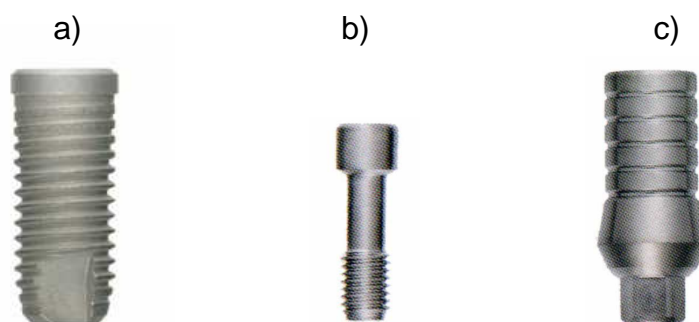


## Prove meccaniche di monconi avvitati su impianti dentali TFIS: **RAPPORTO TECNICO**

L'oggetto delle prove è costituito da monconi dritti in lega di titanio (c) collegati tramite una vite di connessione (b) ad impianti in lega di titanio(a) autofilettanti.



**Fig.1** Componenti del sistema: fixture cilindrica (a), vite di connessione (b), moncone dritto (c).

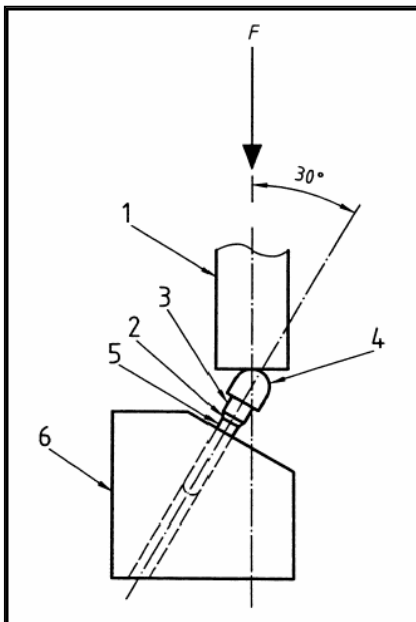
Questo studio è stato svolto presso il Politecnico di Milano, Laboratorio di Meccanica dei sistemi uomo-macchina su richiesta della ditta TFI System al fine di determinare le caratteristiche di resistenza di un moncone impiantare avvitato standard in previsione di analizzare monconi sperimentali che si potranno differenziare da quelli standard sia per la forma che per il materiale costituente.

Sono state svolte sia prove di rottura (con carico applicato “quasistaticamente”) sia prove di resistenza a fatica (con carico applicato ciclicamente)

Per quanto riguarda le prove cicliche è stata applicata la norma EN\_ISO 14801 e, dato che per le prove di rottura statica non esistono analoghe norme specificamente destinate all'implantologia dentale, e' stato adottato il set-up sperimentale previsto dalla EN\_ISO\_14801, sostituendo per le prove di rottura statica, il carico ciclico con una rampa di carico a velocità costante (0,14 mm /s) fino al cedimento strutturale di un componente.

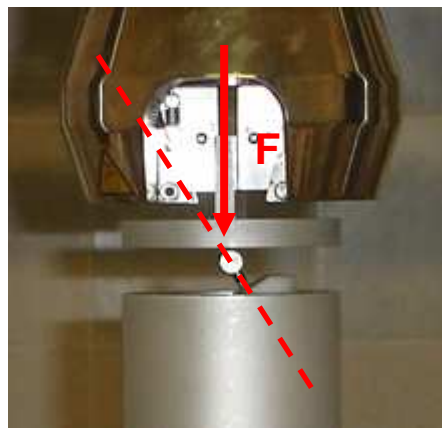
Le prove sono state svolte su monconi vincolati agli impianti da viti serrate con differenti valori coppia (200-300-325-350).

Per le prove a fatica, gli impianti sono stati sottoposti ad un carico ciclico di compressione alla frequenza di 12 Hz per un massimo di 5 milioni di cicli, con un precarico approssimativamente pari al 10% del carico massimo applicato.



- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1 | loading device               |
| 2 | nominal bone level           |
| 3 | abutment                     |
| 4 | hemispherical loading member |
| 5 | dental implant body          |
| 6 | specimen holder              |

**Fig.2** Schema di carico suggerito dalla EN\_ISO\_14801



**Fig. 3** Il sistema di carico utilizzato. L'asse dell'impianto e la retta di applicazione del carico formano, come prevede la norma un angolo di 30°.

