

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIVICIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO DE ORTODONCIA



EVALUACION DE LA FUERZA A LA FRICCIÓN ENTRE
EL TUBO Y EL EMBOLO EN LAS FÉRULAS DE
DISTALIZACIÓN. – IN VITRO.

POR:

C.D. MARIO GALÁZ GÁRATE

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN ORTODONCIA

JUNIO DEL 2018

APROBACION DE TESIS DE MAESTRÍA POR COMITÉ DE TESIS

“EVALUACION DE LA FUERZA A LA FRICCIÓN ENTRE
EL TUBO Y EL EMBOLO EN LAS FÉRULAS DE
DISTALIZACIÓN. – IN VITRO”

Comité de Tesis

Dr. Roberto José Carrillo González
Director de Tesis

Dr. Roberto Carrillo Fuentevilla
Co-Director de Tesis

Dra. Hilda H. Torre Martínez
Asesora Metodológica

Dr. Gustavo Israel Martínez González
Asesor Estadístico

APROBACION DE TESIS DE MAESTRÍA POR JURADO
CALIFICADOR

“EVALUACION DE LA FUERZA A LA FRICCIÓN ENTRE
EL TUBO Y EL EMBOLO EN LAS FÉRULAS DE
DISTALIZACIÓN. – IN VITRO”

Dra. Hilda H. Torre Martínez
Presidenta

Dr. Roberto José Carrillo González
Secretario

Dra. Juana Nelly Leal Camarillo
Vocál

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

MARIO GALÁZ ACOSTA Y MARIA ORALIA GÁRATE MORTON

Por que siempre estuvieron al tanto, día con día, de cada avance o problema que se me presentaba, siempre brindándome esas palabras de aliento ayudándome en todo lo que estuviera en sus manos y pidiendo por mí.

Por que por ustedes soy quien soy, ustedes son los responsables de mis logros.
Los Amo.

A MI PROMETIDA:

ANDREA CAROLINA GARZA MALO

Por aguantar estos 3 años, buenos, o malos, pero siempre estar a mi lado, siempre apoyándome, siempre aconsejándome y viendo en que aspecto puedo mejorar. Por entenderme en esos días donde la escuela era prioridad, por darme ese impulso cada mañana a ser mejor y a superar mis metas y expectativas; pero sobre todo por tu amor a manos llenas.

Te Amo.

A MIS HERMANOS:

EUGENIO Y NATALIA

Por todas las ideas que me aportaban, por los contratiempos que surgían a última hora y por la comprensión que tenían hacia mi y el proyecto. Muchas Gracias.

Dedicado para ustedes con mucho esfuerzo y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por darme la bendición de estar aquí, por darme salud, por abrirme los caminos y llevarme siempre de su mano.

A mi mamá, la Dra. María Oralia Gárate Morton, quien es una bendición de Dios, por que siempre está al pendiente, quien me protege, me apoya y ve por mi. Por ser mi maestra de mi profesión y de vida.

Te amo, Gracias Mamá

A mi papá, el Dr. Mario Galáz Acosta, quien es mi ejemplo de vida, mi ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional, consejos, confianza y paciencia. Te amo, Gracias Papá.

A Andrea Carolina Garza Malo, por ser lo más especial en mi vida, por tus ideales compartidos, por tu amor incondicional, por tus sueños y por tus carcajadas, por que ahora, en todo, lo veremos por nosotros. mil gracias. Te amo muchísimo y por siempre.

A mis hermanos, Eugenio y Natalia, por los momentos de nuestra vida compartidos, por las alegrías, tristezas y emociones, por su apoyo, por su aportación de ideas, los amo muchísimo, Gracias por que estamos juntos.

Al Dr. Roberto Carrillo González, por ser un buen líder, por sus enseñanzas dentro y fuera del aula, por su disposición y amabilidad presentadas hacia mi y hacia el presente trabajo.

A la Dra. Hilda Torre Martínez, por ser una maestra maternal y excelente docente, por las sugerencias, asesorías y todas las facilidades que me prestó en el posgrado y en el presente trabajo.

Al Dr. Roberto Carrillo Fuentes, por su constante motivación dentro y fuera de la clínica, por ser excelente docente. muchas gracias.

Al Dr. Gustavo Israel Martínez González, por ser el asesor metodológico del presente trabajo y estar siempre en buena disposición para ayudar y aclarar dudas, muchas gracias.

A la Dra. Rosa Isela Sánchez Nájera, por la confianza que me dio para pertenecer al cuerpo académico de ciencias morfológicas, por su liderazgo y las facilidades prestadas dentro de la facultad, que sin su dirección este proyecto no hubiera sido posible.

A José Juan, Verónica, Claudia, Juan Carlos, Gina, David, Miguel y Yadira por ser mis colegas, mis compañeros de posgrado, pero sobre todo por su hermandad y amistad invaluable, por las carcajadas, por compartir ocasiones de estrés, por haber estado conmigo en las buenas y en las malas, por su ayuda incondicional, saben que siempre estaré disponible para ustedes, los quiero mucho, muchas gracias.

A Esthercita, Angélica y Jessica por su atención y las facilidades que nos daban siempre que se nos presentaba algo en el posgrado.

A todo el personal del Laboratorio en CIQA en especial al Ing. Rodrigo Cedillo, por sus consejos, aportaciones y ayuda en el manejo de instrumental en el laboratorio.

Al CONACYT por las facilidades y la beca, por que sin eso éste proyecto no hubiera sido posible.

A Blanca Tovar y Francis Luna, por su apoyo y atenciones siempre en el consultorio y fuera de él, por estar al pendiente, ayudarme en la organización de mis actividades y por su amistad, muchas gracias.

A mis amigos, Juan Carlos y Denis, Cesar, Luis, Daniela y Chuy, Ulises, Adriana, Catalina, Christian, Myrna, Diego, Carlos Mario, Ángel y Jesús González y Samuel por estar en mi vida y pertenecer en ella por mucho tiempo compartiendo momentos inolvidables, las noches de risas y experiencias de vida. Los quiero mucho. Gracias

Mi sincero agradecimiento.

