

INFLUENCIA DEL *BLASTING* CON Al_2O_3 Y VIDRIO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE DE IMPLANTES DENTALES

P. A. Corengia^(a), G. Conterno^(a), L. Pazos^(a), D. A. Egidí^(a), D. Menéndez^(b), H. DeRosa^(c), R. Crosta^(d)

^(a) Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica (CEMEC), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), C.C. 157, (B1650WAB) San Martín, Buenos Aires, Argentina. surfaces@inti.gov.ar

^(b) Centro de Investigación y Desarrollo en Electrodeposición y Procesos Superficiales (CIEPS), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), C.C. 157, (B1650WAB) San Martín, Buenos Aires, Argentina, moina@inti.gov.ar

^(c) Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Paseo Colón 850, (C1063ACV) Ciudad de Buenos Aires, Argentina hderosa@fi.uba.ar

^(d) Implantes Romi (Rosterdent), Paraguay 2838, Quilmes Oeste, Buenos Aires, Argentina rosterdent@rosterdent.com

RESUMEN

En la actualidad los implantes dentales de titanio se utilizan ampliamente debido a sus conocidas propiedades mecánicas y de biocompatibilidad. Sin embargo, el éxito clínico no sólo depende de estas propiedades, sino también del comportamiento frente a la corrosión en el medio fisiológico, del diseño del implante y principalmente de las características de la superficie del mismo. Estas características están relacionadas con las propiedades mecánicas, fisicoquímicas y topográficas del material.

Diversos trabajos indican que es posible mejorar la oseointegración del implante mediante el desarrollo de una topografía adecuada. Es con este fin que actualmente se utilizan diversos tratamientos de superficie como, por ejemplo, *blasting* con diferentes materiales, plasma spray y grabado ácido.

En este trabajo se estudió la influencia del material y tamaño de partículas utilizadas en el *blasting* sobre la topografía y la oseointegración. Para esto se utilizaron partículas de Al_2O_3 y de vidrio, agrupadas según su tamaño. En el caso de las partículas de Al_2O_3 se emplearon los siguientes tamaños: 90-230 μm , 300-785 μm , 500-900 μm y un último grupo conformado por una mezcla de los anteriores. Para los tratamientos realizados con esferas de vidrio, se usaron los siguientes tamaños: 53-106 μm , 106-212 μm , 180-425 μm y 355-850 μm .

Las superficies obtenidas fueron caracterizadas mediante microscopía electrónica de barrido y perfilometría. Para analizar en forma cualitativa la oseointegración, se realizaron ensayos de mojado sobre un implante mecanizado y otro con tratamiento de *blasting*.

Los resultados han puesto en evidencia que un aumento en el tamaño de las partículas utilizadas en el *blasting* provoca un incremento en la rugosidad de la superficie. Este aumento de rugosidad es más evidente cuando se utilizan partículas de Al_2O_3 .

Los ensayos de mojado mostraron que el implante tratado es menos hidrofóbico respecto al implante sin tratamiento, por lo que es de esperar que el tratamiento de *blasting* genere una mayor oseointegración.

Palabras claves: implantes dentales, oseointegración, *blasting*.

1. INTRODUCCIÓN

Los implantes de titanio son internacionalmente utilizados debido a sus buenas características de oseointegración. Se define como oseointegración al contacto directo entre el hueso vivo y la superficie de un implante, lo que implica una conexión funcional y estructural [1].

La respuesta de los diferentes tejidos que se encuentran en la interfase hueso-implante determina el éxito a largo plazo de los implantes. El proceso fisiológico que ocurre en esta zona depende fundamentalmente de tres características principales de la superficie del implante: la limpieza, la micromorfología y la capa estable de óxido formada sobre la superficie del implante. La contaminación de la superficie ocurre, en la mayoría de los casos, durante el tratamiento de superficie, y provoca un efecto biológico desfavorable.

La segunda característica es la capa natural de óxido (8-10 nm) que se forma inmediatamente en la superficie de titanio cuando se expone al oxígeno [2] ya que esta capa es biocompatible y no el metal base.

La tercer característica importante es la micro-morfología, que se refiere a las irregularidades en la superficie del implante con un tamaño menor a 100 micrones. Si bien la morfología óptima de la superficie es aún desconocida, está aceptado que las superficies rugosas generan una mejor oseointegración respecto a las superficies lisas [3].

