



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**INSTRUMENTOS SEPARADOS Y SU RELACIÓN CON  
EL PRONÓSTICO EN LA TERAPIA DE CONDUCTOS.  
REVISIÓN DE LA LITERATURA.**

*TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO DE  
ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL*

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**CIRUJANA DENTISTA**

**P R E S E N T A:**

**GABRIELA PÉREZ SOSA**

**TUTORA: Esp. MARÍA DEL ROSARIO LAZO GARCÍA**

□ Cd. Mx.

**2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**G**racias a mi querida UNAM por permitirme ser parte de ella, soy su más grande fan, estoy llena de orgullo universitario.

A mis profesores que han sido un ejemplo de amor a la profesión.

A la Dra. Gaby Fuentes Mora que ha sido quien me hizo odiar/amar la endodoncia.

A la Dra. Alejandra por darme una segunda oportunidad confirmando que esto es lo que me apasiona y a la Dra. Lili que seguro fue quien lo propició.

A mi asesora, Dra. Rosario por su paciencia, y su tiempo para la materialización de este sueño.

Karim, Yosef, Hassad son mi inspiración más grande, son el amor, la ternura, el coraje que he necesitado cuando no tenía fuerzas para seguir. El hambre, el cansancio, la tristeza, nada puede contra mí cuando ustedes me dan su amor.

Mamá y Papá les agradezco su esfuerzo, su apoyo incondicional, su paciencia, sus consejos, sus regaños.

Gracias Vi, pues fuiste la única persona que confié en mí, que me devolvió la confianza en mí misma y me motivó a no quedarme en el camino y seguir adelante.

A mi amada Ale Vega que siempre ha sido quien me ha iluminado en mis momentos más oscuros, tus palabras de amor siempre estuvieron en el momento adecuado.

Debo confesar que también agradezco a todos los indirectamente han sido parte de este sueño: los que me hirieron, los que me metían el pie para detener mi andar, los que no confiaban que lo haría pues le dieron a mi ego... debo decirles que lo hice y lo seguiré haciendo.

A todas esas personas maravillosas que en este largo trayecto han cruzado en mi camino, sus sonrisas, sus historias, nuestros momentos tristes y felices, sus locuras, sus ocurrencias, sus consejos siempre me hicieron sentirme parte de ustedes, ésta aventura no hubiera sido lo mismo sin su compañía. Karlita, Kinny, Jhosa, Estelí, Fer, Tania, Laurita, Queta, Silvia, Elba, Erick, Manuel, Ale, