AFLOJAMIENTO DE TORNILLOS DE CONEXIÓN IMPLANTE DENTAL-PROTESIS MEDIANTE SIMULACION DE CARGAS CICLICAS MASTICATORIAS

F.J. Gil, A.Crespo, C.Aparicio, J.Peña, M.Marsal y J.A.Planell

CREB. Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Universidad Politécnica de Cataluña, Av. Diagonal 647, 08028-Bareclona

Resumen. En este trabajo se estudian los pares de torsión máximos para tornillos que se pueden aplicar en un sistema de implante dental. Se determina el aflojamiento que sufren estas piezas con las cargas mecánicas en medio fisiológico a 37ºC y se aprecia la mejora de la fijación producida por recubrimientos de oro de diferentes espesores en tornillos y casquillos. El oro actúa como sistema de gripaje aumentando la fricción y la superficie de agarre del tornillo a las roscas del implante dental.

Abstract. In this paper, the maximum torsional moments for screws have been determined in a singular dental implant system. The lost of the fixation under cyclic loads in physiological environment at 37ºC has been studied. The gold coating improves the fixation due to the ductile behaviour of this metal because the gold is plastic deformed and it provokes an increase of the contact surface.

1. INTRODUCCIÓN

Los implantes dentales se componen de dos partes principales: una es lo que propiamente se llama el implante que es la pieza que estará en contacto con el hueso y la parte emergente que es la prótesis dónde se colocará un casquillo que llevará en la mayoría de los casos cementados la pieza de porcelana que simulará al diente. Las dos partes están unidas en la gran mayoría de los sistemas implantológicos por un tornillo que suele ser de la aleación Ti-6Al-4V. En la Figura 1 puede observarse un esquema de un implante dental.

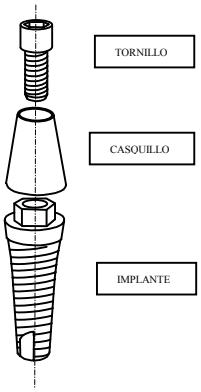


Figura 1. Esquema de la disposición de elementos que componen un implante dental.

Uno de las causas más frecuentes de revisión de implantes dentales es el aflojamiento del tornillo de conexión implante-prótesis lo que provoca desajustes entre el implante y la prótesis y con las cargas sucesivas de masticación puede llegar a la rotura del tornillo. Este problema conlleva molestias importantes al paciente y para el cirujano no es una operación fácil ya que deberá extraer la parte del tornillo del interior del alma del implante osteointegrado. En ocasiones, los filetes para la inserción del tornillo están defectuosos y en ocasiones puede ser necesario la extracción del implante y colocación de uno nuevo de mayor diámetro, si el hueso y el espacio óseo lo permiten.

Se deben tener en cuenta las dos causas principales de fallo de un montaje roscado: La relajación de la tensión y el autoaflojamiento.

Relajación de tensión.
Un montaje roscado "se relaja" cuando se produce un cambio permanente de la longitud axial del tornillo, cuando se relaja el propio substrato, como en las juntas de sellado, o cuando se cambia la temperatura. Esto reduce la tensión del tornillo y reduce además la fuerza de sujeción residual. Los cambios de longitud permanentes pueden producirse por:

- Asentamiento - Las caras rugosas de las piezas contiguas (por ejemplo tuercas, arandelas) se suavizan bajo la presión ejercida por el tornillo.
- Deformación permanente- La presión superficial en la cara de apoyo del tornillo o tuerca excede la resistencia a la compresión del material de la pieza tensionada [1-2].

Para evitar la relajación de tensión puede aumentarse la elasticidad del montaje de modo que pueda compensarse el grado esperado de asentamiento y deformación permanente, puede evitarse en gran medida la disminución de la fuerza de pretensado.

