

Biodesintegración de aparatología ortodóntica metálica

KAPLAN A¹, DE HARFIN JF²

¹Profesora Regular Titular, Cátedra de Materiales Dentales, Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires.

²Directora Especialización en Ortodoncia, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela de Odontología, Universidad Maimónides.

resumen

El objetivo de esta revisión de la literatura es describir los procesos de alteración de la aparatología de uso en ortodoncia a partir de su interacción con el medio bucal. En este aspecto se describe el medio bucal desde el punto de vista químico-biológico y a partir de allí los mecanismos de corrosión y sus posibles efectos sobre los arcos y brackets. Este último aspecto es analizado desde su composición y configuración. Se realizan consideraciones también desde el punto de vista de los materiales sin uso y reciclados.

Palabras clave: Arcos, corrosión, ortodoncia.

summary

The aim of this study is to describe the processes involved in the alterations produced in the orthodontic appliances by the oral environment. The oral media is described both from the chemical and biological point of view, and the corrosion mechanisms that may occur in the brackets and archwires. The possible effects on the mechanical properties are also described. All these aspects are analyzed regarding composition and configuration of the appliances. Considerations are made for new and recycled materials.

Key words: Archwires, corrosion, orthodontic.

INTRODUCCIÓN

El ambiente bucal, con todas sus variables, no puede ser reproducido con los métodos de investigación disponibles en la actualidad,¹ principalmente, debido a que los factores involucrados son muy numerosos y esto es un inconveniente en el momento de buscar información relevante. Las variables involucradas en la posible alteración de la aparatología son: saliva, electrolitos, microorganismos y sus metabolitos, tensiones,

alimentos y bebidas, presencia de otros materiales y cambios de temperatura entre otros.² Por lo tanto, puede decirse que no hay forma de reproducir el ambiente bucal en todos sus aspectos para realizar ensayos de materiales. De esta manera puede afirmarse que no existe un conocimiento total del desempeño de este tipo de productos referido a alteraciones superficiales, cambios estructurales y modificación de las propiedades mecánicas.

Desde el punto de vista biológico, se ha descrito en la bibliografía el aumento del nivel de cationes en saliva y plasma en pacientes portadores de aparatología metálica, que se ha tomado como un indicador de su alteración en el medio bucal. En lo que se refiere a estudios *in vivo*, existen algunas publicaciones en las que se determinó en pacientes en tratamiento ortodóntico el nivel de níquel y cromo (en algunos, también otros metales como hierro) en saliva.³⁻⁵ El acero inoxidable 316 de uso en ortodoncia posee 10-14% de níquel y 18-20% de cromo, ambos datos en peso. Eliades y col.⁴ verificaron el aumento de los niveles de ambos elementos, tanto en saliva como en suero. Günseli y col.⁵ no encontraron diferencias significativas. La diferencia entre los modelos empleados para la determinación puede ser la causa de las distintas conclusiones realizadas. Entre otros, se han evaluado distintos lapsos, que van desde 3 meses hasta 2 años. Sin embargo, y más allá de estas diferencias, hay puntos en común: aunque se encuentren ligeramente elevados, no son superiores a los valores que se mencionan como de la ingesta diaria por dieta y bebidas. El rango registrado es similar al del agua corriente o suplementos dietarios. Una conclusión interesante es que como estos registros en los pacientes no son de uso corriente, hay varios aspectos que aún deben ser aclarados antes de arribar a conclusiones definitivas. Existen otros modelos de evaluación *in vitro* en los que se han sumergido brackets en soluciones y se ha determinado la concentración de los distintos metales en esa solución, llegando a verificarse la liberación de hierro,

níquel, cobre, cromo y titanio. Gürsoy y col.⁶ también incluyeron como variable a la característica del bracket en su condición de nuevo o reciclado, encontrándose valores más elevados de metales en las soluciones donde se habían sumergido brackets reciclados.

Este trabajo se enfocará principalmente en el análisis de los fenómenos relacionados con la alteración de elementos metálicos.

CORROSIÓN

Éste es uno de los tópicos que despierta más interés en los materiales de uso habitual en ortodoncia.

