

Caracterización biomecánica de implantes dentales estrechos

Donald Responte, PhD, Senior Test Engineer, Zimmer Biomet

Introducción

Los implantes estrechos están diseñados para lugares en los que las limitaciones anatómicas hagan inviable la colocación de implantes más anchos, como, por ejemplo, áreas con espacios angostos entre piezas adyacentes o entre raíces convergentes, o en casos de estrechez de la cresta ósea. También se pueden emplear para la reposición de piezas dentarias pequeñas, tales como los incisivos laterales de ambos maxilares. Por su colocación anterior, para el diseño de los implantes estrechos son cruciales los aspectos estéticos.

Se han llevado a cabo diversos estudios para evaluar la eficacia de los implantes estrechos. En uno de ellos se evaluaron 316 a lo largo de 10 años y se constató una tasa de supervivencia acumulada del 92,3 % y ninguna fractura implantaria¹. En otro se estudiaron 510 implantes de varios sistemas con diámetros de 3,0 a 3,5 mm² y solo se observó la pérdida de 3, lo que supone una tasa de supervivencia del 99,4 %. En general, en esos estudios a largo plazo se ha demostrado que las tasas de supervivencia que se logran con los implantes estrechos son semejantes a las obtenidas con implantes más anchos, lo que indica que los primeros pueden constituir una opción terapéutica prometedora en aquellos casos en los que estén contraindicados los segundos.

A pesar de estos esperanzadores resultados, los implantes estrechos podrían tener ciertas desventajas que podrían limitar su uso. Los factores biomecánicos de riesgo deben evaluarse con especial detenimiento antes de colocarle un implante estrecho a un paciente³. En algunos estudios se ha observado que los implantes estrechos tienen propiedades mecánicas menos favorables⁴, lo que apunta a la conveniencia de hacer pruebas de fatiga del material para reducir el riesgo de fractura en la práctica clínica. En estudio se realizó una simulación matemática de la distribución de las cargas por el implante y se determinó que el diámetro influye más que la longitud en las propiedades mecánicas⁵. Tanto los estudios teóricos como los experimentales indican la conveniencia de llevar a cabo una caracterización mecánica detallada de los implantes estrechos.

Otro aspecto crucial es la estabilidad primaria, que se considera importante para facilitar la osteointegración de los implantes dentales⁶. Dada la menor superficie que presentan los implantes estrechos con respecto a los de mayor diámetro, la reducción del área de contacto con el hueso podría conllevar una menor estabilidad primaria. Se han propuesto implantes de mayor diámetro en los casos que se suelen acompañar de densidad ósea escasa con el fin de ganar estabilidad primaria⁷. Para asegurar que los implantes estrechos tienen una estabilidad primaria suficiente se pueden llevar a cabo pruebas como la del torque de inserción, mientras que los ensayos de torsión mecánica pueden demostrar si la resistencia de los implantes estrechos es suficiente para soportar el torque de inserción. Estas ensayos, junto con los datos de las pruebas de fatiga, pueden reducir el riesgo de fracaso mecánico en aplicaciones clínicas.

Para caracterizar la biomecánica de los implantes estrechos se evaluaron cuatro tipos de implante: el Eztetic® de 3,1 × 13 mmL de Zimmer Biomet, el OsseoSpeed™ EV de 3,0 × 13 mmL de Astra Tech, el Laser-Lok® de 3,0 × 12 mmL de BioHorizons® y el NobelActive® de 3,0 × 13 mmL de Nobel Biocare. El objetivo del estudio fue evaluar el torque de inserción, la resistencia a la deformación por torsión y la resistencia a la fatiga de cada implante.

Métodos

Fatiga

Las muestras se colocaron en cemento Dycal (Dentsply, Milford, DE, EE. UU.). Se atornillaron los pilares en sus correspondientes implantes y se apretaron con los torques indicados en las respectivas instrucciones de uso. A continuación se colocaron casquillos de prueba en los pilares para garantizar que las distribuciones de carga fueran similares en todos los sistemas de implante. Las pruebas de fatiga se llevaron a cabo según la ISO 14801 a una temperatura de 20 ± 5 °C. Las cargas se aplicaron con un ritmo de 14 Hz y oscilaron entre la carga máxima y el 10 % de dicha carga máxima. Según la ISO 14801, cada implante fue testado durante 5 millones de ciclos con el ánimo de reproducir la carga funcional que reciben los implantes dentales. Se elaboraron curvas de fatiga para calcular el límite de resistencia de cada sistema de implante.

