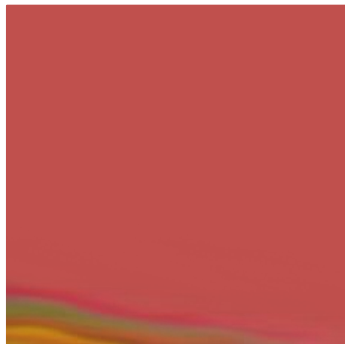
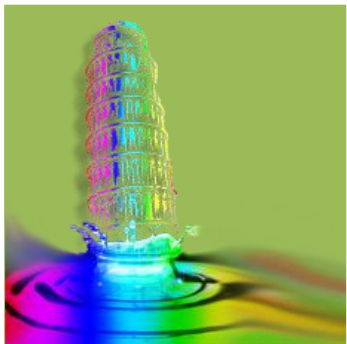
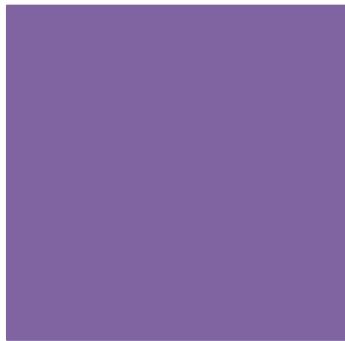




CENTRO E. PIAGGIO

Bioengineering and Robotics Research Center



Mesh per contenimento erniale

+ Ernia

- 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.



+ Ernie vs laparocele

- Il laparocele, 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.



+ Ernie: classificazione



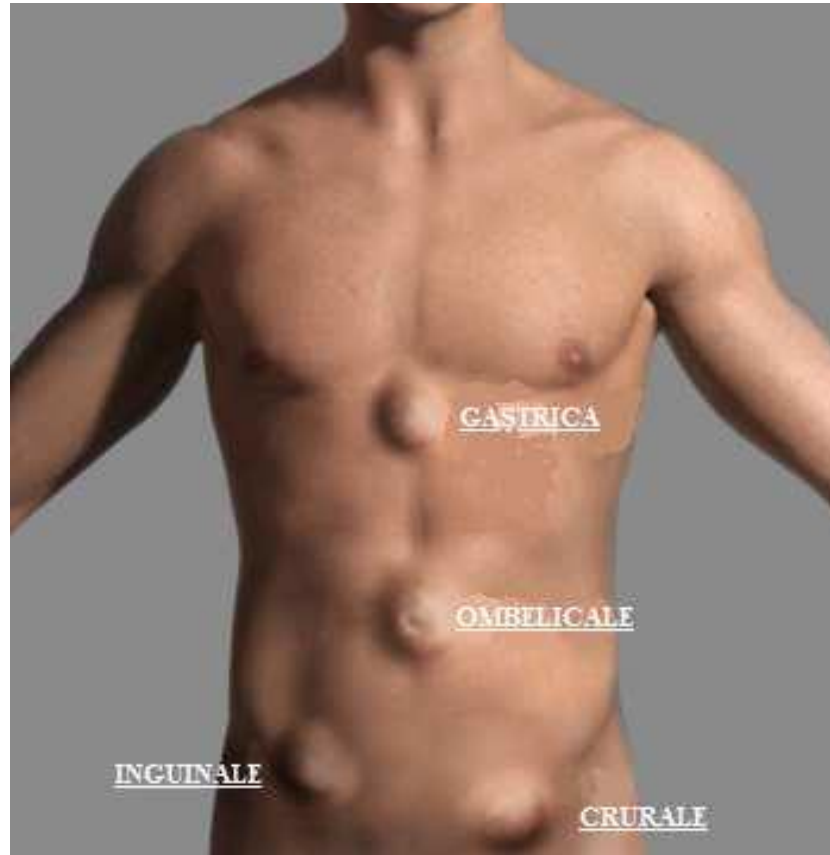
Classificazione in base a

- direzione di dislocazione del viscere:
 - a. Interne: se lo spostamento avviene all'interno del corpo;
 - b. Esterne: se lo spostamento avviene verso l'esterno e i visceri diventano evidenti.
- struttura di interesse:
 - a. del disco: è un ernia interna dovuta alla dislocazione del nucleo polposo nel canale spinale;
 - b. cerebrali: sono ernie interne secondarie allo sviluppo di masse tumorali;
 - c. toraciche: o Diaframmatiche, sono ernie interne prodotte da dislocazioni di visceri addominali attraverso lo iato esofageo. La più frequente è l'ernia iatale;
 - d. addominali: sono ernie esterne che interessano i visceri addominali mobili. Sono di gran lunga le più frequenti e colpiscono il 5- 6% della popolazione.

+ 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 vaginale. 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



+ Ernie addominali

- Nel meccanismo patogenetico di formazione di un'ernia è necessario che si verifichino 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.

