



Universidad de Oviedo



ASTURIAS
CAMPUS DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL

**EFFECTOS DELETÉREOS DERIVADOS DEL USO DE
MICROTORNILLOS EN ORTODONCIA**

Ignacio Hernández Velázquez

**Trabajo Fin de Máster
MAYO 2015**



Universidad de Oviedo



ASTURIAS
CAMPUS DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL

**EFFECTOS DELETÉREOS DERIVADOS DEL USO DE
MICROTORNILLOS EN ORTODONCIA**

Trabajo Fin de Máster

Ignacio Hernández Velázquez

TUTOR:

DRA. COVADONGA ÁLVAREZ



Universidad de Oviedo



ASTURIAS
CAMPUS DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

COVADONGA ÁLVAREZ ABAD, Doctora por la Universidad de Oviedo

CERTIFICO:

Que el trabajo titulado “Efectos deletéreos derivado del uso de microtornillos” presentado por **D. Ignacio Hernández Velázquez**, ha sido realizado bajo mi dirección y cumple los requisitos para ser presentado como Trabajo de Fin de Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dento-Facial.

En Oviedo a 30 de Abril de 2015



Universidad de Oviedo

ACRÓNIMOS UTILIZADOS:

- Ni-Ti – Níquel – Titanio.
- Cols – Colaboradores.
- TADs – Dispositivos de anclaje temporal.
- Am J Orthod Dentofacial Orthop – American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.
- Eur J Orthod – European Journal of Orthodontics.
- Aust Orthod J – Australian Orthodontic Journal.
- Angle Orthod – The Angle Orthodontist.
- J Oral Maxillofac Surg – Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.
- J. Clin. Orthod – Journal of Clinical Orthodontics.
- Med Oral Patol Oral Cir Bucal – Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal.
- Int J. Oral Maxillofac. Surg – International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.



RESUMEN

La introducción de los microtornillos en ortodoncia ha supuesto una revolución en la mecánica de los tratamientos debido a su facilidad de uso, inserción, remoción, relativo bajo coste y versatilidad ya que, en el pasado, muchos de los tratamientos requerían de una complicada biomecánica con el fin de no perder anclaje. Pese a la probada utilidad de los mismos y las ventajas que aportan como sistema de anclaje sin cooperación por parte del paciente, su uso no está exento de riesgos. La inserción, la variabilidad anatómica de las raíces o la ligera migración que se produce tras su uso pueden provocar daños iatrogénicos en las raíces de los dientes adyacentes siendo la principal causa de fracaso de los microtornillos.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la reparación de lesiones producidas en premolares humanos tras la inserción de microtornillos en contacto con sus raíces. Para ello hemos realizado una revisión bibliográfica de los trabajos publicados en los últimos años y elaborado un estudio experimental prospectivo en el cual se insertaron 2 microtornillos a un paciente del Instituto Asturiano de Odontología que cumplía los criterios de inclusión, y cuyos requerimientos ortodóncicos implicaban la exodoncia de dos primeros premolares maxilares debido a una discrepancia oseodentaria negativa. Tras insertar los microtornillos y contactar con los primeros premolares maxilares del paciente se retiraron, estableciendo un periodo de cicatrización de 8 semanas. Una vez cumplido el tiempo señalado se procedió a la exodoncia, identificando la lesión producida de manera macroscópica. Posteriormente se procesaron las muestras obtenidas y se realizaron cortes histológicos a los que se aplicó la tinción del tricrómico de Masson. El resultado concuerda con la mayoría de los estudios publicados en la literatura encontrando que se había producido la formación de nuevo cemento secundario reparador. Si bien el espesor de la capa neoformada no era uniforme, se recubrió la totalidad de la lesión.



ABSTRACT

Introduction of miniscrews in Orthodontics has made a revolution in treatment mechanics due to the ease of use, insertion and removal, relative low cost and versatility, as in the past many of the treatments needed complicated biomechanics to try to not lose any anchorage.

Even though the utility of miniscrews and their significant advantages as an anchorage system with no patient cooperation have been proved, their use is not risk-exempt. Their insertion, the anatomical diversity of roots or the slight migration produced after their use can cause iatrogenic damage to the roots of the adjacent teeth which is the main cause for the failure of miniscrews.

The aim of this work is to assess the repair of lesions produced in human premolars after the insertion of miniscrews in contact with their roots. For this we have made a literature review on the studies published in the last few years and we have elaborated an experimental prospective study in which 2 miniscrews were inserted to a patient of the "Instituto Asturiano de Odontología" who complied with the inclusion criteria and whose orthodontic requirements involved the extraction of 2 first maxillary premolars due to a negative osteodental discrepancy.

After their insertion and contact with the first maxillary premolars the miniscrews were removed, establishing a healing period of 8 weeks. Once this time concluded, the extractions were done and the lesion produced was macroscopically identified. The obtained samples were processed and histological cuts were made, to which the Masson's trichromatic stain was applied.

The results coincide with most of the studies published in the literature, finding the formation of new secondary repair cement. Even though the thickness of the new layer was not uniform, the whole lesion was completely covered.



Universidad de Oviedo

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	25
MATERIAL Y MÉTODOS	29
RESULTADOS	35
CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA.....	43

INTRODUCCIÓN



Universidad de Oviedo

El control del anclaje ha sido y sigue siendo uno de los factores clave en cualquier tratamiento de ortodoncia. Se define como anclaje en ortodoncia a la resistencia de un diente a ser movido. Sabiendo que éste es un parámetro fundamental para resolver con éxito la gran mayoría de los tratamientos en ortodoncia, numerosos dispositivos se han propuesto desde el pasado; así en 1945, Gainsforth y Higley publicaron un artículo en el que describían por primera vez la implantación de un aparato estable que no requería cooperación, insertando tornillos de vitalium (aleación de cromo-cobalto, molibdeno y silicio) en la rama mandibular de un perro para distalar un canino maxilar utilizando unos elásticos intermaxilares que los unían. No obtuvieron buenos resultados ya que todos los microtornillos se perdieron debido a que estaban sometidos a las fuerzas dinámicas producidas durante la masticación¹.

Posteriormente en 1951, gracias a los estudios de Brånemark y colaboradores se descubrió el fenómeno de la osteointegración, por el que al insertar implantes de titanio en el hueso se producía una conexión directa, estructural y funcional, entre el hueso y la superficie del implante. A partir de este momento muchos ortodoncistas comenzaron a interesarse en el uso de implantes para anclaje ortodóncico, utilizándose en un principio implantes convencionales o miniplacas y más adelante microimplantes².

En 1997 Kanomi utilizó por primera vez los microtornillos para anclaje ortodóncico tal y como los conocemos hoy en día. Inicialmente, los microtornillos fueron creados para fijar pequeños fragmentos de hueso fracturado o para sujetar miniplacas al hueso en el campo quirúrgico. Sin embargo, resultaba difícil conectar sujeciones ortodóncicas como hilos elásticos o cadenas elastoméricas a la cabeza de los microtornillos. Para compensar este fenómeno los ortodoncistas colocaban alambre de ligadura sobre la porción cervical del microtornillo; este hecho conducía frecuentemente a una reacción inflamatoria que dificultaba la higiene del mismo y la colocación de resortes y otras fuerzas ortodóncicas¹. Posteriormente se introdujeron nuevos microtornillos diseñados exclusivamente para uso ortodóncico con la cabeza modificada que solventaban este problema.



Universidad de Oviedo

La introducción de microtornillos en ortodoncia ha supuesto una revolución en la mecánica de los tratamientos debido a su facilidad de uso, inserción, remoción, relativo bajo coste y versatilidad ya que, en el pasado, muchos de los tratamientos requerían de una complicada biomecánica con el fin de no perder anclaje^{3,4,5}.

El espectro creado con la aparición de los microtornillos va desde conseguir un anclaje absoluto o de pérdida cero, es decir, permitir una “acción sin reacción” eliminando prácticamente el tercer principio de Newton (“a toda acción le corresponde una reacción de dirección opuesta y de sentido inverso a la que estamos realizando”), a conseguir direcciones de fuerza que serían muy complicadas de obtener con la mecánica tradicional sin obtener efectos indeseados o necesitando una aparatología compleja.

Las utilidades clínicas de los microtornillos son numerosas, entre las que destacan la retracción del sector anterior, distalización molar, intrusión de los dientes anteriores, intrusión molar, protracción molar, erupción forzada y corrección de mordida cruzada posterior^{2,6}.

