

EL GRAFENO EN LA REHABILITACIÓN BUCAL Y SU COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO. CASO CLÍNICO

ALEJANDRO NESTOR RODRÍGUEZ*, MARIANO H. CURTO*, FEDERICO SARIO*, JOSÉ D. SÁNCHEZ*, IVÁN PANAINO**, ANALÍA GARROFE***

* Cátedra Preclínica de Rehabilitación Protética, Facultad de Odontología, UBA.

**Alumno de la carrera de Especialización en Prostodoncia, Facultad de Odontología, UBA.

*** Cátedra Materiales Dentales, Facultad de Odontología, UBA.

RESUMEN

El grafeno y sus derivados son muy utilizados en ciencia y tecnología por los beneficios que otorgan sus propiedades fisicoquímicas. En el área de la salud en particular, se destacan sus propiedades biológicas debido a su elevada biocompatibilidad, interacción celular y su actividad antibacteriana. La incorporación de grafeno en ciertos materiales permite obtener un material combinado con propiedades mejoradas. Un ejemplo de ello es la incorporación industrial de óxido de grafeno en metacrilato de metilo para generar un polímero (PMMA) mejorado, no solo desde el punto de vista mecánico, sino también una notoria ventaja en la respuesta biológica de los tejidos blandos. Este artículo describe el caso clínico de un paciente de 70 años, que concurrió a la consulta buscando alternativas de tratamiento para mejorar la retención y estabilidad de las prótesis para optimizar la función masticatoria, una alternativa que impacte positivamente sobre su calidad de vida. El plan de tratamiento contempló el reemplazo de las prótesis removibles por prótesis híbridas en ambos maxilares, confeccionadas con PMMA modificado industrialmente con óxido de grafeno, previa colocación de cinco implantes en cada arco.

Palabras clave: grafeno, rehabilitación, prótesis, implantes.

ABSTRACT

Graphene and its derivatives are widely used in science and technology due to the benefits provided by their physicochemical properties. In the health area, specifically, its biological properties stand out, due to its high biocompatibility, cellular interaction, and its antibacterial activity. The incorporation of graphene in certain materials allows obtaining a combined material with improved properties. An example of this is the industrial incorporation of graphene oxide in methyl methacrylate, to generate an improved polymer (PMMA), not only from a mechanical point of view, but also a notable advantage in the biological response of soft tissues. This article describes the clinical case of a 70-year-old patient, who attended the consultation looking for treatment alternatives to improve the retention and stability of the prostheses to optimize the masticatory function, or an alternative that had a positive impact on their quality of lifetime. The treatment plan contemplated the replacement of removable prostheses with hybrid prostheses in both jaws, made with PMMA industrially modified with graphene oxide, after placing five implants in each arch.

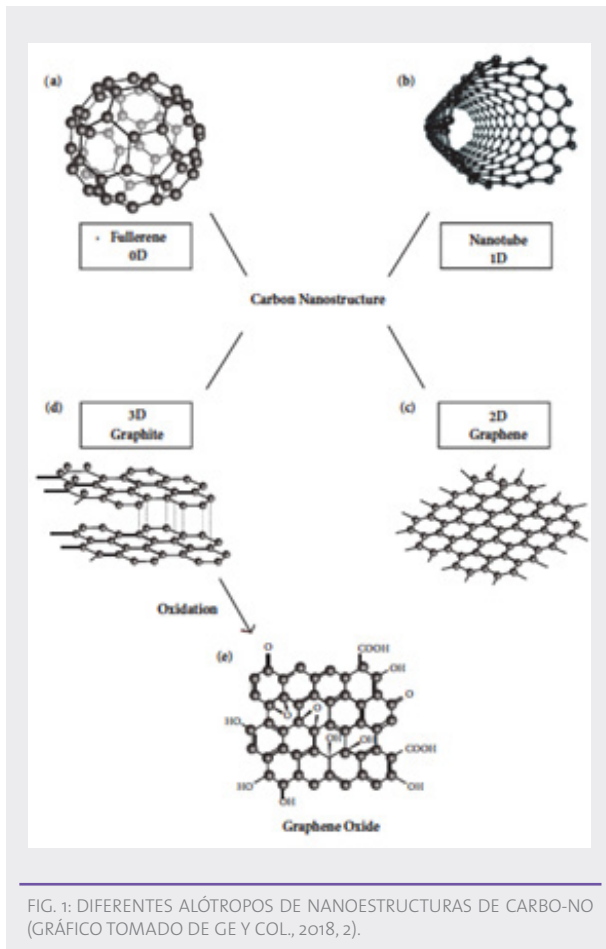
Keywords: graphene, rehabilitation, prostheses, implants.

