Variables que influyen en la fractura de instrumentos rotatorios de níquel titanio en conductos radiculares instrumentados por operadores inexpertos.

Sergio Morelló Castro

Dipòsit Legal: B 2192-2016

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA FRACTURA DE INSTRUMENTOS ROTATORIOS DE NÍQUEL TITANIO EN CONDUCTOS RADICULARES INSTRUMENTADOS POR OPERADORES INEXPERTOS

Área de Restauradora Dental y Endodoncia. Facultad de Odontología
Programa de Doctorado: Doctorado en Odontología
Universitat Internacional de Catalunya

TESIS DOCTORAL

SERGIO MORELLÓ CASTRO

2014

DIRECTOR
Dr. Fernando Durán-Sindreu Terol
CO-DIRECTOR
Dr. Marc Garcia Font

A mi esposa Mª Asun
A mis hijos Toni y Ana
A mis padres Antonio† y Gloria
A mis hermanos Gloria†, Toni y César

AGRADECIMIENTOS

A mi director, el Dr. Fernando Durán-Sindreu, por todo el apoyo y ayuda que me ha dado para realizar este proyecto. Me gustaría agradecerle todas sus enseñanzas y correcciones.

A mi codirector, el Dr. Marc García Font por todo el tiempo dedicado a la supervisión de esta tesis, su inestimable apoyo y ayuda desinteresada, gracias a la cual he podido sacar adelante este trabajo.

A todos los profesores del área de restauración dental y endodoncia de la Universitat Internacional de Cataluña, mis compañeros y amigos durante muchos años, por su apoyo mostrado en todo momento.

A mis padres y hermanos por todas sus enseñanzas durante esta vida y los valores que me han sabido transmitir.

Por último a mis personas más cercanas, mi esposa e hijos, Mª Asun, Toni y Ana, por su paciencia y comprensión durante todo este tiempo.

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN 11

2. OBJETIVOS 14

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN 17

3.1 Historia de la preparación de los conductos radiculares 18

3.2 Objetivos mecánicos de la instrumentación del sistema de conductos radiculares 20

3.2.1 Preparación progresivamente cónica 20

3.2.2 Conservación de la anatomía original 21

3.2.3 Conservación de la posición del foramen 21

3.3 Técnicas de instrumentación 21

3.4 Problemática de los instrumentos manuales de acero inoxidable 23

3.5 Separación de los instrumentos de NiTi 26

3.5.1 Métodos de separación de los instrumentos 27

3.5.1.1 Separación por torsión 27

3.5.1.2 Separación por fatiga cíclica 28

3.5.2 Factores relacionados con la separación de instrumentos rotatorios de NiTi 29

3.6 Operadores inexpertos 32

3. 7 Sistema ProTaper Universal 34

4. HIPÓTESIS DE TRABAJO 38

5. MATERIAL Y MÉTODOS 43

5.1 Operadores del estudio 44
5. 2 Selección de la muestra 45
5.3 Preparación de los dientes 46
5. 4 Protocolos de instrumentación de los conductos 50
5. 5Análisis estadístico 52

6. RESUTADOS 53

6.1 Estudio 1 54
6.2 Estudio 2 59

7. DISCUSIÓN 67

7. 1 Discusión de la metodología 68

7.1.1 Dientes naturales o cubiletes de resina / Selección de la muestra 68
7.1.2 Operadores inexpertos 69
7. 1.3 Selección del sistema de instrumentación 70
7. 1.4 Ángulo y radio de curvatura 74
7.1.5 Glide path 75
7.1.6 Irrigación 76
7.1.7 Influencia del motor 76

7.2 Discusión de resultados 77

7.2 1 Incidencia de fractura 77
7.2.2 Tipo de instrumento 78
7.2.3 Tipo de diente 80
7.2.4 Número de usos 80
7.2.5 Ángulo y radio de curvatura 81
7.2.6 Nivel del conducto donde se produce la separación 82
7.2.7 Operador 83

8. CONCLUSIONES 84

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87

ANEXOS

I. Carta de aprobación de tesis

II. Resumen Instrumentos separados

III. Copia del artículo publicado en el *Journal of Clinical and Experimental Dentistry Endodontics*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deformación apical (zip) del conducto y apreciación de un codo (elbow) 23
Figura 2. Gráfico de un escalón en el conducto. 24
Figura 3. Gráficos de strippings o desgarros 25
Figura 4. Fuerzas de tensión y compresión que sufre el instrumento en un conducto curvo 28
Figura 5. Esquema de la medición del ángulo y radio de curvatura según Pruett et al. 32
Figura 6. Instrumentos de Conformación S1, Sx, S2 del Sistema ProTaper Universal® 35
Figura 7. Instrumentos de Acabado F1, F2, F3, F4, F5 del sistema ProTaper Universal® 35
Figura 8. Sección transversal de las limas S1, SX, S2, F1 y F2 del Sistema ProTaper Universal® 36
Figura 9. Sección transversal de las limas F3, F4 y F5 del Sistema ProTaper Universal® 37
Figura 10. Fotografía del laboratorio donde se realizaron las prácticas. 44
Figura 11. Fotografía del laboratorio donde se realizaron las radiografías. 44
Figura 12. Fotografía de los estudiantes en el laboratorio donde se realizaron las prácticas. 45
Figura 13. Dispositivo para la realización de las radiografías digitales. 46
Figura 14. Radiografías de conductometría en visión ortorradial y mesiorradial. 47
Figura 15. Línea que determina eje apical 48
Figura 16. Línea que determina eje coronal 48
Figura 17. Línea perpendicular al eje coronal 48
Figura 18. Línea perpendicular al eje apical 49
Figura 19. Determinación del arco de la curvatura 49
Figura 20. Medición ángulo y radio de curvatura mediante el software informático AutoCAD 49

Figura 21. Radiografías en visión ortorradial y mesiorradial para confirmar separación de instrumento. 51
Figura 22 . Incidencia de separación según tipo de instrumento 55
Figura 23. Ángulo de curvatura e incidencia de instrumentos separados en incisivos, caninos y premolares. 57
Figura 24. Radio de curvatura e incidencia de instrumentos separados en incisivos, caninos y premolares. 57
Figura 25. Frecuencia de separaciones de acuerdo a la posición en el conducto y el tipo de instrumento. 58
Figura 26: Frecuencia y tipo de instrumento separado. 60
Figura 27: Frecuencia y porcentaje de instrumentos separados. 60
Figura 28. Tipo de instrumento e incidencia de separación en molares. 61
Figura 29. Ángulo de curvatura e incidencia de separación de instrumentos. 62
Figura 30. Ángulo de curvatura de los conductos radiculares de molares. 63
Figura 31. Radio de curvatura e incidencia de instrumentos separados en Molares. 63
Figura 32. Radio de curvatura de los conductos radiculares de molares. 64
Figura 33. Frecuencia de separaciones de acuerdo a la posición en el conducto y el tipo de instrumento. 65
Figura 34. Número de separaciones de instrumento según el conducto radicular en molares superiores e inferiores. 66
Figura 35. Medición ángulo curvatura según Schneider y cols. 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas de instrumentación manual. 22

Tabla 2. Distribución grupos en función del tipo de diente. 45

Tabla 3. Secuencia de instrumentación con el sistema Protaper Universal® 50

Tabla 4. Incidencia separación según tipo de instrumento en incisivos, caninos y premolares. 54

Tabla 5. Incidencia separación según el número de usos de los instrumentos Protaper Universal® en incisivos, caninos y premolares. 56

Tabla 6. Incidencia separación según el Ángulo de curvatura en incisivos, caninos y premolares 56

Tabla 7. Incidencia separación según tipo de instrumento en molares 59

Tabla 8. Incidencia separación según el número de usos de los instrumentos Protaper Universal® en molares 61

Tabla 9. Incidencia separación según el Ángulo de curvatura en molares 62

1. JUSTIFICACIÓN

Uno de los factores básicos para el éxito en un tratamiento de conductos radiculares es la conformación. En los últimos 10 años, la endodoncia ha sufrido una auténtica revolución en cuanto a la aparición de nuevos instrumentos, nuevos diseños, nuevas aleaciones y nuevas técnicas de utilización que han modificado considerablemente esa conformación del sistema de conductos.

El objetivo principal de la conformación de los mismos es conseguir la configuración ideal con la mínima remoción de dentina y el mínimo transporte. La preparación final debe ser una réplica de la configuración del conducto original en forma, conicidad y progresividad, sólo que más ancho. Para lograr este objetivo son de vital importancia el diseño de los instrumentos, la aleación con la que están realizados y la secuencia en que se utilizan.

La endodoncia es parte de la formación actual de un odontólogo. Las universidades tienen la responsabilidad de preparar a sus estudiantes de pregrado y posgrado para llevar a cabo tratamientos de conductos de calidad. En 1994 la Asociación Europea de Endodoncia estableció las guías y parámetros necesarios para realizar un tratamiento de conductos (1), revisado en 2006 (2). Aún así, numerosos estudios (3-5) revelan que no hay una buena formación en la práctica endodóntica.

La aparición de instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi) ha revolucionado el tratamiento de conductos reduciendo la fatiga del operador, el tiempo de conformación del conducto y los errores asociados a la instrumentación del sistema de conductos (6-10) .

Sin embargo, la llegada de las limas rotatorias de NiTi ha venido acompañada de un aumento en la fractura de instrumentos (11). Varios factores se han asociado con la fractura de los instrumentos rotatorios de NiTi: número de usos (12-15), velocidad de rotación (16-20), ángulo y radio de curvatura (13,17,18,20,21), diseño instrumento (6,7), técnica de instrumentación (22-32), torque (19,33-35), experiencia del operador (19,34-39).

La separación de instrumentos en el interior del conducto radicular es objeto de preocupación en la práctica endodóntica moderna. En la gran mayoría de las

situaciones la separación ocurre en el tercio apical. La remoción del fragmento separado a menudo resulta difícil de llevar a cabo especialmente si el conducto es estrecho o con una gran curvatura (18, 40, 41). El fragmento separado puede comprometer el éxito del tratamiento de conductos, ya que al quedar bloqueado en el interior del conducto impide una adecuada conformación y limpieza y un posterior sellado (42, 43).

El éxito de un tratamiento es dependiente de la experiencia clínica del operador. La experiencia es muy necesaria para la seguridad en el uso de las nuevas técnicas presentes en el mercado (36) .

En la literatura encontramos numerosos estudios del NiTi y sus propiedades pero pocos relacionados con la enseñanza de estos sistemas y los factores que influyen en la fractura de estos instrumentos en operadores inexpertos. Consideramos importante estudiar estas variables ya que su conocimiento podría permitirnos mejorar la calidad de la formación en personas inexpertas.

2. OBJETIVOS

A continuación se detallarán los objetivos de los dos estudios planteados en este trabajo.

Estudio 1

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en incisivos, caninos y premolares instrumentados por operadores inexpertos.

1. Evaluar la incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en incisivos, caninos y premolares instrumentados por estudiantes de grado de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya.

2. Evaluar qué instrumento del sistema ProTaper Universal® es el que más se separa durante la instrumentación de incisivos, caninos y premolares.

3. Evaluar la influencia del número de usos en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®

4. Evaluar a qué nivel de conducto radicular existe mayor riesgo de separación de instrumentos ProTaper Universal®

5. Evaluar el efecto del ángulo de curvatura del conducto radicular en la separación de los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

6. Evaluar el efecto del radio de curvatura del conducto radicular en la separación de los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

Estudio 2

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en molares instrumentados por operadores inexpertos.

1. Evaluar la incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en molares instrumentados por estudiantes de grado de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya.

2. Evaluar qué instrumento del sistema ProTaper Universal® es el que más se separa durante la instrumentación de molares.

3. Evaluar la influencia del número de usos en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®

4. Evaluar a qué nivel de conducto radicular existe mayor riesgo de separación de instrumentos ProTaper Universal®

5. Evaluar el efecto del ángulo de curvatura del conducto radicular en la separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

6. Evaluar el efecto del radio de curvatura del conducto radicular en la separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

7. Evaluar qué conducto tiene mayor número de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

8. Evaluar el efecto del operador en la separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La instrumentación del sistema de conductos radiculares es una de las etapas mas importantes en la endodoncia (44,45). Ésta incluye la eliminación del tejido vital y necrótico del interior del sistema de conductos, además de la dentina infectada, y en casos de retratamiento la remoción de obstáculos metálicos y no metálicos. El objetivo de la instrumentación es preparar el espacio del conducto para facilitar la desinfección mediante irrigantes y medicamentos intraconducto. Por lo tanto, la preparación del conducto es la fase esencial para la eliminación de la infección en el interior del sistema de conductos radiculares (46).

3.1 HISTORIA DE LA PREPARACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

Aunque Fauchard, uno de los fundadores de la odontología moderna, ya describió algunos instrumentos para la trepanación de dientes, preparación de los conductos y cauterización de la pulpa en el siglo XVII (46), no fue hasta mediados del siglo XIX cuando Edward Maynard creó los primeros instrumentos manuales.

En 1838 Maynard creó el primer instrumento endodóntico realizado a partir de un muelle de reloj y desarrolló otros para utilizarlos con el objetivo de limpiar y ensanchar el conducto radicular. Esta instrumentación determinaba un aumento en el diámetro del conducto radicular proporcional al creciente aumento numérico de los diámetros de los instrumentos, realizándose en sentido ápice-corona y en toda la extensión del conducto (47).

Antes de 1958, los instrumentos endodónticos se fabricaban sin el beneficio de criterios establecidos. Aunque cada fabricante utilizaba lo que parecía ser un sistema de tamaño unificado, la numeración (de uno a seis) era por completo arbitraria. Un instrumento de una compañía raras veces coincidía con el equivalente fabricado por otra. Además había poca uniformidad en el control de calidad y en la fabricación, y ninguna en la proporción de un instrumento de un tamaño al siguiente, como tampoco existía correlación entre instrumentos y materiales de obturación en términos de forma y tamaño (48).

De esta manera, hasta la década de los 50, dichos instrumentos no tuvieron grandes transformaciones, fabricándose de acero al carbono, sin ninguna estandarización. Estas primeras limas tenían las siguientes características (49):

- Incremento de la rigidez con el incremento del tamaño.
- Limas de gran corrosión.
- Limas de bajo coste.

En 1958, John I. Ingle expresó la necesidad de fabricar instrumentos endodónticos de forma estandarizada (50). Fue en 1961, cuando se publicó el primer trabajo sobre estandarización, contribuyendo en gran medida al perfeccionamiento y simplificación de la técnica endodóntica (48). No obstante, no fue hasta 18 años después de la propuesta original de Ingle & Levine (Junio de 1976) cuando el consejo de la Asociación Americana de Estandarización aprobó la "Especificación nº28", la cual presenta las normas y requisitos para limas y ensanchadores (51)(47).

La casa comercial Kerr Manufacturing Co fue la primera en fabricar estos nuevos instrumentos, que fueron conocidos como instrumentos tipo K.

Inicialmente la fabricación de los instrumentos endodónticos se originaba de la torsión de un vástago piramidal de acero de carbono, siendo este metal sustituido después de 1961 por el acero inoxidable debido a sus mejores propiedades. Dependiendo de la forma de la base del vástago metálico (triangular, cuadrangular o circunferencial), así como del número de torsiones que en ella se imprimía, se obtenían los diferentes tipos de instrumentos, conocidos como ensanchadores, limas tipo K y Hedstrom , respectivamente (47).

Las principales características de los instrumentos estandarizados pueden resumirse de la siguiente forma:

- Fabricados en acero inoxidable
- Mango plástico colorido
- Parte activa de 16 mm

- Aumento de conicidad estándar, equivalente a 0,02 mm por milímetro de la parte activa
- Aumento de diámetro de la punta de la parte activa (D_0), equivalente a 0,05 mm entre las limas del número 10 al 60. En las limas del número 60 a 140 ese aumento es equivalente a 0,10mm.

3.2 OBJETIVOS MECÁNICOS DE LA INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES.

La preparación del conducto, constituida por un conjunto de procedimientos mecánicos (instrumentación) y químicos (irrigación), tiene como objetivo dar forma y limpiar el sistema de conductos para que éste pueda ser obturado de forma correcta. Los objetivos mecánicos buscan obtener una preparación progresivamente cónica hacia apical, conservar la anatomía original, conservar la posición del foramen y mantenerlo tan pequeño como sea posible (44,48). El remodelado crea un espacio para la acción de los irrigantes y medicamentos en la desinfección del sistema de conductos, a la vez que facilita la fase de obturación buscando estabilidad y evitando la reinfección a largo plazo (46) .

3.2.1 Preparación progresivamente cónica.

La preparación del conducto debe estrecharse progresivamente en dirección apical. Una vez terminada la preparación, el diámetro transversal mayor debe corresponder al orificio de entrada del conducto y debe disminuir de manera gradual hasta llegar a la porción apical, coincidiendo con el diámetro menor de la preparación. En la porción coronal, la cavidad de acceso debe tener las mayores dimensiones de la preparación. Es importante tener una conicidad continua en el tercio apical, creando así una forma que tienda a mantener el material de obturación dentro del conducto y elimine el riesgo de extrusión excesiva al condensarlo (44, 48).

3.2.2 Conservación de la anatomía original.

Los conductos radiculares pasan a través de múltiples planos geométricos y son significativamente más curvos que las raíces en las que se localizan. Además, tenemos que intentar conservar el máximo posible de dentina circunferencial alrededor del conducto, sobre todo en la zona de la furca en los dientes multirradiculares. La preparación del conducto radicular es un equilibrio entre la obtención de un conducto tridimensionalmente limpio, conformado y obturado, y la máxima conservación de la estructura radicular (44, 48).

3.2.3 Conservación de la posición del foramen.

La pérdida o creación de un neoforamen constituye una de las principales causas del fracaso endodóntico. Por ello buscaremos un ensanchamiento cuidadoso y mínimo del foramen apical, sin que se pierda o modifique su posición. Para mantener la posición del foramen durante el tratamiento es importante mantener permeable el foramen apical y evitar la acumulación de barrillo dentinario. Es necesario conservar un foramen apical pequeño para conseguir un mejor control del material de obturación durante la obturación tridimensional (44, 48).

3.3 TÉCNICAS DE INSTRUMENTACIÓN

La primera técnica de instrumentación la describió Ingle en 1961 (48), y es conocida como “técnica estandarizada”. En ella, cada instrumento se introducía a longitud de trabajo, con lo que resultaba un conducto de igual forma y calibre a la última lima utilizada, listo para obturar con un cono único de gutapercha. En 1974, Schilder (45), realza la importancia de la instrumentación del sistema de conductos para su posterior desinfección afirmando que “lo que sale del conducto es tan importante como lo que se queda dentro”; y concluye que la instrumentación no se debe realizar sólo teniendo en cuenta la anatomía, sino que debemos instrumentar pensando en la técnica y el material con el cual vamos a obturar. Si se utiliza gutapercha, Schilder recomienda que la forma del conducto tenga una conicidad constante que siga la anatomía original

y permita la remoción del tejido y el espacio adecuado para obturar. Estos conceptos se conocen actualmente como *flow* y *flare* (44).

A raíz de las consideraciones de Schilder, se desarrollaron otras técnicas de instrumentación manual (Tabla 1), entre las cuales destaca la Técnica de las fuerzas equilibradas descrita por Roane y cols. (52) en 1985 y las técnicas corono descendentes o crown down. Ambas destacan por ser la base de actuales técnicas de instrumentación.