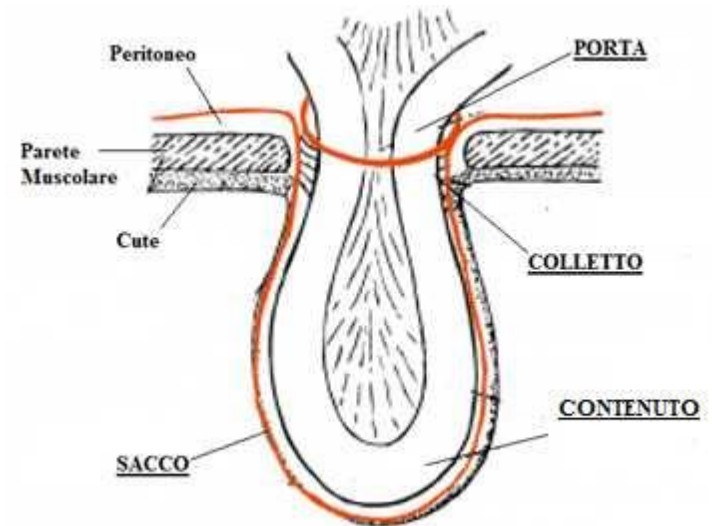


+ Ernia addominale

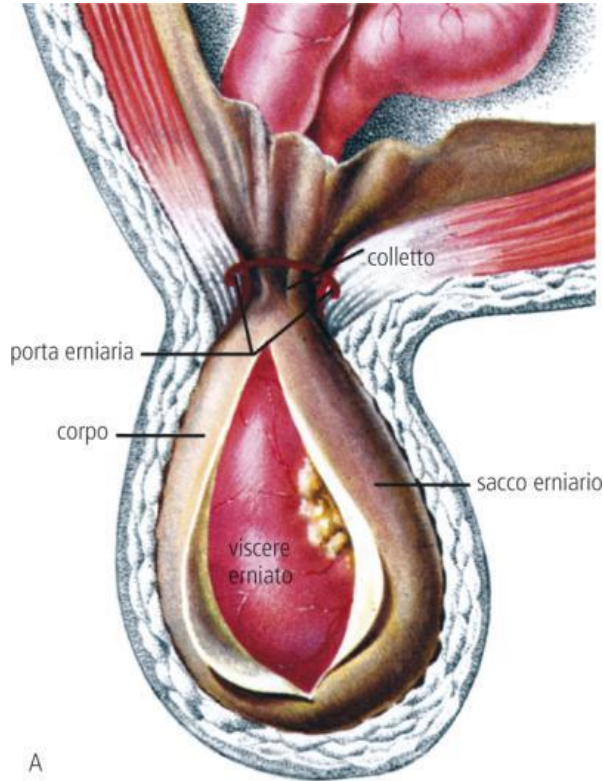


+ Ernia addominale

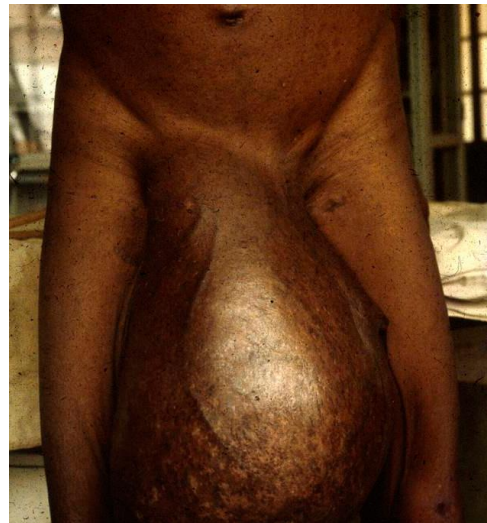
- Ogni ernia presenta:
 - una propria porta attraverso la quale si fa strada, un sacco che si forma nel momento in cui il viscere viene generando una estroflessione del peritoneo parietale
 - un contenuto, rappresentato dal tipo di viscere mobile che solitamente risulta essere l'intestino tenue o l'epiploon.
- 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.



+ Ernia: complicanze



1. **Infiemmazione** : *Acuta: da trauma violento*
 Cronica: da infezione batterica
2. **Intasamento** : *accumulo nelle anse intestinali di masse fecali*
3. **Strozzamento** : *ostacolo alla circolazione sanguigna*
4. **Rottura** : *scoppio dell'ansa erniata*

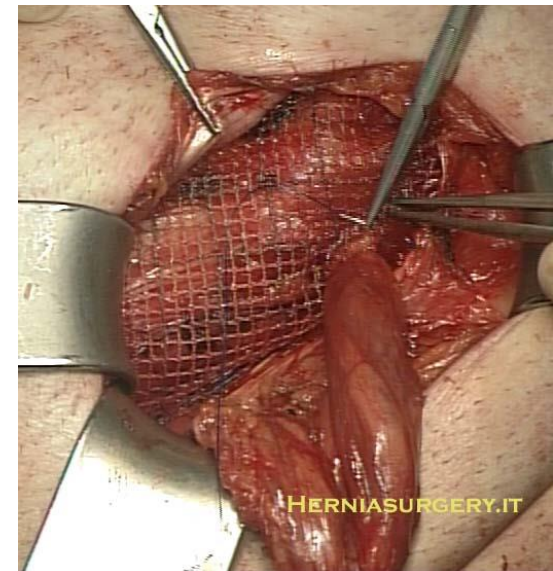
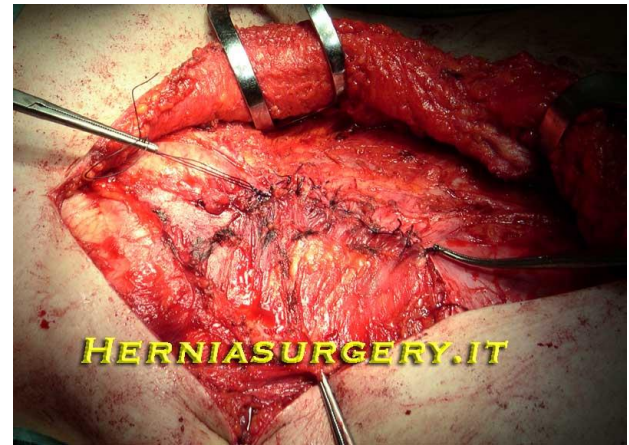


+ Ernie addominali - trattamento

- 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*.

+ Tecniche chirurgiche

- 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.

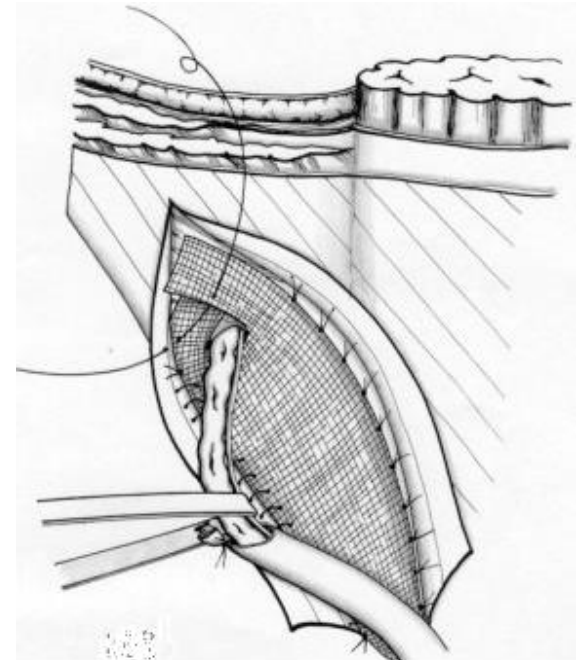


+ Tecniche chirurgiche

- Tutte constano fondamentalmente 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.

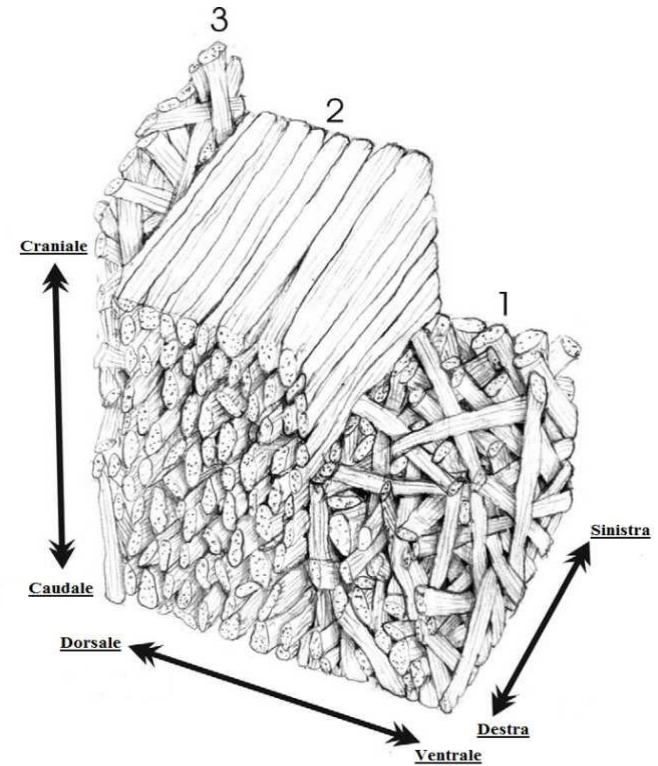
+ Metodi di ricostruzione con protesi

- Tecnica di Rives
- Tension-free secondo Lichtenstein
- Tecnica mesh-plug senza suture di Gilbert
- La tecnica di Stoppa con protesi giganti extraperitoneale