INTRODUCCIÓN

El grafeno, un derivado del grafito, se caracteriza por presentar una estructura hexagonal cristalina basada en átomos de carbono, y al compararlo con otras nanoestructuras de carbono (Fig. 1), presenta mejor grado de biocompatibilidad debido a sus caracterís-

ticas superficiales (1). A partir del grafeno pueden obtenerse dos derivados: 1) el óxido de grafeno que se obtiene por la oxidación de grafito, y 2) el grafeno reducido que puede sintetizarse mediante la reducción del óxido de grafeno. El óxido de grafeno contiene una capa de grupos con oxígeno en su superficie, con una variedad de grupos funcionales, como por

ejemplo grupos hidroxilo, carboxilo y epoxi, lo que le permite unirse a diferentes moléculas (1).



Tanto el grafeno como sus derivados tienen amplias aplicaciones en los campos de la ciencia y la tecnología debido a sus propiedades fisicoquímicas, como lo son la conductividad eléctrica, la transparencia, la biocompatibilidad y la rigidez y resistencia mecánica. Es utilizado para el diagnóstico de enfermedades, terapia y localización de lesiones cancerígenas, bioimágenes, ingeniería tisular, biosensores y administración de fármacos, entre otros (1, 3).

La bibliografía en el área de ciencias de la salud describe a las propiedades biológicas del grafeno como su principal ventaja, debido a su elevada biocompatibilidad, su posibilidad de interacción con *stem cells* y su actividad antibacteriana. En particular, en odontología, se lo conoce por su inclusión en resinas de polimetacrilato de metilo (PMMA) con la finalidad de mejorar, no solo sus propiedades mecánicas (4), sino también los beneficios biológicos que le otorga al material (5). Se ha estudiado que la incorporación de nanohojas de grafeno pueden ser incorporadas a

otros materiales con la finalidad de mejorar su bioactividad (1).

En la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires se encuentran trabajos en desarrollo en los que se están evaluando las propiedades y el comportamiento de PMMA con grafeno. Dichos trabajos son llevados a cabo por los autores de este artículo, quienes pertenecen a las cátedras de Preclínica de Rehabilitación Protética, Materiales Dentales y el Área de Nuevas Tecnologías, en conjunto con el Laboratorio de Materiales Dentales –División de Estudios de Posgrado e Investigación– de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los resultados surgidos de la primera evaluación de las propiedades mecánicas (módulo elástico, resistencia flexural, y microdureza) de una resina de PMMA modificada industrialmente con óxido de grafeno comparada con resina de PMMA convencional, ambas de termopolimerización, fueron enviados y aceptados para su presentación en la 98th General Session of the International Association for Dental Research (Boston, Estados Unidos). La misma resina de PMMA, modificada industrialmente con óxido de grafeno y utilizada en el trabajo de investigación descripto, fue la que se utilizó para la confección de la prótesis primaria en el caso clínico que, a continuación, se describe. Actualmente también se está evaluando el comportamiento del polímero modificado con grafeno que se encuentra disponible en el mercado para sistemas CAD-CAM. Debido a que el desarrollo de sistemas CAD-CAM abiertos ha permitido la posibilidad de maquinarse bloques o discos de diferentes materiales y marcas comerciales (6) ya se encuentran disponibles en el mercado discos de PMMA modificado con grafeno. Como es conocido, por antecedentes en otros productos, los materiales para sistemas de fresado o tallado presentan mayor densidad y mejor grado de conversión, ya que su polimerización se realiza bajo ambientes controlados, por lo que es esperable que los elementos protéticos confeccionados con esta forma de presentación registren mejores propiedades que los materiales que se presentan en forma de polvo y líquido.