El granallado o *blasting* es actualmente, uno de los tratamientos más utilizados para obtener una superficie rugosa en un implante dental [4,5]. Las partículas que bombardean la superficie del implante dental son de materiales químicamente estables, por lo que no estimulan respuestas negativas en el comportamiento biológico [6]. Esto es importante ya

que el *blasting* puede provocar la adhesión de las partículas eyectadas sobre la superficie del implante, debido a la gran velocidad de impacto, y permanecer en el mismo aún después de la limpieza en ultrasonido [7-9]. Si alguna de estas partículas se desprendiera luego de la implantación, podría interferir con la adecuada mineralización del hueso [10,11] o estimular la adhesión y la diferenciación celular [6,12]. Además, la heterogeneidad química de la superficie del implante puede alterar la excelente resistencia a la corrosión del Ti c.p. en el ambiente fisiológico. Durante la colocación del implante es casi inevitable que exista un contacto inmediato entre éste y la sangre, debido a que la médula ósea es rica en vasos sanguíneos. Por lo tanto, es razonable pensar que la cicatrización podría comenzar con reacciones que tienen lugar entre la superficie del implante y la sangre [13]. Es por esto que se busca caracterizar las superficies utilizando los ensayos de mojado. Cuanto menos hidrofóbica es una superficie, mayor es el área de contacto entre la sangre y la superficie para un mismo volumen. Por lo tanto, mejorar la mojabilidad de la superficie podría implicar una mejora en la oseointegración.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.1 Muestras

Se utilizaron discos de titanio comercialmente puro (c.p. Ti) de 6 mm de diámetro y 4 mm de altura desbastados con lija grano 1200 que luego fueron tratados por *blasting*.

Se realizaron en total 18 muestras de las cuales 8 fueron tratadas con partículas de Al_2O_3 y 8 con partículas de vidrio. Las muestras restantes, sin tratamiento, fueron empleadas como referencia.

También se utilizaron dos implantes de titanio, uno de ellos mecanizado y el otro con tratamiento de superficie para realizar ensayos de mojado.

2.2 Blasting

Los tratamientos de *blasting* se realizaron con esferas de vidrio y con partículas de Al_2O_3 de distintos tamaños. En todos los casos los parámetros de proceso fueron los mismos: presión 10 bar, distancia de la boquilla a la muestra 15 cm y tiempo 10 segundos.

Se utilizaron cuatro tamaños distintos de partículas de Al_2O_3 y cuatro tamaños distintos de esferas de vidrio. En total se obtuvieron discos de titanio con nueve tratamientos distintos:

S: muestra desbastada con lija grano 1200

Vi1: esferas de vidrio de tamaño medio 80 μm .

Vi2: esferas de vidrio de tamaño medio 160 μm .

Vi3: esferas de vidrio de tamaño medio 300 μm .

Vi4: esferas de vidrio de tamaño medio 600 μm .

A11: partículas de Al_2O_3 de tamaño medio 130 μm .

A12: partículas de Al_2O_3 de tamaño medio 470 μm .

A13: partículas de Al_2O_3 de tamaño medio 700 μm .

A14: partículas de Al_2O_3 , mezcla de las partículas utilizadas en las muestras anteriores en la siguiente proporción: A11 25%, A12 25%, A13 50%.

En el ensayo de mojado se utilizaron dos implantes, con las siguientes tratamientos:

Imp1: Implante mecanizado.

Imp2: Implante tratado con las mismas partículas utilizadas en el grupo A11.

2.3 Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Para el estudio de las topografías de las distintas muestras y la caracterización de las partículas empleadas durante el *blasting* se utilizó un microscopio electrónico de barrido Phillips modelo SEM 505.

2.4 Rugosidad de la superficie

La rugosidad de las superficies fueron medidas con un perfilómetro Hommelwerke Tester T1000. El parámetro utilizado para la caracterización de la rugosidad fue R_a , correspondiente a la media aritmética de las alturas de los picos y valles respecto a un plano principal, medido en μm .

En todos los casos, el valor de R_a se obtuvo como un promedio de los resultados medidos en cada muestra para tres direcciones diferentes.

2.5 Mojado

Para determinar cual de las superficies en estudio es menos hidrofóbica (lo que podría indicar una mejor oseointegración), se buscó hacer un análisis cualitativo del mojado de las mismas a través de un ensayo similar al *sessile drop test* [14]. En el presente trabajo, el sistema en estudio fue TiO_2 y agua doblemente destilada.