Esto es posible con:

- Tornillos con una relación l/d alta (l = longitud, d = diámetro).
- Tornillos y tuercas con reborde en cabeza, así arandelas que reducen la presión superficial y, por tanto, el asentamiento sobre las superficies de apoyo
- Tornillos y tuercas con arandela elástica embutida en cabeza o con arandelas de apoyo cóncavas.
- Arandelas cónicas de resorte o muelles cóncavos

Autoaflojamiento.
Después del apriete, la carga de sujeción se mantiene por la precarga del tornillo. Esto ocurre porque el tornillo se ha estirado como un muelle y la tensión actúa tirando de la tuerca hacia la cabeza y comprimiendo así los elementos sujetos. Una vez retirada la fuerza de apriete, la tensión actúa aflojando la tuerca del tornillo. La fricción de las roscas y bajo la cabeza del tornillo y de la tuerca se opone a esta fuerza y mantienen la tensión del tornillo [3]

Si el sistema que se sujeta está sometido a cargas alternativas o a vibración disminuye el efecto de bloqueo provocado por los componentes de fricción, por lo que la tuerca gira sobre la rosca liberando tensión. Las vibraciones pueden ser longitudinales, transversales o combinadas. Las vibraciones transversales debidas a cargas horizontales alternantes son mucho más perjudiciales y pueden aflojar rápidamente un elemento roscado normal sin tratar. Las fuerzas longitudinales debidas a las cargas axiales pulsatorias también producen alojamiento, aunque en menor grado.

Las medidas siguientes pueden evitar el aflojamiento incontrolado de tornillos cargados correctamente.

- El uso de tornillos de alta resistencia a la tracción permite mayores fuerzas de pretensado, que son suficientes para evitar el movimiento relativo.
- Un diseño que aumente la relación l/d (l = longitud del tornillo, d = diámetro del tornillo) aumentará la elasticidad del montaje. (Históricamente se ha considerado óptima una relación de l/d > 6)
- La fricción se puede aumentar modificando el acabado superficial y la estructura de las superficies de apoyo del tornillo y de la tuerca.
- Al aplicar adhesivo, se elimina el grado de libertad de los movimientos laterales debido al hecho de que las holguras se llenan por completo y, al mismo tiempo, la fricción de la rosca por la conexión interfacial una vez que el adhesivo ha curado.
- Al crear una conexión firme (es decir, tornillos integrados en la pieza, puntos de soldadura) puede limitarse el deslizamiento de la rosca.

Quien compra un tornillo o una tuerca, compra salvo raras excepciones, una sola cosa: la fuerza de sujeción, Quieren poder predecir que fuerza tendrá y cuanto tiempo se mantendrá ese valor. Además, después de cierto tiempo, quizá deseen eliminar la fuerza de sujeción. Los tornillos y las tuercas cumplen bien esta función, pero su “diseño técnico ” ha de ser correcto para obtener resultados satisfactorios alargo plazo.

Apretamos un tornillo aplicándole un par de apriete en la cabeza. Un par en sentido horario reduce la distancia entre la cabeza del tornillo y la tuerca. Si se encuentra resistencia (como al sujetar una brida), el tornillo continuará girando, hasta que se obtenga un equilibrio entre el par aplicado a la cabeza y el par de reacción del montaje. Tres son las componentes que contribuyen al par de reacción: la fricción entre las roscas coincidentes y un par inducido debido a la tensión del tornillo [4-5].

La relación de equilibrio se suele expresar, matemáticamente, por la ecuación:

$$T=KdF$$

dónde:

T = par.
d = diámetro nominal del tornillo.
F = fuerza inducida o carga de sujeción.
K = una constante empírica, que tiene en cuenta la fricción y el diámetro variable bajo la cabeza y en las roscas donde actúa la fricción (no es el coeficiente de rozamiento, aunque está relacionado con él).

2. MATERIALES Y METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Se han dispuesto de 70 implantes dentales S4 gentilmente donados por la empresa Klockner que son los más utilizados en las clínicas españolas. Se ajusta el casquillo prótesico y se aprieta el tornillo de conexión mediante un torsímetro de alta sensibilidad Tonishi. Las precargas escogidas fueron de 15 y 20 Ncm.

Para simular el comportamiento del aflojamiento de los implantes dentales debido a los ciclos de masticación se ha utilizado la máquina de fatiga MTS Bionix, realizando los ensayos cíclicos a 37ºC y en medio salivar. El sistema implante, tornillo de conexión y casquillo se colocaba en una mordaza a 30º respecto la horizontal y se aplicaban las cargas de flexión. Se muestran las mordazas en la Figura 2. Estas características de ensayo están descritas en las normas americanas FDA 36 para ensayos de fatiga de implantes endoseos. Los 30º es el máximo ángulo que se recomienda para la colocación de un implante dental en boca.