TÉCNICA	AUTOR	AÑO
Standardized	Ingle	1961
Step Back	Clem	1969
Circunferencial	Lim y Stock	1987
Incremental	Weine et al.	1970
Anticurvature	Abou-Rass et al.	1980
Step Down	Marshall y Papin	1980
Double flare	Fava	1983
Crown Down presssureless	Morgan y Montgomery	1984
Balanced force	Roane et al	1985
Canal Master	Wildey y Senia	1989
Apical Box	Tronstad	1991
Progressive enlargement	Backman et al.	1992
Modified Double Flare	Saunders y Saunders	1992
Passive Step Back	Torabinejad	1994
Alternated Rotary motions	Siquiera et al.	2002
Apical Patency	Buchanan	1989

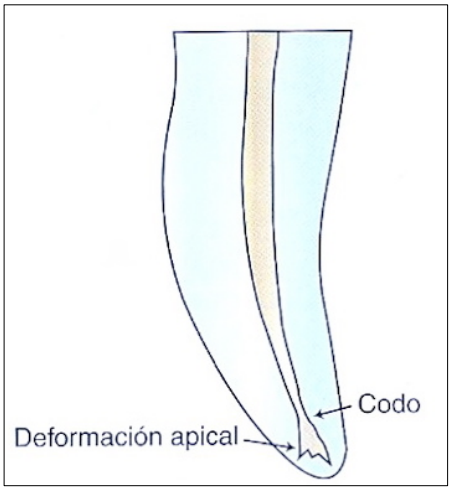
Tabla 1. Técnicas de instrumentación manual (46).

3.4 PROBLEMÁTICA DE LOS INSTRUMENTOS MANUALES DE ACERO INOXIDABLE

Glickman y Dumsha (53) describieron el potencial daño yatrogénico al conducto que podía resultar del uso de instrumentos de acero inoxidable. Éstos podrían llevar a los siguientes errores en la preparación:

Zip o deformación apical: Es el resultado de la tendencia que tiene el instrumento a enderezarse dentro del conducto. Da como resultado un sobreensanchamiento del conducto en la zona exterior de la curvatura y una deficiente preparación de la porción interna en la zona apical. El eje longitudinal del conducto sufre una desviación, con lo que también se llama a este defecto enderezamiento, desviación o transporte. Debido a la forma resultante en la región apical se clasifica como defecto en forma de reloj de arena (54) (figura 1).

Elbow o codo: Está asociado al defecto anterior. Se trata de una región estrecha del conducto en el punto de máxima curvatura. Es el resultado del ensanchamiento irregular que sufre el conducto coronalmente a la parte externa de la curvatura y más apicalmente de la porción interna, dando una forma similar a un codo. Dada la insuficiente conicidad y sus irregularidades, nos limita la limpieza y posterior obturación del conducto (54).



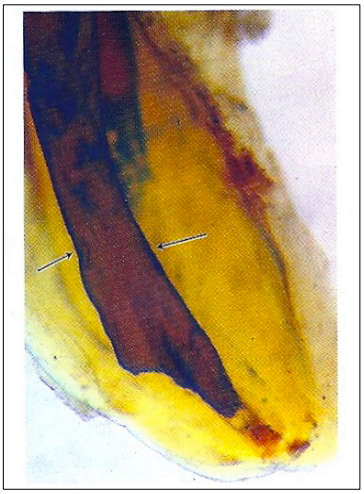


Figura 1. Deformación apical (zip) del conducto y apreciación de un codo (elbow) (53).

Escalón: Es un defecto que suele ocurrir cuando se instrumenta un conducto curvo con un instrumento no flexible y con movimientos de rotación a una longitud de trabajo corta. Da como resultado una plataforma en la zona externa de la curvatura que impide el acceso de instrumentos y en algunas ocasiones de irrigantes hasta la zona apical del conducto. Puede ser difícil de superar, y frecuentemente se asocia a un bloqueo del conducto (figura 2). Se puede formar dentro del conducto principal o mediante la creación de una falsa vía. Este defecto está estrechamente relacionado con el grado de curvatura del conducto y el diseño del instrumento (55).

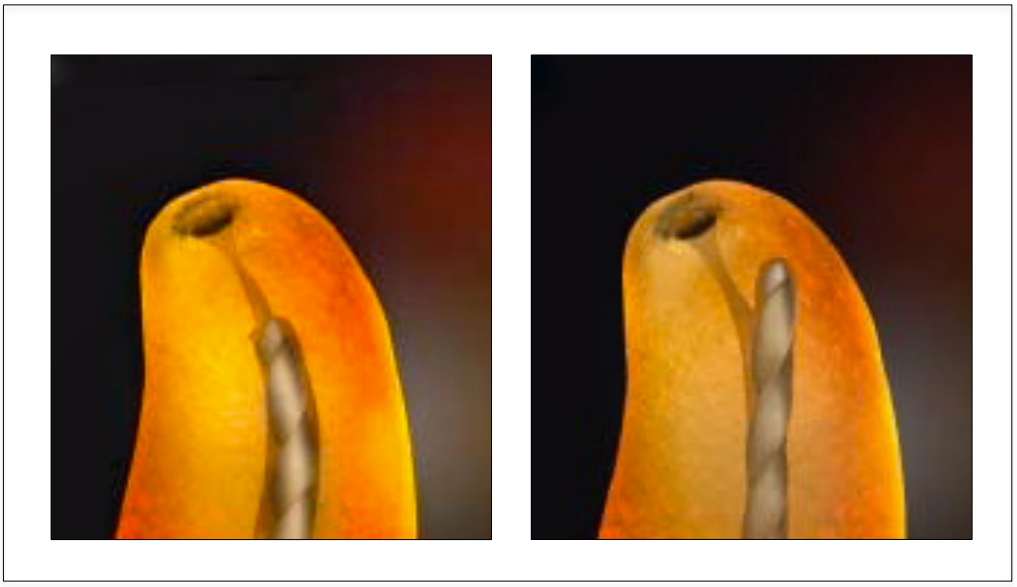


Figura 2. Gráfico de un escalón en el conducto (56).

Perforación: Comunicación con el periodonto difícil de sellar. Y además, si no se encuentra el conducto original, dejan una parte del conducto sin limpiar ni remodelar (53).

Perforación lateral ó Stripping: Resulta de la sobreinstrumentación y enderezamiento del conducto en la zona interna a nivel de la curvatura. Afectan especialmente a las llamadas "zonas de peligro", que son la pared interna de la raíz mesiovestibular de los molares superiores y también en distal de las raíces mesiales de los molares inferiores (53) (figura 3).

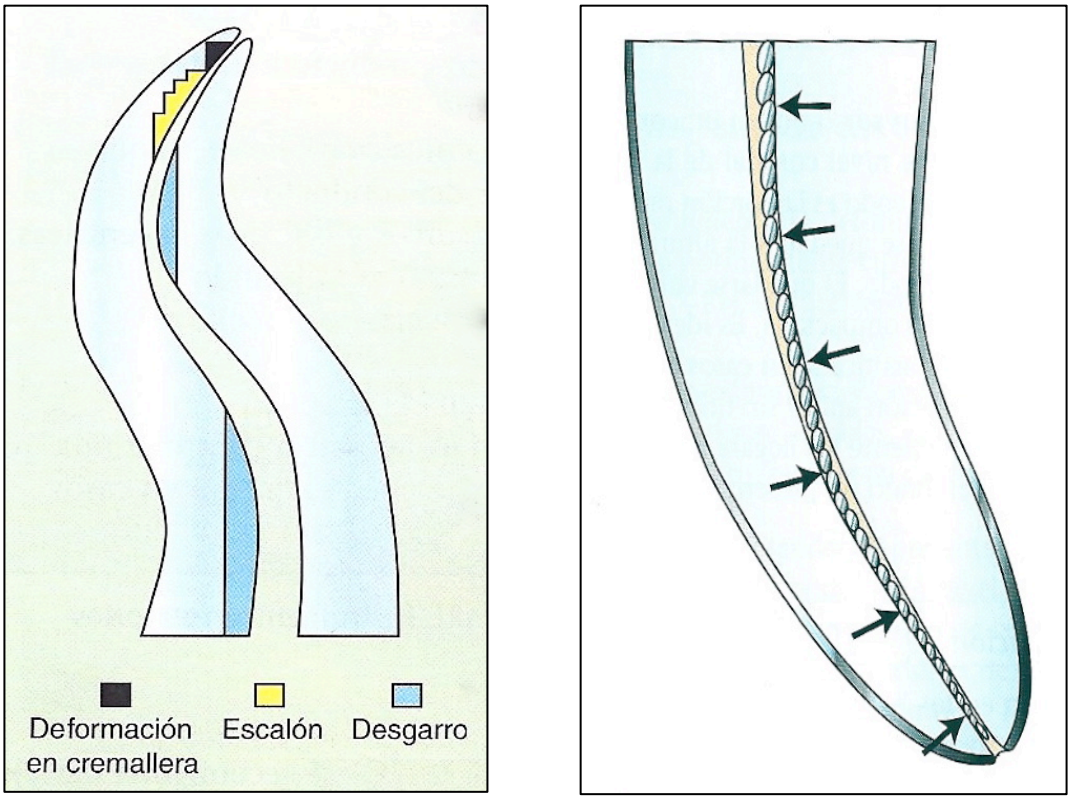


Figura 3. Gráficos de strippings o desgarros(53)

Bloqueo apical: Empaquetamiento de tejido y residuos producidos durante la instrumentación en la zona apical. Da como resultado una pérdida de longitud de trabajo y de la permeabilidad apical. Como consecuencia, la desinfección de esta parte del conducto no es posible (53).

Daño al foramen apical: Desplazamiento o ensanchamiento del foramen apical debido a problemas en el cálculo de la longitud de trabajo o al enderezamiento de conductos curvos. Como consecuencia, se provoca una irritación de los tejidos periapicales por la extrusión de irrigantes, de tejido pulpar y/o de productos contaminados (53).

Debido a estos problemas, desde comienzos del siglo XX hasta los años setenta, raras veces se endodonciaban los molares y los dientes con conductos muy curvos. Cuando se endodonciaban estos dientes se obtenía un porcentaje elevado de fracasos. De

hecho, Grossman señalaba en sus libros publicados hasta 1967 que no era posible tratar con éxito los conductos con una curvatura superior a 45 grados sin recurrir a la cirugía. Esto se debía a la rigidez de las limas endodónticas empleadas (57).

A principios de la década de los 70 aparece una nueva aleación en el campo odontológico, el NiTi. Se utilizó primero en el campo de la Ortodoncia a manos de Andreasen y Hilleman en el 1971 (58) para la confección de alambres ortodónticos por su alta flexibilidad, menor módulo de elasticidad y gran resistencia a la fractura por torsión y flexión, despertando gran interés en el campo de la endodoncia. La confección de instrumentos endodónticos con este nuevo material se realizó a finales de la década de los 80 por Walia, Brantlye y Gerstein (59) basándose en las excelentes propiedades físicas de dicha aleación. Dichos autores constataron que las limas de NiTi del número 15 de sección triangular presentaban una flexibilidad dos o tres veces mayor, así como mayor resistencia a la fractura por torsión en sentido horario o antihorario que las limas de acero inoxidable de igual calibre. Esta característica hizo que pudieran ser utilizadas en la preparación de conductos radiculares curvos, por su capacidad de conformación, produciendo una menor deformación. Pettiette y cols (60) demostraron su superioridad frente a las limas de acero inoxidable en cuanto al mantenimiento de la forma original de los conductos.

3.5 SEPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE NITI

La aparición de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi) ha revolucionado el tratamiento endodóntico mediante la reducción de la fatiga del operador, el tiempo requerido para la preparación del conducto y la disminución de los errores de procedimiento asociados con la instrumentación del conducto radicular (6, 8-10, 61, 62). Errores de procedimiento, tales como el transporte apical y la pérdida de la longitud de trabajo se relacionan principalmente con el uso de instrumentos de acero inoxidable que no tienen la suficiente flexibilidad (63).

Sin embargo, la introducción de los instrumentos rotatorios de NiTi ha ido acompañada de un aumento en la incidencia de la separación de esos instrumentos (11).

Los instrumentos de acero inoxidable por lo general se deforman antes de separarse. Así los odontólogos pueden inspeccionarlos en busca de algún signo de deformación. Un instrumento deformado, por lo general, muestra severa flexión o pérdida de espiras lo que indica que el límite elástico del metal se ha superado y el instrumento debe ser desechado (18).

Sin embargo, según Sattapan y cols. (64), la inspección visual de un instrumento de NiTi usado no es una forma segura de evaluarlo ya que la separación de los instrumentos de NiTi puede ocurrir sin defectos visibles (deformación permanente).

La separación de instrumentos en el interior del conducto radicular es objeto de preocupación en la práctica endodóntica moderna. En la gran mayoría de las situaciones la separación ocurre en el tercio apical. La remoción del fragmento separado a menudo resulta difícil de llevar a cabo, especialmente, si el conducto es estrecho o con una gran curvatura (18, 40, 41, 65). El fragmento separado puede comprometer el éxito del tratamiento de conductos, ya que al quedar bloqueado en él impide una adecuada conformación, limpieza y un posterior sellado del mismo (17, 42, 43, 65, 66)

3.5.1 Métodos de separación de los instrumentos

La separación de los instrumentos de NiTi puede darse de dos formas: separación por torsión o por fatiga cíclica (41, 64, 67).

3.5.1.1 Separación por torsión

La separación por torsión ocurre cuando la punta u otra parte del instrumento se enclava en el interior del conducto mientras el resto del instrumento sigue girando. Cuando el límite elástico del metal es superado, la separación del instrumento es inevitable (17). Este tipo de separación se asocia a una excesiva presión apical durante

la instrumentación (68). Otra posible causa de la fractura por torsión puede ser la acumulación de detritus entre las espiras (69).

3.5.1.2 Separación por fatiga cíclica

El fenómeno de la fatiga cíclica repetida puede ser un factor importante en la separación de instrumentos (52). Cuando los instrumentos están trabajando en conductos curvos, se deforman y se someten a estrés. La mitad del instrumento que se encuentra en la parte externa de la curvatura está en tensión, mientras que la mitad del instrumento que esta en el interior de la curvatura está en compresión (15, 18) (figura 4). Obviamente, los niveles de estrés son los más altos en la zona de la curvatura. (15, 70).

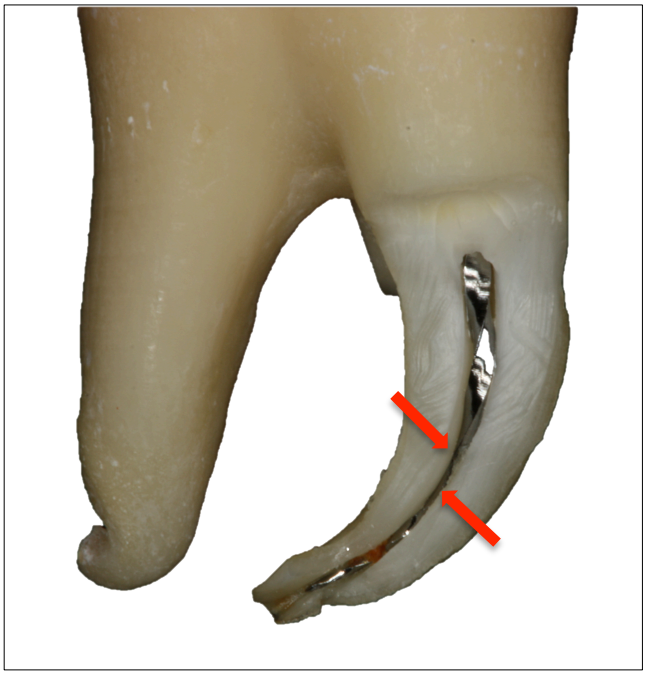


Figura 4. Fuerzas de tensión y compresión que sufre el instrumento en un conducto curvo

La separación por fatiga cíclica va a depender de factores anatómicos del diente y de factores relacionados con el instrumento (69):

- Factores anatómicos del diente
  - Ángulo de curvatura
  - Radio de curvatura
  - Localización de la curvatura

- Factores relacionados con el instrumento
    - Número de usos que tiene el instrumento
    - Masa del intrumento

3.5.2 Factores relacionados con la separación de instrumentos rotatorios de NiTi:

Diversos factores se han asociado con la separación de los instrumentos rotatorios de NiTi:

- número de usos (13-15)
- Velocidad de rotación (16-18, 20, 35, 71)
- Ángulo y radio de curvatura (13, 17, 18, 20, 21, 72, 73)
- Diseño instrumento (6, 7),
- Técnica de instrumentación (22-32, 74)
- Torque (33, 71, 75, 76)
- Experiencia del operador (13, 19, 35, 36, 38, 39, 72, 75)

A continuación vamos a explicar los factores más relevantes:

Torque

El torque mide la fuerza de un instrumento para rotar sobre su propio eje.
Diferenciaremos entre torque:

- De un instrumento: Máxima fuerza de torsión que es capaz de resistir un material sin que sobrepase su límite elástico. El torque de un instrumento depende de su diámetro, del tipo de aleación y de la conicidad del instrumento.

- De un motor: Fuerza desencadenada por el motor al realizar cada giro, en los motores movidos por aire el torque es inversamente proporcional al número de reducciones que se le hagan al motor primario. Los motores eléctricos tienen torque regulado electrónicamente y se puede seleccionar entre alto o bajo torque.

El torque es un parámetro que puede influir en la incidencia de separación de un instrumento. Cuando un motor genera un torque alto, es posible que se exceda el límite elástico del instrumento en el interior del conducto y esto conllevaría a la separación del instrumento. Una posible solución sería utilizar un motor de endodoncia con bajo torque. Con los motores con bajo torque, cuando el instrumento tiene que soportar niveles de torque equivalentes a los producidos por el motor, deja de girar y empieza a girar en la dirección opuesta, evitando así la separación (17, 77).

Técnica de instrumentación

La técnica de instrumentación juega un papel importante en la prevención de la fractura por torsión, ya que esta puede aumentar de forma considerable si se realiza una excesiva presión apical durante la instrumentación.

El efecto de taper lock ocurre cuando una superficie extensa del instrumento esta en contacto con las paredes del conducto, o bien cuando el tamaño del conducto es menor que el tamaño de la punta del instrumento.

Este efecto se puede reducir si se realiza un glide path con limas manuales de acero inoxidable previo a la instrumentación con instrumentos rotatorios de NiTi.
Para reducir las posibilidades de separación por torsión de los instrumentos, el diámetro del conducto debe ser igual o mayor que el diámetro de la punta del primer instrumento rotatorio de NiTi (78).

El riesgo de fractura se reduce al realizar un glide path previo con limas de acero inoxidable, ya que de esta forma disminuyen las interferencias oclusales y la superficie de contacto de la punta del instrumento (13).

Velocidad de rotación

La velocidad de rotación es un factor importante en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi en el interior del conducto radicular. El contacto entre el instrumento y la superficie del conducto puede causar estrés suficiente como para separar el instrumento.

Un aumento de la velocidad de rotación provoca un mayor roce del instrumento con las paredes del conducto, y esto determina que haya una mayor separación, si lo comparamos con los utilizados a velocidades más bajas (79, 80). Zelada y cols. (20) en su estudio, obtuvieron que los instrumentos que giraban a 150 rpm se rompían con menos frecuencia que los que giraban a 250 rpm y éstos, a su vez, lo hicieron con menos frecuencia que los que giraban a 350 rpm.

La esperanza de vida de un instrumento está relacionada con un determinado número de ciclos de rotación (80). Aplicando una velocidad de rotación más lenta, se puede decir, que se prolonga la vida clínica del instrumento, separándose sólo después de llegar a un número específico de rotaciones, este fenómeno se conoce como "deflexión angular máxima" (20).

Ángulo y radio de Curvatura

El factor más importante en la separación de instrumentos es la anatomía del conducto. El ángulo, y en mayor medida, el radio de curvatura influyen en la fractura de los instrumentos.

La curvatura del conducto radicular fue descrita por Schneider (81) en 1971, quién tomó en consideración solamente su ángulo. En 1997 Pruett (18) describió una técnica para la medición del ángulo y radio de curvatura de los conductos radiculares de la siguiente manera (Figura 5): se dibuja una línea recta sobre el eje longitudinal de la porción coronal del conducto. Una segunda línea se dibuja sobre el eje longitudinal de la porción apical del conducto. En cada una de estas líneas se determinan los puntos de inflexión, que son los puntos donde las líneas se desvían de la trayectoria del conducto: inicio (punto a) y final de la curvatura (punto b). La parte curva del conducto es representada por un círculo con las tangentes a los puntos a y b. El ángulo de curvatura (α_1) se define por el ángulo formado por las líneas perpendiculares procedentes de los puntos de desviación (a y b) que se cruzan en el centro del círculo. La longitud de estas líneas es el radio del círculo y define el radio de curvatura del conducto. El radio de curvatura (r_1) es la longitud del radio del círculo medido en milímetros.

