

TRATAMIENTO DE *BLASTING*: ESTUDO DO EFEITO DAS PARTÍCULAS NAS CARACTERÍSTICAS DA SUPERFÍCIE EM IMPLANTES DENTAIS

G. Conterno¹, L. M. Pazos¹, D. A. Egidi¹, P. A. Corengia¹, H. De Rosa², R. Crosta³

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), C.C. 157, B1650WAB, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

² Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Paseo Colón 850, C1063ACV, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

³ Implantes Rosterdent, C.P. 1879, Quilmes Oeste, Buenos Aires, Argentina

Resumo. *O titânio é utilizado para a fabricação de implantes dentais devido a suas propriedades mecánicas e sua biocompatibilidade. Não obstante, existe uma busca permanente no sentido de reduzir o tempo de integração óssea, o qual depende de múltiplos fatores, entre os quais se encontra a topografia do implante.*

Utilizam-se, atualmente, diferentes tratamentos que buscam aumentar a rugosidade da superfície e sua área de contato, diminuindo assim o tempo de cicatrização óssea. Um dos tratamentos mais utilizados é o de granalha ou blasting

Neste trabalho, analisou-se a influência do material e tamanho de partículas utilizadas no blasting, empregando-se abrasivos de alumina e vidro, classificadas em 4 grupos para cada material. Os substratos foram amostras de titânio c.p. grau 2.

As superfícies foram caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura e perfilometria e a ósseointegração foi avaliada qualitativamente mediante ensaios de molhabilidade.

Os resultados mostraram que um incremento no tamanho das partículas utilizadas no blasting provocou um aumento da rugosidade média (Ra) das superfícies. Não obstante, os ensaios de molhabilidade não permitiram prever variações na integração óssea. Por outro lado, os substratos tratados com partículas de vidro apresentaram deformação plástica

Palabras-chaves: Implantes dentais, Titânio, *Blasting*, Osseointegração.

1. INTRODUCCIÓN

Los implantes dentales son fabricados en titanio debido a sus buenas propiedades mecánicas y a la biocompatibilidad que le confiere su capa de óxido superficial (TiO₂). Sin embargo, la respuesta de los tejidos que alojarán al implante influirá en el éxito a largo plazo. El objetivo es lograr, en el menor tiempo posible, la oseointegración, definida como la conexión directa estructural y funcional entre el hueso vivo ordenado, y la superficie de un implante sometido a carga [Branemark, 1997].

Esta respuesta es afectada por varios factores, entre los cuales se encuentran las características de superficie del implante, y particularmente la micromorfología, que se refiere a las irregularidades de la superficie de un tamaño menor a 100 μm. Si bien la morfología de la superficie que es óptima para la oseointegración es aún desconocida, es generalmente aceptado que las superficies rugosas generan una mejor respuesta frente a las superficies lisas [Grizon F., 2002].

Diversos tratamientos de superficie son utilizados para aumentar la rugosidad y el área de contacto entre el implante y el hueso, y entre estos tratamientos, uno de los más difundidos es el de *blasting*. Este tratamiento consiste en proyectar partículas abrasivas sobre el sustrato, produciendo desgarramiento y deformación de la superficie y aumentando sensiblemente la rugosidad.

Inmediatamente después de la colocación, el implante está en contacto con sangre y las reacciones que tienen lugar en esta interfase incidirán en la cicatrización [Kanagaraja S., 2001]. Por esto es posible utilizar ensayos de mojado para evaluar la oseointegración de las superficies, midiendo el ángulo de contacto estático que se origina entre un sustrato y un líquido (sessile drop test). Esta medición permite evaluar la mojabilidad de un sistema, considerando que para menores ángulos de contacto el mojado será mayor, y es esperable un menor tiempo de oseointegración.

Sin embargo, para superficies muy rugosas, se recomienda realizar un ensayo dinámico, donde los valores medidos son el ángulo de avance y retroceso en el instante previo al desplazamiento del líquido sobre el sustrato [Rupp F., 2004]. Estas mediciones permiten prever la facilidad con que el líquido se desplazará a regiones aún sin mojar y la tendencia de la superficie a retener el líquido, además, existen trabajos de investigación que relacionan dichos ángulos con el crecimiento y la extensión de células [Lampin M., 1997, Mekayarajjananonth T., 1999; Webb K., 1998; Schakenraad J.M., 1999; Ponsonnet L., 2003].