Los microimplantes son lo suficientemente pequeños como para colocarlos en cualquier área de la boca, incluso en los espacios interradiculares. Sin embargo, tenemos que elegir la longitud, el diámetro y el tipo de cabeza de microimplante adecuados de acuerdo a la situación clínica específica.

Existe una variabilidad muy amplia en las tasas de éxito y el tiempo que permanecen los microtornillos. Reynders y cols. realizaron una revisión sistemática en 2009, encontrando una tasa de éxito superior al 80% con una variación entre el 0% y el 100%⁷. Uno de los factores que puede influir en el éxito de este tipo de aparatología es si el microtornillo se coloca por primera vez o si es necesario reinstalarlo porque se ha perdido. En este sentido, Baek y cols. encontraron una tasa de éxito del 75,2% para los microtornillos insertados una vez y del 66,7% en aquéllos que fueron reinstalados, sin hallar diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, la duración media de los microtornillos colocados inicialmente (10,0 meses) fue significativamente mayor que la de los microtornillos recolocados (6,4 meses)⁸. Según Kravitz y cols., si un



Universidad de Oviedo

microtornillo comienza a tener movilidad, no recuperará su estabilidad y probablemente necesite ser quitado y reemplazado⁹.

Entre los factores de riesgo generales que pueden causar la pérdida de los microtornillos se encuentran:

- **Tabaco:** Los pacientes que fuman más de 10 cigarrillos al día son considerados grandes fumadores y tienen peor cicatrización de los tejidos. Se asocian a una mayor tasa de fracaso y una mayor pérdida del hueso marginal alrededor de los microtornillos. Algunos autores señalan que se debe dejar de fumar una semana antes de la colocación y ocho semanas después.
- **Edad:** Si los TADS son pequeños no deben influir en el crecimiento, si bien conseguir una adecuada estabilidad primaria será más difícil ya que la densidad ósea es menor. La inserción de TADs en la región media del paladar debe retrasarse hasta que la sutura media palatina esté calcificada.
- **Antecedentes de endocarditis bacteriana:** Siempre se debe realizar profilaxis antibiótica previa, ya que es un proceso que conlleva sangrado y lesión de los tejidos duros y blandos¹⁰.
- **Diabetes:** Se debe evitar su colocación en pacientes con diabetes mal controlada¹¹. Debemos tener en cuenta que estos pacientes tienen mayor tendencia a las infecciones y la cicatrización de los tejidos es peor.
- **Medicación:** Toda medicación que dificulte la cicatrización de los tejidos, la salud gingival y los movimientos dentales debe ser tomada en cuenta antes de colocar los microtornillos. Entre estas medicaciones se encuentran los bifosfonatos, inmunomoduladores, antiepilépticos, antiagregantes plaquetarios y anticoagulantes.
- **Gingivitis y periodontitis:** Cualquiera de estos procesos deben estar inactivos de manera previa a la colocación de los microtornillos.
- **Calidad ósea:** El espesor total de hueso y sobretodo la densidad del mismo ayuda a obtener mejor retención primaria.
- **Radioterapia**¹⁰.



Entre los factores locales se encuentran:

- **Estabilidad primaria:** Un torque de inserción adecuado es un factor determinante en la tasa de éxito de los TADs, sobretodo en las regiones posteriores maxilares y mandibulares. A medida que se incrementa la longitud y el diámetro de los microtornillos, así como el espesor de cortical ósea, mayor es la estabilidad primaria que se puede conseguir¹².
- **Exceso de calor durante la implantación.**
- **Bamboleo durante la inserción.**
- **Infección alrededor del microtornillo.**
- **Falta de encía insertada¹¹.**
- **Interposición de los tejidos blandos** entre el microtornillo y el hueso.
- **Cantidad de fuerza aplicada.**
- **Ángulo de inserción.**
- **Proximidad con dientes vecinos¹³.**

Este último factor parece tener una especial relevancia en la tasa de éxito-fracaso de los mismos^{5,14}. Pese a la probada utilidad de los microtornillos y las ventajas que aportan como sistema de anclaje su uso no está exento de riesgos. Su colocación, la variabilidad anatómica de las raíces o la ligera migración que parece ser que se produce al ser utilizado para realizar movimientos ortodóncicos como señala el artículo de El-Beialy⁶, pueden producir daños iatrogénicos en las raíces de los dientes adyacentes siendo la principal causa de fracaso de los microtornillos^{4,11}.

Una localización habitual en la que se insertan este tipo de dispositivos es en la cara bucal maxilar, entre los segundos premolares y el primer molar, permitiendo así obtener el anclaje máximo. El espacio interdental en esa localización, a 5mm de la cresta alveolar, suele ser de unos 3mm. Este espacio suele ser insuficiente para un microtornillo de 1,2-2mm¹⁵. La inserción próxima al ligamento periodontal puede provocar numerosos daños que abarcan desde el desplazamiento de hueso hacia el espacio del ligamento hasta daños pulpares o incluso fractura radicular¹⁶, mientras que



Universidad de Oviedo

si lo los microtornillos no invaden el territorio del ligamento periodontal, la estabilidad de los microtornillos no debe verse comprometida¹⁷.

La regeneración periodontal producida tras una lesión con microtornillos es un proceso complejo que requiere la coordinación entre la proliferación, diferenciación y desarrollo de varios tipos de células. Durante el desarrollo del diente las células madre periodontales se originan de las células del folículo dental, y son capaces de diferenciarse para formar cemento radicular, ligamento periodontal y hueso alveolar. Algunas de estas células madre permanecen en el ligamento periodontal después de que el diente acabe su desarrollo. Durante la curación de una herida periodontal estas células madre junto con aquellas localizadas en la región perivascular del hueso alveolar, son estimuladas a proliferar, migrar dentro del defecto y diferenciarse para formar nuevos cementoblastos, fibroblastos del ligamento periodontal y osteoblastos.

En el **ligamento periodontal** se pueden producir dos fenómenos distintos en función de la gravedad de las lesiones producidas por un microtornillo: reinscripción de ligamento periodontal o nueva inserción de las mismas. Se denomina reinscripción a la unión entre dos partes de un tejido previamente separadas, bien debido a una herida periodontal o al proceso destructivo de la periodontitis. Ocurre cuando en una superficie radicular todavía persiste tejido viable del ligamento periodontal de manera que en la curación este tejido es capaz de unirse con las fibras periodontales del lado opuesto de la herida. Por el contrario, se habla de nueva inserción cuando esta reunión de tejidos (epitelio y/o conectivo) se produce en una zona de la superficie radicular sin restos viables de tejido periodontal¹⁸.

Otro componente de la estructura periodontal es el **cemento dental**, un tejido conectivo mineralizado, derivado de la capa celular ectomesenquimática del saco o folículo dentario que rodea el germen dentario. El cemento está formado por elementos celulares, en especial cementoblastos y cementocitos, y por una matriz extracelular calcificada.



Universidad de Oviedo

Existen dos tipos de cemento:

- Cemento acelular o primario. Es aquél que comienza a formarse antes de que el diente erupcione. Se deposita lentamente, de manera que los cementoblastos que lo forman secretan tropocolágeno y proteoglicanos a medida que retroceden, quedando sin células el interior del tejido. Se compone principalmente de haces de fibras altamente mineralizadas. Se encuentra predominantemente en el tercio cervical aunque puede cubrir la raíz entera.
- El cemento celular o secundario se forma en el tercio apical cuando el diente entra en oclusión. Debido a que se origina con mayor rapidez, algunos cementoblastos quedan incluidos en la matriz transformándose en cementocitos. Continúa depositándose mientras esté presente el diente, constituyendo un mecanismo de compensación del desgaste oclusal de los dientes¹⁹.

Por lo tanto, la regeneración periodontal supondría una recuperación completa de los tejidos del periodonto en altura y función, es decir, la formación de hueso alveolar además de una nueva inserción conectiva mediante fibras de colágeno funcionalmente orientadas sobre cemento de nueva formación.

