

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE POST GRADO



**ASPECTOS CLÍNICOS Y MECÁNICOS DE LA FRACTURA DE LAS
LIMAS ROTATORIAS NITI EN EL INTERIOR DEL CONDUCTO
RADICULAR, PREVENCIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA
EN ENDODONCIA**

POSTULANTE: ESLIE ESCALANTE CARTAGENA

TUTOR: DR. JAVIER TORRICO PINTO

COBIJA - PANDO - BOLIVIA

2017

DEDICATORIA

A mi amada madre y a la memoria de mi señor Padre por su apoyo incondicional, que me ha permitido cumplir una meta más en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios por haberme iluminado en el diario caminar de mi vida profesional y ser mi guía espiritual, a mis padres Fabián Escalante Sarabia, Nedy Cartagena Suárez que son el motor fundamental de mi vida, a mis Hermanos Edgardo Escalante Cartagena y Erwin Escalante Cartagena por el apoyo incondicional que me dieron durante toda esta etapa de preparación y superación profesional.

A mis Docentes de la especialidad, que a través de éstos años han impartido sus conocimientos y experiencias como profesionales.

A mi tutor Dr. Javier Alejandro Torricos Pinto por su tiempo, dedicación, consejos profesionales durante estos años y en especial por su amistad.

A la universidad Amazónica de Pando por acogerme y brindarme la oportunidad de realizar la especialidad en Endodoncia.

RESUMEN

El avance tecnológico trae consigo el advenimiento de las limas fabricadas con la aleación de Níquel Titanio, aleación que confiere a los mismos super-elasticidad y flexibilidad, características que han permitido mecanizar la instrumentación, facilitando el tratamiento endodóntico y mejorando la eficacia de los procedimientos modeladores durante la instrumentación. Estas mismas características propias de la aleación NiTi, las hacen susceptible a la fractura, por fatiga del metal, ya sea fatiga cíclica o fatiga torsional.

En caso de ocurrir la fractura de la lima NiTi rotatoria en el interior del conducto radicular, que es un accidente de procedimiento desagradable, cuya razón principal es de origen iatrogénico, se constituirá en un serio riesgo para la continuidad del tratamiento endodóntico; de ahí la importancia de conocer y comprender las razones de porque se produce la fractura de estos instrumentos cuya causa principal es la fatiga del metal ya sea por estrés torsional o fatiga cíclica; para así entender y evitar este accidente, que en caso de suceder, actuar con pericia y conocimiento en el manejo de las mismas eligiendo conductas clínicas adecuadas que puedan llevar a buenos términos el tratamiento endodóntico.

PALABRAS CLAVE

Aleación de Níquel titanio, fractura de instrumento, fatiga del metal.

SUMMARY

The technological advance brings with it the advent of the files made with the Nickel Titanium alloy, alloy that gives them super-elasticity and flexibility, characteristics that have allowed to mechanize the instrumentation, facilitating the endodontic treatment and improving the efficiency of the modeling procedures during the instrumentation. These same characteristics of the NiTi alloy, make them susceptible to fracture, metal fatigue, cyclical fatigue or torsional fatigue.

In the event of the fracture of the NiTi rotatory file inside the root canal, which is an unpleasant procedure accident, whose main reason is of iatrogenic origin, it will constitute a serious risk for the continuity of the endodontic treatment; hence the importance of knowing and understanding the reasons why the fracture of these instruments occurs whose main cause is the fatigue of the metal either by torsional stress or cyclical fatigue; in order to understand and avoid this accident, that if it happens, act with expertise and knowledge in the management of them by choosing appropriate clinical behaviors that can lead to good endodontic treatment.

KEYWORDS

Nickel titanium alloy, instrument fracture, metal fatigue.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
SUMMARY.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	viii

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	4
1.1.Justificación Teórica	4
1.2.Justificación social	4
1.3. Planteamiento del Problema	5
1.3.1. Formulación del Problema científico	5
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2.Objetivos específicos.....	5
1.5.Alcances.....	6
1.5.Alcance temático	6
1.5.Alcance espacial	6
1.5.Alcances temporal	6
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Accidentes o complicaciones durante la terapia endodóntica	8
2.3. Características de la NiTi	10
2.3.1. Características metalográficas de la NiTi.....	10
2.3.1.1. Fase Austenita y Martensita	11
2.3.1.2. Memoria de forma	12
2.3.1.3. Velocidad de respuesta.....	13
2.3.1.4. Superelasticidad o alto rango de formación	13
2.3.1.5. Resistencia a la deformación	14

2.3.1.6. Bajo módulo de elasticidad.....	14
2.3.2. Características morfológicas de las limas Niti rotatorias	14
2.3.2.1. Punta y guía de penetración.....	15
2.3.2.2. Taper o conicidad	16
2.3.2.3. Superficie radial o guía lateral de penetración (Radial Land).....	17
2.3.2.4. Espiras	18
2.3.2.5. Angulo de corte	19
2.3.2.6. Alivio de la superficie radial	20
2.3.2.7. Ángulo helicoidal	20
2.3.2.8 Distribución de la masa metálica.....	21
2.3.2.9 Área de Escape	23
2.3.2.10 Proceso de fabricación	23
2.3.2.11 Acabado superficial	24
2.4. Consideraciones durante la instrumentación de la NiTi rotatorias (Esfuerzos mecánicos).	26
2.4.1. Comportamiento del instrumento ante los esfuerzos mecánicos.....	26
2.4.1.1. Límite elástico	26
2.4.1.2. Deformación elástica reversible	26
2.4.1.3. Deformación plástica permanente	26
2.4.1. Límite plástico	26
2.4.2. Esfuerzos mecánicos.....	26
2.4. 2.1. Estrés	27
2.4.2.2. Fatiga	27
2.4.2.3. Torsión.....	28
2.4.2.4. Flexión	28
2.4.2.5. Fricción.....	28
2.4.2.6. Abrasión	29
2.4.2.7. Torque.....	29
2.5. Fractura de las limas rotatorias.....	30
2.5.1. Causas principales de la fractura de las limas NiTi rotatorias.....	31
2.5.1.1. Causas clínicas.....	31
2.5.1.2. Causas metalográficas	32

2.5.2 Consideración para evitar la fractura de las NiTi rotatorias	34
2.5.2.1. Principios de la instrumentación rotatoria	34
2.5.2.2. Consideraciones para evitar el estrés de torsión (fractura por torsión)	35
2.5.2.3. Consideraciones para evitar el estrés de flexión (fractura por flexión).....	38
2.5.3 Mecanismos de fractura de las limas NiTi rotatorias	39
2.5.3.1 Fractura dúctil	40
2.5.3.2 Fractura frágil	40
2.6. Resolución clínica de la fractura de las limas NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular	41
2.6.1. Ultrapasar el fragmento y removerlo vía conducto	43
2.6.1.1. Remoción del fragmento fracturado con el auxilio del ultrasonido	45
2.6.1.2. Métodos de remoción por microtubos	47
2.6.2. Ultrapasar el fragmento envolviéndolo con la masa obturadora	51
2.6.3. Dejar el fragmento fracturado en el conducto radicular y obturar	53
2.6.3.1 Condición del tejido pulpar y momento de la fractura.	53
2.6.3.2 Nivel de fractura.	54
2.6.3.3. Número de Conductos	55
2.6.4. Remoción quirúrgica	57
2.7. Pronóstico	57
CAPÍTULO III	59
3.1 Sistema Pro taper Universal	59
3.2 Reporte del caso clínico	62
3.2.1 Tratamiento endodóntico	63
CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.1. Conclusiones.....	66
4.2.Recomendaciones	67

INDICE DE GRÁFICOS

Figura 1 A):Esquema que representa las áreas de tensión del instrumento endodóntico en u conducto con curvatura.....	9
Figura 1 B):Áreas de tensión del instrumento endodóntico.....	9
Figura 2: Transformación espacial de la austenita y martensita en el Níquel Titanio.....	11
Figura 3: Esquema que demuestra la deformación de la aleación NiTi con el aumento de la temperatura.....	12
Figura 4: Flexibilidad de la lima NiTi manual.....	13
Figura 5: Componentes generales de una lima mecanizada.....	14
Figura 6: Imágenes al MEB de las puntas correspondientes a los instrumentos MTwo, K3XF, Pro Taper universal, K3, NiTi TEE, Pathfile, Tilos Pro Taper Next.....	15
Figura 7: Instrumento Race (FKG), ejemplo de conicidad constante de 0.6.....	17
Figura 8: Instrumento S1 de la serie Pro Taper Universal (Dentstply-Maillefer) ejemplo de conicidad variable.....	17
Figura 9: Microfotografía en la que se observa un ejemplo de radial land característico de los instrumentos Profile y GT (Dentsply). En la segunda imagen, puede apreciarse la superficie de contacto radial (zona azul) y el borde cortante del instrumento (Línea blanca).....	18
Figura 10: A) Instrumento RBS.....	19
Figura 10: B) Instrumento WaveOne	19
Figura 11: A) Ángulo de corte del instrumento K ENDO visto lateralmente 100X.....	19
Figura 11: B) a,b,y, ángulos de corte del instrumento K ENDO visto transversalmente.....	19
Figura 12: Alivio de la superficie radial del instrumento K ENDO. 100X.....	20

Figura 13: Ángulo helicoidal del instrumento K ENDO visto lateralmente.....	21
Figura 14: Esquema de las secciones de instrumento de sección cambiante a lo largo de la parte activa: WaveOne, Pro Taper universal (Dentply- Maillefer) y One Shape (Micromegas).....	22
Figura 15: Distribución de la masa metálica a través del conducto radicular	22
Figura 16: A-B Área de escape del instrumento K ENDO vista transversalmente.....	23
Figura 17: A-B Imagen al MEB (50X y 600X) del instrumento con microestrías próximas al filo, generados por el tipo de fabricación por torneado. Esta zona a lo largo de la hoja son particularmente susceptibles a concentra estrés.....	24
Figura 18: Instrumento de Níquel/Titanio donde se observa el deficiente acabamiento superficial.....	24
Figura 19: Imágenes microscópicas de los acabados superficiales de los instrumentos K3XF y TF por proceso desoxidación.	25
Figura 20: Instrumentos que presentan un tratamiento de la superficie por electropulido que le da el abrillantamiento.....	25
Figura 21: Punto de concentración del estrés en el inicio del espirilado.....	28
Figura 22: A) Esquema de la relación de un instrumento y la pared dentinaria.....	29
Figura 22: B) Imagen MEB, que muestra la relación entre la microrugosidades de un instrumento y la pared del conducto. A pesar de parecer pulidas, 2 superficies siempre realizan esfuerzos de fricción, que es productos de las micromorfologías superficiales	29
Figura 23: Esquema de la descomposición de la fuerza del torque necesaria para girar para girar el instrumento.....	30
Figura 24: Esquema general de la influencia del incremento progresivo de la fatiga sobre un elemento	31
Figura 25: A) Esquema de esfuerzo de torsión.....	33

Figura 25: B) Instrumento rotatorio de Níquel-Titanio que represente superficie de fractura generada por torsión con características frágil.....	33
Figura 26: Fractura originada por fatiga cíclica con poco o ningún tipo de deformación	34
Figura 27: A) Figuras imperceptibles macroscópicamente sobre la hoja y el filo del instrumento, claramente visible al MEB (200X y 350X).....	35
Figura 27: B,C,D Instrumento sometido a fatiga cíclica que no presenta daños macroscópicos. En el análisis al MEB, pueden observarse la manifestación del daño generado por la fatiga en el empleo (600X y las extrusiones del metal iniciadoras de fracturas (5000X)	35
Figura 28: Esquema que representa los puntos de contactos en un conducto circular (Flechas rojas) y los puntos de contactos en un conducto acintado (flechas amarillas).....	36
Figura 29: Instrumento correspondiente a un instrumento Pro Taper (Dentsply-Maillefer) tras sufrir una torsión excesiva por bloqueo de su punta, la cual generó una deformación plástica. Obsérvese la inversión de la orientación en el espiralado y, en las imágenes al MEB, las estrías y las fisuras producidas en su estructura	37
Figura 30: Esquema que muestra las etapas de formación dúctil.....	39
Figura 31: Superficies que muestran estrías concéntricas con la propagación de la fractura, y detalle de la zona central con signos característicos de final dúctil.....	40
Figura 32: Fractura frágil. Esquema de elemento sometido a esfuerzo, y dirección de la grieta de fractura.....	40
Figura 33: Fractura frágil. Aspecto de instrumento fracturado sin deformación aparente.....	41
Figura 34: Secuencia de la remoción de un instrumento fracturado	44
Figura 35: Retratamiento de un incisivo lateral superior con un instrumento fracturado	45
Figura 36: Ultrasonido para la remoción de un instrumento fracturado.....	46
Figura 37: Ultrasonido para remoción de un instrumento fracturado. Caso clínico.....	48

Figura 38: Sistema Masseran Kit	49
Figura 39: Secuencia para la remoción de un instrumento fracturado con el auxilio del Masseran Kit.....	49
Figura 40: Secuencia para la remoción de un instrumento fracturado con el auxilio del Masseran Kit.....	50
Figura 41: Secuencia para englobar con el material obturador el fragmento del instrumento.....	52
Figura 42: Instrumento fracturado en el premolar superior, siendo envuelto con el material obturador.....	52
Figura 43: Secuencia de obturación del conducto hasta el nivel del fragmento.....	54
Figura 44: Instrumento fracturado en el conducto mesiovestibular del primer molar superior que no fue posible ultrapasarlo.....	55
Figura 45: Raíz exhibiendo dos conductos terminados en forámen único y con un instrumento fracturado en uno de éstos.....	56
Figura 46: Instrumento fracturado en el conducto mesiolingual de un primer molar inferior, siendo contorneado y obturado a través del conducto mesiovestibular.....	56
Figura 47: A) Presentación comercial del sistema ProTaper Universal	60
Figura 47B) instrumentos.....	60
Figura 48: Imágenes al MEB de la punta, ángulo helicoidal y de perfiles próximos a la punta y al vástago, de un instrumento ProTaper Universal (Dentply- Maillefer).....	61
Figura 49: Características morfológicas y cinemáticas de los instrumentos del sistema ProTaper Universal.....	62
Figura 50: Radiografía preoperatoria 1MS.....	63
Figura 51: Longitud real de trabajo 1MS.....	64

Figura 52: Conometría.....65

Figura 53: Obturación.....65

INTRODUCCIÓN

La endodoncia es una rama de la odontología que comprende el diagnóstico, prevención y tratamiento de las patologías o alteraciones de la pulpa dental y sus manifestaciones en los tejidos periapicales.

La terapia endodóntica como tal, implica una serie de fases que clínicamente impone al profesional conocimientos biológicos básicos, experiencia clínica, equipos e instrumentos apropiados y conocimientos de las características de los mismos, en caso contrario, el tratamiento aparentemente simple puede tornarse difícil y muchas veces impracticable con el surgimiento de accidentes y complicaciones, ya sea por la falta de atención debida a los detalles o por situaciones totalmente imprevisibles. Por lo tanto la prudencia y el cuidado durante la terapia endodóntica deben ser una constante durante todo el tratamiento, para prevenir en lo máximo éstas complicaciones o sucesos infortunados.

Y en caso que sucedan algún accidente o complicación, a parte de la responsabilidad que tiene el odontólogo de informar debidamente al paciente de lo ocurrido, aclarándole todos los aspectos relacionados con los acontecimientos, las dificultades en el manejo clínico y las perspectivas de tratamiento. El odontólogo general y particularmente el especialista, deben tener un alto nivel de conocimientos y de experiencia clínica para poder llevar el tratamiento endodóntico a buenos términos ya sea por medio de un tratamiento endodóntico especializado o bien por un tratamiento quirúrgico ⁽⁵⁾.

En el presente estudio abordaremos el accidente de procedimiento, fractura de instrumento más específico la fractura de las limas NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular, donde la revisión profunda de la temática, permitió alcanzar el objetivo principal de esta investigación, que es comprender las razones de la fractura de estos instrumentos donde la razón principal obedece a la fatiga del metal, ya sea por estrés torsional o por fatiga cíclica y asimismo saber manejo o la conducta a seguir en estos casos.

El tema investigado adquiere gran importancia para la comunidad odontológica al ser un resumen de conocimientos, que está al alcance de todos, sobre el manejo de este accidente operatorio, que viene a ser un desafío para el operador, quien perderá un valioso tiempo en tratar de solucionar el incidente en base a sus conocimientos, experiencia clínica, e instrumentosa disposición, tomará decisiones que puedan llevara buenos términos el tratamiento endodóntico.

Por lo que el lector del presente trabajo encontrará en la primera parte del mismo, la justificación y los objetivos que orientaron la investigación.

En la segunda parte del mismo se presenta el marco teórico acerca de los aspectos clínicos y mecánicos que intervienen en la fractura de las NiTi rotatorias en el interior del conducto, para lo que abordamos la descripción de las características metalográficas y morfológicas de las NiTi rotatorias, como también las solicitudes mecánicas a las que son sometidas durante la instrumentación del conducto, para poder comprender las causas de la fractura del instrumento y así poder prevenirlas.

Como también tratamos, de las posibles soluciones o alternativas clínicas que existen en caso de ocurrir este incidente, procedimientos muy diversos como: sobrepasar el fragmento y extraerlo a través del conducto, para lo que existen varias técnicas e instrumentos recomendados para la extracción del fragmento tales como pinzas o fórceps de especiales (pinzas de Stieglitz),equipos como el Ultrasonidos,Endo Extractor, trépanos como el Masseran Kit compuesto por extractores capaces de aprehender el fragmento con un dispositivo interno de tratamiento, y otros trépanos que realizan desgaste de la dentina alrededor del fragmento fracturado en asociación con el uso del cianocrilato.

Continuando con las alternativas clínicas tenemos las otras opciones como ser: sobrepasar el fragmento y empaquetarlo en la obturación; no ultrapasar el fragmento y obturar (dependerá sobre todo de la condición del tejido pulpar) y, finalmente, el abordaje quirúrgico. Obviamente, el éxito en la remoción de determinados instrumentos fracturados dependerá de factores como: el momento de la preparación químico-mecánica que ocurrió la fractura del instrumento, el nivel donde se localice fragmento, tipo de instrumento fracturado, tamaño y calibre del fragmento y de la forma anatómica y el diámetro del conducto radicular, además de la

retención friccional del fragmento en la dentina y la cantidad de la dentina remanente. Y por último el lector encontrará un apartado referido a las conclusiones y recomendaciones validando la investigación desarrollada. Como también encontrará la descripción de un caso clínico de experiencia propia.

CAPÍTULO I

1.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El presente trabajo de investigación se lleva a cabo con la finalidad de dar a conocer a la comunidad odontológica, accidentes que pueden ocurrir y comprometer el tratamiento endodóntico, como ser la fractura del Instrumento en el interior del conducto radicular, en nuestro estudio específicamente las NiTi rotatorias, ya que el empleo de estas limas se ha vuelto tan popular, gracias a las diversas ventajas que presentan, resulta imperiosa la necesidad de comprender las razones de porque se produce la fractura de estos instrumentos, para así poder prevenir en lugar de tratar o dar solución a este desagradable incidente.

1.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En caso de darse este incidente desagradable que es la fractura de las NiTi Rotatorias en el interior del conducto radicular; que este trabajo esté al alcance de todos los universitarios y profesionales de la Universidad Amazónica de Pando y profesionales odontólogos en general del Dpto., para que sirva como resumen de conocimientos, de las causas de fractura de estos instrumentos y manejo de posibles soluciones clínicas. Para que el profesional se encuentre con la capacidad de resolver dicho incidente y llevar a buenos términos el tratamiento endodóntico, con el cual el paciente pueda sentirse complacido con el tratamiento brindado y sea debidamente informado de lo ocurrido.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA (DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA)

La fractura de las NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular, además de ser una complicación que pone en riesgo la continuidad del tratamiento endodóntico, se convierte en una inversión de valioso tiempo, economía y estrés tanto para el profesional como para el paciente. Por lo que se hace evidente la necesidad de conocer: las causas, factores que intervienen en la fractura de estos instrumentos, para poder prevenir este accidente desagradable y las alternativas de resolución clínica, que permitan al profesional decidir y actuar con pericia respecto a la conducta a seguir.

1.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

¿Cuáles son las causas y el manejo de la fractura de las NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las posibles causas y el manejo de la fractura de las NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características morfológicas y metalográficas de las NiTi rotatorias que interfieren en la fractura del instrumento.
- Puntualizar los principios de la instrumentación rotatoria y los esfuerzos mecánicos a tener en cuenta en la prevención de la fractura de las NiTi rotatorias.
- Detallar las consideraciones para evitar la fractura de las NiTi rotatorias.
- Especificar los mecanismos de la fractura de las NiTi rotatorias.

1.5 ALCANCES

1.5.1 ALCANCE TEMÁTICO

Área de Investigación	Endodoncia
Tema Específico	Aspectos clínicos y mecánicos de las fracturas de limas rotatorias de níquel titanio en el interior del conducto radicular.
Nivel de Investigación	Investigación aplicada al análisis con profundidad.

1.5.2 ALCANCE ESPACIAL

La investigación se realizó en Bolivia, Departamento de Pando, provincia Nicolás Suárez, ciudad de Cobija, por Docentes especialistas en Endodoncia y estudiantes de la especialidad de Endodoncia de la Universidad Amazónica de Pando.

1.5.3 ALCANCE TEMPORAL

El presente estudio se realizó entre Diciembre del 2012 a Noviembre del 2015.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Al revisar la literatura de las distintas bases de datos como libros, artículos de revistas científicas y artículos de internet, se logró conseguir antecedentes que se relacionan con las características o propiedades metalográficas de la aleación de Níquel Titanio en la fabricación de las limas endodónticas, uno de los factores importantes para entender las causas de fracturas de las limas rotatorias (NiTi) en el interior del conducto. Es así que tenemos.