PERO HOY ESTOY MÁS CERCA DE LO QUE ESTABA AYER. QUISAS AÚN NO LLEGO A MI META,

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	9
2. LISTA DE FIGURAS	10
3. RESUMEN	11
ABSTRACT	12
4. INTRODUCCIÓN	13
5. JUSTIFICACIÓN.	14
6. ANTECEDENTES.	16
6.1 CLASIFICACION DE LAS MALOCLUSIONES	16
6.2 DIFERENTES METODOS DE DISTALIZACIÓN	16
6.2.1 FUERZA EXTRA-ORAL	18
6.2.1.1 ARCO EXTRA-ORAL	18
6.2.2 FUERZAS INTRA-ORALES	19
6.2.2.1 DENTOSOPORTADAS	19
6.2.2.2 DENTO-MUCOSOPORTADA	22
6.2.2.3 APARATOLOGÍA PARA DISTALIZACION CON RESORTES	23
7. MARCO DE REFERENCIA.	25
8. HIPÓTESIS.	26
9. OBJETIVOS.	26
General:	26
Específicos:	26
10. MATERIALES Y MÉTODOS	27
11. VALIDACIÓN DE DATOS.	32
12. RESULTADOS.	33
13. DISCUSIÓN	37
14. CONCLUSION	39
15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	40

1. LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Definición de Variables	28
Tabla 2. Modelo de hoja de captura de datos.	29
Tabla 3. Se expresa la cantidad de fuerza promedio que se utiliza para trasladar el vástago a lo largo del tubo en un recorrido de 7mm.	33
Tabla 4. Comparación de la significancia entre cada una de las angulaciones.	34
Tabla 5. Fuerza necesaria para realizar la traslación del vástago en el tubo y al final de la tabla fuerza promedio y máxima por cada angulación.	36

2. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes vistas de la férula de distalización.	30
Figura 2. Fotografías de las evaluaciones de fricción en La maquina de pruebas universales.	31
Gráfico 1. Resultados gráficos de las pruebas por triplicado de la fricción en el movimiento traslación del émbolo en el tubo.	35

3. RESUMEN

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Odontología
Posgrado de Ortodoncia
C.D. Mario Galáz Gárate
Candidato al grado de Maestría en Ortodoncia

EVALUACIÓN DE LA FUERZA A LA FRICCIÓN ENTRE EL TUBO Y EL EMBOLO EN LAS FÉRULAS DE DISTALIZACIÓN. IN VITRO.

Propósito: Cuantificar la fuerza a la fricción de el vástago ejercida dentro del tubo de la férula de distalización, considerando diferentes patrones o ejes de inserción del mismo.

Materiales y Métodos:

Se utilizó una férula de distalización que consta con dos sistemas de vástago y tubo, en la cual se efectuaron 4 pruebas por triplicado de los diferentes patrones de recorrido que pueden tener los vástagos en los tubos en la férula.

Las pruebas se realizaron en una maquina de tracción universal MTS Criterion® Modelo 43 con una celda de 5kN.

Se realizaron comparaciones de fuerzas entre los grupos de cada milímetro de recorrido del vástago, desde $> 0\text{mm}$ hasta 7mm , y se utilizó el análisis no paramétrico de Friedman con $P= 0.00$, a su vez se utilizó el análisis paramétrico de Wilcoxon con $P=0.00$ para comparar la fricción entre los ángulos en los diferentes patrones de inserción.

Resultados: Se encontró alta diferencia significativa al comparar la fuerza ejercida por la máquina de tracción en cada milímetro de recorrido de la férula, con $P=0.00$; también se registró alta diferencia significativa al comparar la fuerza a la fricción entre los 4 grupos con diferentes angulaciones en el eje de traslación del sistema de la férula, con un valor de $P=0.00$

Conclusiones: Se acepta la hipótesis de trabajo al encontrar que la resistencia a la fricción en la férula de distalización aumenta significativamente en cada milímetro de recorrido, así como en cada grado de angulación en el patrón de inserción del vástago en el tubo de la férula.

Director de tesis: _____

C.D. M.O. PhD Roberto J. Carrillo González

ABSTRACT

Universidad Autónoma de Nuevo León
School of Dentistry
Postgraduate Orthodontics
CD. Mario Galáz Gárate
Candidate to the degree of Master in Orthodontics

EVALUATION OF THE FORCE TO THE FRICTION BETWEEN THE TUBE AND THE STEM IN THE DISTALIZATION SPLINT. IN VITRO.

Purpose: To quantify the force to the friction of the rod exerted inside the tube of the distalization splint, considering different patterns or axes of insertion of the same appliance.

Materials and methods: A distalization splint was used, consisting of two stem and tube systems, in which 4 triplicate tests were carried out of the different patterns of travel that the stems may have in the tubes in the splint. The tests were carried out on a MTS Criterion® Model 43 universal traction machine with a 5kN cell.

Comparisons of forces were made between the groups of each millimeter of stem travel, from > 0mm to 7mm, and Friedman's nonparametric analysis was used with $P = 0.00$, in turn the parametric Wilcoxon analysis was used with $P = 0.00$ to compare the friction between the angles in the different insertion patterns.

Results: Significant difference was found when comparing the force exerted by the traction machine in each millimeter of travel of the splint, with $P = 0.00$; also significant high difference was registered when comparing the force to the friction between the 4 groups with different angulations in the axis of translation of the system of the splint, with a value of $P = 0.00$

Conclusions: The working hypothesis is accepted when finding that the resistance to friction in the distalization splint increases significantly in each millimeter of travel, as well as in each degree of angulation in the insertion pattern of the stem in the splint tube.

Thesis director: _____

CD. M.O. PhD Roberto J. Carrillo González

4. INTRODUCCIÓN

Las férulas de distalización son dispositivos que se utilizan en ortodoncia para distalar los sectores posteriores superiores y ayudar a corregir la posición de los órganos dentarios.

Con los sistemas de distalización se hace uso de vástagos o émbolos que se trasladan dentro de un tubo siguiendo un eje teóricamente paralelo al de sistema de tracción. Sin embargo es indispensable realizar estudios que permita cuantificar la fuerza que ejercen estos dispositivos en las diferentes circunstancias de patrones de inserción.

Por lo cual, es importante el comportamiento tribológico de las férulas; se propuso con el presente estudio evaluar y cuantificar la fuerza necesaria para realizar el movimiento con seguridad y conocer el mejor diagnóstico y tratamiento para el uso de fuerzas en el dispositivo.

Por tal razón, se realizó el presente trabajo de investigación in vitro, el cual cuantificó la fuerza a la fricción ejercida por los dos componentes principales en la férula, con ejes de inserción ideales como lo son a los 0° y con patrones de traslación anguladas a 5°, 10° y 15°. obteniendo así una fuerza resultante que se tiene que contemplar para el proceso de distalización de una manera más controlada y segura.

Con los datos obtenidos es posible estandarizar la fuerza que se desea aplicar con base en el tamaño del segmento a tratar, esto ayudará al clínico a lograr los movimientos requeridos utilizando fuerzas adecuadas para conseguir el posicionamiento de los órganos dentarios maxilares que se considere más adecuado, obteniendo el menor tiempo posible para evitar tratamientos muy largos.

Con lo anterior se disminuirá el lapso en el sillón dental, beneficiando al paciente ya que se reducirá el tiempo de tratamiento, así como al ortodoncista quien recibirá el impacto por lograr tratamientos terminados en menor tiempo.

5. JUSTIFICACIÓN.

Los pacientes con maloclusión clase II marcada usualmente poseen una morfología maxilar alterada, esto conlleva mal funciones masticatorias, respiratorias, fonéticas y estéticas, a su vez el autoestima de los pacientes suele estar decaído.

Uno de los mayores retos en la practica de la ortodoncia es el poder solucionar maloclusiones clase II, estadísticamente los pacientes que cuentan con este padecimiento son en gran medida mas frecuentes que cualquier otra maloclusión.