Torque de inserción

Para simular hueso denso se empleó sustrato de hueso artificial (Sawbones, Vashon Island, WA, EE. UU.) con una capa cortical de 3 mm y 50 libras por pie cúbico (pcf) de densidad y un núcleo de 30 pcf de densidad. Este sustrato se cortó en cubos experimentales de unas 0,8 pulgadas de anchura, 0,8 pulgadas de longitud y 0,8 pulgadas de altura. Siguiendo el protocolo de fresado para hueso denso de cada fabricante, se practicó una osteotomía en cada pieza de sustrato de hueso artificial. Los atornilladores de los implantes y los cubos de sustrato óseo se fijaron en soportes especialmente diseñados al efecto. Una vez alineado el implante con la osteotomía, mediante el sistema de torsión electromecánica de Bionix (MTS, Eden Prairie, MN) se hizo rotar el implante a 8 rpm hasta dejarlo a ras con la superficie del sustrato óseo. Se evaluaron 5 implantes de cada fabricante. Se determinaron los valores máximos de torque de inserción de cada implante usando el Sistema Bionix.

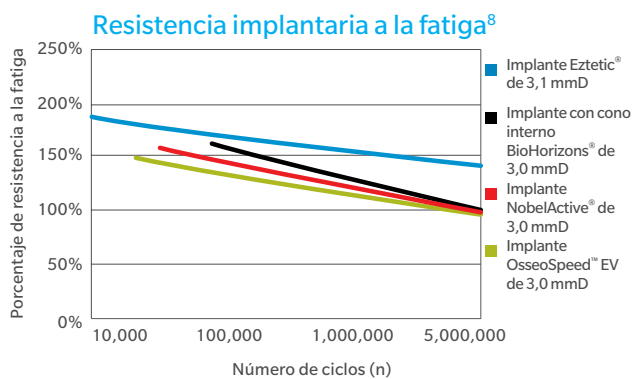
Resistencia a la deformación por torsión

Los implantes se colocaron en una resina epoxi 3M Scotch-Weld Epoxy (3M, St. Paul, Minneapolis, EE. UU.) que se dejó fraguar durante 48 horas. Se diseñaron soportes para sostener los implantes incluidos sus correspondientes atornilladores. Una vez comprobado que el atornillador estaba alineado con el implante colocado en la resina, se utilizó el sistema de torsión electromecánica de Bionix (MTS, Eden Prairie, MN) para rotar el implante mediante su correspondiente atornillador a una velocidad de 10 grados/minuto hasta que el encaje entre el implante y su atornillador falló. Se elaboraron las curvas del torque frente a la rotación para cada muestra y se analizaron según la ISO 13498 para calcular la tensión de deformación de cada muestra.

Resultados

Fatiga

Se elaboraron curvas de fatiga para todos los tipos de implante sometidos a 5 millones de ciclos a 14 Hz, que simulan la carga funcional de un implante dental, según la ISO 14801. Todos los sistemas de implante presentaron límites de resistencia equivalentes a excepción del de Zimmer Biomet, cuyo límite de resistencia fue un 43 % mayor que el de los implantes de Astra Tech, Nobel y BioHorizons (figura 1). Los implantes de Nobel, Astra Tech y BioHorizons presentaron roturas del implante y del tornillo, mientras que los implantes de Zimmer Biomet presentaron fracturas del tornillo y del implante en el nivel de la inclusión⁸.

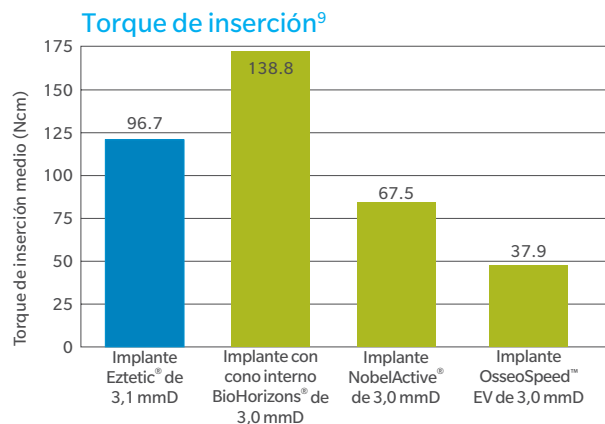


Todos los productos fueron testados en incrementos de 5 lbs.

Figura 1: Límites de resistencia de los implantes estrechos (n = 11). En las pruebas de fatiga realizadas según la ISO 14801 se demostró que al cabo de 5 millones de ciclos los implantes de Zimmer Biomet tenían un límite de resistencia un 43 % mayor que el de los implantes de Astra Tech, Nobel y BioHorizons.

