TRUNNIONOSIS: IL FENOMENO DELL'USURA A CARICO DELL'INTERFACCIA TESTA-CONO MORSE NELLE PROTESI D'ANCA

Trunnionosis: corrosion at the taper junction in hip replacement

RIASSUNTO

L'introduzione del cono morse è stato il primo passo verso la modularità. Diversi studi, ricercando le cause ed i tipi di corrosione alla giunzione testa-collo, hanno dimostrato che la corrosione meccanica (MACC) è la principale fonte di corrosione a livello del cono morse. Un aumento del braccio di leva conduce ad un maggior contatto (fretting) tra testa e collo con un'interruzione dello strato ossidato protettivo, esponendo di conseguenza la superficie metallica e facendo della giunzione testa-collo un potenziale sito di corrosione.

Parole chiave: trunnion, protesi, anca, corrosione, cono morse

SUMMARY

The introduction of a Morse taper junction was the first evolutionary step towards modularity. Extensive research focusing on the causes and types of corrosion at modular junctions has reported that mechanically assist corrosion (MACC) is the main cause for corrosion of tapers.

A greater moment arm lead to higher fretting to the stem-sleeve junction, which tears the protective oxide layer exposing the metal substrate and making the stem-sleeve junction a potential site for corrosion.

Key words: trunnion, prosthesis, hip, corrosion, taper

INTRODUZIONE

Tutti i prodotti manifatturieri, durante il processo di realizzazione, subiscono micro-variazioni, in un regime di tolleranza; questo vale anche per le protesi d'anca. Da ciò ne risulta quindi l'impossibilità di creare testine e coni morse con identici angoli di inclinazione; questo determina l'inevitabile presenza di micromovimenti a livello di questa giunzione e conseguentemente la comparsa di fenomeni corrosivi. I micromovimenti che si verificano in tale sede sono: - di chiusura ed apertura del gap angolare, - di aumento e riduzione dell'area di contatto, - di scivolamento delle superfici lungo l'asse del cono morse. Gli stress meccanici conseguenti saranno: di compressione, di tensione, di taglio¹.

FRETTING CORROSION E CREVICE CORROSION

Esistono due definizioni per chiarire il concetto di cor-

rosione; la prima, ingegneristica, la definisce come una distruzione visibile di una struttura che porta come conseguenza finale alla sua perdita di funzione. La seconda, chimica, la definisce come reazioni superficiali irreversibili di un materiale con un consumo dello stesso i cui prodotti di degradazione divengono parte dell'ambiente circostante.

Nell'impianto protesico i metalli reagiscono con l'ossigeno circostante formando uno strato protettivo (passivazione). Ogni violazione di tale strato conduce ad un'immediata corrosione.

Come riportato da diversi studi^{2,3}, la principale causa di corrosione della giunzione testa-cono morse è la corrosione meccanica (MACC: Mechanically assist corrosion). MACC è la combinazione di una corrosione da sfregamento (fretting corrosion) e di una corrosione interstiziale (crevice corrosion). I costanti micromovimenti che si verificano durante

M. OMETTI, G. FRASCHINI
Ospedale San Raffaele, Milano

Indirizzo per la corrispondenza:
Marco Ometti
Ospedale San Raffaele
via Olgettina 60, 20122 Milano
Tel. +39 02 26432142
E-mail: omettimarco@gmail.com

Ricevuto il 21 febbraio 2014
Accettato il 10 marzo 2014

il ciclo del passo (la giunzione testa-cono morse è sottoposta ad un carico pari a 9 volte il peso corporeo) portano ad un'interruzione dello strato ossidato protettivo (fretting); in questo modo le due superfici entrano in diretto contatto tra loro impedendo all'ossigeno di ripassivare il metallo. Si viene così a creare un contatto tra 2 metalli aventi una concentrazione differente di ossigeno, innescando un processo di corrosione (crevice corrosion)^{4,5}. A seguito della reazione di corrosione si ha una riduzione dell'ossigeno, con conseguente aumento del ph a carico della zona catodica (superficie non ossidata) ed una diminuzione del ph a livello dell'anodo (superficie ossidata). Questa diminuzione di ph in corrispondenza delle aree anodiche rende più difficile la formazione del film passivo favorendo una corrosione localizzata. È possibile riassumere questa catena di eventi definendo il fretting corrosion come la scintilla che innesca il processo di corrosione e la crevice corrosion come la fiamma che lo alimenta^{6,7}.

