

Considerazioni e analisi sull'articolo scientifico:

"A review of ventral hernia biomechanics" – Joppin V, Masson C, Bendahan D, Bege T.

Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2026; 173:107159.

DOI: 10.1016/j.jmbbm.2025.107159

Introduzione

L'articolo analizza in modo approfondito i fondamenti biomeccanici che regolano il comportamento della parete addominale e il loro impatto sulla chirurgia dell'ernia ventrale. Gli autori propongono una lettura ingegneristica del problema erniario, evidenziando come la distribuzione delle forze, la deformabilità dei tessuti e la scelta dei materiali protesici debbano essere armonizzate per ripristinare la funzionalità meccanica dell'addome.

Biomeccanica della parete addominale

La parete addominale è una struttura viscoelastica complessa, costituita da strati muscolo-aponeurotici e fasciali che agiscono come una membrana dinamica capace di contenere la pressione intra-addominale (IAP) e di adattarsi ai movimenti respiratori e posturali.

- Lo **stress (σ)** rappresenta la forza applicata per unità di superficie (N/m^2), mentre lo **strain (ϵ)** indica la deformazione relativa del tessuto rispetto alla lunghezza iniziale.
- Il **modulo elastico (E)**, o modulo di Young, descrive la rigidità del materiale: un valore elevato indica un tessuto più rigido (come la linea alba), mentre valori inferiori corrispondono a tessuti più flessibili (come i muscoli retti e obliqui).
- La parete addominale è **anisotropa**, cioè le sue proprietà meccaniche variano in base alla direzione del carico: più rigida sul piano trasversale e più elastica lungo l'asse cranio-caudale.
- Il comportamento **viscoelastico** implica che il tessuto si deforma lentamente sotto carico costante (creep) e recupera parzialmente dopo cicli ripetuti (hysteresis).

Dal punto di vista meccanico, il comportamento del tessuto è rappresentato da una curva sforzo-deformazione con tre fasi principali: una fase elastica iniziale (toe region), una zona elastica lineare e una zona plastica, seguite dal punto di rottura.

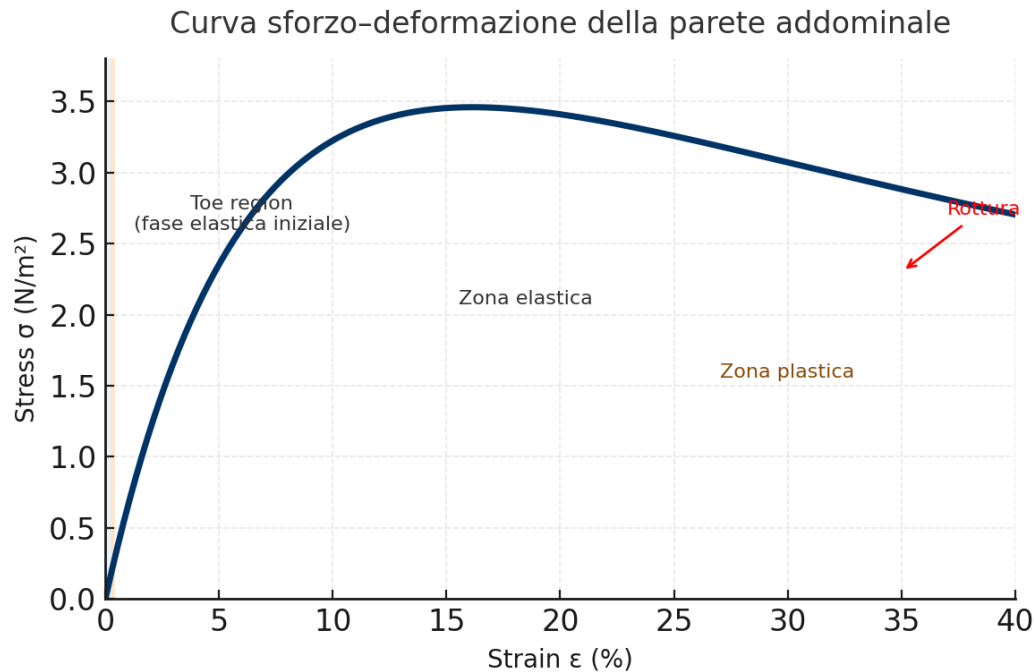


Figura. Curva sforzo-deformazione della parete addominale. Le diverse zone rappresentano la risposta tissutale progressiva: fase elastica iniziale, zona elastica, zona plastica e rottura. Mantenere la riparazione nella zona elastica fisiologica riduce dolore e rischio di cedimento.

Implicazioni cliniche

La conoscenza dei principi biomeccanici consente di orientare le scelte tecniche in modo razionale: chiusure a piccoli morsi, orientamento corretto della mesh lungo l'asse elastico, tensione controllata e rispetto delle direzioni di forza naturali. L'obiettivo è mantenere la parete nella sua zona elastica funzionale, garantendo equilibrio tra resistenza e mobilità.

Conclusione

La riparazione dell'ernia ventrale non è una semplice chiusura di un difetto, ma una vera ricostruzione meccanica. Capire come i tessuti si deformano e reagiscono alla pressione consente interventi più precisi e duraturi, riducendo le recidive e migliorando la qualità di vita dei pazienti.