Torque de inserción

Se registraron los torques máximos alcanzados al insertar los implantes en el sustrato de hueso artificial y se calculó el torque medio de inserción de cada marca de implante. Todos los implantes quedaron asentados con firmeza y no presentaron problemas⁹. Los valores del torque de inserción obtenidos para los implantes de Zimmer Biomet, BioHorizons, Nobel y Astra Tech fueron de $96,7 \pm 4,1$, $138,8 \pm 4,9$, $67,5 \pm 6,1$ y $37,9 \pm 1,6$ Ncm, respectivamente (figura 2)⁹. Los torques de inserción de los implantes de Zimmer fueron un 43 % y un 154 % más altos que los de los implantes de Astra Tech y Nobel, respectivamente⁹.



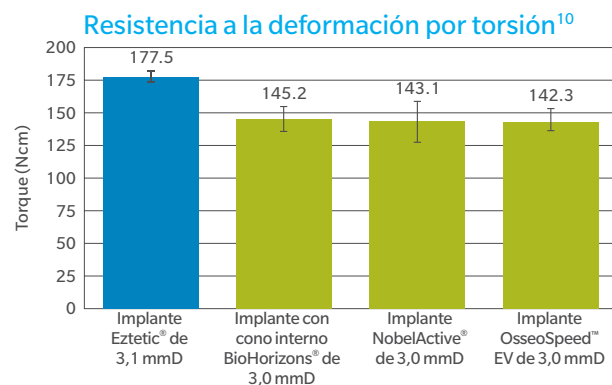
Ensayo de simulación con sustrato de hueso denso.⁹

Figura 2: Torque de inserción medio correspondiente a los implantes estrechos (n = 5). En el ensayo de torque de inserción en sustrato de hueso artificial se constató que el torque de inserción de los implantes de Zimmer Biomet es un 43 % y un 154 % mayor que el de los implantes de Astra Tech y Nobel, respectivamente. Los datos indican las medias \pm la desviación estándar.

Resistencia a la deformación por torsión

La prueba de torque se llevó a cabo hasta que el implante y/o el atornillador falló. Los resultados se cuantificaron en términos de resistencia a la deformación por torsión, que se calculó según la ISO 13498. Las resistencias a la deformación por torsión fueron de $177,5 \pm 4,9$, $145,2 \pm 10,5$, $143,1 \pm 17,4$ y $142,3 \pm 7,1$ Ncm para los implantes de Zimmer Biomet, BioHorizons, Nobel y Astra

Tech, respectivamente (figura 3)¹⁰. La resistencia a la deformación por torsión del implante de Zimmer fue un 24 %, 23 % y 22 % mayor que la de los implantes de Astra Tech, Nobel y BioHorizons, respectivamente¹⁰. Los de Nobel y los de Astra Tech se deformaron en la interfase entre el implante y el atornillador¹⁰, mientras que los de Zimmer Biomet lo hicieron a nivel de la inclusión y los de BioHorizons en la pared de la interfase¹⁰.



Ensayo de simulación con los implantes y sus correspondientes insertores.¹⁷

Figura 3: Valores de resistencia a la deformación por torsión correspondientes a implantes estrechos (n = 6). En el ensayo de resistencia de la conexión que se llevó a cabo según la ISO 13498 se constató que la resistencia a la deformación por torsión de los implantes de Zimmer Biomet es un 24 %, un 23 % y un 22 % mayor que la de los implantes de BioHorizons, Nobel y Astra Tech, respectivamente. Los datos indican las medias \pm la desviación estándar.

Discusión

El objetivo del estudio fue evaluar el torque de inserción, la resistencia a la deformación por torsión y la resistencia a la fatiga de los implantes estrechos de Zimmer Biomet, Astra Tech, BioHorizons y Nobel. Los datos demostraron que los implantes de Zimmer Biomet son los que mayor límite de resistencia a la fatiga y mayor resistencia a la deformación por torsión presentan. Además, los implantes de Zimmer Biomet tuvieron mayores torques de inserción que los implantes de Nobel y Astra Tech.