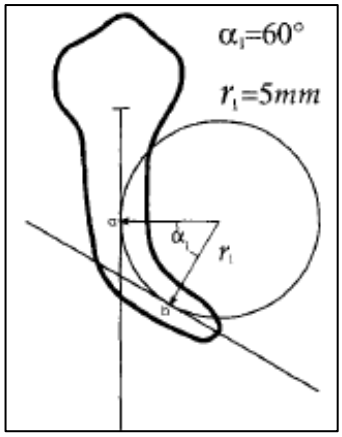


Figura 5. Esquema de la medición del ángulo y radio de curvatura según Pruett et al.(18)

Cuanto menor sea el radio de curvatura, mas abrupta será la desviación del conducto. Los parámetros de ángulo y radio de curvatura son independientes uno del otro. Dos conductos pueden tener el mismo ángulo y distinto radio de curvatura, siendo una curvatura más abrupta el conducto que tenga el menor radio.

Varios estudios han demostrado que a mayor ángulo de curvatura, mayor es la incidencia de separación de los instrumentos rotatorios de NiTi (17, 18, 20, 21, 72). Si hablamos del radio de curvatura del conducto, a menor radio mayor es la incidencia de separación de los instrumentos.

3.6 OPERADORES INEXPERTOS

La endodoncia es un elemento básico de la práctica odontológica en el mundo desarrollado. Por lo tanto, la responsabilidad de las facultades de odontología es la de preparar a sus estudiantes para llevar a cabo sin complicaciones tratamientos de conductos con una calidad predecible (82). Muchos son los estudios que evalúan los instrumentos rotatorios de NiTi y sus propiedades, pero hay muy pocos que evalúen la enseñanza de estos sistemas en todo el mundo(83).

Según las directrices la Sociedad Europea de Endodoncia, todos los estudiantes de Odontología deberían realizar 20 tratamientos de conductos durante su formación de pregrado (38, 84)

Es importante señalar que las razones de la separación de instrumentos rotatorios de NiTi son complejas y multifactoriales. Unas de las más importantes son la experiencia y habilidad del operador. La influencia de la experiencia del operador ha sido evaluada en varios estudios que mostraron que la formación o la experiencia es necesaria para reducir al mínimo la incidencia en la separación de los instrumentos (19, 34-38, 85).

Mandel y cols. (36) evaluaron el efecto del operador en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi Profile. Los resultados indican que la frecuencia de separación de instrumentos fue mayor durante el "periodo de aprendizaje" que durante el "periodo de aplicación" (37). En este estudio los autores concluyen que si la geometría del conducto, la secuencia de instrumentación y la velocidad de rotación se mantienen constantes, la habilidad del operador es el factor más importante en la separación de los instrumentos (36).

Sonntag y cols. (39) evaluaron la deformación que producían estudiantes de pregrado al instrumentar conductos radiculares mediante un sistema de instrumentación manual (limas de acero inoxidable) y el sistema rotatorio de NiTi Flexmaster®. Los resultados de este estudio demuestran que los instrumentos rotatorios de NiTi permitían mantener mejor la trayectoria original del conducto, así como una menor incidencia de zips y elbows que las limas manuales.

Pettiette y cols. (60) realizaron un estudio en el que se evaluaba la presencia de errores durante la preparación de conductos realizada por alumnos de pregrado, mediante el uso de instrumentos de acero inoxidable e instrumentos manuales de NiTi. Concluyeron que los errores de procedimiento eran menores cuando se usaban los instrumentos manuales de NiTi.

Yared y cols. (19, 34, 35) han evaluado la influencia del operador en la separación de instrumentos rotatorios de níquel titanio ProTaper y Profile. Los resultados de los cuatro estudios indican que la enseñanza de la técnica es crucial para prevenir la separación de los instrumentos y para reducir la incidencia de deformación de estos.

3. 7 SISTEMA PROTAPER UNIVERSAL

Este sistema de limas rotatorias de NiTi aparece por primera vez comercializado con el nombre de ProTaper® y fue diseñado por los doctores Clifford Ruddle, John West y Pierre Machtou con el propósito de mejorar la eficiencia de corte y flexibilidad (86). Se presentó en el año 2001 en el Congreso de la Asociación Americana de Endodoncia (AAE).

ProTaper® fue modificado a finales del 2006 para mejorar sus propiedades físicas (ProTaper Universal®) y ampliado con dos limas más de conformación apical (F4 y F5). A diferencia de otros sistemas de instrumentación, tiene la particularidad de presentar en su parte activa, múltiples y progresivas conicidades. De esta forma, encontramos en el mismo instrumento conicidades de 2%, 4%, 6%. 8%, 10%, 12%, 14%, 18% y 19% lo cual, según sus inventores, facilita la instrumentación en la porción apical de conductos radiculares creando una conformación selectiva con cada instrumento (tercio coronal, tercio medio y tercio apical).

Se trata de un sistema de instrumentación de conicidad variable con una secuencia recomendada por el fabricante (S1, Sx, S1, S2, F1, F2, F3, F4 y F5) (87)

El sistema incluye ocho instrumentos y se pueden dividir en dos grupos:

- **Tres instrumentos de conformación coronal**: SX, S1 y S2 con diámetros en la punta (D1) de 0.19, 0.17, y 0.20mm respectivamente. Diseñadas para la preparación del tercio medio y coronal del conducto (figura 6).

  - S1: anillo morado.
  - SX: sin anillo.
  - S2: anillo blanco.

Figura 6. Instrumentos de Conformación S1, Sx, S2 del sistema ProTaper Universal®

- **Cinco instrumentos de acabado**: F1, F2, F3, F4 y F5 con diámetros en la punta (D1) de 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 y 0.50 mm respectivamente para la conformación de los 3 últimos milímetros apicales del conducto (figura 7).

  - F1: anillo amarillo y conicidad del 7% en apical.
  - F2: anillo rojo y conicidad del 8% en apical.
  - F3: anillo azul y conicidad del 9% en apical.
  - F4: dos anillos negros y conicidad del 6% en apical.
  - F5: dos anillos amarillos y conicidad del 5% en apical.

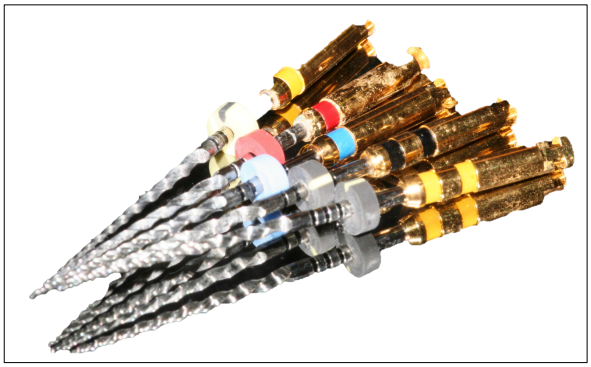


Figura 7. Instrumentos de Acabado F1, F2, F3, F4, F5 del sistema ProTaper Universal®

Los instrumentos del sistema ProTaper Universal® se caracterizan según el fabricante por tener un ángulo de corte ligeramente negativo, punta inactiva y una sección triangular con lados convexos para las limas SX, S1, S2, F1 y F2 (figura 8); y una sección modificada con tres pequeñas muescas en las limas de mayor calibre (F3, F4 y F5) (figura 9) para disminuir la masa y aumentar su flexibilidad; esta cambio ofrece una zona de contacto mínima entre el instrumento y las paredes de dentina, reduciendo así la fuerza de torsión y la fatiga de la lima y, por tanto, el riesgo de fractura (87).

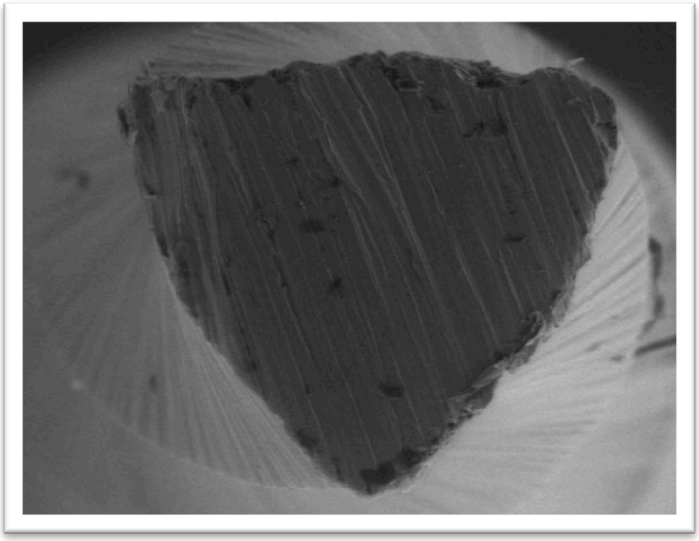


Figura 8: Sección transversal de las limas S1, SX, S2, F1 y F2 del Sistema ProTaper Universal®

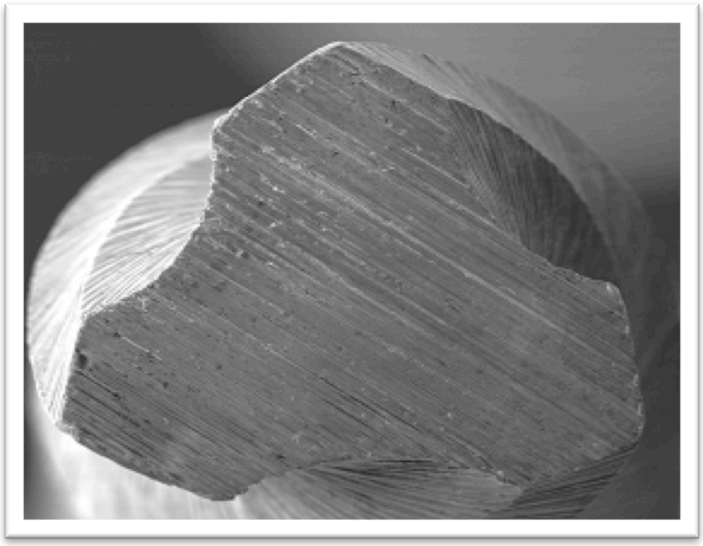


Figura 9: Sección transversal de las limas F3, F4 y F5 del Sistema ProTaper Universal®

4. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Estudio 1

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en incisivos, caninos y premolares instrumentados por operadores inexpertos.

Hipótesis nula (H_0)

- $H_{0.1}$: Los instrumentos del sistema ProTaper Universal® se separan más en premolares que en incisivos y caninos

- $H_{0.2}$: La lima S1 de ProTaper Universal® es la que tiene mayor riesgo de separación.

- $H_{0.3}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® está relacionada directamente con el ángulo de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{0.4}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® está relacionada directamente con el radio de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{0.5}$: A mayor número de usos de los instrumentos existe un mayor riesgo de separación.

Hipótesis alternativa (H_1)

- $H_{1.1}$: Los instrumentos del sistema ProTaper Universal® no se separan más en premolares que en incisivos y caninos

- $H_{1.2}$: La lima S1 de ProTaper Universal® no es la que tiene mayor riesgo de separación.

- $H_{1.3}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® no está relacionada directamente con el ángulo de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{1.4}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® no está relacionada directamente con el radio de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{1.5}$: A mayor número de usos de los instrumentos no existe mayor riesgo de separación.

Estudio 2

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en molares instrumentados por operadores inexpertos.

Hipótesis nula (H_0)

- $H_{0.1}$: La lima S1 de Protaper Universal® es la que tiene mayor riesgo de separación.

- $H_{0.2}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® está relacionada directamente con el ángulo de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{0.3}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® está relacionada directamente con el radio de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{0.4}$: A mayor número de usos de los instrumentos existe un mayor riesgo de separación.

- $H_{0.5}$: Los instrumentos del sistema ProTaper Universal® se separan más en el tercio apical que en tercio coronal y medio.

Hipótesis alternativa (H_1)

- $H_{1.1}$: La lima S1 de Protaper Universal® no es la que tiene mayor riesgo de separación.

- $H_{1.2}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® no está relacionada directamente con el ángulo de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{1.3}$: La frecuencia con la que se separan los instrumentos de NiTi del sistema ProTaper Universal® no está relacionada directamente con el radio de la curvatura de los conductos radiculares.

- $H_{1.4}$: A mayor número de usos de los instrumentos no existe un mayor riesgo de separación.

- $H_{1.5}$: Los instrumentos del sistema ProTaper Universal® no se separan más en el tercio apical que en tercio coronal y medio.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Operadores del estudio.

Los operadores del estudio fueron 96 estudiantes de tercer curso de la Licenciatura en Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya sin experiencia previa en endodoncia. El estudio se llevó a cabo durante un periodo de 6 meses, en el laboratorio de preclínica de la Facultat d'Odontologia (figura 10,11,12).

Fueron utilizados 288 sets de instrumentos rotatorios del sistema Protaper Universal® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), cada uno contenía las limas S_X, S_1, S_2, F_1, F_2 y F_3. A cada operador se le entregaron 3 sets. El primer set fue utilizado para instrumentar 10 conductos en dientes de resina para que los estudiantes se familiarizasen con los instrumentos. Con el segundo set, los operadores debían realizar tratamientos de conductos radiculares en dientes humanos anteriores y premolares. Con el tercer set, debían realizar tratamientos de conductos radiculares en los molares.

Figura 10. Fotografía del laboratorio donde se realizaron las prácticas.

Figura 11. Fotografía del laboratorio donde se realizaron las radiografías.

Figura 12. Fotografía de los estudiantes en el laboratorio donde se realizaron las prácticas.

5. 2 Selección de la muestra

Se seleccionaron 955 dientes humanos extraídos, con un total de 2018 conductos. Se descartaron aquellos dientes que tuvieran ápices abiertos, reabsorciones radiculares, tratamiento endodóntico previo y/o presencia de fisuras o fracturas verticales. Los dientes fueron agrupados en dos grupos según el tipo de diente
(Tabla 2):

- Grupo 1: incisivos, caninos, premolares
- Grupo 2: molares

GRUPO 1	GRUPO 2
207 Incisivos Superiores	183 Molares Superiores 337 Molares Inferiores
54 Incisivos Inferiores	
20 Caninos	
100 Premolares Superiores	
54 Premolares Inferiores	

Tabla 2. Distribución grupos en función del tipo de diente.

5.3 Preparación de los dientes

Posteriormente a la colocación de cera en los ápices, los dientes se montaron en bloques de yeso mezclado con serrín para tener una radioopacidad menor a la del diente y parecida a la del hueso. El yeso se cortó en forma de cuadrado y se tomaron dos radiografías convencionales preoperatorias: una ortorradial y una mesiorradial.

Después de eliminar las lesiones de caries en caso de haberlas, se realizó la apertura cameral utilizando una fresa de bola diamantada del número 2 (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suiza) y una fresa Endo-Z (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suiza). Una vez realizada la apertura se localizaron los conductos y fueron permeabilizados con una lima K #08 y #10 (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suiza). La longitud de trabajo se estableció a 1 mm del ápice radiográfico con limas k #15 o #20 (Maillefer Ballaigues, Suiza), y se anotó la longitud de cada conducto así como la cúspide de referencia. Se verificó con la toma de dos radiografías digitales.

Se tomaron dos radiografías digitales de conductometría, una ortorradial y una mesiorradial, con el sistema de radiovisiografia Kodak Dental Digital 6100 mediante un posicionador preparado con silicona de adición (Optosil P Plus® HERAEUS KULZER, Hanau, Alemania) y un paralelizador para poder mantener una posición constante (igual proyección y distancia focal) durante todo el estudio (figuras 13 y 14)

Figura 13. Dispositivo para la realización de las radiografías digitales.

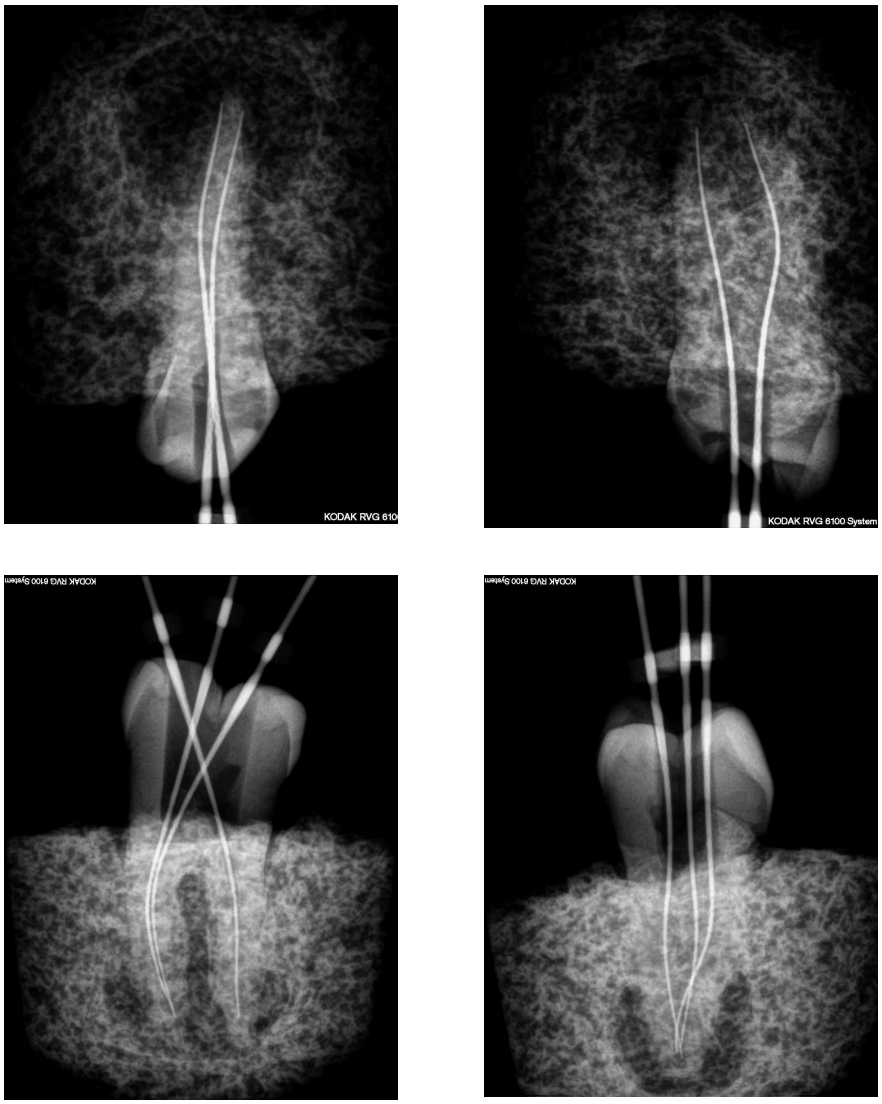


Figura 14. Radiografías de conductometría en visión ortorradial y mesiorradial.

Una vez realizadas las radiografías se exportaron a formato jpg, y con el software informático AutoCAD 2008® (Autodesk Inc, San Rafael, EEUU.) se procedió a determinar el ángulo y el radio de curvatura según el método descrito por Pruett y cols 1997 (18) (figuras 15, 16, 17, 18, 19 y 20).