Se define como corrosión al efecto de reacciones químicas indeseables sobre estructuras y propiedades de metales y aleaciones.⁷ Si un metal o aleación se encuentra en condiciones secas la reacción más frecuente es la de oxidación. Es importante conocer la velocidad con la que se esta se produce y su importancia reside en que cuanto más rápido se produzca, la capa de óxido generada tendrá mayor capacidad de protección del metal. La idea es que esa capa de óxido actúa como una barrera protectora que mantiene alejado al oxígeno del metal, disminuyendo la capacidad de reacción entre ambos elementos. En el aluminio se produce este tipo de reacción, con la capacidad de formar una capa mucho más efectiva que en otros metales y se describen al titanio y al cromo como capaces de producir el mismo fenómeno.^{8,9} Lo descrito hasta aquí, tal como se indicó, se produce en ambientes secos. En esas condiciones, entonces, el proceso de ataque de un metal está condicionado por la tasa de difusión del oxígeno o por la conducción de electrones en la capa oxidada en su superficie. Sin embargo, la situación de interés en los materiales ortodónticos, es en condiciones de humedad. Ya se detallaron las variables que entran en juego en la cavidad bucal. En estas condiciones, la pérdida de masa de un metal se vuelve apreciable con más rapidez. Si no se toman en cuenta algunas consideraciones, la vida útil de estos metales está limitada por la corrosión húmeda. Básicamente, la velocidad de oxidación de un metal en aire húmedo es millones de veces más rápida principalmente porque la conducción de electrones dentro de su masa es mucho más fácil.

La idea de este tipo de evaluaciones es relacionar el nivel de estabilidad química de las aleaciones con la biocompatibilidad.^{10,11} Los efectos inmunológicos, que están encuadrados dentro de la toxicidad, se refieren a la posibilidad de que generen algún tipo de reacción en el sitio mismo de colocación del biomaterial y en los materiales de uso en ortodoncia, se han referido primordialmente a la presencia del níquel. Se han reportado reacciones en piel y mucosas en pacientes sensibles a la presencia de este metal.¹²⁻¹⁶ Lamentablemente es difícil obtener este dato en la anamnesis del paciente simplemente debido a que el paciente mismo no posee esta información hasta

que no es puesto en contacto con este elemento. Puede explorarse la posibilidad de que haya manifestado alguna sintomatología frente a la exposición a piercings o elementos de joyería a base de acero quirúrgico.

El ataque de la superficie de un metal se puede producir de varias formas: por picado (pitting), en rendijas, intergranular, galvánica y fisurante. Se describen las más frecuentes en el uso en ortodoncia.

CORROSIÓN POR PICADO

Consiste en un ataque irregular en puntos aleatorios del metal.¹⁷ Es una de las formas más peligrosas de corrosión ya que se propaga hacia el interior desde cada uno de esos puntos y es bastante frecuente en los brackets. Una de las formas de evaluarlo es por inmersión de un metal en una solución ácida y, luego de lavado y secado, evaluar la pérdida de masa que se produce. Claramente este procedimiento mide la pérdida de masa, aunque no determina exactamente la forma en que se produce. Sin embargo, la literatura presenta información referente a distintas marcas de brackets, mostrando diferencias claras en función de la composición y tratamiento del metal. Una de las observaciones que se han podido realizar es que las partes del bracket obtenidas por deformación en frío (labrado), resultan ser las más resistentes al ataque ácido.^{1,3}

CORROSIÓN GALVÁNICA

Este tipo de proceso se produce cuando en un medio se encuentran presentes dos metales o más con diferente potencial eléctrico en contacto con un medio salino. En esta situación el metal menos noble sufre un proceso de oxidación, convirtiéndose en anódico y liberando así cationes solubles en el medio. El metal más noble se transforma en la porción catódica y no sufre oxidación.⁷

En ortodoncia, claramente puede hablarse de esta situación cuando los brackets son de una aleación y los arcos de otra, o cuando se combinan diferentes tipos de arcos. El medio salino se refiere a la saliva presente. También debe recordarse que los brackets están conformados por distintas partes que, a veces, tienen distinta composición y más aún, debería agregarse en esta consideración la aleación empleada para soldar esas partes. De esta manera se podría justificar el proceso de deterioro que sufren estos elementos al permanecer en boca por un tiempo bastante prolongado. Especialmente es un punto importante a tener en cuenta en el reciclado de brackets o arcos.⁶

CORROSIÓN FISURANTE

Se produce cuando el metal está sometido a la acción de un medio corrosivo y tensión al mismo tiempo, especialmente cuando son de tracción. Este proceso genera fisuras que se propagan al interior del metal hasta que se relajan o se fractura. Probablemente sea el proceso que más se puede identificar con el uso de alambres ortodónticos. En la Fig. 1 (izquierda) se muestra una imagen de microscopía electrónica de barrido (MEB) de un alambre de acero inoxidada-