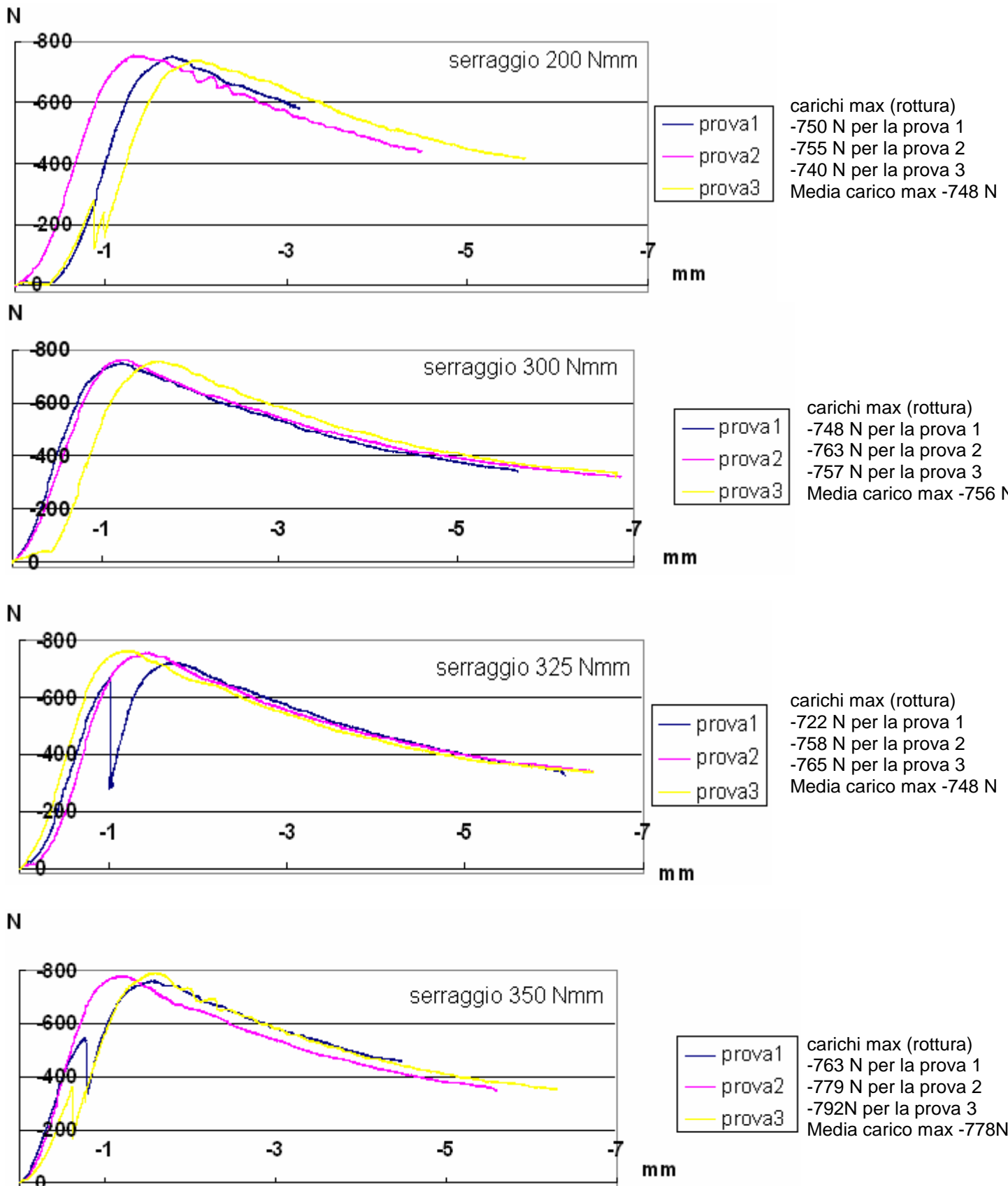
Per vincolare il fusto (a vite) dell'impianto e' stata costruita un'apposita attrezzatura che permette il centraggio del fusto in un vano cilindrico idoneo a contenere l'impianto, lasciando all'esterno dello stesso lo spazio adeguato a contenere il materiale di interfaccia tra l'impianto e il sistema di contrasto del carico.