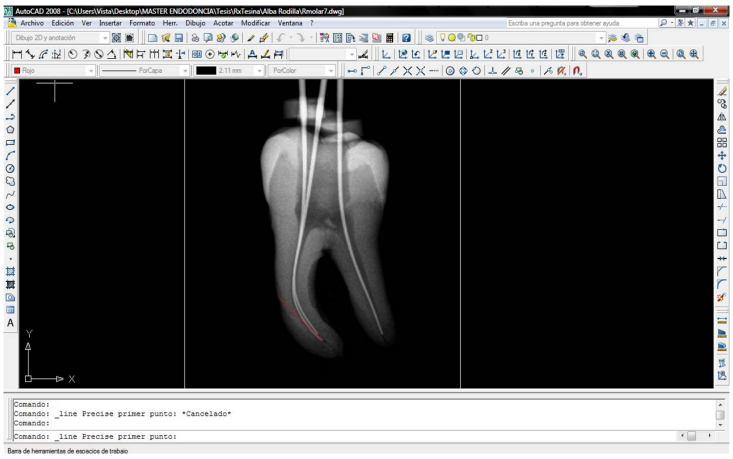


Figura 15. Línea que determina eje apical

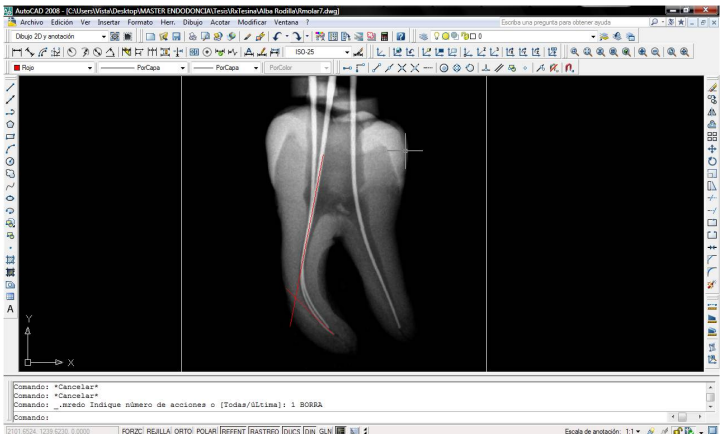


Figura 16. Línea que determina eje coronal

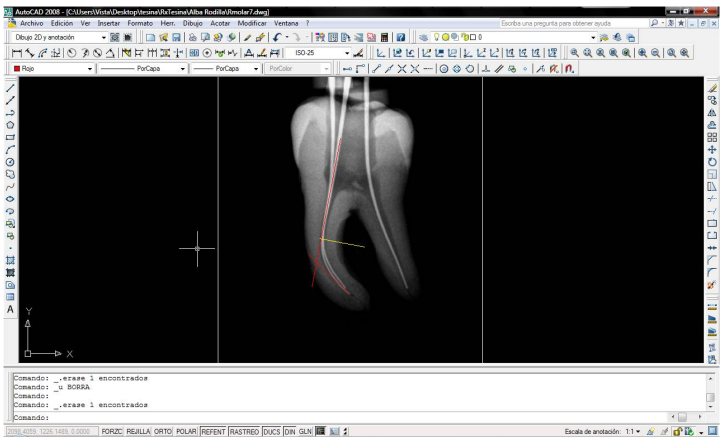


Figura 17. Línea perpendicular al eje coronal

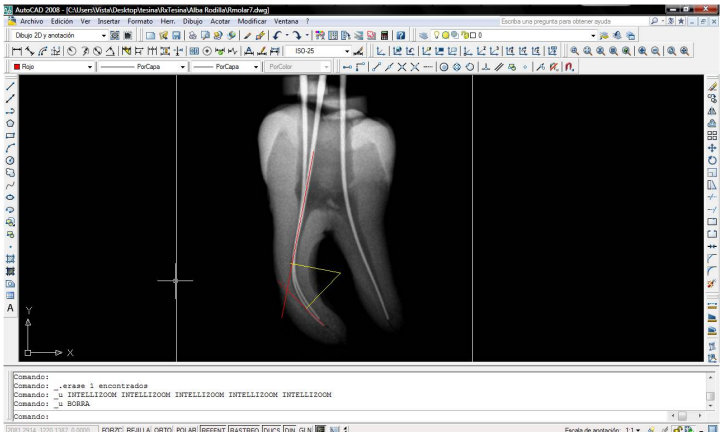


Figura 18. Línea perpendicular al eje apical

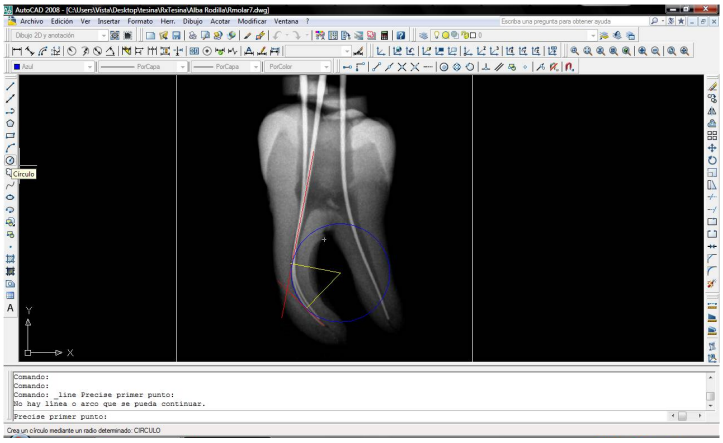


Figura 19. Determinación del arco de la curvatura

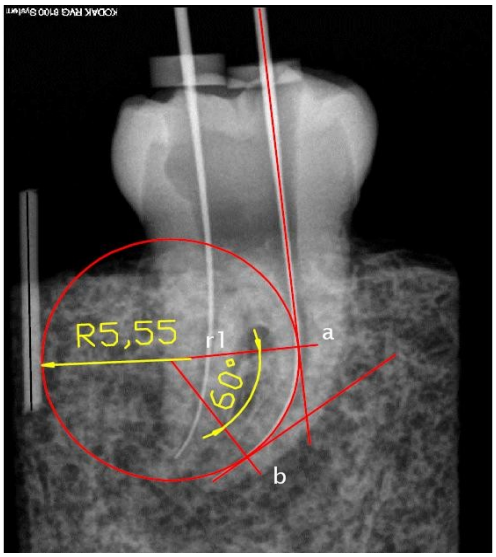


Figura 20. Medición ángulo y radio de curvatura mediante el software informático AutoCAD

5. 4 Protocolos de instrumentación de los conductos

Siguiendo las recomendaciones del fabricante se estableció un Glide Path con limas K #10, 15, 20 hasta longitud de trabajo (82) previo a la utilización de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema Protaper Universal® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) (Tabla 3).

Todos los instrumentos se accionaron con un motor endodóntico con control de torque ATR® (Tecnika, Pistoia, Italia). La velocidad de rotación y el torque que se utilizó para cada lima de la serie fue el recomendado por el fabricante.

Entre lima y lima se irrigó con 1 ml de agua con una aguja Miraject Endo-Luer Lock de 0,5 x 40 mm (Hager Werken, Duisburg, Alemania) pasando una lima K#10 para confirmar la permeabilidad apical.

TIPO INSTRUMENTO		LONGITUD
Instrumentos manuales de acero inoxidable	10	LT*
	15	
	20	
Instrumentos Protaper Universal®	S1	Hasta notar resistencia
	Sx	½ LT
	S1	LT
	S2	
	F1	
	F2	
	F3	

Tabla 3. Secuencia de instrumentación con el sistema Protaper Universal®

Los instrumentos fueron limpiados y examinados después de cada uso. Los instrumentos que presentaban alguna deformación fueron desechados y recambiados por otros nuevos.

En el momento en el que se producía una separación del instrumento, se le entregaba al alumno una hoja en la cual debía informar sobre qué lima se había separado, cuántos usos tuvo antes de la separación, qué secuencia de instrumentación se usó en cada conducto y en qué conducto ocurrió la separación. Seguidamente se entregó al alumno una lima nueva igual a la separada y se tomó inmediatamente una radiografía digital ortorradial y una mesiorradial para observar el fragmento separado (figura 21).

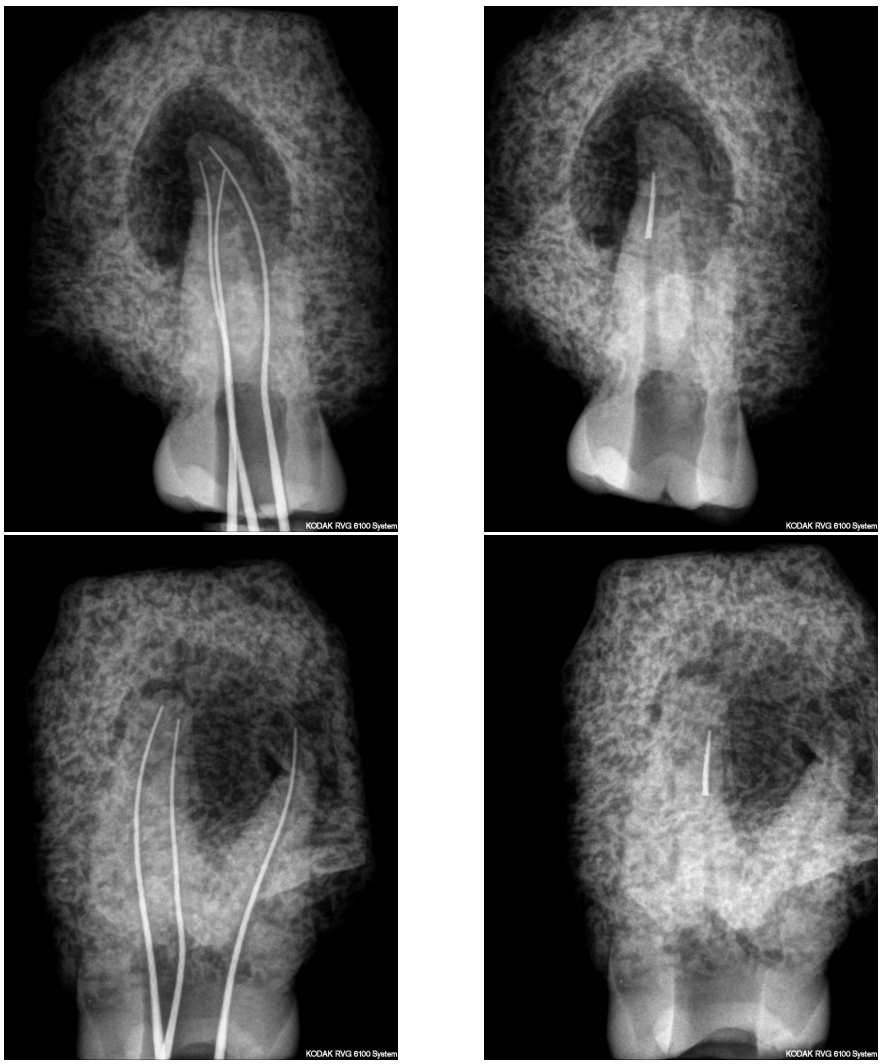


Figura 21. Radiografías en visión ortorradial y mesiorradial para confirmar separación de instrumento.

5. 5Análisis estadístico

ESTUDIO 1

Se utilizó el test ANOVA para determinar la influencia del tipo de instrumento y el tipo de diente. Para el ángulo y el radio de curvatura y el número de usos en la incidencia de fractura se utilizó una regresión lineal simple. El test Chi-cuadrado fue utilizado para comparar la incidencia de fractura en función del tercio del conducto radicular.

ESTUDIO 2

Se utilizó el test ANOVA para determinar la influencia del tipo de instrumento, de conducto y de operador. Se utilizó una regresión lineal simple para evaluar la influencia del ángulo, el radio de curvatura y el número de usos en la incidencia de fractura. El test Chi-cuadrado fue utilizado para comparar la incidencia de fractura en función del tercio del conducto radicular.

En ambos casos se consideró que existían diferencias significativas en caso de un P valor $\leq 0,05$.

6. RESULTADOS

6.1 Estudio 1

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en incisivos, caninos y premolares instrumentados por operadores inexpertos.

Incidencia de separación de los instrumentos

Del total de 589 instrumentos usados para el estudio, hubo 13 instrumentos separados en los 478 conductos instrumentados. Esto significa que la incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en dientes anteriores y premolares instrumentados por operadores inexpertos fue del 2,71%.

Tipo de instrumento

Los porcentajes de los instrumentos separados según el tipo de instrumento se muestran en la Tabla 4. Los instrumentos que se separaron con mayor frecuencia fueron: la lima de conformación S_1, en 6 ocasiones (46,15% de los casos), la lima de acabado F_1 en 4 ocasiones (30,77% de los casos), seguida de la lima de conformación S_2 que se separó en 3 ocasiones (23,07% de los casos). Los instrumentos S_x, F_2 y F_3 no presentaron ninguna separación.

TIPO DE INSTRUMENTO	NÚMERO DE INSTRUMENTOS SEPARADOS	PORCENTAJE DE SEPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS (%)
S_1	6	46,15
S_X	0	0
S_2	3	23,07
F_1	4	30,77
F_2	0	0
F_3	**0**	**0**
TOTAL	**13**	**100**

Tabla 4. Incidencia separación según tipo de instrumento en incisivos, caninos y premolares

Con los datos obtenidos en el estudio y utilizando la prueba estadística ANOVA, se puede afirmar que existe una relación estadísticamente significativa (P= 0,007) entre el tipo de instrumento y su separación (figura 22)

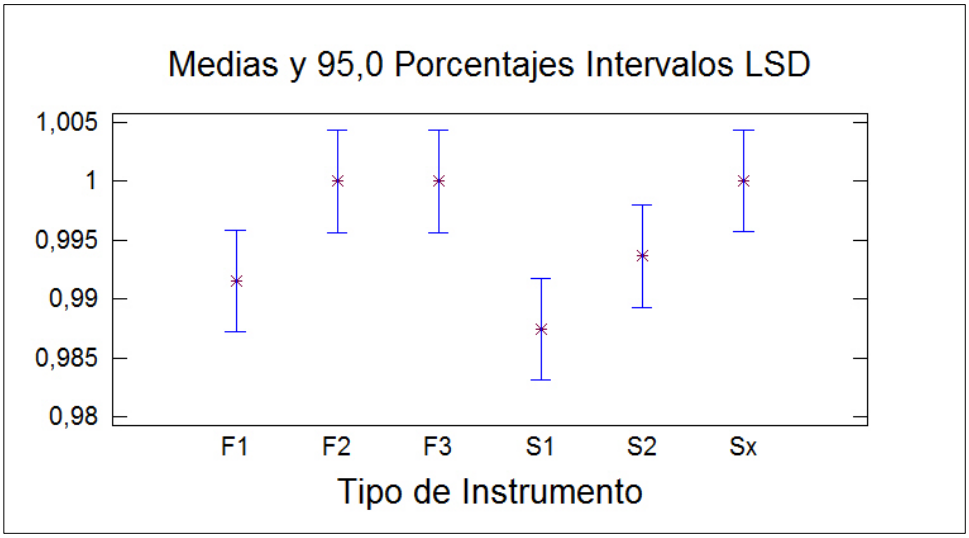


Figura 22 . Incidencia de separación según tipo de instrumento

Tipo de diente

De los 13 instrumentos separados, 1 (7,69%) se separó en incisivos superiores, 2 (15,38%) en los incisivos inferiores, 9 (69,23%) en premolares superiores y 1 (7,69%) en premolares mandibulares. La prueba de ANOVA reveló que la separación de los instrumentos era más probable que ocurriera en premolares que en dientes anteriores (incisivos y caninos) (P=0,03).

Número de usos

En este estudio, para evaluar el número de usos se ha tenido en cuenta el número de dientes y no el número de conductos. El número de usos de los instrumentos antes de la separación se muestran en la Tabla 5. La regresión lineal simple reveló que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el número de usos y la separación de instrumentos (P<0.05).

	USO 1	USO 2	USO 3	USO 4	USO 5
INSTRUMENTOS SEPARADOS *n=13*	1	3	5	1	3
PORCENTAJE DE SEPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS (%)	7,69	23,08	38,46	7,69	23,08

Tabla 5. Incidencia separación según el número de usos de los instrumentos Protaper Universal® en incisivos, caninos y premolares

Ángulo de curvatura

Los porcentajes y la probabilidad de separación de los instrumentos en función del ángulo de curvatura se muestran en la (Tabla 6). Una reducción en el ángulo de curvatura produjo una disminución estadísticamente significativa en la incidencia de separación de los instrumentos (P=0,0001) (figura 23).

ÁNGULO	NUMERO DE CONDUCTOS CON ESTE ÁNGULO	NÚMERO DE INSTRUMENTOS FRACTURADOS	PORCENTAJE DE SEPARACIÓN	PROBABILIDAD DE SEPARACIÓN
0 – 5º	409	2	15,38	0,004
5 – 10º	2	0	0	0
10 – 15º	18	2	15,38	0,11
15 – 20º	16	2	15,38	0,125
20 – 25º	13	1	7,69	0,08
25 – 30º	14	6	46,15	0,43
30 – 35º	3	0	0	0
35 – 40º	2	0	0	0
40 – 45º	1	0	0	0
TOTAL	**478**	**13**	**100**	

Tabla 6. Incidencia separación según el ángulo de curvatura en incisivos, caninos y premolares

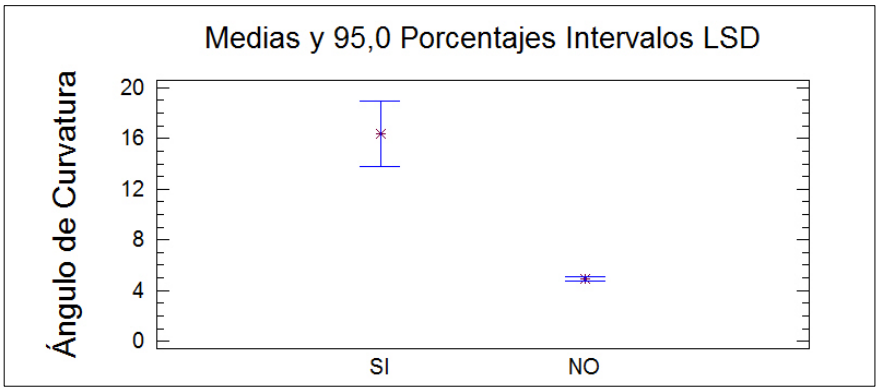


Figura 23. Ángulo de curvatura e incidencia de instrumentos separados en incisivos, caninos y premolares.

Radio de curvatura

La regresión lineal simple reveló que la separación de instrumentos fue significativamente mayor al disminuir el radio de curvatura (P=0.001) (figura 24).

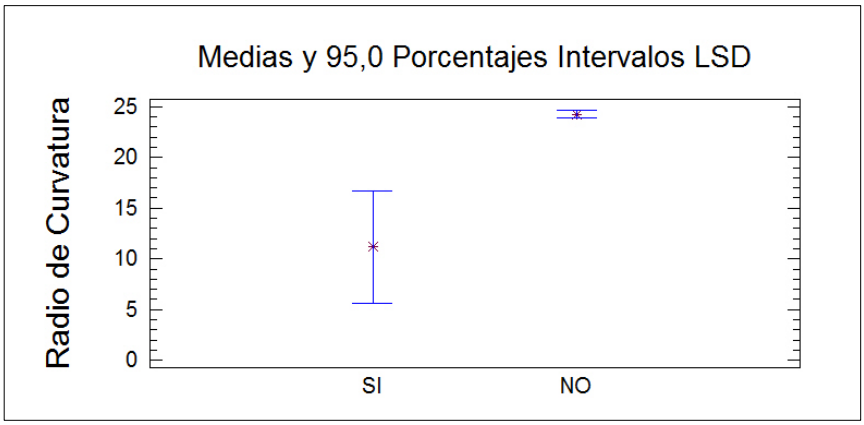


Figura 24. Radio de curvatura e incidencia de instrumentos separados en incisivos, caninos y premolares.

Nivel del conducto

La separación de los instrumentos en función del nivel del conducto donde se produce dicha separación, se muestra en la figura 25. De los 13 instrumentos separados, 10 (76,92%) se fracturaron en el tercio apical, 3 (24,63%) en el tercio medio, y ninguno en el tercio coronal de los conductos. El test de Chi-Cuadrado reveló que la separación de los instrumentos era más probable que ocurriera en el tercio apical del conducto que en el tercio medio o coronal (P=0.0001).