Las alternativas usadas para la corrección de la clase II generalmente necesitan de mucha cooperación del paciente, como lo son los aparatos extraorales o si no, involucran procedimientos quirúrgicos, a su vez los aparatos intraorales tienden a ser muy molestos dado al tamaño y posicionamiento, de éstos existen gran número, sin embargo todos comparten una misma deficiencia, que es la ineficacia hacia la resistencia en la fricción entre el extremo fijo y el extremo distalizador de las piezas dentarias, por lo tanto, comúnmente no se alcanza a realizar el movimiento adecuado y es difícil llegar a un objetivo ideal y a tiempo para el éxito de la corrección de la clase II.

Con el presente estudio se pretende evaluar cual es el diámetro ideal para el émbolo usado en la férula de distalización que nos resulte con menos fricción para poder realizar movimientos más predecibles y certeros en una menor cantidad de tiempo, pudiendo así ofrecer a los ortodoncistas una mecánica de tratamiento sin la colaboración de los pacientes, quienes serán beneficiados al obtener mayor rapidez en el logro de la finalización del tratamiento y probablemente reducir el costo.

¿Cuánta es la fuerza total necesaria para romper la fuerza a la fricción en un trayecto de 7mm en la férula de distalización, tomando en cuenta la resistencia a la fricción del émbolo con el tubo y el binding dentro del tubo de la férula de distalización?

6. ANTECEDENTES.

6.1 CLASIFICACION DE LAS MALOCLUSIONES

Muchos han intentado clasificar los diversos tipos de maloclusiones desde muchos años atrás, pero solo fue a comienzos del s. XX cuando Edward Angle estableció una relación basada en la relación de las cúspides entre los primeros molares superiores e inferiores, la cual ha sido tomada como patrón de referencia:

- Clase I (Neutroclusión): cuando la cúspide mesio-vestibular del primer molar superior ocluye en el surco vestibular del primer molar inferior.
- Clase II (Distoclusión): cuando la cúspide mesio- vestibular del primer molar superior ocluye por delante de la cúspide mesio- vestibular del primer molar inferior. A su vez, esta clasificación se divide en:
 - División 1: si los incisivos superiores se encuentran en labio versión.
 - División 2: si los incisivos centrales superiores se encuentran en posición normal o ligera linguo versión, y los laterales se encuentran inclinados labial y mesialmente.
- Clase III (Mesioclusión): cuando la cúspide mesio- vestibular del primer molar superior ocluye por detrás de la cúspide disto- vestibular del primer molar inferior. (Quiros, O. 2006).

6.2 DIFERENTES METODOS DE DISTALIZACIÓN

La distalización de los molares maxilares es una de las modalidades de tratamiento en las maloclusiones de clase II esqueléticas y dentales. El objetivo es convertir una distoclusión en una neutroclusión y resolver el apiñamiento anterosuperior mediante el desplazamiento de los molares hacia distal en etapas

iniciales del tratamiento (González y Fernández, 2003); para lo cual se han diseñado infinidad de dispositivos tanto extra-orales como intra-orales, dejando paso a un subgrupo en donde es posible clasificarlos con base en los tejidos de los cuales se soportan; como lo son dentosoportadas, dento-mucosoportadas e implantosoportadas.

El sistema ideal para establecer molares debe cumplir los siguientes criterios: requerir la mínima colaboración del paciente, estética y confort aceptables, mínima pérdida de anclaje, movimiento en cuerpo de los molares, mínimo tiempo de consulta y fácil higiene. (Oberti y cols. 2010)

Dentro de la incidencia de las locaciones clase II que son aptos para realizar el procedimiento de diatalización de molares se encuentran los pacientes como maloclusiones clase II de tipo dental única o bilateral con sobre mordida horizontal aumentada por protrusión dentoalveolar superior, idealmente, en dentición mixta o permanente temprana con problemas esqueléticos mínimos, en Individuos con crecimiento normal o hipodivergentes, en apiñamiento salterio Les, en caninos tópicos superiores, en la piña miento es leves y moderados del arco inferior y en pacientes que no acepten las extracciones como alternativa de tratamiento (Rodríguez y cols, 2007)

El tratamiento opcional para pacientes clase II esqueletal con crecimiento, incluyen tratamiento de camuflaje y/o corrección quirúrgica (Yoon-Jeong y cols, 2011)

En tratamientos de camuflaje, los premolares son extraídos para resolver el apiñamiento, establecer una correcta protrusión y una oclusión apropiada. El espacio creado por desgastes interproximales y la corrección de la relación molar clase II mediante distaización molar puede ser una alternativa de tratamiento (Ciger y cols, 2005). Recientemente, los mini implantes y mini placas han

comenzado utilizarse ampliamente para el tratamiento de problemas clase II (Jeon y cols, 2006)

Para establecer un análisis más amplio y organizado, se realizó una clasificación con base en los tejidos que soportan los aparatos para realizar distalización dando como resultado lo siguiente:

- Aparatología de distalización extraoral
- Aparatología de distalización intraoral
 - Dento-soportada
 - Moco-soportada
 - Dento-muco-soportada
 - Implanto-soportada

6.2.1 FUERZA EXTRA-ORAL

6.2.1.1 ARCO EXTRA-ORAL

El distalizador mas común de los molares maxilares es hasta ahora la tracción extra-oral, la cual ha sido ampliamente descrita por Kingsley (Kingsley, 1875), Farrar (Farrar 1886) y Cellier (Cellier y Barton, 1972), marcando como objetivos, realizar control en la dirección del crecimiento, mantener al anclaje y distalizar los molares superiores.

Este método ha transitado por épocas de auge y abandono. Tiene como principio que el vector de fuerza pase por el centro de resistencia molar, dando como resultado la distalización de dicho órgano dentario. El componente interno de este dispositivo se ancla en los tubos de los primeros molares superiores. La parte externa del arco se conecta a una cinta elástica que se extiende a la región que proporciona el anclaje. Existen 3 formas básicas de obtener anclaje para este dispositivo con base a las necesidades del paciente.

Tracción Alta: utilizado para pacientes con crecimiento facial vertical, provee un mayor control vertical al evitar una extrusión molar. El arco extra oral

se sujeta a un aditamento occipital para producir un vector de fuerza más vertical. Este tipo de anclaje puede disminuir el desarrollo vertical del maxilar permitiendo por lo tanto una desrotación de la mandíbula y maximizando la expresión del componente horizontal del crecimiento mandibular (Tweed, 1966).

Tracción Media: este anclaje se realiza sujetando el arco facial a una tira cervical y un cabezal.

Tracción Baja: utilizado para pacientes con crecimiento facial horizontal permite una sobreerupción de los primeros molares.

6.2.2 FUERZAS INTRA-ORALES

6.2.2.1 DENTOSOPORTADAS

DOBLES DE SEGUNDO ORDEN: uno de los métodos auxiliares mediante el alambre de ortodoncia más comúnmente utilizados para distalizar molares, es la utilización de los dobleces de segundo orden o dobles de inclinación distal. Este método es utilizado en las técnicas de arco de canto o Edgewise, (Strang, 2002) aun cuando el dobles del alambre proporciona en sentido estricto, una inclinación de la corona en dirección distal, se lograra desplazar los ápices en la misma dirección, produciendo así distalización molar.

