

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

VALUTAZIONE COMPARATIVA DI DIVERSE SOLUZIONI COSTRUTTIVE DI PROTESI DI FEMORE

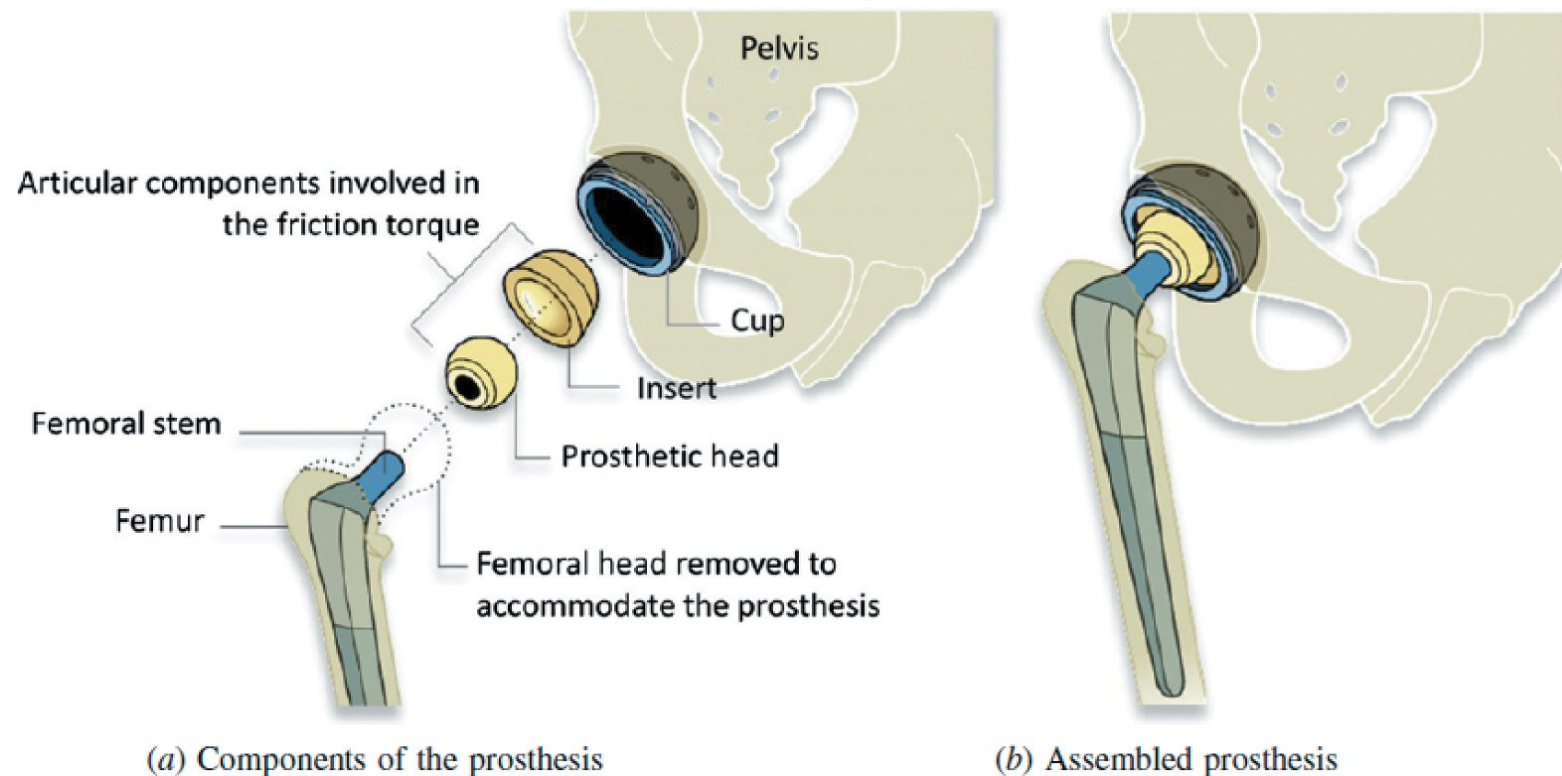
Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Eberle Alessandro*

Padova, 14/07/2022

L'obiettivo di questo elaborato è l'analisi e il confronto di varie soluzioni costruttive delle sezioni dello stelo femorale della protesi d'anca.