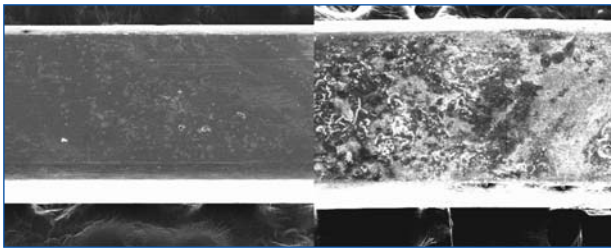


Fig. 1. Fotografía tomada en MEB de un alambre de acero inoxidable antes (izq) y después (der) de su uso clínico (150 x).
Gentileza AE Kaplan y MM Barreiro.

ble para ortodoncia sin uso. Puede observarse que, pese a que aún no ha tenido uso, su superficie presenta una serie de irregularidades que podrían facilitar los procesos de ataque en el medio bucal. Sin embargo, resulta más interesante la posibilidad de observar un arco de características similares cuando es recuperado luego de su uso clínico (derecha). Se hizo además, la observación por Espectroscopía de Energía Dispersa (EDS) a fin de determinar la composición del material.¹⁸ La Fig. 2 muestra el resultado obtenido donde puede verificarse la composición a base de hierro, níquel y cromo en el alambre nuevo y, luego de 1 mes de permanencia en la boca, puede verificarse que además de los elementos presentes en su composición original, se detectan otros como sodio, potasio, magnesio, fósforo, cloro y azufre. De alguna manera podría relacionarse esta información con la ya detallada de los elementos presentes en el medio bucal y pueden identificarse como contaminantes, apareciendo con una composición más elevada, inclusive, que la de los elementos originales de la aleación. La figura 3 muestra la imagen de un arco trenzado. Nótese que a la irregularidad de la superficie del arco se suma lo intrincado de la configuración del alambre. Nuevamente, al analizar las variables que facilitan los procesos de degradación de los materiales en boca, todo lo que lleve a retención de film microbiano, entre otras cosas, facilitará su corrosión.

La Fig. 4 muestra el estado de un arco de níquel-titanio antes de su colocación en boca y luego de su recuperación. De la misma manera que lo observado en el de acero inoxidable, las irregularidades superficiales son perceptibles. Puede notarse la presencia de fisuras en la superficie del arco recuperado luego de su uso, con lo cual puede inferirse la generación de corrosión

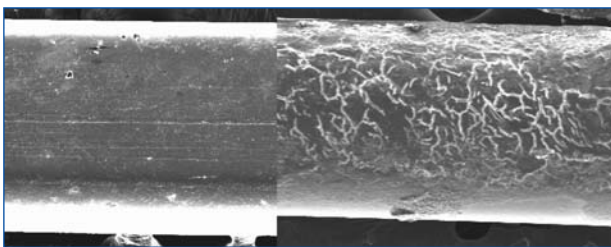


Fig. 4. Fotografía tomada en MEB de un alambre de níquel-titanio nuevo y luego de su uso (izq. y der. respectivamente) tomada a 150 x.
Gentileza AE Kaplan y MM Barreiro.

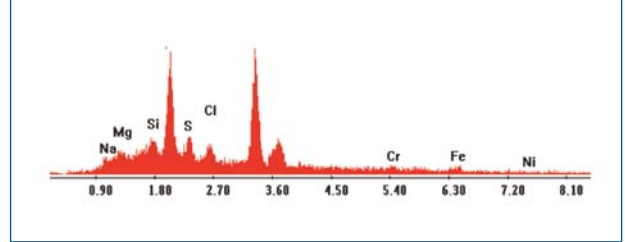
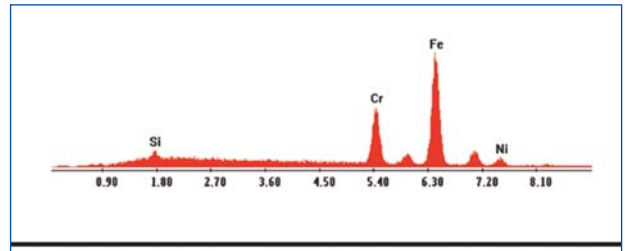


Fig. 2. Evaluación por EDS de un arco de acero inoxidable sin uso (izq) y luego de su uso (der). Gentileza AE Kaplan y MM Barreiro.