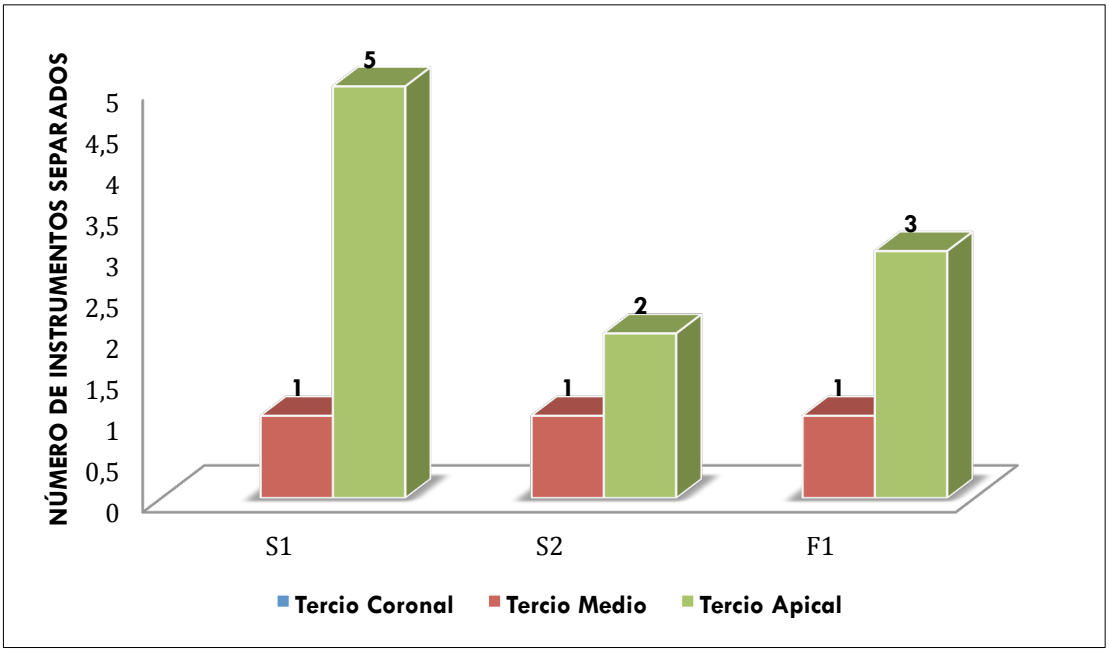


Figura 25. Frecuencia de separaciones de acuerdo a la posición en el conducto y el tipo de instrumento.

6.2 ESTUDIO 2

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en molares instrumentados por operadores inexpertos.

Incidencia de separación de los instrumentos

Del total de 632 instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® usadas para el estudio, hubo 56 instrumentos separados en los 1540 conductos instrumentados. Esto significa una incidencia de separación del 3,63% en molares instrumentados por operadores inexpertos.

Tipo de instrumento

La Tabla 7 y las figuras 26 y 27 presentan los porcentajes de las limas separadas según el tipo de instrumento. Los instrumentos que se separaron con mayor frecuencia fueron la lima de conformación S_1, en 13 ocasiones (23,21% de los casos), la lima de acabado F_3 y la lima de conformación S_X en 10 ocasiones (17,86% de los casos), la lima de acabado F_2 que se separó en 9 ocasiones (16,07% de los casos), seguida de la lima de acabado F_1 que se separó en 8 ocasiones (14,29% de los casos). El instrumento que registró una menor incidencia de separación fue lima de conformación S_2 que se separó en 6 ocasiones (10,71% de los casos).

TIPO DE INSTRUMENTO	NÚMERO DE INSTRUMENTOS SEPARADOS	PORCENTAJE DE SEPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS (%)
S_1	13	23,21
S_X	10	17,86
S_2	6	10,71
F_1	8	14,29
F_2	9	16,07
F_3	10	17,86
TOTAL	**13**	**100**

Tabla 7: Incidencia separación según tipo de instrumento en molares

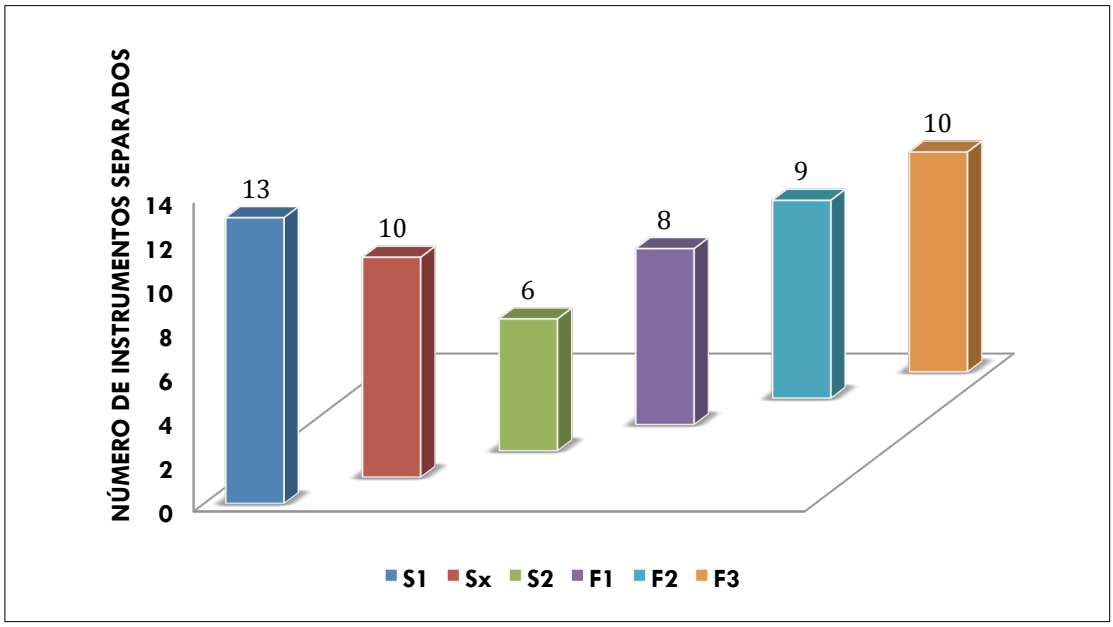


Figura 26: Frecuencia y tipo de instrumento separado.

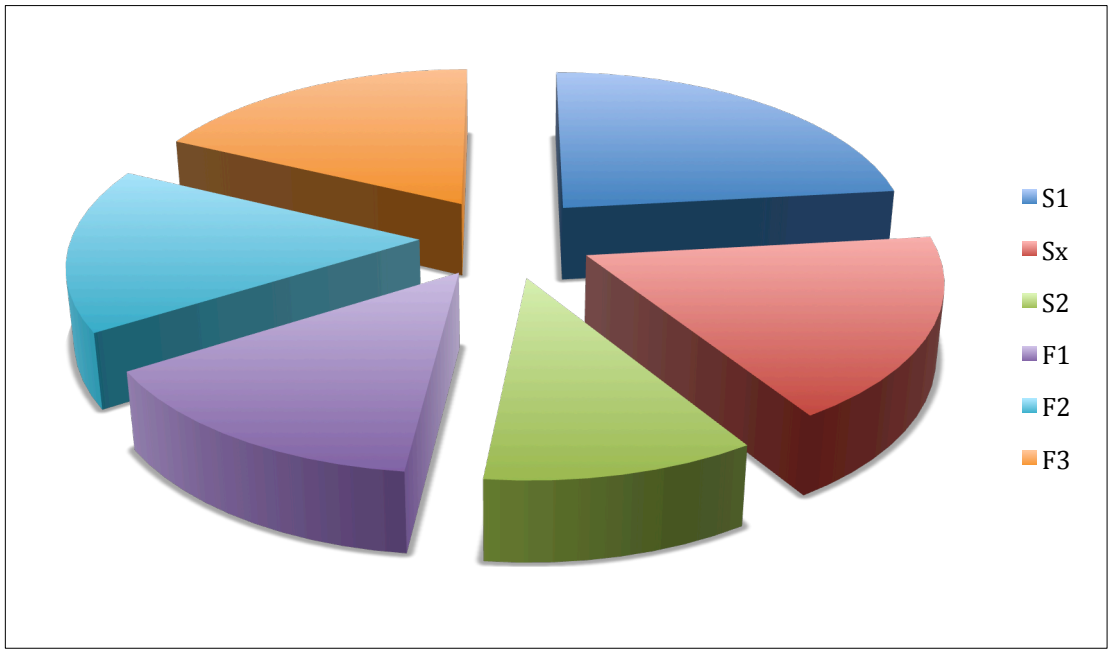


Figura 27: Frecuencia y porcentaje de instrumentos separados.

Con los datos obtenidos en el estudio y utilizando la prueba estadística ANOVA, se puede afirmar que no existe una relación estadísticamente significativa (P= 0.7) entre el tipo de instrumento y su separación (figura 28).

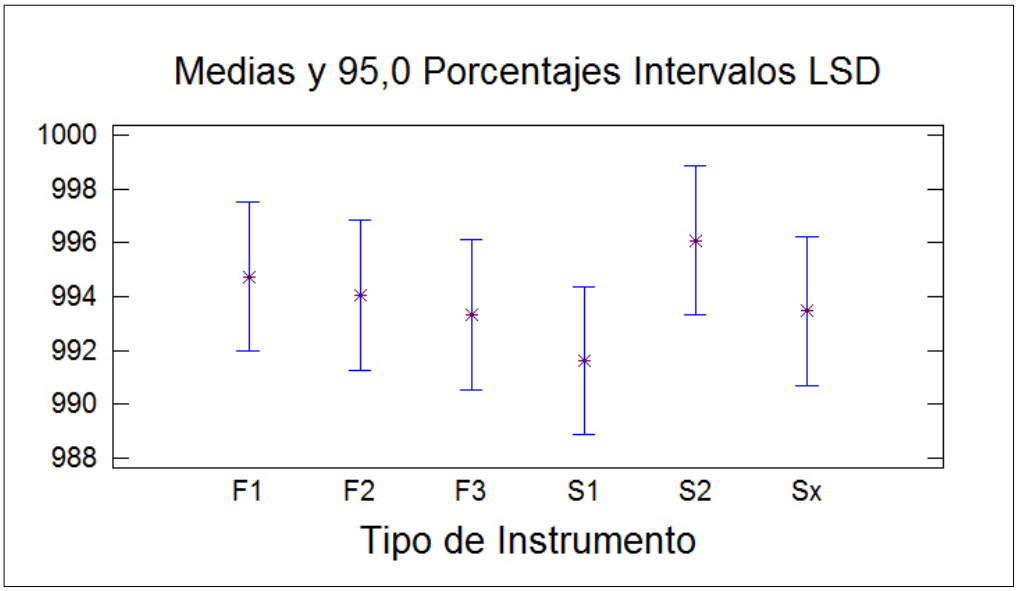


Figura 28. Tipo de instrumento e incidencia de separación en molares.

Número de usos

En este estudio igual que para el anterior, para evaluar el número de usos se ha tenido en cuenta el número de dientes y no el número de conductos. El número de usos de los instrumentos antes de la separación se muestran en la Tabla 8. La separación de instrumentos rotatorios del sistema ProTaper Universal® usados por operadores inexpertos para instrumentar molares, aumentó al aumentar el número de usos (P=0.0026).

	USO 1	USO 2	USO 3	USO 4	USO 5
INSTRUMENTOS SEPARADOS *n=13*	4	5	10	18	19
PORCENTAJE DE SEPARACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS (%)	7,14	8,93	17,85	32,14	33,93

Tabla 8. Incidencia separación según el número de usos de los instrumentos Protaper Universal® en molares

Ángulo de curvatura

Los porcentajes y la probabilidad de separación de los instrumentos en función del ángulo de curvatura se muestran en la Tabla 9. Una reducción en el ángulo de curvatura produjo una disminución estadísticamente significativa en la incidencia de separación de los instrumentos (P=0,0001) (figura 29).

ÁNGULO	NUMERO DE CONDUCTOS CON ESTE ÁNGULO	NÚMERO DE INSTRUMENTOS FRACTURADOS	PORCENTAJE DE SEPARACIÓN	PROBABILIDAD DE SEPARACIÓN
0 – 10º	669	5	8,93	0,007
10 –20º	81	4	7,14	0,04
20 – 30º	379	16	28,57	0,05
30 – 40º	301	22	39,28	0,06
40 – 50º	74	6	10,71	0,08
50 – 60º	25	1	1,79	0,04
60 – 70º	5	1	1,79	0,2
70 – 80º	3	1	1,79	0,33
80 – 90º	3	0	0	0
TOTAL	**1540**	**56**	**100**	

Tabla 9. Incidencia separación según el Ángulo de curvatura en molares

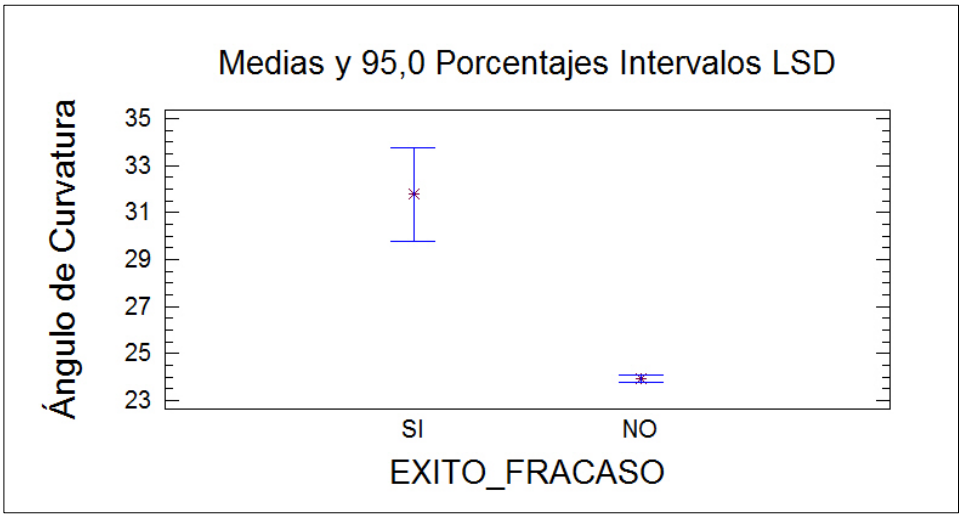


Figura 29. Ángulo de curvatura e incidencia de separación de instrumentos.

Respecto al ángulo de curvatura de los conductos radiculares (figura 30), podemos observar que los conductos con mayor ángulo de curvatura fueron:

- Mesiovestibular Molar Inferior
- Mesiolingual Molar Inferior
- Mesiovestibular Molar Superior
- Mesiopalatino Molar Superior

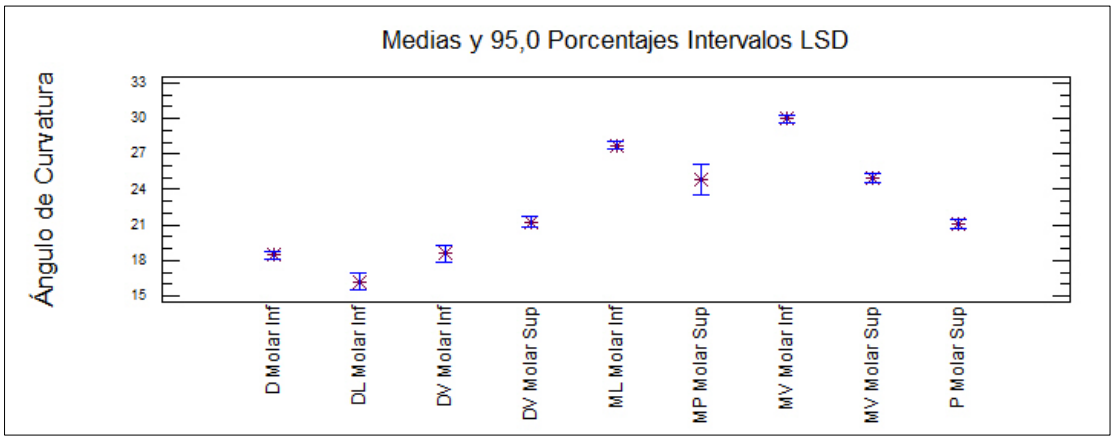


Figura 30. Ángulo de curvatura de los conductos radiculares de molares.

Radio de curvatura

La regresión lineal simple reveló que la separación de instrumentos rotatorios del sistema ProTaper Universal® fue significativamente mayor al disminuir el radio de curvatura (P=<0.05) (figura 31).

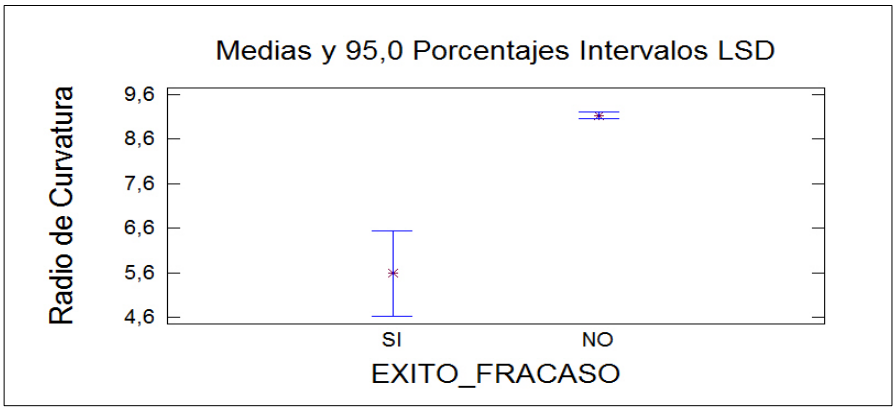


Figura 31. Radio de curvatura e incidencia de instrumentos separados en Molares.

Respecto al radio de curvatura de los conductos radiculares (figura 32), podemos observar que los conductos con menor radio de curvatura fueron:

- Mesiovestibular Molar Inferior
- Mesiolingual Molar Inferior
- Mesiovestibular Molar Supeior
- Mesiopalatino Molar Supeior

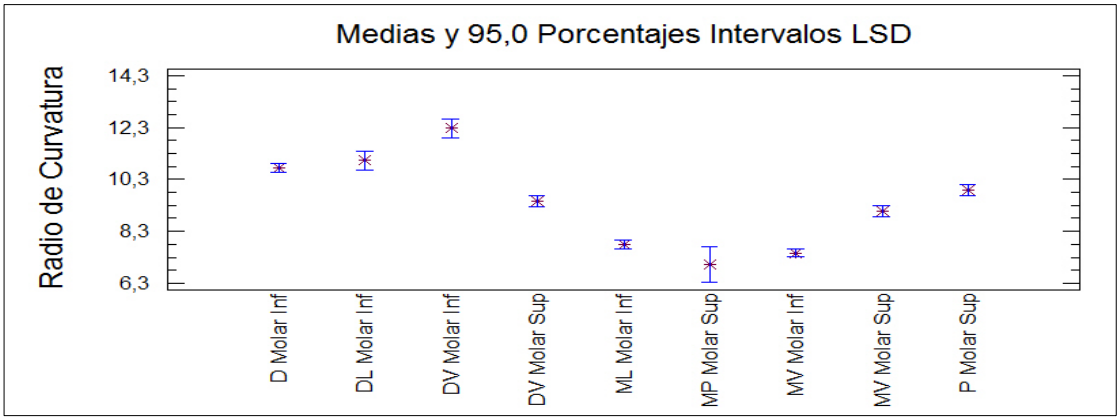


Figura 32. Radio de curvatura de los conductos radiculares de molares.

Nivel del conducto

La separación de los instrumentos en función del nivel del conducto donde se produce dicha separación, se muestra en la figura 33. De los 56 instrumentos separados, 39 (69,64%) se separaron en el tercio apical, 13 (23,21%) en el tercio medio, y 4 (7,14%) en el tercio coronal de los conductos. El test de Chi-Cuadrado reveló que la separación de los instrumentos era más probable que ocurriera en el tercio apical del conducto que en el tercio medio o coronal (P=0,0001).