No existe consenso en la literatura respecto a los daños iatrogénicos provocados por los microtornillos tras su implantación. La mayoría de los estudios están realizados en animales, lo que pone en duda si los resultados obtenidos podrían extrapolarse a los humanos. Así, Dao y cols. en 2009 realizaron un estudio en perros Beagle con 60 microtornillos de 1.4 , 1.6 y 2 mm de diámetro y longitudes de 6, 8 y 10 mm insertados en la encía adherida y sin preparación de lecho óseo (*Figura 1*). Tras evaluar con tomografía computarizada la proximidad a las raíces finalmente sólo se analizaron 16 de los casos, los cuales presentaban un daño significativo. Los resultados mostraron distintos grados de afectación radicular, penetrando incluso en la cámara y en los conductos pulpares y llegando a fracturar en algunas ocasiones las raíces dentales. A las 12 semanas se produjo reparación con cemento radicular, no hubo reabsorción radicular



Figura 1. Imagen en la que se aprecia la colocación de los microtornillos. (Tomada de Dao y cols., 2009).

ni necrosis pulpar, mientras que la anquilosis tuvo lugar sólo si se había producido fractura radicular. Además se apreciaron núcleos de formación ósea entorno al microtornillo²⁰.

Siguiendo la línea del artículo anterior, Renjen y cols. en 2009 evaluaron la respuesta de los tejidos de soporte del diente y la vitalidad pulpar ante una lesión intencionada con microtornillos. Insertaron 20 microtornillos de 2mm de diámetro y 10 de longitud, sin preparación de lecho previo ni levantamiento de colgajo, en el maxilar y en la mandíbula en la zona de premolares y molares de 3 perros Beagle.

Dieciséis de las lesiones producidas fueron graves; aun así, se produjo reparación del cemento radicular afecto por el hueso adyacente. En los casos de lesión leve, la parte de raíz afecta fue sustituida por cemento radicular nuevo y no se produjo afectación pulpar. De la misma manera que en el artículo de Dao y cols., se formaron núcleos de osteointegración en los microtornillos²¹.

Hembree y cols. estudiaron si los daños histológicos producidos a corto plazo (6 semanas) coincidían con los que aparecían a largo plazo (12 semanas)¹⁶. En 6 casos



Universidad de Oviedo

(14,2%) se produjo daño pulpar y en 3 (7,2%) apareció pérdida ósea a nivel de la furca (*Tabla 1 y figuras 2A y 2B*). En la mayoría de los casos aparecía nueva formación de cemento radicular recubriendo la lesión producida en la dentina (*Figura 3*).

El artículo concluye que los daños producidos a corto y largo plazo son similares, observándose curación periodontal en ambos casos. Por el contrario, Roncone y cols. señalan que cuando se produce una lesión radicular, la severidad del daño depende de la extensión del mismo y la rapidez con la que se soluciona el problema. Las lesiones que afectan exclusivamente al ligamento periodontal y al cemento radicular pueden tener una curación del 100%, mientras que si la afectación es pulpar puede llevar incluso a la exodoncia²².



	Immediate damage (0 wk)	Short-term damage (6 wk)	Long-term damage (12 wk)	Total	
				n	%
PDL and bone damage	2	0	1	3	7.2
Cementum damage	1	5	2	8	19.0
Dentin damage	2	4	5	11	26.2
Furcation damage	0	2	1	3	7.2
Pulpal damage	3	1	2	6	14.2
Total damage	9	12	11	31	73.8
No identifiable damage	6	2	3	11	26.2
Totals	14	14	14	42	100

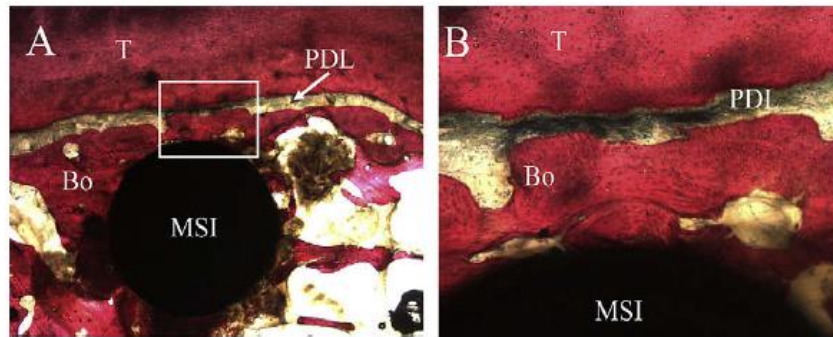


Tabla 1 y figuras 2A y 2B. La tabla muestra los daños inmediatos, a corto y a largo plazo y el número de microimplantes que han producido cada afectación. En la imagen se puede apreciar la colocación inmediata de un microtornillo causando desplazamiento del hueso que comprime el ligamento periodontal adyacente a la raíz del diente: 2A a 25 aumentos; 2B a 100 aumentos. Tomado de Hembree y cols., 2009.

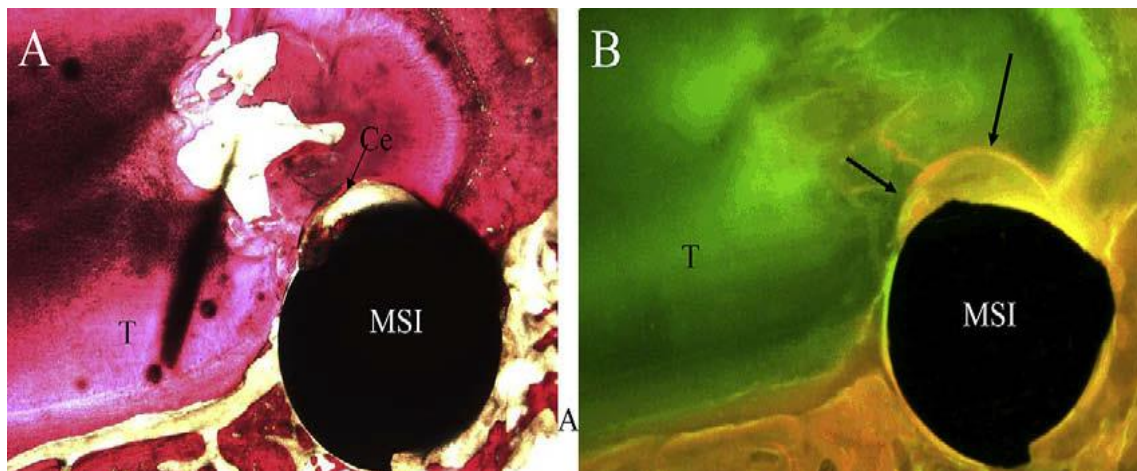


Figura 3. Curación a las 6 semanas con cemento a pesar de mantenerse el microtornillo: A con 25 aumentos y B imagen fluorescente a 20 aumentos. (Tomada de Hembree y cols., 2009).



Universidad de Oviedo

Los mismos resultados obtuvieron Alves y cols. tras realizar una revisión bibliográfica basada en 11 artículos (9 en animales y 2 en humanos), concluyendo que la calidad de la reparación radicular depende de la cantidad de daño causado por los microtornillos. Bajo condiciones favorables (sin infiltrado inflamatorio ni invasión pulpar), se puede producir curación y reparación completa de la estructura periodontal si los daños se limitan al cemento y a la dentina, mientras que si se produce perforación de la cámara o conductos pulpares pueden aparecer diferentes tipos de curación²³.

Uno de los aspectos de mayor controversia es si tras lesionar un diente con un microtornillo, el hecho de mantener una fuerza constante que los enfrente empeora las lesiones producidas, ya que en ciertos casos el contacto se produce al desplazarse los dientes que se quieren mover hacia el microimplante, como por ejemplo, cuando se va a realizar un movimiento de intrusión. En este sentido Huang y cols. en 2011 realizaron un estudio en animales en el que extraían el primer y el segundo premolar para situar microtornillos a una distancia segura de 1-2mm de la raíz mesial del tercer premolar (en uno de los animales también en distal de la raíz del canino)²⁴. La aparatología ortodóncica se colocó entre el tercer premolar y en el canino a las 3 semanas de haber insertado los microtornillos con arcos seccionales de 0,018x0,025 de acero y coil springs de Ni-Ti (150 gr), instalado para cerrar el espacio entre el canino y el tercer premolar haciendo contactar las raíces contra los microtornillos.

En el primer animal los microtornillos se dejaron 12 semanas y se valoraron los resultados a las 6 semanas de cicatrización. Tras hacer radiografías sólo tres de los ocho microtornillos que se habían colocado parecían contactar con las raíces. No existía reabsorción celular a lo largo del cemento, aunque sí había hialinización en los tejidos duros. En el microtornillo se creó tejido fibroso denso en la zona cercana o en contacto con las raíces.

El daño radicular se encontró en situación coronal en lugar de adyacente a la posición del microtornillo. En las concavidades creadas apareció nueva formación ósea y de cemento pero no se encontraron células gigantes activas ni lagunas de reabsorción (*Figuras 4A, 4B, 4C y 4D*).



