



UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
MAGISTER PROFESIONAL EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTO
MAXILOFACIAL

EFFECTOS DEL TRATAMIENTO DE SUPERFICIE POR MÉTODO ELECTROLÍTICO SOBRE ARCOS DE ACERO EN ORTODONCIA

JAVIER LAZO VALENZUELA

Tesis presentada a la Facultad de Odontología para optar al grado de Magister
Profesional en Ortodoncia y Ortopedia Dento Maxilofacial.

Directora del Magister: Dra. Anka Sapunar Papic

Profesora Asociada

Docente Guía: Dr. Zvonimir Zlatar Folch

Santiago, Chile

2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de todos los que me han guiado y enseñado durante estos difíciles años de formación como especialista y a todos lo que colaboraron en el desarrollo de esta Tesis.

Agradezco a la Doctora Anka Sapunar, por compartir su conocimiento y sabiduría, por apoyarnos en los momentos difíciles y canalizar buenas energías para que todo salga bien. Agradezco a las Doctoras Joana Baden, Alejandra Aburto y Claudia Zúñiga por sus conocimientos, tiempo, dedicación, paciencia y su siempre buena voluntad.

La realización de este trabajo no habría sido posible sin la constante ayuda de mi tutor guía, Doctor Zvonimir Zlatar, a quien le doy mis más sinceros agradecimientos por el compromiso permanente y por los conocimientos otorgados durante estos años, y a quienes amablemente colaboraron con nosotros, el Doctor Benjamín Martínez y la Doctora Daniela Becerra.

Finalmente agradezco a mi familia, por la paciencia y soporte que han sido durante toda mi vida.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO	3
OBJETIVOS	26
HIPÓTESIS	27
MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
RESULTADOS.....	30
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIÓN.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

1. Ilustración N°1 (Doble arco técnica bi métrica)	7
2. Ilustración N°2 (Binding de arco en bracket)	17
3. Ilustración N°3 (Relación del arco en la ranura de bracket)	20
4. Ilustración N°4 (Relación aristas redondeadas de arco rectangular)	22
5. Ilustración N°5 (Micrómetro Digital)	28
6. Ilustración N°6 (“Anodizador Ortodóncico”)	29
7. Ilustración N°7 (Resultados)	30
8. Ilustración N°8 (Resultados)	30
9. Ilustración N°9 (Resultados)	31
10. Ilustración N°10 (Resultados)	31
11. Ilustración N°11 (Resultados)	32
12. Ilustración N°12 (Resultados)	32
13. Ilustración N°13 (Resultados)	32
14. Ilustración N°14 (Resultados)	32
15. Ilustración N°15 (Resultados)	33
16. Ilustración N°16 (Resultados)	33
17. Ilustración N°17 (Resultados)	33
18. Ilustración N°18 (Resultados)	33
19. Ilustración N°19 (Resultados)	34
20. Ilustración N°20 (Resultados)	34
21. Ilustración N°21 (Resultados)	35
22. Ilustración N°22 (Resultados)	35
23. Ilustración N°23 (Resultados)	35
24. Ilustración N°24 (Resultados)	36
25. Ilustración N°25 (Fotografía resultados)	37
26. Ilustración N°26 (Fotografía resultados)	37
27. Ilustración N°27 (Fotografía resultados)	37
28. Ilustración N°28 (Fotografía resultados)	37
29. Ilustración N°29 (Fotografía resultados)	37

30. Ilustración N°30 (Fotografía resultados)	37
31. Ilustración N°31 (Fotografía resultados)	38
32. Ilustración N°32 (Fotografía resultados)	38
33. Ilustración N°33 (Fotografía resultados)	38
34. Ilustración N°34 (Fotografía resultados)	38
35. Ilustración N°35 (Fotografía resultados)	38
36. Ilustración N°36 (Fotografía resultados)	38
37. Ilustración N°37 (Fotografía resultados)	39
38. Ilustración N°38 (Fotografía resultados)	39
39. Ilustración N°39 (Fotografía resultados)	39
40. Ilustración N°40 (Fotografía resultados)	39
41. Ilustración N°41 (Fotografía resultados)	39
42. Ilustración N°42 (Fotografía resultados)	39

RESUMEN

En la fase de trabajo del tratamiento de ortodoncia se utilizan arcos de acero inoxidable que debido a sus propiedades físicas son capaces de soportar las fuerzas utilizadas para la mecánica de cierre de espacios. En ocasiones, estos movimientos sagitales requieren que se realicen desgastes a los arcos rectangulares en zonas definidas, que faciliten el movimiento deseado y dificulten el movimiento en las zonas de anclaje. Este estudio busca identificar si el método de desgaste electrolítico es un método efectivo y con mejor calidad de superficie para el desgaste de los arcos de acero inoxidable en el tratamiento ortodóncico. En este estudio In vitro se intervinieron tres calibres de arcos rectangulares de acero inoxidable (0,019x0,015, 0,021x0,025 y 0,022x0,028) y se les realizó un desgaste manual con discos abrasivos y desgaste por medio electrolítico a distintos tiempos de aplicación. Se identificó que existen diferencias significativas en el desgaste realizado con un método electrolítico en los distintos tiempos de aplicación, logrando una superficie más lisa y uniformemente desgastada al compararla con el desgaste manual con discos abrasivos. Por lo que creemos que el método por desgaste electrolítico es un método efectivo que estandariza el desgaste en los arcos ya que no es operador dependiente, facilita graduar con mayor precisión el desgaste deseado y permite desgastar de manera homogénea la superficie, sin embargo recomendamos realizar más estudios, con mayor tamaño de muestra para confirmar los resultados obtenidos en esta investigación.

INTRODUCCIÓN

Con fines didácticos, suele dividirse el tratamiento de Ortodoncia con aparatología Fija en tres fases secuenciales; en la Primera Fase principalmente se busca alcanzar los objetivos de alineación, nivelación y coordinación de los. Luego comienza la segunda fase o también llamada fase de trabajo en la cual se realizaran movimientos planificados de forma controlada y finalmente la tercera fase es de finalización del caso y asentamiento de la oclusión. (1)

En la fase de trabajo se logrará nivelar totalmente las ranuras de los Brackets y tubos en cada arcada, además de continuar con movimientos verticales de intrusión o extrusión y movimientos sagitales de retrusión, protrusión, mesialización o distalización de dientes en la arcada. Estos movimientos siempre deben considerar las fuerzas ejercidas sobre el periodonto, debiendo comenzar con arcos rectangulares de mayor flexibilidad para poder avanzar a arcos más pesados con mayor rigidez. Esta condición se debe considerar con mayor relevancia en los arcos de acero, que expresan mejor la prescripción del bracket que otros materiales.

En los movimientos Sagitales principalmente se utilizarán para el cierre de espacios en la arcada, mediante la utilización de un arco de acero inoxidable de gran calibre o arcos de acero con ansas, muy útiles debido a su versatilidad en cuanto a que permite realizar una variedad de movimientos y modificaciones en su forma, estructura y activación para alcanzar los objetivos de esta fase.

En ocasiones, estos movimientos sagitales requieren que se realicen ciertas modificaciones a los arcos rectangulares, que faciliten el movimiento deseado y planificado. En el caso de realizar el movimiento de retro inclinación o retrusión del grupo incisivo mandibular, el arco debe ser de sección redonda o rectangular con cantos biselados para permitir la rotación libre del arco en el slot del bracket y no

expresar el torque del bracket, que dificultaría el movimiento. Lo mismo se puede aplicar al querer realizar una migración mesial del sector posterior, ya que la expresión del torque negativo en las secciones posteriores aumentaría su anclaje, por lo que se deben eliminar los cantos con el objeto de reducir la capacidad de expresión del torque y reducir la resistencia al movimiento para facilitar el desplazamiento de los tubos y brackets sobre el arco.

El desgaste de los arcos se puede realizar con un disco abrasivo, con una piedra para desgastar metales o por métodos electrolíticos, desgastando el arco en los sectores deseados según el anclaje y planificación de tratamiento.

Este estudio busca identificar si el método electrolítico es un método efectivo y con mejor calidad de superficie para el desgaste de los arcos de acero inoxidable en el tratamiento ortodóncico.

MARCO TEÓRICO

1.1 HISTORIA DE LA ORTODONCIA

Desde los comienzos de la historia, el hombre ha sido capaz de observar y describir patrones normales y funcionales del cuerpo humano. Los dientes desalineados y los problemas de armonía facial no han sido la excepción. La práctica de la Ortodoncia ha estado presente desde el comienzo de la historia de la Odontología, que a su vez, tiene su origen en la medicina.

El estudio apropiado de la Anatomía se remonta a la civilización Griega, donde Hipócrates (460-377 AC) fue el pionero en separar la medicina de la religión y en su tratado describe brevemente el desarrollo dental y craneo facial como parte de un libro médico. Posteriormente fue Aristóteles (384-322 AC) quien describió y comparó la anatomía dentaria entre distintas especies.(2)

El conocimiento médico llegó a su cenit con Galeno (130 – 200 DC), quien describió la anatomía, embriología y desarrollo de los dientes, enumerando la función de cada uno, sin embargo erróneamente describió a los dientes como huesos. El reconocido médico árabe, Aegina (625 – 690 DC) fue el primero en describir un tratamiento ante dientes supernumerarios, que afecten a la regularidad de la arcada dental, recomendando la extracción o resección de este. Además, identificaba la irregularidad dental como una situación desagradable de observar en mujeres.(2)

En la época del Renacimiento, Leonardo da Vinci (1452 – 1519), además de ser conocido por sus obras de arte, fue un distinguido anatomista, relacionando la forma de los dientes con la función masticatoria y su cercanía con la Articulación temporomandibular. También observó que cada diente tiene relación con dientes vecinos y con dientes de la arcada contraria.

Durante el siglo XVIII, Pierre Fauchard, el “Fundador de la Odontología moderna” logro ordenar el conocimiento existente y desarrollar la profesión. En 1723 desarrollo el primero aparato Ortodónico llamado “*Bandolet*”, diseñado como una banda de oro o plata con agujeros para atar los dientes con el fin de expandir el arco dentario y alinear los dientes. Inicialmente separaba los dientes vecinos que presionaban el diente en lugar irregular y luego, con la ayuda de un fórceps enderezaba el diente a su posición natural y lo fijaba por 8 días. Bourdet, contemporáneo a Fauchard, recomendaba a extracción de los primeros premolares para preservar la simetría de los maxilares.(2)

A mediados del siglo XIX conceptos básicos de diagnóstico y tratamiento Ortodónico continúan surgiendo, aun como una rama de la Odontología protésica. Múltiples autores desarrollan avances, Harris (1806-1860) describe causas del apiñamiento y aparatos para abrir la mordida. Gunnel en 1840, describe una mentonera con anclaje occipital como tratamiento a la protrusión mandibular, utilizando una fuerza extra oral ideada por Kneisel. En 1860 Angell describió la apertura de la sutura media para expandir el maxilar y así generar espacio, ya que era un ávido no extraccionista. (2)

A fines del siglo XIX, Farrar (1839 – 1913) también conocido como el “*padre de la ortodoncia americana*” fue quien impulso la investigación científica sobre la fisiología del movimiento dentario por fuerzas ortodónicas. Originando la teoría de las fuerzas intermitentes y recomendando movimientos dentales en cuerpo. En 1893 Baker introdujo un mecanismo para anclaje mediante la utilización de elásticos intermaxilares y así poder eliminar la necesidad de extracciones. (2)

La figura que más ha influenciado en la Ortodoncia es sin duda Edward H. Angle (1855 – 1939), reconocido como el “*padre de la ortodoncia moderna*” Bajo su liderazgo logro separar a la ortodoncia de otras ramas de la odontología y desarrollarla como especialidad. En 1899 publico la clasificación de las mal

oclusiones, que continua en vigencia y desarrollo actualmente. Angle mantuvo el paradigma no extraccionista, defendiendo que para lograr el mejor balance, armonía y proporciones, cada diente debe estar en su posición normal.(3, 4)

En 1915 desarrolla el arco de cinta y en 1925 el arco de canto o “Edgewise”, que era una aparatología con un bracket soldado a la banda con un ancho de ranura de 0,022x0,028 milésimas de pulgada y arcos rectangulares de oro del mismo calibre que se insertaban en una ranura del bracket para controlar tridimensionalmente la posición del diente en la arcada, ese calibre de arco se definió por ser el menor calibre del metal precioso que se podía utilizar en su época, asegurando el empleo de fuerzas suaves en el tratamiento.. En la técnica “Edgewise” el bracket va soldado en 90° con la banda, por lo que para realizar el movimiento dental deseado, se debía doblar y torcer el arco, requiriendo de gran habilidad por el especialista.(5)

Contemporáneo de la época, el Dr. Case (1847 – 1923) reintrodujo el concepto de la necesidad de realizar extracciones en algunos casos para corregir la mal oclusión y mejorar la armonía facial. Case también (al igual que Baker) proclamaba ser el inventor del uso de elásticos intermaxilares (Angle solo reconoció a Baker). Estas situaciones llevaron a un enfrentamiento de ideas constante entre ambos intelectuales, llegando a la máxima tensión en un gran debate realizado en 1911.(6)

En los aparatos de la técnica “Edgewise” hasta ese momento el material utilizado era principalmente el Oro, por su fácil manipulación. A fines de la década de los años 20, Lucien de Coster introduce la utilización del Acero Inoxidable a la ortodoncia, pero pasaron años hasta que en los años cuarenta el Dr. Cecil Steiner, discípulo de Angle, propusiera disminuir el tamaño de la ranura del bracket a 0,018x0,025 milésimas de pulgada al utilizar este metal para la construcción de arcos, y así mantener las propiedades físicas definidas por su mentor a un menor calibre de arco. En 1931 Broadbent publicó su artículo sobre la utilización de

rayos-x en la ortodoncia, iniciando el trazado Cefalométrico como parte de la evaluación y diagnóstico ortodóncico habitual.(2, 5, 7)

En 1937, Chuck describió que en casos donde es necesario mucho anclaje, especialmente en pacientes con apiñamiento, en pacientes Clase II y para tener mejor control sobre el primer molar permanente es recomendable a embandar los segundos molares, ya que ese procedimiento aumentaría la cantidad de anclaje posterior al tener mayor superficie radicular esa unidad de anclaje, y así disminuir los movimientos indeseados.(8)

En el año 1941, el Dr. Charles Tweed (1895 – 1970) introdujo modificaciones a lo descrito previamente por su mentor, Dr. Angle. Consideró la posición de los incisivos inferiores con respecto al hueso basal mandibular la clave para alcanzar el éxito. Para ello, fue un ávido impulsor de la necesidad de extracciones para alcanzar una buena armonía facial.