Las pruebas de fatiga son cruciales para evaluar la funcionalidad del diseño de un implante, sobre todo cuando se trata de implantes estrechos³. Los estudios de distribución de tensiones indican que los diámetros estrechos incrementan el estrés que soporta el implante^{11, 12}. Estos aumentos de la tensión pueden aumentar el riesgo de rotura por fatiga del material¹³, lo que resalta la importancia de la resistencia a la fatiga en el caso de los implantes estrechos. Los datos de las pruebas de fatiga de este estudio revelan que el implante de Zimmer Biomet tiene más resistencia a la fatiga que los implantes de Astra Tech, Nobel y BioHorizons. Estos resultados indican que el diseño del implante de Zimmer Biomet le permite soportar las tensiones aplicadas en las pruebas de fatiga y, en último término, se traduce en un menor riesgo de rotura de los componentes. La resistencia a la fatiga resulta de especial importancia en los implantes estrechos, puesto que estudios han demostrado que los diámetros pequeños pueden reducir la resistencia a la fatiga de los implantes dentales¹⁴.

Los resultados del ensayo de torsión indican que el implante de Zimmer Biomet es el que presenta mayor resistencia a la deformación por torsión. Esta mayor resistencia a la deformación por torsión del implante de Zimmer Biomet podría

deberse a diferencias existentes en el diseño del implante y/o el transportador que permitan al conjunto implante-transportador soportar mayores tensiones antes de deformarse. Puesto que una mayor resistencia a la deformación por torsión puede disminuir el riesgo de aparición de deformaciones cuando se apliquen torques excepcionalmente altos, son preferibles los resultados con mayor índice de resistencia a la deformación. Por otro lado, para disminuir el riesgo de deformación en el momento de la inserción, la resistencia a la deformación debe ser bastante mayor que el torque de inserción correspondiente.

Como complemento de los resultados de las pruebas de fatiga, los datos del torque de inserción revelaron las posibles diferencias en la estabilidad primaria de los implantes. Los resultados de este estudio apuntan a que los implantes de Astra Tech y Nobel pudieran presentar menos estabilidad primaria que los de Zimmer Biomet. Los torques de inserción bajos, que indican menor estabilidad primaria, pueden conllevar mayor riesgo de fracaso del implante¹⁵. Los valores bajos de torque de inserción podrían tener implicaciones importantes, en especial en las partes anteriores en las que la estética es fundamental, ya que la estabilidad primaria es importante a la hora de decidir la colocación de la prótesis provisional con o sin carga inmediata¹⁶. No obstante, un torque de inserción alto que se acerque a la resistencia a la deformación torsional podría ser indeseable porque podría elevar el riesgo de deformación durante la inserción. El torque de inserción del implante de BioHorizons fue un 95,5 % de su resistencia a la deformación, mientras que el torque de inserción del implante de Zimmer Biomet representó un 54,5 % de su resistencia a la deformación e incrementar su fuerza de fatiga. El torque de inserción de los implantes de Zimmer Biomet fue elevado pero sin acercarse a la resistencia a la deformación, lo que apunta a un menor riesgo de fracaso del implante durante la inserción y a una mayor probabilidad de conseguir la estabilidad primaria del implante.

Las mejores propiedades mecánicas de los implantes de Zimmer Biomet podrían explicarse por diversos factores. La forma geométrica del implante y su mecanizado preciso podrían hacerlo más resistente a la fractura o deformación. El diseño de la conexión double friction-fit podría dotar al implante de la capacidad de soportar mejor las cargas, y ello podría contribuir también a la mayor resistencia mecánica del implante de Zimmer Biomet. Por último, el implante de Zimmer Biomet está hecho de una aleación de titanio que es más resistente que los materiales de titanio puro comercial que se emplean en las aplicaciones odontológicas¹⁷. Estos factores de diseño podrían estar implicados en la mayor resistencia a la fatiga, mayor resistencia a la deformación por torsión y mayor torque de inserción que se han observado para el implante de Zimmer Biomet.

Conclusiones

La caracterización biomecánica es crucial para evaluar los implantes estrechos, ya que un diámetro implantario menor puede disminuir la resistencia mecánica³. Los resultados de este estudio demostraron que los implantes de Zimmer Biomet presentan un mayor límite de resistencia a la fatiga y una mayor resistencia a la deformación por torsión que los implantes de Astra Tech, BioHorizons y Nobel. Además, los implantes de Zimmer Biomet tuvieron mayores torques de inserción que los implantes de Nobel y Astra Tech. En conjunto, estos resultados indican que el implante de Zimmer Biomet presentará más estabilidad primaria, mayor resistencia a la deformación por torsión y mayor resistencia a la fractura por fatiga que los demás implantes estrechos.