Queen 1938, MAYNARD creó el primer instrumento endodóntico, fue idealizado a partir de un muelle de reloj y desarrolló, otros para utilizarlos con el objetivo de limpiar y ensanchar el conducto radicular.

Las primeras limas de endodoncia fueron fabricadas en acero de carbono, a partir de 1901 cuando la casa Kerr introdujo al mercado la primera lima K. En esta etapa muchos de los errores cometidos durante la instrumentación de los conductos radiculares, en especial en conductos curvos, estaban relacionados con la rigidez de este tipo de aleación de acero. Los fabricantes han intentado solucionar dichos inconvenientes a través de la creación de variaciones en el diseño de las limas, que generalmente requieren modificaciones del área de la sección transversal, del ángulo y la profundidad de las espiras cortantes, y el diseño de la punta ⁽⁷⁾.

Hasta hace poco el empleo de los metales y aleaciones en la fabricación de instrumentos de uso endodóntico merecieron muy poca atención. Hasta la década de los sesenta donde aparece la innovación del níquel titanio (NiTi) desarrollado en los laboratorios de la marina estadounidense por WILLIAM J, BUEHLER (Metalúrgico del laboratorio Naval de

Ordnancede USA), quien nombró su descubrimiento NITINOL (Metal astuto o inteligente). Esta innovación proporcionó a la odontología un novedoso material con una gran utilidad para su uso en endodoncia, ya que comparada con las aleaciones de acero inoxidable, poseía mayor flexibilidad y mayor resistencia a la fractura por torsión ⁽²¹⁾.

En odontología la aleación de NiTi fue primeramente utilizada en ortodoncia por ANDREASEN & HILLEMANN, en 1971, para la confección de alambres de ortodoncia. En endodoncia fue en 1998, donde Walia, Gerstein y Bryant realizaron la primera serie de ensayos comparativos que demostraron los aspectos ventajosos de las limas de endodoncia fabricadas a partir de la aleación de níquel-titanio sobre las de acero inoxidable. Estos autores describieron el potencial de la aleación de níquel-titanio en endodoncia, originariamente empleada para alambres de ortodoncia, e informaron que –en instrumentos con igual morfología de esta aleación presenta entre dos y tres veces más flexibilidad que el acero inoxidable.

En 1991, la NT Company (Estados Unidos) introdujo las primeras limas comerciales de níquel-titanio manuales y mecanizadas. En 1994, presentó el sistema McXim, primera serie de instrumentos rotatorios de níquel-titanio. Se trata de una serie de seis unidades con conicidades que van de 0,2 a 0,05, diseñadas para limitar el contacto con la pared del conducto, disminuir la fricción y reducir el estrés del instrumento durante la conformación por instrumentación rotatoria de giro continuo. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾.

La liga más comúnmente utilizada para la confección de instrumentos endodónticos es la denominada equiatómica. Está conformada por 49 a 51% de níquel y 49 a 51% de titanio ⁽⁸⁾⁽⁹⁾.

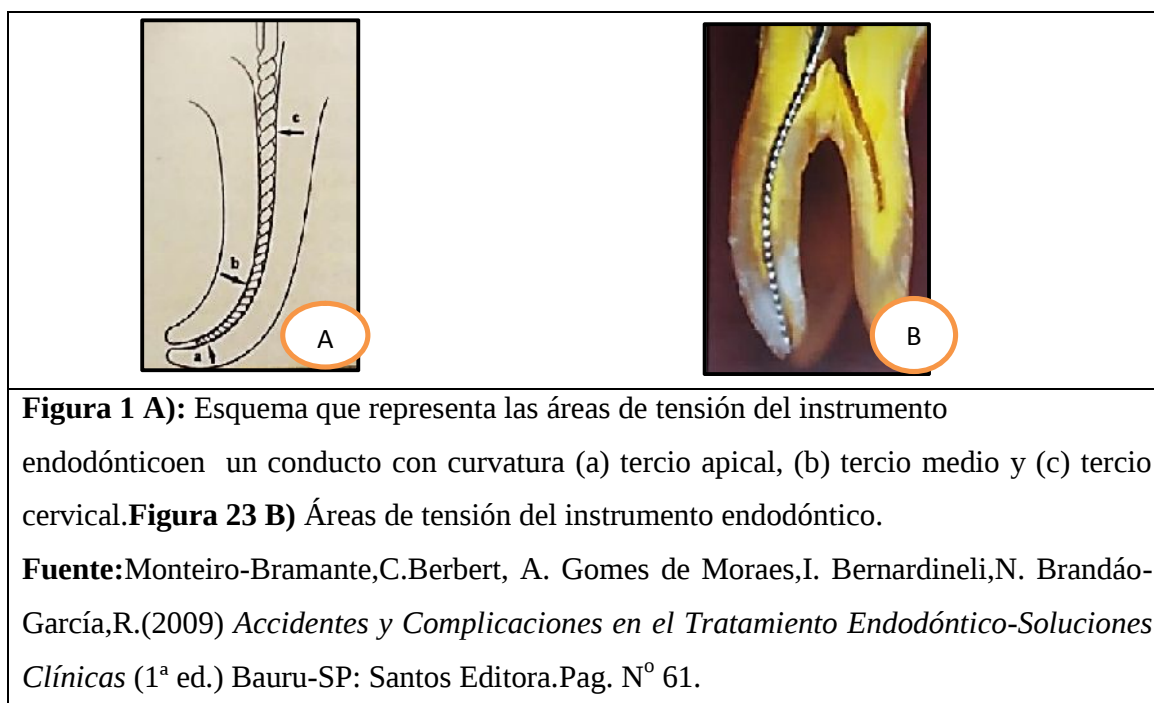
2.2 ACCIDENTES O COMPLICACIONES DURANTE LA TERAPIA ENDODÓNTICA

La Instrumentación y desinfección de los conductos radiculares es una de las etapas más importantes del tratamiento endodóntico, ya que tiene 2 objetivos principales: la modificación de su morfología de los conductos radiculares respetando al máximo la anatomía interna original (se le da una forma cónica al conducto); el segundo objetivo es la limpieza y

desinfección completa del contenido del conducto radicular, por lo tanto la correcta realización de esta etapa posibilitará una perfecta obturación ⁽²³⁾.

Y esta etapa pueden ocurrir accidentes, y son los conductos radiculares con curvatura que merecen especial atención, ya que pueden detectarse tres puntos donde existen tensiones de la lima endodóntica contra las paredes dentinarias, tensiones que pueden llegar a provocar un desgaste excesivo o accidentes y complicaciones que dificultan e incluso pueden impedir la conclusión del tratamiento endodóntico. Entre estos accidentes tenemos: la formación de escalón, perforación dental, sobreobturación, fracturas coronarias y radiculares, fractura de instrumento, etc. ^{(5) (6)}.

Referente a los lugares donde existen tensión de la lima endodóntica tenemos: en el tercio cervical (c), que se ubica en la entrada del conducto volteando hacia la pared cóncava, en las proximidades del tercio medio (b) en la pared convexa del conducto y a nivel apical (a) donde la punta del instrumento es forzada contra la pared cóncava. Estos 3 lugares se observa en las (figuras 1A y 2B) ^{(5) (7)(16)}.



Por lo tanto con el objetivo de mejorar y facilitar la instrumentación de los conductos radiculares especialmente los curvos y estrechos, sin causar la deformación del mismo y minimizando los riesgos de producir accidentes, que se ha sugerido la utilización de instrumentos fabricados con la aleación níquel titanio (NiTi), por sus propiedades ventajosas como ser: un bajo módulo de elasticidad (superelasticidad) propiedad que les confiere recorrer mejor las curvaturas radiculares disminuyendo la posibilidad de deformación del conducto (mejorando la conformación), mayor flexibilidad y superior resistencia a la fractura por torsión que las limas de acero inoxidable.

Estas características han permitido mecanizar la instrumentación de los conductos radiculares, permitiendo simplificar el tratamiento endodóntico, mejorando la calidad del resultado, al reducir el tiempo de trabajo operatorio, riesgos operatorios, fatiga del instrumento y el esfuerzo físico del operador; en comparación con las técnicas manuales ⁽⁹⁾.

Pero para el éxito o el fracaso de la utilización de las NiTi rotatorias, así como la prevención de accidentes iatrogénicos, como lo es la fractura de la lima en el interior del conducto, van a depender del conocimiento de factores como ser: conocimiento de las características morfológicas y propiedades metalográficas de las Niti rotatorias, las prestaciones de los diferentes diseños morfológicos y fundamentalmente las solicitudes o esfuerzos mecánicos a las que serán sometidas en cada caso, de acuerdo con la mecanización utilizada ⁽⁸⁾.

Razón por la cual pasamos a realizar la descripción de cada uno de estos factores.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS NITI

2.3.1 CARACTERÍSTICAS METALGRÁFICAS DE LAS NITI

La liga más comúnmente utilizada de NiTi, para la confección de instrumentos endodónticos es la denominada, equiatómica. Está conformada por 49 a 51% de níquel y 49 a 51% de titanio esta aleación presenta varias ventajas entre ellas, una elevada resistencia a la corrosión y una buena biocompatibilidad, además y sobre todo, dos propiedades fundamentales que son el efecto memoria de forma y superelasticidad ⁽⁸⁾⁽⁹⁾.

El níquel-titanio es considerado un material exótico, que posee las siguientes características metalográficas:

2.3.1.1 Fase Austenita y Martensita

Las NiTi al ser una aleación con memoria de forma, tienen una particular estructura cristalina (estructura molecular en granos o cristales) tiene 2 formas o fases cristalográficas: “Fase austenita”, corresponde cuando la lima NiTi está en reposo, es una fase más resistente y estable por su estructura molecular cúbica(figura 2A) y, otra fase cuando la lima NiTi está en movimiento rotatorio y sometida a esfuerzo, presenta una transformación termoelástica que corresponde a la “fase martensita” (figura N° 2B), fase molecular hexaédrica más flexible pero también más inestable, por la cual las limas rotatorias NiTi son más susceptibles a la fractura o a la deformación en relación a las limas fabricadas con acero inoxidable. Con la liberación del esfuerzo, la aleación recupera su forma estable austenítica⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾.

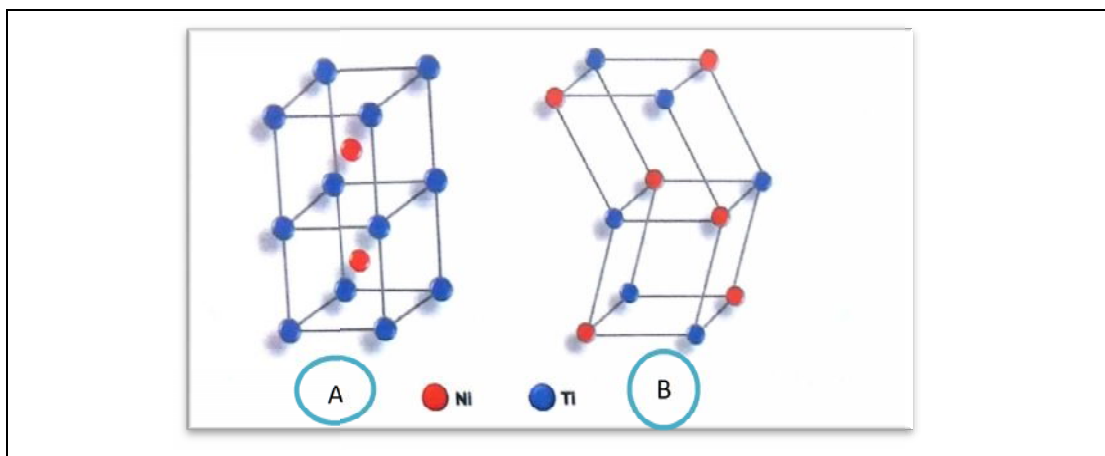


Figura2: Transformación espacial de austenita en martensita en el Níquel Titanio

Fuente: Lopreite, G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 111.

En la (figura 3) podemos observar este cambio atómico reversible, producto de la fricción o la deformación del instrumento, ocurre de forma gradual, por lo que ambas fases coexisten entremezcladas en la estructura.^{(8) (9)(10)}.



Figura 3: Esquema que demuestra la deformación de la aleación NiTi con el aumento de la temperatura.

Fuente: Lopreite, G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 111.

2.3.1.2 Memoria de forma

Es decir que la lima es capaz de recuperar su forma original después de haber sido deformada (figura 4). Este aspecto es relevante en empleo clínico de las NiTi rotatorias, dada a la imposibilidad del instrumento de ser Pre-curvado para abordar anatomías que así lo requieran^{(8) (9)}.



Figura 4 . : Flexibilidad de la lima de NiTi manual.

Fuente: Burgos, F. (2013). Aleación Niquel- Titanio en Endodoncia. Postgrado de Odontología. Universidad de Valparaíso. [02 de julio de 2017]. <http://www.postgradosodontologia.cl/endodoncia/images/EspecialidadEndodoncia/Seminarios/2013-2014/DocSeminarioNITI.pdf>.

2.3.1.3 Velocidad de Respuesta

Debido a que se contraen cuando llega a cierta temperatura de aceleración predefinida de fábrica, alambres muy delgados son capaces de contraerse en una décima o centésima parte de segundo. Sin embargo, para relajarse de nuevo necesitan enfriarse, lo cual depende de la temperatura del ambiente. Se puede llegar a tener varios ciclos por segundo con alambres delgados ^{(8) (9)}.

2.3.1.4 Superelasticidad o alto rango de deformación

Se Presenta cuando el NiTi es deformado mecánicamente a una temperatura determinada y una vez que el esfuerzo es retirado la transformación se invierte y el material recupera su forma original. Las aleaciones de NiTi, cuando son sometidas a deformación de 8 hasta 10%, pueden retornar a su forma normal, siendo, por lo tanto, recuperables; mientras que las limas de acero inoxidable solamente retornan a su estado inicial cuando la deformación no es superior al 1 %.

La superelasticidad de esta aleación hace que los instrumentos endodónticos sean más flexibles que los de acero inoxidable, permitiendo así una mejor instrumentación de los

conductos radiculares curvos, como también minimizando el transporte del barrillo dentinario hacia el foramen ^{(8) (9)}.

2.3.1.5 Resistencia a la deformación

Es la fuerza que se encarga de estirar otra vez el alambre cuando ya se ha enfriado. Esta fuerza es casi siempre alrededor de una sexta parte de la fuerza que realiza el alambre cuando se contrae ^{(8) (9) (10)}.

2.3.1.6 Bajo Módulo de Elasticidad

Es la medida y la firmeza del material, o su capacidad elástica. Mientras mayor es el módulo, más rígido es el material. A la inversa los materiales con valores bajos son más fáciles de doblar bajo carga. Esta propiedad le confiere su principal característica a las Niti, que es su alta flexibilidad ^{(8) (9) (10)}.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS LIMAS NITI ROTATORIA

Las características morfológicas como se observan en la (figura 5) son conceptos que se deben conocer ampliamente a fin de tomar decisiones operativas, de acuerdo a cada caso clínico como también para la prevención de accidentes indeseables, como la fractura del instrumento. A continuación mencionamos las características más relevantes.

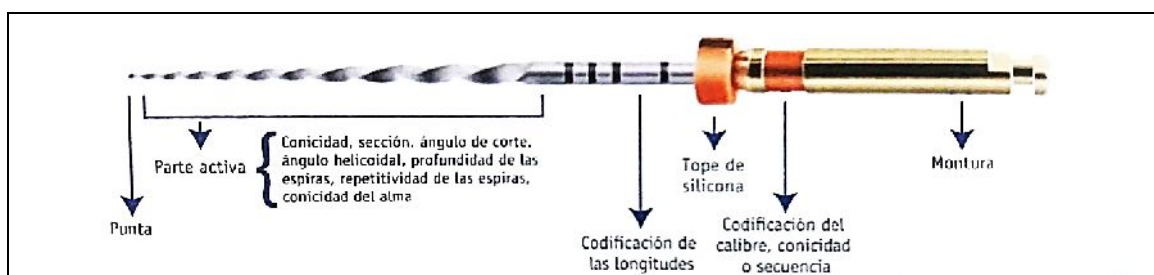


Figura 5: Componentes generales de una lima mecanizada.

Fuente: Lopreite, G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag.71.

2.3.2.1 Punta y guía de penetración

Corresponde a la punta del instrumento, que es el extremo de la parte activa; que en la instrumentación mecanizada NiTi, la mayoría de los instrumentos, presentan una punta de penetración inactiva, tal como se observa en la (figura 6)⁽³⁾⁽²¹⁾.

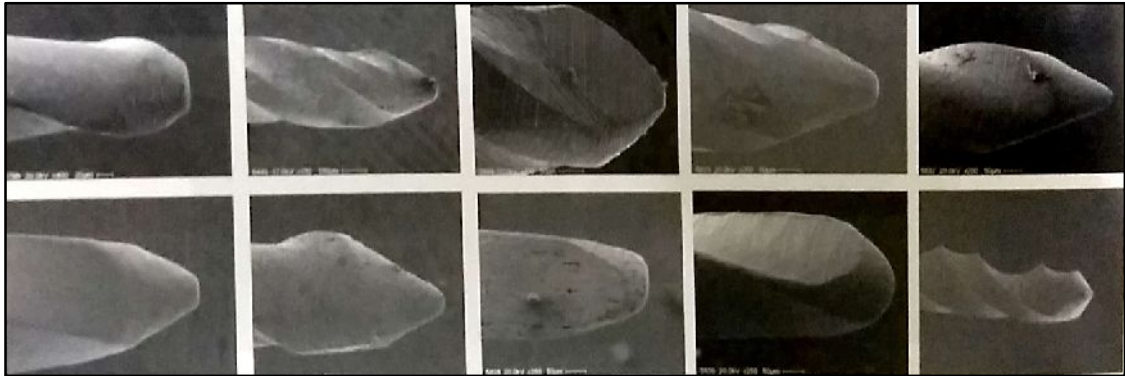


Figura 6: Imágenes al MEB de las puntas correspondientes a los instrumentos MTwo, K3XF, ProTaper Universal, K3, NiTi TEE, PathFile, Tilos ProTaperNext. **Fuente:** Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag.76.

Este tipo de punta cumple básicamente 2 funciones:

- ✓ Ampliar el conducto (guía de penetración inactiva con movimiento de picada)
- ✓ Guiar el instrumento a través de la luz del conducto (gracias al ángulo grande de transición, que se forma entre la punta inactiva y el cuerpo del instrumento (que no determina zona de desgaste en las paredes dentinarias).

Pero cuando se presentan áreas de calcificación o conductos muy atrésicos y curvos, para ultrapasarlos existen instrumentos con punta activa (SC) del Sistema Quantec Series 2000 que poseen un pequeño ángulo de transición, por lo que deben usarse con mayor cuidado que lo habitual, pues fácilmente se desvían del conducto radicular original.

Acercas de la punta de las limas rotatoria NiTi, es necesario recordar que: Se trata de la parte más frágil del instrumento sobre todo en las limas de escaso calibre y a la vez, es la parte que sufre mayor estrés torsional durante la preparación mecanizada en conductos con curvaturas,

aún más si esta se traba en la pared dentinaria, aumentando el riesgo de producir la fractura por torsión⁽³⁾⁽²¹⁾.

2.3.2.2 Taper o conicidad

Taper, término inglés que representa la medida de aumento del diámetro de la parte activa.

En las NiTi rotatorias, que poseen una conicidad variable es para permitir que solamente una porción de la parte activa del instrumento (plano de contacto) entre en contacto con la pared dentinaria, ejerciendo menor presión y proporcionando un desgaste más efectivo del conducto radicular por acción de ensanchamiento.

Por lo tanto hay menor riesgo de fractura ya que el instrumento no queda totalmente abrazado y justo en el conducto radicular, como ocurre con los instrumentos con conicidad constante, donde existe mayor riesgo de fractura.

Pero cabe hacer notar que los instrumentos con mayor diámetro son menos resistentes a la fatiga por flexión, ya que parecen tener mayor acumulación de estrés interno, pero son más resistentes a la fatiga torsional. Por el contrario los instrumentos con menor diámetro son menos resistentes a la fatiga por torsión pero pueden girar más en el interior del conducto sin sufrir fatiga flexural⁽²¹⁾⁽²²⁾.

A continuación mostramos la diferencia entre un instrumento con conicidad constante (figura 7) y conicidad variable (figura 8) ⁽³⁾.

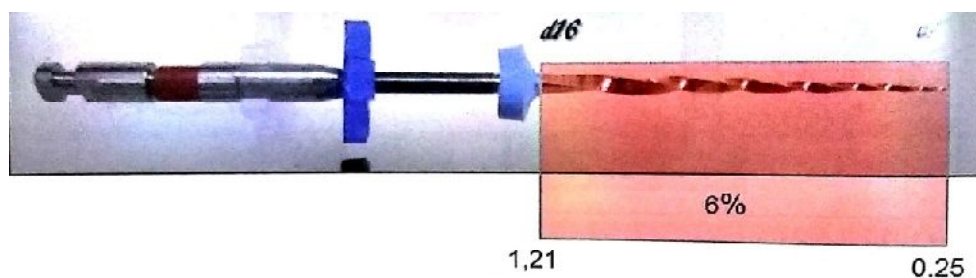


Figura 7: Instrumento Race (FKG), ejemplo de conicidad constante de 0.6

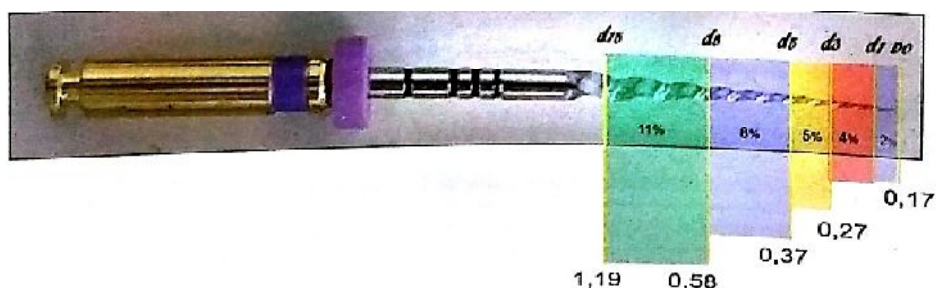


Figura 8: Instrumento S1 de la serie ProTaper Universal (Dentsply-Maillefer), ejemplo de conicidades variables.