Come previsto dalle norme lo stelo dell'impianto sporge assialmente di 3 mm dal vincolo per simulare una situazione di carico corrispondente, durante la vita dell'impianto, ad un riassorbimento dell'osso perimplantare di 3mm dalla cresta dell'osso in cui l'impianto viene inserito.

Il momento flettente applicato alla zona corrispondente alla prima sezione dell'impianto libera dall'incastro risulta (dove  $l = 11\text{mm}$  è la porzione dell'impianto sporgente dal vincolo) :

$$M_f = F l \sin 30 = F \cdot 5,5 \quad (\text{ad es. per un carico di } 400\text{N } M_f = 2200 \text{ Nmm})$$

## RIULTATI DELLE PROVE DI ROTTURA OTTENUTA CON CARICO QUASISTATICO



**Fig. 4** Diagramma carico/deformazione di impianti con monconi serrati a 200-300-325-350. Alcuni diagrammi presentano discontinuità attribuibili all'assestamento del collegamento tra vari componenti sotto test che non influenza il valore del carico massimo di rottura.



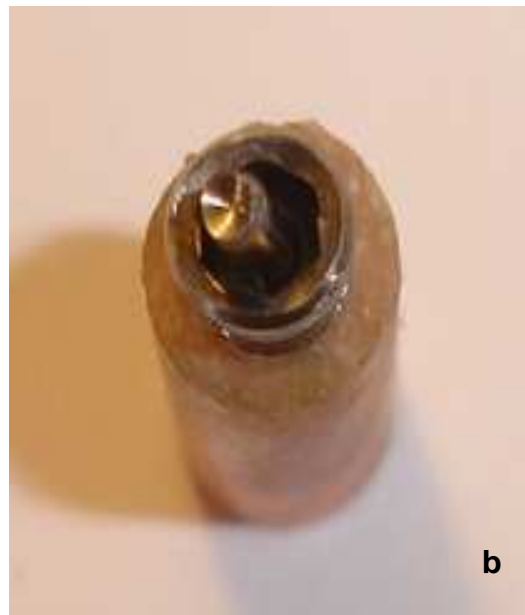
**Fig. 5** Impianto sottoposto a carico quasi-statico. Si può notare come sotto la spinta della piastra di carico il moncone inizi a piegarsi.



**Fig. 6** Rottura del sistema sottoposto a carico quasi-statico. Si può osservare la deformazione della fixture e come il moncone si sia sfilato dall'impianto prima della completa rottura.

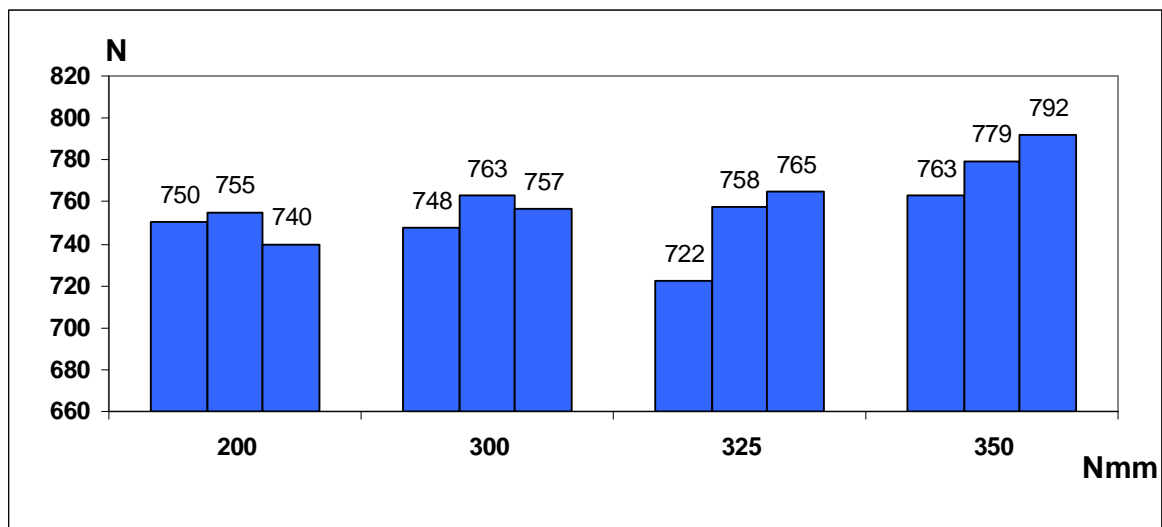


**a**



**b**

**Fig. 7** Rottura della vite di connessione durante le prove "quasistatiche": nella parte inferiore della vite, dove si impegna nella filettatura dell'impianto(**a**), e appena sotto la testa della vite (**b**). Si può notare la deformazione del colletto dell'impianto e la deformazione del fusto della vite(**b**).