ARCO DE UTILIDAD DE RICKETTS: (Ricketts, 1991) Es un elemento utilizado en las etapas iniciales del tratamiento con la técnica bioprogresiva. Un concepto propuesto por Ricketts es que los molares pueden ser movidos hacia distal mediante presión ligera, ocasionando poco daño. La fabricación del arco de utilidad se realiza con un alambre de aleación de cromo cobalto (CrCo) tipo Elgiloy azul, en calibre .016"x .016", con el objetivo de generar una fuerza ligera que permanezca en un rango de 50 a 75 g (Quiroz, 2003).

TECNICA DE ANCLAJE INVERSO DE CARRIERE: (Carriere, 1990) mediante el uso de dobleces en el arco y arcos seccionales esta técnica contempla la digitalización de segmentos maxilares superiores, primordialmente en los casos donde hubo pérdida de espacio por migraciones del primer molar superior. Este método propone colocar un segmento de arco calibre 0.016" x 0.022" con el gancho hace mesial y un omega en distal. La proporción inicial por delante del canino presenta una curva ascendente que termina en el gancho en la parte gingival, la cual deberá ser curvada ligeramente hacia adentro con la finalidad de prevenir lesiones y mucosa. El dobles en la punta permite el uso de elásticos clase II. El arco seccional se liga el tubo del molar superior manteniendo el omega justo tubo.

TECNICA DE MULLIGAN: (Mulligan, 1982) Torque diferencial: esta técnica describe el uso razonable del dobles de inclinación distal. Se confecciona un arco en cuyos extremos distales se realiza un dobles de inclinación distal, dejando dos brazos, uno corto y uno largo, produciendo así momentos desiguales. Según Mulligan los molares inclinados hacia distal por los dobleces inclinación, mientras se enderezan, sigue erupcionando a lo largo de un nuevo eje longitudinal Y por lo tanto, proporciona una ganancia de espacio de entre 1.0 y 1.5 milímetros cuando terminan de enderezarse.

TECNICA DE MEAW (MULTILOOP EDGEWISE ARCHWIRE): (Kim y Han, 2001) Esta técnica fue creada en 1967 por el Dr. Yuong H. Kim, pensada inicialmente para mordidas abiertas, sin embargo la biomecánica utilizada también puede resultados de distalización en piezas posteriores. La base de este método parte de un alambre multiloop .016" x .022 de acero en un bracket con ranura .018. Los loops en forma de "L" comienzan en distal de los incisivos laterales; en el alambre para distalizar las piezas posteriores se activan desde los primeros premolares hasta el segundo molar, comprimiéndolos y poniéndolos a tope en mesial de cada bracket.

FORSUS: El resorte plano de Forsus Nitinol (FNFS) es otra aplicación funcional fija, desarrollada por Hill Vogt en 2001 que abarca las barras del resorte (níquel-titanio) cubiertas con un plástico transparente para evitar que la mejilla se lesione. En la actualidad se ha utilizado el Forsus Fred, un aparato telescópico de tres partes con un resorte en su parte exterior. El resorte es aplicado en una superficie rígida para su deslizamiento que evita de esta manera angulaciones en los puntos de fijación; se presenta en diferentes tamaños de longitud para el lado izquierdo y derecho, fijado a la dentición superior e inferior, resistente a la fatiga, lo cual evita el fracaso por una fractura causada por la aplicación repetida de tensiones al utilizarlo. Este aparato produce una fuerza mesial mandibular, al mismo tiempo induce una fuerza opuesta en sentido distal maxilar, estimula el crecimiento óseo mandibular, instruye y distaliza molares, corrige las relaciones sagitales dentales de clase II a clase I unilaterales o bilaterales, corrige líneas medias dentales, corrige maloclusión clase II dento-alveolar y esquelética; se utiliza en denticiones mixtas y permanentes, asimismo en respiradores bucales, fácil utilización en pacientes no cooperadores, genera 8 onzas de fuerza cuando se comprime totalmente (227 g), activación 1 a 2 mm por mes, uso de tres a seis meses. (Heinig N, Göz G. 2001)

DISTAL JET: El distal jet consiste en dos tubos bilaterales incrustados en un botón de Nance modificado que está anclado a los primeros premolares. Un alambre de bayoneta se inserta en la cajuela lingual de la primera banda molar y el extremo libre es insertado en el tubo, como un pistón. Un resorte abierto superelástico se comprime a lo largo del tubo mediante la retracción de un casquillo de activación y bloquea el tornillo de fijación mesial en cada collar en el tubo para mantener la fuerza de distalizar los molares. (Carano y Testa, 1996)

6.2.2.2 DENTO-MUCOSOPORTADA

ACCO (ACRYLIC CERVICAL OCCIPITAL): (Maino y cols, 2006) este dispositivo desarrollado por el doctor Margolis, es una modificación de un retenedor Hawley, con un agregado de ganchos activos lo más apical posible en la zonas mesiales de molares para realizar distalización. Esta placa removible aplica una fuerza de distalización continua sobre el molar, aunado a una fuerza extra-oral por medio de un HeadGear.

PÉNDULO: Este dispositivo consta de un alambre de 0.032" de aleación de titanio y molibdeno (TMA) con resortes doblados en paralelo a la línea media del paladar y se colocan en las cajuelas linguales en las bandas del primer molar, ejerciendo aproximadamente 230 g de fuerza para distalizar por lado, además de le coloca un botón de Nance en la bóveda anterior del paladar como anclaje, se adicionan brazos en los primeros premolares y apoyos oclusales en los segundos premolares . los resortes se reactivan cada 6 semanas en promedio. Según lo recomendado por (Byloff y Darendeliler, 1997), se añaden 5 curvas de enderezamiento en los extremos del alambre TMA para evitar la excesiva inclinación molar (Caprioglio, A. y cols, 2005) Las ventajas del péndulo son permitir distalizar unilateral o bilateralmente molares superiores, es tolerado por el paciente, no invasivo y no produce dolor o molestias.

DISTALADOR MOLAR DE BELUSSI: (Marin y Nour, 2001; Belussi y cols, 1997) Descrito por Ugo Belussi, creando una mezcla del péndulo de Higers y el Distal Jet, con objetivo de distalizar los molares usando como anclaje el paladar. Este dispositivo consiste en una placa escotada de resina acrílica unida a 2 bandas colocadas en los primeros premolares, lleva 2 tornillos sagitales para facilitar la distalización de los molares y 2 muelles parecidos a los del péndulo construidos en alambre de acero calibre 0.9mm, los cuales encajan en las

cajuelas adheridas a las bandas cementadas en los primeros molares permanentes.

6.2.2.3 APARATOLOGÍA PARA DISTALIZACION CON RESORTES

ARCO MAXILAR DE DISTALIZACIÓN BIMÉTRICA (Ucem y cols, 2000; Wilson y cols, 1988) este sistema diseñado por los actuales William y Robert Wilson tiene como objetivo producir la distalización de los molares superiores. Consta de un arco que presenta un calibre .022” en la zona anterior, mientras que en la zona posterior está confeccionado en un alambre .044”. En el segmento posterior están soldados unos ganchos para el uso de elásticos intermaxilares en la región canina superior, en la zona de premolares está ubicado un omega, que permite activar un resorte calibre .010” x .045” colocado entre éste y el tubo extraoral de la banda molar. La fuerza que realiza la distalización está dada por la presión que ejercen los resortes sobre los mismos; para contrarrestar la fuerza recíproca que se ejerce sobre el segmento anterior, se utilizan elásticos intermaxilares clase II.