Fuente: Lopreite, G. Basilaki, J. (2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo Guía S.A. Pag. 80.

2.3.2.3 Superficie Radial o guía lateral de penetración (Radial Land)

Radial Land, término inglés que significa en español, superficie radial, es la superficie o plano de contacto (figura 9), que corresponde a la guía lateral de penetración, se encuentra entre las acanaladuras, paralelas al eje largo del instrumento ⁽³⁾.

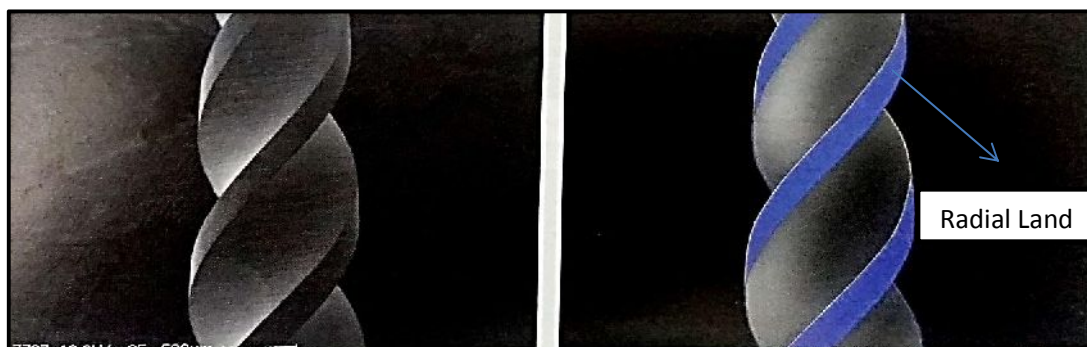


Figura 9: Microfotografía en la que se observa un ejemplo de radial land característico de los instrumentos ProFile y GT (Dentsply). En la segunda imagen, puede apreciarse la superficie de contacto radial (zona azul) y el borde cortante del instrumento (línea blanca).

Fuente: Lopreite, G. Basilaki, J. (2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo Guía S.A. Pag. 85.

Es una característica propia que poseen las limas rotatorias NiTi, que les permite reducir: la tendencia del atornillado del instrumento, el transporte del conducto durante la preparación, la tendencia a la propagación de las microfisuras en su superficie que son causada por el estrés, y los defectos de fabricación. Y a la vez favorece el deslizamiento del instrumento por las paredes dentinarias, durante la rotación del mismo, proporcionando una función de enanchamiento y no de limaje concurriendo para un menor riesgo de fractura ⁽²¹⁾.

2.3.2.4 Espiras

Se definen como la vuelta de una espiral o de una hélice arrollándose alrededor de un eje. En las NiTi rotatorias se trata de los bordes cortantes que rodean el alma del instrumento, donde la constancia del espirilado (figura 10-A) aumenta la tendencia del atornillado del instrumento en el conducto radicular, generando mayor estrés de torsión.

Para evitar este efecto contraproducente y por consiguiente el estrés torsional se crearon diseños con repetitividad variable del espirilado (figura 10-B) ⁽³⁾.



A: Instrumento RBS, ejemplo de pitch constante



B: Instrumento WaveOne (Dentsply-Maillefer), ejemplo de pitch variable

Figura 10: A) Instrumento RBS, B) Instrumento WaveOne.

Fuente: Lopreite, G.Basilaki,J.(2015). Claves de la Endodoncia Mecanizada:conceptos, recursos y conductas clínicas (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo Guía S.A. Pag. 90.

2.3.2.5 Ángulo de Corte

Es el ángulo de incidencia, o ángulo real del instrumento sobre la pared dentinaria, corresponde a la pequeña porción de la hoja de la lima, que determina la acción o corte ⁽³⁾.

El surgimiento de la superficie radial hace con que, el ángulo de corte de las limas rotatorias NiTi, sea levemente negativo (es decir que gira en sentido de las manecillas del reloj- figuras 11A y 10B), con esto hacen que el desgaste no sea tan intenso, donde la compensación de la pérdida del poder de corte, se hace con el aumento de la velocidad que los instrumentos rotatorios realizan ⁽²¹⁾.

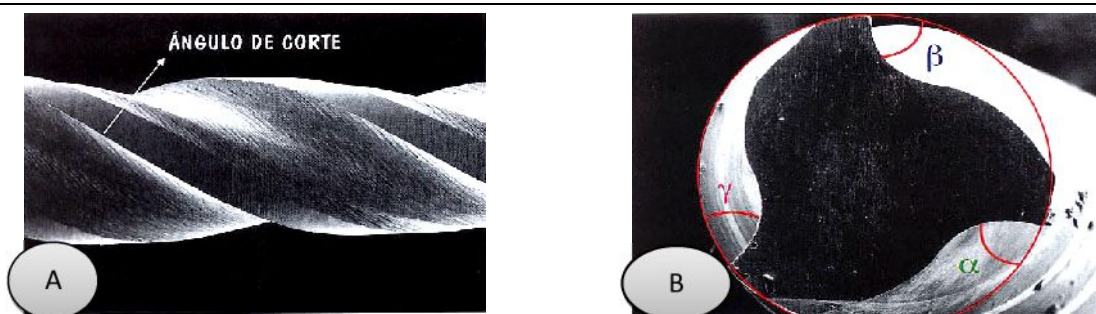


Figura 11-A: Ángulo de corte del instrumento K ENDO visto lateralmente.100X. **Figura 11-**

B: a, b, y, ángulos de corte del instrumento KENDO vistos transversalmente. **Fuente:** Leonardo, M.R. De Toledo, Leonardo, R. (2002).*Sistemas Rotatorios en Endodoncia. Instrumentos de Níquel Titanio*. Sao Paulo. Ed. Artes Médicas Ltda. Pag.31.

2.3.2.6 Alivio de la superficie radial

Alguno de los instrumentos rotatorios NiTi poseen un alivio (figura 12) observado a través de su sección transversal. Este alivio permite un área de menor contacto con la dentina, disminuyendo la fricción del instrumento con la pared dentinaria⁽²¹⁾.



Figura 12: Alivio de la superficie radial del instrumento KENDO. 100x.

Fuente: Leonardo,M.R. De Toledo, Leonardo, R. (2002).*Sistemas Rotatorios en Endodoncia. Instrumentos de Níquel Titanio*. Sao Paulo. Ed. Artes Médicas Ltda. Pag.31.

2.3.2.7 Angulo helicoidal

Está formado en relación con la línea transversal del eje largo del instrumento (figura 13). Este ángulo de las NiTi rotatorias influye en dos cuestiones: la velocidad de atornillado y la facilidad para la evacuación de desechos producidos durante la instrumentación⁽³⁾.

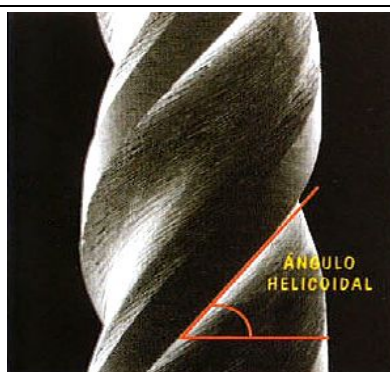


Figura 13: Ángulo helicoidal del instrumento K ENDO visto lateralmente.

Fuente:Leonardo,M.R. De Toledo, Leonardo, R. (2002).*Sistemas Rotatorios en Endodoncia. Instrumentos de Níquel Titanio*. Sao Paulo. Ed. Artes Médicas Ltda. Pag.32.

Teniendo en cuenta que cuanto mayor es el ángulo helicoidal, a misma velocidad, más rápido el desgaste de la dentina; por el contrario ángulo helicoidal pequeño, a misma velocidad, el instrumento deberá actuar más tiempo para tener la misma eficacia de desgaste. No obstante, cuando este ángulo es mayor de 45° , hay mayor riesgo de que el instrumento se atornille en las paredes dentinarias, facilitando la fractura. Por lo que las limas rotatorias NiTi poseen ángulos helicoidales de 35° aproximadamente, que es una graduación que compensa velocidad con efectividad, e incluso algunos poseen ángulo variable a fin de disminuir el efecto de atornillado, regular la flexibilidad y facilitar el descombro de los restos⁽²¹⁾.

- ✓ Cabe recordar y resaltar que: un ángulo helicoidal variable, mayor profundidad de las canaladuras y repetitividad variable de las espiras son los 3 factores importantes para disminuir el efecto atornillado de un instrumento en el conducto radicular⁽³⁾.

2.3.2.8 Distribución de la masa metálica

Hacemos referencia a la sección transversal del instrumento, que corresponde al corte perpendicular al eje largo del instrumento. En algunos de las limas rotatorias NiTi, como ProTaper Universal, WaveOne (Dentsply) y OneShape (Micro-Mega) presentan secciones cambiantes o variables a lo largo del instrumento como se observa en la (figura 14) tal hecho permite, que el instrumento se acomode mejor en el conducto radicular manteniendo la flexibilidad y distribuyendo mejor las fuerzas aplicadas en la dentina o que el propio instrumento recibe⁽³⁾⁽²¹⁾.

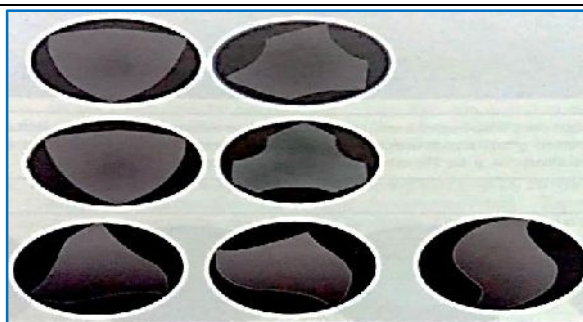
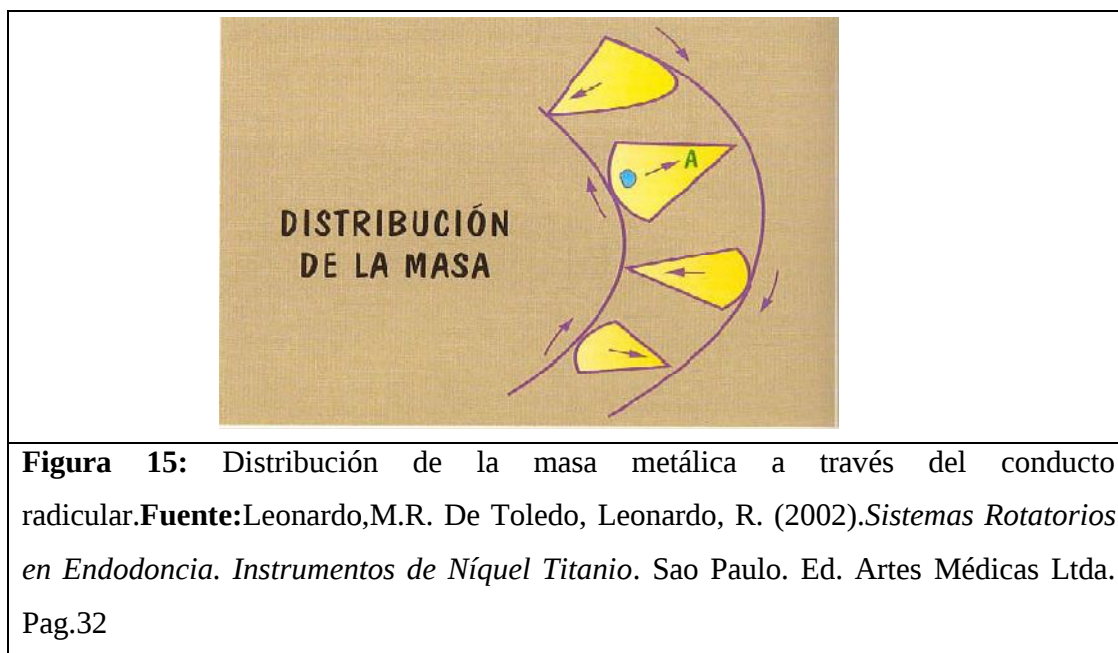


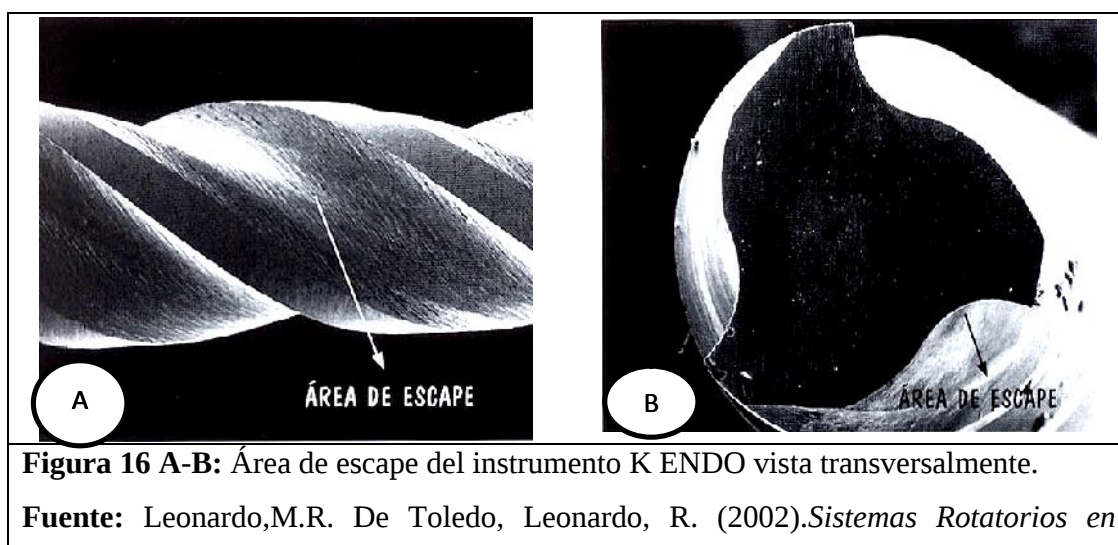
Figura 14: Desde arriba hacia abajo, esquemas de las secciones de instrumentos de sección cambiante a lo largo de la parte activa: WaveOne, ProTaper Universal (Dentsply- Mayllefer) y OneShape (MicroMega). **Fuente:**Lopreite,G. Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 81.

Este diseño permite al odontólogo, reducir el contacto (figura 15), entre instrumento y la dentina para prevenir el atornillamiento del instrumento, lo que se traduce en una mayor eficacia en la acción de corte y, permite reducir la fatiga torsional así como la presión necesaria para ampliar el conducto, con lo que se reduce el riesgo de fractura torsional ⁽⁸⁾⁽⁹⁾.



2.3.2.9 Área de escape

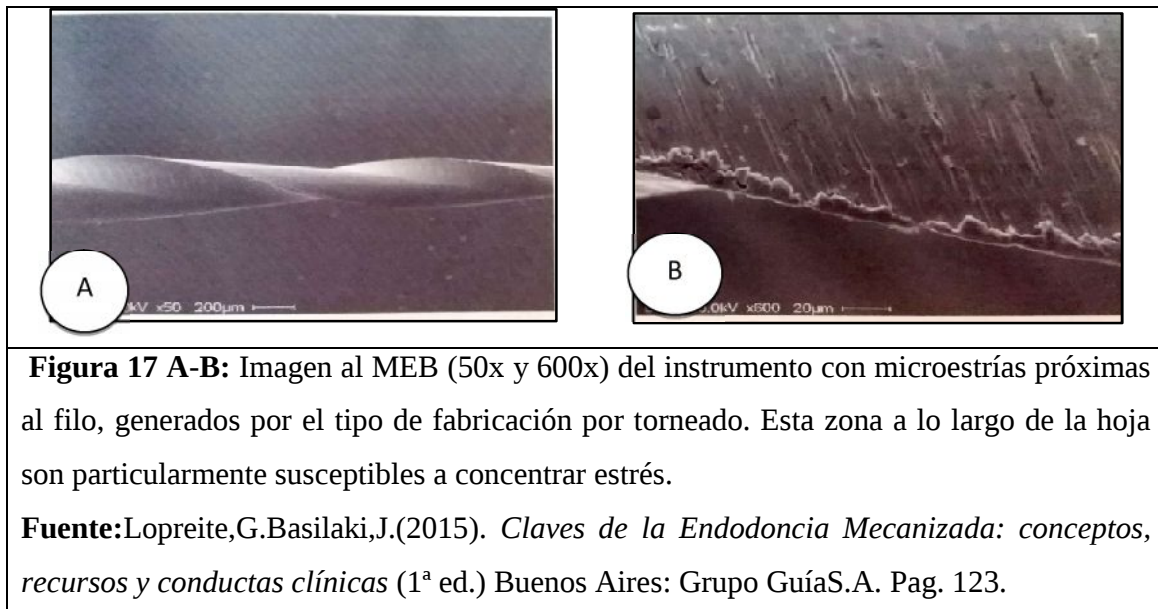
Las limas rotatorias de NiTi ofrecen a través de su sección transversal surcos y ranuras que actúan como área de escape (figura 16-A, 16-B) son espacios que sirven para recibir las limallas dentinarias, provenientes de la instrumentación del conducto radicular.



2.3.2.10 Proceso de fabricación

Durante el proceso de fabricación de las Niti rotatorias se forman algunas irregularidades, que actúan como zonas concentradores del estrés y tensión; son el límite de donde se inicia la propagación de las grietas en el instrumento. Estas irregularidades pueden ser: pequeños huecos que se forman por el atrapamiento de pequeñas cantidades de oxígeno en la superficie de las NiTi rotatorias, precipitaciones que se forman por la incorporación de nitrógeno, carbono e hidrógeno y ranuras, grietas, fisuras, como se observan (figura 17 A-B), producidos por el fresado del instrumento durante el tallado. Por lo tanto es en éstos sitios donde se inicia la falla del instrumento, pudiendo elevarse el riesgo de fractura del mismo.

Una observación interesante por Alapati et al. Fue el aparente ensanchamiento original de surcos y grietas por la incrustación de detritus dentinarios después del uso clínico de las NiTi rotatorias y, a la vez la acumulación de estos detritus dentinarios aumentan la fricción del instrumento con la pared dentinaria⁽²²⁾.



2.3.2.11 Acabado superficial

Es el proceso que se realiza para refinar la microestructura del instrumento y mejorar sus propiedades mecánicas, éstos pueden ser: por pulimento físico o desoxidación (aumenta la dureza de los cristales) y el baño ácido o químico (electropulido), que da el abrillantamiento. Ambos procesos, disminuyen los defectos e irregularidades de la superficie del instrumento, como son los poros, ranuras y microfisuras (figura 18). Por lo tanto el acabado superficial es importante para mejorar la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos tratados⁽³⁾.

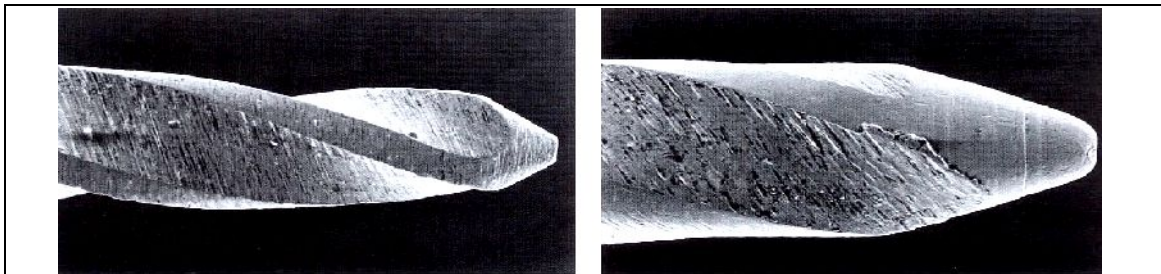


Figura 18: Instrumento de níquel/titanio donde se observa el deficiente acabado superficial. **Fuente:** Leonardo, M.R. De Toledo, Leonardo, R. (2002). *Sistemas Rotatorios en Endodoncia. Instrumentos de Níquel Titanio*. Sao Paulo. Ed. Artes Médicas Ltda. Pag.33.

A continuación les mostramos el proceso de desoxidación (figura 19) y electropulido (figura 20)⁽³⁾.

