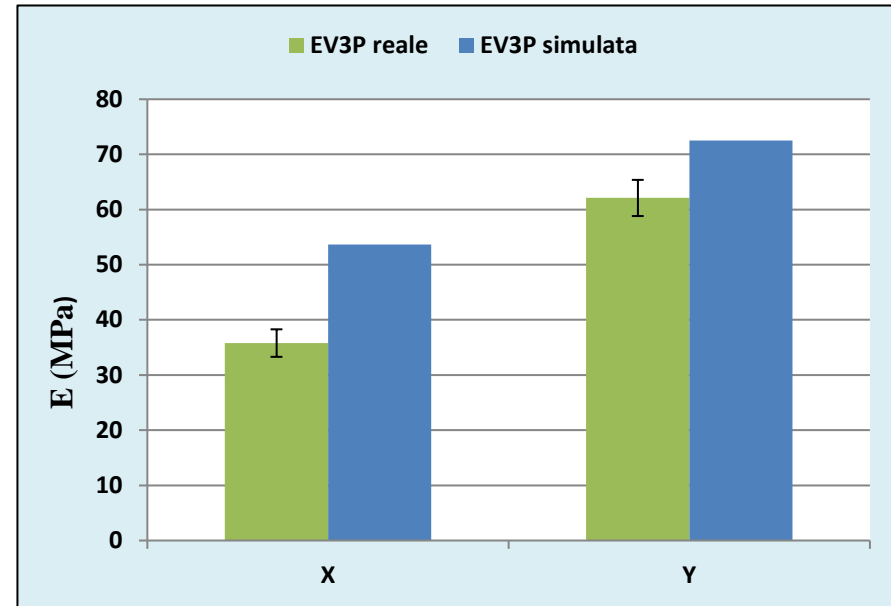




# Modellazione ad elementi finiti



## Confronto tra dati sperimentali e simulati



Dati statisticamente differenti:  
Trefolo (Reale) – Cilindro pieno (Simulata)