**Fig. 8** Carico di rottura (quasistatica) del sistema impiantare in relazione ai valori del momento di serraggio della vite di connessione.

I risultati ottenuti mostrano che il valore del momento di serraggio della vite che collega moncone e impianto influenza la resistenza a rottura del sistema e che in tutte le prove svolte, il sistema prima di cedere resiste ad un carico applicato lentamente, secondo lo schema già illustrato, fino ad oltre 720N (pari a un  $M_f = 3960$  alla sezione più sollecitata).

## RIULTATI DELLE PROVE DI SOLLECITAZIONE A FATICA

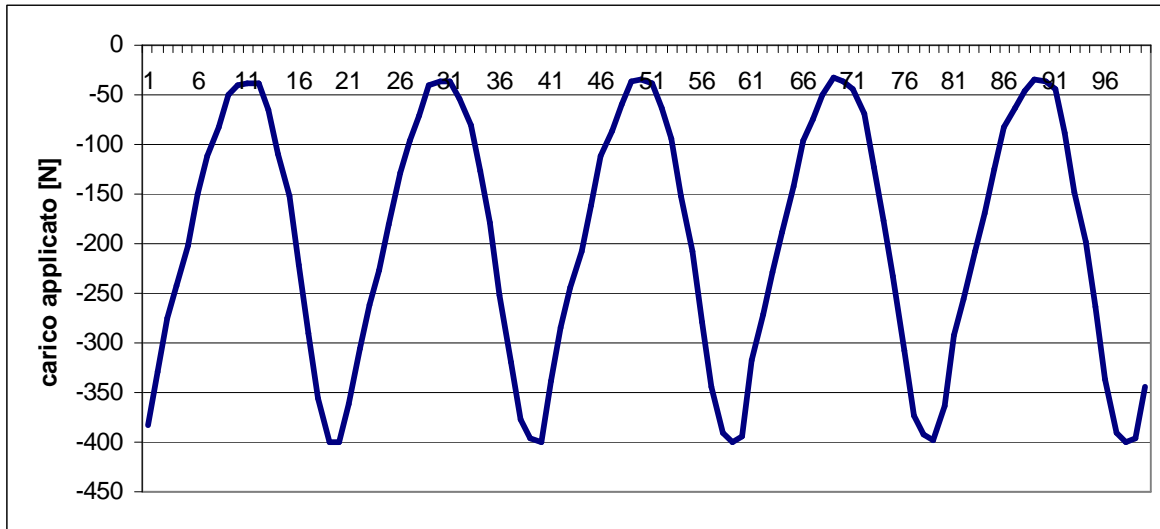
Le prove sono state svolte secondo la norma EN\_ISO\_14801 con le modalità di carico sopra descritte. Si può notare che la sfera prevista per la trasmissione del carico dalla piastra superiore al moncone dell'impianto è stata sostituita da un cilindro per che permette di aumentare la superficie di contatto e conseguentemente ridurre la sollecitazione della zona di contatto e l'usura della piastra di carico.