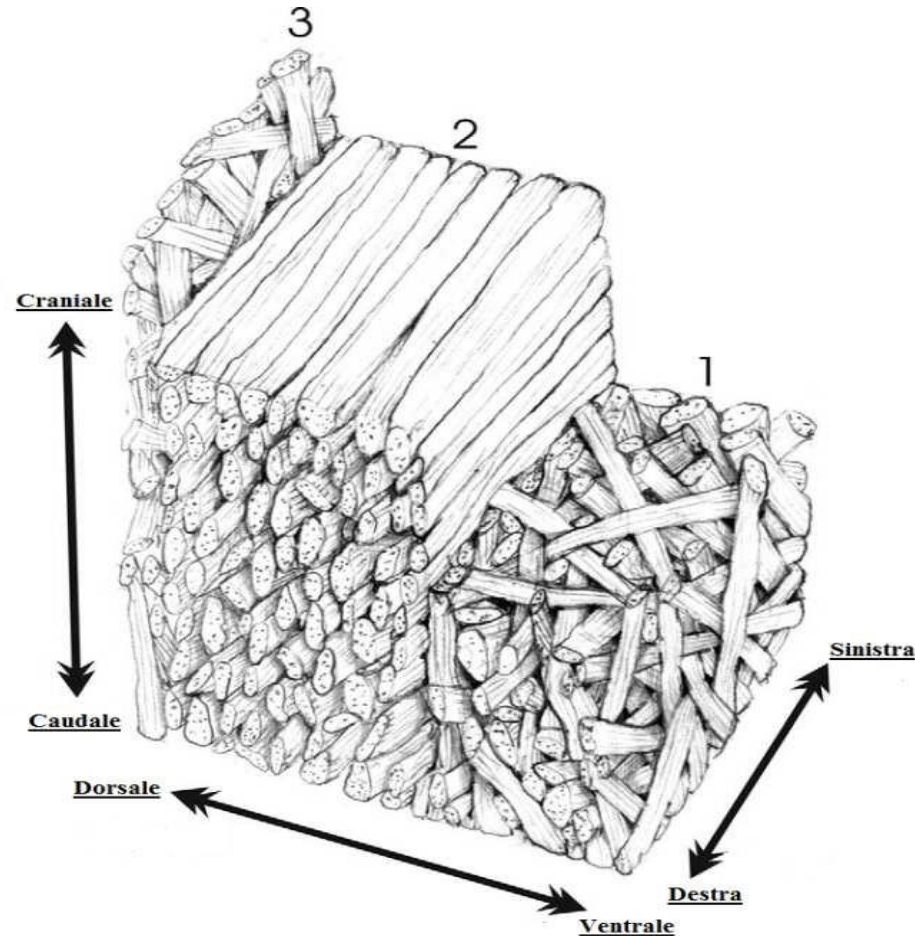


+ Proprietà meccaniche della parete addominale

- 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.



+ Proprietà meccaniche della parete addominale



+ Proprietà meccaniche della 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%.
- 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

+ **Caratteristiche ideali di una mesh per contenimento erniale**

- 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.





Ernia: tipi di protesi artificiali

- ❖ Sintetiche non riassorbibili
- ❖ Sintetiche parzialmente riassorbibili



*Creano una reazione cicatriziale
(discomfort al paziente)*



- ❖ Biologiche : *Biodegradabili, vengono sostituite da tessuto nuovo nella sede di impianto*



+ Materiali polimerici

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



+ Classificazione

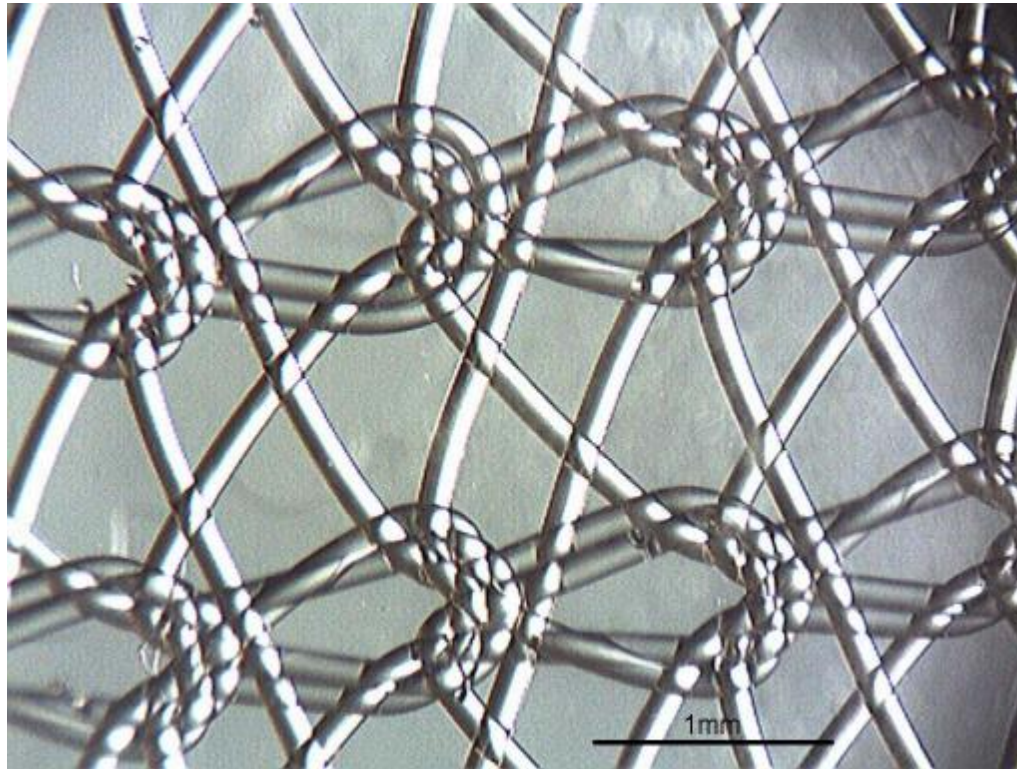


Esistono diverse tipologie di protesi e per questo classificabili in:

- **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 assorbibile (PP/PE + FILM IDROGEL);
- **Biologica:** garantisce una matrice cellulare che aumenta i depositi di collagene, riassorbe a lungo termine e non necessita di fissaggio. Molto utilizzate nel caso di addomi infetti.