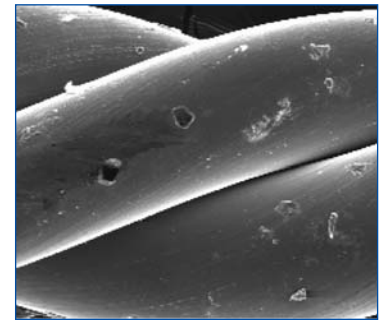


Fig. 3. Fotografía tomada en MEB de un alambre trenzado de níquel-titanio tomada a 150 x.
Gentileza AE Kaplan y MM Barreiro.

fisurante. De la misma manera que lo realizado con los arcos de acero, se analizó su composición por EDS. Los resultados se muestran en la Fig. 5, donde pueden observarse los mismos contaminantes registrados en el arco de acero recuperado, lo que podría sugerir un patrón. Esas fisuras registradas, dependiendo del tiempo de uso y de la carga aplicada, podría, eventualmente, propagarse y llegar a producir la fractura del alambre.

Por otro lado, si bien esta información es interesante, analizar si puede tener algún efecto sobre las propiedades mecánicas de los arcos resulta de sumo interés. En otras palabras, si este efecto puede afectar el comportamiento de estos metales, y de esta manera, influir sobre el tratamiento ortodóntico.

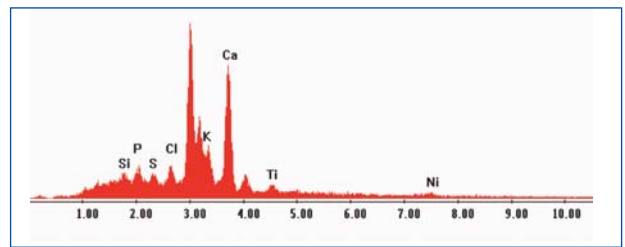


Fig. 5. Evaluación por EDS de un arco de níquel-titanio luego de dos meses de permanencia en la cavidad bucal.
Gentileza AE Kaplan y MM Barreiro.

Al considerar este punto, deben tenerse en cuenta que los efectos del envejecimiento de los elementos metálicos son los siguientes: modificación del slot del bracket por deposición de elementos, tales como biofilm y calcificaciones sobre éste y cambios estructurales sobre las propiedades mecánicas, principalmente del módulo elástico.^{19,20} La información respecto de este último punto es bastante diversa porque los modelos aplicados para su evaluación lo son también. Rodelli y Vicentini²⁰ en un estudio *in vitro* mostraron que las fases presentes en el níquel-titanio y su resistencia traccional no se ven alteradas significativamente al someterlas a soluciones ácidas o electrolíticas. Es importante destacar que lo ideal sería poder realizar estas observaciones por inmersión de los alambres en soluciones de bebida o saliva artificial a fin de acercarse lo más posible a la situación real, pero la poca estabilidad de las bebidas gaseosas hace que sea un medio poco reproducible. Básicamente, el gas presente es responsable en parte de la disminución del pH del medio y es difícil obtener medios con exactamente la misma concentración ya que su evaporación se produce con facilidad. Eliades y col.² encontraron evidencia de que la aplicación de bebidas frías sobre arcos termoactivados de Ni-Ti podría producir alguna transformación de fases reversible, dependiendo de la temperatura de activación. Los estudios realizados *in vitro* muestran la casi dificultad de ruptura del níquel-titanio, pero en la clínica esta situación se produce más frecuentemente de lo deseado. Esto debería ser tenido en cuenta principalmente cuando se evalúa la posibilidad de reciclaje de arcos de NiTi y en este aspecto, si bien no existe información científica con elevada validez externa, los trabajos publicados sugieren que el medio bucal el tratamiento ortodóntico de por sí generan alteraciones sobre la aparatología. De esta manera, el reciclado de brackets y arcos no sería recomendado hasta que haya información más concluyente.