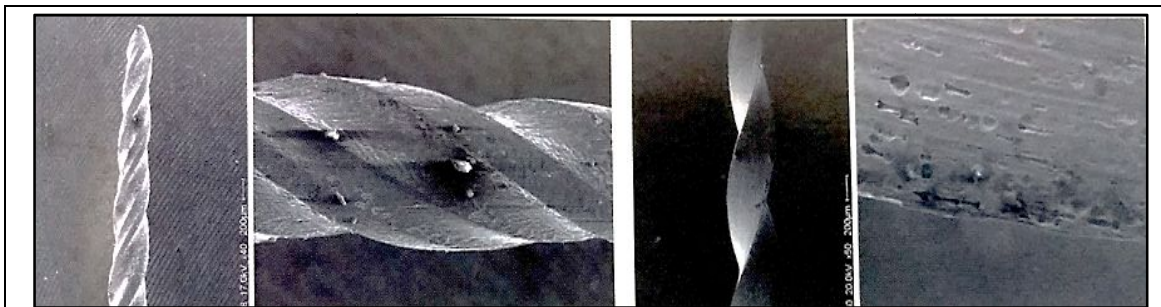


Figura 19: Imágenes microscópicas de los acabados superficiales de los instrumentos K3XF y TF por proceso de desoxidación. Aunque el resultado sea antiestético, este proceso presenta la ventaja de mantener la dureza de los cristales de la aleación sin disminuir el filo del instrumento.

Fuente:Lopreite, G. Basilaki, J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag 95.

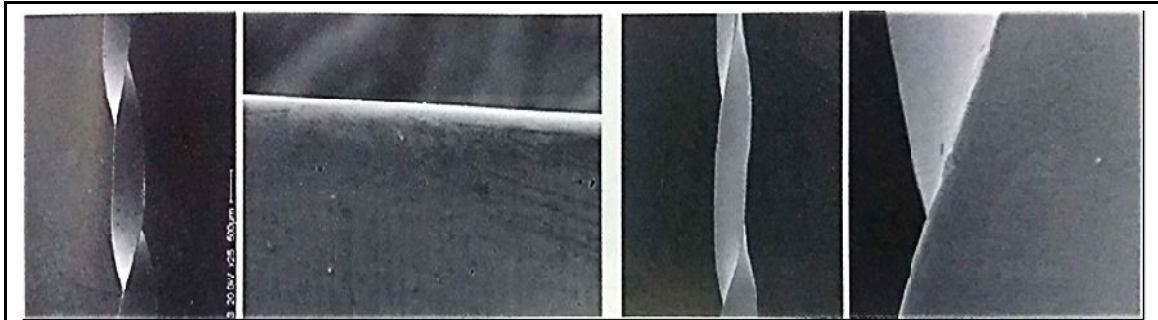


Figura 20:Instrumentos que presentan un tratamiento de la superficie por electropulido que le da el abrillantamiento.

Fuente:Lopreite, G. Basilaki, J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag 95.

2.4 CONSIDERACIONES DURANTE LA INSTRUMENTACIÓN DE LAS NITI ROTATORIAS

Haremos referencia al comportamiento del instrumento ante los esfuerzos mecánicos y a los esfuerzos mecánicos en sí.

2.4.1 COMPORTAMIENTO DEL INSTRUMENTO ANTE LOS ESFUERZOS MECÁNICOS

Son definidos por términos específicos, que refieren a la cuantificación de las acciones y las reacciones ante estas fuerzas. A continuación se definen los más comunes:⁽³⁾⁽⁸⁾.

2.4.1.1 Límite elástico

Representa la máxima tensión, esfuerzo o carga aplicada sobre el instrumento que, una vez liberada, permite que el instrumento pueda volver a sus dimensiones originales ⁽³⁾.

2.4.1.2 Deformación elástica reversible

Cambio morfológico o deformación que sufre el instrumento, que no supera el límite elástico⁽³⁾.

2.4.1.3 Deformación plástica permanente

Se llama así al desplazamiento estructural o deformación permanente que sufre el instrumento, que no alcanza a la ruptura, pero que si supera el límite elástico del instrumento⁽³⁾.

2.4.1.4 Límite plástico

Punto en el que la deformación plástica lleva al instrumento a la falla y la fractura⁽³⁾.

2.4.2 ESFUERZOS MECÁNICOS

Durante la instrumentación mecanizada, las NiTi rotatorias son sometidas a ciertos esfuerzos mecánicos que intervienen en la fractura del instrumento.

Estos esfuerzos corresponde a la fuerza o tensión que tienden a deformar el instrumento, ya sea por tracción, compresión, flexión y torsión⁽³⁾⁽⁸⁾.

2.4.2.1 Estrés

En lo que refiere específicamente a las condiciones de trabajo de las limas NiTi rotatoria, el estrés sobre esta, se entiende como la tensión o deformación que sufre la lima por la aplicación de fuerzas, cargas externas o por expansión térmica no uniforme⁽³⁾.

✓ Punto de concentración de estrés

Se define como una zona de la lima que sufre un cambio marcado en las características estructurales o superficiales (muesca, poros, grietas o fisuras) del instrumento, que al no ser una superficie lisa, las fuerzas externas tienden a generar sobrecargas en ese sitio y por consiguiente son puntos que influyen en el inicio de la falla o fractura de la lima (figura 21)⁽³⁾.

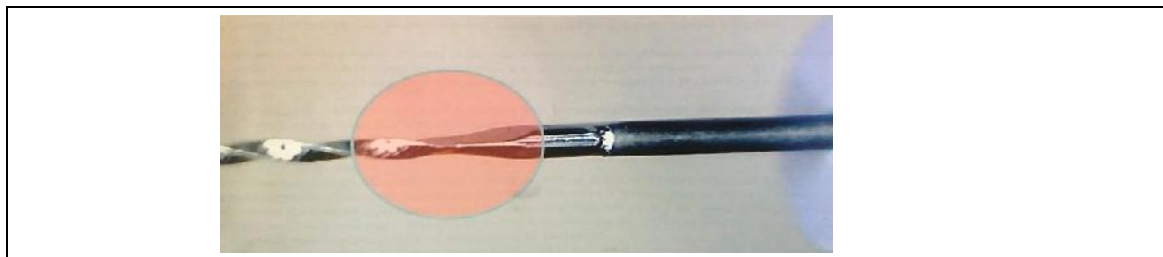


Figura 21: Obsérvese la zona delgada en el inicio del espirilado, generada intencionalmente, a fin de provocar una zona de menor resistencia (concentración de estrés) para que, en caso de producirse una falla, se genere en ese punto.**Fuente:**Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 122.

2.4.2.2 Fatiga

La fatiga del metal es el resultado de aplicaciones repetidas de estrés, que provocará cambios irreversibles y acumulativos dentro del metal, por el crecimiento de las grietas que se encuentran en la estructura del instrumento y terminan por debilitarlo. Puede ser provocada por tracción, compresión, o fuerzas de tensión ⁽³⁾.

2.4.2.3 Torsión

El instrumento está sometido a un esfuerzo por torsión, cuando existen fuerzas sobre el que tienden a hacer girar una sección con respecto a otra, es decir, cuando tienden a retorcerlo ⁽³⁾.

2.4.2.4 Flexión

El instrumento es sometido al esfuerzo por flexión cuando las cargas que soportan tienden a doblarlos ⁽³⁾.

2.4.2.5 Fricción

La fricción es la resistencia al movimiento relativo entre dos superficies. Siempre que éstas estén en contacto y, a la vez, una de ellas se mueva con respecto a la otra, existirá fricción. Por lo tanto, para mover dos superficies entre sí, será necesario más o menos un esfuerzo.

En el caso particular de las NiTi rotatorias, la fricción aumenta con el contacto exagerado entre éstos y la pared dentinaria (figura 21 A), como también por la acumulación de detritus dentinarios producidos durante el corte mecanizado (figura 22 B)⁽³⁾.

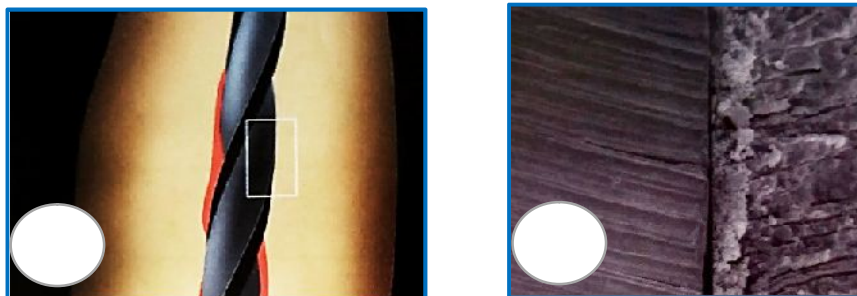


Fig. 22 A) Esquema de la relación entre un instrumento y la pared dentinaria. **B)** Imágen MEB, puede observarse la relación entre las microrrugosidades de un instrumento y la pared del conducto. A pesar de parecer pulidas, dos superficies siempre realizan esfuerzo de fricción, que es producto de las micromorfologías superficiales. **Fuente:** Lopreite, G. Basilaki, J. (2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo Guía S.A. Pag 124.

2.4.2.6 Abrasión

Es el desgaste que se da en la lima NiTi rotatoria, provocado por la fricción exagerada que ocasionan los dertritus dentinarios acumulados contra la pared del conducto, este desgaste disminuye la efectividad del instrumento y hace que se enganche en la pared dentinaria, aumentando el estrés de torsión y con él la posibilidad de su fractura a cualquier nivel ⁽³⁾.

2.4.2.7 Torque

En la instrumentación mecanizada, el torque es la cantidad de fuerza ejercida durante la rotación de la lima NiTi dentro del conducto radicular (figura 23), el torque está relacionado con la conicidad del instrumento, a mayor masa metálica, soportará mayor torque de rotación y así a la inversa a menor masa metálica soportará menor torque. Esto permite seleccionar un torque o fuerza adecuada de acuerdo al número de instrumento usado ⁽³⁾

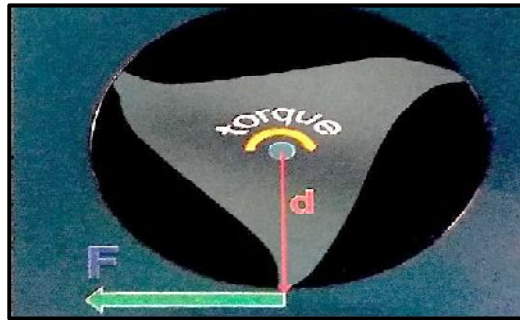


Figura 23: Esquema de la descomposición de la fuerza de torque necesaria para girar el instrumento.

Fuente: Lopreite, G. Basilaki, J. (2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo Guía S.A. Pag. 127.

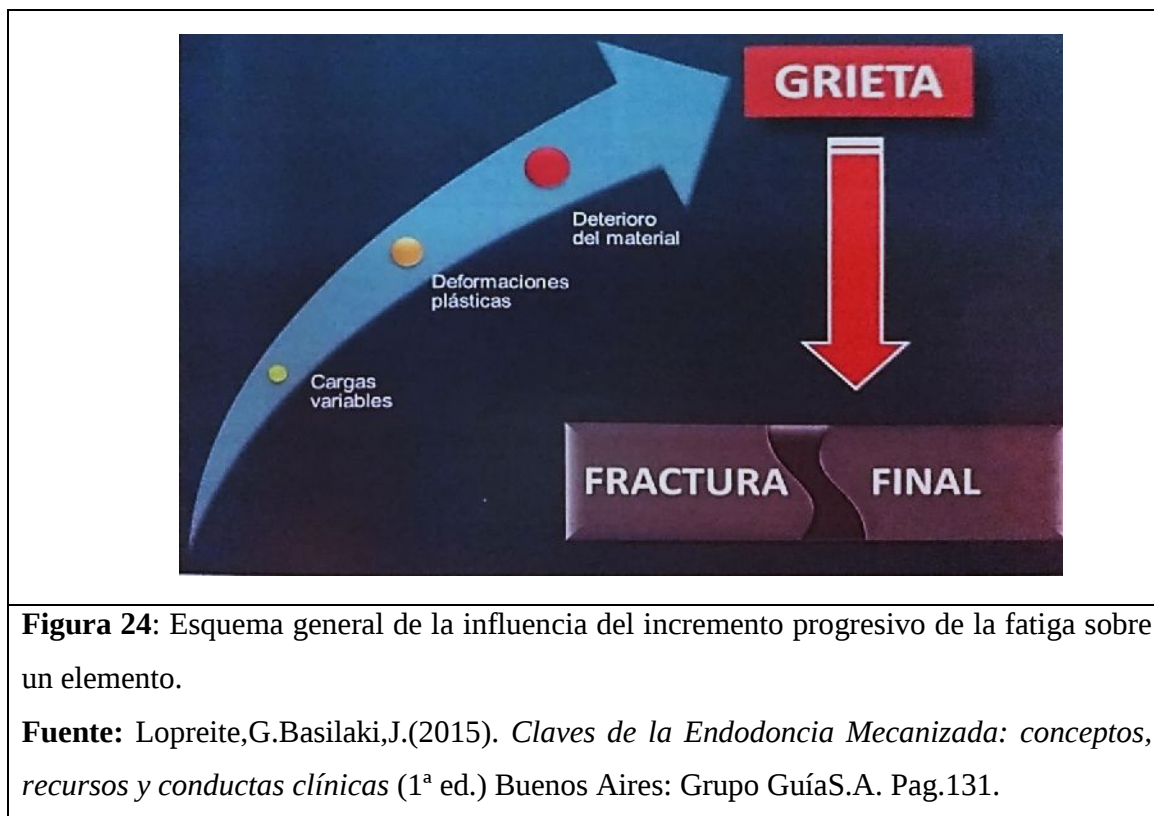
Teóricamente la eficiencia de corte, de un instrumento es mejor, cuando éste es utilizado con un torque alto, pero también habrá mayor probabilidad de separación y deformación de la lima. A diferencia de lo que ocurre cuando se utiliza un torque bajo, que reduce la calidad de corte, volviéndose muy costosa la progresión de la lima dentro del conducto radicular, ya que se altera la efectividad del instrumento para ensanchar el conducto o cortar la dentina. Es en ese momento, que el operador tiende a forzar y aumentar la presión hacia apical, lo cual puede producir deformación y por consiguiente la separación del instrumento.

Debemos resaltar que el torque mínimo requerido para la rotación de la porción de mayor conicidad de la lima, puede ser más que suficiente para romper la punta, más pequeña, si ésta se atasca en el conducto ⁽³⁾.

2.5 FRACTURA DE LAS LIMAS NI-TI ROTATORIAS

La fractura metálica simple, viene a ser la separación de un cuerpo en dos o más trozos como respuesta a una tensión excesiva, que puede ser por tracción, compresión, torsión o de corte. En nuestro caso la fractura de las limas NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular, se da como respuesta a tensiones o fuerzas excesiva de la lima, que producen fatiga del

instrumento, cuyo incremento conlleva a la fractura del mismo tal como podemos observar en el esquema de la (figura 24).



La fractura de la lima en el interior del conducto radicular, es un accidente operatorio desagradable del que todo profesional tiene alguna experiencia, ya que es un riesgo que siempre está presente durante la instrumentación, especialmente en los conductos atrésicos y con curvaturas, que en caso de darse este accidente, se constituye en un obstáculo o dificultad para la continuidad del tratamiento endodóntico⁽³⁾⁽⁵⁾.

Y aunque las razones para que ocurra la fractura de las limas NiTi rotatorias en el interior del conducto radicular, son complejas y multifactorial, la razón principal es de carácter iatrogénico.

En general se debe al uso incorrecto del instrumento, por desconocimiento de sus características metalográficas y su cinemática recomendada, el abuso y empleo repetitivo del instrumento y finalmente la poca habilidad del profesional que dan como resultado la fatiga

del metal y por consiguiente la fractura y que ocurre más comúnmente en el tercio apical del conducto radicular ^{(5) (22)}.

2.5.1 CAUSAS PRINCIPALES DE LA FRACTURA DE LAS LIMAS NITI ROTATORIAS.

Como ya hemos mencionado la fractura de la lima NiTi rotatoria en el interior del conducto radicular es generalmente ocasionado por el mismo odontólogo (origen iatrogénico), donde las causas pueden ser clínicas o metalográficas ⁽²²⁾.

2.5.1.1 Causas clínicas

- ✓ Mala preparación del acceso al conducto radicular, hace que el instrumento sea sometido a un estrés y esfuerzo mayor, con la gran posibilidad del atornillamiento del instrumento.
- ✓ Ausencia de permeabilidad intraconducto previa (ausencia de patencia previa), refiere al sondaje, cateterismo y ensanchamiento previo (limas k manuales de acero inoxidable) que es requisito indispensable para calcular la diferencia entre el diámetro de la punta del instrumento y el del conducto.
- ✓ Falta de alivio de tensiones en las curvas de radio pequeño, que incrementan la fatiga cíclica del instrumento (alivio anticurvatura).
- ✓ Falta de Lubricación, que ayuda al deslizamiento sin fricción del instrumento.
- ✓ Presión apical excesiva que puede provocar el atornillamiento del instrumento.
- ✓ Falta de irrigación constante y abundante ⁽²¹⁾.

2.5.1.2 Causas metalográficas

Refiere a la fatiga del metal que se puede dar por flexión o por torsión ⁽²¹⁾.

A) Fractura por torsión

Ocurre cuando la punta de la lima o cualquier parte del instrumento se prende en el conducto radicular, mientras su eje continúa en rotación (figura 25-A), en esta situación, se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, llevando el mismo a la deformación plástica y la subsecuente fractura (figura 25-B) ^{(3) (21)}.

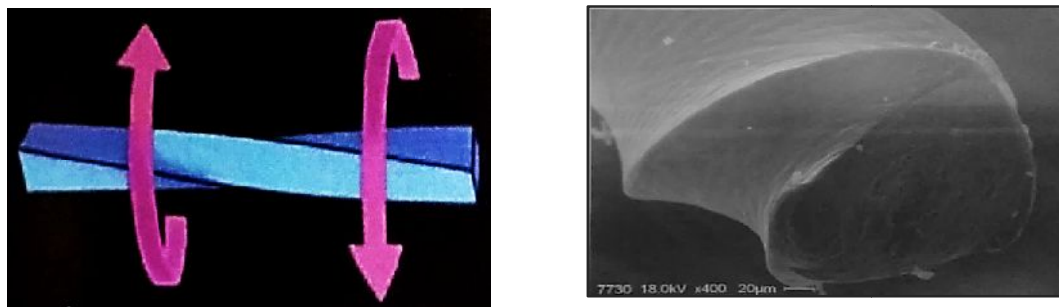


Figura 25A: Esquema de esfuerzo de torsión. **Figura 25 B:** Instrumento Rotatorio de níquel-titanio que presenta superficie de fractura generada por torsión con características frágil. **Fuente:** Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 124 y 136.

La torsión está directamente relacionada con la cantidad de superficie del instrumento que entra en contacto con la pared del conducto. De modo que el esfuerzo de torsión es directamente proporcional a la fricción entre el instrumento y las paredes dentinarias. Como también cabe resaltar que la resistencia torsional va a depender del calibre y sección transversal del instrumento ⁽⁸⁾.

B) Fractura de flexión o fatiga cíclica

Este tipo de fractura se da cuando el instrumento gira libremente en un conducto radicular acentuadamente curvo, en la misma longitud de trabajo, generando en la lima ciclos de tensión y compresión, por lo que estos esfuerzos acumulados más la propagación rápida de las fisuras llevan al metal a un límite de estrés (límite plástico) superior al soportable, en el punto de máxima flexión, con la consecuente fractura de la lima (figura 26) ^{(3) (21)}.

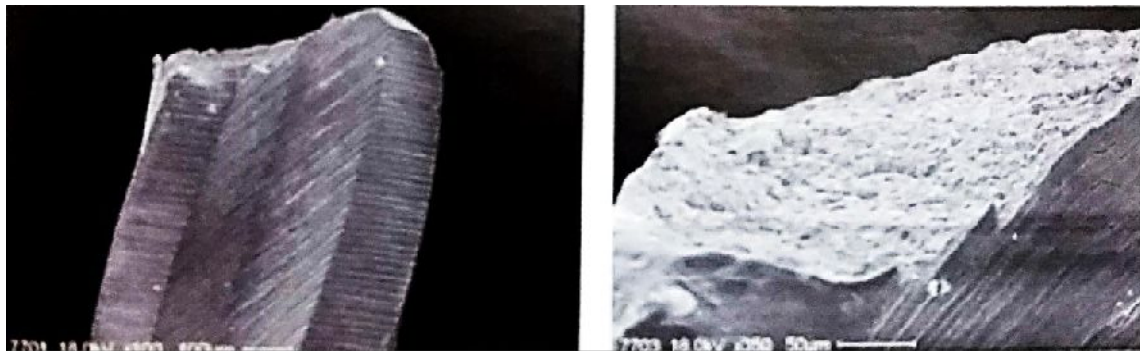


Figura 26: Fractura originada por fatiga cíclica con poco o ningún tipo de deformación.
Fuente: Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 133.

Por lo tanto este tipo de fractura por flexión se da por la propia fatiga del metal, cuando el metal ya ha sido debilitado, por la acumulación de estrés (figs. 27A, B, C, D) ^{(3) (21)}.

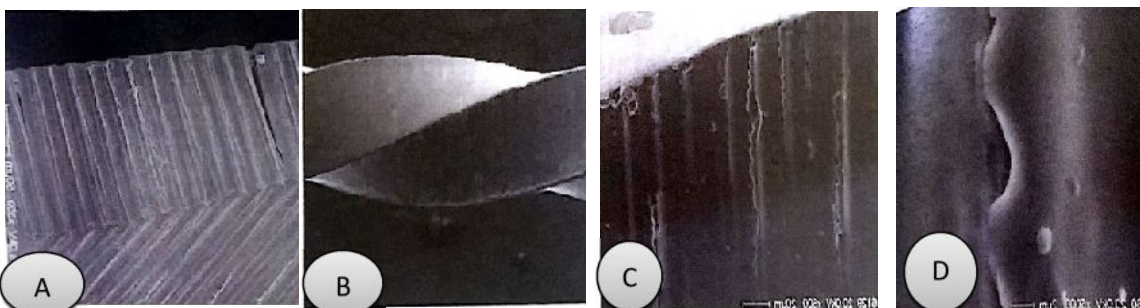


Figura 27-A: Figuras imperceptibles macroscópicamente sobre la hoja y el filo del instrumento, claramente visibles al MEB (200X y 350X).**Figura 27-B,C,D:** Instrumento sometido a fatiga cíclica que no presenta daños macroscópicos. En el análisis al MEB, pueden observarse la manifestación del daño generado por la fatiga en el empleo (600X) y las extrusiones del metal iniciadoras de fractura (5000X).**Fuente:**Lopreite,G. Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 132.