Al enfrentarse al desafío de cerrar los espacios de las extracciones, debió realizar modificaciones para evitar movimientos dentales no deseados, para lograr esto, modificó la posición axial de cada diente en la zona de anclaje para darle más resistencia a las fuerzas mecánicas. Él observó que para evitar la mesialización de molares en la zona de anclaje, debía disto inclinarlos y disto rotarlos previamente.(9)

De esta manera, a inicios de la década de los cuarenta, Tweed publica su mecánica modificada en la técnica Edgewise, donde predominan dobleces del arco para disto inclinar, disto rotar y dar torque en molares y así fortalecer su anclaje durante el cierre de espacios y así impedir movimientos no deseados.(10)

En 1958 William Buehler desarrolló las aleaciones de Níquel-Titanio (Ni-Ti) en el “Naval Ordnance Laboratory” de donde proviene su nombre genérico NI-TI-NOL. Pero no fue hasta 1978 que el Dr. Andreasen da a conocer por primera vez su uso clínico ortodóncico.(11, 12)

Joshep Jarabak en la década de 1960 combinó las investigaciones de Holdaway y Lee al inventar un sistema de brackets que incluían una ranura fresada con una angulación y torque para dar mayor anclaje o mayor estética anterior dependiendo del bracket con uso de fuerzas ligeras.(13)

Schudy en 1975 describió una técnica bidimensional, inicialmente llamada “sistema bi métrico” por, en la cual se utilizaban brackets con ranura 0,016 de canino a canino mientras que en los segmentos posteriores se utilizaba ranura 0,022 con arcos de acero inoxidable de calibre 0,016x0,022. En distal de los caninos, al arco se le realizaba una torsión en 90° para que funcionara como un full size anterior, entrando como un arco de canto en los brackets mientras que en los segmentos posteriores era insertado como un arco de cinta.(14, 15)

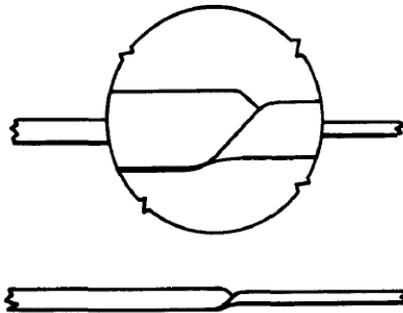


Ilustración 1 Arco de Acero 0,016x0,022 con un dobléz en 90°. Ilustración extraída de publicación por Schudy: Schudy FF. The bimetric system. Am J Orthod. 1975;67(1):57–91

Consecutivamente se propuso la “técnica de arco de canto bi dimensional” con brackets no pre ajustados 0,022x0,028 en todos los dientes, con un arco 0,016x0,022 con un dobléz en 90° en distal del incisivo lateral, para formar un arco 0,022x0,016 que entre en anterior como full size. Este modo es una técnica de arco bidimensional, a diferencia de la descrita por Schudy originalmente que era una técnica de ranura y arco bidimensional.(15, 16)

Posteriormente Giannelly en 1985 publico su técnica, que utilizaba brackets pre torqueados de ranura 0,018 en los incisivos y de 0,022 en el resto de los dientes,

utilizando un arco 0,018x0,022 de acero, actuando con un arco full size en los dientes anteriores y dejando un juego entre el arco y las ranuras de los segmentos laterales. Esta combinación permite la expresión de torque anterior de los brackets pre programado, al utilizar arcos de menor calibre, permite llegar tempranamente a arcos rectangulares para el control temprano del torque. La utilización de brackets con ranura 0,022 con arcos 0,018 permite menor resistencia al desplazamiento, resultando en un cierre de espacio más eficiente con menor alteración en la unidad de anclaje.(17)

Uno de los primeros ortodontistas en reconocer la importancia de la Articulación temporo mandibular en el diagnóstico y tratamiento Ortodóncico fue el Dr. Ricketts, quien además describió el crecimiento arqueal de la mandíbula, el Quad Helix, el Arco utilitario y desarrolló el primer sistema de diagnóstico Cefalométrico para proyectar el crecimiento en el plan de tratamiento (VTO) entre otras cosas.(18)

En 1976 publica su técnica Bio progresiva, que entre otros puntos, consideraba crucial el control del torque durante todo el tratamiento, se basaba en la diferente remodelación ósea entre la cortical y la medula ósea, según su vascularización. Afirmaba que el movimiento dentario puede ser más eficiente cuando se dispone de un control sobre los movimientos radiculares, manteniendo las raíces en el hueso trabecular vascular para facilitar su movimiento o una colocación de las raíces contra el hueso cortical denso para lograr anclaje. Utilizaba arcos segmentados y brackets de ranura 0,018 milésimas de pulgada con el objeto de mantener reducidos los tamaños del bracket y del arco.(19)

El aparato de arco recto fue descrito por Dr. Laurence Andrews a inicio de 1970, basado en años de estudios sobre 120 pacientes no ortodóncicos con características ideales y posteriormente el análisis de 1150 pacientes ortodóncicos ideales. Así, en 1972 publico las seis llaves de la oclusión normal, que serán las metas deseadas de la oclusión funcional en la ortodoncia actual.

La prescripción de Andrews se introdujo en el desarrollo de brackets pre ajustado, que incorporaban las tres dimensiones estudiadas en los pacientes ideales al brackets para lograr un posicionamiento dentario apropiado. Los Brackets al tener el fondo de la ranura en el centro del bracket, se les llamo con el torque en la base, con esto se logra que al posicionar correctamente todos los brackets en dientes nivelados y alineados, las ranuras estarán al mismo nivel, permitiendo el uso de arcos lisos y una fácil instalación de los brackets pre ajustados (9).

El Dr. Ronald Roth comenzó a tratar a sus pacientes con los aparatos de arco recto desde 1973 e identifico situaciones que debían ser mejoradas, como por ejemplo, que con la prescripción de Andrews era necesario ser muy cuidadoso con el control de anclaje, especialmente en casos de extracciones, porque la inclinación mesial de los molares facilitaría la pérdida de anclaje durante el tratamiento.(9, 20)

Basándose en la prescripción y brackets pre ajustados del aparato de arco recto de Andrews, el Dr. Ronald Roth, luego de años de estudios y evaluación de pacientes tratados, considera necesario el perfeccionamiento de la prescripción original, dando origen a la prescripción Roth.

Esta última prescripción realiza sobre correcciones para los dientes se asienten en su posición ideal luego del retiro de aparatos, incrementa el torque en dientes antero superiores, fortalece el anclaje de los sectores posteriores al Disto rotar y disto inclinarlos y modifica rotaciones e inclinaciones de dientes cercanos a los sitios de extracción para lograr su correcta función y posición al finalizar el cierre de espacios. Además modifica la posición de cementado de los brackets para evitar el uso de un arco de curva reversa al final del tratamiento y simplifica la aparatología al igualar los valores de los primeros y segundos molares.(20)

Además, el Dr. Roth revoluciono la ortodoncia con su Paradigma de Oclusión funcional, donde la ortodoncia debe ser basada en una oclusión funcional con las

articulaciones en su relación céntrica. Estipulo que los objetivos de tratamiento deben ser medibles y deben considerar la estética facial, estética dentaria, oclusión funcional, salud articular, salud periodontal, lograr estabilidad y satisfacer las expectativas del paciente.(21-23)

En la filosofía del Dr. Roth, el control del anclaje es vital desde el día de la instalación de aparatos para asegurar el resultado final del tratamiento. Para lograrlo, es recomendable el uso de aparatos auxiliares en aquellos pacientes que lo requieran, como por ejemplo, la barra tras palatina patentada por Goshgarian en 1972 para aumentar el anclaje en el maxilar superior. La preparación de anclaje requiere de una adecuada secuencia de arcos donde se vayan aumentando en forma gradual el nivel de carga deflexión de estos, alcanzando finalmente arcos full size para expresar completamente la prescripción Roth. (1, 24)

CONCEPTO DE ANCLAJE

Las premisas fundamentales en la que se basan todas las mecánicas ortodóncicas son las leyes del movimiento de Newton. El ortodoncista debe conocer y manejar estas leyes, con el objetivo de aplicarlas al sistema de fuerzas que diseñe e implemente en su tratamiento.(25)

La primera Ley es la de Inercia, donde todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar por las fuerzas impuestas sobre él. La segunda ley es de la aceleración, donde el cambio en el movimiento es proporcional a la fuerza motora aplicada y se hace en la dirección de la línea recta en que la fuerza es impuesta. Y la tercera Ley es la de acción y reacción, donde a cada acción corresponde siempre una reacción de sentido contrario e igual intensidad. Al Insertar un arco flexionado al interior de la ranura de un bracket, el arco aplica una fuerza sobre el diente y este ejerce una fuerza igual y opuesta al bracket. (25)

El Anclaje en Ortodoncia se define como la resistencia al movimiento dental no deseado. Cuando el Ortodoncista diseña un aparato de fuerzas para producir un movimiento dental deseado, se producen también fuerzas y reacciones opuestas y de igual intensidad en el otro extremo del mecanismo diseñado. Por lo tanto, el anclaje es la resistencia a las fuerzas de reacción que se obtiene de otros dientes, paladar, cabeza, cuello o anclajes atornillados al tejido óseo, según sea la mecánica utilizada. (26)

CLASIFICACIÓN DE ANCLAJES

Existen múltiples clasificaciones de anclaje, según el autor, época de la publicación y técnicas utilizadas en su mecánica de tratamiento. A continuación describiremos brevemente algunas de ellas:

Angle incorporó el anclaje inter arcadas descrito por Baker y clasificó el anclaje en cinco formas. La primera forma descrita es el anclaje simple: Los dientes tienen permitido inclinarse (Tip) durante el movimiento sin movimiento radicular. El anclaje estacionario: los dientes no tienen permitido inclinarse y si se mueven, deben hacerlo de manera recta y en masa, generando mayor resistencia al movimiento. El anclaje recíproco: fuerza recíproca actuado sobre los dos extremos con igual intensidad. El anclaje Occipital: la resistencia a la fuerza es llevada a una fuerza extra oral mediante elásticos gruesos. Y finalmente el anclaje oclusal: la resistencia a la fuerza es llevada a la arcada contraria mediante elásticos. (27)

Según los maxilares involucrados, observamos que un anclaje puede ser establecido en el mismo maxilar (Intra maxilar) o el anclaje puede estar distribuido en ambos maxilares (Inter maxilar) como es el caso del uso de elásticos intermaxilares o el Aparato de Herbst.

De acuerdo al sitio de anclaje, podemos diferenciar su relación al sitio anatómico desde donde se buscará anclaje. En el anclaje Intraoral podemos encontrar anclaje sobre el hueso alveolar, como en un Botón de Nance que impide el movimiento mesial de molares superiores al apoyar un arco trans palatino con botón acrílico sobre las arrugas palatinas, anclaje Muscular, donde el tono y función muscular facial y masticatorio produce presión sobre los dientes y arcos dentales, participando en la definición de su forma y función normal, anclaje oclusal que se potencia con la función y anclaje muscular y anclaje sobre los dientes. (28)

En el anclaje dentario, dependerán varios factores como la forma, tamaño, número, longitud, posición e inclinación de las raíces de un diente, ya que influirán directamente sobre la superficie radicular que se opone a la fuerza ejercida. La posición en la arcada del diente, ya que si están cerca a zonas óseas corticalizadas o pilares óseos, puede ver favorecido su anclaje. La inclinación afectará cuando el eje de un diente se encuentra en dirección opuesta a la fuerza, ofrece mayor resistencia al movimiento, produciendo un efecto “estaca”. El contacto interproximal de dientes vecinos y oclusal con su antagonista aporta en la estabilidad de un diente y aumenta su resistencia al movimiento. La presencia de dientes anquilosados, al estar completamente unido al hueso alveolar, puede ser utilizada como anclajes esqueléticos absolutos.

El anclaje temporal esquelético, mediante tornillos que penetran por la encía y se anclan al hueso, o placas instaladas bajo el tejido blando, generalmente en zonas de pilares óseos, son artefactos que han permitido movimientos dentales que antes eran muy difíciles o imposibles de conseguir. Importantes estudios han demostrado que la utilización de tornillos como anclaje provee una nula o muy baja pérdida de anclaje en comparación a mecánicas tradicionales, ya que producen un anclaje absoluto. (26, 29)

En el anclaje extra oral se utilizan estructuras fuera de la boca para disipar la fuerza de reacción opuesta y de igual magnitud. Usualmente se utiliza el cráneo o cuello, dependiendo del vector de fuerza que se quiera lograr. Se puede utilizar fuerzas de tiro alto, medio o bajo. Requiere de cooperación de paciente y usualmente no es bien tolerada.