CASO CLÍNICO

Concurre a la consulta, en la clínica de la Especialidad en Prostodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, un paciente de sexo masculino (M.D.), de 70 años, buscando alternativas de tratamiento para mejorar la retención y estabilidad de las prótesis y optimizar la función masticato-

ria, e inclusive una alternativa que impacte de manera positiva sobre su calidad de vida.

Durante la anamnesis se describe actualmente como paciente no fumador desde hace 15 años (fumador de alrededor 10 cigarrillos diarios durante 35 años); consume alcohol ocasionalmente; presenta hipertensión controlada con medicación por su médico de cabecera; y no refiere otra patología sistémica. No fue sometido a intervenciones quirúrgicas y no refiere ser alérgico a ningún alimento ni medicación.

Al examen clínico se observan ambos maxilares desdentados, sin restos radiculares ni lesiones estomatológicas, rebordes conservados y anatómicamente favorables. En el análisis radiográfico (imagen 1) se corrobora la ausencia de piezas dentarias en ambos maxilares, se aprecia neumatización de ambos senos maxilares debido a la reabsorción de la apófisis alveolar por pérdida de piezas dentarias. El maxilar inferior se observa con leve reabsorción de las apófisis alveolares, mejor mantenida en el sector anterior.

Luego del análisis clínico-radiográfico, y considerando las expectativas de tratamiento expresadas por el paciente, se elabora un plan de tratamiento que contempla el reemplazo de las prótesis removibles por prótesis híbridas en ambos maxilares, previa colocación de cinco implantes en cada arco. En vista de la imposibilidad de colocar fijaciones intraóseas en los sectores posteriores por escasez de hueso en altura, y sin la posibilidad de realizar cirugías que incrementen el capital óseo, ya que el paciente no aceptó someterse a intervenciones quirúrgicas que podrían prolongar un año el tratamiento, se decide colocar los implantes limitados a la zona anterior hasta premolares y realizar la rehabilitación protética con extensiones posteriores tipo *cantilever*, pero con maxilares acortados.

Luego de explicar el plan de tratamiento y con el consentimiento del paciente, se decide realizar ambas prótesis utilizando *abutments* metálicos cilíndricos rectos, como anclaje y soporte a los implantes. La prótesis se confeccionó con PMMA modificado industrialmente con óxido de grafeno, y piezas dentarias con dientes de stock de laboratorio. No se realizó meso-estructura ni barra metálica de soporte, ya que de acuerdo con las propiedades descritas en la bibliografía y a las indicaciones del fabricante, el caso podía realizarse sin dichas estructuras protéticas.

La cirugía fue realizada de acuerdo con la planificación tomográfica en una sola sesión clínica. La misma se realizó a cielo cerrado, sin guía quirúrgica, y sin re-

querimiento de sutura. Se colocaron cinco implantes cónicos Ø 4.1 con conexión externa marca Rosterdent en el maxilar superior y cinco implantes cilíndricos Ø 3.3 con conexión externa marca Rosterdent en el maxilar inferior. Se prescribió cobertura antibiótica y la aplicación intramuscular de corticoide. A los 7 días se realizó el control de seguimiento clínico, corroborando la evolución favorable.

A los cuatro meses de la cirugía, el paciente concurre a la consulta con una radiografía panorámica de control a distancia (imagen 2) y se decide comenzar con la fase de rehabilitación protética propiamente dicha, comenzando con una prótesis híbrida primaria confeccionada en resina con grafeno para favorecer la recuperación tisular; y, en una segunda etapa, la realización de la prótesis obtenida por CAD CAM. Se descubren los implantes para la toma de impresiones definitivas de transferencia y se procede a la confección de llaves de comprobación. Se tomaron registros intermaxilares con sistema BOPAYACU para el montaje de modelos. En las sesiones siguientes se realizaron las pruebas de articulado dentario comprobando correctas funcionalidades estéticas, fonéticas y oclusales, para avanzar con los procesos de enmuflado y termocurado convencionales bajo 6 atmósferas de presión en una polimerizadora Polimat II (Tecnodont).