2.5.2 CONSIDERACIONES PARA EVITAR LA FRACTURA DE LAS NITI ROTATORIAS

2.5.2.1 PRINCIPIOS DE LA INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA

Refiere algunos tópicos a tener en cuenta para la realización de tratamiento de conductos radiculares, principalmente en conductos atrésicos y curvos:

- ✓ Estudio analítico de las radiografías.
- ✓ Exploración y cateterismo del conducto radicular que en el caso de los molares se realiza con limas manuales K de pequeño diámetro y conicidad de poca flexibilidad para permitir una mejor sensibilidad táctil del operador.
- ✓ Variación de las conicidades, útil para disminuir la presión en el instrumento y para preparar el conducto radicular por tercios primero el cervical (gran conicidad), luego el tercio medio (conicidad media) y por último tercio apical (pequeña conicidad).
- ✓ Cinemática de Movimiento de las NiTi rotatorias (Movimiento en picada- progresión y alivio).
- ✓ Repetición de la técnica en caso de anatomías complejas a veces es necesario repetir la secuencia.
- ✓ Mantener la velocidad recomendada para cada instrumento.
- ✓ Ejercer presión solo para la introducción del instrumento en el conducto radicular y no así en dirección apical, por lo tanto aplicar una presión compatible con la relación al plano de contacto con el diámetro y conicidad del instrumento.
- ✓ Dejar el instrumento en rotación dentro del conducto radicular no más de 5 a 10 segundos.
- ✓ Para la reutilización del instrumento examinarlo cuidadosamente con ayuda de aumento (lupa), para detectar posibles distorsiones del instrumento.
- ✓ Conocer las particularidades del instrumento.

2.5.2.2 Consideraciones para evitar el estrés de torsión (fractura por torsión)

- ✓ Para proteger la punta contra el estrés torsional se recomienda realizar un preensanchamiento o glidepath (permeabilidad previa) con un instrumento de acción manual, o en el caso de la instrumentación rotatoria se puede utilizar instrumentos como las limas PathFile o Proglider.

- ✓ No ejercer presión hacia apical durante la instrumentación rotatoria, para evitar la fractura de la punta de la lima, que es la parte más frágil.
- ✓ Tratar con mayor cuidado aquellos conductos que presenten luz circular, ya que en éstas circunstancias, el instrumento contacta todo su perímetro contra las paredes del conducto, generando un alto compromiso de fricción y esfuerzo extremo como podemos observar en la (figura 28). Esto sucede con mayor frecuencia en la zona apical de la anatomía de los conductos y corresponde a la punta de la lima, mecánicamente menos resistente a los esfuerzos de torsión ⁽³⁾.

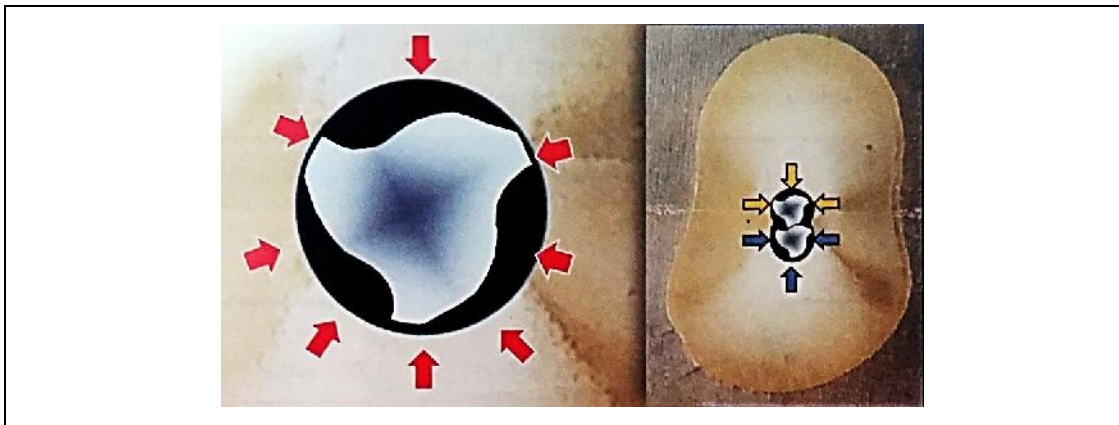


Figura 28: Un instrumento que trabaja comprometiendo toda su circunferencia contra la pared del conducto sufre un mayor esfuerzo de torsión. Si los conductos son acintados, la posibilidad de sufrir torsión disminuye, dado que se libera el contacto en uno o más puntos. En el esquema se representan los puntos de contactos para una luz circular (flechas rojas) y los puntos de contactos dentro de una luz acintada, en dos posiciones del instrumento (flechas azules y amarillas).

Fuente: Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 125.

- ✓ Analizar la secuencia de la técnica respecto a la anatomía del conducto radicular, utilizando limas con perfiles variables, con la finalidad de reducir el segmento del instrumento que contacta con las paredes del conducto radicular, ya que cuanto menor sea

esta área de contacto, mayor será la eficiencia de corte de la lima, se ejercerá menor presión y se podrá emplear mayor velocidad en la mecanización, esto también ayuda a minimizar la acumulación de detritus dentinarios. Por lo tanto se evita la fricción entre la lima y las paredes dentinarias.

- ✓ Utilizar lubricación continua e irrigación abundante durante la instrumentación, para disminuir la fricción y el bloqueo del conducto por acumulación de los detritus dentinarios.
- ✓ Limpiar constantemente los detritos dentinarios que se acumulan en el instrumento, para evitar la abrasión del mismo, que se puede producir durante la rotación, por acumulación de estos desechos contra la pared dentinaria, disminuyendo la efectividad de la lima y corriendo el riesgo de que se enganche en la pared dentinaria.
- ✓ Utilizar motores con control de torque que permiten calibrar cada instrumento (según su masa). Para no utilizar un torque elevado, donde hay mayor riesgo de fractura del instrumento ni un torque muy disminuido, donde el operador tiene a forzar la lima y aumentar la presión hacia apical.
- ✓ Tener en cuenta que la fatiga del instrumento aumenta con el número de rotaciones que éste sufre en el interior del conducto radicular y con el grado de curvatura. Por lo tanto el uso repetitivo, curvatura acentuada y el bloqueo por detritus dentinarios aumentan el estrés torsional ^{(21) (22)}.

En síntesis el control del estrés de torsión implica: la regularización de la presión manual, la utilización de instrumentos con buenos filos, el empleo de instrumentos con diseños más resistentes, la irrigación y la lubricación abundante y la disminución de las áreas de contacto circular. A continuación le mostramos (figura 29) la deformación plástica de la lima tras sufrir una torsión excesiva ⁽³⁾.

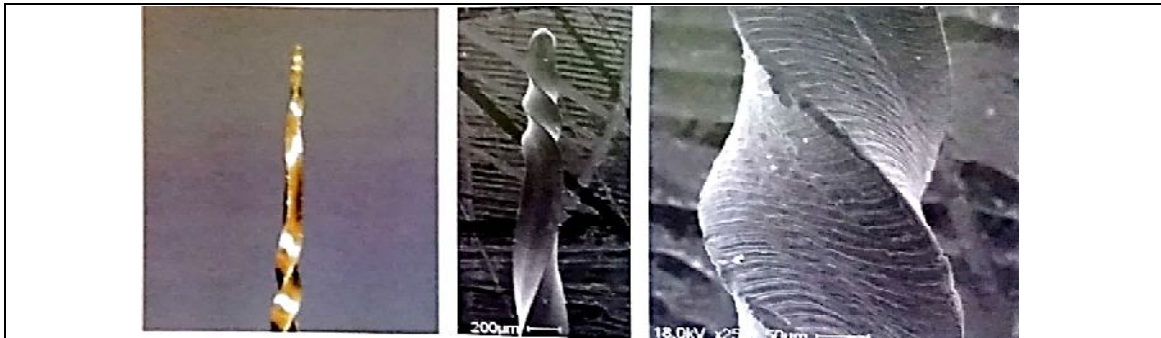


Figura 29: Imágenes correspondientes a un instrumento ProTaper (Dentsply-Maillefer) tras sufrir una torsión excesiva por bloqueo de su punta, la cual generó una deformación plástica. Obsérvese la inversión de la orientación en el espirilado y, en las imágenes al MEB, las estrías y las fisuras producidas en su estructura. **Fuente:** Lopreite,G. Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 126.

2.5.2.3 Consideraciones para evitar el estrés de flexión (fractura por flexión)

El estrés por flexión va a depender de:

- ✓ La anatomía del conducto tratado.
- ✓ Del grado, radio y ángulo de curvatura del conducto (curvo).
- ✓ De la cantidad de fatiga previamente acumulada o número de rotaciones, ya que a mayor uso, menor resistencia de la lima NiTi rotatorias.

Por lo tanto, la fractura por fatiga flexural se puede prevenir teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ No aumentar la velocidad recomendada para cada lima.
- ✓ No dejar rotando el instrumento en las curvaturas, el uso de cada instrumento no debe exceder de 5 a 10 segundos dentro del conducto radicular.
- ✓ Nunca permanezca con el instrumento girando en la misma posición (longitud), pues eso llevará al stress y consecuentemente a la fractura del instrumento. Si la lima no avanza, no

debe ser presionado hacia apical para evitar la fractura del instrumento, se recomendando volver al instrumento previamente usado o sustituirlo por una lima de acero inoxidable manual, lo mismo si el conducto radicular en su tercio apical es excesivamente atrésico y ofrece una curvatura abrupta se debe continuar con instrumentos manuales.

- ✓ El instrumento debe entrar girando siguiendo su propio trayecto y salir girando, no ejercer presión en caso de que el instrumento no avance o se detenga.
- ✓ En curvaturas de radio pequeño utilizar diámetros y conicidades bajas
- ✓ No sobrepasar los diámetros críticos sugeridos para curvas de 45 y radio 8 y menores.
- ✓ Controlar la integridad de los instrumentos, revisándolos constantemente en busca de defectos que puedan alertar al profesional de una posible fractura.
- ✓ Realizar la permeabilización intraconducto, para evitar el bloqueo apical que pueden causar las limas con puntas inactivas donde es dificultosa su progresión ^{(13) (21)}.

Hay que tener en cuenta que, cuanto menor sea el diámetro de un instrumento, más tiempo puede girar en el interior de una curvatura sin fallar por fatiga. La resistencia a la fatiga cíclica disminuye con el aumento de los diámetros de las limas, por lo tanto el uso de un instrumento de menor diámetro o conicidad representa menor riesgo.

En conclusión el operador debe tener en cuenta el número de rotaciones de la lima, el diámetro del instrumento, la forma cónica, el diseño y el grado de curvatura en la que trabajará, a fin de minimizar la influencia de la fatiga cíclica ⁽³⁾.

2.5.3 MECANISMOS DE FRACTURA DE LAS LIMAS NITI ROTATORIAS

Haciendo referencia a la naturaleza o mecanismo de la fractura metálica, esta puede ser dúctil o frágil; en el caso la fractura de las NiTi rotatorias también tienen la misma naturaleza o la combinación de ambas

Y es a través del análisis microscópico de la fractura (MEB- análisis fractográfico), que se realiza mediante la observación de la superficie, que podemos identificar el mecanismo de propagación de la fisura, para así determinar si la fractura tiene características dúctil o frágil ^{(8) (17) (18) (22)}.

2.5.3.1 Fractura Dúctil

Este tipo de fractura se origina en las micro-cavidades que se forman en el interior del metal (fatiga interna del metal), estas grietas van creciendo y coalesciendo lentamente hasta debilitar el metal y producir la fractura tal como se observa en la (figura 30).

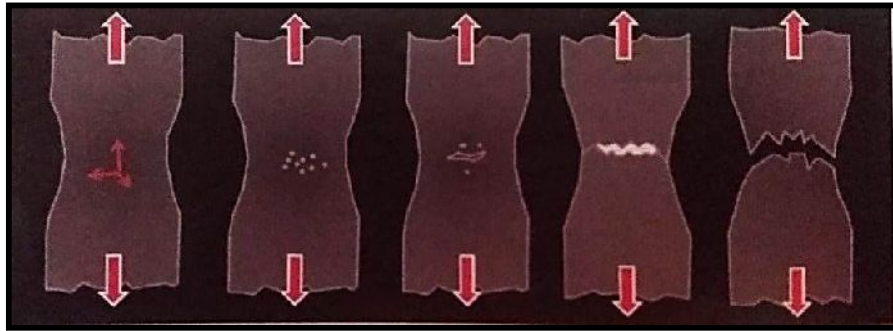


Figura 30: Esquema que muestra las etapas de formación dúctil. Adaptado de: Dieter, G. Mechanicalmetallurgy. 2da ed., Nueva York McGraw-Hill, 1976.

Fuente: Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag.134.

Este tipo de fractura ocurre después de una intensa deformación plástica donde la superficie tiene una textura fibrosa tal como podemos observar en la (figura 31).

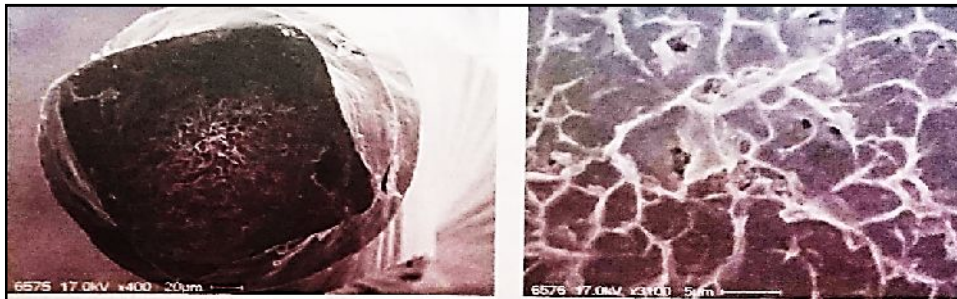
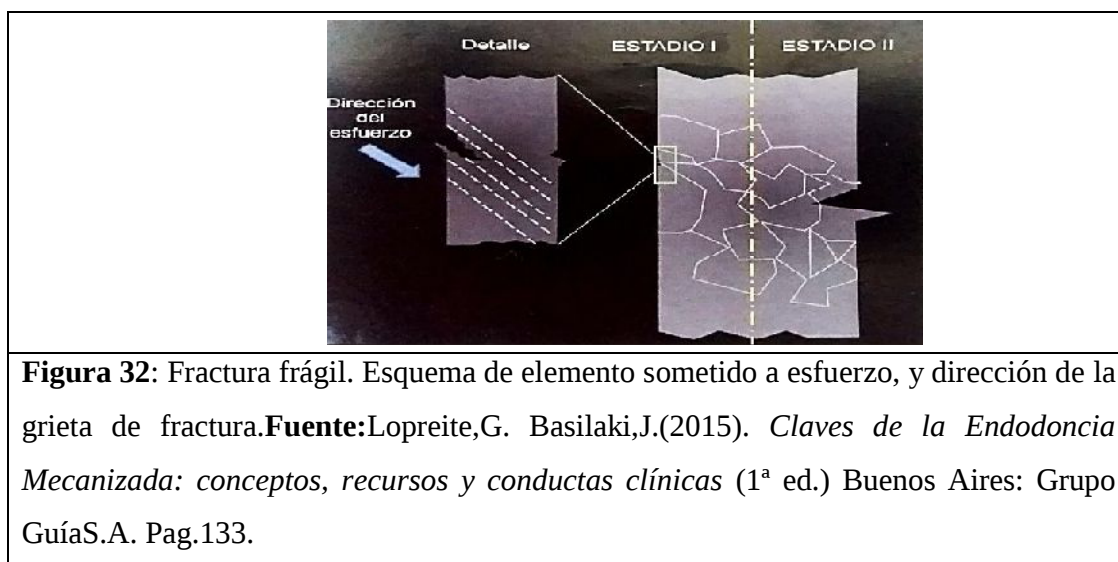


Figura 31: Superficies que muestran estrías concéntricas con la propagación de la fractura, y detalle de la zona central con signos característicos de final dúctil.

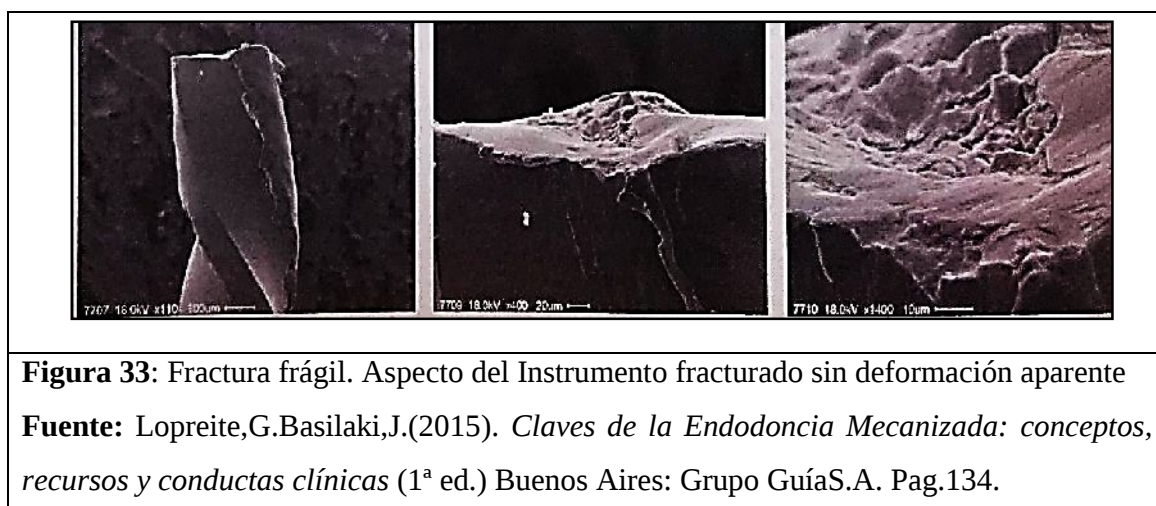
Fuente: Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag.134.

2.5.3.2 Fractura Frágil

Mientras que en la fractura frágil, la falla se inicia en las grietas o fisuras de la superficie del metal, siendo estas el límite de inicio de la propagación rápida de la grieta o fisura a lo largo de los planos cristalográficos tal como se observa en la figura (figura 32).



Este tipo de fractura ocurre con una escasa o ninguna deformación plástica, la superficie tiene una textura quebradiza o granular (figura 33) y se consideran fracturas peligrosas ya que ocurren de manera repentina ^{(17) (18) (22)}.



2.6 RESOLUCIÓN CLÍNICA DE LA FRACTURA DE LAS LIMAS NITI ROTATORIAS EN EL INTERIOR DEL CONDUCTO RADICULAR.

Glikman et al. 24 refiere que el problema real con la fractura de los instrumentos, es que bloquean la posibilidad de una adecuada limpieza, preparación y obturación del conducto. Aunque algunos pueden ser removidos, otros no pueden ser retirados debido a la presencia de curvaturas o el total bloqueo del lumen del conducto, evitando sobrepasar el segmento fracturado.

Es así que ante la sospecha de la fractura de la lima endodóntica, éste debe ser inspeccionado al momento de retirarla del conducto, observando su integridad y la disminución en su longitud. El impedimento para acceder a la longitud de trabajo con un nuevo instrumento y la sensación de obstáculo rígido, aumenta la sospecha de fractura, donde una radiografía del diente en cuestión confirmará o descartará este accidente ⁽²⁾.

Ante la situación de recibir un paciente para tratamiento endodóntico en situaciones como esta, debe informársele lo ocurrido anteriormente, respecto a la fractura del instrumento, porque no siempre el profesional que provocó el problema le informa lo ocurrido.

Cuando ocurre la fractura de un instrumento la decisión por un determinado tratamiento dependerá de algunos factores a saber:

- ✓ Estado emocional del profesional: Contraindica momentáneamente cualquier intento de resolución, es mejor realizar en otra sesión con más tranquilidad y mejor planificación.
- ✓ Tipo de instrumento fracturado: instrumentos barbados son más difíciles de ser removidos en comparación con los lisos.
- ✓ Tamaño del fragmento: fragmentos grandes muchas veces se fracturan a nivel de la entrada del conducto, siendo de más fácil remoción, contrario a esto los instrumentos pequeños tienen predilección por alojarse a nivel apical, consecuentemente con mayor dificultad para la remoción.
- ✓ Calibre del instrumento: fragmentos más gruesos tienden a enroscarse más en el conducto, siendo difícil de ser ultrapasados y removidos.

- ✓ Localización del diente: en los dientes anteriores por la amplitud y dirección de los conductos, la remoción es más fácil que en los posteriores por la posición de los mismos y la fuerza de gravedad, tienden a facilitar su remoción.
- ✓ Tipo de conducto: Conductos curvos y estrechos exigen siempre más trabajo, en la tentativa de remoción y con grandes posibilidades de que puedan ocurrir otros accidentes. Esto depende de una serie de factores y no siempre se consiguen resultados satisfactorio.
- ✓ Nivel de la fractura: El nivel en que la fractura ocurrió también tienen influencia directa en su remoción. Aquellas que ocurren a nivel cervical propician una mayor oportunidad de resolución de aquellas que ocurren en tercio medio o apical.
- ✓ Presencia de curvaturas: Si el fragmento se localiza antes de una curvatura radicular, la posibilidad de remoción es mayor de que si se encuentra a nivel de la curva o más allá de la curva ^{(5) (22)}.