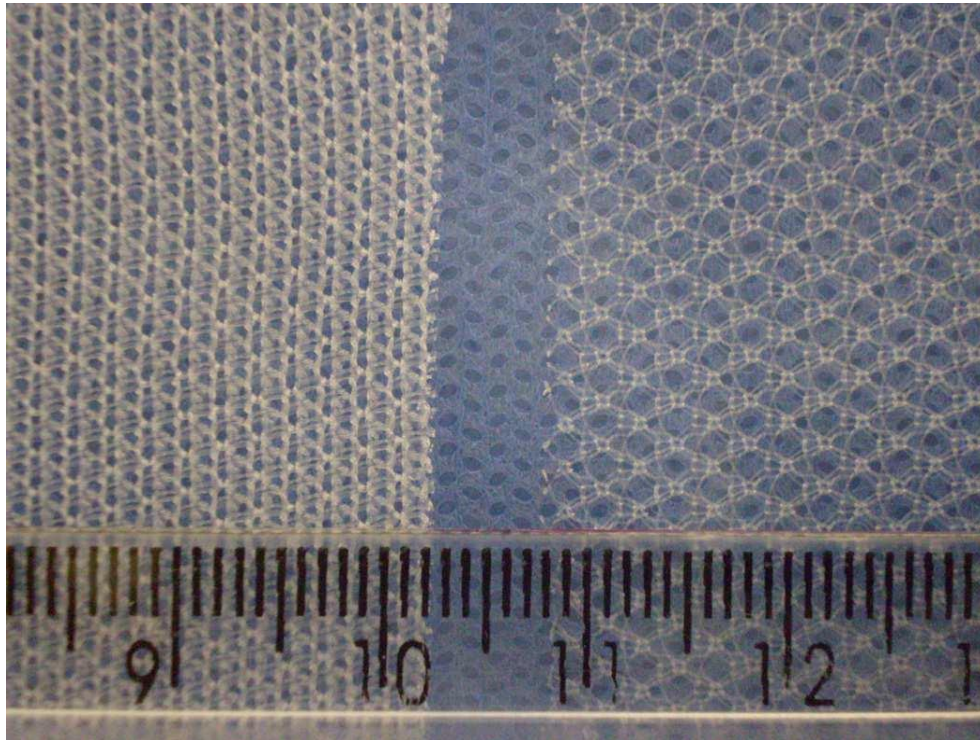
+ Metodi di realizzazione

- Tessitura

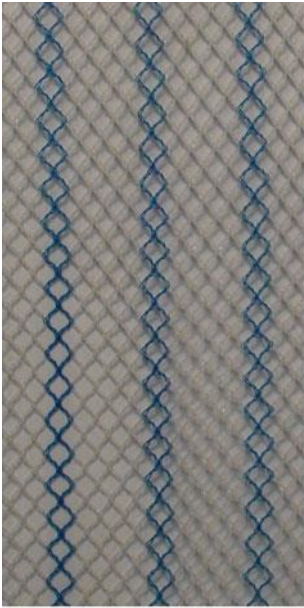


+ Metodi di realizzazione

- Tessitura



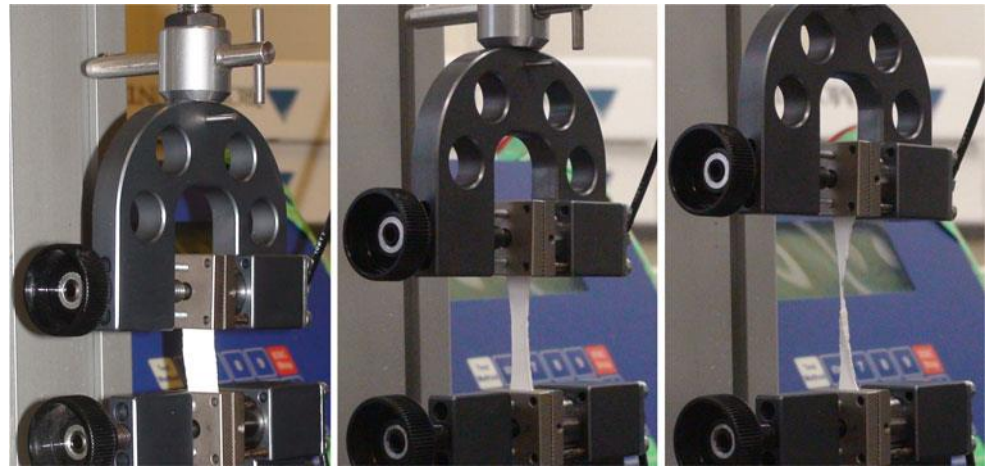
+ Proprietà meccaniche: prove di trazione



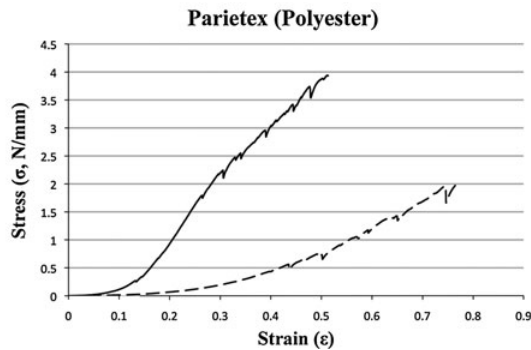
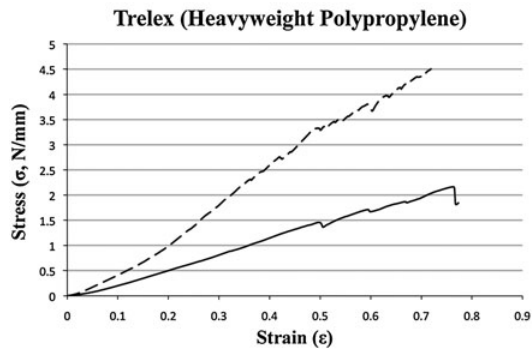
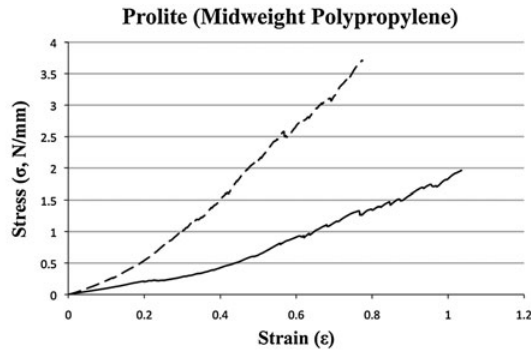
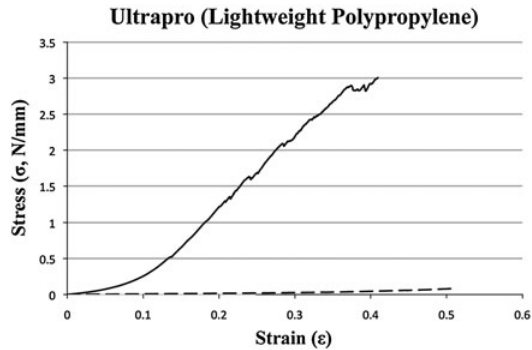
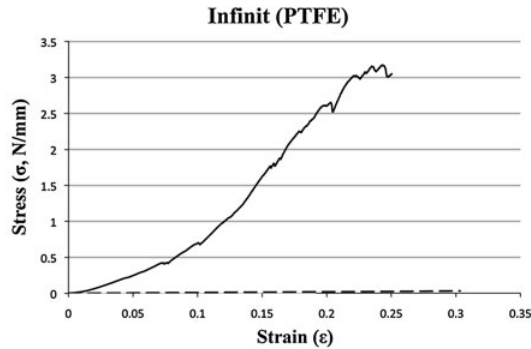
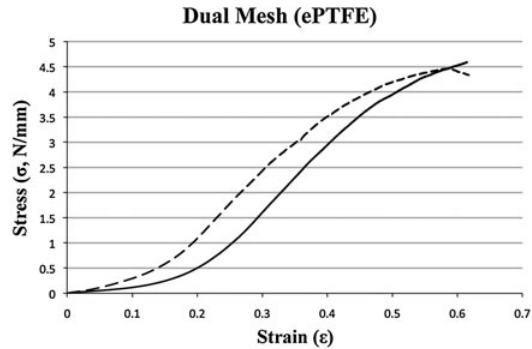
Longitudinal Orientation