CONCLUSIÓN

Los materiales de uso ortodóntico sufren un proceso de envejecimiento en la cavidad bucal. Este proceso de manifiesta de varias formas, como alteraciones estructurales, morfológicas y eventualmente, sobre sus propiedades mecánicas. Los factores que actúan sobre ellos son tan variados como medios líquidos, temperatura y microorganismos, entre otros. De esta manera, los materiales provistos por los fabricantes difieren notablemente de los que se recuperan una vez finalizado su tiempo de uso clínico. Obviamente este es un punto de gran importancia cuando se considera la posibilidad de reciclar aparatología ortodóntica, si se busca realizar un tratamiento previsible en lo que hace a la selección del material a emplear. Sin embargo, aún hay bastante por explorar en este campo del conocimiento, ya que gran parte de la información disponible es controversial.

BIBLIOGRAFÍA

- Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance. *Amer J of Orthod and Dentof Orthop* 2005;127(4):403-412.
- Eliades G, Eliades T, Brantley WA, Watts DC. Dental materials in vivo. Aging and related phenomena. Quintessence Publishing Co, Inc. Chicago, Berlin, Tokyo, Copenhagen, London, Paris, Milan, Barcelona, Istanbul, São Paulo, New Delhi, Moscow, Prague, and Warsaw; 2003.
- Eliades T, Athanasiou AE. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release and biocompatibility. *Angle Orthodont* 2002;72(3):222-237.
- Eliades T, Trapalis C, Eliades G, Katsavrias E. Salivary levels of orthodontic patients: a novel methodological and analytical approach. *Europ J Orthod* 2003;25:103-106.
- Günseli A, Tülin A, Belgin I, Aysen Y. Nickel and Chromium Levels in the Saliva and Serum of Patients With Fixed Orthodontic Appliances. *Angle Orthodont*, 2001;71(5):375-379.
- Gürsoy S, Acar AG, Sesen C. Comparison of metal release from new and recycled bracket – archwire combinations. *Angle Orthodont* 2005;75:1,92-94.
- Galvele JR, Duffó GS. Procesos de corrosión, Comisión Nacional de Energía Atómica; 2003.
- Ashby MF, Jones DRH. Engineering materials. An introduction to their properties and applications. 2nd ed. Butterworth – Heinemann. Oxford. UK; 1998.
- Duffo GS. Biomateriales. Buenos Aires. Eudeba;2006.
- Eliades T. Orthodontic materials research and applications: part 2. Current status and projected future developments in materials and biocompatibility. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131(2):253-262.
- Es-Souni M, Es-Souni M, Fischer-Brandies H. On the properties of two binary shape memory alloys. Effects of surface finish on the corrosion behavior and in vitro biocompatibility. *Biomater* 2002;23:2887-2894.
- Ehrmroth M, Kerosuo H. Face and neck dermatitis from a stainless steel orthodontic appliance. *Angle Orthod*. 2009;79(6):1194-1196.
- Pazzini CA, Júnior GO, Marques LS, Pereira CV, Pereira LJ. Prevalence of nickel allergy and longitudinal evaluation of periodontal abnormalities in orthodontic allergic patients. *Angle Orthod*. 2009;79(5):922-927.
- Kolokitha OE, Chatzistavrou E. Allergic reactions to nickel-containing orthodontic appliances: clinical signs and treatment alternatives. *World J Orthod*. 2008;9(4):399-406.
- Noble J, Ahing SI, Karaiskos NE, Wiltshire WA. Should I be concerned if a patient requiring orthodontic treatment has an allergy to nickel? *J Can Dent Assoc*. 2008;74(10):897-898.
- Kolokitha OE, Chatzistavrou E. A severe reaction to ni-containing orthodontic appliances. *Angle Orthod*. 2009;79(1):186-192.
- Velazco G, Ortiz R, Yépez J, Kaplan A. Análisis de la corrosión por picadura en aleaciones de níquel-cromo (Ni-Cr) utilizadas en odontología. *Revista Odontológica de Los Andes* 2009;4(1):23-30.
- Kaplan AE, Harfin J, Lespade M, Barreiro MM. Corrosion and Resistance of Orthodontic NiTi Wires in Several Conditions. *J Dent Res* 2007; Spec Iss Letter a.
- Yokoyama K, Hamada K, Moriyama K, Asaoka K. Degradation and fracture of Ni-Ti superelastic wire in oral cavity. *Biomater* 2001;22:2257-2262.
- Rodelli G, Vicentini B. Localized corrosion behavior in simulated human body fluids of commercial Ni-Ti orthodontic wires. *Biomater* 1999;20:785-792.
- Kaplan A. Materiales para ortodoncia. En J Harfin. Ortodoncia en el adulto. Buenos aires, Argentina. Ed. Med. Panamericana. 2005;13-34.