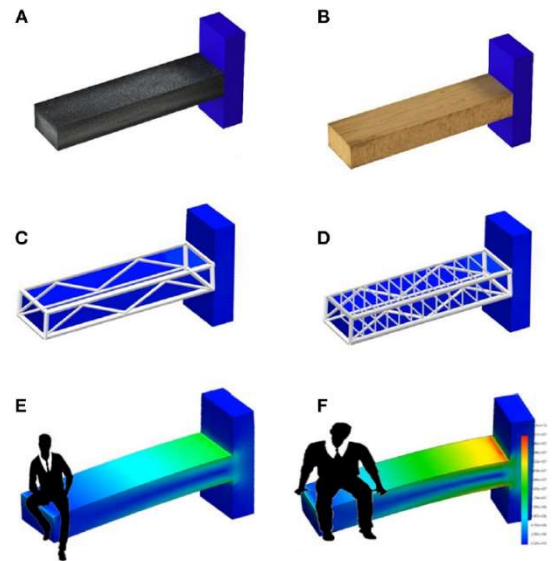


## Che cos'è l'indice BSI?

L'indice BSI (Bone Strain Index) è un nuovo indice densitometrico di resistenza ossea che misura la deformazione dell'osso in base alla sua morfologia, durezza e a caratteristiche specifiche del paziente.

La resistenza alla frattura di un oggetto non dipende unicamente dalla densità del materiale di cui è composto (indicata nella pratica clinica dalla BMD) o dalla sua texture (indicata nella pratica clinica dal TBS), ma anche dalla geometria dell'osso e dal carico applicato su di esso.

Nell'immagine a fianco è mostrato un esempio della differenza di significato tra Bone Mineral Density (Immagini A e B), Trabecular Bone Score (Immagini C e D) e Bone Strain Index (Immagini E ed F) (1). A è una trave di cemento, B di legno. C e D sono la loro struttura interna e E ed F il loro comportamento a un carico di differente peso.



Il calcolo del BSI si basa, a differenza degli altri indici, su un metodo matematico detto ad elementi finiti, che viene utilizzato in ambito ingegneristico per la valutazione della resistenza di un oggetto a determinate condizioni di stress e sollecitazioni.

BMD, TBS e BSI consentono di comprendere tutte le implicazioni fisiche della resistenza di una struttura ossea al carico e all'usura onde consentire la medico una ottimale gestione del paziente con osteoporosi al fine di prevenire la frattura da fragilità (1).

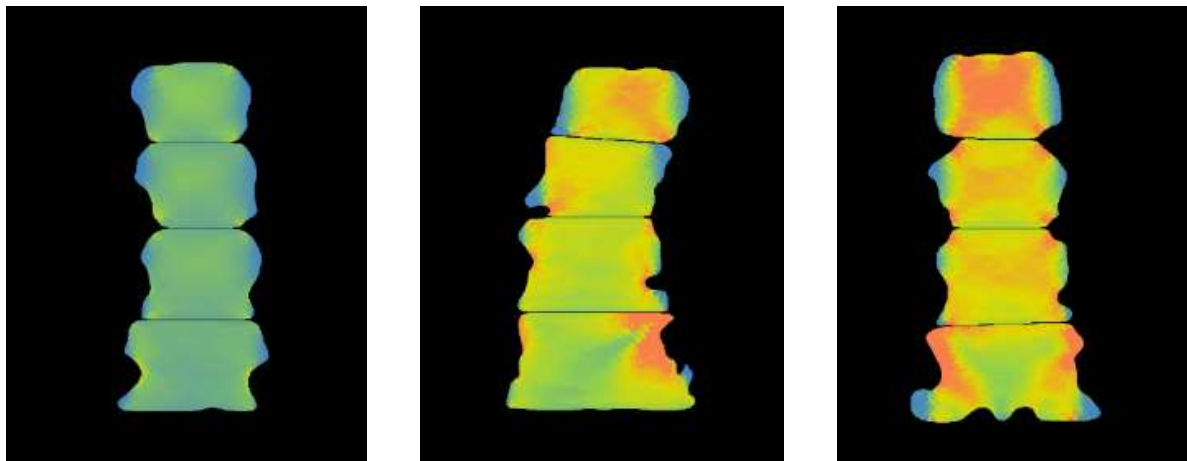
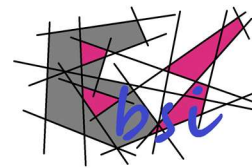
## A cosa serve

Recenti studi clinici hanno studiato l'utilità dell'indice BSI nell'identificare il sottogruppo di pazienti osteoporotici particolarmente inclini alle fratture da fragilità (3) e nel predire ulteriori fratture (2, 4). Inoltre, il BSI si è dimostrato utile nel caratterizzare i pazienti affetti da osteoporosi secondaria (5, 6).