De acuerdo al número de unidades de anclaje se pueden utilizar anclaje de diente individual, anclaje múltiple, con la unión de 2 o más dientes, mediante un “encofrado” en la que se unen dientes mediante una placa de acrílico. Esta puede ser fija o removible o la unión rígida entre bandas, esta puede ser mediante una soldadura de dos bandas continuas o mediante Barras trans palatinas que unen rígidamente dos molares en lados contrarios de la arcada.(24)

Habitualmente en la literatura y clínica ortodóncica, se refiere al anclaje como el movimiento de la unidad de anclaje posterior, refiriéndose al anclaje mínimo cuando se espera que los molares migren hacia mesial, sin movimiento de retrusión o retro inclinación incisiva. El anclaje medio se refiere a una migración compartida entre los molares hacia mesial y los incisivos y caninos en una posición más retrusiva a la inicial. En el anclaje máximo se espera que los molares no migren hacia mesial. Finalmente el anclaje Absoluto describe una situación crítica, en la que no es permitido un movimiento mesial de los molares y comúnmente se utilizará fuerza extra oral o anclaje esquelético transitorio en esta situación.

CONTROL DE ANCLAJE Y MECÁNICA DE TRATAMIENTO

El control del anclaje es de suma importancia para lograr que los dientes se muevan en la dirección planificada, en virtud de lograr los objetivos de tratamiento planteados desde un inicio. En ocasiones, el movimiento de los dientes de anclaje es admisible, en otras es deseable, sin embargo existen casos en los que la resistencia al movimiento de los dientes de anclaje debe ser absoluto. Es por eso

que hay que analizar, evaluar y controlar cuidadosamente los efectos recíprocos de la fuerza empleada, con el fin de potenciar al máximo el movimiento deseado y limitar al mínimo los movimientos no deseados sobre nuestro anclaje. Lograr esto requiere de una delicada planificación, considerando tanto aspectos biológicos como mecánicos.(30)

En los aspectos biológicos, en la literatura se describen factores sistémicos del paciente, fármacos consumidos, forma, tamaño y longitud radicular opuesta al movimiento, características óseas circundantes, fuerzas musculares, relación de dientes vecinos, fuerzas de la oclusión, respuesta individual tisular, intervenciones quirúrgicas locales que afecten la remodelación ósea o elementos lumínicos o vibratorios que favorezcan el movimiento dentario.(10, 19, 26, 31, 32)

Los aspectos mecánicos para controlar el anclaje, considera múltiples formas relacionadas al aparato de ortodoncia y a la mecánica de cierre de espacios utilizada para producir el movimiento dental deseado.

El tratamiento de Ortodoncia comúnmente consta de tres fases secuenciales; en la primera principalmente se busca alcanzar los objetivos de alineación, nivelación y coordinación de los arcos a través de arcos redondos en su sección transversal, que permiten realizar movimientos de inclinación, extrusión, intrusión y rotaciones. Luego comienza la segunda fase o también llamada fase de trabajo o movimientos grupales, en la cual, mediante arcos de sección transversal rectangular se realizaran movimientos sobre la raíz del diente, logrando tener control sobre el Torque o inclinación vestibulo lingual del diente sobre la arcada. Finalmente la tercera Fase es de Finalización del caso y asentamiento de la oclusión.(1)

Durante la primera fase de tratamiento, se busca alinear y nivelar los dientes en el arco. En casos de Anclaje máximos o absolutos, se debe ser muy cuidadoso con la secuencia de arcos utilizados para no perder anclaje durante esta fase. En la Filosofía Roth se comienza la preparación de anclaje desde el inicio del

tratamiento, mediante la disto rotación molar y la utilización de Barras trans palatinas desde momentos tempranos, lo que permite una pérdida de anclaje menor de 1mm durante esta etapa, demostrando que es una prescripción eficiente en el control de anclaje desde el inicio del tratamiento.(33)

En la fase de trabajo, una de las formas de cerrar espacio de las extracciones es mediante el deslizamiento de un diente individual sobre el arco o en masa, movilizándolo un grupo de dientes en conjunto.

En ambas mecánicas se debe considerar la resistencia al movimiento del bracket con el arco, ya que puede incluso consumir el 12% a 60% de la fuerza aplicada al bracket, disminuyendo la fuerza que llega al tejido de soporte del diente que produciría el estímulo suficiente para el movimiento dentario.(26, 34)

La aplicación de una fuerza en un diente para producir su movimiento, primero debe vencer la resistencia al movimiento que produce el contacto del arco con el bracket, luego se provoca una inclinación coronaria, producto que el centro de resistencia del diente se encuentra apical respecto al punto de aplicación de la fuerza, luego los extremos del bracket contactan con el arco y produce el enderezamiento radicular, consiguiendo normalmente producir el estímulo adecuado sobre los tejidos de soporte para causar una remodelación ósea necesaria para el movimiento del diente.

Algunos factores que afectan en la resistencia al movimiento son la geometría de la ranura del bracket, material del arco, rugosidad del arco y ranura del bracket, calibre del arco y su dureza, torque y tip del arco en el bracket, método y fuerza de ligado, distancia inter bracket, saliva y función oral. (25, 26, 35, 36)

La resistencia al movimiento está principalmente compuesta por la fricción (fuerza que se opone al movimiento por dos superficies que contactan), La fijación elástica o *Binding* (cuando el arco se flexiona al tocar los extremos del bracket) y la fijación

inelástica o *Notching* (fase extrema del binding, cuando los extremos del bracket se atascan en el arco, causando deformación plástica en el). (37)

En la literatura actual, numerosos estudios de laboratorio han investigado sobre la fricción y su importancia en la resistencia al movimiento, principalmente ligados a la comercialización de nuevos brackets de auto ligado que dicen disminuir la fricción. La gran mayoría de los estudios son en laboratorio empujando (deslizándolo) brackets sobre un arco liso, por lo que en esas situaciones efectivamente pueden producir menor fricción, pero en la clínica, el diente posee un centro de resistencia y al aplicar una fuerza en un diente, la resistencia al movimiento por fricción será por breves momentos, hasta que el diente se inclina y las esquinas del bracket comienzan a contactar con el arco, generando un momento que se opone a una mayor inclinación del diente (*binding y notching*). (38)

Otros estudios de laboratorio han investigado el mejoramiento de superficie de los arcos para disminuir la fricción (ej.: bombardeo iónico en arcos Beta Titanio), sin embargo en estudios clínicos no se ha podido demostrar mejorías frente al sistema convencional. Estos resultados dan a entender que la fricción es una variable de mayor significancia en el laboratorio pero de escasa influencia clínica durante el cierre de espacios. (29, 39, 40)

Es por eso que la fricción ha demostrado tener baja influencia clínica en la mecánica de ortodoncia. Numerosos estudios han demostrado la predominancia del binding y notching en la resistencia al movimiento más que la fricción. (34, 37, 41)

En caso de existir un ángulo de *binding* aumentado, el bracket puede producir deformación plástica del arco, generando muescas o irregularidades en la superficie del arco, produciéndose una fijación inelástica (*notching*) al engancharse el bracket en la muesca, impidiendo el movimiento. Esta fijación es

liberada gracias al movimiento funcional del diente en el hueso alveolar. Esta irregularidad en el arco afectará posteriormente a los dientes que sigan en el deslizamiento por esa parte del arco. Es importante mencionar que si el bracket queda atrapado en una irregularidad del arco mientras es traccionado, la fuerza de tracción se trasladará a la unidad de anclaje, produciendo probablemente su movimiento y pérdida de anclaje.(26)

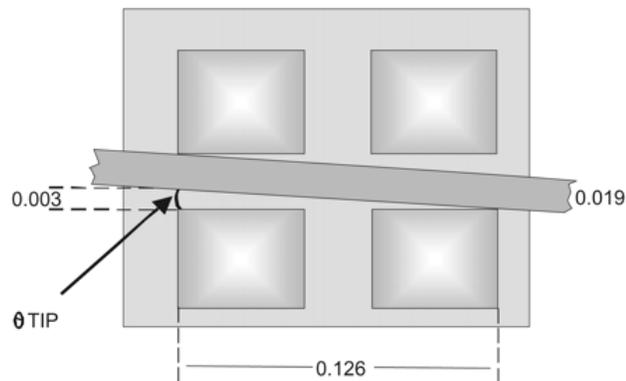


Ilustración 2, muestra el Binding o fijación elástica producida en un bracket de ranura 0,022 con un arco 0,019x0,025 con una inclinación que permite el contacto con los extremos del bracket. Imagen tomada de investigación "Hamdan A, Rock P. The effect of different combinations of tip and torque on archwire/bracket friction. Eur J Orthod. 2008;30(5):508-14" (36)

Al utilizar un arco de calibre cercano al tamaño de la ranura del bracket, contactará con los extremos del arco más fácilmente, disminuyendo la inclinación del diente, logrando una mecánica de deslizamiento más lenta, así como utilizar calibres de arco muy delgados, producirán un ángulo de binding excesivo, produciendo mayor resistencia al movimiento. También influirá el ancho mesio distal de la ranura del bracket, ya que con ranuras más angostas, el ángulo con el arco será mayor, generando más fuerza entre ambos, Por lo que la resistencia al deslizamiento es mayor en brackets distalmente estrechos que en los más anchos. (26, 39)

Es importante el control de la fuerza aplicada durante el cierre de espacios, siendo recomendable concentrar la fuerza donde necesitamos generar movimiento y disipándola en una mayor superficie radicular en la unidad de anclaje.

Es por eso que en situaciones críticas, subdividir el movimiento deseado mejora las condiciones del anclaje. En lugar de intentar mover un segmento completo, se intenta mover de a un solo diente para evitar el movimiento de la unidad de anclaje. En un ejemplo de anclaje máximo, se podría retraer el canino por separado, oponiendo su superficie radicular al de los segmentos posteriores. Luego, una vez que el canino ha llegado a posición, se suma a la unidad de anclaje para retraer los incisivos. Esta técnica en dos fases requiere el doble de tiempo a un movimiento en masa. En la Filosofía Roth no es necesario distalizar el canino primero, sino que se prepara la unidad de anclaje posterior y se retruye el grupo anterior en masa sin perder anclaje debido a la prescripción y elementos auxiliares utilizados para fortalecer el anclaje, En el caso de un anclaje mínimo, donde los dientes anteriores serán nuestra unidad de anclaje, podremos mesialar de a un diente a la vez para evitar la retrusión de los incisivos.(26)

El utilizar una fuerza excesivamente alta podría generar una necrosis aséptica en la zona de compresión del ligamento periodontal afectado, lo que comúnmente se conoce como hialinización, el diente objetivo no se moverá durante los primeros días, produciendo que la unidad de anclaje resista tensiones innecesarias, poniendo en riesgo nuestro anclaje. (26)

Las últimas revisiones sistemáticas han recomendado utilizar fuerzas entre 150 a 200 gr. para movilizar un canino manteniendo su salud periodontal, independiente del elemento utilizado para realizar la fuerza, por coil de NiTi, ligadura activa o cadena elástica. Esta magnitud de fuerza es aplicable tanto para la mecánica de desplazamiento de un diente como a la de mecánica en masa para retraer incisivos. (39, 40, 42)

Al aplicar una fuerza para cierre de espacio por mecánica en masa, habitualmente realizado para la retracción del grupo anterior, ambos bloques giran alrededor de su centro de resistencia, por lo que los dientes anteriores se retro inclinan y los dientes posteriores se mesio inclinan, en ambos tiende a aumentar la extrusión y rotaciones de los dientes adyacentes al vano desdentado. El arco de trabajo contrarresta estos movimientos indeseados debido a la rigidez y curva producida en el arco por la activación. Dependiendo del arco y mecánica, este efecto se define como Anti bowing en un arco recto o efecto de Gable (o techo de rancho) en un arco con doble ansa. Debido a la Luz o juego del arco de menor calibre en la ranura del bracket, es común la pérdida de torque en el grupo incisivo durante su retracción.

La pérdida de torque durante la mecánica de cierre en masa es un efecto no deseado de la retracción del grupo anterior. Estudios han demostrado que un arco 0,019x0,025 pulgadas en una ranura 0,022 pulgadas tiene un juego 12° (de los cuales 4° son por sus bordes biselados), mientras que un arco 0,021x0,025 permitiría un juego de 6°, insuficiente para una mecánica de desplazamiento adecuado pero más adecuado para la expresión de torque. Un arco 0,016x0,022 pulgadas en una ranura 0,018 pulgadas, presenta un juego de 12° que incluso podría llegar a tener un juego de 18° según otros autores. (39, 43, 44)

La prescripción Roth tiene 12° de torque incisivo central superior, por lo que el diente se retro inclinará hasta que el arco y bracket contacten y traben la posición, estos 12° de juego producirá pérdida de la expresión de torque que posee el bracket durante su retracción. En la Filosofía Roth, posterior al cierre de espacios, se utilizan arcos full size que permitan la expresión completa de la prescripción, expresando el torque ideal. Otras técnicas de ortodoncia, donde su arco de mayor calibre es el de trabajo (0,019x0,025 pulgadas) han tenido que aumentar el torque incisivo superior en su prescripción para contrarrestar el juego del arco y la poca expresión de torque anterior.(39, 43)

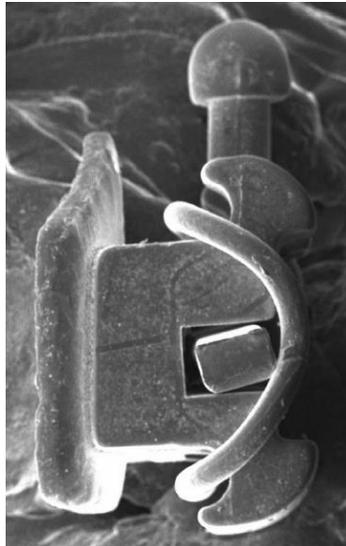


Ilustración 3 muestra relación del arco en la ranura de bracket, bajo microscopia electrónica. Extraída de investigación de Lombardo L, Arreghini A, Bratti E, Mollica F, Spedicato G, Merlin M, et al. Comparative analysis of real and ideal wire-slot play in square and rectangular archwires. Angle Orthod. 2015;85(5):848-58.