Una vez finalizado el procedimiento de polimerización y enfriamiento completo a temperatura ambiente durante 24 horas, se procede a la apertura de la mufla y posterior acabado. Para su terminación se utilizó el sistema de pigmentos de fotocurado Optiglaze Color (GC), realizando el tratamiento previo de superficie con un adhesivo ENA bond (Micerium) que fue fotopolimerizado en una unidad de curado extraoral Triad (Denstply). Se coloreó mediante técnica de maquillaje de superficie, polimerizando cada aplicación de color durante 8 minutos. Luego se cubrió con una resina translúcida de consistencia fluida del mismo sistema (Optiglaze Clear, GC) para generar una capa protectora de los pigmentos. Esta capa final se polimerizó durante 15 minutos y, por último, se pulió con fieltro en pulidora de banco a bajas revoluciones.

En la sesión clínica de instalación, se procede a colocar la prótesis en maxilar superior en primera instancia realizándolo satisfactoriamente. Al momento de la instalación de la prótesis híbrida inferior, se detecta una leve resistencia en el momento de atornillar el pilar correspondiente al implante ubicado en el sector de la pieza 44. Se procede a realizar una radiografía pe-

riapical de control y se observa una falta de concordancia en el acoplamiento entre el pilar y el implante. Se procede a corroborar el resto de las conexiones y, luego de identificar que el problema solo se encontraba en dicha unidad, se decide buscar pasividad de la estructura a nivel de pilar mencionado. Se desarticula el *abutment* de la prótesis y se ahueca dicha zona en la prótesis para lograr libre posición de este. Se atornilla, se coloca la prótesis sobre los implantes y se rebase con PMMA (convencional) de autocurado. Se retira, se pule la nueva conexión y se instala finalmente la prótesis híbrida inferior. Luego del control de la oclusión y con la conformidad del paciente, se da por terminada la etapa de instalación (imágenes 3, 4, 5).

Se programaron tres visitas de control a los 7, 30 y 90 días. En el primer control luego de la instalación, el paciente se manifiesta contento y cómodo con su situación actual, se chequean clínicamente ambas prótesis y se realiza un nuevo ajuste oclusal. Con respecto a las visitas siguientes, estas no fueron posibles de realizar por encontrarse el paciente de vacaciones y posteriormente por decretarse el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio en todo el territorio, imposibilitando la labor odontológica y la movilidad del paciente.

Transcurridos 8 meses desde la fecha de instalación, el paciente se comunica con el odontólogo relatando una fractura reciente de la estructura inferior (imagen 6), producto de un descuido al morder un alimento duro. Debido a que el extremo fracturado le provocaba heridas en la lengua, se considera la necesidad de atención para resolver la urgencia odontológica, citando al paciente inmediatamente. En la consulta, se desatornilla y se retira la prótesis híbrida inferior y se observa que la fractura se ubica en la zona que había sido rebasada intraoralmente con PMMA convencional en el momento de la instalación. Asimismo, en el análisis clínico de tejido blandos se observó que toda la encía del reborde marginal se encontraba en perfecto estado de salud gingival (imagen 7), presentado óptimo color rosa pálido y sin grados de inflamación visibles, características descritas en la bibliografía como ventajas del óxido de grafeno. Cabe destacar, como se observa en la imagen 8, que la encía de la zona rebasada con PMMA convencional presenta aspecto eritematoso compatible con respuesta inflamatoria. Se procede a la reparación de la prótesis y se comienza con la etapa de impresiones y registros para la elaboración de la prótesis híbrida, que será confeccionada mediante técnica CAD-CAM utilizando un disco de resina de polimetilmetacrilato con grafeno.