Le difficoltà riscontrate sono il definire le variabili di interesse e di studio principali tra la moltitudine di parametri che caratterizzano le protesi d'anca (materiali, geometrie, pazienti, carichi agenti...)



- Definizione della tipologia di protesi da analizzare: **Protesi Cementate**
- Ipotesi di funzionamento: **Assenza di movimento relativo tra protesi e femore**
- Definizione delle criticità di natura strutturale: **Stress shielding e danneggiamento del cemento medico**
- Definizione del materiale da utilizzare : **Ti-6Al-4V**
- Definizione del cemento medico da utilizzare: **PMAA Simplex P**
- Condizioni di carico: **Camminata su superficie piana (ciclo di Gait)**
- Definizione analitica di una geometria ottimale della protesi, in particolare della sezione dello stelo femorale, in condizioni ottimali
- Confronto tra varie soluzioni in condizioni di usura e conclusioni

1 **STRESS SHIELDING:** Fenomeno causato dall'inserimento della protesi nel femore, porta alla sotto-sollecitazione dell'osso femorale rimasto dopo l'artroplastica.

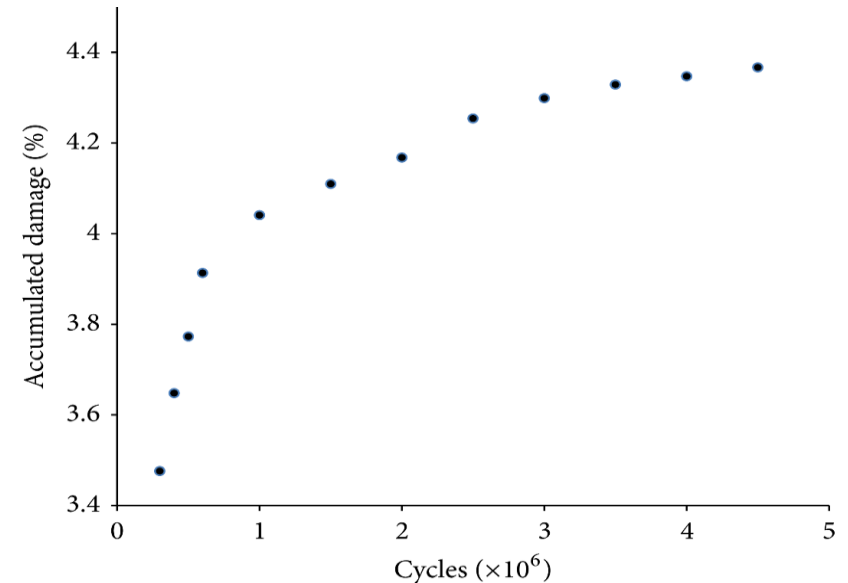
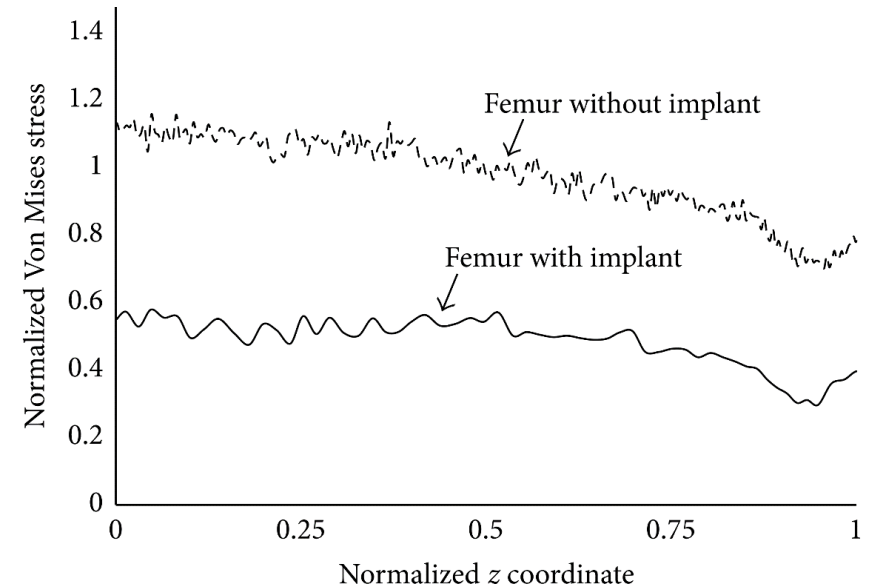