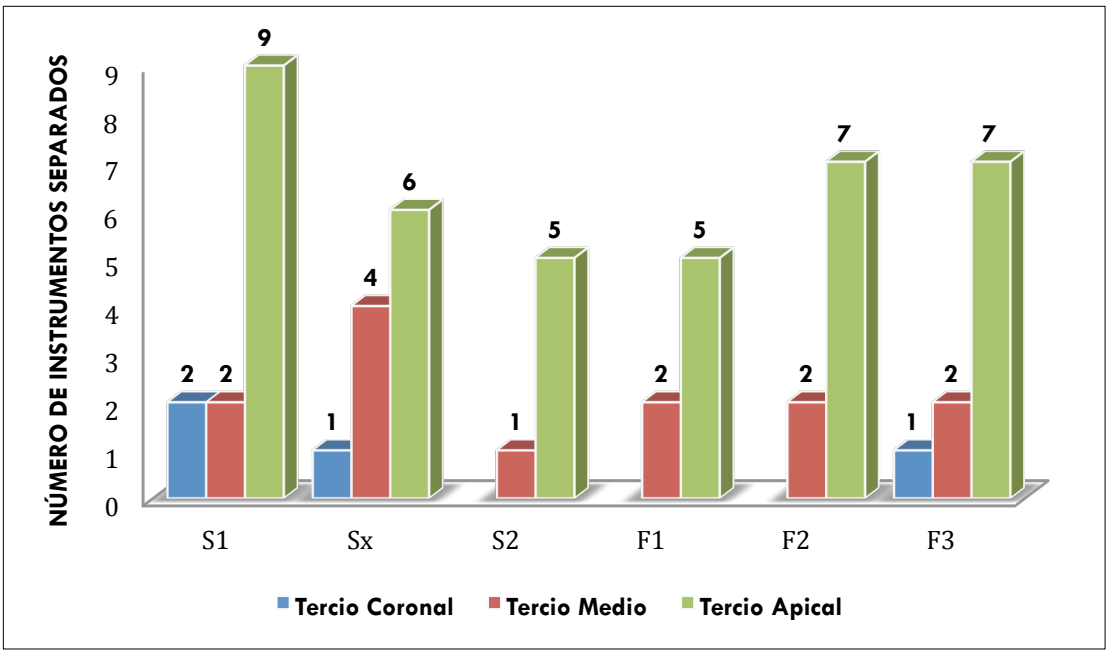


Figura 33. Frecuencia de separaciones de acuerdo a la posición en el conducto y el tipo de instrumento.

Tipo de conducto

La separación de los instrumentos en función del tipo de conducto radicular donde se produce dicha separación, se muestra en la figura 34. Los conductos radiculares donde existió mayor frecuencia de separación de instrumentos fueron los conductos mesiovestibulares de molares superiores e inferiores, con 14 y 19 instrumentos separados respectivamente. El conducto donde existió menor incidencia de separación fue el conducto distovestibular (en los molares con cuatro conductos), donde no se produjo ninguna fractura.

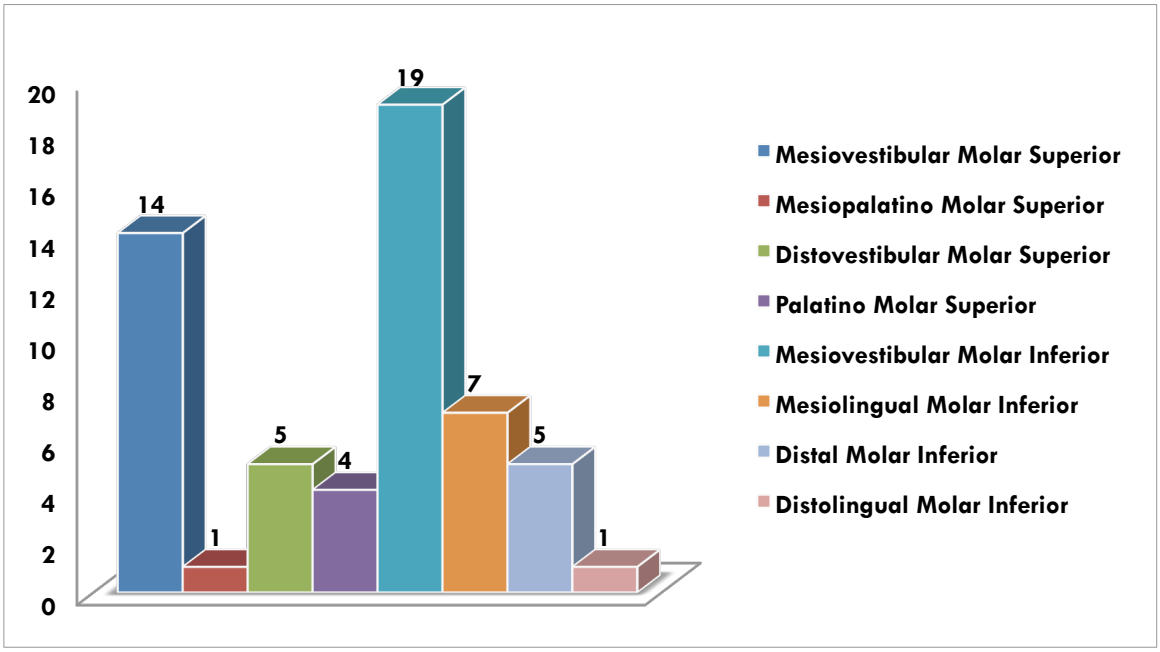


Figura 34. Número de separaciones de instrumento según el conducto radicular en molares superiores e inferiores.

Operador

Los datos referentes a la variable operador se muestran a continuación:

- 32 operadores separaron 1 instrumento
- 5 operadores separaron 2 instrumentos
- 2 operadores separaron 3 instrumentos
- 2 operadores separaron 4 instrumentos

Nueve de los 96 operadores que participaron en el estudio separaron más de un instrumento. El total de instrumentos separados por estos 9 estudiantes fueron 24, lo que representa el 42,9% del total de los casos. Así pues, con los datos obtenidos en el estudio y utilizando la prueba estadística ANOVA, se puede afirmar que el operador es una factor determinante (P= 0,03) en la incidencia de fractura de los instrumentos rotatorios de Ni-Ti del sistema Protaper Universal®.

7. DISCUSIÓN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la seguridad, en cuanto a frecuencia de separación, de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en manos de operadores inexpertos. La separación de estos instrumentos se ha descrito como un problema frecuente con las limas de NiTi (11). Esta separación, suele ocurrir sin una deformación plástica previa, con lo que es difícil de predecir. La separación del instrumento dificulta o impide los objetivos químico - mecánicos de la endodoncia, ya que bloquea parte del conducto y no permite una correcta limpieza, conformación y posterior obturación del sistema de conductos (18).

7. 1 DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

7.1.1 Dientes naturales o cubiletes de resina / Selección de la muestra

A la hora de realizar una investigación existen una gran cantidad de variables a tener en cuenta. En el presente estudio decidimos utilizar 955 dientes naturales humanos extraídos para poder comparar y llevar nuestros resultados a la situación clínica; otra opción hubiese sido la utilización de cubiletes de resina (36, 37, 39, 85, 88, 89) que ofrecen un modelo experimental que permite estandarizar la muestra en cuanto a longitud, calibre, ángulo y radio de curvatura; Sin embargo se ha de ser cauto a la hora de extrapolar los resultados obtenidos en cubiletes de resina a dientes naturales debido principalmente a la distinta dureza que existe entre la dentina y la resina; la dureza aproximada de los bloques de resina es de 36 según Calberson y cols (90) mientras que la dureza de la dentina la calcularon Patterson y cols en 1963 entre 40 y 72 (según escala de Knoop) (91). La fabricación de los bloques de resina no descarta errores en su producción, pudiendo afectar a los resultados. Kum y cols concluyeron en su estudio que los sistemas rotatorios con apoyos radiales pueden calentar el cubilete por fricción y favorecer la fractura del instrumento (92).

El uso de dientes extraídos, aún presentando grandes variaciones en la morfología del conducto, diferencia entre tipos de dientes tratados, variaciones en la curvatura, la longitud y el ancho del conducto, autores como Kum y cols 2000(92) y Hülsman y cols 2005(46) opinan que es la forma más fiable de evaluar una técnica de instrumentación rotatoria.

7.1.2 Operadores Inexpertos

El estudio se realizó durante las prácticas preclínicas de las asignaturas de Patología y Terapéutica Dental 2 y 3 que realizan los alumnos de tercer curso de la licenciatura en Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya (Sant Cugat del Vallés, Barcelona).

La enseñanza de la endodoncia usando sistemas rotatorios de NiTi se encuentra en expansión en Europa y en Estados Unidos. Un estudio (82) reveló que en 1999 un 25% de las universidades del oeste de Europa y Escandinavia, y un 12% de las universidades en Estados Unidos enseñaban sistemas de instrumentación rotatoria de NiTi a los alumnos de pregrado.

Abab-Chirani confirma la necesidad de enseñar sistemas rotatorios de NiTi para los alumnos de pregrado (93). El estudio realizado en universidades francesas demuestra que en todas ellas se usan sistemas de NiTi en la formación preclínica de pregrado, principalmente en quinto y sexto curso de la licenciatura. Los sistemas más usados fueron, ordenados de mayor a menor frecuencia, Hero 642® (MicroMega, Bessançon, Francia), ProFile® (Maillefer, Ballaigues, Suiza) y ProTaper® (Maillefer, Ballaigues, Suiza).

Los operadores inexpertos consiguen mejores resultados usando instrumentos rotatorios de NiTi, que con el uso de los instrumentos de acero inoxidable (39)

En otro estudio más reciente Sonntag y cols evaluaron la enseñanza de endodoncia en alumnos de pregrado de 27 facultades de Odontología de toda Alemania(94). Los resultados de este estudio demuestran que el 63% de las universidades utilizan instrumentos rotatorios de NiTi en la enseñanza de endodoncia en pregrado. Sonntag y cols concluyen que existen diferencias en la infraestructura académica de las universidades, limitando de este modo el aprendizaje de la endodoncia (cursos preclínicos, profesorado cualificado y con interés, tiempo, libros recomendados, técnicas y materiales).

Gatley y cols en 2009 realizaron una auditoria docente para evaluar los requisitos, en cuanto a tratamiento de conductos de los estudiantes de pregrado en 45 facultades de odontología de la Unión Europea(95). Los autores concluyen que a pesar de la convergencia de los planes de estudios, no hay una coherencia en la salida de los estudiantes de las facultades de odontología, en lo que al tratamiento de conductos se refiere, debido a la diversidad de requisitos y métodos de evaluación que existen entre las distintas facultades de odontología.

El aprendizaje de la endodoncia en las universidades empieza con las prácticas preclínicas tanto en estudiantes de pregrado como de posgrado. En las prácticas preclínicas de endodoncia de la Universitat Internacional de Catalunya se dedican 6 meses a la práctica preclínica en dientes humanos extraídos; el 100% de la conformación de los conductos in-vitro se realiza mediante sistemas rotatorios de NiTi.

7. 1. 3 Selección del sistema de instrumentación

Se escogieron instrumentos de NiTi por las ventajas que presentan respecto a los de acero inoxidable como puede ser su flexibilidad y su bajo módulo de elasticidad, que les confieren la capacidad de mantener la forma del conducto sin una excesiva deformación. Sonntag y cols, en un estudio in Vitro, demostraron que las limas manuales de NiTi mantuvieron el conducto más centrado que las de acero inoxidable. El tiempo de trabajo se redujo cuando se usaron los instrumentos rotatorios de NiTi (39).

En este estudio decidimos instrumentar nuestro tercio apical hasta un 30 para estandarizar toda la muestra. Nuestro objetivo final no era la desinfección del conducto radicular sino la evaluación de una técnica de instrumentación.

Los instrumentos ProTaper Universal® (Maillefer, Baillegues, Suiza) usados en el estudio presentan un elemento diferencial respecto a los otros: la existencia de conicidades múltiples en el mismo instrumento. Así, por ejemplo, la lima SX contiene 9 conicidades diferentes, que varían de un 3.5% a un 19%. Este diseño característico,

según Ruddle (87), proporciona a las limas mayor flexibilidad en la porción apical, mejor capacidad de corte y, reduce el número de recapitulaciones necesarias para alcanzar la longitud de trabajo especialmente en conductos curvos y estrechos. El conducto se instrumenta en dirección corono apical (crown-down), aunque los instrumentos se introducen desde el primero o el segundo, hasta la longitud de trabajo. Las diferentes conicidades facilitan que los instrumentos trabajen sólo en zonas concretas del conducto. Las limas de conformación (S1, S2 y SX) preparan los tercio coronarios del conducto facilitando una entrada más recta de las posteriores limas; las limas de acabado o "finishing" sólo trabajan la porción apical del conducto.

En 2003, Yun y cols (103) compararon el sistema ProTaper® (Maillefer, Ballaigues, Suiza), con los sistemas GT® (Maillefer, Ballaigues, Suiza), Quantec® (Analytic Endodontics, Glendora, USA) y ProFile® (Maillefer, Ballaigues, Suiza). El estudio se realizó en 48 conductos simulados (bloques de resina) por un operador experto. La deformación de los conductos fue comprobada mediante la superposición de imágenes pre y post operatorias. De los sistemas estudiados, el sistema ProTaper®, fue el que eliminó mayor cantidad de material de los conductos y el que lo hizo más rápido. En cuanto a deformación, ProTaper®, y GT® en menor medida, instrumentaron más la cara interna de la curvatura en el tercio medio, y la cara externa de la curvatura en la región apical. Sin embargo, ProTaper® instrumentó el conducto hasta obtener el mismo calibre, aunque mayor conicidad (9%) que los sistemas probados (entre 4% y 2%) por lo que se explicaría la mayor deformación (por su mayor conicidad, y por consiguiente, rigidez) en la zona apical y media.

Otro estudio del mismo año (104)comparó el sistema de conicidad variable ProTaper® con el sistema K3® (SybronEndo, Orange, CA, USA) de conicidad constante. El total de la muestra fue de 10 molares mandibulares humanos, que fueron escaneados por el XMCT antes y después de la instrumentación de los conductos. En cuanto al volumen de dentina eliminado no existieron diferencias significativas; la instrumentación eliminó más dentina en el área de la furca cuándo se usó el sistema ProTaper®, especialmente en las zonas coronal y media. Por otro lado, K3® en el tercio medio-apical eliminó más dentina en la zona externa de la curvatura. Ninguno de los dos sistemas llegó a perforar lateralmente las raíces.

Se observaron áreas del conducto que no fueron instrumentadas en absoluto, en coincidencia con un estudio de Peters y cols (105) en el que se encontró que más del 35% de las paredes de los conductos no fueron tocadas por los instrumentos. Las observaciones de Bergmans y cols indican que los instrumentos ProTaper (hasta F2) producen una preparación apical centrada, pero con una tendencia a ir hacia la furca en el tercio coronal(70).

Más tarde han aparecido los estudios comparativos de Schäfer y Vlassis (106, 107) donde se comparó ProTaper® con RaCe® (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, Suiza). Los dos sistemas constan de una sección triangular sin apoyos radiales, lo que les confiere una buena capacidad de corte. ProTaper® posee los lados convexos, lo que proporciona mayor masa al instrumento.

La primera parte del estudio (107) se realizó sobre 48 conductos simulados (bloques de resina) con diferentes ángulos de curvatura (28 y 35 grados). La instrumentación fue hasta F3 con ProTaper® y hasta 35.02 con RaCe®. El tiempo de instrumentación con RaCe® fue significativamente más corto que con ProTaper®. Se perdió longitud de trabajo en más casos instrumentados con ProTaper® que con RaCe®. Respecto a la excentricidad de la preparación, RaCe® obtuvo mejores resultados (conducto más centrado) que ProTaper® en los dos grupos con diferentes radios de curvatura; se observó además, que ProTaper® tendía al transporte hacia la cara externa de la curvatura en la región apical, coincidiendo en este aspecto con el estudio de Yun anteriormente comentado (103)

La segunda parte del trabajo de Schäfer y Vlassis (106) se realizó en 48 molares humanos extraídos con la misma secuencia de instrumentación que la primera parte. Varias muestras se observaron con el SEM (Scanning Electron Microscope) para valorar la presencia de restos de dentina o barrillo dentinario; se observaron menos restos de dentina en los conductos instrumentados con RaCe® aunque igual índice de barrillo dentinario en ambos grupos. Los operadores tardaron menos tiempo en preparar los conductos con RaCe®, aunque en contraposición al resultado del mismo

estudio realizado en bloques de resina (107), la diferencia no fue significativa. En cuanto a deformaciones durante la instrumentación, el sistema ProTaper® produjo significativamente más enderezamiento del conducto, lo que se explica por la mayor conicidad en la zona apical de los instrumentos de acabado.

Se ha sugerido que el diseño del instrumento puede influir en el mantenimiento de la forma del conducto. Así, los instrumentos con apoyos radiales como podrían ser ProFile®, Quantec® o Lightspeed®, deberían transportar en menor medida el conducto que los nuevos instrumentos sin apoyos radiales como ProTaper® y RaCe®.

Basándose en esta premisa, se han comparado los sistemas ProFile® serie 29 y ProTaper® (108) en un estudio in vitro en el que instrumentaron 40 conductos mesiales de molares inferiores . El trabajo se realizó en dientes humanos extraídos, y, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en lo que a transporte apical se refiere. Los resultados del estudio muestran que ambos sistemas preparan bien los conductos, con mínimo transporte y poca pérdida de longitud de trabajo.

Yang y cols. en el 2006 realizaron un estudio en 20 bloques de resina en donde compararon el sistema ProTaper® con el sistema Hero 642®, el cual, a diferencia de ProTaper®, presenta una sección transversal de triple hélice, ángulo de corte positivo, con conicidad constante(109). Los resultados del estudio determinan que ambos sistemas mantenían la longitud de trabajo a lo largo de toda la preparación. Hero 642® mantenía más centrado el conducto y conservaba mejor la curvatura original. Los instrumentos ProTaper® provocaron mayor transporte de la curvatura, lo que resultaba en un enderezamiento del conducto radicular debido a la conicidad progresiva. La conicidad lograda en el conducto con el sistema Hero 642® en la parte coronal fue de 0.02 y la del sistema ProTaper® fue del 9%.

Vistos los estudios de instrumentación publicados se escogió el Sistema ProTaper Universal® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) por varios motivos:

- No existen estudios previos evaluando los factores que influyen en la separación de estos instrumentos en el tratamiento del conducto radicular realizado por estudiantes sin experiencia en dientes naturales.
- Sistema con gran capacidad de corte.
- Gran simplicidad en el uso debido a que es un sistema cerrado con una secuencia recomendada por el fabricante lo que hace más simple la utilización en operadores inexpertos.
- Menor tiempo de instrumentación
- Capacidad de conformar los conductos con mínimas deformaciones.

7. 1. 4 Ángulo y radio de curvatura

Según lo descrito por Schneider (81) la curvatura del conducto se representa generalmente por un solo parámetro, un ángulo arbitrario medido en grados. (Fig. 35). Para determinar el grado de curvatura de la raíz Schneider describe que hay que dibujar una línea paralela al el longitudinal del conducto.

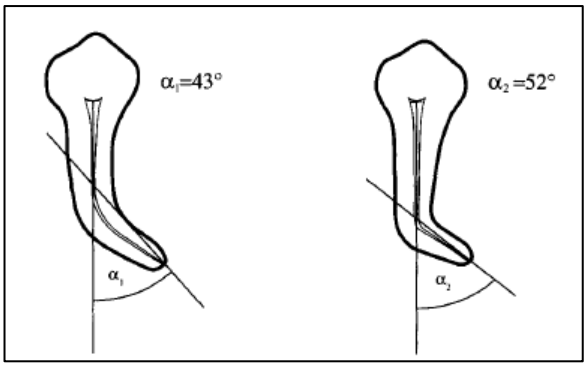


Figura 35. Medición ángulo curvatura según Schneider y cols. (Pruett y cols)

Se dibuja una segunda línea desde el foramen apical hasta cruzarse con la primera línea, en el punto donde el conducto empieza a separarse del eje longitudinal del mismo. El ángulo formado entre las dos líneas, se define como el grado de curvatura de la raíz. Este método no considera el radio de curvatura como un aspecto a medir dentro de la geometría del conducto radicular. Usando sólo un parámetro para describir la forma del conducto radicular no se puede diferenciar qué tan abrupta es la curvatura. Dos conductos radiculares con el mismo ángulo de curvatura en grados con el método de Schneider pueden tener un radio de curvatura muy distinto, y esto conlleva un impacto diferente en la instrumentación y fatiga cíclica del instrumento (18).