El control del torque en incisivos es muy importante debido a que permitirá una adecuada estética facial, dentaria, oclusión funcional y estabilidad. La falta de torque en los dientes anteriores afecta la disponibilidad de espacio en la arcada e impide que se logre una correcta clase canina. Grandes esfuerzos se han realizado para lograr un torque anterior correcto, doblar el arco para dar más torque, elementos auxiliares o brackets pre ajustados con mayores valores de torque en su prescripción.(16, 44)

Estudios han demostrado que un aumento del Tip o angulación mesio distal aumentará significativamente la fricción, ya que el ángulo del *Binding* aumentará. El aumento del torque o torsión del arco al interior de la ranura también afecta significativamente a la resistencia al deslizamiento, sin embargo es menor al efecto del Tip.(36)

La forma de mantener el arco al interior de la ranura del bracket influye en la expresión de torque, las ligaduras metálicas son el Gold standard ya que prácticamente no hay degradación de su fuerza, por lo que se mantiene constante entre controles y permiten la expresión de la prescripción de mejor manera. La

ligadura elastomérica presenta una degradación de su fuerza que puede llegar al 40% las primeras 24 horas, afectando la presión que puede ejercer para mantener el arco contra el fondo de la ranura. Sin embargo estudios han demostrado que la expresión de torque no se ve afectada según el tipo de ligadura al insertar un arco full size, ya que la traba sería mecánica contra las tres paredes de la ranura del bracket. Respecto a los brackets de auto ligado, estudios han demostrado que los con cierre activo son más efectivos en la expresión de torque que los con cierre pasivos.(43-46)

Estudios han demostrado que el tamaño de las ranuras de los brackets y los arcos informados por los fabricantes no es exacto y difiere con lo medido en la realidad en aproximadamente un 2 a 9% según la marca y modelo. Esta discrepancia se produce por que la presencia de imperfecciones en su superficie podrían impedir la entrada de un arco full size, y para evitar ese inconveniente, los fabricantes deciden sobre dimensionar la ranura del bracket (+2% a 17%), sub dimensionar el tamaño de los arcos (-6,47%, -9% -11% a +5,10%) o biselar sus aristas (podría permitir un juego de 0,2° a 12,9° entre ambos), siguiendo la normativa DIN de Limites de tolerancia para arcos y brackets. (39, 41, 43, 44, 47-50)

Lombardo describió que las aristas redondeadas no eran simétricas en el mismo arco, por lo que el juego del arco en la ranura no será uniforme, pudiendo variar en rotación horaria o anti horaria del arco en el bracket. (50)

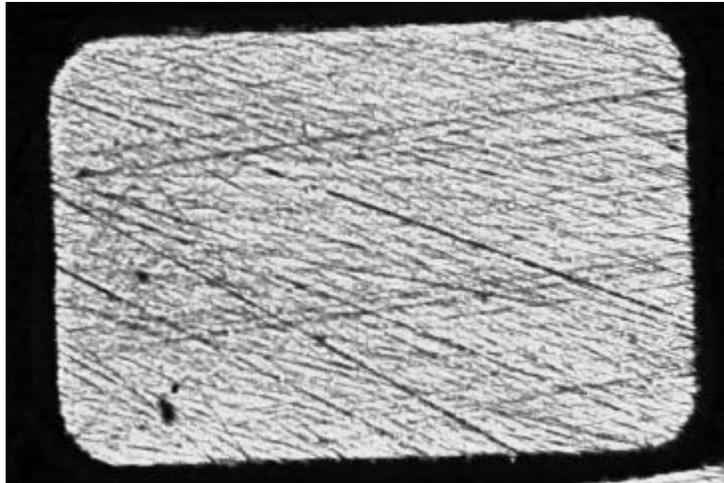


Ilustración 4 Muestra relación aristas redondeadas de arco rectangular, bajo microscopia electrónica. Extraída de investigación de Lombardo L, Arreghini A, Bratti E, Mollica F, Spedicato G, Merlin M, et al. Comparative analysis of real and ideal wire-slot play in square and rectangular archwires. Angle Orthod. 2015;85(5):848-58.

Con respecto a la aleación del arco para una mecánica de cierre de espacios, hay que considerar el coeficiente de fricción y la rigidez. Sobre brackets de acero inoxidable, un arco del mismo material posee menor coeficiente de fricción al compararlos con los de cromo cobalto (Elgiloy), NiTi o Beta titanio en ese orden. Con respecto a la rigidez propia de cada material, el acero es el que presenta mayor rigidez y fuerza de torsión (torque), luego un arco de Beta Titanio entrega 1,5 a 3 veces menos fuerza que uno de acero de igual calibre, mientras que uno de NiTi expresa casi 2,5 a 6 veces menos fuerza que el de acero dependiendo del autor. (39, 44, 51)

Múltiples estudios han demostrado que los arcos con menor resistencia al deslizamiento son redondos, delgados y de acero inoxidable, sin embargo estos arcos no son los más apropiados para una mecánica de cierre de espacios, ya que pueden ser deformados con las fuerzas aplicadas, produciendo mal posiciones dentarias o descoordinaciones de arcos dentarios. Por lo tanto, el arco debe

permitir el deslizamiento pero con la suficiente rigidez para no deformarse y ocasionar los problemas descritos.(25, 39)

La rigidez es necesaria para que el arco no se flexione y permita generar los momentos adecuados para enderezar la raíz. Esta propiedad del material está ligada por la sección transversal, el diámetro y la longitud del arco. Los arcos de acero inoxidable tienen la rigidez necesaria para realizar una mecánica adecuada.(39)

Para facilitar la mecánica de cierre de espacio, el arco debe ser de menor calibre que la ranura del bracket. Esta diferencia de tamaño se le llama "juego" y los valores recomendados son de 0,002 a 0,004 pulgadas. Es decir, para una ranura de 0,022 pulgadas, se recomienda al menos un arco de calibre 0,018 o 0,020 pulgadas para el deslizamiento o 0,019x0,025 pulgadas para la mecánica en masa. En una ranura de 0,018 pulgadas, un arco de al menos un calibre de 0,016x0,022 pulgadas para la mecánica de cierre. Tradicionalmente se ha considerado que el calibre 0,019x0,025 pulgadas en una ranura 0,022 pulgadas posee la rigidez adecuada para resistir las fuerzas de una mecánica de cierre de espacio en Masa, sin embargo un arco 0,016 no posee estas características, por lo que una ranura 0,018 pulgadas resultaría ineficiente en ese tipo de mecánica, y sería recomendable solo para mecánicas de deslizamiento. Utilizar calibres delgados producen inclinación excesiva de los dientes traccionados con una fuerza habitual y ésta inclinación aumenta si el grosor de arco disminuye. (39, 52)

El juego del arco al interior de la ranura del bracket, permite que los dientes se inclinen y roten. La utilización de arcos de menor calibre durante la fase de trabajo facilita el desplazamiento dental, pero también afecta en la estabilidad de la unidad de anclaje. (26, 53)

Como precaución para evitar movimientos no deseados de las unidades de anclaje, es recomendable hacer ajustes en nuestra mecánica de tratamiento,

utilizando arcos del máximo calibre que tenga menor juego en la ranura del bracket, utilizar arcos lo más rígido posible, incorporar una inclinación en sentido contrario a la aplicación de la fuerza en los dientes de unidad de anclaje y añadir mecanismos para evitar rotaciones dentales durante el cierre de espacios. Esto se logra con arcos full size o cercanos en calibre en la zona de anclaje, que permitan expresar la totalidad del torque de la prescripción, favoreciendo el anclaje radicular más cercano a zonas corticalizadas, además de expresar la disto rotación y enderezamiento molar.

De igual manera, en la zona donde esperamos el movimiento deseado, es recomendable utilizar un arco que permita un juego suficiente en la ranura del bracket que logre una correcta inclinación que facilite el movimiento dentario, así como disminuya la fricción del arco con el bracket y sea suficientemente rígido como para permitir el enderezamiento radicular y que no se deforme ante las fuerzas.

Según lo anterior, lo ideal es que con un mismo arco exista distinto juego con las ranuras diferenciando la zona de anclaje y la de movimiento. Esto se puede realizar con la técnica bidimensional descrita por Schudy o Gianelly que utilizaban brackets de distinto diámetro de ranura con un arco de un solo calibre o con brackets de un mismo diámetro de ranura y arcos con calibre diferenciado en las zonas de anclaje o movimiento. (14)

Los arcos de calibre diferenciado se pueden comprar en el mercado, como los utilizados en técnica lingual (0,018x0,025 reducidos en posterior) o se pueden confeccionar directamente en clínica a partir de un arco de alto calibre. El desgaste del arco se puede realizar por desgaste abrasivo con piedras montadas o discos abrasivos o mediante desgaste electrolítico de la superficie del arco.(54)

A pesar de los beneficios que trae utilizar un arco de calibre diferenciado, al realizar una exhaustiva revisión de la literatura, hay escasos estudios clínicos que

describan esta técnica. Es por eso, que este estudio busca comprobar variaciones de tamaño que experimenten los arcos de acero inoxidable al ser sometidos a desgaste manual y luego de distinto tiempo de aplicación de un método de desgaste electrolítico para su uso en la mecánica de cierre de espacios en los tratamientos de ortodoncia.(54)

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

Comprobar variaciones de tamaño que experimenten los arcos de acero inoxidable al ser sometidos a desgaste manual y luego de distinto tiempo de aplicación de un método electrolítico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Cuantificar el desgaste de arcos de acero mediante desgaste manual y luego de distinto tiempo de aplicación de un método de desgaste electrolítico.
- Evaluar si el calibre del arco influye en la cantidad de desgaste alcanzado.
- Comprobar si los arcos de acero inoxidable antes del tratamiento de superficie son del calibre descrito por el fabricante.
- Comparar la superficie del área desgastada en relación a un arco sin alterar.
- Comparar la superficie del área desgastada en los distintos tipos de método de desgaste.

HIPÓTESIS

No existen diferencias de tamaño ni de superficie entre los arcos sin desgaste y los tratados con desgaste electrolítico a distintos tiempos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en base a un diseño experimental In vitro sobre arcos rectangulares de acero inoxidable de la misma marca (DENSPLY GAC INTERNATIONAL) de tres calibres; 0,022x0,028, 0,021x0,025, 0,019x0,025 pulgadas. Cada grupo de calibre de arco consistía en un número de 30 arcos.

Luego cada grupo de arco se dividió en 6 sub categorías de tratamiento de superficie a evaluar: “Desgaste manual”, “Desgaste electrolítico de 30 segundos”, “Desgaste electrolítico de 60 segundos”, “Desgaste electrolítico de 90 segundos”, “Desgaste electrolítico de 120 segundos”, “Desgaste electrolítico de 150 segundos”, alcanzando un total de 90 arcos a evaluar.

A Todos los arcos se le midió su ancho y alto antes y después del tratamiento de superficie con un Micrómetro Digital (MITUTOYO modelo MDC-25SX con una resolución de medida 0,001mm (1 milésima de milímetro) y una precisión de 0,3 μ m (0,00003 mm)).



Ilustración 5 Micrómetro Digital (MITUTOYO modelo MDC-25SX)

El desgaste electrolítico se realizó en el “Anodizador Ortodontico” de marca GRINENDENT© con Ácido Orto fosfórico al 85% nuevo y a una temperatura constante de 20°C. El desgaste manual lo realizo un único operado experimentado con discos abrasivos Sof-Lex™ de 3M de grano grueso (color negro).



Ilustración 6 “Anodizador Ortodóncico” de marca Grinendent

Las mediciones del Micrómetro fueron realizadas por dos operadores calibrados y en aquellos arcos en los que se encontraban discordancia de la medición entre ambos, se volvía a medir en conjunto para consensuar su medida.

Los resultados de las distintas variables medidas (intervalares) para medir longitud se registraron en planillas Excel y luego fueron analizadas en el software estadístico Stata v.14 y SYSTAT v. 13, mediante los test Kruskal-Wallis y Conover-Inman (variables sin distribución normal) y test t de comparación con un valor conocido. Se consideró que existían diferencias significativas si $p < 0,05$.

Finalmente los arcos fueron observados en un Estéreo microscopio Reichmann modelo Stemi 305 5:1, Fotografiado con cámara de microscopio AxioCam 1,2 Megapíxeles y analizadas en el programa computacional AxioVision LE64 para observar y describir las características de superficie de cada grupo.

RESULTADOS

Se utilizó el test Kruskal Wallis para determinar si hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados, debido a que no presentaban distribución normal.

En la ilustración 7 y 8 podemos observar las medidas del Alto y el Ancho, describiendo su calibre y distribución antes y después de los procedimientos de superficie. Se puede observar una alta dispersión de los datos en las cajas rojas, ya que están incorporados los desgastes obtenidos con todos los medios y tiempos de desgaste. Existiendo diferencias estadísticamente significativas al comparar el antes y después en todos los calibres con todos los tratamientos de superficie en su alto y ancho. ($p < 0,005$).

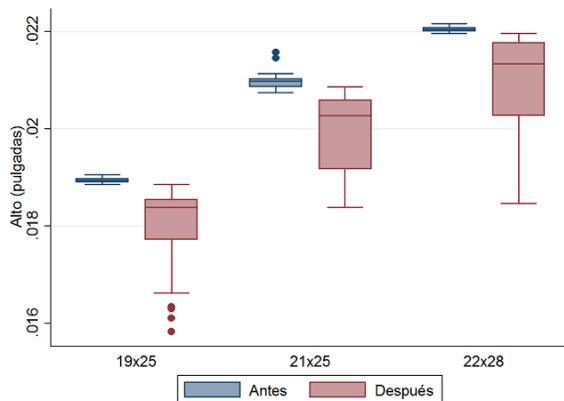


Ilustración 7. Antes y después del Alto en los calibres 19x25, 21x25 y 22x28.