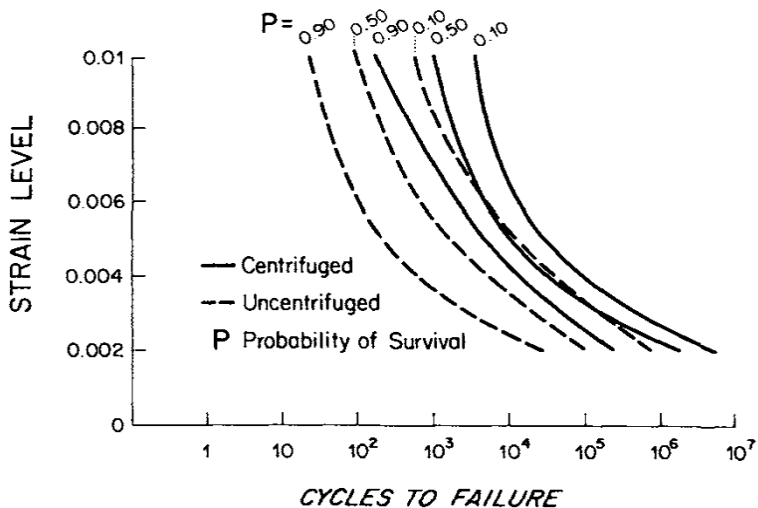
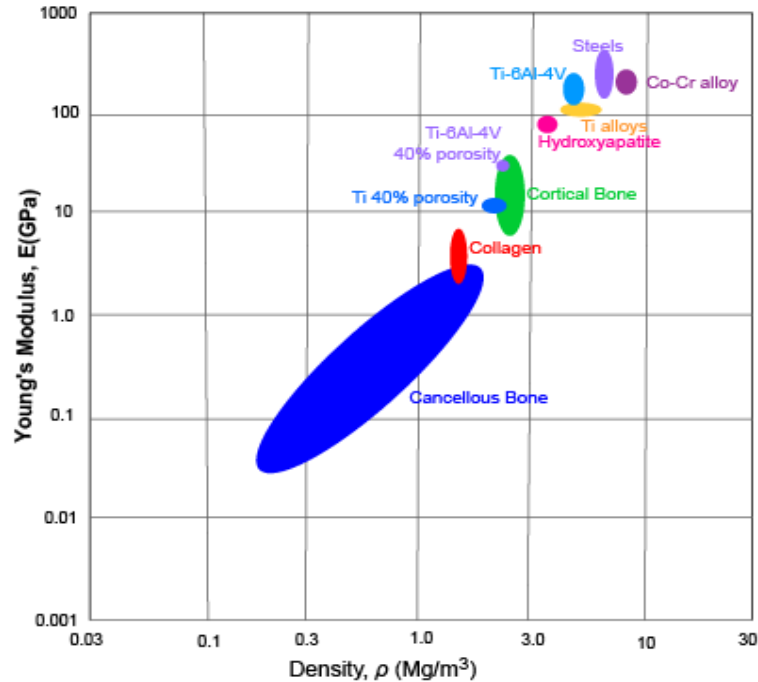
Fenomeni di osteolisi che portano ad un drastico peggioramento delle caratteristiche meccaniche dell'osso femorale (fino anche ad una riduzione del 50% della tensione di rottura).