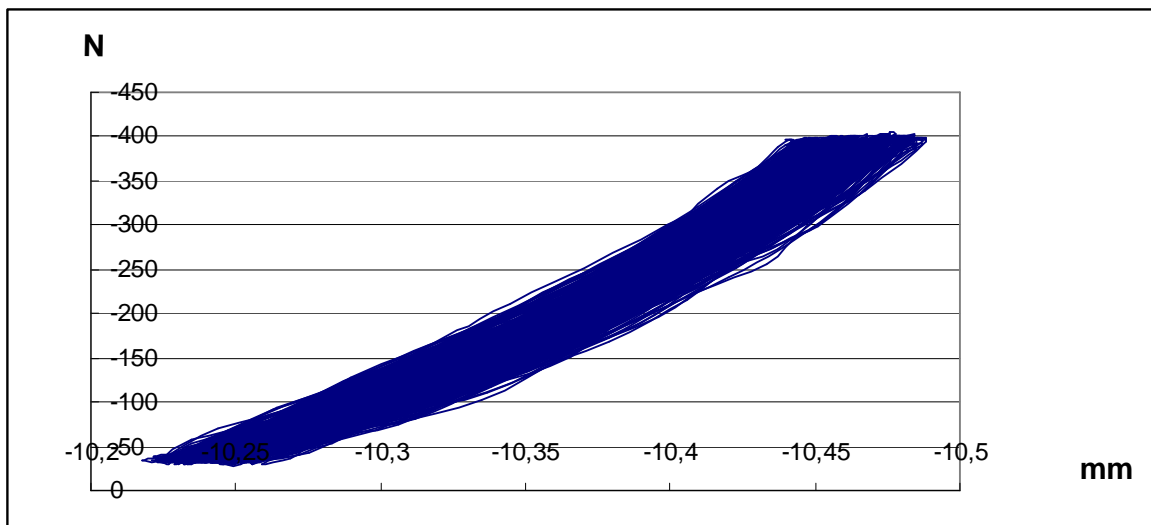
**Fig. 9** Cilindro per la distribuzione del carico

I risultati sono stati registrati "a intermittenza". Per avere una buona rappresentazione della curva sono stati registrati 20 punti per ogni ciclo di carico, quindi dato che la registrazione continua richiederebbe di avere a disposizione lo spazio per 100 milioni di dati per ogni test, è stato scelto di registrare un ciclo ogni 6000 (20 dati ogni 120000 campioni).

Dato che gli intervalli di registrazione sono stati mantenuti in fase, è possibile rappresentare un diagramma continuo con tratti sinusoidali corrispondenti a registrazioni distanti 6000 cicli corrispondenti a 500 s

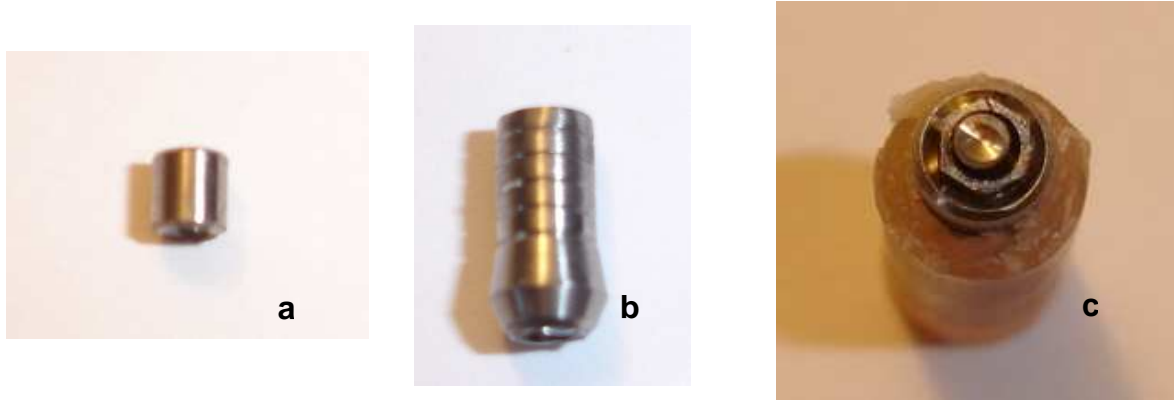


**a**



**b**

**Fig. 10 a),b)** Esempio: andamento del carico ciclico di una prova a fatica con picco nominale 400 N (in questo specifico caso sono stati superati 5 milioni di cicli). Si può notare come il carico vari tra il valore di picco nominale e il suo 10%, come previsto dalla norma EN-ISO 14801.