Il BSI è utile anche nel monitoraggio dell'efficacia del trattamento farmacologico per l'osteoporosi (7), spiegando bene l'aumento della forza ossea e la riduzione del rischio di frattura non giustificabile dalla BMD.

## Come si utilizza nella pratica clinica

L'immagine risultante dall'analisi a elementi finiti è un'immagine funzionale che indica la concentrazione delle deformazioni calcolate con una scala di colore che va dal blu/verde (bassi valori di deformazione) al rosso (alti valori di deformazione), permettendo di identificare le zone a maggior rischio di frattura.



Il valore totale del BSI può essere invece utilizzato per la classificazione della zona di rischio del paziente secondo il seguente schema, ricavato dai dati distribuzionali del BSI nello studio multicentrico di Messina et al. (4)

#### Resistenza al carico

Normale	$BSI \leq 1.68$	
Parzialmente ridotta	$1.68 < BSI < 2.40$	
Ridotta	$BSI \geq 2.40$	

Le gradazioni del colore corrispondono a una variazione del rischio maggiore spostandosi dal verde al giallo e dal giallo al rosso secondo gli studi sin qui condotti.

La misurazione della BMD rappresenta tuttora il miglior parametro per predire la frattura e monitorare l'evoluzione della malattia. Essa, da sola, però, non consente un ottimale inquadramento dei pazienti osteoporotici, perché molti di loro si fratturano anche in condizioni di normale e ridotta BMD, essendoci altre caratteristiche strutturali oltre la densità a concorrere alla definizione della resistenza ossea al carico e all'usura. Il BSI risponde a questa esigenza fornendo al medico uno strumento diagnostico completo per la gestione del suo paziente.

1. Ulivieri FM and Rinaudo L. Beyond Bone Mineral Density: A New Dual X-Ray Absorptiometry Index of Bone Strength to Predict Fragility Fractures, the Bone Strain Index. *Front. Med.* (2021) 7:590139. doi: 10.3389/fmed.2020.590139
2. Ulivieri FM, Piodi LP, Rinaudo L, Scanagatta P, Cesana BM. Bone strain index in the prediction of vertebral fragility re-fracture. *Eur Radiol Exp.* (2020) 4:23. doi: 10.1186/s41747-020-00151-8
3. Ulivieri FM, Piodi LP, Grossi E, Rinaudo L, Messina C, Tassi AP, Filopanti M, Tirelli A, Sardanelli F. The role of carboxy-terminal cross-linking telopeptide of type I collagen, dual x-ray absorptiometry bone strain and Romberg test in a new osteoporotic fracture risk evaluation: a proposal from an observational study. *PLoS ONE.* (2018) 13:e0190477. doi: 10.1371/journal.pone.0190477
4. Messina C, Rinaudo L, Cesana BM, Maresca D, Piodi LP, Sconfienza LM, Sardanelli F, Ulivieri FM, Prediction of osteoporotic fragility re-fracture with lumbar spine DXA based derived bone strain index: a multicenter validation study. *Osteoporos Int.* (2021) 32:85–91. doi: 10.1007/s00198-020-05620-9
5. Ulivieri FM, Rinaudo L, Piodi LP, Barbieri V, Marotta G, Sciumè M, Grifoni FI, Cesana BM. Usefulness of dual x-ray absorptiometry-derived bone geometry and structural indexes in mastocytosis. *Calcif Tissue Int.* (2020) 107:551–8. doi: 10.1007/s00223-020-00749-5
6. Messina C, Piodi LP, Grossi E, Eller-Vainicher C, Bianchi ML, Ortolani S, Di Stefano M, Rinaudo L, Sconfienza LM, Ulivieri FM. Artificial neural network analysis of bone quality DXA parameters response to teriparatide in fractured osteoporotic patients. *PLoS ONE.* (2020) 15:e0229820. doi: 10.1371/journal.pone.0229820
7. Ulivieri FM<sup>1</sup>, Rebagliati GAA<sup>2</sup>, Piodi LPP<sup>3</sup>, Solimeno LP<sup>4</sup>, Pasta G<sup>5</sup>, Boccalandro E<sup>4</sup>, Fasulo MR<sup>6</sup>, Mancuso ME<sup>7</sup>, Santagostino E<sup>7</sup>. Usefulness of bone microarchitectural and geometric DXA-derived parameters in haemophilic patients. *Haemophilia.* (2018) Nov;24(6):980-987. doi: 10.1111/hae.13611. Epub 2018 Oct 1.