2 **DANNO DEL CEMENTO:** L'insieme protesi-cemento-femore è soggetto a fatica. In particolare questo fenomeno porta alla graduale rottura del cemento medico, in particolare nella zona prossimale della protesi.



Consequente instabilità della protesi e successivo cedimento dell'impianto





Perché si è scelto il Ti-6Al-4V?:

- Biologicamente inerte
- Buon rapporto tensione snervamento / densità
- Similitudini, rispetto ad altri materiali di uso protesico come leghe Co-Cr e acciai, alle caratteristiche meccaniche dell'osso corticale del femore
- Ampia storia clinica presente in letteratura

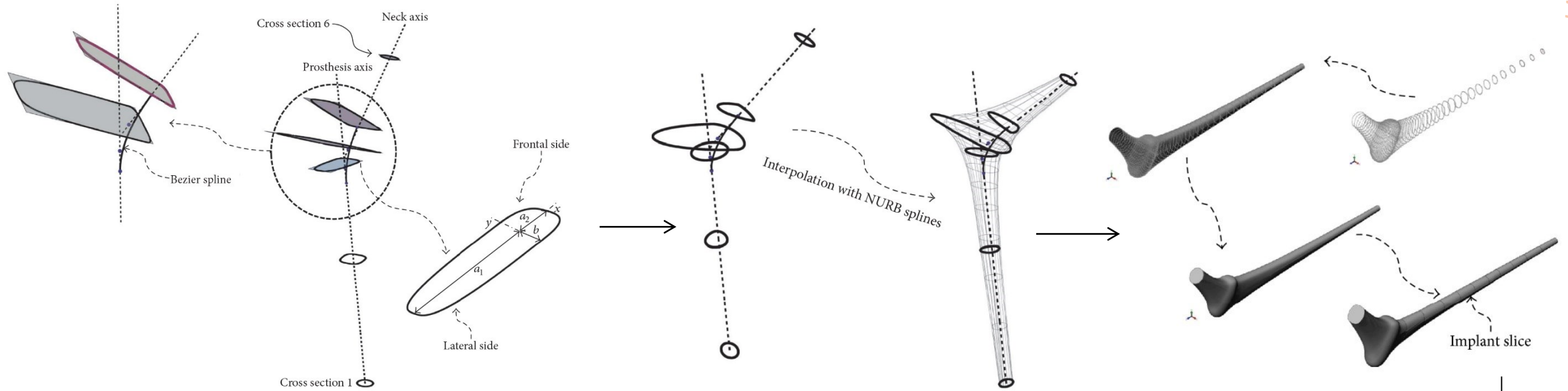
Perché il PMAA Simplex P:

- Comune in ambito medico e sperimentale
- Ampia storia clinica riguardante questo cemento medico
- Biologicamente inerte

Bistolfi A, Ferracini R, Albanese C, Vernè E, Miola M. PMMA-Based Bone Cements and the Problem of Joint Arthroplasty Infections: Status and New Perspectives. *Materials* (Basel)

University of Cambridge, Material selection of femoral stem component, Department of Materials Science and Metallurgy, <https://www.doipoms.ac.uk/tiplib/bones/stem.php>

J. P. Davies, D. W. Burke, D. O. O'Connor, and W. H. Harris, "Comparison of the fatigue characteristics of centrifuged and uncentrifuged simplex P bone cement"