Transverse Orientation



+ Proprietà meccaniche: prove di trazione



Modulo elastico

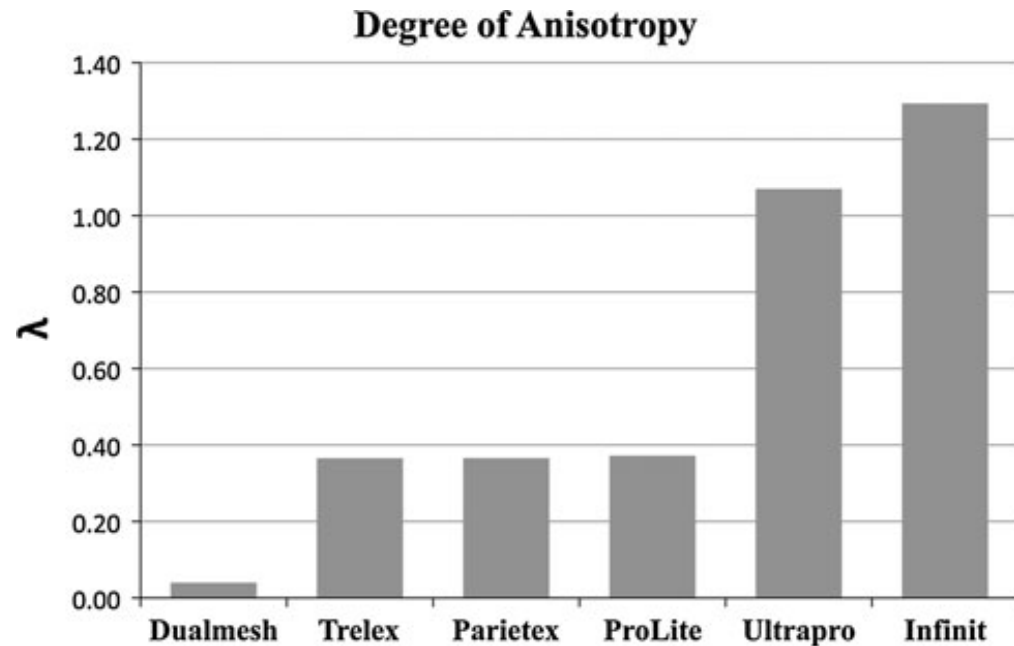
- Low strain
- High strain

+ Proprietà meccaniche: prove di trazione

Grado di anisotropia delle mesh (λ)

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

Tutte le mesh presentano
anisotropia meccanica



+ Proprietà meccaniche:

prove di trazione

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

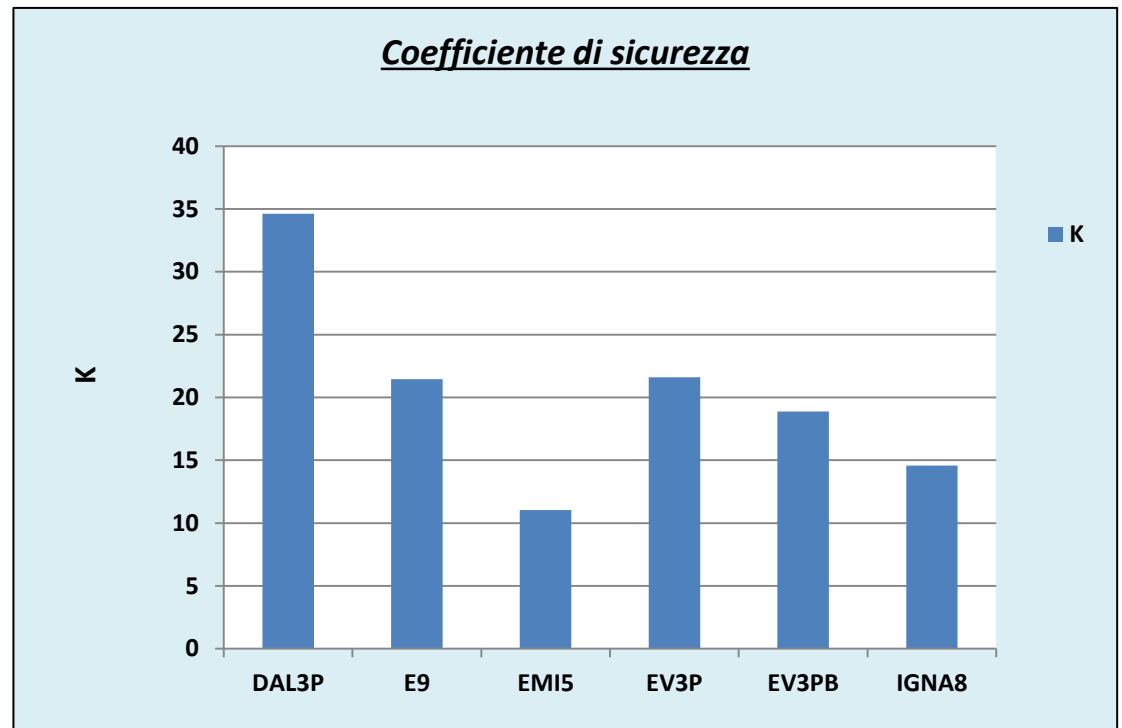
E_L Elastic modulus for longitudinal axis, E_T elastic modulus for transverse axis, L/T longitudinal/transverse axes

^a No statistical significance

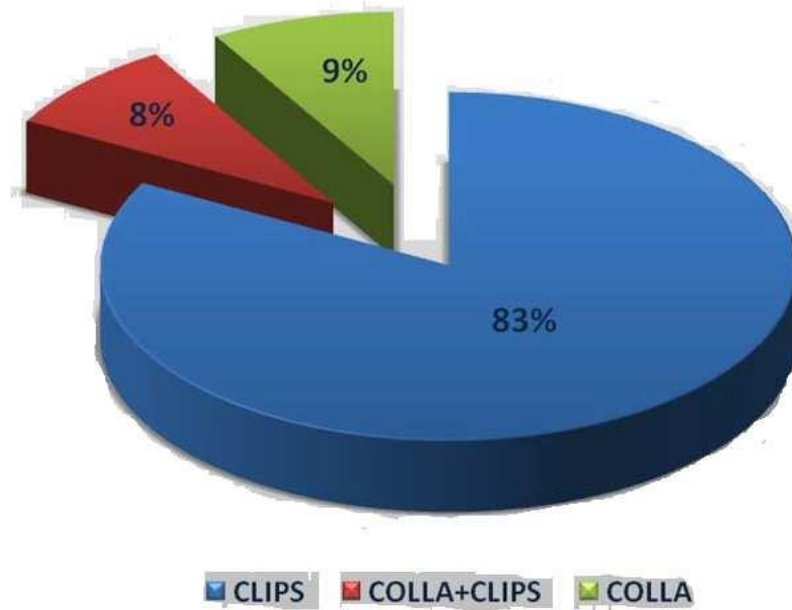
+ Proprietà meccaniche: prove di trazione