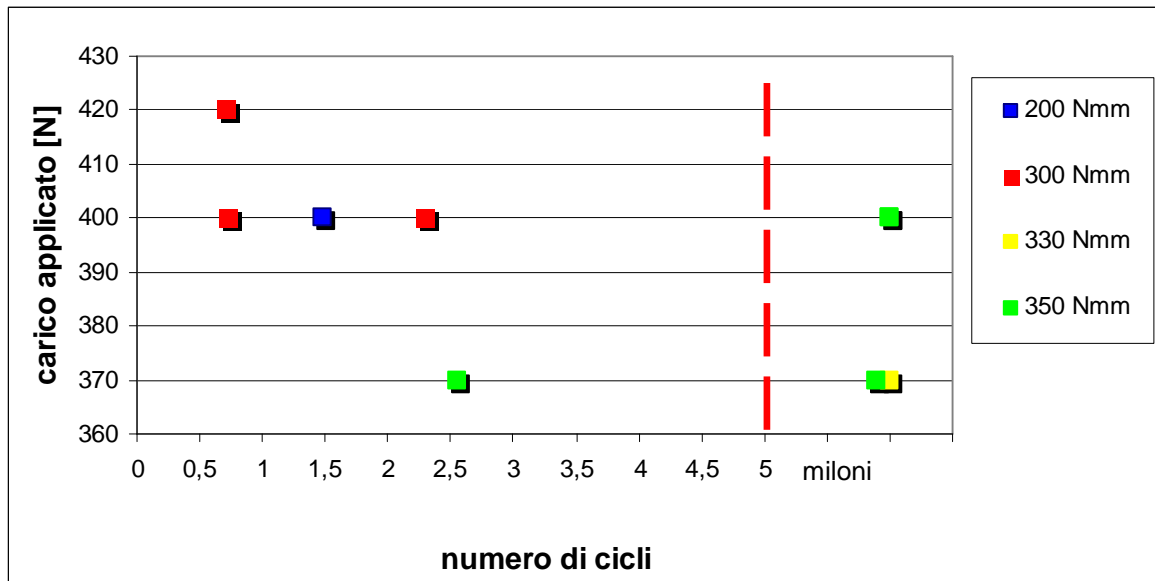


**Fig.11** Esempio di rottura del sistema implantare sottoposto a prova a fatica. La vite di connessione si è rotta a livello della testa (a); il moncone a livello della zona di inserimento nella fixture (b). Sia il fusto della vite che l'esagono di collegamento del moncone all'impianto (c) sono rimasti vincolati di quest'ultimo.

Anche per le prove cicliche a fatica è stato considerato l'assemblaggio del sistema impianto-moncone con differenti valori della coppia di serraggio.

Momento di serraggio	Valore picco nominale del carico applicato	Numero di cicli alla rottura
200 Nmm	400 N	1482000
300 Nmm	420 N	703000
300 Nmm	400 N	719000
300 Nmm	400 N	2296000
300 Nmm	360 N	4300000
330 Nmm	370 N	oltre 5000000
350 Nmm	370 N	2550000
350 Nmm	370 N	oltre 5000000
350 Nmm	400 N	oltre 5000000
350 Nmm	400 N	oltre 5000000

**Tab. 1** Distribuzione dei valori di picco nominale dei carichi applicati durante le prove a fatica in relazione al numero di cicli effettuati prima della rottura, suddivisi in base al momento di serraggio della vite di connessione.



**Fig.12** Numero di cicli a rottura degli impianti analizzati in funzione del carico applicato .  
 Il colore differenzia gli impianti in relazione alla coppia di serraggio utilizzata per assemblare i sistemi implantari. La linea tratteggiata in corrispondenza dei 5 milioni di cicli indica la soglia suggerita dalla norma EN-ISO 14801. Il numero di cicli corrispondenti ai valori a destra del limite tratteggiato sono indicativi: le relative prove, infatti, sono state interrotte prima della rottura.

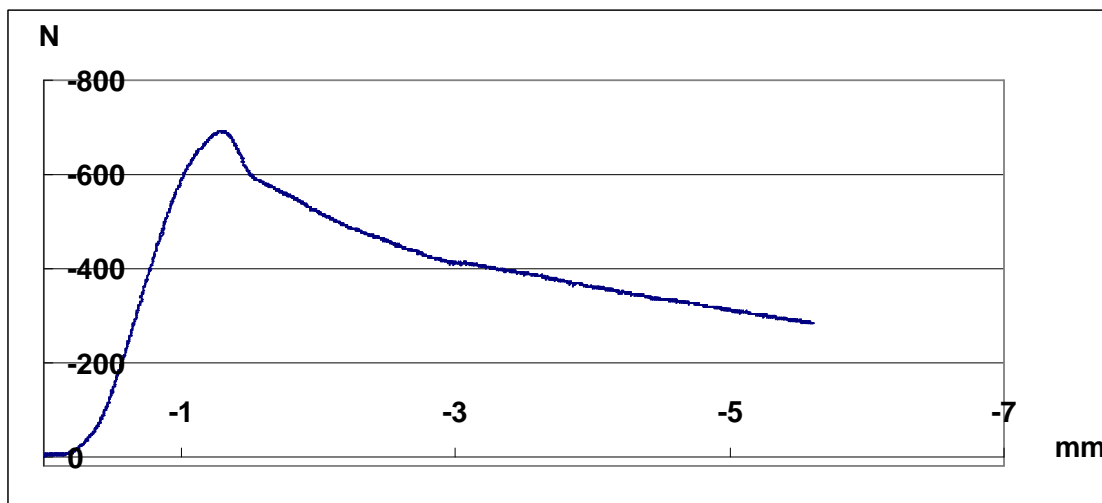
Anche nel caso delle prove a fatica si può notare che coppie di serraggio alte sono necessarie per ottenere una lunga vita degli impianti.  
 Indicativamente si può dedurre che l'attuale sistema implantare può sopportare carichi alternati di almeno 370N (si presume che l'unico sistema collassato con un carico inferiore fosse difettoso o mal assemblato).