Por lo tanto antes de iniciar cualquier procedimiento, se deben evaluar cuidadosamente las radiografías preoperatorias en diferentes angulaciones horizontales y tratando de revelar el grosor de las paredes de dentina ^{(5) (22)}.

Para la resolución clínica de un instrumento fracturado en el interior del conducto existen 4 alternativas:

2.6.1 ULTRAPASAR EL FRAGMENTO Y REMOVERLO VÍA CONDUCTO

Inicialmente se debe procurar ampliar el conducto hasta el nivel del fragmento. Con una lima tipo K n° 10 o 15, se busca encontrar un espacio entre el metal y la pared del conducto radicular, lo que permitirá una sensación de que la punta del instrumento se prendió en el conducto (figura 34 A, B, C). Con movimientos de cateterismo cuidadosa y lentamente se intenta ultrapasar el fragmento. En esta maniobra es importante que conforme el instrumento accede a una cierta distancia en el conducto, éste sea removido. Esto crea un espacio mayor, alivia las tensiones sobre el instrumento, propicia un nuevo acceso y disminuye el riesgo de fractura. En el intento por ultrapasar el fragmento de un solo movimiento, forzando al instrumento, podría ocasionarse un escalón, una perforación o la fractura de otro instrumento.

La radiografía en este momento es muy importante para poder detectar posibles desvíos del instrumento y en el caso de haber ultrapasado el fragmento, dicha imagen servirá para definir la longitud del diente y de trabajo.

Una vez que se ha ultrapasado el fragmento, el conducto debe ser instrumentado con extremo cuidado (figura 34 D), de modo que el fragmento no sea forzado más apicalmente complicando la situación ⁽⁵⁾.

La irrigación auxiliar es importante, porque el fragmento fracturado puede ser removido por el reflujo del líquido (figura 34 E y F)⁽⁵⁾.

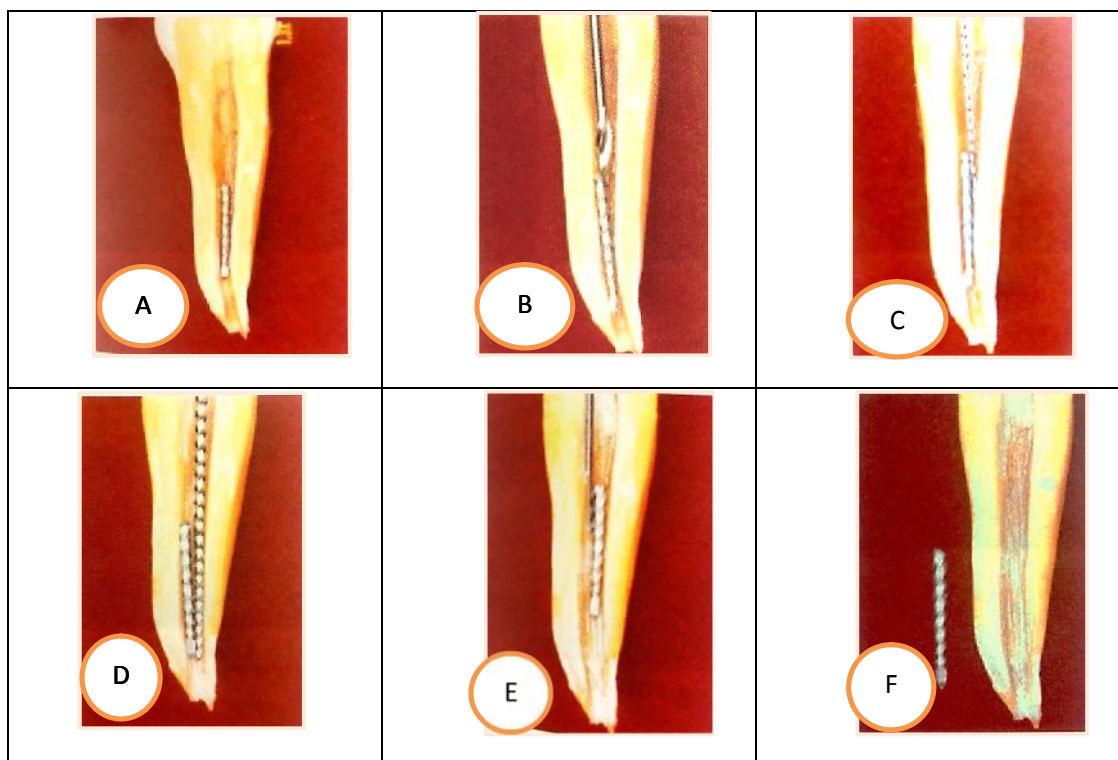
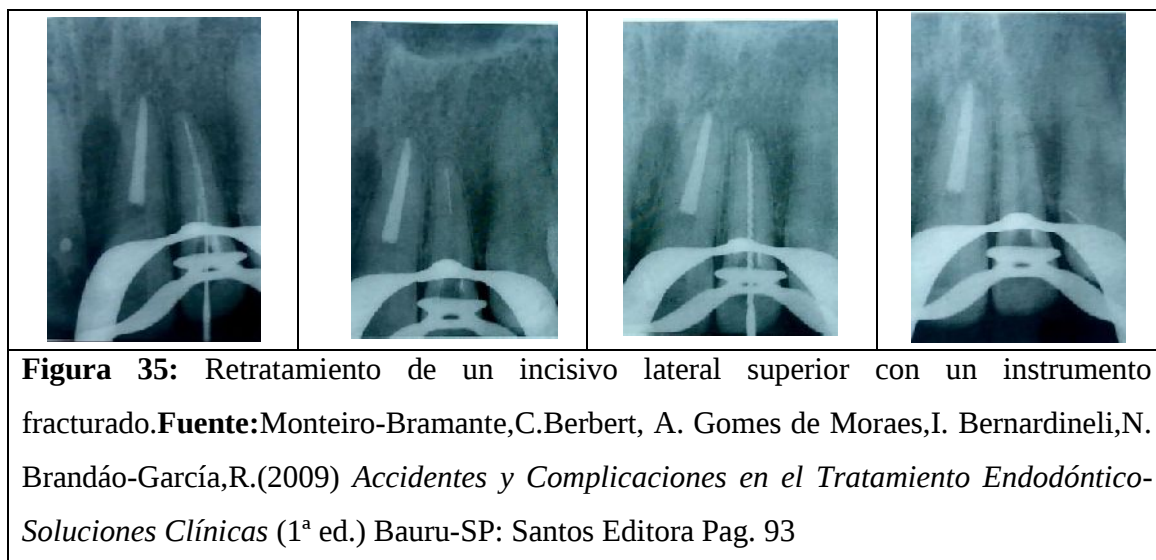


Figura 34: Secuencia de la remoción de un instrumento fracturado.

Fuente: Monteiro-Bramante,C.Berbert, A. Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandão-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 93

A continuación le mostramos el caso de un retratamiento de un incisivo lateral superior donde se pudo ultrapasar y retirar el fragmento quebrado (figura 35).



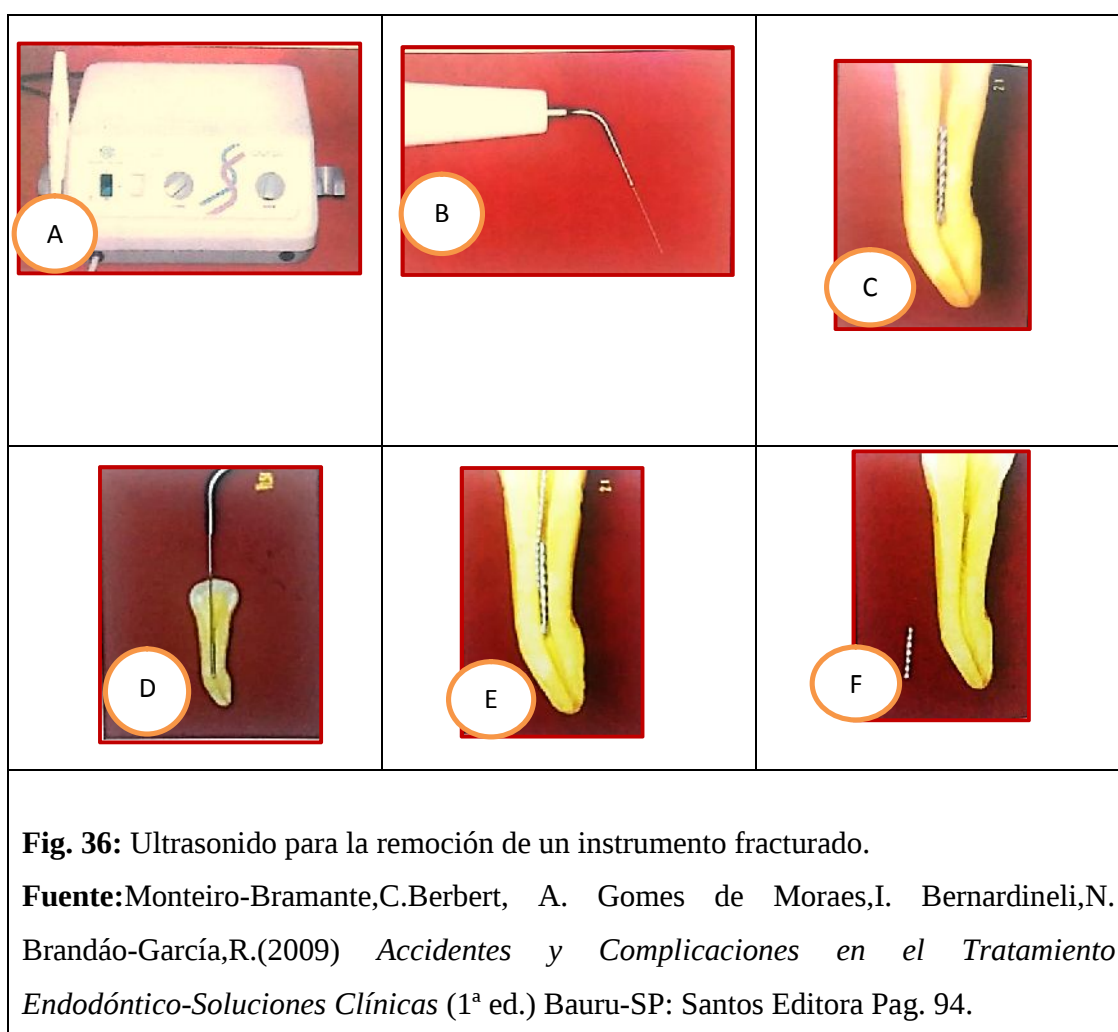
Al intentar contornear un fragmento, no es recomendable el empleo de EDTA, en virtud que reblandecerá la dentina, facilitará el desvío del instrumento, posibilitando inclusive la formación de un escalón y en ocasiones hasta de una perforación.

Algunos recursos pueden ser adicionados en la tentativa de remover los instrumentos fracturados, destacándose entre ellos el Ultrasonido, Canal Finder, Masseran Kit y el Endo Extractor ⁽⁵⁾.

2.6.1.1 Remoción del fragmento fracturado con el auxilio del Ultrasonido

Es un excelente auxiliar para la remoción de los cuerpos extraños del interior del conducto (Figs. 36 A, B, C). La primera opción para remover un instrumento fracturado, es el empleo de instrumental ultrasónico. Se selecciona el instrumento ultrasónico, según la profundidad a la que se encuentra el fragmento y el espacio disponible (figura 36 D). Este instrumento se activa a la potencia mínima y se utiliza en seco, para obtener una visión constante de la punta funcionando y del instrumento roto. El instrumento seleccionado se mueve ligeramente

alrededor del instrumento en sentido contrario de las agujas del reloj. Esta acción ultrasónica expulsa el polvo de dentina y trepana unos pocos milímetros coronales alrededor del instrumento. Por lo general durante el uso del ultrasonido el fragmento comienza a aflojarse, desenroscarse y girar. Si se ejerce una suave acción de palanca con la punta entre la lima y la pared del conducto (figura 36 E), en ocasiones el instrumento salta del interior del mismo (figura 36 F) ⁽¹⁴⁾.



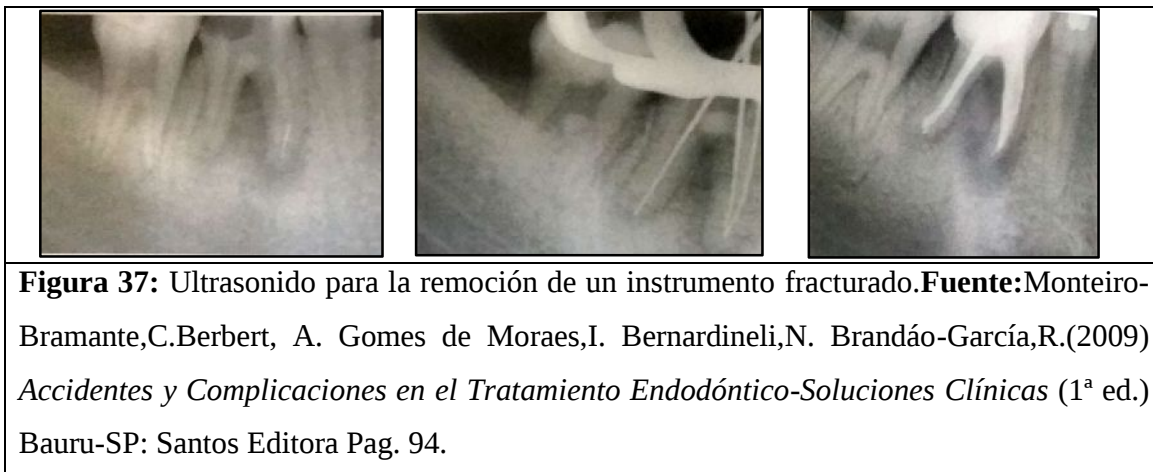
La mayoría de los instrumentos de acero inoxidable y carbón se desplazan en dirección coronal si se establece alrededor de ellos un plano de socavamiento de 1,5-2mm y a continuación se activa el fragmento con energía ultrasónica.

Cuando no resulte seguro continuar trepanando alrededor del instrumento fracturado, debido a falta de visión o restricciones anatómicas, limas manuales pequeñas en conjunto con quelantes acuosos o viscosos pueden emplearse para sobrepasar parcialmente o por completo el fragmento y tratar de removerlo. Se puede irrigar alternando el hipoclorito de sodio con peróxido de hidrógeno, ya que la efervescencia creada puede desalojar el instrumento haciéndolo flotar coronalmente ⁽¹⁴⁾.

Los fragmentos del instrumento de níquel-titanio suponen un reto especial para el odontólogo. Debido a las propiedades termodinámicas del níquel-titanio, la vibración ultrasónica de estos instrumentos produce un rápido calentamiento y una desintegración espontánea del metal. De ahí que el procedimiento de socavamiento se deba llevar a cabo con gran precisión con el fin de no contactar con el metal. Una vez completado este último, se puede extraer el fragmento reduciendo el nivel de potencia ultrasónica al mínimo e intentando hacer vibrar en sentido coronal el fragmento expuesto; para ello es preciso aplicar agua con el fin de reducir al mínimo la acumulación de calor. La irrigación con agua durante la vibración impide la visibilidad, con lo cual la extracción de fragmentos de instrumentos de níquel-titanio resulta más difícil que la de instrumentos de acero inoxidable, que no precisan irrigación con agua. La técnica para extraer los depósitos de Thermafil de níquel-titanio es idéntica a la utilizada para extraer limas de níquel titanio ⁽¹⁴⁾.

Ward et al. Realizaron una investigación para evaluar el uso de la técnica ultrasónica para remover instrumentos rotatorios de níquel titanio fracturados de conductos curvos y estrechos, utilizando la técnica propuesta por Ruddle 9, donde realizó el uso de puntas ultrasónicas realizando una plataforma de acceso combinadas, con el uso del microscopio quirúrgico, fue exitoso y seguro cuando alguna parte del instrumento fracturado estaba localizado en la porción recta del conducto. Cuando el fragmento estaba localizado completamente en la curva, el índice de éxito disminuyó significativamente y con frecuencia ocurrió gran daño al conducto ⁽¹⁴⁾⁽²⁴⁾.

A continuación mostramos en la (figura 37) la remoción de un fragmento fracturado con la ayuda del ultrasonido.



2.6.1.2 Métodos de Remoción por Microtubos

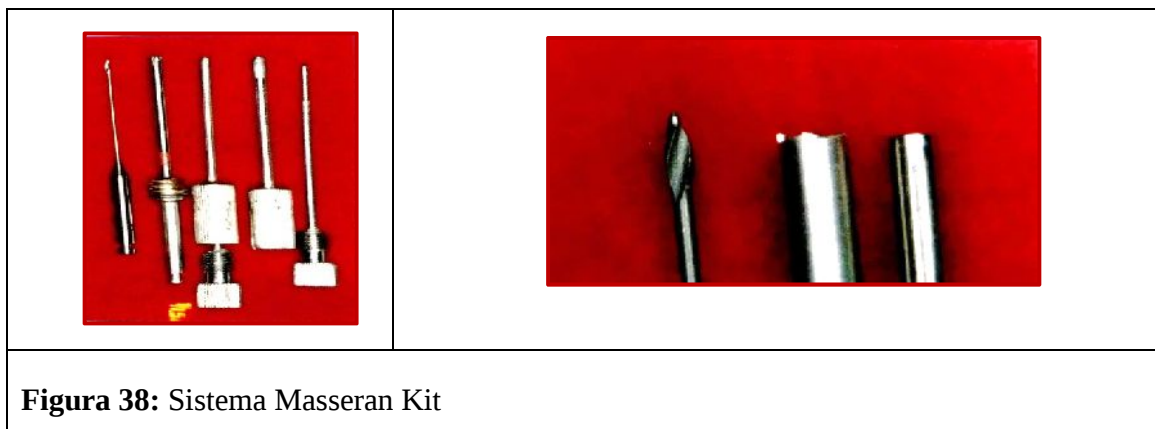
Si el fragmento no se desplaza en sentido coronal tras el socavamiento y la vibración ultrasónica, después de realizar la técnica descrita anteriormente, se puede seleccionar una microsonda para asir el fragmento y eliminarlo mecánicamente.

Existen varios métodos de remoción por microtubos, diseñados para trabar mecánicamente el instrumento fracturado. Sin embargo, debemos comprender que la mayoría de esos métodos requieren con frecuencia una excesiva remoción de dentina y a menudo resultan inefectivos.

Para el clínico que considera estos métodos de remoción, es importante considerar el diámetro exterior del dispositivo. Este diámetro indica cuan profundo puede introducirse el dispositivo dentro del conducto radicular de una manera segura ⁽¹⁴⁾.

A) Remoción del fragmento fracturado con el auxilio del Masseran Kit

Es un sistema para la remoción de instrumentos fracturados compuestos por una fresa Gates Glidden, un trépano vacío y un dispositivo de aprehensión (figura 38).



Inicialmente con las fresas Gates Glidden se amplía el trayecto del mismo hasta la proximidad del fragmento. Con el trépano vacío tiene forma de cánula dentada, en una de sus extremidades, se busca desgastar alrededor del fragmento exponiéndolo a una longitud tal que permita su aprehensión se introduce en el conducto con el objeto de tomar el fragmento, en este momento el conjunto de dispositivos de aprehensión y fragmentos son removidos por rotación en sentido antihorario (figs. 39 A-F) ⁽⁵⁾.

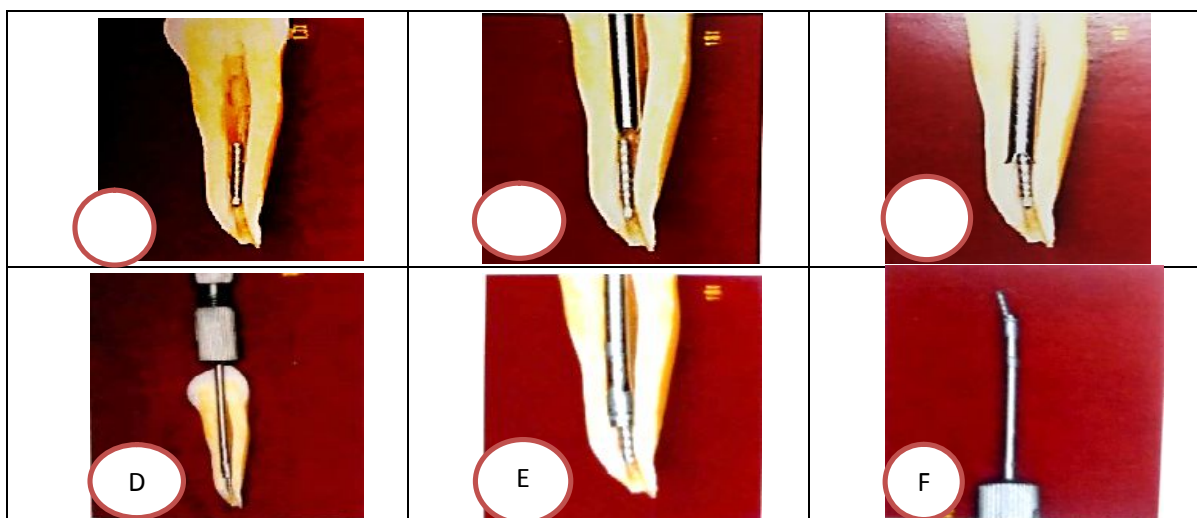


Figura 39: Secuencia para la remoción de un instrumento fracturado con el auxilio del Masseran Kit. **Fuente:** Monteiro-Bramante,C.Berbert, A. Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandáo-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 97.