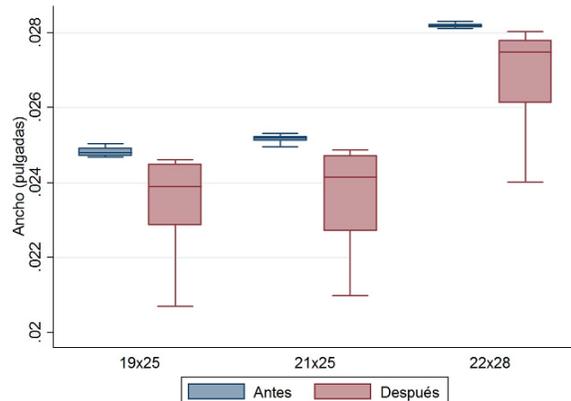


Ilustración 8. Antes y después del Ancho en los calibres 19x25, 21x25 y 22x28.

Al aplicar el test estadístico para comparar las diferencias de desgaste entre los distintos calibres de arco, no se observó diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de desgaste del tratamiento de superficie según el calibre del arco.

Al comparar todos los arcos antes y después en todos los calibres de arcos probados, como graficado en la ilustración 9 y 10, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los tiempos y métodos de desgaste. ($p < 0,005$)

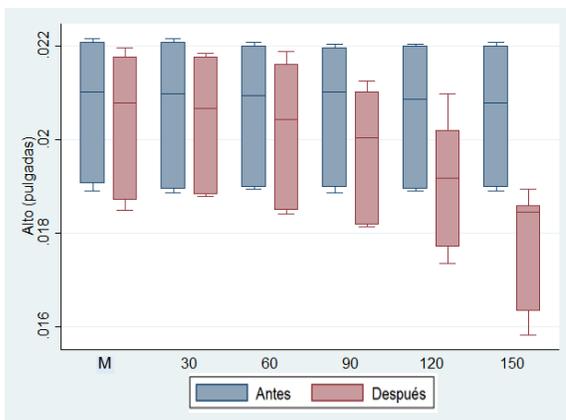


Ilustración 9 Antes y después del Alto en los calibres 19x25, 21x25 y 22x28 según intervención y tiempo de aplicación. (M) = Desgaste Manual

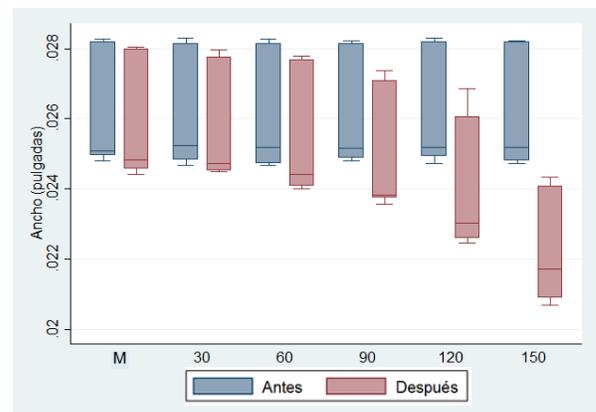


Ilustración 10 Antes y después del Ancho en los calibres 19x25, 21x25 y 22x28 según intervención y tiempo de aplicación. (M) = Desgaste Manual

En los gráficos 11 al 16 podemos observar los arcos de calibre 0,019x0,025, 0,021x0,025 y 0,022x0,028 consecutivamente antes y después de cada tratamiento de superficie en su Alto y Ancho.

Se observan diferencias estadísticamente significativas en el Ancho antes y después al comparar 120 segundos con desgaste manual y 30 segundos, 150 segundos con desgaste manual, 30 segundos y 60 segundos. Además se observó diferencias estadísticamente significativas al comparar el antes y después en el Alto entre los grupos manual, 30, 60, 90, 120 y 150 segundos en todos los calibres, sin embargo no se observó diferencias estadísticamente significativas entre los otros grupos de 30s y manual en esta medida. ($p < 0,005$).

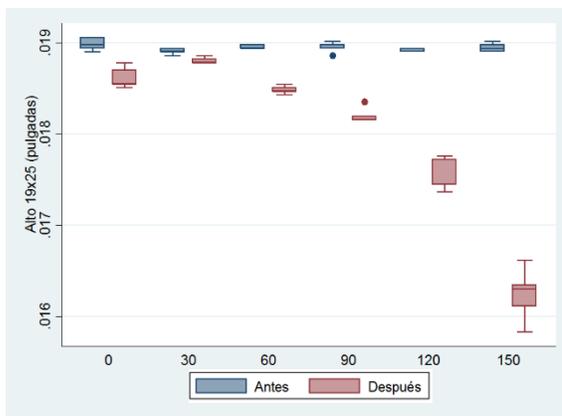


Ilustración 11 Antes y después del Alto en los calibres 19x25 según método y tiempo de desgaste. (M) = Desgaste Manual.

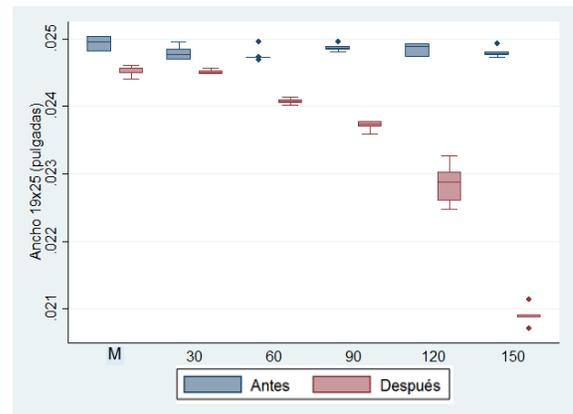


Ilustración 12 Antes y después del Ancho en los calibres 19x25 según método y tiempo de desgaste. (M) = Desgaste Manual.

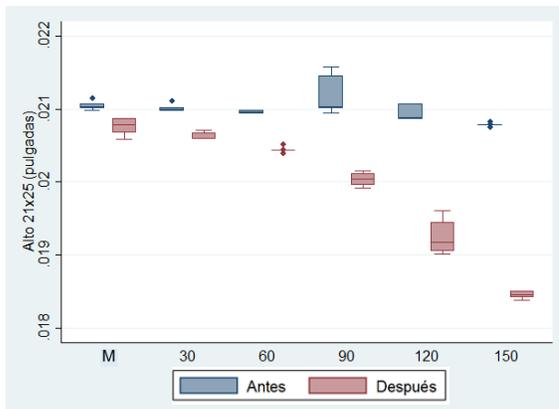


Ilustración 13 Antes y después del Alto en los calibres 21x25 según método y tiempo de desgaste. (M) = Desgaste Manual.

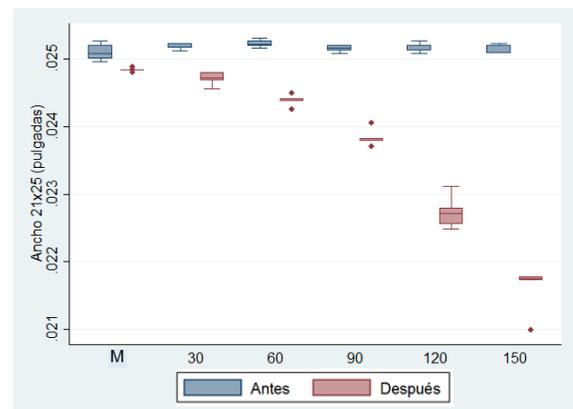


Ilustración 14 Antes y después del Ancho en los calibres 21x25 según método y tiempo de desgaste. (M) = Desgaste Manual.

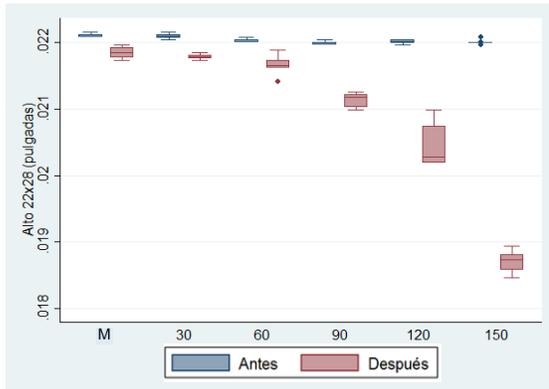


Ilustración 15 Antes y después del Alto en los calibres 22x28 según método y tiempo de desgaste. (M) = Desgaste Manual.

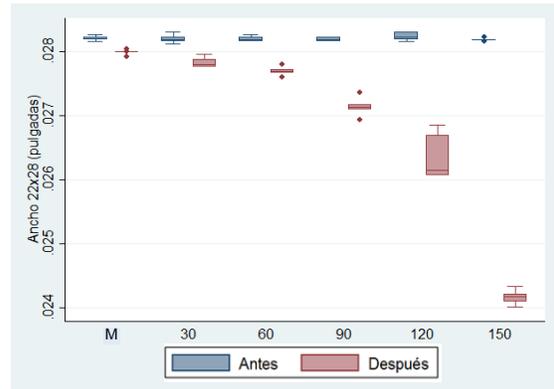


Ilustración 16 Antes y después del Ancho en los calibres 22x28 según método y tiempo de desgaste. (M) = Desgaste Manual.

En el Grafico 17 y 18 se observa el desgaste considerando todos los calibres según el tratamiento de superficie y tiempo de desgaste electrofórico. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los tiempos y métodos de desgaste. ($p < 0,005$)

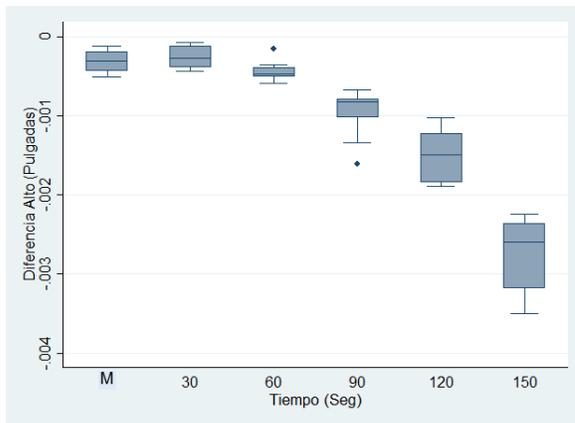


Ilustración 17 Desgaste en el Alto según tratamiento de superficie en todos los calibres. (M)= Desgaste Manual

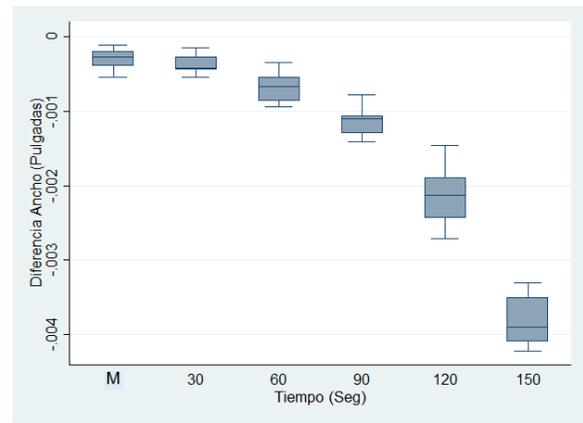


Ilustración 18 Desgaste en el Ancho según tratamiento de superficie en todos los calibres. (M)= Desgaste Manual

En el grafico 19 y 20 se evidencia el desgaste del arco en su Alto y Ancho en los calibres por separado según tiempo de desgaste electrolítico. No se observó diferencias estadísticamente significativas al evaluar por separado cada intervención en cada calibre de arco antes y después ($p=0.0625$).

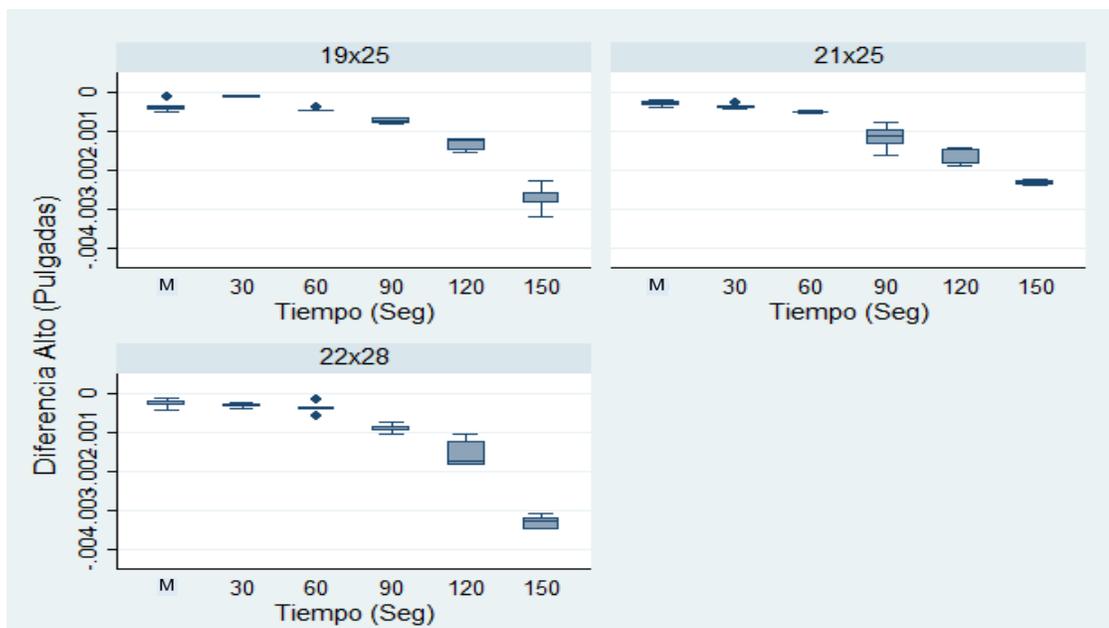


Ilustración 19 Desgaste en el Alto según tratamiento de superficie en todos los calibres por separado. (M)= Desgaste Manual

