

Effetto della struttura Voronoi e dei trattamenti superficiali sulle prestazioni funzionali di viti ossee in lega Ti-6Al-4V

Wednesday 2 September 2026 14:45 (15 minutes)

Negli ultimi anni le viti ossee in lega Ti6Al4V ELI sono sempre più impiegate in ambito ortopedico per la stabilizzazione delle fratture e per promuovere l'osteointegrazione. Le tecnologie di additive manufacturing (AM) permettono di realizzare fixtures personalizzate, caratterizzate da geometrie su misura e da strutture reticolari trabecolari integrate. Tali architetture porose favoriscono l'osteointegrazione, soprattutto in presenza di osso osteoporotico, e consentono di ridurre la rigidità dell'impianto, avvicinandola a quella del tessuto osseo naturale. Inoltre, la micro-rugosità tipica delle superfici ottenute mediante AM stimola l'adesione e la proliferazione degli osteoblasti, facilitando le fasi iniziali dell'integrazione ossea.

In questo studio, viti ossee realizzate tramite tecnologia Laser Powder Bed Fusion (LPBF) e dotate di una struttura reticolare di tipo Voronoi, orientata sia longitudinalmente sia trasversalmente, sono state sottoposte a trattamenti di finitura superficiale con l'obiettivo di ottimizzarne le caratteristiche morfologiche. La caratterizzazione delle superfici è stata condotta mediante profilometria superficiale, analizzando sia le regioni reticolari sia le superfici filettate. I risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti su viti non trattate, al fine di valutare l'effetto dei trattamenti sulle proprietà superficiali.

Le prestazioni meccaniche sono state quindi studiate attraverso prove di inserimento e prove di pull-out assiale, volte a valutare la stabilità primaria in un substrato di schiuma di poliuretano con densità analoga a quella dell'osso osteoporotico, con densità nell'intervallo 0.16-0.20 g/cm³. Sono state inoltre eseguite prove torsionali fino a rottura, in conformità allo standard ASTM F543-17, per analizzare l'influenza dei trattamenti superficiali sulle proprietà meccaniche delle diverse configurazioni di vite.

La stabilità secondaria è stata valutata studiando il comportamento meccanico delle viti inglobate in cemento osseo a base di PMMA, utilizzato come modello dell'osso neoformato (woven bone) nelle fasi immediatamente successive all'impianto. Infine, i risultati sperimentali sono stati confrontati con simulazioni agli elementi finiti (FEM) del comportamento in pull-out, con l'obiettivo di validare il modello numerico e individuare le zone critiche all'interno della struttura reticolare, fornendo indicazioni utili per un'ulteriore ottimizzazione progettuale delle viti.

I risultati mettono in evidenza l'impatto sia della struttura trabecolare Voronoi che della finitura superficiale sia sulla stabilità primaria che secondaria, entrambe ottenibili mediante materiali artificiali, per la valutazione delle prestazioni meccaniche di fixtures prodotte in tecnologia additiva.

Primary authors: BRACCHI, Maddalena (CNR-ICMATE); MAPELLI, Clara (Politecnico di Milano); Dr FIOCHI, Jacopo (CNR-ICMATE); TUISSI, Ausonio (CNR - ICMATE Lecco); COLOMBO, Chiara (Politecnico di Milano); Dr BIFFI, Carlo Alberto (CNR-ICMATE)

Presenter: BRACCHI, Maddalena (CNR-ICMATE)

Session Classification: Biomeccanica

Track Classification: Biomeccanica