TRIPODE: (Moreno y cols, 2008) Aparato que consta de un triangulo de alambre de 1 mm de diámetro, unido con soldadura de plata a 2 bandas en cada primer premolar de la arcada superior, y al primer molar que no se va a distalar de la misma arcada. En el molar a distalar, se adapta una banda con tubo vestibular en posición normal. Se utiliza un arco seccional de acero inoxidable .018” en el cual se coloca un resorte NiTi comprimido que ejerce una fuerza de distalización.

CLASE PRIMERA: (Fortini y cols, 2000) presentado en Denver durante el congreso anual de 1996 perteneciente a la AAO, consta de 4 bandas, una parte vestibular y una palatina. Las bandas se colocan sobre los primeros molares y segundos premolares superiores o segundos molares infantiles. Sobre el lado

vestibular de las bandas se encuentra soldado un tornillo independiente al tubo, donde se introduce el arco. En la parte palatina se encuentra un aparato de Nance, el cual ha modificado su tamaño debido a que se extiende más allá de los sectores laterales, con la finalidad de favorecer el anclaje y tener mayor estabilidad de apoyo durante la fase de contención.

DMJ-2000: (Quiroz, 2003) Diseñado por el Dr. Williams, este aparato consta de un botón de Nance soldado a bandas en los primeros premolares y 2 tubos soldados por lingual de las bandas molares, donde por donde pasa un alambre que guía un resorte de NiTi, el cual es comprimido desde un tope soldado al alambre por detrás del segundo premolar, continuando hacia vestibular y terminando en un gancho en punta de bola que servirá de apoyo para la distalización del primer molar.

Jasper Jumper: Éste aparato fue diseñado por el Dr. James Jasper, con el propósito funcional de proporcionar fuerzas ligeras y continuas, capaces de mover desde un diente hasta un segmento de dientes. Durante la masticación, este aparato ejerce su mayor actividad, produciendo distalización e intrusión de los molares superiores (Blackwood III, 1991)

Eureka Spring: (Waheed-ul-hamid y Arfan-ui-Haq, 2006) Éste dispositivo ha sido diseñado par producir un efecto distalizador de los molares superiores y un avance mandibular, consta de un resorte abierto encajonado con un émbolo. En el extremo cerrado lleva un extremo de alambre térmicamente tratado con una pequeña bola insertada, la cual se encuentra alojada en la cubierta metálica del resorte. Debido a su efecto biomecánico está indicado para pacientes dolicofaciales.

7. MARCO DE REFERENCIA.

Al realizar una revisión de la literatura se encontraron múltiples estudios y publicaciones de casos clínicos que guardan relación con las variables estudiadas.

Las relaciones molares Clase II se corrigieron a la Clase I con el Distal Jet en unos cinco meses. Cuando la edad típica en la que se inició tratamiento fué de 12-13 años, y la fuerza de distalización en el molar superior dió lugar a la distalización molar en un 71% (3.2 mm) y un 29% (1.3 mm) de pérdida de anclaje de los premolares. (Bolla, E. y cols, 2002)

Un caso clínico con alta relevancia para este estudio mostró la utilidad de un péndulo modificado como alternativa para corrección de maloclusiones clase II en los pacientes sin crecimiento, la modificación en el péndulo incluye como medio de anclaje, un mini-implante colocado en el paladar (Yoon-Jeong y cols, 2011)

En el 2013 se realizó un estudio de distalización de molares y premolares utilizando mini-implantes en pacientes Clase II dental, se produjo un aumento altamente significativo en la distancia de primer Molar superior a la vertical pterigoidea medida radiográficamente (González Fuentes C, 2013)

8. HIPÓTESIS.

La fricción de los componentes (tubo y émbolo) en la férula de distalización se ve minimizada cuando existe menos angulación en el émbolo.

9. OBJETIVOS.

General:

Evaluar la fuerza a la fricción resultante entre el émbolo y el tubo en la férula de distalización a diferentes grados de torsión, in vitro.

Específicos:

1. Cuantificar la fricción del émbolo con el tubo al momento de aplicar las fuerzas de deslizamiento a 0° de torsión.
2. Medir la fricción del émbolo con el tubo al momento de aplicar las fuerzas de deslizamiento a 5° de torsión.
3. Ponderar la fricción del émbolo con el tubo al momento de aplicar las fuerzas de deslizamiento a 10° de torsión.
4. Determinar la fricción del émbolo con el tubo al momento de aplicar las fuerzas de deslizamiento a 15° de torsión.

10. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del estudio fue: Comparativo, Abierto, Experimental, Prospectivo, Longitudinal.

10.1. Universo de estudio.

El universo de estudio se conformó en la primera fase por un total de 2 émbolos de calibre 0.1” en acero inoxidable, se formaron 4 grupos experimentales, los cuales fueron:

Grupo 1 angulados a 0°

Grupo 2 angulados a 5°

Grupo 3 angulados a 10°

Grupo 4 angulado a 15°

por consiguiente cada grupo de estudio quedará conformado por 2 émbolos con un total de 12 pruebas.

Forma de asignación de los casos a los grupos de estudio:

Secuencial

10.3. Criterios de selección:

10.3.1. Criterios de Inclusión:

- Alambres de Acero Inoxidable calibre 0.1”

10.3.2. Criterios de exclusión.

- Alambres doblados
- Alambres fracturados
- Alambres con defecto de fabricación

10.3.3 Criterios de eliminación.

- Alambres que se fracturen en el período de experimentación

10.4. Definición de variables

Tabla 1: Definición de Variables

Independiente		Dependiente	
Calibre del Alambre		Resistencia a la fricción	
Variable	Escala	Variable	Escala
Alambres de acero inoxidable calibre 0.1"	Nominal	Tracción Céntrica Tracción Excéntrica a 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm y 6mm	Newtons / Gramos

10.5. Descripción de procedimientos.

Se realizó la medición y captura de datos de la fuerza de fricción proporcionada por el émbolo. Para el proceso de medición se utilizó una máquina de pruebas universales MTS, en donde por medio de 2 tenazas se tomaron los extremos del émbolo y del tubo y se registró la cantidad de fricción producida por el émbolo con una velocidad de 5mm por minuto.

La fuerza friccional se realizó en diferentes formas; fuerza aplicada sobre su eje longitudinal y fuerza excéntrica a 1 mm, 2mm, 3mm, 4mm.

A su vez se agregó a cada grupo de estudio una angulación de torque de 10° secuencialmente.

La operación de la maquina y los procedimientos de medición fueron supervisados por el responsable del departamento de procesos en laboratorio del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA-CONACYT)., en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

10.6. Hoja de captura de datos.

Tabla 2. Modelo de hoja de captura de datos.