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Muestras

Los sustratos utilizados fueron discos de titanio comercialmente puro grado 2 de 6 mm de diámetro y 4 mm de altura. Se prepararon 9 muestras, desbastadas hasta papel abrasivo grano 1200. Una de estas muestras se utilizó como referencia y las restantes fueron tratadas con *blasting*.

Para realizar los ensayos de mojado dinámicos se utilizaron como sustratos láminas de titanio c.p. grado 2 de 20 x 10 x 0.1 mm, tratadas bajo las mismas condiciones de *blasting* que los discos.

2.2 *Blasting*

Se realizó el tratamiento de *blasting* variando el material y el tamaño de las partículas utilizadas, y se mantuvieron constantes las otras condiciones de proceso: presión 10 bar, distancia entre la boquilla y la muestra 15 cm y tiempo 15 s.

Se utilizaron partículas de Al_2O_3 y de vidrio, agrupadas en cuatro rangos de tamaños para cada material. La identificación y las partículas utilizadas para cada muestra se presenta en la Tabla 1.

Identificación de la muestra	Material de las partículas	Tamaño medio de las partículas [μm]
S	---	---
Al1	Al_2O_3	130
Al2	Al_2O_3	470
Al3	Al_2O_3	700
Al4	Al_2O_3	Mezcla de partículas de los tamaños anteriores: Al1 25%, Al2 25%, Al3 50%.
Vi1	Vidrio	80
Vi2	Vidrio	160
Vi3	Vidrio	300
Vi4	Vidrio	600

Tabla 1. Identificación de las muestras y tratamiento realizado

2.3 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

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

2.4 Rugosidad de la superficie

La rugosidad de las superficies se midió con un perfilómetro Hommelwerke Tester T1000, utilizando como parámetro el valor de rugosidad media Ra, correspondiente a la media aritmética de las alturas de los picos y valles respecto a un plano principal, medido en μm , y cuya expresión es Eq. (1).

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |r(x)|.dx \quad (1)$$

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

2.5 Ensayos de mojado

El sistema analizado fue TiO_2 -sangre, extraída por la Cátedra de Anatomía Patológica de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Se utilizó un volumen de gota de 7 μl para los ensayos estáticos y 30 μl para los ensayos dinámicos, y se realizaron 5 ensayos por muestra. Los ensayos dinámicos sólo se realizaron sobre las muestras tratadas con Al_2O_3 .

Previamente a los ensayos, se limpiaron las muestras en ultrasonido con acetona, alcohol isopropílico y agua deionizada, durante 3 minutos para cada solvente y se realizó un cuidadoso secado.

Para obtener las imágenes en los ensayos estáticos se utilizó una cámara digital Nikon 100, mientras que para los ensayos dinámicos se empleó una videocámara digital JVC GR-DVL510 UH. Los ángulos fueron medidos utilizando el software Scion Image Beta 4.0.2.

3. Resultados y Discusión

La muestra S, utilizada como referencia, presentó marcas correspondientes al desbaste, como se observa en la Fig. 1, que no fueron apreciables en las muestras con tratamiento de *blasting*.

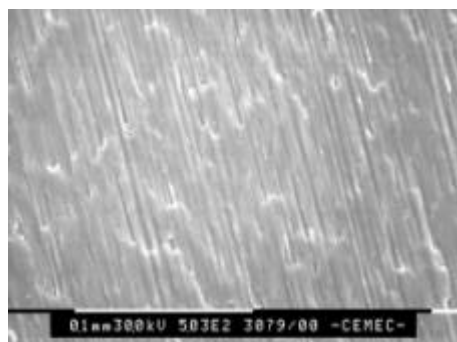


Fig. 1 Imagen SEM de la muestra S.

Las muestras tratadas con partículas de Al_2O_3 presentaron una superficie rugosa 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, manteniendo en

todo los casos una estructura similar, donde se pudieron observar huecos, fisuras y otras irregularidades homogéneamente distribuidas. En la Fig. 2 (a) se presenta una micrografía correspondiente a la superficie de la muestra Al3.

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, conjuntamente con 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 Fig. 2 (b) se observa una micrografía de la muestra Vi4 donde se diferencian zonas de aparente deformación plástica y zonas de desgarramiento y fisuras.