En el segundo animal, en el que los microtornillos se dejaron 18 semanas y no hubo fase de reparación, las lesiones producidas fueron más grandes aunque no más profundas. En este caso sí se encontraron abundantes células multinucleares gigantes y células redondas activas.

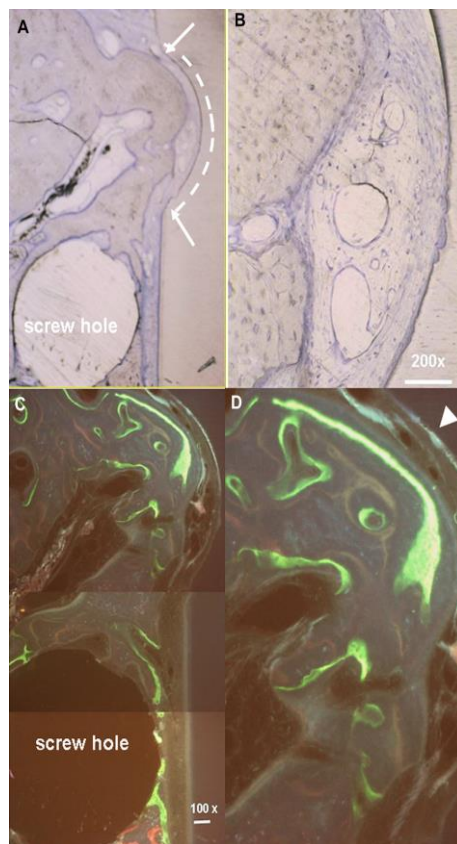


Figura 4A y 4B. Tinción de toluidina azul muestra la concavidad radicular, igual que el diámetro del microtornillo pero en posición coronal. 4C y 4D imagen fluorescente del mismo de la misma localización. (Tomado de Huang y cols., 2012).

Como conclusión del estudio, la estabilidad de los microtornillos no se vio afectada por el contacto con los dientes ni se se observaron signos de anquilosis de los dientes implicados.



Universidad de Oviedo

Estos resultados no coinciden con el estudio realizado por Kang y cols., en el cual insertaron 24 de los microtornillos en contacto con las raíces y otros 24 en el hueso alveolar como control¹³. Durante la inserción, la sensación inmediata de resistencia indicaba que los microtornillos habían invadido la raíz. Posteriormente instalaron muelles de Ni-Ti entre los microtornillos ejerciendo fuerzas de 150 gramos para realizar carga inmediata de los microtornillos y mantener una presión constante sobre las raíces lesionadas. A los 56 días se sacrificó a los animales.

Los microtornillos que invadían el espacio radicular empezaron a fallar a los 7 días de la implantación siendo la media de retención de 16 días. La tasa de fracaso de los microtornillos en contacto con las raíces fue 79,2%, significativamente mayor a la tasa de los que no estaban en contacto (8,3%). Se produjo curación de la raíz dañada a través de la formación de nuevo cemento calcificado y regeneración del ligamento periodontal, indicando que si la afectación radicular no es muy importante, los efectos adversos provocados no son graves.

Asscherickx y cols. analizaron si la distancia a la cresta marginal de un microtornillo puede ser un factor de riesgo añadido para la pérdida del mismo²⁵.

Los microtornillos del lado izquierdo se cargaron con fuerza constante con coil de 200 gramos (traccionando los microtornillos situados en las superficies proximales de manera que ejercieran la fuerza contra las raíces) y los del lado derecho tras un periodo de cicatrización de 6 semanas.

Se sacrificó a los perros a las 25 semanas y se pasó a evaluar 4 parámetros:

- Momento de la carga.
- Distancia entre el microtornillo y el nivel de la cresta ósea marginal.
- Distancia entre el microtornillo y la raíz.
- Presencia o ausencia de contacto entre el microtornillo y la raíz.

Únicamente permanecieron hasta el final del periodo de estudio 3 pares de microtornillos, de los cuales sólo uno de ellos se encontraba en contacto con la raíz dental. Dichos microtornillo presentó formación de cemento que lo separaba de la raíz.



Universidad de Oviedo

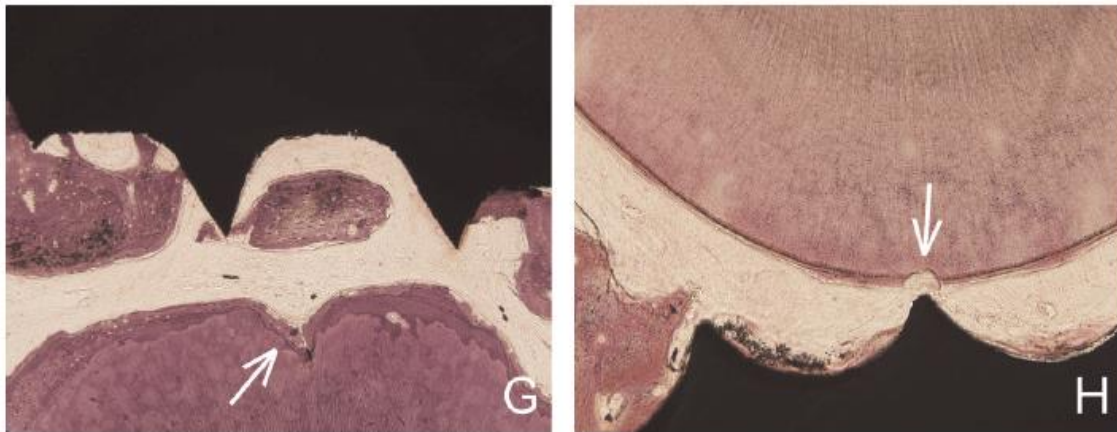
Todos los microtornillos que se colocaron en contacto con la raíz de un premolar y a menos de 1mm de la cresta ósea marginal fallaron.

Siguiendo con la línea de investigación anterior, Lee y cols. insertaron microtornillos de 1,6 mm de diámetro y 6 mm de longitud en la superficie bucal del maxilar y de la mandíbula de 4 perros Beagle adultos, realizando un lecho previo con fresa de 1mm con una profundidad de 3mm¹⁵. Una semana después de la inserción se aplicó fuerza ortodóncica constante con coil de 200-300 gramos entre el microimplante mesial y el distal.

A las 16 semanas de la inserción se realizó el examen histológico, clasificándose las muestras en 4 grupos en función de la proximidad a la que habían quedado los microtornillos con respecto a las raíces:

- Menos de 2 milímetros de separación con la raíz: 24 de los microtornillos.
- Contacto con el ligamento periodontal pero no con la raíz: 7 de los microtornillos.
- Contacto radicular: 8 de los microtornillos.
- Perforación radicular: 7 microtornillos.

Se produjo reabsorción del cemento en el 52,17% del total de los casos. En el grupo en el que menos reabsorciones radiculares tuvieron lugar fue en el que los microtornillos se quedaron a 2mm de la raíz (16,7%). En este grupo y en el grupo con contacto con el ligamento periodontal aumentó el número de reabsorciones en aquellos casos en los que los microtornillos se encontraban a menos de 0,6mm de la raíz (*Figuras 5G Y 5H*). No obstante, en algunos especímenes se observó reparación del área afecta con cemento secundario. En todas las muestras que pertenecían al grupo con contacto radicular se produjo reabsorción de las raíces entorno a los microtornillos, que fue sustituida por formación ósea con anquilosis en la zona dañada. Sin embargo, en aquellos en los que se produjo perforación radicular, la anquilosis apareció en el lado contrario al de inserción del microtornillo, además de producirse grietas en la dentina que rodeaba el microtornillo.



Figuras 5G Y 5H. Imágenes histológicas en las que se aprecia la reabsorción en la dentina con reparación con cemento: 5G gran reabsorción; 5H reabsorción mínima. Tomadas de Lee y cols, 2010.

Con el fin de evitar la lesión de las raíces dentarias, no sólo durante el emplazamiento de los microtornillos sino también durante la fase activa de movimiento dental, resulta muy útil su inserción de manera oblicua. Esto permite, además, incrementar el contacto con la cortical ósea aumentando de manera considerable la estabilidad inicial de los microtornillos²⁶. No obstante, la inserción oblicua puede incrementar el riesgo de deslizamiento del microtornillo durante la introducción en el hueso provocando que este no quede en la localización exacta planificada en un principio, sobre todo en aquellos casos en los que no realiza fresado de lecho previo a la colocación⁹.