Antes de realizar el ensayo, los implantes se limpiaron en ultrasonido con acetona durante 3 minutos, luego con alcohol isopropílico durante 3 minutos y finalmente, con agua destilada durante 3 minutos. El volumen de las gotas utilizadas en los ensayos fue de 25 μl . Además, los implantes se colocaron en un soporte especial con el objeto de que los mismos permanezcan en posición horizontal durante el ensayo. Por último, luego de que el líquido alcanzara su estado de equilibrio (120 segundos), se fotografió el sistema con una cámara digital Nikon 100.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa la superficie de la muestra S, utilizada como referencia. En la misma se distinguen marcas correspondientes al desbaste. Estas marcas no se detectaron en la micrografía de las muestras con tratamiento de *blasting*.

Las muestras tratadas con *blasting* de Al_2O_3 presentaron una superficie rugosa relativamente homogénea con indicios de desgarramiento de material. A medida que se aumentó el tamaño de las partículas utilizadas, se encontraron irregularidades de mayor tamaño en las superficies, pero la estructura en todos los casos fue similar, pudiéndose observar huecos, fisuras y otras irregularidades homogéneamente distribuidas. En la Figura 2 se presenta la micrografía correspondiente a la superficie de la muestra A13.

En el caso de las muestras tratadas con esferas de vidrio, se observaron distintas morfologías a medida que aumentó el tamaño de las esferas. La muestra Vi1 presentó una superficie suave con algunas fisuras y microhuecos, además de zonas con aparente deformación plástica. El aumento del tamaño de las partículas produjo un incremento en el número y tamaño de las fisuras y el surgimiento de zonas con desgarramiento de material. En la Figura 3 se observa una micrografía de la muestra Vi4 donde se diferencian zonas de aparente deformación plástica y zonas de desgarramiento y fisuras.

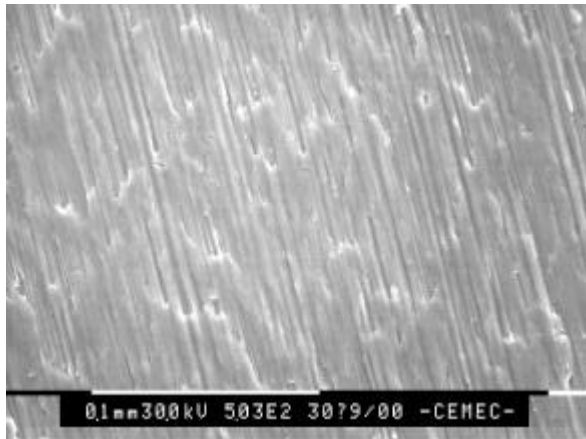


Figura 1. Imagen SEM de la muestra S donde se pueden apreciar las marcas de desbaste.

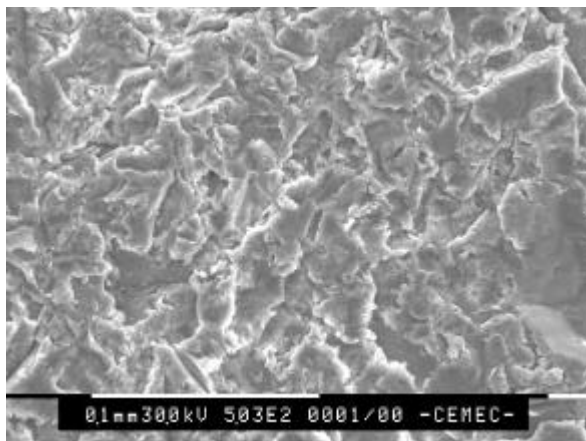


Figura 2. Micrografía electrónica de la muestra Al3.

Comparando las superficies obtenidas mediante *blasting* con distintos materiales, las muestras tratadas con Al_2O_3 presentaron, en todos los casos, un desgarramiento homogéneamente distribuido del material, con una alta densidad de irregularidades (fisuras y microhuecos). Las muestras tratadas con vidrio, en cambio, presentaron zonas con características distintas. Por un lado, se apreciaron zonas de desgarramiento similares a las observadas en las muestras tratadas con Al_2O_3 y, por otra parte, zonas de aparente deformación plástica. En todas las muestras tratadas con esferas de vidrio, la densidad de

fisuras y microhuecos fue menor que en las muestras tratadas con Al_2O_3 .