1. Arsan V, Bolukbasi N, Ersanli S, Ozdemir T. (2010). Evaluation of 316 narrow diameter implants followed for 5-10 years: a clinical and radiographic retrospective study. *Clin Oral Implants Res.* 21(3), 296-307.
2. Degidi M, Piattelli A, Carinci F. (2008). Clinical outcome of narrow diameter implants: a retrospective study of 510 implants. *J Periodontol.* 79(1), 49-54.
3. Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu J-F, Celletti R, Lazzara R. (2000). Small-diameter implants: indications and contraindications. *J Esthet Dent.* 12(4), 186-194.
4. Allum SR, Tomlinson RA, Joshi R. (2008). The impact of loads on standard diameter, small diameter and mini implants: a comparative laboratory study. *Clin Oral Implants Res.* 19(6), 553-9.
5. Himmlöva, L, Dostalova, T, Kacovsky, A, Konvickova, S. (2004). Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 91(1), 20-5.
6. Kohn, DH. (1992). Overview of factors important in implant design. *J Oral Implantol.* 18(3), 204-19.
7. Langer B, Langer L, Herrmann I, Jorneus, L. (1993). The wide fixture: a solution for special bone situations and a rescue for the compromised implant. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 8(4), 400-8.
8. Datos de archivo.
9. Datos de archivo.
10. Datos de archivo.
11. Petrie, CS, Williams, JL. (2005). Comparative evaluation of implant designs: influence of diameter, length, and taper on strains in the alveolar crest. A three-dimensional finite-element analysis. *Clinical Oral Implants Research.* 16, 486-494.
12. Qian, L, Todo, M, Matsushita, Y, Koyano, K. (2009). Effects of implant diameter, insertion depth, and loading angle on stress/strain fields in implant/jawbone systems: finite element analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 24, 877-886.
13. Quek, CE, Tan, KB, Nicholls, JL. (2006). Load fatigue performance of a singletooth implant abutment system: effect of diameter. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 21, 929-936.
14. Boggan, RS, Strong, JT, Misch, CE, Bidez, MW. (1999). Influence of hex geometry and prosthetic table width on static and fatigue strength of dental implants. *J Prosthet Dent.* 82(4), 436-40.
15. Sakoh J, Wahlmann U, Stender E, Nat R, Al-Nawas B, Wagner W. (2006). Primary stability of a conical implant and a hybrid, cylindrical screw-type implant in vitro. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 21(4), 560-6.
16. Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, Lang NP. (2003). Critical review of immediate implant loading. *Clin Oral Implants Res.* 14, 515-527.
17. Elias, CN, Lima, JHC, Valiev, R., Meyers, MA (2008). Biomedical applications of titanium and its alloys. *Jom.* 60(3), 46-49.

Póngase en contacto con nosotros llamando al 900-800-303 (desde España) y 800-827-836 (desde Portugal) o visite zimmerbiometdental.es

Zimmer Biomet Dental
Global Headquarters
4555 Riverside Drive
Palm Beach Gardens, FL 33410, USA
Tel: +1-561-776-6700
Fax: +1-561-776-1272

Biomet 3i Dental Ibérica S.L.U.
WTC Almeda Park, Ed. 4, Planta 2ª
C/Tirso de Molina, 40
08940, Cornellà de Llobregat
Atención al cliente España: 900-800-303
Atención al cliente Portugal: 800-827-836
Fax para pedidos: 93-445-81-36
3iesb.pedidoses@zimmerbiomet.com

Salvo que se indique lo contrario, tal y como se especifica en el presente documento, todas las marcas comerciales son propiedad de Zimmer Biomet, y todos los productos son fabricados por una o más de las filiales dentales de Zimmer Biomet Holdings, Inc., y distribuidos y comercializados por Zimmer Biomet Dental y sus socios comercializadores autorizados. OsseosSpeed es una marca registrada de Dentsply. BioHorizons y Laser-Lok son marcas comerciales registradas de Evollution IP Holdings, Inc. NobelActive es una marca comercial registrada del grupo Nobel Biocare. El resto de nombres de productos de la competencia usados en este documento son propiedad de sus respectivos propietarios. Si desea información adicional sobre un producto, consulte el prospecto o las instrucciones de uso de dicho producto concreto. La autorización y la disponibilidad del producto pueden estar limitadas en determinados países/regiones. Este material está destinado a clínicos exclusivamente y no incluye asesoramiento ni recomendaciones de carácter médico. Está prohibido distribuirlo a ningún otro destinatario. Está prohibido copiar o reimprimir este material sin el consentimiento expreso por escrito de Zimmer Biomet Dental. ZB0958ES REV A 11/19 ©2019 Zimmer Biomet. All rights reserved.