Iwai y cols. evaluaron la relación existente entre el ángulo de inserción de los microtornillos y la frecuencia de lesión radicular, así como los efectos del contacto radicular en las tasas de éxito o fracaso de los microtornillos insertados en el hueso vestibular maxilar²⁷. Para ello estudiaron 80 pacientes de ortodoncia a los que insertaron 142 microtornillos de 1,6 mm de diámetro y 8 mm de longitud. Los microtornillos self-drilling se introdujeron directamente, mientras que los self-tapping se insertaron tras



Universidad de Oviedo

realizar un fresado previo. En ambas técnicas se colocaron a 6 mm en sentido apical al slot, con una angulación de 60°, perpendicular al punto de contacto; posteriormente se realizó un CBCT para evaluar la posición de los mismos de manera precisa. Los microtornillos que permanecieron más de 6 meses fueron considerados éxito, mientras que aquéllos que produjeron sintomatología (dolor) tras su colocación o se perdieron antes de los 6 meses se consideraron fracaso. Los microtornillos que entraron en contacto con la raíz sin producir daños se mantuvieron.

No hubo diferencias significativas en la tasa de éxito entre ambos métodos, siendo del 91,5% en los microtornillos self-drilling y del 94,4% en los microtornillos self-tapping. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de fracaso de los microtornillos self-drilling cuando se produjo contacto radicular frente a los casos en que no hubo contacto. Además, con este tipo de microtornillos se apreció una mayor tasa de contacto con las raíces distales en el primer cuadrante, en concordancia con lo que se observó en el estudio de Shinohara y cols²⁸.

El estudio realizado por Kim y cols. apoya los resultados obtenidos en los trabajos expuestos anteriormente, apareciendo cemento reparador a las 4 semanas en algunos animales y entre la 8 y la 16 semana en todos. En los casos en los que el microtornillo quedó a menos de 1mm del diente se produjo reabsorción radicular. En aquellos casos en los que el microtornillo se puso y se quitó inmediatamente, la cicatrización a través de osteoblastos comenzó antes (entorno a las 4 semanas) que en los casos en los que no se había retirado. No se produjo anquilosis en ningún caso²⁹.

Chen realizó un estudio similar al de Kim, encontrando que todos los microtornillos que estaban en contacto con las raíces se perdieron antes de la finalización del estudio a consecuencia de una reacción inflamatoria en la periferia. A pesar de estar rodeados por hueso neoforado amorfo, la interfase estaba constituida por tejido inflamatorio.

En los microtornillos que se pusieron y se quitaron rápidamente, el hueso rellenó la lesión radicular y se formó ligamento periodontal nuevo. Aun así, a las 24 semanas siguió regenerándose tejido³⁰.



En vista de los resultados obtenidos en animales, estudios similares se han intentado reproducir en humanos, si bien muchos de los parámetros analizados son imposibles de determinar debido a las lógicas limitaciones que existen en los mismos.

Kuroda y cols. elaboraron un estudio muy interesante en el que se incluyeron 110 pacientes con el fin de evaluar la relación existente entre la tasa de éxito de los



Figura 6. 6A y 6D microtornillo estaba absolutamente separado de la raíz del diente raíz del diente; 6B y 6E la punta del microtornillo parece que está en contacto con la lámina dura; 6C y 6F el cuerpo del microtornillo sobrepasa la lámina dura. (Tomada de Kuroda y cols, 2007).

microtornillos y la proximidad que existe entre éstos y los dientes vecinos¹⁴. Para ello insertaron 216 microtornillos sin incisión mucoperióstica y los cargaron de 0 a 12 semanas después de su colocación, con fuerzas de 50 a 200 gr con coil springs de Ni-Ti



Universidad de Oviedo

o cadeneta elástica. En base a las radiografías se establecieron tres categorías: Categoría I, en la que el microtornillo estaba absolutamente separado de la raíz del diente (*Figura 6A y 6D*); categoría II, donde la punta del microtornillo parecía que estaba en contacto con la lámina dura (*Figura 6B y 6E*) y categoría III, cuando el cuerpo del microtornillo sobrepasaba la lámina dura (*Figura 6C y 6F*). Como prueba complementaria se realizó un CT a los pacientes a los que también se les iba a realizar cirugía ortognática.

La tasa de éxito en el maxilar fue significativamente mayor que en la mandíbula en las categorías I y III. Los microtornillos de la categoría I tuvieron una tasa de éxito superior al 90%, y los de la categoría III un 62,5% de media, siendo la tasa de éxito en el maxilar del 74,4% mientras que en la mandíbula sólo del 35,3%.

Las imágenes obtenidas por CT demostraron que en muchos de los casos no existía contacto real entre el microtornillo y la superficie radicular por lo que el estudio podría estar sesgado ya que las radiografías periapicales sólo ofrecen información en dos dimensiones con superposición de los distintos planos.

Kadioglu estudió la implicación que suponía la retirada de los microtornillos o del resorte que ejercía fuerza contra las raíces aplicado sobre el microtornillo en la reparación y cicatrización de las reabsorciones radiculares producidas tras insertarlos y mantenerlos durante 4 u 8 meses. En ambos grupos a medida que disminuía el tiempo en el que se mantenía el resorte o el contacto entre el microtornillo y la superficie radicular, y aumentaba el tiempo de cicatrización posterior, más temprana era la cicatrización, llegando incluso a producirse reparación completa en algunos casos a las 8 semanas³¹.

No obtuvieron los mismos resultados en su estudio Maino y cols. Insertaron 4 microtornillos y tras aproximar los microtornillos a las raíces de los dientes mediante un resorte en la mitad de ellos aumentaron posteriormente la fuerza a 200 gr y en la otra mitad se dejó de hacer fuerza (*Figuras 7A, 7B Y 7C*). En la superficie opuesta a la de inserción del microtornillo se realizó una pequeña perforación con una fresa de bola para simular una lesión radicular por fresa piloto.

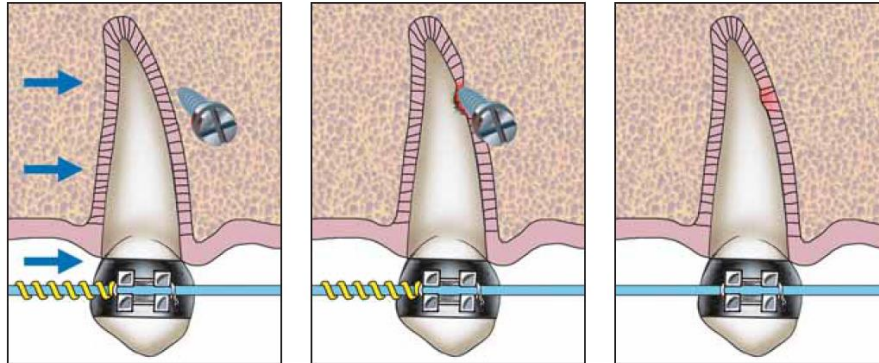


Figura 7A. Primer premolar superior aproximándose al microtornillo debido a la acción de un coil superelástico.

Figura 7B. La raíz del premolar está en contacto con el microtornillo.

Figura 7C. Premolar después de quitar el microtornillo.

Tras evaluar los resultados observaron que se había producido reabsorción sin signos de reparación en los casos en los que siguió en contacto el microtornillo con la raíz debido al resorte, mientras que en los que el contacto había cesado, existían signos de reparación a través de la formación de nuevo cemento celular³².

Gran parte de las lesiones de los dientes vecinos se pueden evitar o minimizar el riesgo de producirlas con el uso de guías radiológicas, ya que facilitan la localización y la inclinación en la que se deben insertar los microtornillos. Idealmente su uso se debe acompañar de la realización de un CBCT, ya que nos permite obtener imágenes precisas y sin distorsión del área en el que pretendemos colocar los microtornillos^{28,33}. Otro factor muy importante con el fin de evitar este tipo de problemas es la experiencia del clínico en la colocación de los mismos, como demostraron Cho y cols. en un estudio en modelos de yeso y serrín con dientes de resina, en el que ocho ortodontistas con experiencia en la colocación de microtornillos insertaron 192, mientras que los veinte ortodontistas inexpertos instalaron 240 microtornillos.