A continuación le mostramos las imágenes correspondientes a un caso clínico donde se empleó el Masseran Kit para la remoción de un instrumento fracturado (figura 40)



B) Remoción del fragmento fracturado con el auxilio del InstrumentalCancellier

Esta técnica requiere 2 milímetros de fragmento expuesto. El instrumental Cancellier consiste en una serie graduada de cánulas, que pueden unirse a un porta cánulas roscado manual. Hay que estimar el perímetro aproximado del fragmento expuesto y seleccionar la cánula Cancellier del tamaño adecuado. Debe elegirse una cánula que permita un máximo de nivel de contacto entre ella y el instrumento con el fin de aplicar pegamento de cianocrilato sobre el extremo distal del instrumento Cancellier mediante una lima manual. El instrumento Cancellier se coloca a continuación sobre el fragmento expuesto del instrumento roto y se mantiene en posición mientras el ayudante aplica una gota de monómero de metilmetacrilato a lo largo del instrumento Cancellier y dirige el monómero a lo largo del instrumento Cancellier. Después de fraguar el pegamento, se desenrosca el portacánula manual de la cánula y se aplica a una suave presión coronal para extraer el fragmento roto. El socavamiento, la medición y la aplicación del instrumento Cancellier se llevan a cabo a gran aumento ⁽⁵⁾.

C) Remoción del fragmento fracturado con el auxilio del Instrumental RemovalSystem (IRS):

Esta opción constituye un gran avance para la recuperación de instrumentos fracturados y alojados en las zonas más profundas del conducto radicular. El IRS está indicado cuando los esfuerzos con ultrasonido no resultan exitosos y puede emplearse para retirar instrumentos rotos alojados en la porción recta del conducto o parcialmente en la curvatura. Este sistema está formado por microtubos de diversos tamaños con fiadores a modo de cuñas. El microtubo posee un mango pequeño para aumentar la visión, y su extremo distal está fabricado con un ángulo de 40 grados biselado y una ventana lateral. Antes de utilizar el IRS se deben realizar los pasos descritos anteriormente, acceso coronal y radicular, y exponer con el uso de instrumentos ultrasónicos 2 a 3mm del fragmento, o si es posible un tercio de su longitud total.

Luego se selecciona la microcánula que pueda deslizarse pasivamente dentro del conducto y sobre el instrumento expuesto. Se introduce la microcánula, en los casos de curvatura del conducto, la porción larga del extremo biselado se aplica a la pared externa del conducto para recoger el extremo del instrumento roto y guiarlo hacia el interior de la luz. Luego se introduce el tornillo a través del extremo abierto del tubo y se desliza hacia abajo hasta que entra en contacto con el instrumento. El fragmento se engrana y fija girando el tornillo del mango del fiador en el sentido de las agujas del reloj. La rotación progresiva afirma y con frecuencia desplaza la cabeza de la lima, rotando a través de la ventana de la micro-cánula ⁽⁵⁾.

2.6.2 ULTRAPASAR EL FRAGMENTO ENVOLVIÉNDOLO CON LA MASA OBTURADORA

En algunas situaciones en que se consiguió ultrapasar el fragmento y a pesar de todos los esfuerzos no se logró desenroscarlo de la pared del conducto y tomando en cuenta que el ensanchado excesivo puede ser perjudicial, principalmente en raíces finas y con curva acentuada, el conducto puede ser obturado englobando al fragmento con la masa obturadora. (figs. 41 A - F).

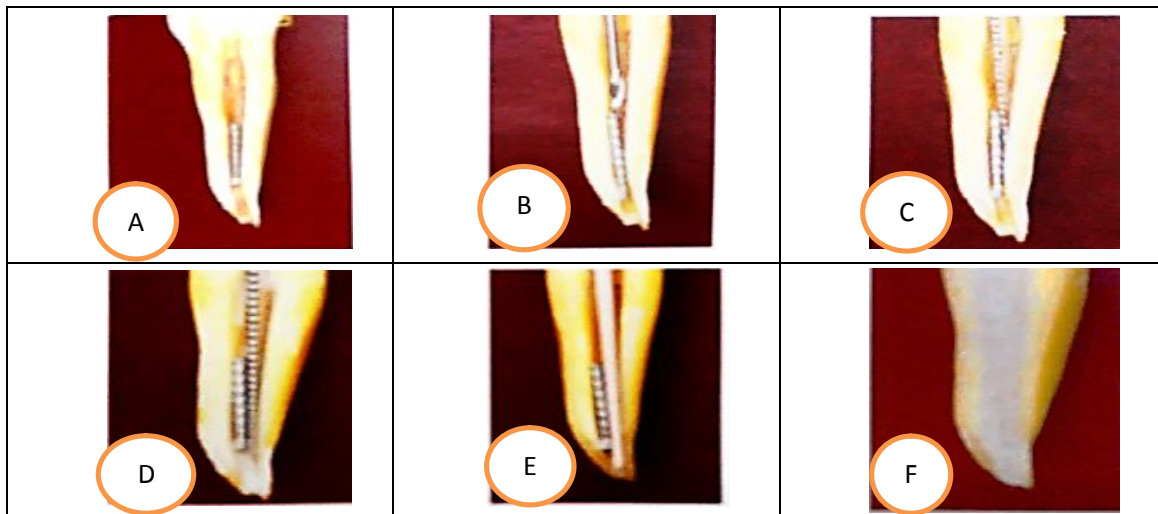


Figura 41: Secuencia para englobar con el material obturador el fragmento del instrumento. **Fuente:** Monteiro-Bramante,C.Berbert, A. Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandáo-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 101.

El uso de un cemento con una buena radiopacidad puede enmascarar la presencia del fragmento, siendo que la presencia de ese fragmento englobado en la masa obturadora no traerá inconveniente alguno o secuelas para el diente, tejidos periapicales o mejor dicho, para el paciente (figs. 42). La secuencia de técnicas es la misma descrita anteriormente. Cuando el conducto se encuentra ensanchado se lleva a cabo la obturación con gutapercha y cemento sellador ⁽⁵⁾.

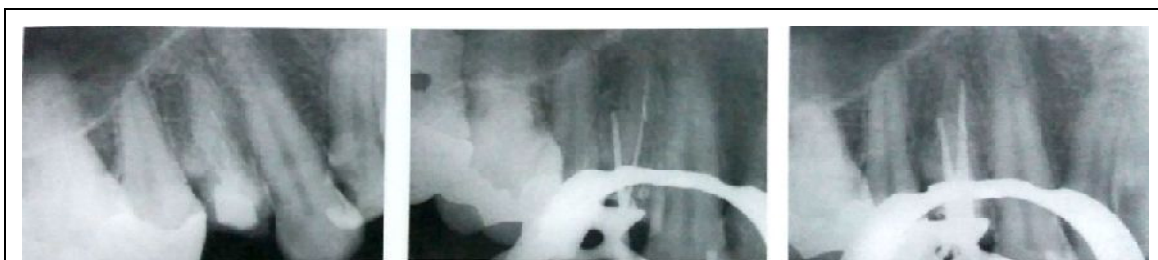


Figura 42: Instrumento fracturado en el premolar superior, siendo envuelto con el material obturador. **Fuente:** Monteiro-Bramante,C.Berbert, A. Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandáo-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 101.

2.6.3 DEJAR EL FRAGMENTO FRACTURADO EN EL CONDUCTO RADICULAR Y OBTURAR

Dependiendo de la forma de cómo fue fracturado el instrumento, puede obstruir totalmente un conducto dificultando el ultrapasado y consecuentemente tornando imposible su remoción. En la tentativa de ultrapasado del fragmento, realizada sin éxito se observa radiográficamente una tendencia o un principio de desvío de la dirección del instrumento utilizado para la remoción, que en la insistencia puede conducir a una perforación. En este caso, el conducto es instrumentado hasta el nivel del fragmento y luego se realiza la obturación. En los casos de necrosis es conveniente emplear por algunos días una medicación intraconducto, principalmente a base de un antiséptico fuerte, antes de realizar la obturación del conducto⁽⁵⁾.

Para la realización de este procedimiento algunos factores deben ser considerados:

2.6.3.1 Condición del tejido pulpar y momento de la fractura

Si la fractura ocurre durante la biopulpectomía, el conducto puede ser preparado y obturado hasta el nivel del fragmento, sin inconveniente alguno y tomando en consideración únicamente el momento de la fractura como se indica a continuación.

En el caso de la pulpa viva:

- ✓ Si la fractura ocurre en el inicio de la instrumentación, sin que haya pasado del punto donde se fracturó el instrumento, el pronóstico es más favorable por el hecho de que el remanente pulpar no ha sido violado.
- ✓ Si en esa misma situación la pulpa ha sido afectada por el instrumento fracturado, el pronóstico no será tan bueno porque dicha pulpa tiende a sufrir una reacción inflamatoria, pudiéndose desintegrar con todas las secuelas de una necrosis.
- ✓ En caso de ocurrir en un conducto instrumentado, el pronóstico es favorable sobre todo si fue próximo a la extensión final del trabajo ⁽⁵⁾.

Ahora si la fractura ocurrió durante una necropulpotomía, las condiciones en el segmento del conducto y el fragmento, tendrán una influencia directa en el resultado del tratamiento.

En la condicione anteriormente citada, la posibilidad de éxito es menor, principalmente si existe aún infección en el conducto radicular y aún más si hay lesión periapical. Siendo así si el instrumento se fracturó después de que el conducto fue instrumentado, el pronóstico es más favorable de que si la fractura ocurrió al inicio de la instrumentación del conducto radicular. A continuación mostramos en las (figuras 43 A-F) la secuencia de obturación del conducto hasta el nivel del fragmento⁽⁵⁾.

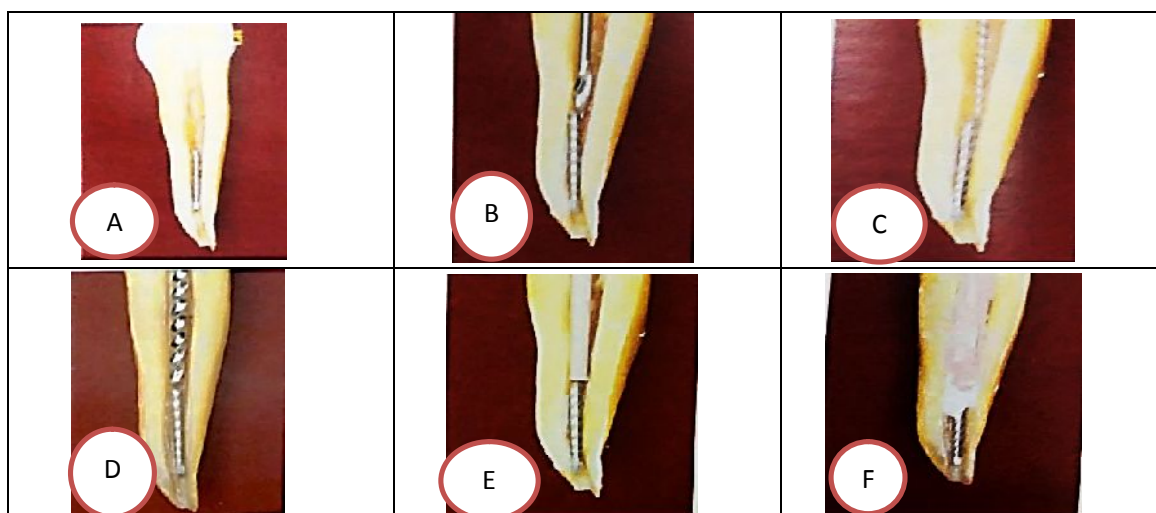


Figura 43: Secuencia de obturación del conducto hasta el nivel del fragmento.

Fuente: Monteiro-Bramante, C. Berbert, A. Gomes de Moraes, I. Bernardineli, N. Brandão-García, R. (2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 102.

2.6.3.2 Nivel de la fractura

En cualquier circunstancia el nivel de obturación del conducto, será el nivel en que está el fragmento. En caso de que ocurra un fracaso en el tratamiento cuando el fragmento está ubicado a nivel apical, será posible la realización de un tratamiento quirúrgico más conservador.

Es importante recordar que en cualquier situación, la obturación del conducto debe ser realizada por la técnica clásica, es decir, el relleno de todo el conducto con cemento seguido

de la colocación del cono de gutapercha y vigorosa condensación lateral (figs. 44 a, b, c)⁽⁵⁾. pudiendo inclusive utilizar técnicas termo-plastificadoras ⁽⁵⁾.

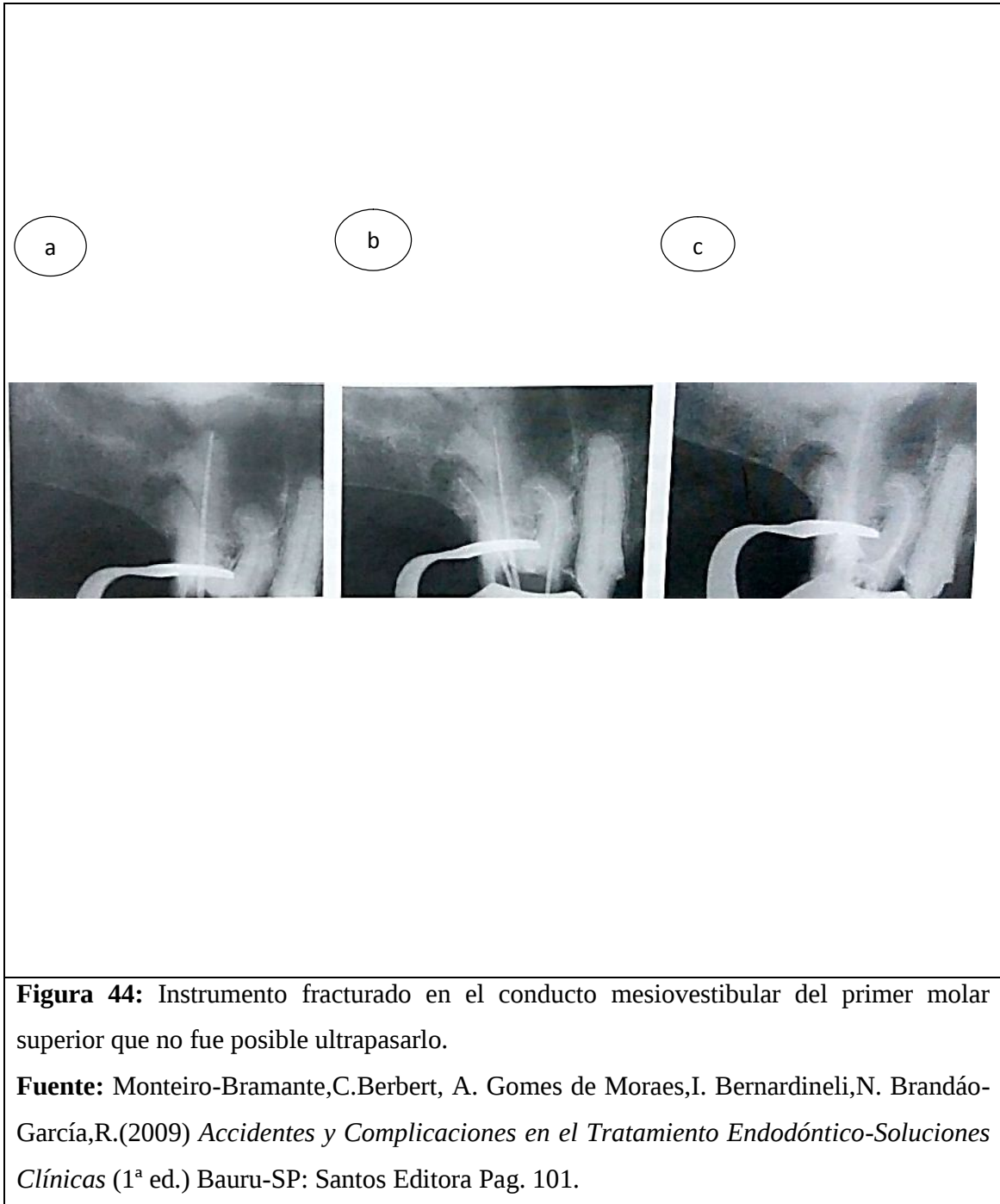


Figura 44: Instrumento fracturado en el conducto mesiovestibular del primer molar superior que no fue posible ultrapasarlo.

Fuente: Monteiro-Bramante,C.Berbert, A. Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandão-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 101.

2.6.3.3 Número de conductos.

Se destacan las raíces que presentan dos conductos terminando en un mismo foramen, como en el caso de las raíces mesiales de los molares inferiores, mesiovestibular de los molares superiores y las de algunos premolares.

Si la fractura ocurre, por ejemplo en el conducto mesiovestibular del molar inferior, en el cual no fue posible ultrapasar el fragmento, el conducto mesiolingual permitirá alcanzar el foramen instrumentándolo y obturándolo. Obturado el foramen, el segmento del conducto mesiovestibular que no fue instrumentado dejará de presentar una situación complicada para la reparación. (figs. 45 y 46).

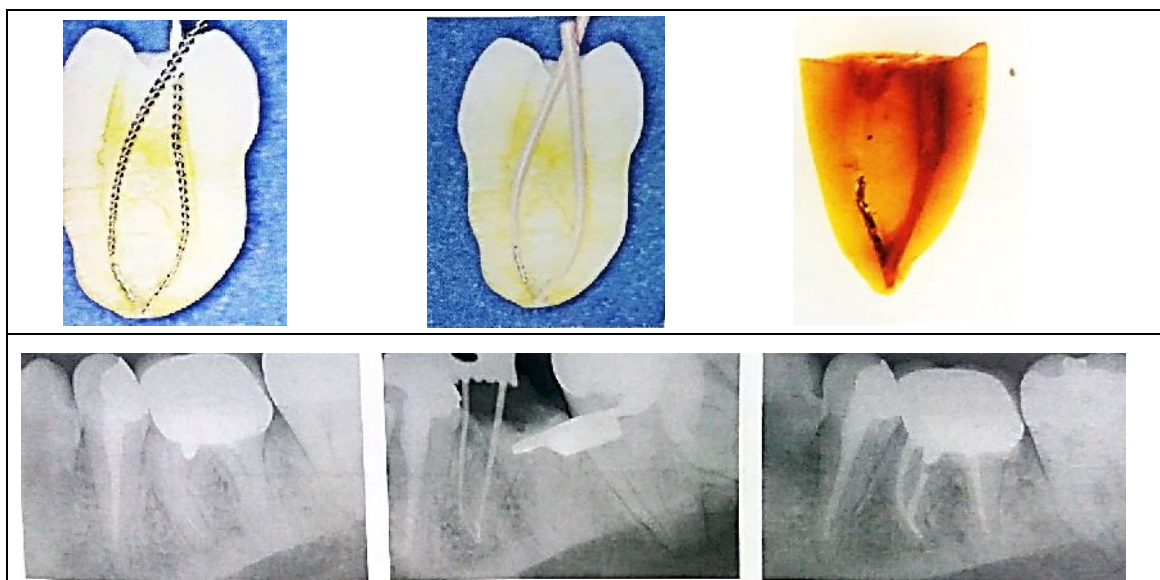


Figura 45: Raíz exhibiendo dos conductos terminados en forámen único y con un instrumento fracturado en uno de éstos.**Figura 46:** Instrumento fracturado en el conducto mesiolingual de un primer molar inferior, siendo contorneado y obturado a través del conducto mesiovestibular.

Fuente: Monteiro-Bramante,C.Berbert, A. Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandão-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.) Bauru-SP: Santos Editora Pag. 103.

Es importante recordar que, al remover el fragmento de un conducto, éste puede caer en el otro, conduciendo de esta forma a los mismos problemas para la remoción. Por tal motivo, siempre es conveniente que en las entradas de los conductos que no están siendo trabajados, sean selladas temporalmente con una lámina de gutapercha o con una pequeña torunda de algodón.

En realidad, una vez comprobada la fractura de un instrumento en un diente que presenta más de un conducto, es conveniente realizar la instrumentación y la obturación de los conductos que no están comprometidos en ese accidente, para después encargarse del que está con el instrumento fracturado ⁽⁵⁾.

2.6.4 REMOCIÓN QUIRÚRGICA

Este tipo de accidente con buenos y aún más con malos pronóstico, exigen control clínico y radiográfico en mayor o menor espacio de tiempo; en caso de darse un fracaso endodóntico por esta causa, se caracterizará por la presencia de lesiones, dolor localizado, muchas veces edema, fístula y la no regresión de las lesiones. En éstas circunstancias son recomendados los procedimientos quirúrgicos, como la apicectomía, obturación retrógrada, cirugía con obturación simultánea del conducto, hemisección, etc. ⁽⁵⁾.

2.7 PRONÓSTICO

En cuanto al pronóstico Crump et al. 13 basados en los resultados de su estudio, concluyeron que, aunque la fractura de instrumentos pueda aumentar el riesgo a un fracaso, no es un factor determinante hacia el mismo; por lo tanto, generalmente la fractura de un instrumento no tiene efecto adverso en el pronóstico ⁽²⁾.

Por su parte Torabinejad 89 refiere que el pronóstico depende de la magnitud del conducto no desbridado ni obturado en sentido apical. El pronóstico mejora cuando se fractura un instrumento de mayor diámetro en la fase final de la limpieza y preparación del sistema de conductos, cerca de la longitud de trabajo y es desfavorable en conductos que no han sido preparados y, el instrumento se fractura lejos del ápice o fuera del foramen apical ⁽²⁾.