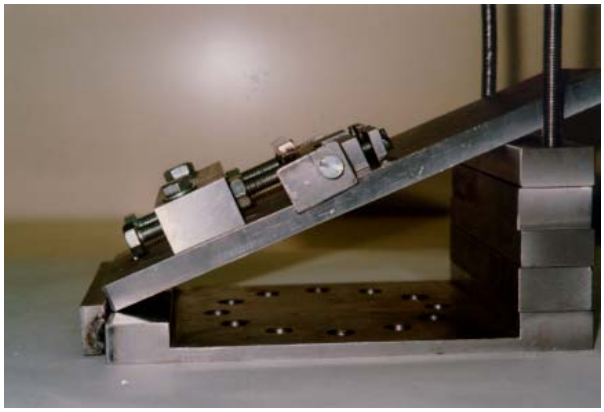


Figura 2. Mordazas de flexión a 30º utilizadas en los ensayos.

Se utilizaron 5 implantes con sus correspondientes tornillos y casquillos para realizar cada serie de ensayos. Las condiciones del programa de fatiga eran de:

* Carga de compresión de 0 hasta -40 Kg. de tipo triangular.
* Frecuencia de 10 Hz.
* Torques de precarga 15 y 20 cNm.
* Número de ciclos 500000.

A una serie de ciclos determinados, el ensayo se para y se determina mediante el torsímetro el par de apriete que presenta el tornillo de conexión entre el implante dental y el casquillo.

Se estudió una técnica para evitar el aflojamiento y fue la de recubrir de oro de 24 quilates en diferentes espesores. El oro provocará un mejor asentamiento entre los filetes de tornillo y el alma del implante dental. Se pretende que gracias a la ductilidad del oro se provoque un gripaje que evite el aflojamiento del tornillo y el implante. No hay problema en la incorporación de oro al sistema desde el punto de vista biológico ya que el oro es un metal biocompatible así como presenta una excelente resistencia a la corrosión.

Los tornillos fueron recubiertos de oro mediante técnicas electrolíticas dando unas capas de 10, 20 y 40 micrómetros de grosor de oro. Como en los casos anteriores, a diferentes números de ciclos se determinaba el aflojamiento respecto al par de apriete inicial.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION.

Ciclado de Tornillos sin recubrimiento

La media de conservación del par inicial (15Ncm) para un total de 25.000 ciclos, fue del 79.9 % para los tornillos originales que no presentan recubrimiento. A los 50.000 ciclos, la conservación del par inicial era del 75%. Al cabo de 75.000 ciclos, solo se mantenía el 51.1 % del par de apriete. A los 100.000 ciclos, el tornillo se afloja totalmente. Los resultados de aflojamiento para los tornillos que presentan un par de apriete de 20 Ncm disminuye el torque inicial a valores del 15 % del original. En la Figura 3 se muestran los resultados del porcentaje del par de apiete inicial para los tornillos sin recubrimiento.

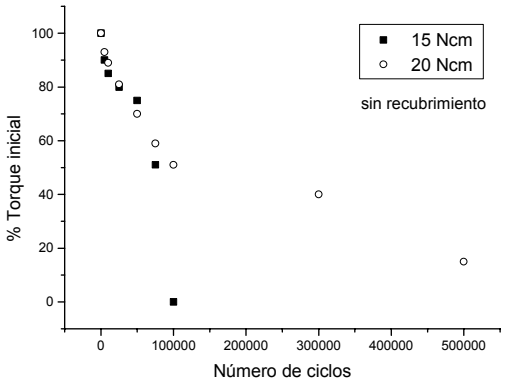


Figura 3. Porcentaje de aflojamiento en función de los ciclos masticatorios para los pares de apriete de 15 y 20 Ncm.

Como se observa en las gráficas, estos resultados ya nos ofrecen una visión de un aflojamiento considerable producido en los implantes. La carga normal de masticación suele ser de 30 Kg. El número de ciclos de 500.000 a ese nivel de carga puede aproximarse 14 meses. Sin embargo, para los pacientes bruxistas puede ser de 5 meses. Por tanto, los implantes dentales deben ser revisados por el clínico para llevar a cabo el apriete de los tornillos.

Ciclado de Tornillos recubiertos de Oro.

El oro al tener una gran plasticidad provocando un aumento de la fricción entre el tornillo y el alma del implante y por tanto la retención aumenta. El oro tiene un módulo de elasticidad muy bajo (E = 45 GPa) comparado con el titanio que presenta un valor más elevado (E = 110 GPa), el menor módulo de elasticidad y la mayor deformabilidad del oro provocará un gripaje entre el tornillo y la rosca, lo que hace que halla una mayor sección de contacto tornillo-rosca y por tanto tiene más superficie de fricción lo que lleva a un mejor bloqueo del tornillo. Además, con esta mayor superficie de contacto, se transfiere la tensión mecánica a una mayor área, lo que alivia el esfuerzo al que sometemos el tornillo.