- Coefficiente di sicurezza (K)

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

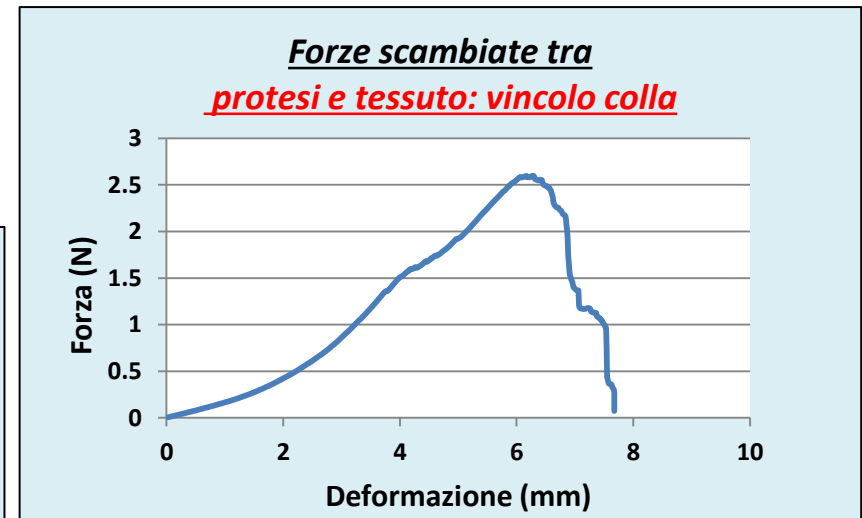
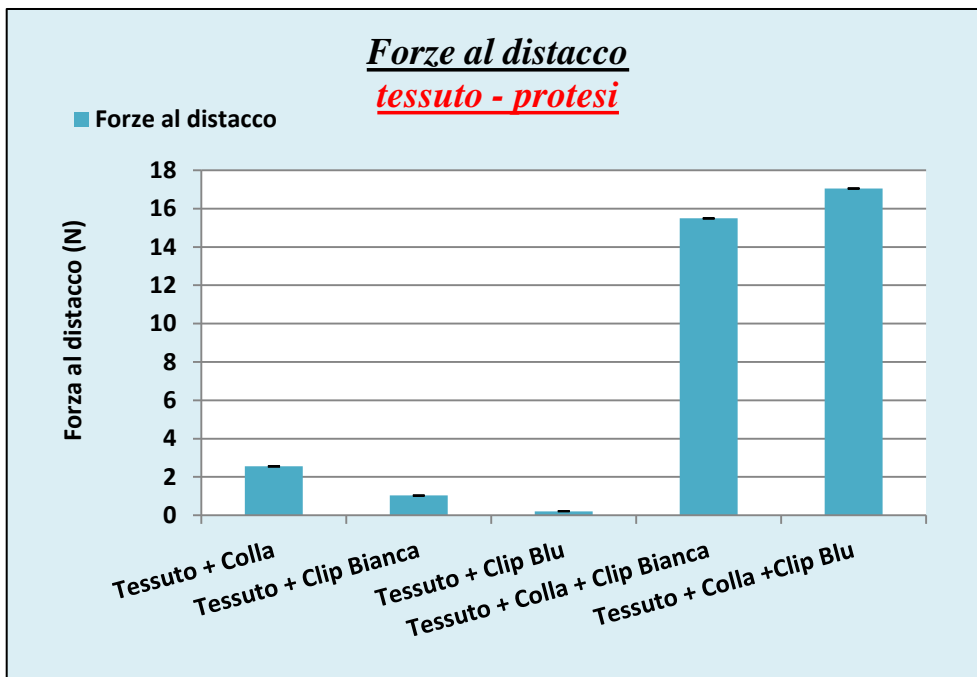


+ Metodi di ancoraggio



+ Test di distacco

- Forza al distacco della protesi dal tessuto



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

+ Porosità

- 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 1.75x1.74 mm sarà colonizzata più rapidamente di una protesi con pori di 0.84x1.04 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 μm , 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.



+ Classificazione



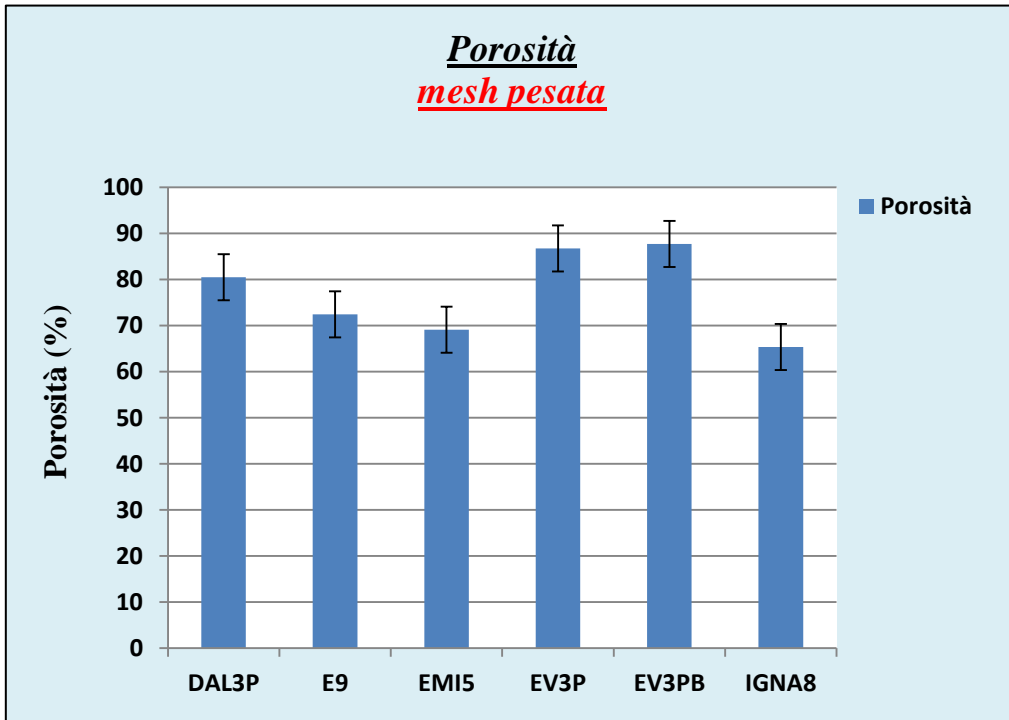
Prostheses	Definition	Examples
Type I	Pore diameter $> 75 \mu\text{m}$	Polypropileno (PP)
Type II	Pore diameter $< 10 \mu\text{m}$	Expanded Polytetrafluorethylene (e-PTFE)
Type III	Pore diameter $>75 \mu\text{m}$ Space between threads $< 10 \mu\text{m}$	Polyester (PE)
Type V	Submicromic pores	Pericardium,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