FATTORI PREDISPONENTI

Vi sono alcuni fattori che predispongono ad un'aumentata corrosione a carico dell'interfaccia testa-cono morse. Urban e Cross^{8,9} hanno dimostrato come le testine in metallo determinino una corrosione/anno significativamente maggiore rispetto alle testine in ceramica biolox delta. Nel 2004 Hallab¹⁰ ha pubblicato uno studio in vitro espressamente mirato a confrontare la corrosione del cono morse con testine in ceramica zirconia rispetto a testina in lega CoCr. I ricercatori hanno scoperto che gli steli in combinazione con testine in CrCo rilasciavano una quantità di Co 11 volte superiore e una quantità di Cr

3 volte superiore agli steli combinati con teste in zirconia. Un secondo fattore predisponente è determinato da un aumento del braccio di leva; questo causa un aumento del momento di attrito (frictional torque) e di conseguenza una maggior usura all'interfaccia testa-cono morse¹¹. L'aumento del braccio di leva lo sia ha in seguito ad un incremento dell'offset, all'utilizzo di colli modulari lunghi e vari e all'impianto di teste di grande diametro. Jacob¹² ha osservato come nelle teste di diametro superiore a 40 mm vi sia un aumento dello stress sul cono morse, dimostrando una correlazione tra aumento del diametro delle teste ed incremento dell'usura.

Un ulteriore fattore di rischio di corrosione è l'assemblaggio intraoperatorio delle componenti; un'impattazione pulita e asciutta è fondamentale per tutte le combinazioni di materiali, anche se la conseguenza per metallo e ceramica sono chiaramente diverse¹³.

CONCLUSIONI

negli anni '80 e '90 i ricercatori hanno studiato in dettaglio la corrosione alla giunzione testa-cono morse. Questi primi studi hanno contribuito a stabilire il meccanismo di corrosione che oggi si ritiene essere un processo complesso di fretting e crevice corrosion. Per impianti a lungo termine come le protesi d'anca, le connessioni modulari sono state identificate come fonte primaria di preoccupazione. L'utilizzo di materiali appropriati e di testine con diametro inferiore a 40 mm, l'evitare bracci di leva eccessivi, oltre all'attento assemblaggio delle componenti sono i metodi migliori per evitare una corrosione significativa con le sue potenziali conseguenze.

BIBLIOGRAFIA

- Black J. *Does corrosion matter?* J Bone Joint Surg Br 1988;70:517-20.
- Collier JP, Surprenant VA, Jensen RE, et al. *Corrosion at the interface of cobalt-alloy heads on titanium-alloy stems.* Clin Orthop Relat Res 1991;305:12.
- Mutoh Y. *Mechanism of fretting fatigue.* JSME International Journal 1995;38:405-15.
- Black J. *Corrosion and degradation. Orthopaedic biomaterials in research and practice.* New York: Churchill, Livingstone 1988, pp. 235-266.
- Szolwinski MP, Farris TN. *Mechanics of fretting fatigue crack formation.* Wear 1996;198:93-107.
- Gilbert JL, Jacobs JJ. *The mechanical and electrochemical processes associated with taper fretting crevice corrosion: a review.* In: Marlowe D, Parr J, Mayor MB, eds. *Modularity of Orthopedic Implants.* Conshohocken, PA: ASTM 1997, pp. 45-59.
- Gilbert JL, Buckley CA, Jacobs JJ. *In vivo corrosion of modular hip prosthesis components in mixed and similar metal combinations. The effect of crevice, stress, motion, and alloy coupling.* J Biomed Mater Res 1993;27:1533-44.
- Urban RM, Jacobs JJ, Gilbert JL, et al. *Characterization of solid products of corrosion generated by modular-head femoral stems of different designs and materials, STP 1301.* In: Marlowe D, Parr J, Mayor MB, eds. *Modularity of Orthopedic Implants* Conshohocken, PA: ASTM 1997.
- Cross MB, Jenabzadeh AR, Munir S, et al. *The effect of bearing surface on corrosion at the modular junctions in total hip arthroplasty.* 25th Congress of the International Society for Technology in Arthroplasty, Sydney [Poster].
- Hallab NJ, Messina C, Skipor A, et al. *Differences in the fretting corrosion of metal-metal and ceramic-metal modular junctions of total hip replacements.* J Orthop Res 2004;22:250-9.
- Bishop NE, Waldow F, Morlock MM. *Friction moments of large metal-on-metal hip joint bearings and other modern designs.* Med Eng Phys 2008;30:1057-64.
- Jacob E, Callaghan JJ, Brown TD. *Are Large Heads an Unqualified Benefit for Metal-on-Metal Total Hip Replacement? Stability vs. "Trunnionosis"* Wear. 2013 AAOS Annual Meeting [Posters].
- Mroczkowski ML, Hertzler JS, Humphrey SM, et al. *Effect of impact assembly on the fretting corrosion of modular hip tapers.* J Orthop Res 2005;24:271-9