Se produjo una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. De los 192 microtornillos insertados por el grupo de ortodontistas con experiencia, en 26



Universidad de Oviedo

de ellos (13,5%) se produjo contacto radicular, siendo la mayor parte de los mismos en el primer y sobretodo en el tercer cuadrante. 4 de los contactos fueron severos. En el grupo sin experiencia se produjeron 51 contactos (21,3%) del total microtornillos (240), la mayor parte de los mismos en los sectores posteriores de los cuatro cuadrantes. 7 de los contactos fueron severos.

En la zona anterior donde la visibilidad y acceso es excelente, se produjo una tasa de éxito del 100% en ambos grupos, al contrario que en los sectores posteriores, pudiendo deducir del artículo que la localización y la experiencia del clínico sí que influye en el éxito de los mismos³⁴. Por el contrario, Kim y cols. observaron que se producía una mayor variabilidad en la angulación vertical que en la horizontal de los microtornillos, incrementándose en el segundo cuadrante con respecto al primero³⁵.

En ocasiones, la proximidad radicular puede producir necrosis pulpar requiriendo tratamiento endodóncico para resolverlo como demuestra el artículo de Bayram en 2011³⁶, e incluso si se ha producido una fractura radicular, se puede intentar la reparación radicular con MTA o necesitar una apicectomía³⁷, si bien es cierto que la mayoría de los casos terminan en exodoncia debido a la dificultad para realizar dichos tratamientos.

Ahmed y colaboradores realizaron un estudio prospectivo con el objetivo de evaluar la curación generada por el cemento a nivel histológico e histomorfométrico a las 4, 8 y 12 semanas en humanos³⁸. Para facilitar la colocación de los microtornillos se elaboró una guía de acero que se ajustaba al bracket de los premolares que se pretendían lesionar.

En primer lugar se elaboró un lecho con una fresa de 0,9 mm hasta contactar ligeramente con la raíz para, posteriormente, insertar microtornillos self-drilling de 1,5mm de diámetro y 8 de longitud en la cara mesial y distal de cada premolar. Una vez producido el contacto con el premolar (manifestándose en un gran aumento del torque de inserción) se verificó radiográficamente y se retiró el microtornillo.



Tras un periodo de cicatrización se exodonciaron los premolares a las 4, 8 y 12 semanas verificando macroscópicamente la lesión (*Figuras 8A y 8B*).

Por último se realizó el estudio histológico tras procesar las muestras y teñirlas con hematoxilina y eosina.

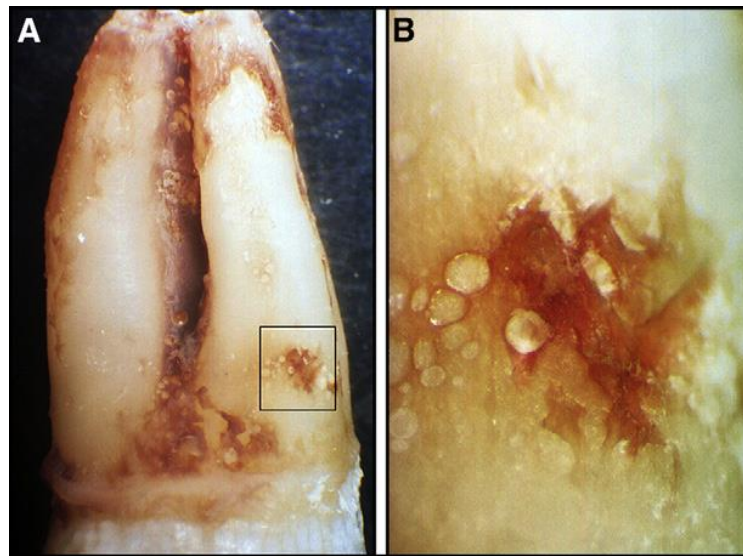


Figura 8. Se aprecia la lesión producida por un microtornillo a 15 aumentos (Figura 8A) y a 45 aumento (Figura 8B). Tomada de Ahmed y cols., 2012.

Se extrajeron 17 dientes en la cuarta semana, 17 en la octava y 14 en la doceava semana. En total 48 dientes se incluyeron en el estudio. No se produjo daño pulpar, reabsorción radicular interna o externa ni hubo signos de anquilosis. El defecto producido se recubrió con cemento y ligamento periodontal (*Figura 9*). Entre la semana 4 y la 8 se produjo una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la curación del periodonto, no así de la 8-12 semana.

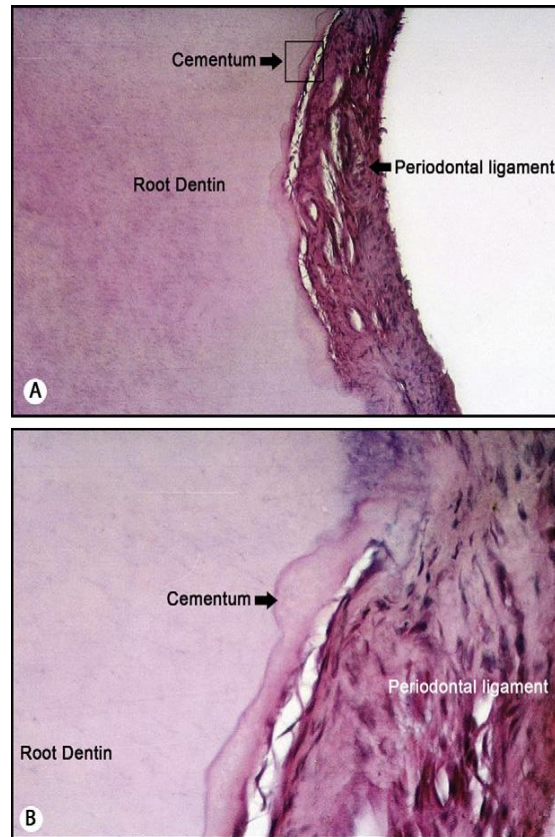


Figura 9. Sección desmineralizada en la que se muestra la cicatrización en la cuarta semana; 9A, solución de continuidad del cemento maduro con signos tempranos de reparación con reinsertión de las fibras del ligamento periodontal a la dentina radicular posterior al contacto con el microtornillo, con incremento de la anchura del ligamento periodontal (10 aumentos); 9B, las fibras del ligamento periodontal se insertan perpendicularmente en una delgada capa de nuevo cemento reparador (40 aumentos). Imagen tomada de (Ahmed y cols., 2012).

Los microtornillos se colocaron de manera perpendicular a la raíz; algunos penetraron un cuarto del diámetro y otros hasta la mitad del mismo. Los pacientes no presentaron dolor ni hipersensibilidad pero sí discomfort.



Universidad de Oviedo

OBJETIVO



Universidad de Oviedo

El objetivo del presente estudio es evaluar la reparación de lesiones producidas en premolares humanos tras la inserción de microtornillos en contacto con sus raíces y su posterior exodoncia a las 8 semanas de la implantación a través de la formación de nuevo cemento reparador.



Universidad de Oviedo

Objetivo

MATERIAL Y MÉTODOS



Universidad de Oviedo

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para elaborar este estudio prospectivo en primer lugar se ha realizado una revisión bibliográfica de la literatura existente entre los años 2007-2015 en pubmed y en google académico con los términos o palabras clave miniscrew, orthodontic miniscrew, risk factor miniscrew, miniscrew root damage, TADs y damage miniscrew human.

Las revistas utilizadas fueron American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, The Angle Orthodontist, Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Journal of Dental Sciences, Australian Orthodontic Journal, Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal, International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery y Seminars in Orthodontics.

TÉCNICA DE INSERCIÓN

Se seleccionó un paciente del Instituto Asturiano de Ortodoncia, centro en convenio con la Universidad de Oviedo, Asturias, España, cuyos requerimientos ortodóncicos implicaban la exodoncia de dos primeros premolares superiores debido a una discrepancia oseodentaria negativa severa en el maxilar superior. El paciente fue informado sobre la realización del estudio y el protocolo que se iba a seguir y se obtuvo su consentimiento. El protocolo del estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Oviedo.

De manera previa a la inserción de los microtornillos, se elaboró una guía radiológico-quirúrgica con 3 fragmentos de alambre de acero inoxidable de 0,021x0,025. El primero de ellos siguiendo el eje mayor del premolar y los otros dos se disponían transversalmente al anterior, uno insertándose en el bracket y otro a nivel apical. Del brazo transversal apical parten unos segmentos de alambre de acero inoxidable de 0,017x0,025, separados entre sí 1mm que sirvieron como guía para lograr



mayor precisión en la colocación de los microtornillos y evitar lesionar los dientes adyacentes (*figura 9*).