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

+ Valutazione porosità

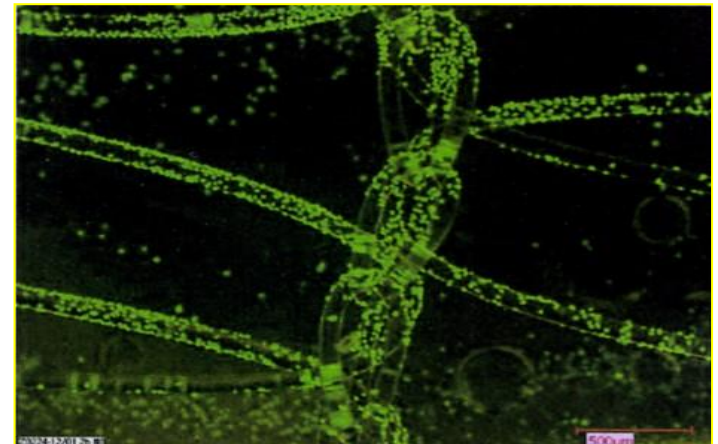
- Porosità (peso)

Porosità
mesh pesata



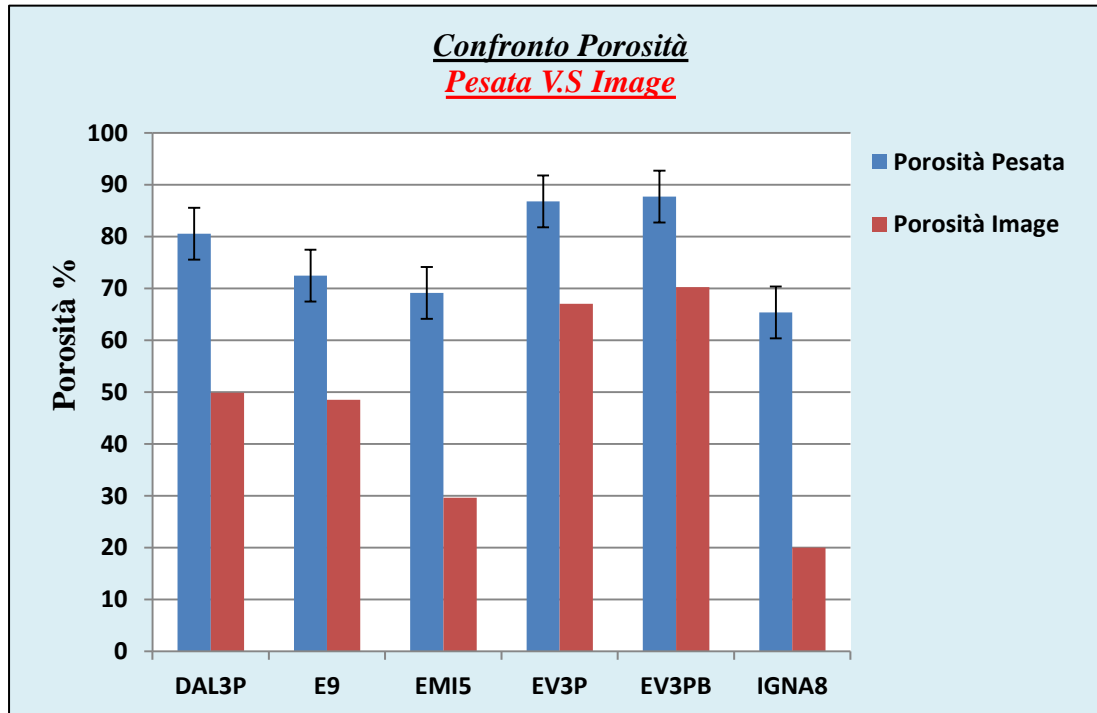
$$P = 100 - \left(\frac{M_r}{M_i} \right) * 100$$

- **Ottimale per la colonizzazione fibroblastica**



+ Valutazione porosità

- Porosità (imaging)



+ Valutazione permeabilità

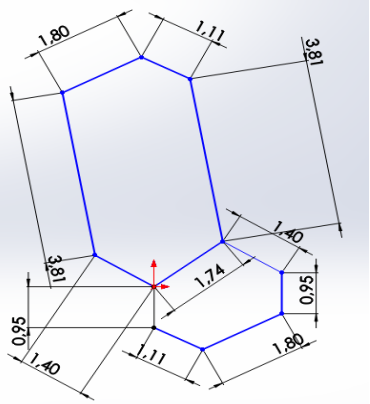
- Permette il giusto passaggio di nutrienti cellulari, tale da mantenere vitali i tessuti a contatto

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

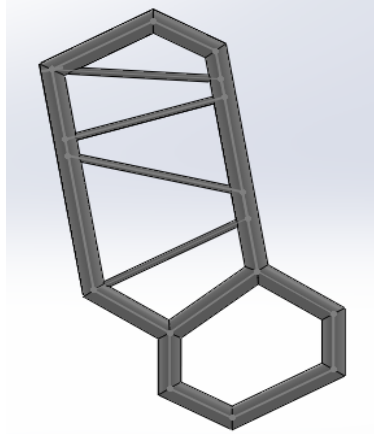
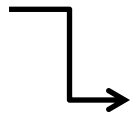
$$K = 0,04 \pm 0,001 \text{ Darcy}$$