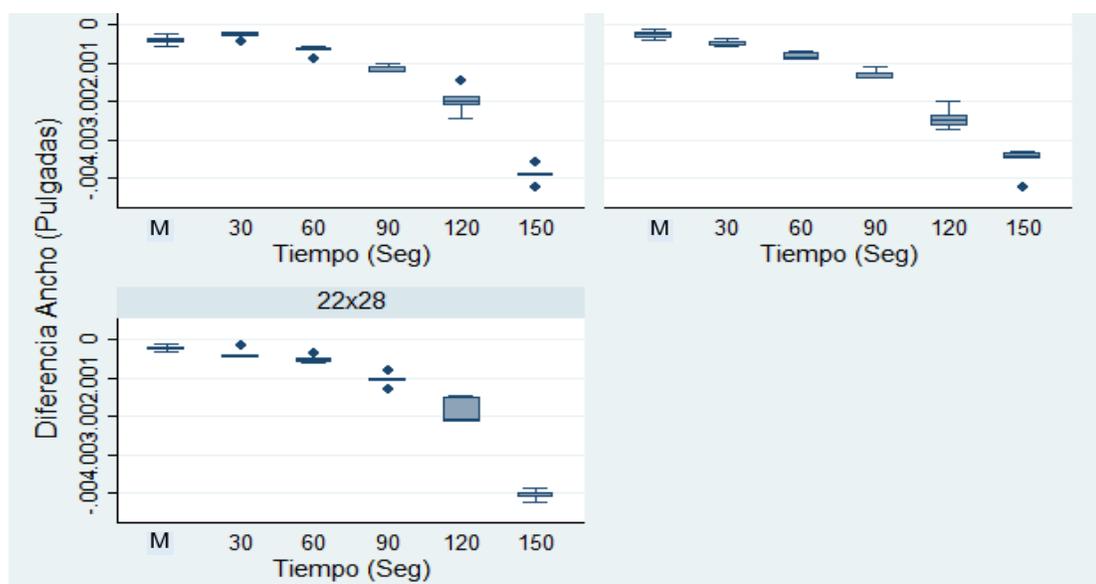


Ilustración 20 Desgaste en el Ancho según tratamiento de superficie en todos los calibres por separado. (M)= Desgaste Manual

Al hacer un Test de comparación de medias, en el calibre 19x25 y 22x28 se observa diferencia estadísticamente significativa entre el tamaño informado por el fabricante y el promedio observado en este experimento, al igual que al comparar el calibre 21x25 en su Ancho. ($p < 0,005$) Sin embargo no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el Alto de ese último calibre ($p = 0,8379$).

Arco 19x25	Alto antes	Ancho antes
N	30	30
Promedio	0,0189	0,0248
Desviación Estándar	0,0000	0,0001
Min	0,0189	0,0247
Max	0,0191	0,0250

Ilustración 21. N, Promedio, Ds, Min y Max iniciales del calibre 19x25

Arco 21x25	Alto antes	Ancho antes
N	30	30
Promedio	0,0210	0,0252
Desviación Estándar	0,0002	0,0001
Min	0,0207	0,0250
Max	0,0216	0,0253

Ilustración 22 N, Promedio, Ds, Min y Max iniciales del calibre 21x25

Arco 22x28	Alto antes	Ancho antes
N	30	30
Promedio	0,0220486	0,0282034
Desviación Estándar	0,0001	0,0001
Min	0,0220	0,0281
Max	0,0222	0,0283

Ilustración 23 N, Promedio, Ds, Min y Max iniciales del calibre 22x28

En la Tabla N°24 se observan las dimensiones promedio de los arcos, posterior al tratamiento de superficie realizado, así como el desgaste promedio realizado.

Calibre de arco	Tratamiento	Alto Después (promedio)	Ancho Después (promedio)	Desgaste Alto (promedio)	Desgaste Ancho (promedio)
19x25	Desgaste manual	0,0186	0,0245	-0,0004	-0,0004
19x25	Desg Electr 30s	0,0188	0,0245	-0,0001	-0,0003
19x25	Desg Electr 60s	0,0185	0,0241	-0,0005	-0,0007
19x25	Desg Electr 90s	0,0182	0,0237	-0,0007	-0,0011
19x25	Desg Electr 120s	0,0176	0,0229	-0,0013	-0,0020
19x25	Desg Electr 150s	0,0162	0,0209	-0,0027	-0,0039
21x25	Desgaste manual	0,0208	0,0248	-0,0003	-0,0003
21x25	Desg Electr 30s	0,0206	0,0247	-0,0004	-0,0005
21x25	Desg Electr 60s	0,0204	0,0244	-0,0005	-0,0008
21x25	Desg Electr 90s	0,0200	0,0238	-0,0012	-0,0013
21x25	Desg Electr 120s	0,0193	0,0227	-0,0017	-0,0024
21x25	Desg Electr 150s	0,0185	0,0216	-0,0023	-0,0036
22x28	Desgaste manual	0,0219	0,0280	-0,0003	-0,0002
22x28	Desg Electr 30s	0,0218	0,0278	-0,0003	-0,0004
22x28	Desg Electr 60s	0,0217	0,0277	-0,0004	-0,0005
22x28	Desg Electr 90s	0,0211	0,0271	-0,0009	-0,0011
22x28	Desg Electr 120s	0,0205	0,0264	-0,0015	-0,0019
22x28	Desg Electr 150s	0,0187	0,0242	-0,0033	-0,0040

Tabla 24. Tabla describe promedios de desgaste alcanzados en los distintos calibres y tratamientos de superficie. (Desg. Electr = Desgaste Electrolítico)

Al observar mediante microscopia óptica la superficie de los arcos intervenidos, visualmente podemos constatar que la superficie de los arcos con desgaste manual es muy rugosa, el desgaste apreciado predomina en las aristas del arco y no es uniforme en todo el largo. En los arcos con desgaste electrolítico se observa un desgaste homogéneo, una superficie continua y lisa. Incluso más lisa y libre de imperfecciones superficiales que el arco sin tratamiento de superficie. Las fotografías por calibre se exponen a continuación.

Fotografías de arcos calibre 0,019x0,025, ilustraciones 25 a 30

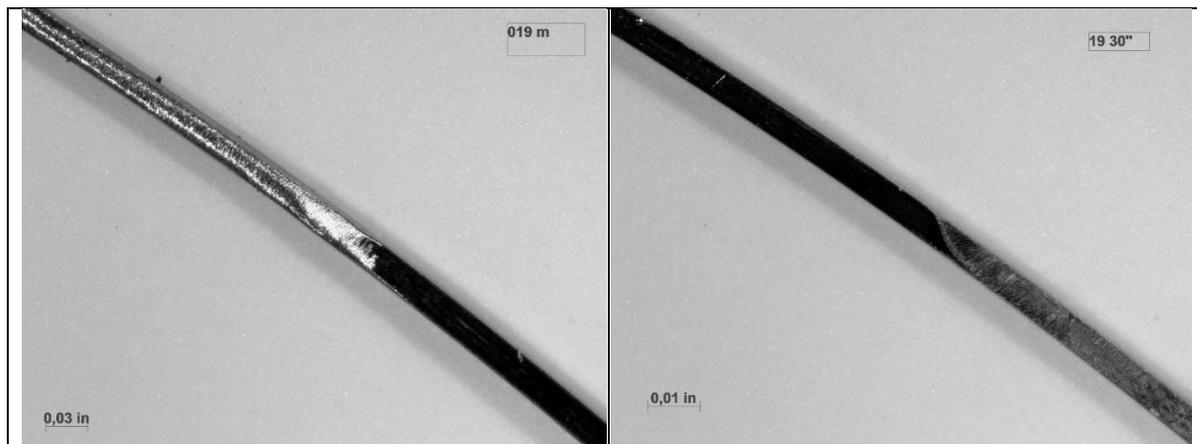


Ilustración 25 Arco 19x25, Desgaste Manual en extremo izquierdo

Ilustración 26 Arco 19x25, Desgaste electrolítico 30 segundos en extremo izquierdo

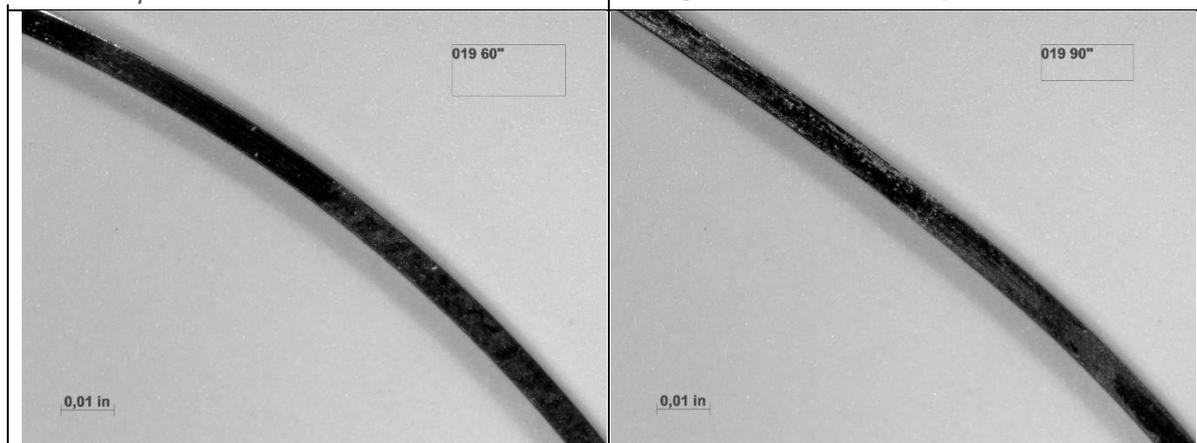


Ilustración 27 Arco 19x25, Desgaste electrolítico 60 segundos en extremo izquierdo

Ilustración 28 Arco 19x25, Desgaste electrolítico 90 segundos en extremo izquierdo

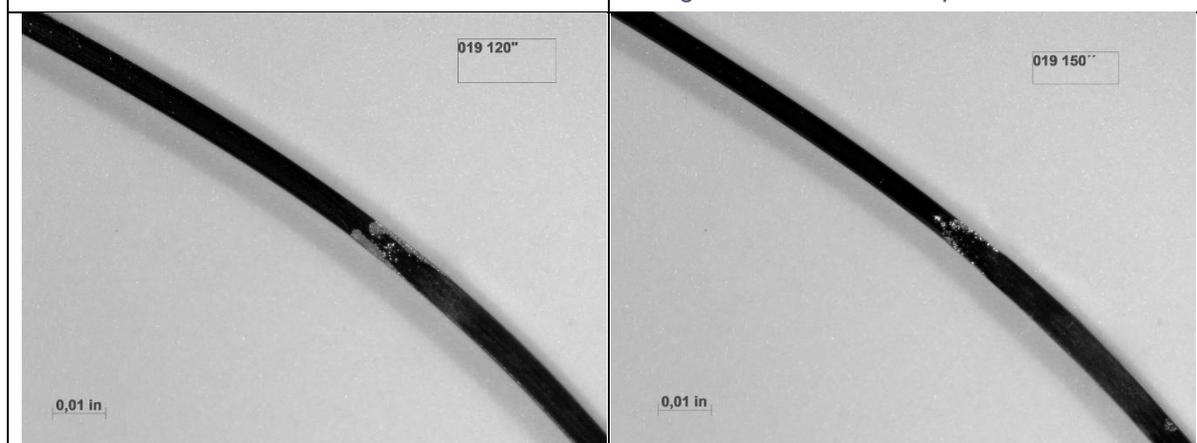


Ilustración 29 Arco 19x25, Desgaste electrolítico 120 segundos en extremo izquierdo

Ilustración 30 Arco 19x25, Desgaste electrolítico 150 segundos en extremo izquierdo

Fotografías de arcos calibre 0,021x0,025, ilustraciones 31 a 36.

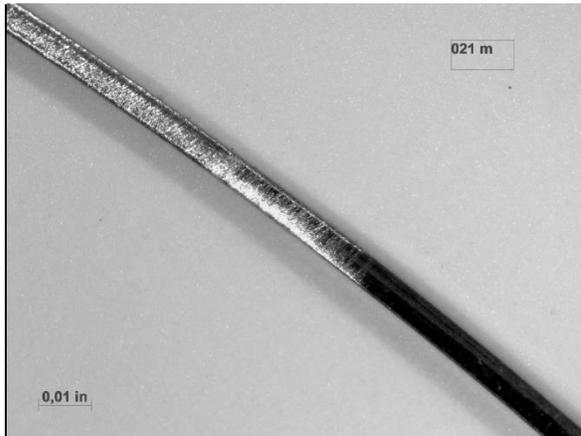


Ilustración 31 Arco 21x25, Desgaste Manual en extremo izquierdo

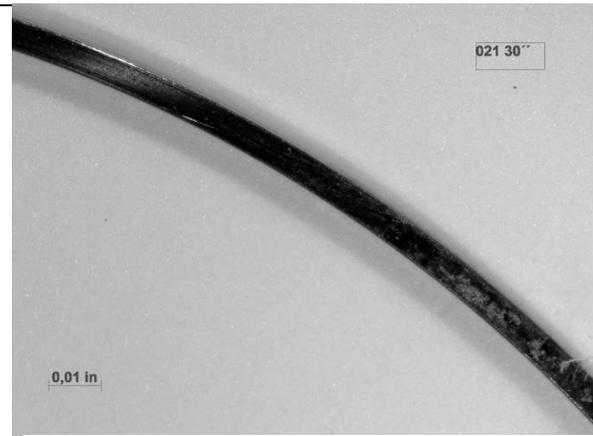


Ilustración 32 Arco 21x25, Desgaste electrolítico 30 segundos en extremo izquierdo