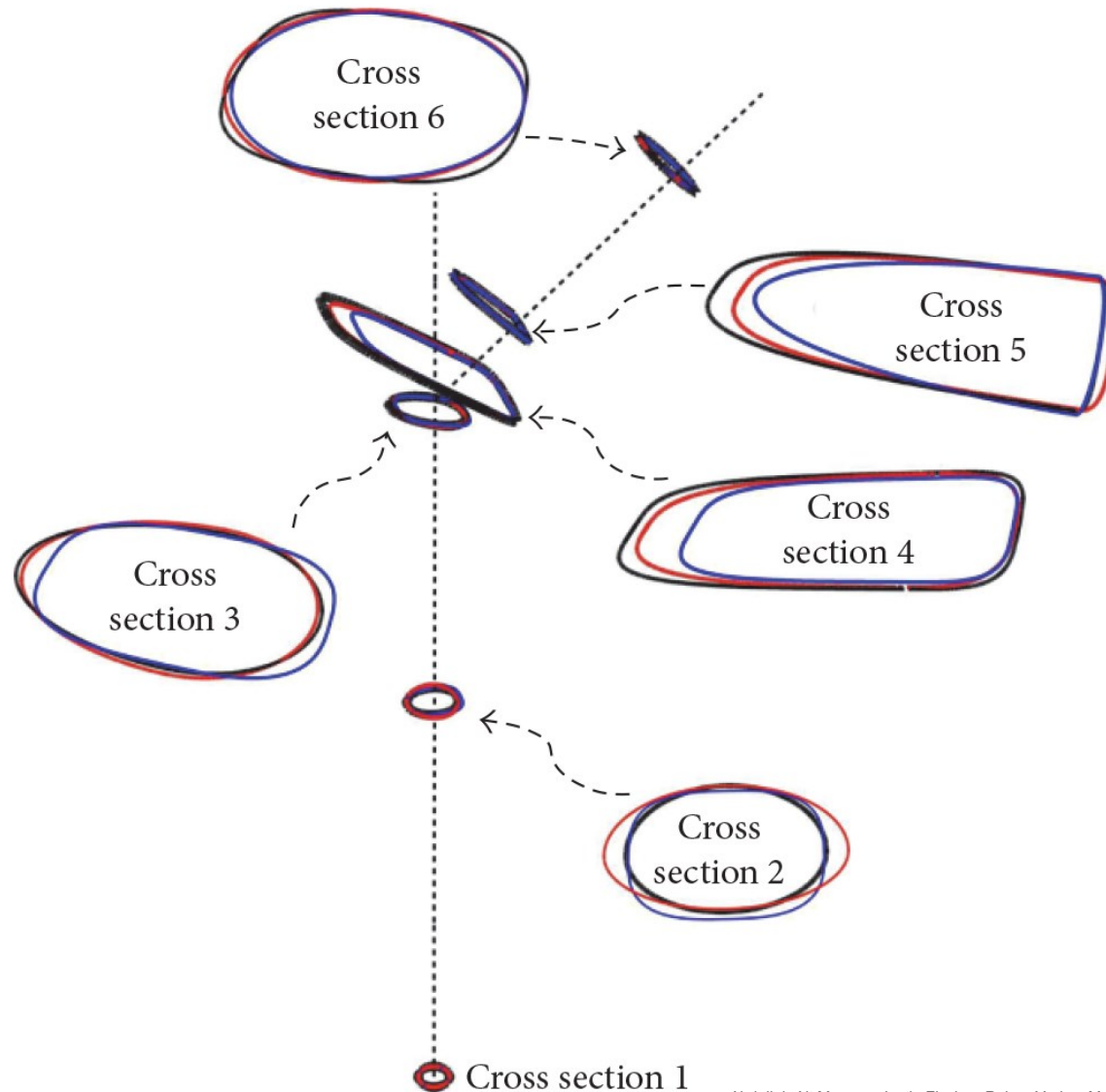
www.dii.unipd.it

PROCESSO
ITERATIVO

"Coefficiente di stress shielding" =
$$CSS = \frac{1}{\sigma_{AV}} \left[\sum_{i=1}^N (\sigma_i - \sigma'_i)^2 \right]$$

"Accumulazione di danno critico nel cemento" =
$$ADCC = \sum_{i=1}^{i \max} D_i$$

"Funzione di costo" =
$$\left(\frac{CSS}{CSS_{MAX}} \right)^2 + \left(\frac{ADCC}{ADCC_{MAX}} \right)^2$$