En el presente trabajo decidimos utilizar el método descrito por Pruett y cols (18) por dos motivos: el primero porque es un método más exacto para determinar la curvatura y geometría del conducto radicular, ya que considera el radio y el ángulo de curvatura de forma independiente. En segundo lugar porque se ha utilizado en múltiples estudios (13, 17, 20, 72) y nos permite estandarizar la obtención de los datos referentes a la curvatura del conducto radicular y poder compararlos con los de los otros estudios.

7.1.5 Glide path

Según Blum y cols (74) los instrumentos ProTaper® sólo se deberían usar en las porciones del conducto en las que primero se haya negociado e instrumentado con limas manuales de un calibre mínimo de 0.15 mm, para crear un glide path liso y reproducible. En nuestro estudio primero se instrumentaron los conductos hasta una lima K 20, ya que según el estudio de Berutti y cols (110) con un preflaring manual hasta una lima K 20 se reduce el índice de fractura de estos instrumentos al reducir drásticamente el estrés torsional, ya que el conducto ha sido ensanchado por lo menos hasta un diámetro igual que el diámetro de la punta del primer instrumento rotatorio que se usará. Además, el preflaring manual sirve de ayuda a comprender la anatomía original del conducto.

7.1.6 Irrigación

En nuestro estudio se irrigó copiosamente con agua, después del uso de cada instrumento, ya que al igual que estudios como el de Schäfer E, en el 2004 (107), nuestro objetivo final no era la desinfección del conducto radicular, si no la evaluación de una técnica de instrumentación. Se irrigó entre lima y lima con el propósito de simular las condiciones clínicas y evitar que las limas trabajasen en un conducto seco.

7.1.7 Influencia del motor

El tipo de motor que acciona las limas, se ha demostrado como un factor importante en relación a la separación de instrumentos. Los operadores del presente estudio usaron el motor ATR® (Tecnika, Pistoia, Italia), se trata de un motor con control de torque, que permite una selección individual del torque para cada instrumento. Yared y cols, en 2001 (76) no encontraron diferencias significativas en cuanto a la fractura o deformación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProFile®, cuando se utilizaron diferentes motores, una posible explicación a estos resultados podría ser que el operador que realizó el estudio era un endodoncista experimentado.

En otro estudio del mismo autor (19) se probaron diferentes motores en manos de operadores inexpertos, simulando las limitaciones de acceso clínicas. Los motores del estudio fueron un contra ángulo reductor conectado directamente al aire del equipo (Model 324, Micromega, Besançon, Francia), un motor de alto torque (Nouvag TC 3000, Nouvag Goldach, Suiza), un motor de bajo torque (Nouvag TCM Endo 2, Nouvag Goldach, Suiza) y un motor de muy bajo torque (ATR Tecnika, Pistoia, Italia). Los tres primeros motores mostraron mayor número de separación de instrumentos (13, 10 y 10 respectivamente), mientras que en el grupo del motor ATR sólo se separaron 2 limas. Así pues, se concluyó que cuando el operador es inexperto los motores de muy bajo torque son más seguros que los accionados por aire, los de alto torque y los de bajo torque.

7.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.2 1 Incidencia de fractura

En el presente estudio se ha tenido en cuenta el número de dientes y no el número de conductos. Como referencia, la mayoría (55%) de los casos realizados durante los 6 meses que duró el estudio fueron molares, un 29% fueron dientes anteriores y un 16 % fueron premolares.

Cogiendo toda la muestra del trabajo, hubo un total de 69 instrumentos separados en 955 dientes instrumentados por los estudiantes sin experiencia previa en endodoncia. Lo que supone una incidencia de fractura del 7,2%. Estos resultados difieren de los obtenidos por otros autores (12, 15, 73, 111-113) que refieren incidencias de separación de instrumentos del 6,0%(111), 1,68%(12), 1,89%(112), 2,4%(15), 1,33%(113) y 2,6%(73).
Las variaciones entre estos resultados pueden atribuirse a los distintos enfoques clínicos. Por ejemplo, en el estudio de Wolcott y cols (15) se estudiaron todos los tipos de dientes, mientras que en el trabajo de Ankrum et al(111), sólo se evaluaron molares con raíces abruptas.

Esta gran diferencia entre los resultados de nuestro estudio y los resultados de los estudios presentes en la literatura, podría deberse al hecho de que la experiencia del operador es un factor importante a la hora de evaluar la incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi (36). Todos los estudios mencionados anteriormente fueron realizados por residentes de segundo año de programas de endodoncia, o bien endodoncistas experimentados. El tamaño de la muestra también es un factor a tener en cuenta, ya que en nuestro estudio se realizaron 955 tratamiento de conductos mientras que en los estudios como los de Wolcott y cols (15), Iqbal y cols (12) o Tzanetakis y cols (113) se realizaron mas de 4000 tratamientos de conductos.

Mandel y cols (1999) sugirió que, cuando otros factores tales como la geometría del conducto, la velocidad de rotación, y la secuencia de instrumentación se mantienen

constantes, la habilidad del operador parece ser un factor importante en la fractura del instrumento(36). Varios autores (19, 34-37, 39) encontraron que la experiencia del operador es el parámetro más importante en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi. Estos resultados están apoyados por Parashos y cols (114) que en su estudio concluyen que el operador era la influencia más importante sobre las tasas de defectos de los instrumentos de NiTi.

De todos los estudios mencionados anteriormente podríamos destacar el trabajo de Ankrum y cols (111), ya que, aún siendo realizado por operadores expertos, tiene una incidencia de separación mas similar a la obtenida en nuestro estudio. Esto podría ser debido a que en el estudio de Ankrum y cols sólo se utilizaron molares con unas curvaturas entre 40 y 75º, lo que justificaría la alta incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper.

7.2.2 Tipo de instrumento

Wolcott y cols (15) y Wu y cols (73) observaron que el instrumento F_3 mostró una mayor frecuencia de separación. Estos resultados pueden ser explicados por varios autores (21, 89, 115, 116) quienes observaron que los instrumentos F_3 eran más susceptibles a la fatiga cíclica que el resto de instrumentos debido a su masa. En el presente estudio sin embargo, el instrumento que tuvo un mayor número de separaciones fue la lima de conformación S_1 con 19 instrumentos fracturados (27,54%), del total de limas separadas. Estas diferencias pueden deberse a que en el estudio de Wolcott y cols.(15) se realiza un ensanchamiento coronal con Gates Glidden y el instrumento S_X previo al uso de la lima S_1.

Otras de las posibles razones por las cuales el instrumento S_1 tuvo mayor incidencia de separación dentro del conducto radicular pudo haber sido una deficiencia al realizar el glide path debido a la poca experiencia del operador. El glide path, aparte de preservar la anatomía original del conducto, aumenta el tiempo de uso del instrumento antes de producirse la separación. Esto se consigue debido a que el ensanchamiento previo con limas k hasta un diámetro igual o mayor a la punta del instrumento que vamos a usar, reduce drásticamente el stress torsional que sufre la punta del instrumento (110, 117).

Sin embargo, los resultados de este estudio coinciden con los obtenidos por Peng y cols en el 2005 (118), en el que encontraron que el instrumento S1 fue el más descartado del uso clínico por fractura o deformación (38% de los casos). La posible explicación para la alta incidencia de separación de las S1 sería debido a la secuencia de instrumentación (S_1, Sx, S_1, S_2, F_1, F_2, F_3), usada en nuestro trabajo y en el de Peng y cols(118). En ambos casos la lima S1 se introducía dos veces. La primera para ensanchar el tercio coronal y la segunda vez se introducía a longitud de trabajo para instrumentar el conducto, con lo que sufría más fatiga cíclica debido a que estaba más tiempo trabajando (119). También la lima S1 es la primera lima de NiTi que se introduce dentro del conducto radicular y, por lo tanto, es la lima que sufre más y prepara el conducto para que las siguientes limas se introduzcan con mayor facilidad. Esto coincide con el trabajo de Blum y cols en 1999 (22) donde demostraron que con la técnica de Crown Down el mayor estrés se produce durante el uso del primer instrumento. La fatiga cíclica provoca que, en un conducto curvo, el material sufra fuerzas de tensión y compresión alternadas en el sitio de máxima flexión, lo que provoca cracks en la superficie. Este "crack" progresa transversalmente con poco o sin ningún signo macroscópico, provocando la fractura del instrumento (120).

Yared y cols en el 2003 (34)observaron que la lima que más se separaba en operadores inexpertos era el instrumento S_1. Como posibles causas refieren el diámetro en la punta de la S_1, y una excesiva presión apical generada por los operadores durante la instrumentación, confirmando así los resultados de Kobayashi y cols (121)

A diferencia de nuestro estudio Fife y cols (122) en un estudio in vitro con instrumentos usados previamente en casos clínicos, demostró que la fatiga cíclica afectó significativamente en la separación de los instrumentos S2 y F2 cuando éstos fueron usados previamente en 4 molares, respecto a instrumentos nuevos. Cabe decir, sin embargo, que la técnica de instrumentación usada en el estudio fue diferente a la que se realizó en nuestro trabajo, ya que se realizó un ensanchamiento el tercio coronal del conducto con trépanos Gates Glidden, con lo que sólo se usó el instrumento S_1 en una ocasión por conducto. Además, las Gates Glidden rectifican la curvatura del conducto, con lo que la fatiga para los instrumentos S1 sería menor. La

mayor resistencia a la fatiga cíclica fue para el instrumento F3; en nuestro estudio dicho instrumento tuvo una incidencia de separación del 14.49% lo que se explicaría por el menor número de usos de la lima durante la instrumentación comparada con la lima S1. Además, en los conductos donde se producía la separación de un instrumento (n=69) se seguía con la instrumentación hasta donde se producía el bloqueo del conducto radicular.

7.2.3 Tipo de diente

De los 69 instrumentos separados, 3 (1,48%) se fracturó en los incisivos, 10 (14,5%) se fracturaron en los premolares y 56 (81,2%) se fracturaron en molares. Estos resultados corroboran los obtenidos por Di Fiore y cols (112), Wolcott y cols(15) y Iqbal y cols (12). En su estudio Di Fiore y cols obtuvieron que de 26 instrumentos separados, 20 (77%) se separaron en molares, 5 (19%) en premolares y solo 1 (4%) en incisivos.

En referencia a los molares, en nuestro estudio encontramos que los conductos donde existió mayor incidencia de separación de instrumentos fueron los mesiales de molares inferiores (37,7%) y los vestibulares de molares superiores (29%), coincidiendo estos resultados con los obtenidos por Tzanetakis y cols en el 2008(113) y Wu y cols en el 2011 (73).

Martin y cols (17) observaron que en un estudio de 240 conductos de molares superiores e inferiores los conductos que tuvieron mayor separación de instrumentos fueron los vestibulares de molares superiores y los mesiales de molares inferiores, coincidiendo también con los resultados del presente trabajo.

Estos resultados implican que la fractura es más probable que ocurra en los dientes con configuraciones radiculares más complejas.

7.2.4 Número de usos

Una de las características de los instrumentos rotatorios de NiTi es la reducción de la resistencia a la fatiga una vez estos instrumentos han sido utilizados(13-15). Patiño y

cols (13) observaron que el número de usos fue la variable que tuvo significativamente una mayor correlación con la separación de instrumentos. Wolcott y cols (15) por su parte encontraron que el número de separaciones aumentó de forma significativa a partir del quinto uso con respecto al resto de usos. En este estudio los autores observaron que el 34,5% de las separaciones se produjeron en el quinto uso. Estos resultados coinciden con los obtenidos en nuestro estudio, en el que el 33,9% de las separaciones en molares se produjeron en el quinto uso. No obstante, en la literatura no existe un consenso sobre un número recomendado de usos para los instrumentos rotatorios de NiTi, que varía desde 1 hasta 27 conductos, con una media de aproximadamente 11 conductos(14, 123-129).

Sin embargo si evaluamos los resultados obtenidos en incisivos, caninos y premolares observamos que en el presente estudio no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en función del número de usos. Una posible explicación de estos resultados puede deberse a que la separación debido al número de usos está causada por fatiga cíclica. La mayoría de los conductos de incisivos, caninos y premolares o bien, no tenían curvatura o tenían una curvatura moderada, por tanto es normal que no influya en la separación.
Estos resultados difieren de los obtenidos por Patiño y cols (13), esto es debido a que en su estudio, los conductos tenían un ángulo de curvatura de 30 grados o más.

Debido a que la fatiga cíclica no ha producido la separación de los instrumentos en incisivos, caninos y premolares, podríamos afirmar que la separación en este tipo de dientes se ha producido por una excesiva presión apical de los operadores o por un uso incorrecto de los instrumentos.

7.2.5 Ángulo y radio de curvatura

La fatiga de un instrumento puede estar relacionada con el grado de flexión que sufre cuando se encuentra en el interior de un conducto curvo (20). Cuanto mayor es la curvatura de un conducto, mayor es la fatiga cíclica del instrumento, y por tanto su esperanza de vida es menor(18, 66). En el presente estudio, la separación de los instrumentos fue significativamente mayor cuando el radio de curvatura era menor. Estos resultados coinciden con los obtenidos por varios autores (13, 17, 18, 20, 21)

que observaron que la fatiga de los instrumentos rotatorios de NiTi se vio significativamente influenciada por el radio de curvatura. Zelada y cols (20) informaron que el radio de curvatura fue el factor mas importante en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProFile®.

En el presente estudio se observó que una reducción en el ángulo de curvatura, producía significativamente una reducción de la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en el interior del conducto radicular. Los resultados del presente trabajo muestran como 43 de las 56 separaciones (76,8%) se produjeron en conductos con curvaturas mayores a 25º. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Wu (73). En este estudio un 55 % de las separaciones se producen también en curvaturas de mas de 25º.
Los resultados que hemos obtenido en nuestro estudio eran previsibles, ya que el ángulo de curvatura se ha demostrado que es un factor importante en la separación de los instrumentos rotatorios de NiTi (13, 17, 20)

7.2.6 Nivel del conducto donde se produce la separación

El tercio apical es donde los conductos tiene mayor curvatura y por lo general es donde tienen sus diámetros mas pequeños(12), por tanto, no es sorprendente encontrar que la mayoría (71%) de los instrumentos de nuestro estudio se han separado en el tercio apical de los conductos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Iqbal y cols (12), Di Fiore y cols (112), Tzanetakis y cols (113) y Wu y cols (73). En todos estos estudios el porcentaje de separación en el tercio apical supera el 52%.

Iqbal y cols (12) observó que la probabilidad de separación de los instrumentos en el tercio apical era 33,5 veces más probable que en tercio coronal, y 5,5 veces más probable que en el tercio medio.

7.2.7 Operador

El presente trabajo demuestra que el operador es un factor determinante en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®. En 1999 Mandel y cols (36), ya determinaron la experiencia del operador como el factor más importante en la incidencia de separación de instrumentos.

En concordancia con nuestro estudio, Yared y cols (19, 34, 35) consideran que la utilización de instrumentos rotatorios de NiTi por parte de operadores inexpertos aumenta la incidencia de separación, por un mal uso del instrumento y principalmente por ejercer una excesiva presión apical.

En nuestro estudio los 96 operadores no tenían experiencia previa en endodoncia. Las diferencias estadísticamente significativas entre ellos se puede atribuir a que como observaron Yared y cols (19, 34, 35) es esencial una formación teórico-práctica previa para evitar la separación de instrumentos y reducir la incidencia de deformaciones del conducto. No todos los alumnos prestaban la misma atención a las explicaciones de la técnica ni mostraban el mismo interés en las prácticas.

Basándonos en los resultados de este estudio, podemos afirmar que para evitar la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® utilizados por operadores inexpertos es recomendable realizar un correcto Glide path hasta una lima K del número 20, observar y limpiar las limas después de cada uso, evaluar el ángulo y radio del conducto que se va a tratar y tener una buena formación sobre la técnica. Seguir la recomendaciones del fabricante en cuanto a secuencia, velocidad de rotación y torque también es muy importante.

8. CONCLUSIONES

Estudio 1

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en incisivos, caninos y premolares instrumentados por operadores inexpertos.

1. La incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en incisivos y premolares instrumentados por estudiantes de pregrado fue de un 2,71%.

2. El instrumento del sistema ProTaper Universal® que presentó mayor incidencia de separación fue la lima de conformación S1.

3. El número de usos no influyó en la incidencia de separación de los instrumentos de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

4. El tercio apical es la porción del conducto donde se producen la mayoría de separaciones de instrumentos del sistema ProTaper Universal®.

5. A mayor ángulo de curvatura mayor es la incidencia de separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTater Universal®.

6. A menor radio de curvatura mayor es la incidencia de separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTater Universal®.

Estudio 2

Factores que influyen en la separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en molares instrumentados por operadores inexpertos.

1. La incidencia de separación de instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal® en molares instrumentados por estudiantes de pregrado fue de un 3,63%.

2. El instrumento del sistema ProTaper Universal® que presentó mayor incidencia de separación fue la lima de conformación S1.

3. A mayor número de usos mayor fue la incidencia de separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTaper Universal®.

4. El tercio apical es la porción del conducto donde se producen la mayoría de separaciones de instrumentos del sistema ProTaper Universal®.

5. A mayor ángulo de curvatura mayor es la incidencia de separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTater Universal®.

6. A menor radio de curvatura mayor es la incidencia de separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTater Universal®.

7. Los conductos que presentan mayor incidencia de separación de los instrumentos del sistema ProTaper Universal® son los conductos mesiales de los molares inferiores y los vestibulares de los molares superiores.

8. La variable operador tiene influencia en la separación de los instrumentos rotatorios de NiTi del sistema ProTater Universal®.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

1. Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. Int Endod J 1994;27(3):115-124.

2. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. Int Endod J 2006;39(12):921-930.

3. Brookman DJ. Vocational trainees' views of their undergraduate endodontic training and their vocational training experience. Int Endod J 1991;24(4):178-186.

4. Dummer PM. Comparison of undergraduate endodontic teaching programmes in the United Kingdom and in some dental schools in Europe and the United States. Int Endod J 1991;24(4):169-177.

5. Stock CJ. Endodontics in the UK 1990: an overview. Int Endod J 1991;24(4):148-154.

6. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. Int Endod J 1998;31(4):275-281.

7. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 2. Int Endod J 1998;31(4):282-289.

8. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. Int Endod J 2001;34(5):354-358.

9. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. J Endod 1995;21(3):146-151.

10. Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001;91(6):715-718.

11. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. J Endod 2004;30(12):827-845.

12. Iqbal MK, Kohli MR, Kim JS. A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a PennEndo database study. J Endod 2006;32(11):1048-1052.

13. Patino PV, Biedma BM, Liebana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. J Endod 2005;31(2):114-116.

14. Vieira EP, Franca EC, Martins RC, Buono VT, Bahia MG. Influence of multiple clinical use on fatigue resistance of ProTaper rotary nickel-titanium instruments. Int Endod J 2008;41(2):163-172.

15. Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, et al. Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. J Endod 2006;32(12):1139-1141.

16. Kitchens GG, Jr., Liewehr FR, Moon PC. The effect of operational speed on the fracture of nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2007;33(1):52-54.

17. Martin B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magan F, Ahn S, et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. Int Endod J 2003;36(4):262-266.

18. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1997;23(2):77-85.

19. Yared GM, Dagher FE, Machtou P, Kulkarni GK. Influence of rotational speed, torque and operator proficiency on failure of Greater Taper files. Int Endod J 2002;35(1):7-12.

20. Zelada G, Varela P, Martin B, Bahillo JG, Magan F, Ahn S. The effect of rotational speed and the curvature of root canals on the breakage of rotary endodontic instruments. J Endod 2002;28(7):540-542.