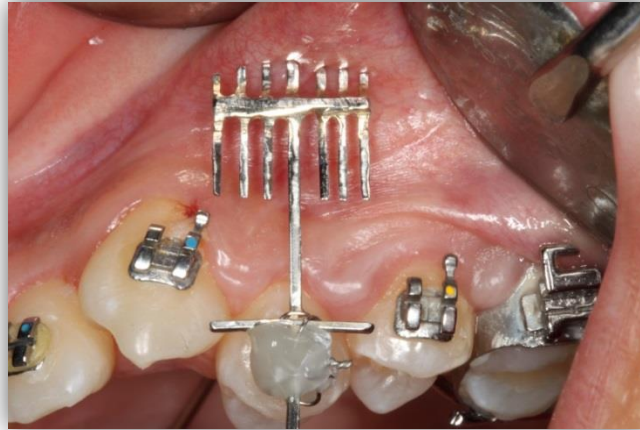


Figura 9. Guía radiológica posicionada y fijada al bracket con una ligadura elástica y composite.

Se realizó una radiografía previa a la colocación de los microtornillos con la guía quirúrgica colocada en posición y fijada al bracket con una ligadura metálica para tener una referencia de la longitud y dirección de la raíz.

Bajo anestesia local (articaína 1:100.000 epinefrina) se insertaron dos microtornillos de 1,6 mm de diámetro y 8 mm de longitud a través de la encía insertada, estableciendo contacto con los dos primeros premolares superiores a la altura del tercio medio radicular. Se verificó el contacto con las raíces con una radiografía periapical (*Figura 10*), y clínicamente, ya que se produjo un gran aumento en el torque de inserción del microtornillo en el momento en que se produjo el contacto radicular.



Figura 10. En la radiografía se puede apreciar el microtornillo en contacto con el primer premolar superior.

Posteriormente los microtornillos se retiraron de manera inmediata (*Figura 11*). Tras retirar los microtornillos se estableció un periodo de cicatrización de 8 semanas, tiempo que iban a permanecer los premolares en el maxilar del paciente hasta su exodoncia.



Figura 11. Muestra la retirada del microtornillo tras contactar con la raíz del primer premolar superior.



PROCESADO DE LOS TEJIDOS Y TÉCNICA

Tras realizar la exodoncia de los premolares involucrados en el estudio, se lavaron con agua del grifo seguido de suero salino frío, y posteriormente se insertaron en un tubo con una solución que contenía formalina al 10%, ácido nítrico y agua destilada (10: 5: 85 v/v) hasta la descalcificación completa (7 a 10 días). Después de la descalcificación, los dientes fueron lavados con agua corriente durante 12 h, deshidratados e incluidos rutinariamente en parafina. De cada pieza se obtuvieron 5 cortes a 10 μm de grosor que pasaban por el lugar de la muesca del microtornillo y los cortes se montaron sobre portaobjetos gelatinizados.

Por último los cortes fueron desparafinizados y rehidratados y sobre ellos se realizó la técnica del tricrómico de Masson, siguiendo el proceder habitual (Laboratorio SINPOS, Departamento de Morfología y Biología Celular, Universidad de Oviedo). Las secciones fueron fotografiadas con un fotomicroscopio Nikon.

RESULTADOS



Universidad de Oviedo

La lesión originada por el microtornillo insertado en el primer cuadrante fue muy superficial, de manera que tras procesar las muestras obtenidas, no se apreciaban signos de la lesión producida.

En el segundo de los premolares el proceso de descalcificación de los dientes tiene como resultado la exposición de la parte más superficial de los canales de la dentina. La superficie del diente adquiere un aspecto festoneado característico y se diferencian con claridad los canales dentinarios (*Figura 12a*).

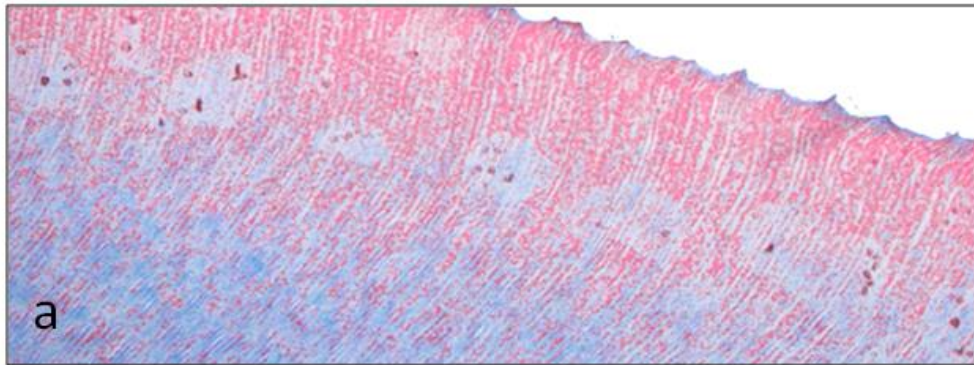


Figura 12a. En la imagen se aprecia la superficie irregular generada tras el proceso de descalcificación y los canales dentinarios.

En la zona de la superficie lesionada por el vértice del microtornillo se observa como este ha penetrado en la dentina, alcanzado profundidades variables (*Figura 12b y detalles*). Pese a ello, se ha producido cicatrización del área afecta gracias a la formación de nuevo cemento secundario a lo largo de toda la superficie radicular lesionada. La formación de cemento no mantiene el mismo grosor en toda la superficie lesionada, siendo mayor en el área más profunda. En la zona inmediatamente inferior al defecto provocado, se aprecian lesiones de menor profundidad, seguramente provocadas por el deslizamiento del microtornillo al entrar en contacto con la superficie radicular, con nuevo cemento sellando la superficie.

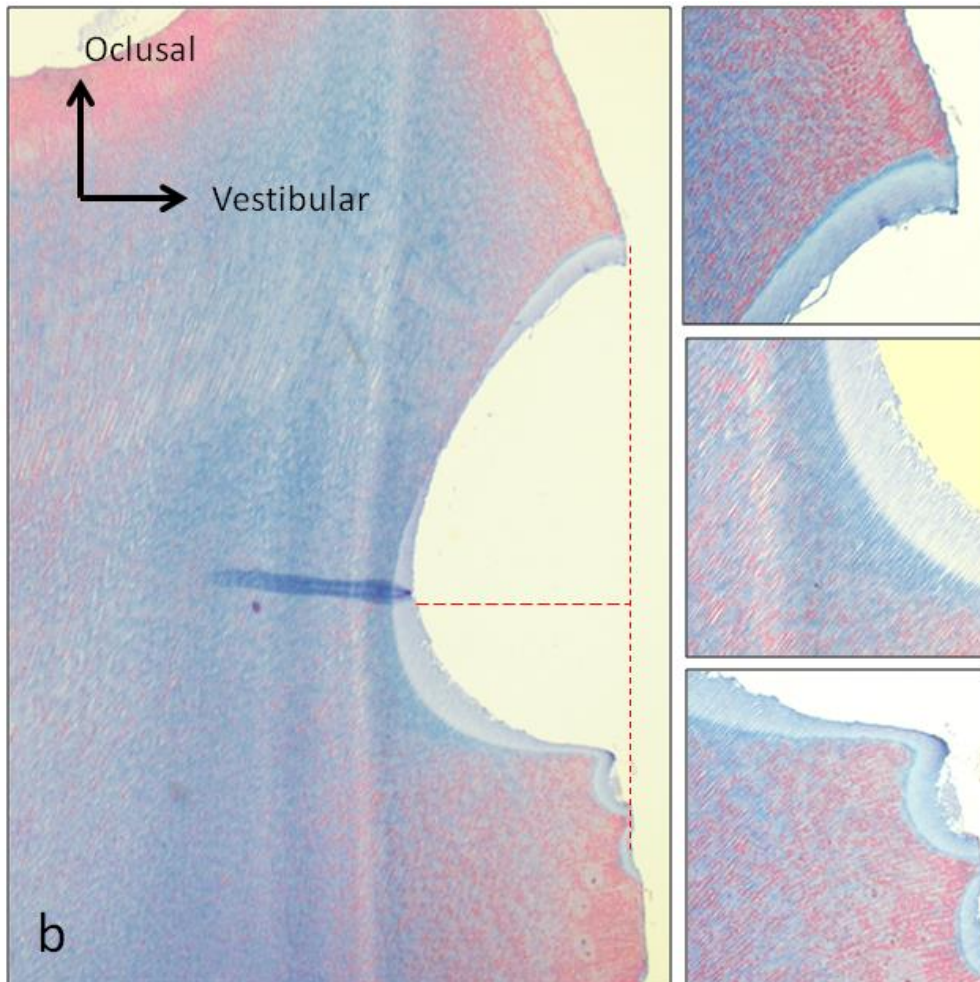


Figura 12b y detalles. En las imágenes se puede apreciar el defecto provocado por los microtornillos y la formación de nuevo cemento secundario separando la dentina del área afecta del medio externo.