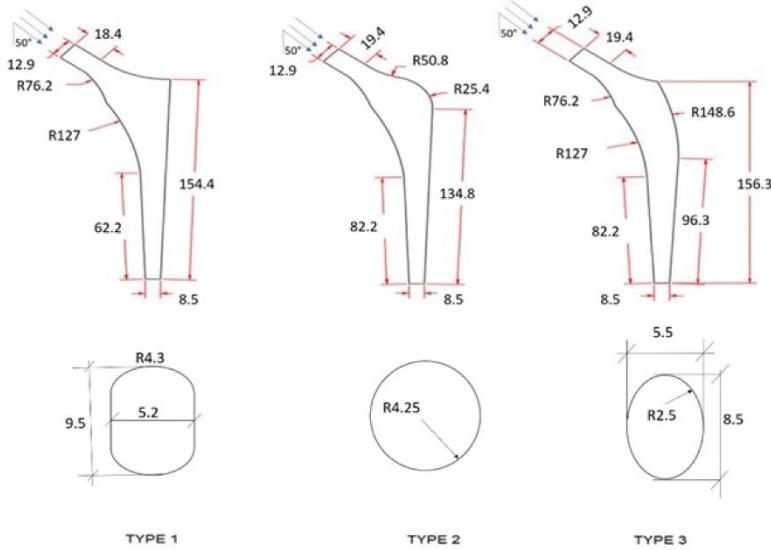


Risultati ottenuti attraverso il processo di ottimizzazione: possiamo notare 3 configurazioni per geometria e dimensioni, suddivise in 3 colori differenti

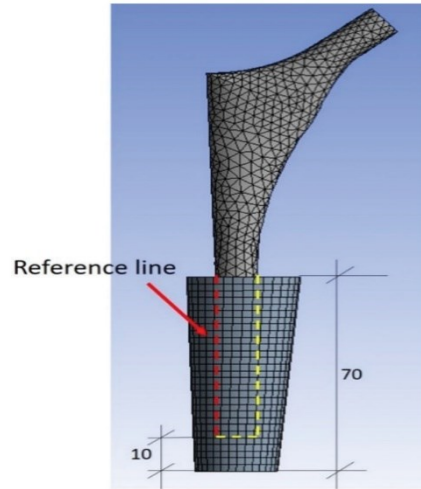
Le sezioni ottenute dello stelo (sezioni 2,3) si suddividono in:

- **Ovali**
- **Ellittiche**

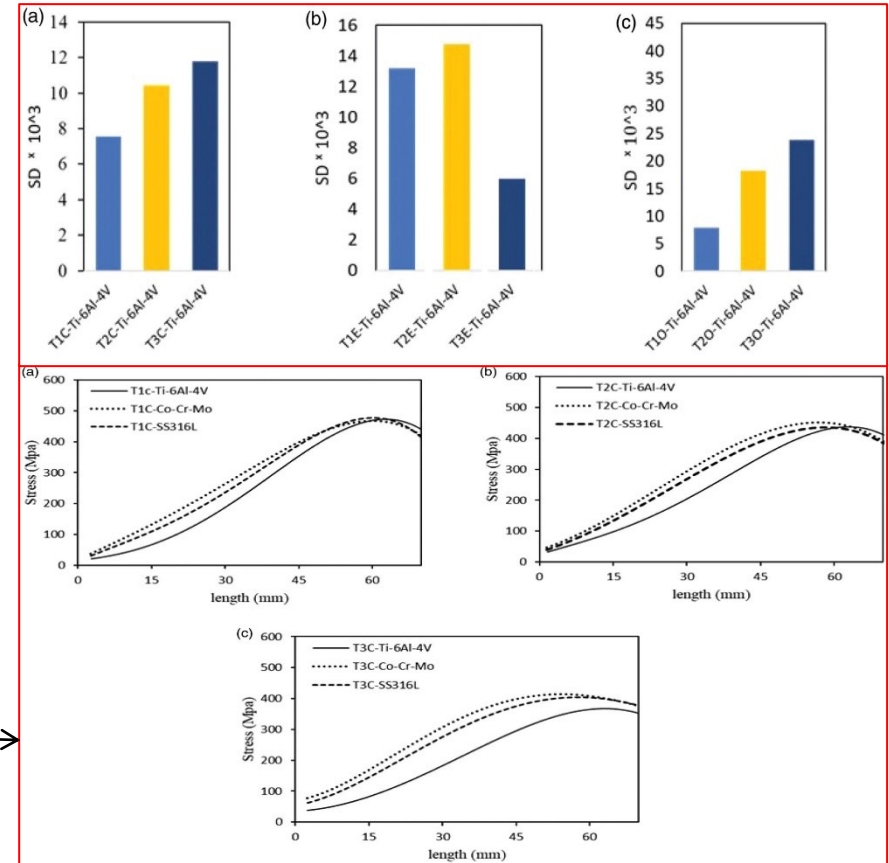
Le 9 soluzioni costruttive a confronto



Condizioni di fissaggio precarie a causa di impianto usurato

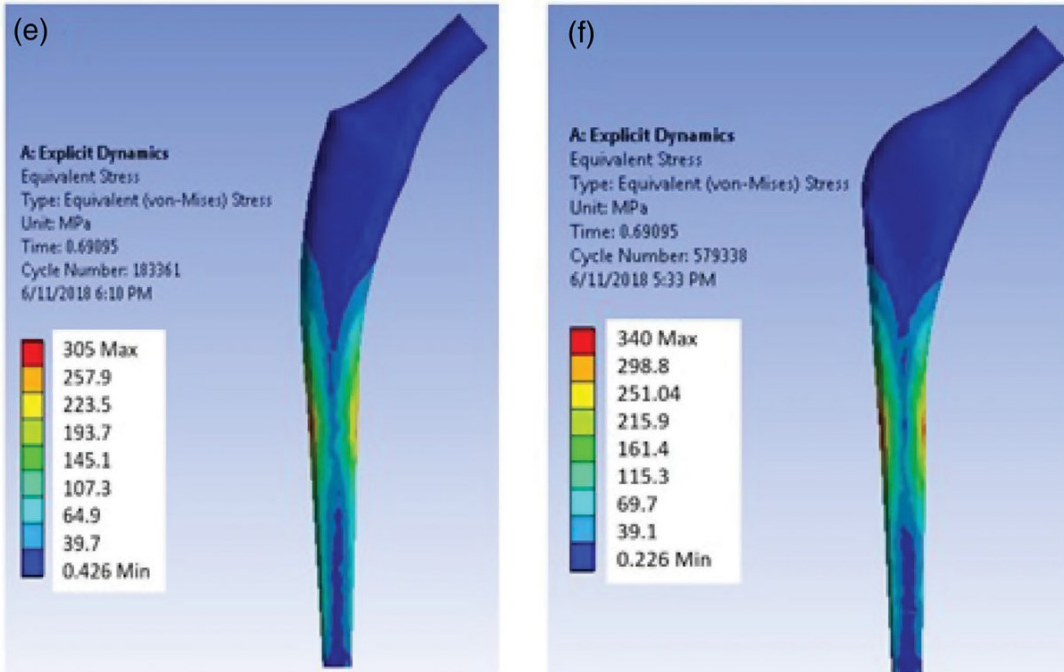


Analisi comparativa quantitativa basata su tensioni massime sulla protesi e fattore Stress Distribution (SD)



Esempio di tabelle e grafici utilizzati per il confronto

Soluzioni con tensioni massime minori e fattori SD maggiori



T3 sezione ovale (e) è risultata la migliore.
T2 sezione ovale (f) la seconda migliore.

CONFRONTO DELLE VARIE SEZIONI PER T3

[MPa]	OVALE	ELLITTICA	CIRCOLARE
TENSIONE MASSIMA	<u>305</u>	470	385

[...]	OVALE	ELLITTICA	CIRCOLARE
SD FACTOR	<u>0.0238</u>	0.0058	0.0118

CONFRONTO DELLE VARIE SEZIONI PER T2

[MPa]	OVALE	ELLITTICA	CIRCOLARE
TENSIONE MASSIMA	<u>340</u>	495	435

[...]	OVALE	ELLITTICA	CIRCOLARE
SD FACTOR	<u>0.0183</u>	0.0147	0.0105