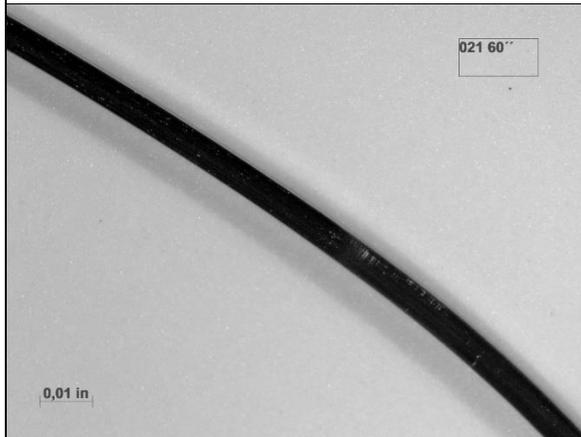


Ilustración 33 Arco 21x25, Desgaste electrolítico 60 segundos en extremo izquierdo

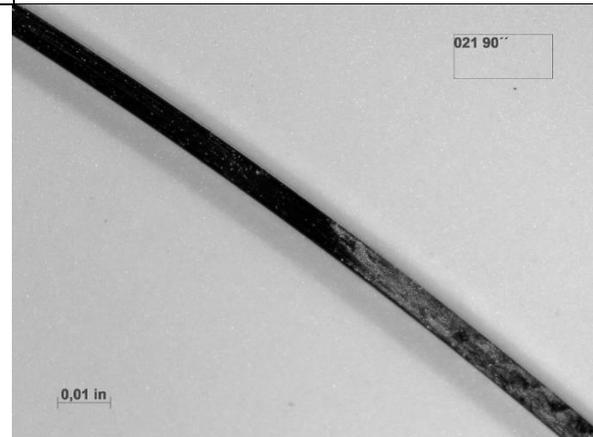


Ilustración 34 Arco 21x25, Desgaste electrolítico 90 segundos en extremo izquierdo

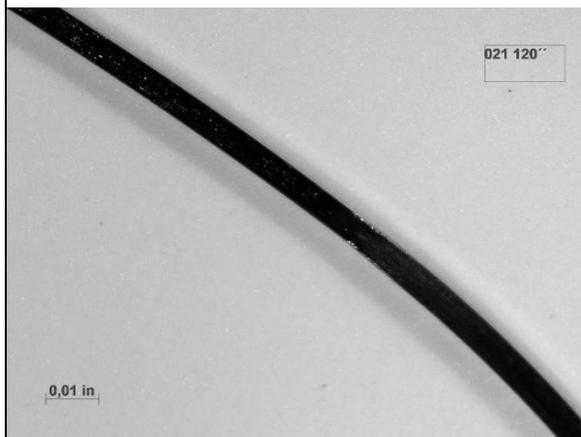


Ilustración 35 Arco 21x25, Desgaste electrolítico 120 segundos en extremo izquierdo

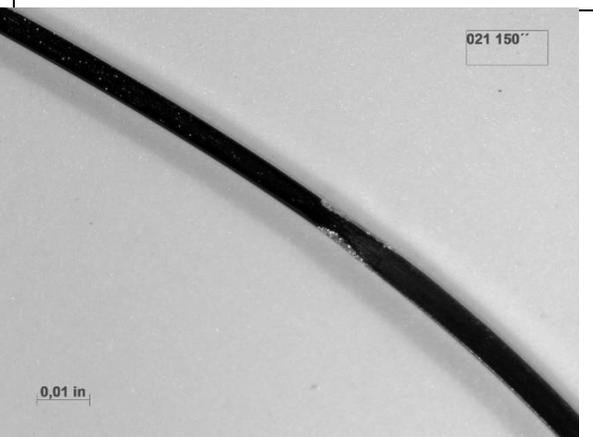


Ilustración 36 Arco 21x25, Desgaste electrolítico 150 segundos en extremo izquierdo

Fotografías de arcos calibre 0,022x0,028, ilustraciones 37 a 42

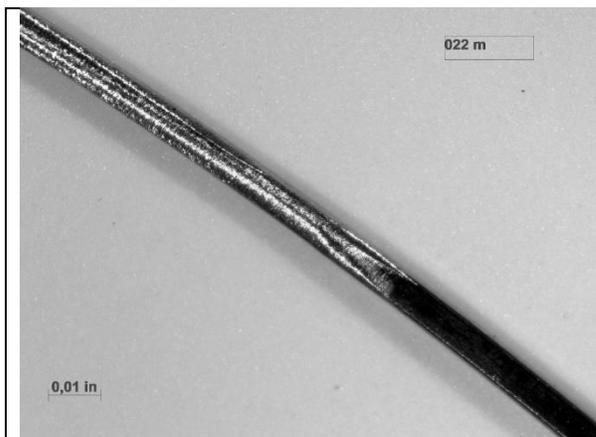


Ilustración 37 Arco 22x28, Desgaste Manual en extremo izquierdo

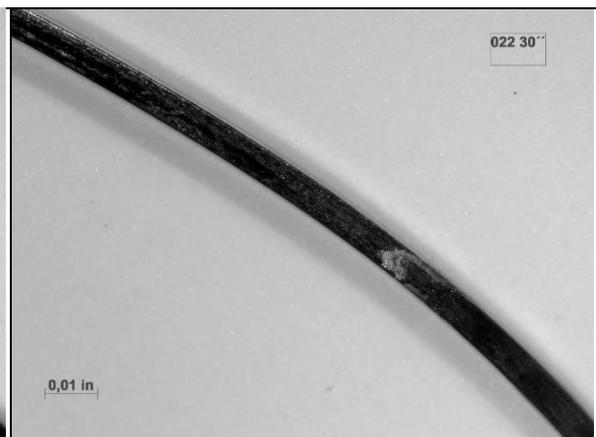


Ilustración 38 Arco 22x28, Desgaste electrolítico 30 segundos en extremo izquierdo

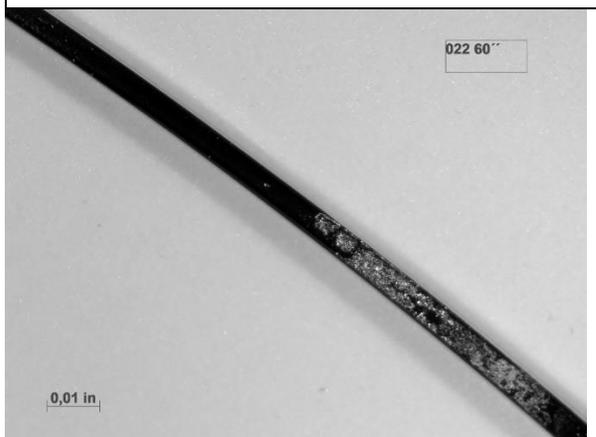


Ilustración 39 Arco 22x28, Desgaste electrolítico 60 segundos en extremo izquierdo

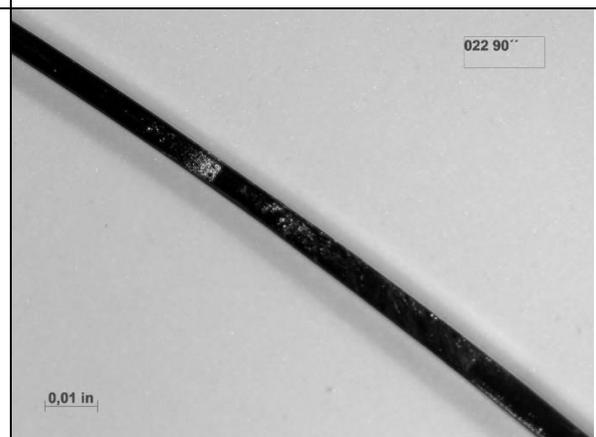


Ilustración 40 Arco 22x28, Desgaste electrolítico 90 segundos en extremo izquierdo

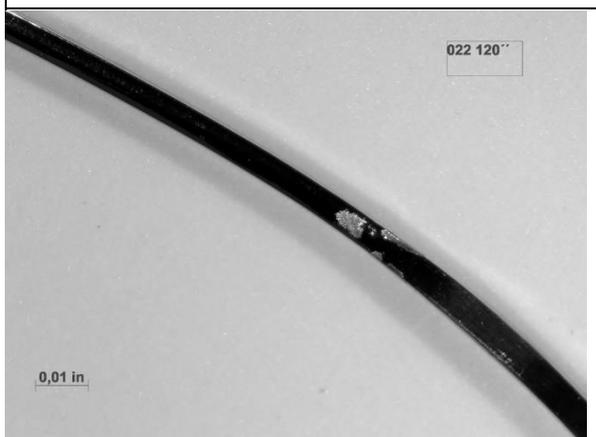


Ilustración 41 Arco 22x28, Desgaste electrolítico 120 segundos en extremo izquierdo

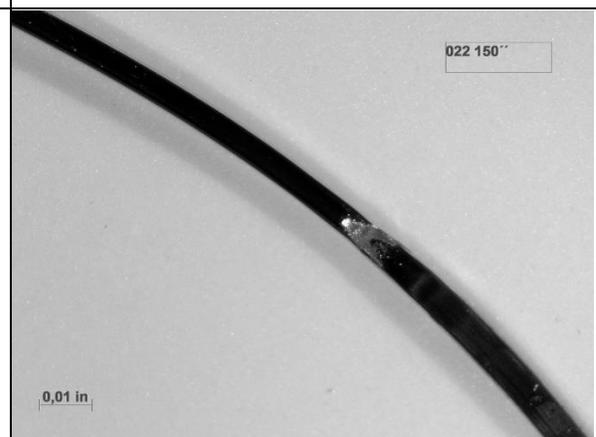


Ilustración 42 Arco 22x28, Desgaste electrolítico 150 segundos en extremo izquierdo

DISCUSIÓN

Se rechaza hipótesis nula, ya que hubo diferencias en el calibre y la superficie de los arcos con el tratamiento de desgaste electrolítico y desgaste manual.

La cantidad de desgaste alcanzada es adecuada para su uso clínico, permitiendo utilizar un mismo arco con distinto calibre, diferenciado en las zonas de anclaje y las zonas de movimiento. Esto permite tener mayor control sobre el anclaje, expresando la prescripción del bracket y logrando un mejor control radicular, mientras se aumenta el ángulo de juego en la zona de movimiento, facilitando el deslizamiento y cierre de espacio. (35, 53)

Al comparar el desgaste por método electrolítico en los distintos calibres de arco, se observaron diferencias estadísticamente significativas en su desgaste (calibre antes y después) y no hubo diferencias estadísticamente significativas en el desgaste logrado entre los distintos calibres, esto quiere decir que el desgaste por método electrolítico no depende del calibre del arco y su funcionamiento es independiente de la superficie de contacto. Sin embargo debido a que el desgaste electrolítico se produce en la superficie del arco, teóricamente un arco de mayor calibre y superficie debería presentar mayor desgaste. Creemos que este aspecto se debe re evaluar en otro estudio con mayor tamaño de muestras para confirmar estos resultados.

A pesar de observar diferencias estadísticamente significativas al evaluar el desgaste por calibre o por método de desgaste, al analizar por separado cada calibre por cada tratamiento, los resultados de desgaste alcanzado no fueron estadísticamente significativos, a pesar de que visualmente y si se observen diferencias importantes. Debido a esto, recomendamos realizar estudios con mayor tamaño de muestra para respaldar lo observado clínicamente.

El desgaste manual se asemeja al desgaste por medio electrolítico de 30 segundos en todos los calibres de arco, pero su superficie quedo notoriamente más rugosa en todos los arcos y calibres observados. Además, el desgaste electrolítico realizo un desgaste uniforme de la superficie del arco, mientras que el desgaste manual predomino el desgaste de las aristas del arco. Según lo descrito por Kusy et al, mientras la superficie se hace más rugosa, la fricción aumenta. (55)

El desgaste por medio electrolítico desgastó el arco uniformemente en su longitud y dejo una superficie más lisa, lo que favorecería el desplazamiento por disminuir la fricción entre ambas superficies. Sin embargo las últimas investigaciones clínicas han descrito que la resistencia al movimiento se produce principalmente por el fenómeno de *binding* y *notching* más que por fricción.(34, 37, 41, 55)

El desgaste en las aristas del arco realizado en el desgaste manual produce un aumento del juego del arco en la ranura en los movimientos de torsión del diente, es decir, expresará menos el torque de la prescripción. Si comparamos con los resultados de Archambault et al, donde observan que en un arco 0,019x0,025 existe un juego de 12° y en un arco 0,021x0,025 un juego de 6°, podemos inferir que en un arco 0,021x0,025 con desgaste manual, quedará levemente desgastado pero con sus aristas más redondeadas, aumentando el juego y disminuyendo la expresión de torque. Más estudios como los Lombardo et al se requieren para medir transversalmente el arco bajo métodos ópticos y analizar las aristas del arco con desgaste manual.(43, 50)

Debido a que utilizamos arcos de alto calibre para el cierre de espacios, creemos recomendable permitir que el arco de acero inoxidable utilizado tenga tiempo para alinear y nivelar los dientes antes de comenzar a aplicar fuerzas. Esta nivelación del arco permitirá disminuir la resistencia al deslizamiento al disminuir los ángulos iniciales de Tip y Torque del arco con el bracket. Disminuyendo los ángulos de

binding y la probabilidad de generar fijación elástica e inelástica durante el cierre de espacios. (36)

Al comparar las mediciones obtenidas de los arcos antes de la intervención con datos de otros estudios respecto al tamaño nominal y al tamaño real de los arcos. Podemos aseverar que, si bien las diferencias fueron estadísticamente significativas, la diferencia es menor a 1% del calibre, mucho menor a lo encontrado por otros autores. (39, 41, 43, 44, 47-50)

El sustento de técnica bidimensional es principalmente teórico; describiendo que un arco full size anterior expresará el torque en los incisivos mientras que en los segmentos posteriores se facilitará el deslizamiento del bracket en la mecánica de cierre, sin embargo no hay suficientes estudios clínicos que demuestren superioridad sobre las técnicas convencionales. (15, 16, 54)

Si bien el uso de brackets con ranura 0,018 puede permitir el control y expresión del torque incisivo temprano en el tratamiento, pero presenta menor variedad de arcos a disposición del clínico, siendo necesario el uso de arcos de trabajo de calibre disminuido, que no soportan correctamente las fuerzas de la mecánica de cierre. Los Brackets con ranura 0,022 permiten mayor libertad de movimiento del arco en las etapas iniciales, facilitando la alineación y nivelación inicial, además tiene una amplia variedad de arcos que permiten una mejor mecánica, como el uso de un arco 0,019x0,025 de acero como arco de trabajo, que tiene una rigidez adecuada para no deformarse con las fuerzas de cierre. (56)

Al utilizar una técnica bidimensional con brackets de distinta dimensión, el operador se ve forzado a utilizar como máximo calibre aquel arco que complete la ranura de menor diámetro. Por lo que la expresión de la prescripción queda incompleta en todos los dientes, llevando posiblemente a resultados no óptimos en la finalización del caso. (53)

Nos parece importante reforzar la importancia de finalizar el caso con la instalación de arcos de calibre full size durante al menos 2 a 3 meses para permitir la expresión completa de la prescripción. La utilización de arcos de menor calibre para la etapa de trabajo es para facilitar la mecánica y el desplazamiento, pero la posición final del diente al cerrar el espacio muchas veces dista de su posición ideal descrita por Andrews y Roth. Es por eso, que la expresión completa de la prescripción del bracket permitirá acercarnos a esa posición y que luego del retiro de aparatos, los dientes se asienten en su posición ideal. (20)

Uno de los métodos de desgaste que se utilizó en este estudio fue el desgaste electrolítico en el “Anodizador Ortodóncico”. Sin embargo el término “Anodizar” es extensivamente utilizado como elemento protector y para crear películas de decoración en Aluminio y sus aleaciones. En el proceso de anodizado, la película natural del óxido de aluminio es artificialmente engrosada por un proceso electrolítico para dar resistencia a la corrosión o teñir su superficie con diversos colores. Razón por la cual en este estudio nos referimos al desgaste electrolítico y no a la Anodización.