CONCLUSIONES



Universidad de Oviedo

De acuerdo con los resultados obtenidos en la mayoría de los estudios de la revisión bibliográfica, 8 semanas después de haber provocado la lesión de la dentina y el cemento radicular se ha producido curación a través de la formación de nuevo cemento secundario. Pese a haberse producido distintos grados de afectación radicular, el cemento neoformado cubrió la totalidad de los mismos. No obstante, la elección del tipo y tamaño de los microtornillos y el adecuado estudio del lugar de inserción, realizando un CBCT previo acompañado de guías radiológicas, es imprescindible para evitar lesionar estructuras adyacentes.



Universidad de Oviedo

Conclusiones

BIBLIOGRAFÍA



- 1.- Sung JH, Kyung HM, Bae SM, Park HS, Kwon OW, McNamara JA. Microimplants in orthodontics. *Editorial Dentos*, 2006;17-14.
- 2.- Antoszewska J, Papadopoulos M, Park HS, Ludwig B. Five-year experience with orthodontic miniscrew implants: A retrospective investigation of factors influencing success rates. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(2):158.e1-158.e10.
- 3.- Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: Success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131: 9-15.
- 4.- Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: A meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 142: 577-95.
- 5.- Jung Y, Kim S, Kang K, Cho J, Lee E, Chang N, Chae J. Placement angle effects on the success rate of orthodontic microimplants and other factors with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013; 143:173-181.
- 6.- El-Beialy A, El-Ezz A, Attia K, El-Bialy A, Mostafa Y. Loss of anchorage of miniscrews: A 3-dimensional assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009;136(5): 700-707.
- 7.- Reynders RM, Ronchi L, Ladu L, Etten-Jamaludin F, Bipat S. Insertion torque and success of orthodontic mini-implants: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142: 596-614.
- 8.- Baek SH, kim BM, Kyung SH, Lim JK, Kim YH. Success rate and risk factors associated with mini-implants reinstalled in the maxilla. *Angle Orthod* 2008;78(5): 895-901.
- 9.- Kravitz N, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007;131): S43-S51.
- 10.- Hoste S, Vercruyssen M, Quirynen M, Willems G. Risk factors and indications of orthodontic temporary anchorage devices: a literature review. *Aust Orthod J* 2008;24: 140-148.
- 11.- Reynders R, Ronchi L, Bipat S. Mini-Implants in Orthodontics: A Systematic Review of the Literature. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009;135:564.e1-564.e19.
- 12.- Lim SA, Cha JY, Hwang CJ. Insertion torque of orthodontic miniscrews according to changes in shape, diameter and length. *Angle Orthod*, 2008;78(2): 234-240.



- 13.- Kang YG, Kim JY, Lee YJ, Chung KR, Park YG. Stability of mini-Screws invading the dental roots and their impact on the paradental tissues in Beagles. *Angle Orthod*, 2009;79(2): 248-255.
- 14.- Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:00.
- 15.- Lee YK, Kim JW, Baek SH, Kim TW, Chang YL. Root and bone response to the proximity of a mini-implant under orthodontic loading. *Angle Orthod*, 2010;80(3): 452-458.
- 16.- Hembree M, Buschang P, Carrillo R, Spears R, Rossouw E. Effects of intentional damage of the roots and surrounding structures with miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009;135.e1-280.e9).
- 17.- Janson G, Gigliotti MP, Estelita S, Chiqueto K: Influence of miniscrew dental root proximity on its degree of late stability. *Int J. Oral Maxillofac. Surg*, 2013; 42:527-534.
- 18.- Alpiste FM, Buitrago P, De Grado P, Fuentenmayor V, Gil FJ. Regeneración Periodontal en la práctica clínica. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2006;11: E382-92.
- 19.- Gómez ME, Campos A. Histología, Embriología e ingeniería tisular bucodental. 3ª Edición. Editorial Médica Panamericana, 2009;(14): 355-393.
- 20.- Dao V, Renjen R, Prasad HS, Rohrer M, Maganzini AL, Kraut R. Cementum, pulp, peridodontal ligament, and bone response after direct injury with orthodontic anchorage screws. A histomorphologic study in an animal model. *J Oral Maxillofac Surg*, 2009; 67(11): 2440-2445.
- 21.- Renjen R, Maganzini A, Rohrer M, Prasad H, Kraut R. Root and pulp response after intentional injury from miniscrew placement . *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009;136(5): 708-714.
- 22.- Roncone C. Complications encountered in temporary orthodontic anchorage device therapy. *Seminars in Orthodontics*, 2011;17(2): 168-179.
- 23.- Alves M, Baratieri C, Trindade C. Root repair after contact with mini-implants: Systematic review of the literature. *Eur J Orthod.*, 2013;35(4): 491-499.
- 24.- Huang CT, Lai EH, Chang HH, Chang BE, Chen YH, Wang YP, Chen YJ, Chang JZ, Jane Yao CC. Damage to the root after tooth movement towards a temporary anchorage device: An animal pilot study. *Journal of Dental Sciences*, 2012;7: 171-178.



- 25.- Asscherickx K, Vannet V, Wehrbein H, Sabzevar. Success rate of miniscrews relative to their position to adjacent roots. *Eur J Orthod*, 2008; 30: 330-335.
- 26.- Kuroda S, Tanaka E. Risks and complications of miniscrew anchorage in clinical orthodontics. *Japanese Science Review*, 2014; (50): 79-85.
- 27.- Iwai H, Motoyoshi M, Uchida Y, Matsuoka M, Shimizu N. Effects of tooth root contact on the stability of orthodontic anchor screws in the maxilla: Comparison between Self-Drilling and Self-Tapping Methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015; 147(4):483-491.
- 28.- Shinohara A, Motoyoshi M, Uchida Y, Shimizu N. Root proximity and inclination of orthodontic mini-implants after placement: Cone-beam computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013;144(1): 50-60.
- 29.- Kim H, Kim T. Histologic evaluation of root-surface healing after root contact or approximation during placement of mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011;139(6): 752-60.
- 30.- Chen S, Chang HH, Chen YH, Wang YP, Chen YJ, Chen YJ, Lai HH, Yao CC. Tissue reaction surrounding miniscrews for orthodontic anchorage: An animal experiment. *Journal of Dental Sciences*, 2012;7: 57-64.
- 31.- Kadioglu O, Büyükyılmaz T, Zachrisson B, Maino G. Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008;134(3): 353-360.
- 32.- Maino G, Weiland F, Attanasi A, Zachrisson B, Buyukyilmaz T. Root damage and repair after contact with miniscrews. *J. Clin. Orthod.*, 2007; 41(12): 762-766.
- 33.- Miyazawa K, Kawaguchi M, Tabuchi M, Goto S. Accurate pre-surgical determination for self-drilling miniscrew implant placement using surgical guides and cone-beam computed tomography. *Eur J Orthod - Advance Access published April 22, 2010*.
- 34.- Cho UH, Yu W, Kyung HM. Root contact during drilling for microimplant placement: Affect of surgery site and operator expertise. *Angle Orthod*, 2010;81(1): 130-136.
- 35.- Kim S, Kang S, Choi Y, Kook Y, Chung K, Huang J. Cone-beam computed tomography evaluation of mini-implants after placement: Is root proximity a major risk factor for failure? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010;138(3): 264-276.



Universidad de Oviedo

36.- Bayram M, Tasdemir T. Root Canal Treatment of a Periradicular Lesion Caused by Unintentional Root Damage after Orthodontic Miniscrew Placement: A Case Report. *International Endodontic Journal*, 2011;44: 1170-1175.

37.- Hwang YC, Hwang HS. Surgical repair of root perforation caused by an orthodontic miniscrew implant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011;139(3): 407-411.

38.- Ahmed V K, Rooban T, Krishnaswamy N, Mani K, Kalladka G. Root damage and repair in patients with temporary skeletal anchorage devices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012;141(5): 547-55.