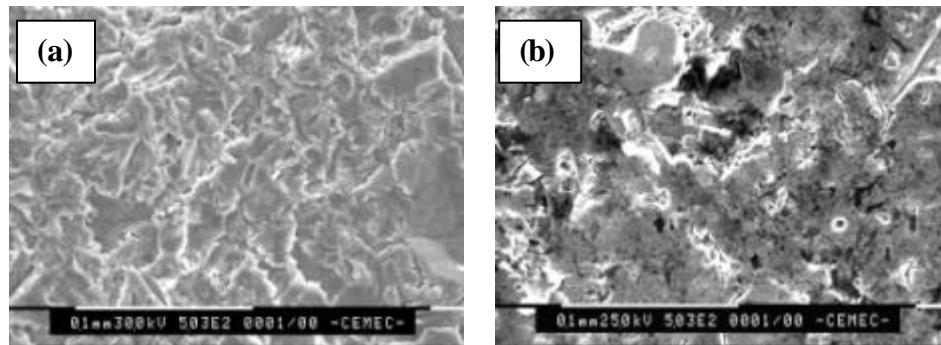


Fig. 2 Micrografías electrónicas de las muestras (a) Al3 (b) Vi4

Comparando las superficies obtenidas con partículas de 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 .

La Fig. 3 presenta fotografías de las muestras Al3 y Vi4, donde se observa la deformación sufrida por esta última, mientras que en la muestra tratada con alúmina no es apreciable dicha deformación. El tratamiento realizado con partículas de vidrio podría entonces introducir modificaciones no deseadas en la geometría del implante.

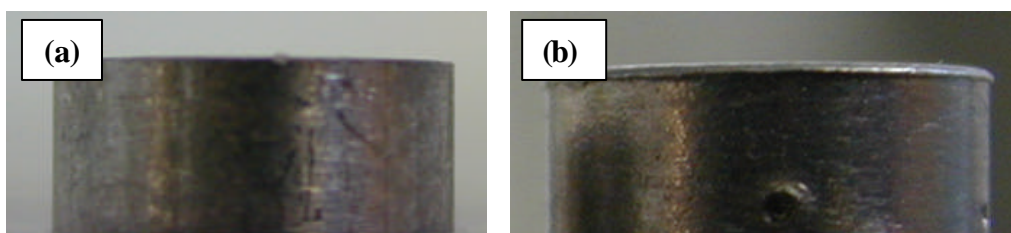


Fig. 3 Vista lateral de las muestras (a) Al3, (b) Vi4.

En la Fig. 4 están representados los valores promedio de Ra de las muestras tratadas con ambos materiales, en función del tamaño de partícula utilizada. El valor de Ra obtenido para el sustrato fue de $0.23 \mu m$ y se encuentra graficado para un tamaño de partícula nulo.

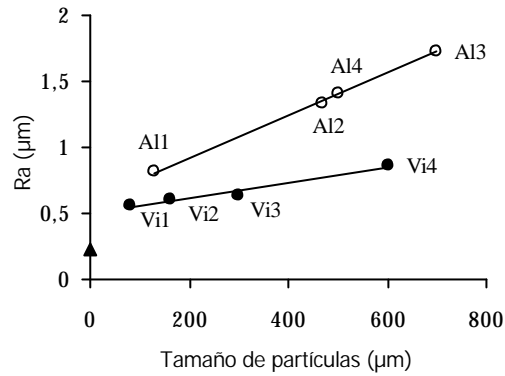


Fig. 4 Rugosidad obtenida en función del tamaño de las partículas utilizadas. ? Vidrio, ? Al₂O₃, ? S.

Un aumento en el tamaño de partícula provocó un aumento lineal de la rugosidad. Sin embargo, en el caso de partículas de Al₂O₃, un cambio en el tamaño tuvo una mayor influencia en la rugosidad obtenida.

Los resultados obtenidos en los ensayos estáticos se presentan en la Fig. 5. Las mediciones realizadas dieron como resultado valores similares entre las muestras tratadas con partículas del mismo material. Por otra parte, los ángulos promedio fueron del mismo orden para las muestras tratadas con alúmina y vidrio. En ambas figuras puede observarse que las mayores dispersiones se obtuvieron para los mayores tamaños de partícula.

Los ensayos dinámicos realizados sobre muestras tratadas con alúmina presentaron ángulos de avance similares entre sí y mayores al del sustrato. Por su parte, los ángulos de retroceso fueron menores para las muestras con tratamiento de *blasting* que para el sustrato, pero nuevamente se observó escasa variación de los valores medidos en función de la rugosidad media.