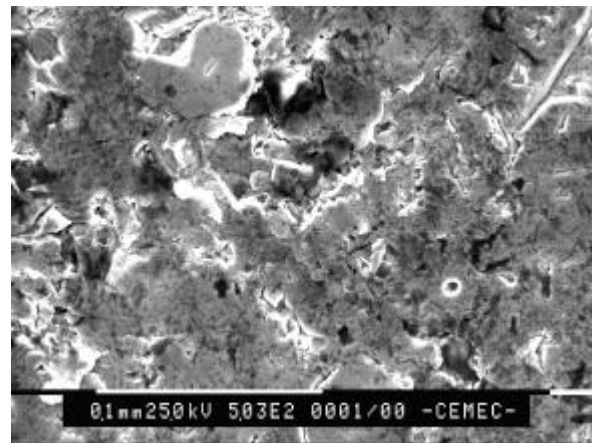


Figura 3. Imagen SEM correspondiente a la muestra Vi4.

En la Figura 4 están representados los valores de Ra de las muestras tratadas con ambos materiales, en función del tamaño de partícula utilizada. El valor de Ra obtenido para la muestra S fue de $0.233 \mu m$ y está graficado para un tamaño de partícula nulo.

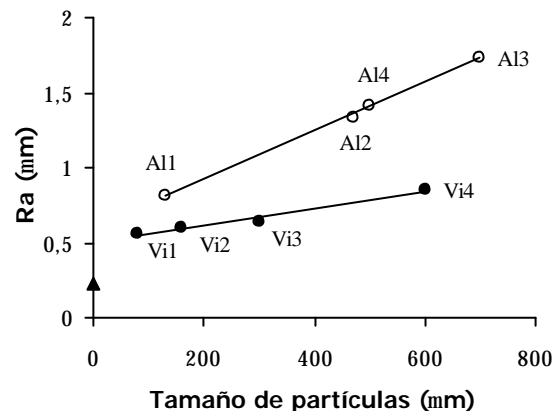


Figura 4. Rugosidad obtenida en función del tamaño de las partículas utilizadas. ? Vidrio, ? Al_2O_3 , ? S.

Un aumento en el tamaño de partícula provocó un aumento lineal de la rugosidad. Sin embargo, en el caso de partículas de Al_2O_3 , un cambio en el tamaño tuvo una mayor influencia en la rugosidad obtenida. Los resultados obtenidos en el ensayo de mojado se muestran en la Figura 5. Se puede observar que la superficie tratada con *blasting* (Imp2) fue menos hidrofóbica que la superficie mecanizada (Imp1). Esto surge de comparar el ángulo de contacto entre la gota y el implante en ambos implantes. En el caso del implante tratado, la gota se observó extendida, cubriendo una superficie mayor que en el implante mecanizado.

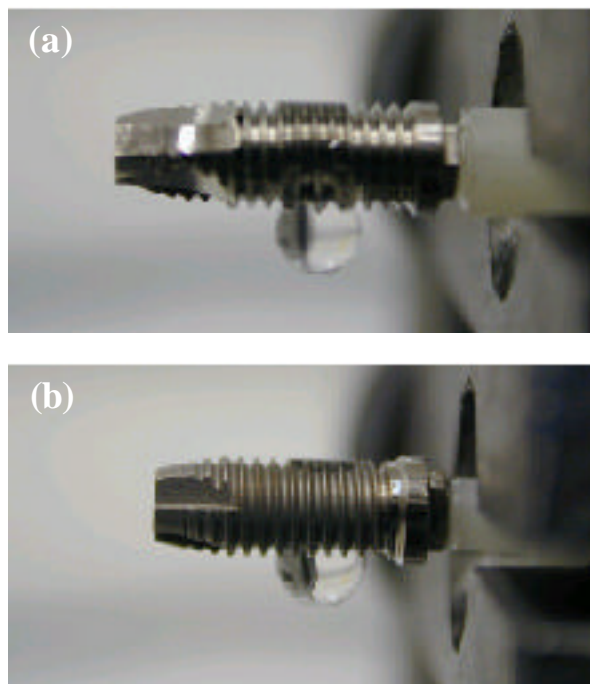


Figura 5. Imágenes del ensayo de mojado (a) Imp1, (b) Imp2

4. CONCLUSIONES

El tratamiento de *blasting* provocó, en todos los casos, la desaparición de las marcas de desgaste, y un aumento de la rugosidad media con respecto al sustrato.