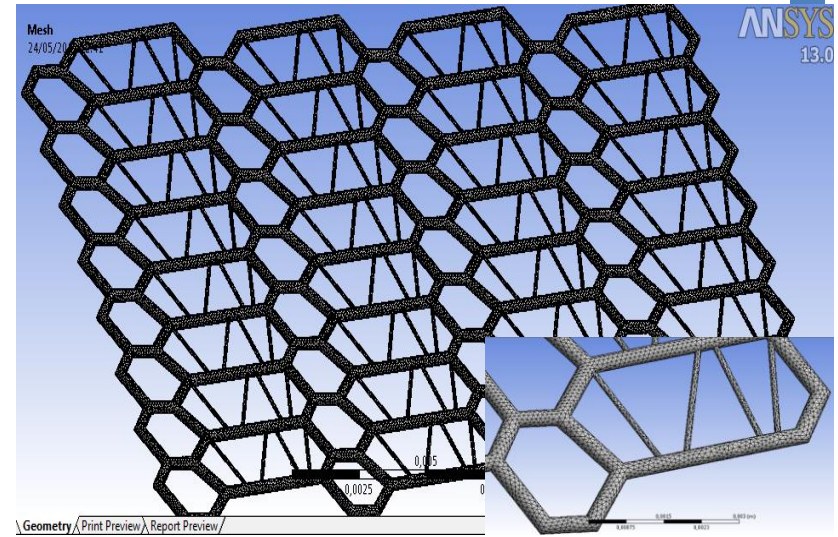
+ Modellazione ad elementi finiti



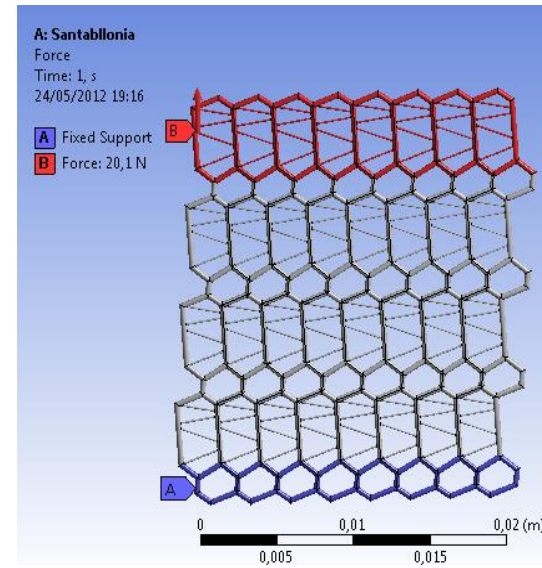
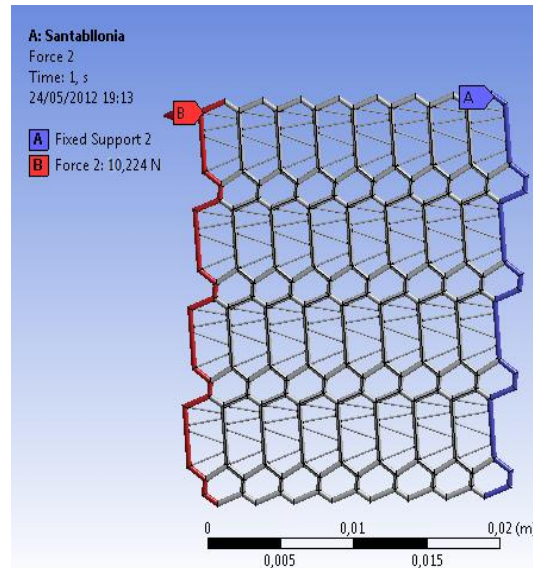
Disegno quotato



Estrusione

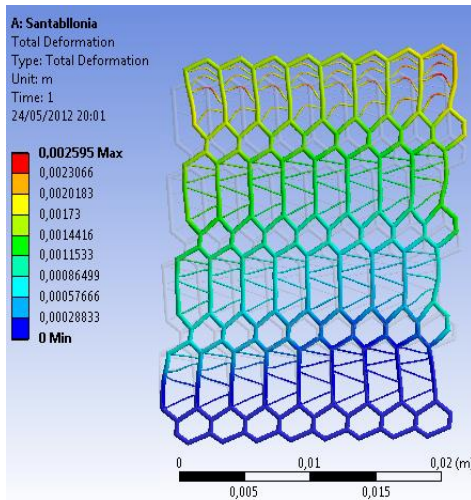
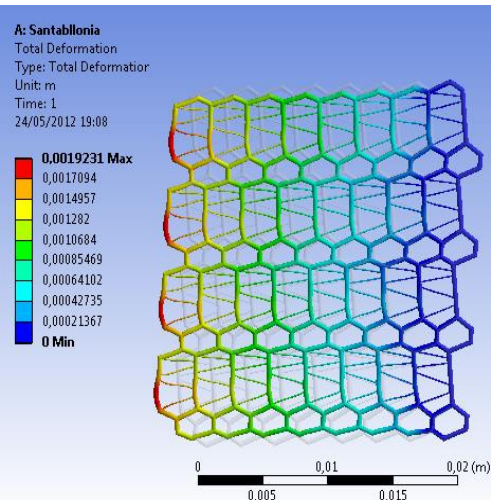
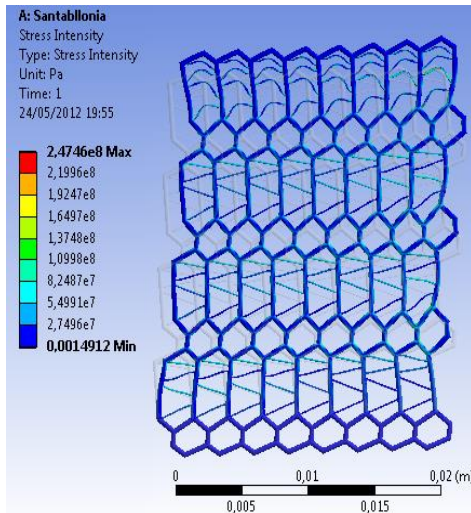
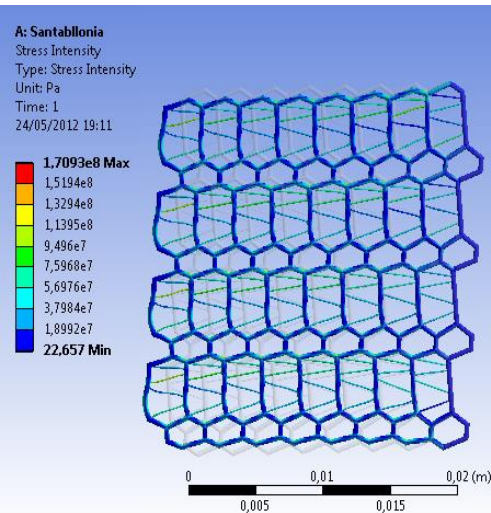


*Opportunamente
caricate e
vincolate*

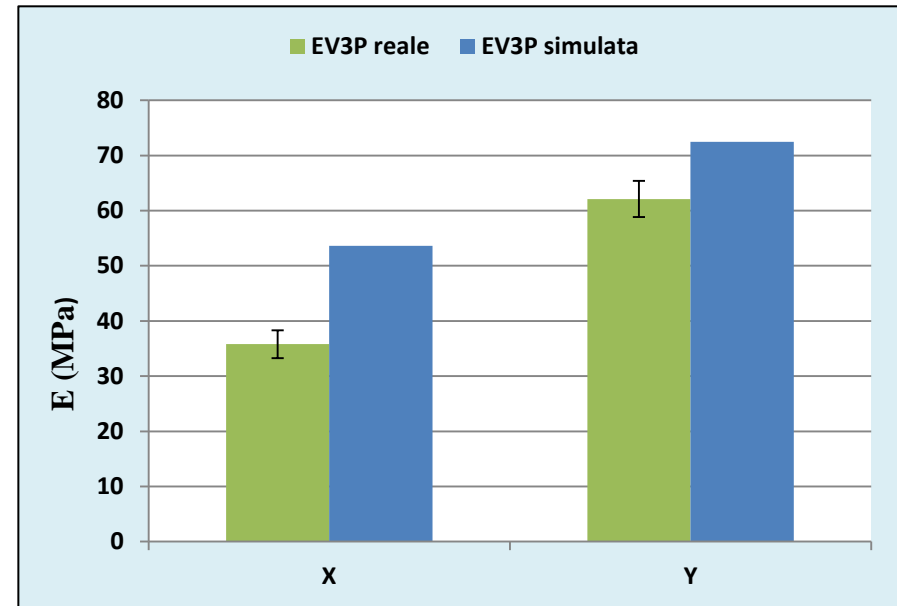




Modellazione ad elementi finiti



Confronto tra dati sperimentali e simulati



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