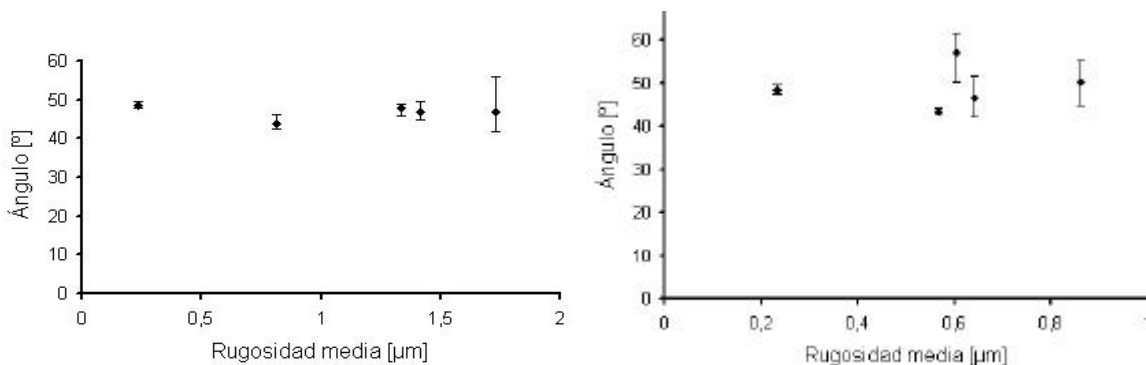


Fig. 5 Ángulo de contacto en función de Ra de ensayos estáticos sobre muestras tratadas (a) con Al₂O₃, (b) con vidrio

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 Al₂O₃ 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, la morfología no varió pero se observó mayor cantidad de irregularidades.

La muestra Al4 presentó un valor de Ra intermedio entre Al2 y Al3, debido a que las partículas de mayor tamaño tienen más influencia en la rugosidad 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*, mientras que las muestras tratadas con alúmina no presentaron partículas incluidas.

El tratamiento realizado con partículas de alúmina no provocó distorsiones apreciables en la geometría mientras que aquellas tratadas con vidrio presentaron deformación plástica.

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 Al₂O₃ provocó una mayor variación del parámetro Ra que en el caso de las partículas de vidrio.

Los resultados de los ensayos de mojado, tanto estáticos como dinámicos, no mostraron valores con una tendencia definida. El solapamiento de los resultados obtenidos para las distintas muestras podría indicar que sus superficies presentan similares características de óseointegración.

REFERENCIAS

- Branemark (1997) "Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period". *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 16 (S).
- Grizon F., Aguado E., Huré G., Baslé M. F., Chappard (2002) D., "Enhanced bone integration of implants with increased surface roughness: a long term study in the sheep", *Journal of Dentistry*, 30, 195-203.
- Kanagaraja S., Wennerberg A., Eriksson C. y Nygren H. (2001), "Cellular reactions and bone apposition to titanium surfaces with different surface roughness and oxide thickness cleaned by oxidation" *Biomaterials*, 22, 1809-1818.
- Lampin M., Warocquier-Clerout R., Legris C., Degrange M., Sigot-Luizard M. E. (1997), "Correlation between substratum roughness and wettability, cell adhesion, and cell migration", *Journal of Biomedical Materials Research*, 36 (1), 99-108.
- Mekayarajjanononh T., Winkler S. (1999), "Contact angle measurement of dental implant biomaterials", *Journal of Dental Research*, 78, 330-335.
- Ponsonnet L., Reybier K., Jaffrezic N., Comte V., Lagneau C., Lissac M., Martelet C. (2003), "Relationship between surface properties (roughness, wettability) of titanium and titanium alloys and cell behaviour", *Materials Science & Engineering C*, 23, 551-560.
- Rupp F., Scheideler L., Rehbein D., Axmann D., Geis-Gerstorfer J. (2004), "Roughness induced dynamic changes of wettability of acid etched titanium implant", *Biomaterials*, 25 (7-8), 1429-1438.
- Schakenraad J. M., Busscher H. H., Wildevuur C. R. H., Arends J. (1999), "The influence of substratum surface free energy on growth and spreading of human fibroblasts in the presence and absence of serum proteins", *Journal of Biomedical Materials Research*, 45, 140-147.
- Webb K., Hlady V., Tresco P. (1998), "Relative importance of surface wettability and charged functional groups on NIH 3T3 fibroblast attachment, spreading, and cytoskeleton organization", *Journal of Biomedical Materials Research*, 41, 422-430.