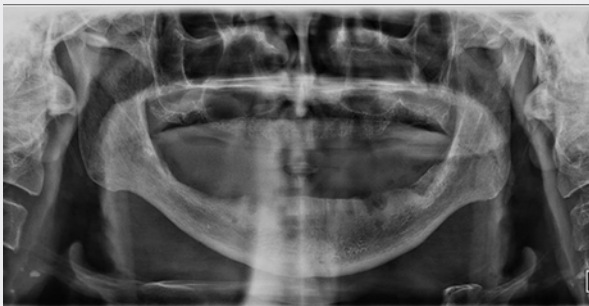


IMAGEN 1

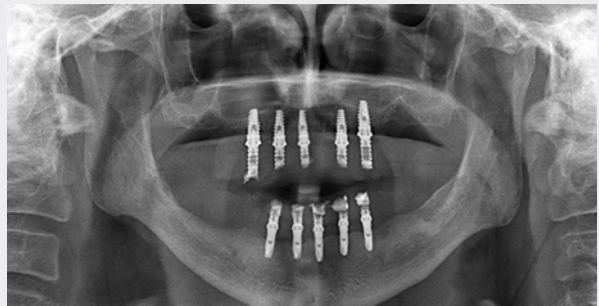


IMAGEN 2



IMAGEN 3



IMAGEN 4



IMAGEN 5



IMAGEN 6

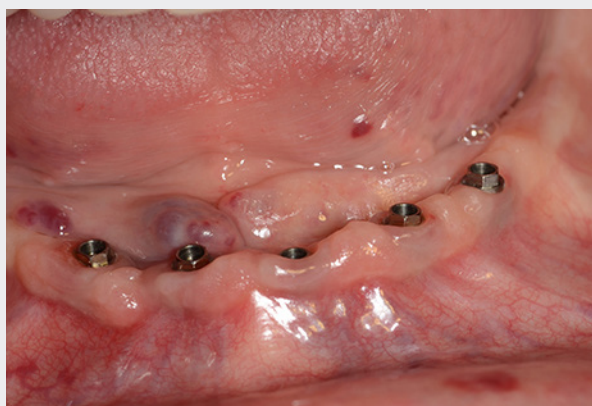


IMAGEN 7



IMAGEN 8

CONCLUSIONES

El análisis de los antecedentes bibliográficos y el seguimiento clínico del paciente nos permite concluir que, al momento de la publicación de este artículo, la incorporación de óxido de grafeno en una resina de PMMA presenta beneficios biológicos notables.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tahriri M, Del Monico M, Moghanian A, Tavakkoli Yarak M, Torres R, Yadegari A, Tayebi L. "Graphene and its derivatives: Opportunities and challenges in dentistry", Mater Sci Eng C Mater Biol Appl., 102, 171-185, Sep 2019.
2. Ge Z, Yang L, Xiao F, Wu Y, Yu T, Chen J, Lin J, Zhang Y. "Graphene Family Nanomaterials: Properties and Potential Applications in Dentistry", International Journal of Biomaterials, 2018, Article ID 1539678.
3. Foo ME, Gopinath SCB. "Feasibility of graphene in biomedical applications", Biomedicine & Pharmacotherapy, 94, 354-361, 2017.

4. Lee J-H, et al. "Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion", Dent Mater., 34(4): e63-e72, Apr 2018.

5. Azevedo L, Antonaya-Martin JL, Molinero-Mourelle P, del Rio-Highsmith J. "Improving PMMA resin using graphene oxide for a definitive prosthodontic rehabilitation - A clinical report", J Clin Exp Dent., 11(7), e670-4, 2019.

6. Agarwalla SV, Malhotra R, Rosa V. "Translucency, hardness and strength parameters of PMMA resin containing graphene-like material for CAD/CAM restorations", J Mech Behav Biomed Mater., 100:103388, Dec 2019.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración brindada por los T. P. D. Daniel López Ramos (México), Leandro Dócimo y Juan Freddy Gonzales Velasquez, en las etapas de laboratorio, y al Ing. Carlos Álvarez Gayosso y al Dr. Héctor Guzmán por compartir su experiencia clínica previa con el material.

Contacto

Dirección de correo electrónico: dralero@hotmai.com