En la electrolisis se utiliza la energía eléctrica para inducir una reacción química no espontanea. Este proceso se lleva a cabo en un dispositivo que se conoce como celda electrolítica. Todo metal, se puede oxidar dadas ciertas condiciones. En este caso el acero inoxidable se oxida porque es sometida a una celda galvánica que producto del potencial eléctrico y pH ácido genera la oxidación del hierro.

El “*Anodizador*” de marca Grinendent es una celda electrolítica, donde el arco es el Ánodo, en el que se produce la oxidación del hierro. El cátodo es la placa metálica presente en la base del recipiente, que es inerte, es decir, no existe reacción química sobre él. El ácido orto fosfórico al 85% es electrolito que es el

conductor de la electricidad entre el ánodo y cátodo. El recipiente con bicarbonato de sodio sirve para neutralizar el ácido que pueda quedar en el arco y poder utilizarlo en la boca del paciente. Creemos que el nombre del equipo es un nombre de fantasía originado en que el arco de ortodoncia se transforma en el ánodo de una celda electrolítica. (57)

El ácido orto fosfórico se utiliza porque además sirve para limpiar la superficie del arco en caso de que queden trazos de óxido de hierro que se puedan generar durante el proceso, porque lo capta y precipita. El óxido de hierro reacciona con el ácido orto fosfórico generando fosfato de hierro, que precipita y se desprende del arco y también resulta hidróxido de hierro de la reacción, razón por la cual el electrolito se tiñe de verde luego de múltiples usos y existe liberación de hidrogeno gaseoso que se libera en la reacción.

Finalmente, como dijo Kusy et al en una de sus investigaciones, “no existe el arco ideal para todas las etapas” creemos que la selección y secuencia de arcos deben ser escogidas de acuerdo al movimiento dental planificado desde un inicio del tratamiento. No se puede simplemente ocupar un tipo de arco y esperar a que el caso se resuelva solo. La planificación del tratamiento debe ser basado en un diagnostico exhaustivo del paciente, siempre con los objetivos de tratamiento ideales considerados desde el comienzo y el final en mente, como nos enseñó Roth. (41)

CONCLUSIÓN

Existen diferencias significativas en el desgaste realizado con un método electrolítico en los distintos tiempos de aplicación, logrando una superficie más lisa y uniformemente desgastada al compararla con el desgaste manual con discos abrasivos.

Es recomendable para mecánicas de cierre de espacios utilizar arcos de alto calibre en los segmentos de anclaje y con desgaste electrolítico en el segmento de movimiento.

Para arcos de calibre 22x28 se recomienda realizar desgaste electrolítico de 150 segundos, para alcanzar un calibre promedio de 0,0187x0,0242 pulgadas para realizar cierre de espacio por deslizamiento o en masa.

Para arcos de calibre 21x25 se recomienda realizar desgaste electrolítico de 120 segundos, para alcanzar una medida promedio de 0,0193x0,0227 pulgadas para realizar cierre de espacio por deslizamiento o en masa.

Para arcos de calibre 19x25 se recomienda realizar desgaste electrolítico de 90 segundos, para alcanzar una medida promedio de 0,0182x0,0237 pulgadas, en el caso de querer hacer cierre de espacios mediante deslizamiento. No estaría indicado para realizar cierres en masa, debido a los movimientos dentarios no deseados que podrían surgir.

Creemos que el método por desgaste electrolítico es un método efectivo que estandariza el desgaste en los arcos ya que no es operador dependiente, facilita graduar con mayor precisión el desgaste deseado y permite desgastar de manera homogénea la superficie, sin embargo recomendamos realizar más estudios, con mayor tamaño de muestra para confirmar los resultados obtenidos en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

1. Gregoret J TE, Escobar P LH. El Tratamiento ortodóncico con arco recto. Madrid: NM Ediciones; 2003.
2. Asbell MB. A brief history of orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98(2):176-83.
3. Angle E. Classification of malocclusion. Dental Cosmos. 1899(41):248–64.
4. Angle E. Classification of malocclusion. Dental Cosmos. 1899(41):350–7.
5. Canut J. Panorama de la ortodoncia, Biografía singular del bracket ideal. Rev Esp Ortod. 1999(29):149-51.
6. Asbell MB. A brief history of orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98(3):206-13.
7. Andreasen GF. Aligning, leveling, and torque control—a pilot study. The Angle Orthodontist. 1989;59(1):51-60.
8. Chuck GC. A Consideration of the Second Permanent Molars as a Source of Anchorage. The Angle Orthodontist. 1937;7(1):15-21.
9. Roth RH. Five year clinical evaluation of the Andrews straight-wire appliance. J Clin Orthod. 1976;10(11):836-50.
10. Tweed C. The Application of the Principles of the Edge-wise Arch in the Treatment of Malocclusions: I. The Angle Orthodontist. 1941;11(1):5-11.
11. George Andreasen HH, and Diane Krell. Stiffness Changes in Thermodynamic Nitinol With Increasing Temperature. The Angle Orthodontist. 1985;55(2):120-6.
12. Andreasen GF. Laboratory and clinical analyses of nitinol wire. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1978;73(2):142 - 51.
13. Thomas M. Graber RLV. Ortodoncia: principios y técnicas actuales. España: Elsevier; 2006.
14. Schudy FF. The bimetric system. Am J Orthod. 1975;67(1):57–91.
15. Vipul K S YK. bidimensional technique: a topical review Int J Dentistry Oral Sci. 2015;2(6):94-6.

16. Li Y, Tang N, Xu Z, Feng X, Yang L, Zhao Z. Bidimensional techniques for stronger anterior torque control in extraction cases: a combined clinical and tyodont study. *Angle Orthod.* 2012;82(4):715-22.
17. Gianelly AA, Bednar JR, Dietz VS. A bidimensional edgewise technique. *J Clin Orthod.* 1985;19(6):418-21.
18. Puigdollers A. La ortodoncia según Ricketts. *Rev Esp Ortod.* 2000;30(3):285-303.
19. Ricketts R. Técnica bioprogresiva de Ricketts. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1983.
20. Roth RH. The straight-wire appliance 17 years later. *J Clin Orthod.* 1987;21(9):632-42.
21. Roth RH. Functional occlusion for the orthodontist. *J Clin Orthod.* 1981;15(1):32-40, 4-51 contd.
22. Roth RH, Rolfs DA. Functional occlusion for the orthodontist. Part II. *J Clin Orthod.* 1981;15(2):100-23.
23. Roth RH. Functional occlusion for the Orthodontist. Part III. *J Clin Orthod.* 1981;15(3):174-9, 82-98.
24. Goshgarian R. Orthodontic palatal arch wires: United States Government Patent Office; 1972.
25. Nanda R. Biomecánica en Ortodoncia Clínica: Panamericana; 1998.
26. William Proffit HF, David Sarver. Contemporary Orthodontics 5th Edition: Elsevier Health Science 2012.
27. Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth and fractures of the maxillae Angle's system: Philadelphia : S. S. White Dental Mfg. Co.; 1900.
28. Nance H. The limitations of orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery.* 1947;33(4):177-223.
29. Segovia D. Actualización sobre la clínica de cierre de espacios por mecánicas de deslizamiento. Segunda Parte. *Revista de la Sociedad Argentina de Ortodoncia.* 2012;75(151):34-41.
30. Renfroe E. The factor of stabilization in anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1956;42(12):883–97.

31. Freeman. Root surface area related to anchorage in the begg technique, Ph.D. thesis. University of Tennessee, Memphis, Tenn, USA,. 1965.
32. Geron S, Shpack N, Kandos S, Davidovitch M, Vardimon AD. Anchorage loss--a multifactorial response. *Angle Orthod.* 2003;73(6):730-7.
33. Toro C. Analisis de la perdda de anclaje con la prescripcion de roth. Santiago, Chile: Universidad Finis Terrae; 2013.
34. Articulo LC, Kusy RP. Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(1):39-51.
35. Kahlon S, Rinchuse D, Robison JM, Close JM. In-vitro evaluation of frictional resistance with 5 ligation methods and Gianelly-type working wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(1):67-71.
36. Hamdan A, Rock P. The effect of different combinations of tip and torque on archwire/bracket friction. *Eur J Orthod.* 2008;30(5):508-14.
37. Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: a critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(4):442-7.
38. Cash A, Curtis R, Garrigia-Majo D, McDonald F. A comparative study of the static and kinetic frictional resistance of titanium molybdenum alloy archwires in stainless steel brackets. *Eur J Orthod.* 2004;26(1):105-11.
39. Segovia D. Actualización sobre la clínica de cierre de espacios por mecánicas de deslizamiento. *Revista de la Sociedad Argentina de Ortodoncia.* 2011;74(150):58-70.
40. Barlow M, Kula K. Factors influencing efficiency of sliding mechanics to close extraction space: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2008;11(2):65-73.
41. Kusy RP, Whitley JQ. Influence of archwire and bracket dimensions on sliding mechanics: derivations and determinations of the critical contact angles for binding. *Eur J Orthod.* 1999;21(2):199-208.
42. Yijin Ren JCM. Optimum Force Magnitude for Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Literature Review. *The Angle Orthodontist.* 2003;73(1):86-92.

43. Archambault A, Lacoursiere R, Badawi H, Major PW, Carey J, Flores-Mir C. Torque expression in stainless steel orthodontic brackets. A systematic review. *Angle Orthod.* 2010;80(1):201-10.
44. Rojas P. Factores asociados a la expresion del torque a nivel de los incisivos superiores. *Revista Chilena Ortodoncia.* 2015;32(1):42-52.
45. Hirai M, Nakajima A, Kawai N, Tanaka E, Igarashi Y, Sakaguchi M, et al. Measurements of the torque moment in various archwire-bracket-ligation combinations. *Eur J Orthod.* 2012;34(3):374-80.
46. Badawi HM, Toogood RW, Carey JP, Heo G, Major PW. Torque expression of self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(5):721-8.
47. Meling TR, Odegaard J, Meling EO. On mechanical properties of square and rectangular stainless steel wires tested in torsion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(3):310-20.
48. Ozturk Ortan Y, Yurdakuloglu Arslan T, Aydemir B. A comparative in vitro study of frictional resistance between lingual brackets and stainless steel archwires. *Eur J Orthod.* 2012;34(1):119-25.
49. Joch A, Pichelmayer M, Weiland F. Bracket slot and archwire dimensions: manufacturing precision and third order clearance. *J Orthod.* 2010;37(4):241-9.
50. Lombardo L, Arreghini A, Bratti E, Mollica F, Spedicato G, Merlin M, et al. Comparative analysis of real and ideal wire-slot play in square and rectangular archwires. *Angle Orthod.* 2015;85(5):848-58.
51. Archambault A, Major TW, Carey JP, Heo G, Badawi H, Major PW. A comparison of torque expression between stainless steel, titanium molybdenum alloy, and copper nickel titanium wires in metallic self-ligating brackets. *Angle Orthod.* 2010;80(5):884-9.
52. Huffman DJ, Way DC. A clinical evaluation of tooth movement along arch wires of two different sizes. *Am J Orthod.* 1983;83(6):453-9.

53. Epstein MB, Epstein JZ. Benefits and rationale of differential bracket slot sizes: the use of 0.018-inch and 0.022-inch slot sizes within a single bracket system. *Angle Orthod.* 2002;72(1):1-2.
54. Giancotti A, Greco M. Modified sliding mechanics in extraction cases with a bidimensional approach. *Prog Orthod.* 2010;11(2):157-65.
55. Kusy RP, Whitley JQ. Effects of surface roughness on the coefficients of friction in model orthodontic systems. *J Biomech.* 1990;23(9):913-25.
56. Detterline DA, Isikbay SC, Brizendine EJ, Kula KS. Clinical outcomes of 0.018-inch and 0.022-inch bracket slot using the ABO objective grading system. *Angle Orthod.* 2010;80(3):528-32.
57. Black BJ. *Workshop processes, practices & materials.* 5th edition. ed: Routledge; 2015.