### **PROVE DI ROTTURA CON CARICO QUASISTATICO SU SISTEMI CHE HANNO GIA' SUPERATO LE PROVE DI FATICA**

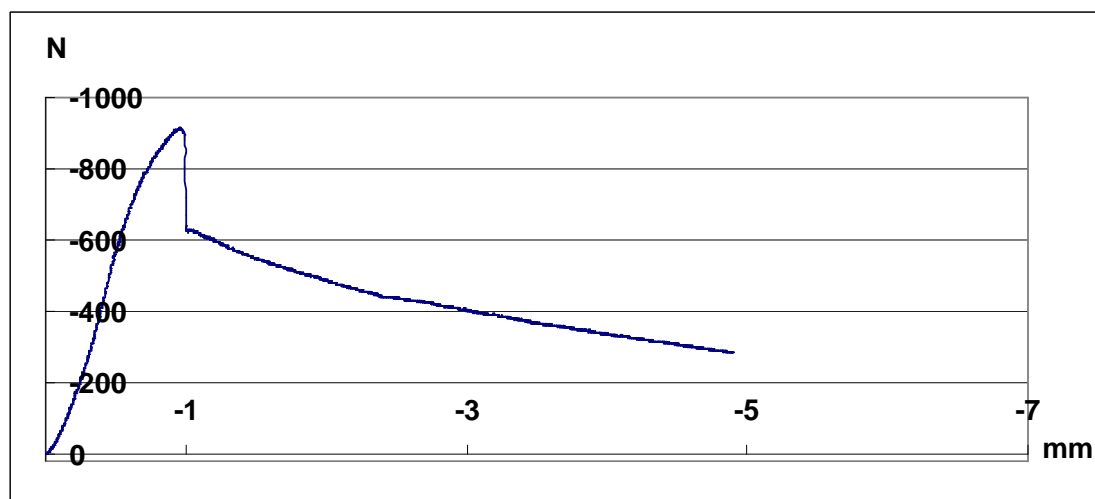
Alcuni sistemi implantari che hanno superato i 5 milioni di cicli sono stati sottoposti ad ulteriori test di rottura con carico quasi statico. I risultati mostrano che i sistemi mantengono caratteristiche di resistenza analoghe a quelle dei sistemi non sottoposti a fatica (fig. 13).

In un caso si è potuto addirittura osservare un rilevante incremento di resistenza (fig. 14). Si ipotizza che tale risultato possa essersi verificato in condizioni ottimali di accoppiamento tra moncone e impianto che, a causa delle deformazioni originate durante le prove a fatica avrebbe provocato la rigida connessione delle due parti che in tal modo sarebbero state in grado di opporre maggior resistenza alla rottura.





*Fig.13 Andamento della prova statica effettuata su un impianto, precedentemente sottoposto a fatica, che ha superato i 5 milioni di cicli (impianto 1)*



*Fig.14 Andamento della prova statica effettuata su un impianto, precedentemente sottoposto a fatica, che ha superato i 5 milioni di cicli (impianto 2)*

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel caso dei test svolti sui sistemi implantari avvitati forniti dalla ditta TFIS, nonostante il numero di prove svolte sia insufficiente per una adeguata indagine statistica, è stato possibile individuare, almeno approssimativamente, la condizione di carico critica per gli impianti e l'influenza della coppia di serraggio utilizzata per assemblare i sistemi.

Milano, 25.10.07

Il responsabile delle prove  
(*prof. Federico Casolo*)