Se debe asegurar que en este caso los implantes dentales para cada ensayo deben ser diferentes debido a que el oro de la superficie del tornillo impregnará la superficie de la rosca interna del implante y este hecho afectaría a las mediciones posteriores si se hiciera con ese mismo implante dental.

En la Figura 4 se observan los valores obtenidos, para los tornillos recubiertos de oro cuando son precargados con un par de 15 Ncm y en la Figura 5 para los 20 Ncm. Los resultados muestran que para los tornillos con diferentes grosores de recubrimiento se aprecian diferencias estadísticamente significativas (ANOVA $p<0.05$) entre los de 10 micrómetros y los de 20 y 40 micrómetros. Los espesores de 20 y 40 micrómetros presentan una mejor retención, este hecho viene a decir que 20 micrómetros es un valor de saturación es decir aunque aumentemos más espesor no hay un beneficio en retención. Los valores que se obtienen son cercanos al 90% del par de apriete inicial cuando ha sido sometido a 500.000 ciclos cuando el espesor de la capa de oro es a partir de 20 micrómetros. Para el caso de 10 micrómetros se alcanzan valores de 80% del par de apriete.

No se aprecian diferencias estadísticamente significativas de los valores de porcentaje de aflojamiento cuando son diferentes las precargas, al menos entre las estudiadas que han sido 15 y 20 Ncm.

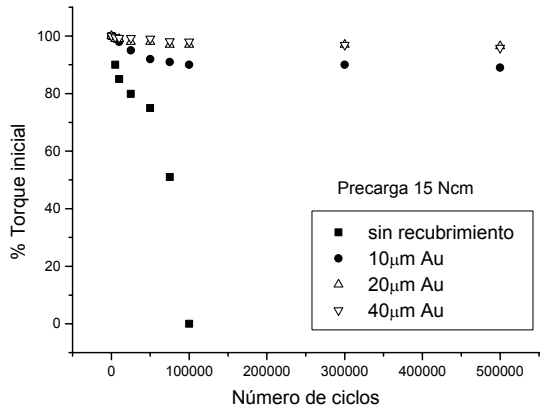


Figura 4. Porcentaje de aflojamiento en función de los ciclos masticatorios para el par de apriete de 15 Ncm.

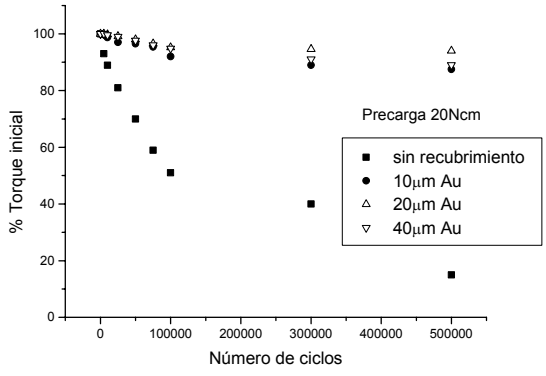


Figura 5. Porcentaje de aflojamiento en función de los ciclos masticatorios para el par de apriete de 20 Ncm.

Sin embargo, se observa una gran mejoría de retención cuando comparamos estos valores de retención con los tornillos recubiertos de oro con los que no presentan esta capa, varia desde el 90% de retención al 60% de retención de los no recubiertos, como se puede comprobar en la representación gráfica de la Figura 5.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la CICYT la concesión del proyecto de investigación y a la empresa Klockner la donación de los diferentes materiales objeto de este estudio.

REFERENCIAS

[1] Jaarda M, Razzoog M.E., Gratton D.V. Implant Dentistry. 1(1) 5-10 1995.
[2] McGlumphy E.A., Effers C.L, Mendel D.A.. J.Dent.Res. 71, 114-118 (1992).
[3] Jemt T., B.Lindén, U.Lekholm. Int. J.Oral Maxillofac. Implants 4, 241-247 (1989)
[4] Patterson E.A., Johns R.B.. Int. J. Oral Maxillofac Implants 7, 26-34 (1992)
[5].Jaarda M, Razzog M.E.,.Gratton D.V. Implant Dentistry 2 (2) 50-52 (1993)