Calibre del émbolo (Tipping)	Fricción producida contra el tubo					
	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm
0.1" con 0° de angulación						
0.1" con 5° de angulación						
0.1" con 10° de angulación						
0.1" con 15° de angulación						



Figura 1. Diferentes vistas de la férula de distalización, A) y B) Acercamiento donde se ven los componentes principales de la férula, el tubo soldado a la banda de la molar a distalizar, el resorte que aplica la fuerza de distalización y el embolo que sirve de eje de traslación. C) Férula de distalización completa D) Modelo utilizado para la evaluación de fricción en la Máquina Universal.

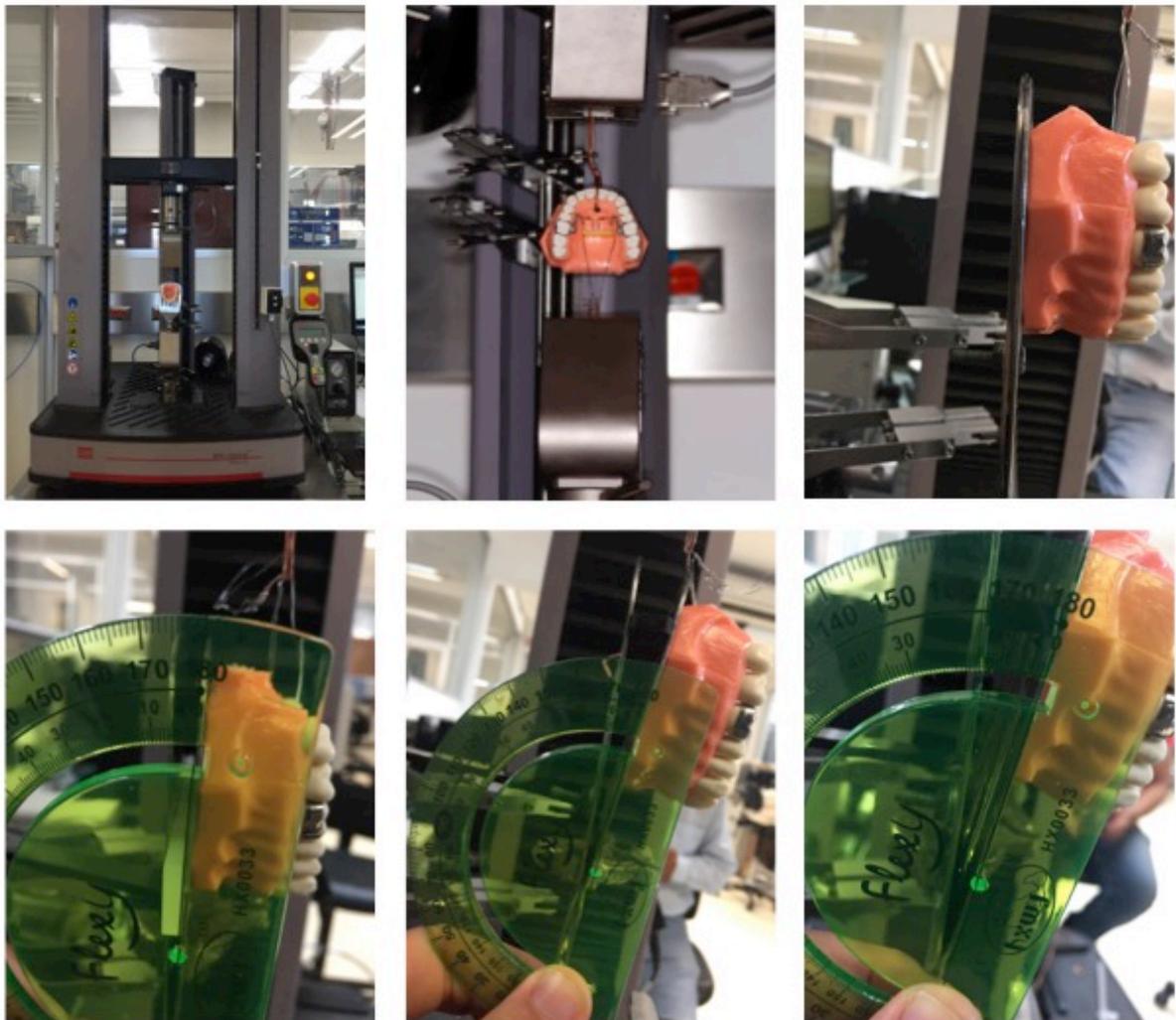


Figura 2. En la Imagen A) Se observa la maquina de pruebas universales MTS, en donde por medio de 2 tenazas se tomó los extremos del émbolo y del tubo y se registró la cantidad de fricción producida por el émbolo con una velocidad de 5mm por minuto. B) el modelo de la férula se encuentra posicionado con los vectores de tracción verticales. C) Modelo posicionado a 0° con respecto a la dirección de tracción del embolo en el tubo, D) modelo posicionado a 5°, E) modelo posicionado a 10°, Modelo posicionado a 15°.

11. VALIDACIÓN DE DATOS.

Para el análisis estadístico en el proceso de fricción se comparó la tracción excéntrica de 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm y 6mm y la tracción céntrica mediante estadística descriptiva y los análisis paramétricos de TUKEY y ANOVA.

Se utilizó estadística descriptiva: medidas de tendencia central y dispersión: rango, media, mediana, moda, desviación estándar, proporciones o porcentajes.

Por tener dos o más muestras, se utilizará estadística inferencial.

- a) escala nominal. Prueba de Chi cuadrada
- b) escala ordinal. Prueba de Chi cuadrada

El nivel de significancia (H_0) será de $p < 0.05$.

12. RESULTADOS.

Los datos de las mediciones realizadas fueron procesados mediante el paquete estadístico SPSS versión 20, obteniendo los siguientes resultados.

Estadísticamente se hicieron dos comparaciones con los siguientes resultados:

1. – Descriptiva de los grupos: (Entre los grupos de angulaciones):

La muestra de cada grupo constituyó de un triplicado de pruebas de la férula de distalización en un recorrido de 7mm, clasificándose en 4 grupos (0° , 5° , 10° y 15°), con un total de 12 pruebas (Tabla 3)

Tabla 3. Grupos de angulaciones y gr-f				
	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
0°	38.76 gr-f	28.56 gr-f	2.04 gr-f	169.32 gr-f
5°	46.92 gr-f	57.12 gr-f	35.7 gr-f	311.1 gr-f
10°	69.63 gr-f	38.76 gr-f	3.06 gr-f	289.68 gr-f
15°	987.36 gr-f	561.00 gr-f	1.02 gr-f	1816.62 gr-f

2. – Comparación entre grupos: (Entre cada una de las angulaciones):
 Posteriormente se realizó un análisis comparativo de muestras relacionadas con base en análisis estadístico de Wilcoxon, para compara los datos entre las angulaciones en un mismo recorrido.