Spili et al. Publicaron el resultado de su investigación, sobre la influencia que tienen en el pronóstico del tratamiento endodóntico, la fracturas de las NiTi rotatorias, cuyo resultado mostró una tasa elevada de curación de 91.8%; y a la vez demostraron que ese porcentaje disminuyó, ante la presencia de radio-transparencia periapical preoperatoria, con un porcentaje de 86.7%. Este estudio confirma que en el caso de la fractura de la lima NiTi rotatoria en el interior del conducto radicular, con la presencia de radiotransparencia periapical preoperatoria, es clínicamente importante ya que demuestra una gran influencia negativa en el pronóstico. Por lo tanto los factores que afectan el pronóstico son: lesión periapical, fase de preparación del canal, posible debilitamiento de la raíz, perforación y riesgos procesales ⁽²²⁾.

Así mismo hay que recordar un factor importante que es el paciente, el cual es la parte viva de este proceso, a quien se debe el mayor respeto, consideración y explicaciones posibles sobre lo que ocurra; por parte del profesional responsable del paciente, o bien si lo hubiese recibido por indicación de otro profesional.

Es fundamental que el paciente esté enterado de lo ocurrido. Aclararle todos los aspectos relacionados con los acontecimientos, dificultades en el manejo clínico, las perspectivas de tratamiento y las posibilidades quirúrgicas, son aspectos esenciales que deben ser del conocimiento del paciente ⁽⁵⁾.

CAPÍTULO III

A continuación se presenta el presente reporte de un caso clínico, que describe un caso de seguimiento de 2 años, en un molar superior con un instrumento endodóntico NiTi rotatorio (ProTaper universal-DentsplyMaillefer) fracturado en el conducto disto vestibular, que no afectó de forma adversa el resultado del tratamiento, antes de abordar el caso clínico haremos una breve descripción de las características del sistema ProTaper Universal-DentsplyMaillefer, que se emplearon en la instrumentación de los conductos radiculares de dicha pieza dentaria ^{(8) (9) (10)}.

3.1. SISTEMA PRO TAPER UNIVERSAL

El sistema ProTaper (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suiza- figura 47) representa un adelanto incomparable en la generación de las limas de níquel-titanio, fue desarrollado por un grupo de venerados endodoncistas: el Profesor Pierre Machtou (Universidad de Paris Francia); el Dr Clifford Ruddle (Santa Bárbara, California, Estados Unidos); y el Profesor John West (Universidad de Washignton, Seattle y la Universidad de Boston, Boston Massachusetts, Estados unidos), en cooperación con DentsplyMaillefer. Apareció en el mercado en el año 2001 ^{(8) (9) (10)}.

Entre las características del sistema rotatorio ProTaper Universal Dentsply-Maillefer tenemos:

- Fabricante: Dentsply-Maillefer (Ballaigues, Suiza)
- Metal y método de fabricación: Aleación de NiTi convencional, torneado.
- Sección triangular convexa, triangular cóncava.
- Conicidad: variable
- Ángulos de corte: tres simétricos negativos.
- Ángulo Helicoidal: variable.
- Repetitividad de Espiras: variable
- Punta inactiva.

- Alma: centrada variable.
- Cantidad de Instrumentos: 8
- Cinemática de empleo: movimiento rotatorio continuo horario.
- Indicación: por tercios corono-apical.



La serie ProTaper Universal consta de 8 instrumentos divididos en dos series la primera corresponde a las limas de conformación S (Shaping Files), y la segunda serie corresponde a las limas de terminación F (Finishng Files), confeccionados por torneado a partir de un alambre en aleación de NiTi convencional. Son empleados en técnicas mecanizada de giro continuo horario, para la preparación en sentido coronoapical.

Los instrumentos de la serie s se indican para la preparación quirúrgica de los tercios cervical y medio del conducto, mientras que los de la serie F están destinados al abordaje y la preparación del tercio apical.

En cuanto a las características morfológicas destacadas, poseen monturas de 13 mm de longitud, punta inactiva y son variables en su conicidad, el ángulo helicoidal, la repetitividad de espiras y la sección a lo largo de la parte activa tal como podemos apreciar en las (figuras 48 y 49).

La serie S está compuesta por los instrumentos SX,S1y S2 y la serie F por las limas F1, F2, F3, F4y F5 ⁽³⁾.



Figura 48: Imágenes al MEB de la punta, ángulo helicoidal y de perfiles próximos a la punta y al vástago, de un instrumento ProTaper Universal (Dentply- Maillefer).

Fuente: Lopreite, G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 195.

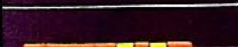
Instrumento	Codificación	Longitud (mm)	Calibre de la punta	Conicidad (%) 3 mm apicales	Sección	Velocidad (rpm)	Torque (Ncm)
SX		18	19	3,5		300	2
S1		21; 25; 31	18	2		350	3,5
S2		21; 25; 31	20	4		300	1
F1		21; 25; 31	20	7		250	2
F2		21; 25; 31	25	8		250	2,6
F3		21; 25; 31	30	9		250	2,6
F4		21; 25; 31	40	6		250	2,6
F5		21; 25; 31	50	5		250	2,6

Figura 49: Características morfológicas y cinemáticas de los instrumentos del sistema ProTaper Universal.

Fuente: Lopreite, G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A. Pag. 195.

3.2 REPORTE DEL CASO CLÍNICO

- Paciente de sexo masculino de 17 años de edad, acude a la clínica de odontología de la Universidad Amazónica de Pando por motivo de realizarse un tratamiento y rehabilitación

en la pieza No 16, El paciente se quejaba de dolor espontaneo, localizado en la región molar superior derecha más específicamente en la pieza dentaria N° 16, que llevaba padeciendo como 4 días.

- Los antecedentes médicos del paciente no revelaron información pertinente al caso
- Los antecedentes odontológicos revelaron presencia de dolor intermitente provocado por estímulos de calor, frío y al comer, por espacio de 1 mes.
- El examen clínico reveló un primer molar superior derecho con una caries ocluso- mesial pieza (16), sensible a la percusión. La palpación de la región vestibular y lingual de la pieza dentaria no reveló sensibilidad. El diente no presentaba movilidad dentaria y el sondeo periodontal alrededor del mismo se encontraba dentro de los límites fisiológicos.
- El examen radiográfico reveló una cámara pulpar amplia sin presencia de nódulos, conductos radiculares en mesio- vestibular estrecho y curvo, conducto disto-vestibular amplio y curvo y conducto palatino amplio y recto (figura 50).
- La zona perirradicular no se observa radiolucidez apical (figura 50).



Figura 50: RADIOGRAFÍA PREOPERATORIA 1MS

Con base en los hallazgos clínicos y radiográficos, se emitió un diagnóstico de pulpitis irreversible sintomática sin patología apical, por lo que se indica y explica al paciente que necesita realizarse un tratamiento de endodóntico en la pieza N° 16, por lo que se determina realizar una pulpectomía.

3.2.1. TRATAMIENTO ENDODÓNTICO

1er Paso: Después de realizar la antisepsia de la zona y el enjuague bucal respectivo del paciente, se administra anestesia local por vestibular y palatino con (lidocaína 2%) 1.8 ml.

2do Paso: Se procedió a realizar el aislamiento absoluto.

3er Paso: Se procede a realizar el retiro de todo el tejido cariado y la respectiva apertura cameral, donde se observó que el piso de la cámara pulpar mostraba la entrada de 3 orificios, que correspondían a los 3 conductos radiculares: mesio-vestibular (MV), disto-vestibular (DV) y palatino (P).

4to paso: La manipulación del sistema de conducto radicular fue inicialmente realizada con limas k, # 6, #8 y #10 (Dentsply-Maillefer).

5to Paso: Se procede a tomar la longitud de trabajo con el Localizador apical (propex II-Denstplymaillefer) y se corrobora con una radiografía periapical. Donde se establece que el conducto palatino mide 20mm., el conducto mesio-vestibular (MV) mide 20.2mm. y el conducto disto-vestibular mide también 20.2mm.(Radiografía- figura 51).



Figura 51: LONGITUD REAL DE TRABAJO 1MS

6to Paso: Preparación biomecánica: Para los 3 conductos se usaron instrumentos rotatorios de Níquel Titanio marca ProTaper Universal (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suiza). Se siguieron las indicaciones del fabricante de la manera siguiente: la lima Sx se usó hasta llegar a la mitad de la LT; se usó la lima S1 hasta llegar a 1mm. Del ápice dentario; se usaron las limas S1 y S2 hasta llegar a la totalidad de la L.T, y se usaron las limas F1, F2 y F3 de conformación y

modelado hasta llegar al total de la L.T. Realizando bastante irrigación y desinfección con hipoclorito de sodio al 3.6 % (clorito-ola de 3.6g/L)

Al realizar la instrumentación del conducto disto-vestibular notamos que disminuye la longitud de trabajo 2mm, entonces se verifica la longitud de la lima F2 donde evidentemente falta 2 mm, se procede a tomar la radiografía apical de confirmación y se constata la fractura la lima F2 en el tercio apical. Se le informó al paciente sobre el incidente de la fractura del instrumento.

Analizando todos los procedimientos ya realizados y teniendo en cuenta que la fractura del instrumento fue de la lima F2 que es lima de conformación final y la localización del fragmento separado que es en el tercio apical, lugar muy inaccesible para su retiro, se tomó la decisión de dejar el fragmento del instrumento como prevención de otro posible accidente que comprometa aún más el pronóstico del tratamiento.

Entonces se trata el conducto en posición coronaria con respecto al fragmento separado, con copiosa irrigación de hipoclorito de sodio al 3.6% como se mencionó anteriormente, luego una irrigación intermedia con solución salina estéril, EDTA solución al 17% (ácido etilendiaminotetrácico) y por último nuevamente con solución salina estéril. El mismo acondicionamiento se realizó en los otros 2 conductos el mesio- vestibular y palatino con la diferencia que el conducto palatino se realizó la instrumentación hasta la lima F3.

7mo. Paso: Al terminar la preparación química mecánica, se secaron los conductos con conos estériles de papel, se tomó la conometría (figura 52) y se procedió a obturar siguiendo la técnica del cono único (figura 53), obturando el conducto mesio- vestibular y conducto disto-vestibular con cono F2 y conducto palatino con F3 más 2 conos accesorios. A este efecto se usaron conos de gutapercha ProTaper (Dentsply- Maillefer), así como cemento Sealer 26 (Dentsply). El acceso a la cavidad fue sellado con obturación temporal de Ionómero de vidrio de obturación.

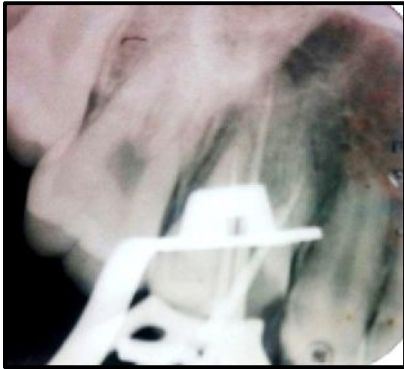


Figura 52: CONOMETRÍA



Figura53: OBTURACIÓN

CAPÍTULO IV

4.1. CONCLUSIONES

- Las razones para que ocurra la fracturas de las NiTi rotatorias en el interior del conducto son de carácter complejo y multifactorial, pero la razón más habitual es de carácter iatrogénico, donde el odontólogo es el responsable de dicho accidente, por el uso incorrecto y excesivo del instrumento, poca experiencia y habilidad operatoria, la falta de conocimiento sobre la anatomía dental y la falta de atención debida a los detalles operatorios.
- La Responsabilidad del profesional de informar debidamente al paciente del incidente ocurrido.
- La aplicación cuidadosa de principios de la instrumentación rotatoria permitirá minimizar la ocurrencia de la fractura del instrumento.
- En la mayoría de los casos donde ocurre este accidente, especialmente en los conductos curvos y atrésicos resulta muy difícil y a menudo ineficaces, los diferentes métodos que existen para el retiro del fragmento fracturado del interior del conducto, por lo que es mejor conocer las razones y los factores que intervienen en la fractura del instrumento para poder prevenir este incidente.
- La fractura de las NiTi rotatorias puede ocurrir de 2 formas que son: la fractura por torsión y la fractura por flexión o por la combinación de ambas y pueden presentar características de fractura dúctil o frágil.
- La fractura por torsión se va a producir por que la punta de la lima o cualquier parte del instrumento se prende o se traba en el conducto radicular, mientras su eje continúa en rotación produciendo deformaciones, en el interior del conducto radicular.

- La fractura por flexión se produce cuando el instrumento gira libremente en una curvatura y genera en la lima ciclos de tensión y compresión y estos esfuerzos acumulados en el punto de máxima flexión llevan al instrumento a la fractura.
- Existen 4 alternativas para la resolución clínica de un instrumento fracturado que son: Ultrapasar el fragmento y removerlo vía conducto, ultrapasar el fragmento envolviéndolo con la masa obturadora, no ultrapasar el fragmento y obturar y la remoción quirúrgico.
- Entre los factores que afectan el pronóstico del tratamiento endodóntico en caso de fractura del instrumento están: la lesión periapical presente, la fase de la preparación del canal (fase inicial), posible debilitamiento de la raíz y otros accidentes como la perforación que puede ocurrir en el intento del retiro del fragmento fracturado.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que el profesional realice el análisis minucioso del caso a tratar, para determinar la mejor terapéutica a seguir, y la correcta selección de los instrumentos a utilizar según el caso.

Tomar todas las precauciones debidas antes de utilizar estos sistemas rotatorios, como conocer los principios de la instrumentación rotatoria, la cinemática del sistema rotatorio a utilizar, características morfológicas y metalográficas de los instrumentos que va a utilizar así como sus ventajas y desventajas.

Referente a los actos operatorios realizar una correcta apertura de la cámara, que sea amplia y eliminar de manera correcta cualquier interferencia que pueda provocar el estrés del instrumento.

Utilizar quelantes, lubricación e irrigación copiosa para disminuir la fricción del instrumento y así evitar el estrés por fatiga o por torsión.

Tener la precaución de que el instrumento entre girando y salga girando del conducto en forma de picoteo, para evitar el atornillamiento del instrumento.

No aplicar mucha presión al momento de introducir el instrumento en el interior del conducto.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Garay-López, R. (2014). *Aspectos clínicos y mecánicos de la fractura de Limas Rotatorias de Níquel Titanio en el interior del conducto radicular*. Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil.
- 2.-Chiriboga- Chuchuca,K.L.(2015). *Técnicas modernas para la extracción de instrumentos en el sistema de conductos multirradiculares*.Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil.
- 3.- Lopreite,G.Basilaki,J.(2015). *Claves de la Endodoncia Mecanizada: conceptos, recursos y conductas clínicas* (1ª ed.) Buenos Aires: Grupo GuíaS.A.
- 4.- Marcano-Caldera, M. (2001) *Prevención de los Accidentes Durante la Terapia Endodóntica*.CarlosBoveda.[2017,abril,23]www.carlosboveda.com/odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_13htm.
- 5.- Monteiro-Bramante,C.Berbert, A.Gomes de Moraes,I. Bernardineli,N. Brandão-García,R.(2009) *Accidentes y Complicaciones en el Tratamiento Endodóntico-Soluciones Clínicas* (1ª ed.)Bauru-SP: Santos Editora.
- 6.- Balandrano, F. Pinali, R. Hilú, R. Pérez, A. (2009). *Evaluación de la conformación de conductos curvos simulados con los sistemas Pro Taper Universal, Light Speed Extra y Mtwo*. Endodoncia, vol. 27 (4): 175-180.
- 7.- Burgos, F. (2013). *Aleación Níquel- Titanio en Endodoncia*.Postgrado de OdontologíaUniversidad de Valaparaíso[02 de julio del2017].<http://www.postgradosodontologia.cl/endodoncia/images/EspecialidadEndodoncia/Seminarios/2013-2014/DocSeminarioNITI.pdf>.
- 8.- Villela Espinoza, De Los Monteros, I.J. (2004).*Evaluación a la Microestructura y las Propiedades Mecánicas del Acero inoxidable 316LS y del Titanio Ti-6Al-4v como biomateriales*.Tesis de licenciatura, Ingeniería Mecánica. Universidad de las Américas Puebla.[6 de enero del 2017].Capítulo VI Análisis de Fracturas.
catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/villela_e_ij/capitulo6.pdf.

- 9.- Estrada, J. (2007). *Tipo de fracturas mecánicas en los materiales*(página 2...Monografías.Universidad de San Carlos de Guatemala[26,abril,2017]. <http://www.monografias.com/trabajos46/fracturas-mecanicas/fracturas-mecanicas2.shtml>.
www.monografias.com › Ingeniería.
- 10.- Jiménez, Ortiz, J.L& Del Río, Cazares, T.M.(2012).Instrumentación Rotatoria en Endodoncia: Reportes de Casos clínicos. International Journal of odontostomatology 6(1):89-95, 2012 versión On-Line ISSN 0718-381X. [Instrumentación Rotatoria en Endodoncia: Reportes de Casos Clínicos]. (26,abril,2017).www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2012000100013
- 11.- Cohen, S.&Hargreaves, K.(2008). Vías de la pulpa. (9ª Ed.) España. Ediciones Elsevier S.A.
- 12.-Rodríguez- Gutiérrez, S.B. Díaz- Romero, C.M. Gamboa-Martínez, L.F. Niño-Barrera, J.L (2013). *Evaluación in vitro de la fractura de los instrumentos rotatorios Mtwo y ProTaper*. Acta Odontol Col. [26,abril,2017] Acta Odontol, Volumen 3,Número 2,p.41-56,2013. ISSN electrónico 2027-7822. www.revistas.unal.edu.co › Inicio › Vol. 3, Núm. 2 (2013) › Rodríguez Gutiérrez.
- 12.-De Lima-Machado, M.E.(2009). Endodoncia de la biología a la Técnica. España. Editorial Amolca.
- 13.- Catherine-Hallak, S.(2007). *Manejo de las Complicaciones Durante la Terapia Endodóntica*. Carlos Bóveda-Odonto-Invitado, (2017,abril,26).www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/.../odontoinvitado_53.htm.
- 14.- Pérez, E. &Burguera, E. (2003).Triada para la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Acta odontológica Venezolana. (2017, abril, 30). www.actaodontologica.com › EDICIONES › VOLUMEN 41 N° 2 / 2003.
- 15.- Velez- Astudillo, R. & Guerrero- Coello, M. & Cordero-López, P. (2016).Remoción de un Instrumento Fracturado durante la Terapia Endodóntica: reporte de un caso. Odontología

Activa UCACUE vol.1. N° 1 Enero del 2016.(2017, abril, 27).
oactiva.ucacue.edu.ec/index.php?journal=OACTIVA-UCACUE&page...op

16.- Corsini, G & Fuentes, J. & Herrera, J. (2008). *Fractura de Fresa GateGlidden en un conducto Radicular*. Int. J. Odontostomat., 2(2): 197-202,2008. [23 de abril del 2017].
[http://ijodontostomatology.com/pdf.2\(2\)/Fractura.pdf](http://ijodontostomatology.com/pdf.2(2)/Fractura.pdf)

17.- Gallego- López, K.S. & Cabrales- Salgado, R. & Días- Caballero, Antonio. (2011).
Preparación de canales curvos y calcificados- Dialnet. DUAZARY, junio de 2011, vol.8 N° 1.
[23 de abril del 2017]. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4788223.pd>.

18.- Martos, J. Machado- Silveira, L.F. &Soldatelli-Bassotto, A.P. &Folgearini- Silveira.
(2010).*Alternativa clínica para la extracción de un lentulo roto dentro del conducto radiuclar*.
Endodoncia 2010; 28 (N° 4): 228-232. [23 de abril del 2017]. [www.medlinedental.com/pdf-](http://www.medlinedental.com/pdf-doc/endo/vol28n43.pdf)
[doc/endo/vol28n43.pdf](http://www.medlinedental.com/pdf-doc/endo/vol28n43.pdf)

19.- Jiménez-Ortíz, J. L. & Calderón-Porras, A. N. & Tello-García, B. & Hernández- Navarro,
H.M.(2014)*Instrumentos rotatorios: su uso, separación y efecto en complicaciones*
endodónticas postoperatorias. Revista Odontológica Mexicana vol. 18,Núm. 1. Enero-Marzo
2014.www.medlinedental.com/pdf-doc/endo/vol28n43.pd.

20.- Brito-Júnior, M. & Américo, Normanha, J. &Camilo, C.C. &Faria- e Silva, L. &Saquy, P.
C. &AréaLéao- Ferráz, M.A. & Correa silva- Sousa, Y.T.(2015). *Alternative Techniques to*
Remove Fractured Instrument Fragments from the Apical Third of Root Canals: Report of
Two Cases. Brazilian Dental Journal (2015) 26 (1): 79-85ISSN 0103-
6440.www.scielo.br/pdf/bdj/v26n1/0103-6440-bdj-26-01-00079.pdf

21.- Leonardo,M.R. De Toledo, Leonardo, R. (2002).*Sistemas Rotatorios en Endodoncia*.
Instrumentos de Níquel Titanio. Sao Paulo. Ed. Artes Médicas Ltda.

22.- Peter ParashosMDS,Messer H.H.(2006). Rotary NiTi instrument fracture and its
consequences. JOE JournalEndodontic,32(11) 1031-1041.

23.- Canalda, Sahli, C. (2014). (3era Ed).*Endodoncia .Técnicas clínicas y bases científicas*.
España. Ed. Elsevier.