Las topografías mostradas en las micrografías presentaron diferencias según el material utilizado en el tratamiento.

En el caso del *blasting* con Al_2O_3 las topografías generadas presentaron desgarramiento de material y una alta densidad de irregularidades, homogéneamente distribuidas. A medida que aumentó el tamaño de las partículas utilizadas, el tipo de irregularidades fue el mismo pero se apreciaron en mayor cantidad.

Las muestras analizadas no presentaron inclusiones de partículas de Al_2O_3 .

Como era de esperar, la muestra A14 presentó un valor de Ra intermedio entre A12 y A13, debido a que las partículas de mayor tamaño tienen más influencia en la topografía que las de menor tamaño.

Para las muestras tratadas con esferas de vidrio, se observaron zonas con aparente deformación plástica y zonas con desgarramiento del material. Las primeras fueron predominantes para pequeños tamaños de partículas, mientras que a medida que se aumentó el tamaño, aumentaron también las zonas de desgarramiento.

Las muestras presentaron algunas esferas de vidrio incluidas en la superficie por efecto del tratamiento de *blasting*.

El aumento de la rugosidad de las muestras en función del tamaño de las partículas presentó en ambos materiales una relación lineal. Se observó que una variación del tamaño de partículas de Al_2O_3 provocó

una mayor variación del parámetro Ra que en el caso de las partículas de vidrio.

El ensayo de mojado mostró un menor ángulo de contacto entre el líquido y el implante con tratamiento de *blasting*, que en el caso del implante mecanizado, lo que podría indicar una mejor oseointegración en el primer caso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Alicia Roviglione por su colaboración en esta investigación.

5. REFERENCIAS

- [1] P.I. Branemark y G.A. Zarb, Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry, Quintessence Publishing Co. Inc., London, 1985, pp. 11-63.
- [2] J. Lausmaa, B. Kasemo, U. Rolander, L.M. Bjursten, L.E. Ericson, L. Rosander y P. Thomsen, Surface Characterization of Biomaterials, Elsevier, Amsterdam, 1988, pp. 161.
- [3] A. Wennerberg, International Journal of Machine Tools & Manufacture, **38**, 1998, pp. 657-662.
- [4] A. Wennerberg, On surface roughness and implant incorporation. Ph.D. Thesis, Göteborg: University of Göteborg, 1996.
- [5] F. Jones, Surface Science Reports, **42**, 2001, pp. 75-205.
- [6] A. Naji y M.F. Harnad, Biomaterials, **12**, 1991, pp. 690-694.
- [7] B.W. Darvell, N. Samman, W.K. Luk, K.F. Clark y H. Tideman, Journal of Dentistry, **23**, 1995, pp. 319-322.
- [8] H.E. Placko, S. Mishra, J.J. Weimer y L.C. Lucas, International Journal of Oral Maxillofacial Implants, **15**, 2000, pp. 355-363.
- [9] G. Orsini, B. Assenza, A. Scarano, M. Piatelli y A. Piatelli, International Journal of Oral Maxillofacial Implants, **15**, 2000, pp. 779-784.
- [10] K. Gotfredsen, L. Nimb, E. Hjorting-Hansen, J.S. Jensen y A. Holmen, Clinical Oral Implant Research, **5**, 1994, pp. 202-206.
- [11] U. Gross y V. Strunz, Biomedical Materials Research, **19**, 1985, pp. 251-271.
- [12] C. Aparicio, F.J. Hill, C. Péraire, A. Padrós, J.A. Planell, Effect of size and material of the shot peening particles on adhesion and differentiation of osteoblast-like cell cultures on commercially pure titanium, North Sea Biomaterials 1998 Proceedings, The Hague, 1998, pp. 137.
- [13] S. Kanagaraja, A. Wennerberg, C. Eriksson y H. Nygren, Biomaterials, **22**, 2001, pp. 1809-1818.
- [14] L. Ponsonnet, K. Reybier, N. Jaffrezic, V. Comte, C. Lagneau, M. Lissac y C. Martelet, Materials Science and Engineering C, **23**, 2003, pp. 551-560.