Tabla 4. Comparación entre las angulaciones					
Grados		Diferencia Principal	Significancia	Limite Inferior	Limite Superior
0	5	-0.08	0.00	-0.12	-0.04
	10	-0.30	0.00	-0.34	-0.26
	15	-9.30	0.00	-9.36	-9.24
5	0	0.08	0.00	0.04	0.12
	10	-0.22	0.00	-0.26	-0.18
	15	-9.22	0.00	-9.28	-9.16
10	0	0.30	0.00	0.26	0.34
	5	0.22	0.00	0.18	0.26
	15	-9.00	0.00	-9.06	-8.94
15	0	9.30	0.00	9.24	9.36
	5	9.22	0.00	9.16	9.28
	10	9.00	0.00	8.94	9.06

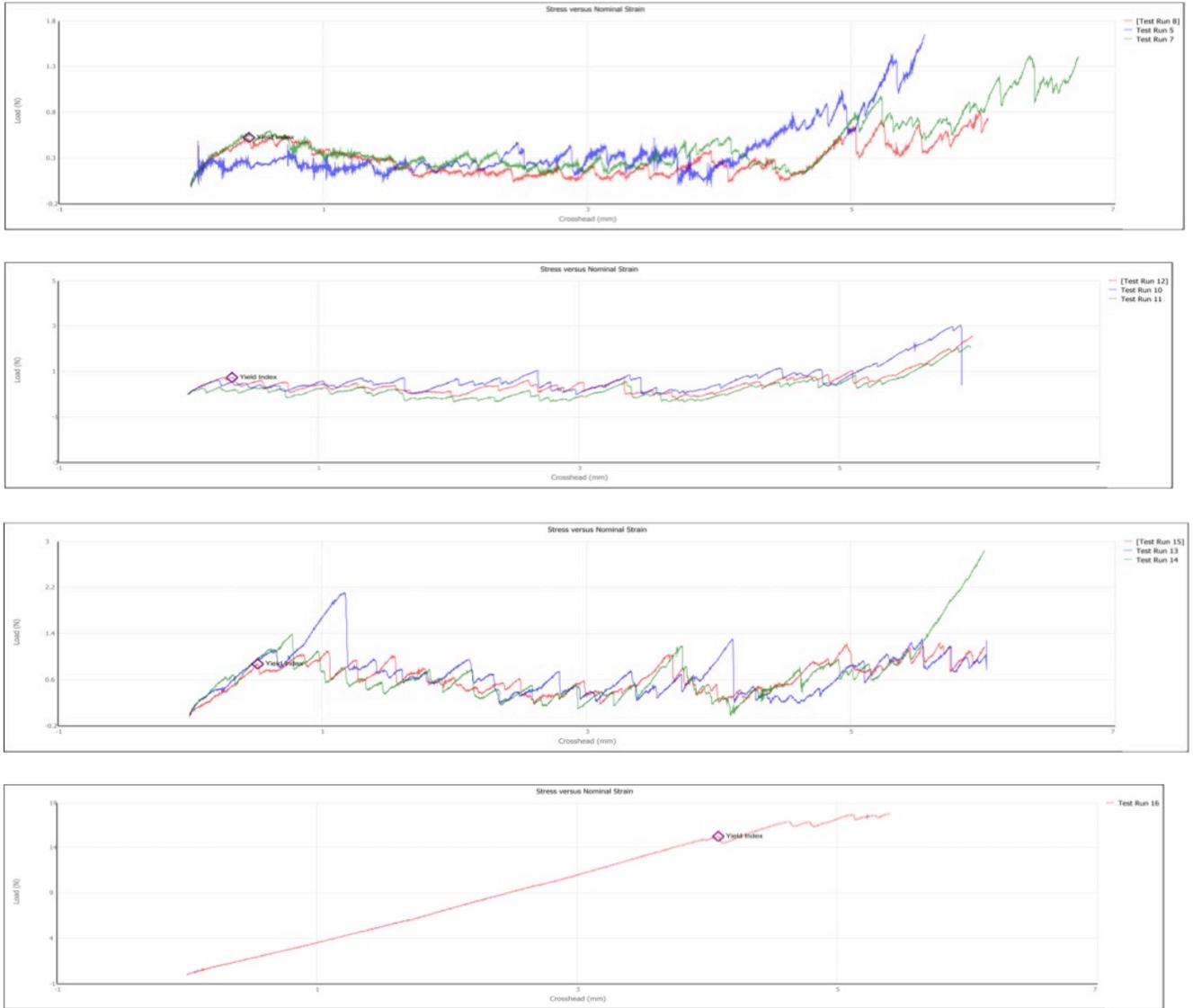


Grafico 1. En el eje X se muestran los valores de la fuerza (N) requeridos para la traslación del vástago, en el eje Y la distancia recorrida (mm). Evaluación por triplicado de las pruebas de fricción en la maquina universal, donde se observa la fuerza ascendente requerida para la traslación del embolo en el tubo en todas las 4 angulaciones medidas. Las caídas en los gráficos se explica como el momento del movimiento del vástago dentro del tubo en donde no hay fricción hasta que vuelve a contactar las 2 superficies entre si. A) Evaluación a los 0°, B) evaluación a los 5°, C) Evaluación a los 10°, D) Evaluación a los 15° donde se observa que la fuerza se eleva hasta el infinito

debido a una angulación excesiva en el que no se puede efectuar el movimiento de traslación.

En relación al comportamiento tribológico de el vástago en el tubo en las férulas de distalización se registraron los siguientes datos:

Tabla 5. Fuerza (expresada en gr.) necesaria para realizar la traslación del vástago en el tubo.								
	0°		5°		10°		15°	
	gr-f Prom	gr-f Max	gr-f Prom	gr-f Max	gr-f Prom	gr-f Max	gr-f Prom	gr-f Max
1mm	35.49	61.70	31.42	75.52	75.15	170.97	183.15	358.05
2mm	24.33	42.66	23.17	75.87	75.84	215.30	730.62	730.62
3mm	21.03	48.28	20.03	108.72	44.05	97.26	539.32	1119.41
4mm	24.65	53.23	14.01	87.54	53.07	121.46	926.84	1528.07
5mm	37.95	103.72	53.33	119.07	54.37	133.16	1327.64	1753.53
6mm	66.97	169.01	113.95	310.60	110.25	284.83	_____	_____
	35.07	79.77	42.65	129.55	68.79	170.5	617.93	914.95

13. DISCUSIÓN

Posterior al análisis de la literatura correspondiente al tema de férulas de distalización considerando la fricción entre sus componentes, se observa que las investigaciones previas no ofrecen alta correlación con el tema que se ha tratado, es decir existe hasta ahora ausencia de estudios específicos que den cuenta acerca de la fuerza a la fricción proporcionada por los diferentes componentes de la misma férula de distalización.

Dentro de los reportes de investigación y casos clínicos publicados, la mayoría fueron diseñados in vivo, a diferencia del presente realizado in vitro y analizado a través de un modelo matemático. Esta situación limita la extensión de la discusión desarrollada.

Gracias a ésta falta de estudios se planeó la comparación entre grupos de posibles patrones de inserción o traslación del vástago en el tubo en determinado eje, y entre las diferentes fuerzas de tracción utilizadas en el desplazamiento de los componentes de las férulas de distalización.