21. Inan U, Aydin C, Tunca YM. Cyclic fatigue of ProTaper rotary nickel-titanium instruments in artificial canals with 2 different radii of curvature. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;104(6):837-840.

22. Blum JY, Machtou P, Micallef JP. Location of contact areas on rotary Profile instruments in relationship to the forces developed during mechanical preparation on extracted teeth. Int Endod J 1999;32(2):108-114.

23. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile.04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. Int Endod J 1997;30(1):1-7.

24. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile.04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. Int Endod J 1997;30(1):8-15.

25. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of NT Engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. Int Endod J 1997;30(4):262-269.

26. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of NT Engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. Int Endod J 1997;30(4):270-278.

27. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. J Endod 1997;23(12):742-747.

28. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. J Endod 1997;23(11):698-702.

29. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Mity Roto 360 degrees and Naviflex rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. J Endod 1998;24(2):128-134.

30. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Mity Roto 360 degrees and Naviflex rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. J Endod 1998;24(2):135-142.

31. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. Int Endod J 1998;31(4):259-267.

32. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. Int Endod J 1998;31(4):268-274.

33. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. J Endod 2001;27(12):772-774.

34. Yared G, Bou Dagher F, Kulkarni K. Influence of torque control motors and the operator's proficiency on ProTaper failures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;96(2):229-233.

35. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures. Int Endod J 2001;34(1):47-53.

36. Mandel E, Adib-Yazdi M, Benhamou LM, Lachkar T, Mesgouez C, Sobel M. Rotary Ni-Ti profile systems for preparing curved canals in resin blocks: influence of operator on instrument breakage. Int Endod J 1999;32(6):436-443.

37. Mesgouez C, Rilliard F, Matossian L, Nassiri K, Mandel E. Influence of operator experience on canal preparation time when using the rotary Ni-Ti ProFile system in simulated curved canals. Int Endod J 2003;36(3):161-165.

38. Sonntag D, Delschen S, Stachniss V. Root-canal shaping with manual and rotary Ni-Ti files performed by students. Int Endod J 2003;36(11):715-723.

39. Sonntag D, Guntermann A, Kim SK, Stachniss V. Root canal shaping with manual stainless steel files and rotary Ni-Ti files performed by students. Int Endod J 2003;36(4):246-255.

40. Schrader C, Ackermann M, Barbakow F. Step-by-step description of a rotary root canal preparation technique. Int Endod J 1999;32(4):312-320.

41. Serene TP, Adams JD, Saxena A. Nickel titanium instruments: application in endodontics. St. Louis: Ishiyaku EuroAmerica; 1995.

42. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. 7 th ed. St. Louis: Mosby-Harcourt; 2000.

43. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1999;25(6):434-440.

44. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. 8 th ed. St. Louis: Mosby-Harcourt; 2002.

45. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dental clinics of north america 1974;18(2):28.

46. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endodontic Topics 2005;10:46.

47. Leonardo MT, Leonardo RT. Sistemas rotatorios en endodoncia. Instrumentos de Níquel-Titanio. Sao Paulo: Artes Médicas; 2002.

48. Ingle B. Endodoncia. 5ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2004.

49. Craig R, Peyton FA. Physical properties of carbon steel root canal files and reamers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1962;15:14.

50. Ingle JL, Levine M. The need for uniformity of endodontic instruments, equipment and filling materials. In: Second conference of endodontics; 1958; University of Pennsilvania; 1958.

51. Revised American National Standards Institute/American Dental Association specification no. 28 for root canal files and reamers, type K. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. J Am Dent Assoc 1982;104(4):506.

52. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG, Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. J Endod 1985;11(5):203-211.

53. Guttman JD, Lovdahl PE, Hovland EJ. Problem solving in endodontics. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 1997.

54. Roig Cayon M, Basilio Monne J, Canalda Sahli C. [Deformations occurring in the apical third of curved root canals during biomechanical preparation using manual impulsion-traction techniques]. Endodoncia 1990;8(4):153-158.

55. Kapalas A, Lambrianidis T. Factors associated with root canal ledging during instrumentation. Endod Dent Traumatol 2000;16(5):229-231.

56. Lambrianidis T. Complications and Procedural Mishaps During Root Canal Treatment: Part I. Endodontic Topics 2006;15(1):19.

57. Weine F. Endodontic Therapy. 6th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2003.

58. Andreasen GF, Hilleman TB. An evaluation of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics. J Am Dent Assoc 1971;82(6):1373-1375.

59. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod 1988;14(7):346-351.

60. Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. J Endod 2001;27(2):124-127.

61. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. J Endod 1996;22(7):369-375.

62. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC. A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. J Endod 1997;23(8):503-507.

63. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. J Endod 2007;33(3):284-286.

64. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. J Endod 2000;26(3):161-165.

65. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. J Endod 2006;32(11):1031-1043.

66. Pirani C, Cirulli PP, Chersoni S, Micele L, Ruggeri O, Prati C. Cyclic fatigue testing and metallographic analysis of nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2011;37(7):1013-1016.

67. Ullmann CJ, Peters OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2005;31(3):183-186.

68. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2009;35(11):1469-1476.

69. MacSpadden JT. Mastering endodontic instrumentation. Lookout Mountain: Cloudland Institute; 2006.

70. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. Am J Dent 2001;14(5):324-333.

71. Yared G, Sleiman P. Failure of ProFile instruments used with air, high torque control, and low torque control motors. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002;93(1):92-96.

72. Kosti E, Zinelis S, Molyvdas I, Lambrianidis T. Effect of root canal curvature on the failure incidence of ProFile rotary Ni-Ti endodontic instruments. Int Endod J 2011;44(10):917-925.

73. Wu J, Lei G, Yan M, Yu Y, Yu J, Zhang G. Instrument separation analysis of multi-used ProTaper Universal rotary system during root canal therapy. J Endod 2011;37(6):758-763.

74. Blum JY, Machtou P, Ruddle C, Micallef JP. Analysis of mechanical preparations in extracted teeth using ProTaper rotary instruments: value of the safety quotient. J Endod 2003;29(9):567-575.

75. Yared G, Kulkarni GK. An in vitro study of the torsional properties of new and used rotary nickel-titanium files in plastic blocks. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;96(4):466-471.

76. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Failure of ProFile instruments used with high and low torque motors. Int Endod J 2001;34(6):471-475.

77. Gambarini G. Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation. Endod Dent Traumatol 2000;16(3):95-100.

78. de Oliveira ML, Pinto GC, Ambrosano GM, Tosoni GM. Effect of combined digital imaging parameters on endodontic file measurements. J Endod 2012;38(10):1404-1407.

79. Gabel WP, Hoen M, Steiman HR, Pink FE, Dietz R. Effect of rotational speed on nickel-titanium file distortion. J Endod 1999;25(11):752-754.

80. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after simulated clinical use. Int Endod J 1999;32(2):115-119.

81. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1971;32(2):271-275.

82. Qualtrough AJ, Whitworth JM, Dummer PM. Preclinical endodontology: an international comparison. Int Endod J 1999;32(5):406-414.

83. Shen Y, Coil JM, Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 3: a 4-year retrospective study from an undergraduate clinic. J Endod 2009;35(2):193-196.

84. Undergraduate curriculum guidelines for endodontology. Int Endod J 2001;34(8):574-580.

85. Al-Omari MA, Aurich T, Wirtti S. Shaping canals with ProFiles and K3 instruments: does operator experience matter? Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010;110(3):e50-55.

86. West JD. Introduction of a new rotary endodontic system: progressively tapered files. Dentistry Today 2001;20:4.

87. Castelluci A. Endodontics. 2nd ed. Florencia: Il Tridente; 2005.

88. Baumann MA, Roth A. Effect of experience on quality of canal preparation with rotary nickel-titanium files. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999;88(6):714-718.

89. Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. Int Endod J 2006;39(10):755-763.

90. Calberson FL, Deroose CA, Hommez GM, De Moor RJ. Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. Int Endod J 2004;37(9):613-623.

91. Patterson SS. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium slat of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1963;16:83-103.

92. Kum KY, Spangberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. J Endod 2000;26(12):719-723.

93. Arbab-Chirani R, Vulcain JM. Undergraduate teaching and clinical use of rotary nickel-titanium endodontic instruments: a survey of French dental schools. Int Endod J 2004;37(5):320-324.

94. Sonntag D, Barwald R, Hulsmann M, Stachniss V. Pre-clinical endodontics: a survey amongst German dental schools. Int Endod J 2008;41(10):863-868.

95. Gatley S, Hayes J, Davies C. Requirements, in terms of root canal treatment, of undergraduates in the European Union: an audit of teaching practice. Br Dent J 2009;207(4):165-170.

96. Briseno BM, Sonnabend E. The influence of different root canal instruments on root canal preparation: an in vitro study. Int Endod J 1991;24(1):15-23.

97. Herrero Moraes SB, Moniz de Aragao E, Heck AR. Deformación apical de conductos curvos, con diferentes tipos de limas, diámetros y número de usos. Endodoncia. Endodoncia 1991;9:5.

98. Buchanan LS. The standardized-taper root canal preparation--Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. Int Endod J 2000;33(6):516-529.

99. Pecora JD, Capelli A. Shock of paradigms on the instrumentation of curved root canals. Braz Dent J 2006;17(1):3-5.

100. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. J Endod 2006;32(5):417-420.

101. Pasternak-Junior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. Int Endod J 2009;42(6):499-506.

102. Shuping GB, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. J Endod 2000;26(12):751-755.

103. Yun HH, Kim SK. A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;95(2):228-233.

104. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. Int Endod J 2003;36(4):288-295.

105. Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. J Endod 2001;27(1):1-6.

106. Schafer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. Int Endod J 2004;37(4):239-248.

107. Schafer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endod J 2004;37(4):229-238.

108. Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. Int Endod J 2004;37(6):359-364.

109. Yang GB, Zhou XD, Zhang H, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals. Int Endod J 2006;39(10):791-799.

110. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. J Endod 2004;30(4):228-230.

111. Ankrum MT, Hartwell GR, Truitt JE. K3 Endo, ProTaper, and ProFile systems: breakage and distortion in severely curved roots of molars. J Endod 2004;30(4):234-237.

112. Di Fiore PM, Genov KA, Komaroff E, Li Y, Lin L. Nickel-titanium rotary instrument fracture: a clinical practice assessment. Int Endod J 2006;39(9):700-708.

113. Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the Dental School of Athens: a five-year retrospective clinical study. J Endod 2008;34(6):675-678.

114. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. J Endod 2004;30(10):722-725.

115. Kunert GG, Camargo Fontanella VR, de Moura AA, Barletta FB. Analysis of apical root transportation associated with ProTaper Universal F3 and F4 instruments by using digital subtraction radiography. J Endod 2010;36(6):1052-1055.

116. Ounsi HF, Salameh Z, Al-Shalan T, Ferrari M, Grandini S, Pashley DH, et al. Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of ProTaper nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2007;33(6):737-741.

117. Spanaki-Voreadi AP, Kerezoudis NP, Zinelis S. Failure mechanism of ProTaper Ni-Ti rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. Int Endod J 2006;39(3):171-178.

118. Peng B, Shen Y, Cheung GS, Xia TJ. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination. Int Endod J 2005;38(8):550-557.

119. Cheung GS, Peng B, Bian Z, Shen Y, Darvell BW. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: fractographic examination. Int Endod J 2005;38(11):802-809.

120. Wei X, Ling J, Jiang J, Huang X, Liu L. Modes of failure of ProTaper nickel-titanium rotary instruments after clinical use. J Endod 2007;33(3):276-279.

121. Kobayashi C, Yoshioka T, Suda H. A new engine-driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. J Endod 1997;23(12):751-754.

122. Fife D, Gambarini G, Britto Lr L. Cyclic fatigue testing of ProTaper NiTi rotary instruments after clinical use. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004;97(2):251-256.

123. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Mitchell JC. Scanning electron microscope observations of new and used nickel-titanium rotary files. J Endod 2003;29(10):667-669.

124. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC, Jr. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. J Endod 2003;29(10):664-666.

125. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. Int Endod J 2001;34(5):386-389.

126. Kuhn G, Jordan L. Fatigue and mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 2002;28(10):716-720.

127. Peters OA, Barbakow F. Dynamic torque and apical forces of ProFile.04 rotary instruments during preparation of curved canals. Int Endod J 2002;35(4):379-389.

128. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. Int Endod J 2003;36(2):93-99.

129. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after clinical use. Int Endod J 2000;33(3):204-207.

ANEXOS

ANEXO 1. CARTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Universitat Internacional de Catalunya | Escola de Doctorat

SERGIO MORELLÓ CASTRO
C/PEDRO I PONS 18, 3ª-1ª
08034 BARCELONA

Benvolgut Sergio

L'informem que la seva tesi "Variables que influyen en la fractura de instrumentos rotatorios de níquel titanio en conductos radiculares instrumentados por operadores inexpertos" ha estat aprovada per la Comissió de Qualitat de 3r Cicle per a la seva defensa.

Per tal que puguem comunicar als membres del tribunal el seu nomenament, caldrà que ens faci arribar 6 exemplars de la tesi a partir del dia 1 de setembre.

Per altra banda, li recordem que abans del dia de la defensa, hauria d'abonar els drets de lectura.

Per qualsevol consulta, posis en contacte amb nosaltres.

Atentament,

Universitat Internacional de Catalunya | Escola de Doctorat

Empar Lorda
Secretaria Comissió de Qualitat de 3r Cicle
Barcelona, 31 de juliol de 2014

ANEXO 2. RESUMEN INSTRUMENTOS SEPARADOS

RESUMEN DE LOS INSTRUMENTOS SEPARADOS EN DIENTES ANTERIORES

OPERADOR	INSTRUMENTO	SECUENCIA	DIENTE	ÁNGULO	RADIO	USOS (Diente)
39	S1	Correcta	Premolar Sup	15 - 20º	3,05 mm	4
55	S1	Correcta	Premolar Sup	20 - 25º	5,06 mm	3
50	S1	Correcta	Premolar Sup	25 - 30º	4,78 mm	3
1	S1	Correcta	Premolar Sup	25 - 30º	3,35 mm	5
16	S1	Incorrecta	Incisivo Inf	0 - 5º	16 mm	3
4	S1	Correcta	Incisivo Sup	0 - 5º	16 mm	3
71	S2	Correcta	Premolar Sup	25 - 30º	3,34 mm	1
18	S2	Incorrecta	Incisivo Inf	0 - 5º	16 mm	2
74	S2	Correcta	Premolar Sup	10 – 15º	7,83 mm	2
44	F1	Correcta	Premolar Sup	0 - 5º	16 mm	3
54	F1	Incorrecta	Premolar Sup	25 - 30º	3,51 mm	2
47	F1	Incorrecta	Premolar Inf	10 – 15º	5,77 mm	4
92	F1	Incorrecta	Premolar Sup	15 - 20º	5,21 mm	4

RESUMEN DE LOS INSTRUMENTOS SEPARADOS EN MOLARES

OPERADOR	INSTRUMENTO	SECUENCIA	CONDUCTO	ÁNGULO	RADIO	USOS (Diente)
39	Sx	Correcta	MV Molar Inf	20 - 25º	3,95 mm	4
52	Sx	Correcta	ML Molar Inf	20 - 25º	4,91 mm	3
77	Sx	Incorrecta	MV Molar Sup	25 - 30º	2,97 mm	3
68	Sx	Incorrecta	D Molar Inf	30 - 35º	4,46 mm	4
91	Sx	Correcta	MV Molar Sup	25 - 30º	4,23 mm	4
84	Sx	Incorrecta	MV Molar Inf	35 - 40º	5,29 mm	6
28	Sx	Correcta	MV Molar Sup	25 - 30º	6,45 mm	4
56	Sx	Correcta	DV Molar Sup	35 - 40º	2,85 mm	5
36	Sx	Correcta	MV Molar Inf	25 - 30º	5,74 mm	6
14	Sx	Correcta	MV Molar Inf	25 - 30º	4,21 mm	6
27	S1	Correcta	P Molar Sup	0 - 5º	16 mm	2
85	S1	Correcta	ML Molar Inf	30 - 35º	2,97 mm	3
17	S1	Incorrecta	DV Molar Sup	30 - 35º	3,02 mm	2
54	S1	Incorrecta	MP Molar Sup	25 - 30º	5,3 mm	3
30	S1	Correcta	MV Molar Sup	70 - 75º	5,39 mm	2
12	S1	Correcta	P Molar Sup	0 - 5º	16 mm	3
94	S1	Correcta	MV Molar Sup	25 - 30º	5,64 mm	4
41	S1	Correcta	MV Molar Sup	40 - 45º	2 mm	3
1	S1	Correcta	MV Molar Sup	30 - 35º	4,67 mm	5
13	S1	Correcta	MV Molar Inf	15 - 20º	3,04 mm	4
42	S1	Correcta	P Molar Sup	20 - 25º	3,42 mm	5
7	S1	Correcta	MV Molar Inf	25 - 30º	5,17 mm	6
31	S1	Correcta	D Molar Inf	0 - 5º	16 mm	5
23	S2	Correcta	MV Molar Sup	30 - 35º	4,38 mm	3
36	S2	Incorrecta	MV Molar Inf	30 - 35º	2,17 mm	4
25	S2	Correcta	MV Molar Sup	35 - 40º	4,28 mm	5
46	S2	Incorrecta	MV Molar Inf	20 - 25º	5,59 mm	4
13	S2	Incorrecta	D Molar Inf	0 - 5º	16 mm	4
73	S2	Incorrecta	MV Molar Sup	10 - 15º	6,84 mm	5
67	F1	Correcta	MV Molar Inf	25 - 30º	6,38 mm	1
13	F1	Incorrecta	ML Molar Inf	25 - 30º	3,03 mm	2
20	F1	Incorrecta	MV Molar Inf	35 - 40º	2,76 mm	3
94	F1	Incorrecta	MV Molar Sup	30 - 35º	5,21 mm	4
83	F1	Correcta	DV Molar Sup	15 - 20º	4,89 mm	6
38	F1	Correcta	MV Molar Sup	35 - 40º	2,52 mm	5
45	F1	Correcta	MV Molar Sup	65 - 70º	3,3 mm	3
46	F1	Incorrecta	ML Molar Inf	20 - 25º	5,59 mm	4
47	F2	Correcta	MV Molar Inf	50 - 55º	4,68 mm	1

94	F2	Incorrecta	DV Molar Sup	20 - 25º	2,8 mm	4
92	F2	Correcta	P Molar Sup	30 - 35º	5,85 mm	5
93	F2	Correcta	MV Molar Inf	25 - 30º	4,69 mm	4
21	F2	Correcta	ML Molar Inf	40 - 45º	5,13 mm	4
46	F2	Incorrecta	DL Molar Inf	45 - 50º	3,4 mm	4
22	F2	Incorrecta	DV Molar Sup	25 - 30º	5,47 mm	4
29	F2	Correcta	D Molar Inf	45 - 50º	6,2 mm	5
40	F2	Correcta	MV Molar Inf	35 - 40º	7,87 mm	6
60	F3	Correcta	MV Molar Inf	30 - 35º	3,9 mm	1
36	F3	Correcta	MV Molar Inf	30 - 35º	9,61 mm	1
94	F3	Correcta	ML Molar Inf	25 - 30º	2,41 mm	2
52	F3	Correcta	MV Molar Inf	25 - 30º	2,84 mm	3
38	F3	Correcta	MV Molar Sup	0 - 5º	0 mm	4
21	F3	Correcta	D Molar Inf	15 - 20º	4,42 mm	4
10	F3	Correcta	ML Molar Inf	30 - 35º	4,03 mm	5
29	F3	Correcta	MV Molar Inf	45 - 50º	6,2 mm	5
46	F3	Correcta	MV Molar Inf	35 - 40º	5,62 mm	5
77	F3	Correcta	MV Molar Inf	40 - 45º	7,21 mm	5

ANEXO 3. ARTÍCULO PUBLICADO *JOURNAL OF CLINICAL AND EXPERIMENTAL DENTISTRY*