En este trabajo se ha demostrado que existe relevancia significativa en relación a los gramos de fuerza que se requieren aplicar para trasladar el puro émbolo en el tubo de la férula, se encontró que en una angulación de 0° la fuerza promedio para vencer la fricción es de 35.07 gr-f, a los 5° es de 42.65 gr-f y a los 10° de 68.79 gr-f, esto es debido a que al momento de angular el émbolo dentro de un tubo la capacidad al deslizamiento disminuye y la fricción aumenta, por lo tanto a los 15° la fuerza requerida para vencer la fricción es peligrosa dentro de la boca de un paciente.

Comparando el presente trabajo con el de De la Garza Camargo (2015) podemos encontrar que se encontraron resultados similares en una prueba céntrica de fricción donde tuvo como resultado 27.18 gramos en promedio, registrando una fuerza máxima equivalente a 84.05 gramos .

14. CONCLUSION

Al observar y analizar los resultados obtenidos se analizó lo siguiente:

- 1) Se acepta la hipótesis de trabajo al haber encontrado que la fuerza de fricción entre el vástago y el tubo en la férula de distalización aumenta gradualmente en cada milímetro de recorrido.
- 2) Se acepta la hipótesis de trabajo al haber encontrado que la fuerza de fricción entre el vástago y el tubo en la férula de distalización aumenta significativamente en cada uno de los ángulos estudiados en el patrón de traslación del vástago en el tubo.
- 3) Posterior a la evaluación de la fricción resultante entre los 2 componentes de la férula, se ha calculado la fuerza que cada grupo proporciona. Resultando así que en ejes de inserciones a 0° la fuerza necesaria es en promedio de 35.07 gr-f, a los 5° es de 42.65 gr-f y a los 10° 68.79 gr-f, y que sí existen mecanismos para vencer la fricción que se genera.
- 4) Al comparar la fuerza de fricción de los componentes entre las angulaciones estudiadas, fue posible comprobar un incremento relacionado al aumento de las angulaciones sobre el cual fueron diseñadas las pruebas.
- 5) Al medir la fricción entre los metales de la férula de distalización se concluye un incremento de ésta al aumentar la medida excéntrica del eje de inserción.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Belussi, U. 1997. Distalizzatore molare Belussi. Bollettino di Informazioni ortodontiche. Anno 18 No. 57

Bolla, E; Muratore, F; Carano, A; Bowman, S. Evaluation of Maxillary Molar Distalization With the Distal Jet: A Comparison With Other Contemporary Methods. Angle Orthodontist. Vol 72, No 5, 2002.

Blackwood III H.O. 1991. Clinical Management of the Jasper Jumper. J. Clin. Orthod. Dic. 25(12): 755-60.

Byloff, F.; Darendeliler, M.; Clar, E.; Darendeliler, A. 1997. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: The effectos od maxillary molar root uprighting bendas. Angle Orthod. 67(4): 261-70.

Carano A. Testa M. 1996. The distal jet for upper molar distalization. J. Clin. Orthod. Jul 30(7):374-80

Carriere, J. 1990. La técnica de anclaje inverso y su ecuación. Quintessenz Verlags – GmbH. Berlin.

Caprioglio, A.; Cafagnab, A.; Fontanac, M.; Cozzanid, M.; Comparative evaluation of molar distalization therapy using pendulum and distal screw appliances. The Korean Journal of Orthodontics. 2015.45.4.171

Cellier, F. Barton, J. 1972. High-pullhead gear vs. Cervical traction, cefalometric comparison. American Journal of Orthodontics. 17:396-413.

Ciger, S. Aksu, M. Germec, D. 2005. Evaluation of post-treatment changes in Class II Division 1 patients after non extraction orthodontic. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 127(2): 219-223.

De la Garza Camargo, H., Carrilo Gonzalez, R., Torre Martinez H., 2015. Fuerza resultante de resortes NiTi y TMA en férula para distalización considerando la fricción. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Farrar, JN. 1886. Orthodontics: an historical review of its origin and evolution. Segunda edición. Editorial the C.V. Mosby. 885.

Fortini, A. Lupoli, M. Parri, M. 1999. The first class appliance for rapid molar distalization. J. Clin. Orthod. Jun 33(6): 322-326.

Fortini, A. Lupoli, M. Parri, M. 2000. Un nuevo aparato para la distalización rápida: First Class Bollettino Leone. Edicion Bolletino International. Enero. 1:1-13.

Gonzalez Fuentes C. 2013, Distalización de molares y premolares utilizando miniimplantes en pacientes Clase II dental, Universidad Autónoma de Nuevo León.

González, M. Fernández, R. 2003 Actualización en técnicas ortodónticas distalizadoras, Rev. Cubana de Estomatología. Dic. 40(3): 1-3

Heinig N, Göz G. Clinical application and effects of the Forsus spring. A study of a new Herbst hybrid. J Orofacial and Orthopedics 2001; 62: 436-50.15.

3M Unitek. Forsus Fatigue resistant device installation guide (on-line) 2006.

Jeon, JM. Yu, HS. Baik, HS. Lee, JS. 2006. En-masse distalization with miniscrew anchorage in Class II nonextraction treatment. J Clin Orthod. Ago. 40(8): 472-476.

Kingsley, NW. 1875. Orthodontics: an historical review of its origin and evolution. Segunda edición. Editorial Mosby. 492.

Marin, GM. Nour, SA. 2001. Empleo del distalizador molar de belussi. Rev Cubana Ortod. Sep. 16(2): 108-111

Moreno, A. Gomez, R. Llanes, M. Cruz, y. Gardon, L. 2008. El trípode de la distalización unilateral de molares superiores: Cambios oclusales. Rev. Cubana estomatología online. Ebr-Jun 45(2):0-0 ISSN 1561-297X.

Mulligan, TF. 1982. Common Sense mechanics. Primera edición. Editorial C.S.M. Phoenix, Arizona.

Oberti, G. Rey, D. Villegas C. Sierra, A. 2010. Alternativa del tratamiento para la distalización de molares superiores con una barra transpalatina anclada a un miniimplante. Revista CES Odontología. Nov. 23(2): 73-78.

Quiros, O. 2006. Bases Biomecánicas y Aplicaciones Clínicas en Ortodoncia Interceptiva. (1er edición). Venezuela: Amolca.

Ricketts, R. Bench, R. Guginu, C. 1991. Técnica Bioprogresiva de Ricketts. Primera Edición. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.

Rodriguez, E. Casas, R. Araujo, A. 2007. 1001 tips en ortodoncia y sus secretos. Primera Edición. Venezuela, Ed. Amolca.

Strang, RHW. 1943. A text book of orthodontia. Segunda Edición Philadelphia: Lea & Febiger. 661.

Tweed, CH. 1966. Clinical Orthodontics. Editorial C.V. Mosby Co., St. Louis.

Ucem, TT. Yuksel, S. Okay, C. Gulsen, A. 2000. Effects od jones jig appliance in maxillary first molar distalization. Pakistan Oral & Dent. Jr. Dic. 26(2)

Yoon-Jeong, C. Jong-Suk, L. Jung-Yul, C. Young-Chel, P. 2011. Total distalization of the maxillary arch in a patient with skeletal class II malocclusion. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Jun 139(6). 823-833.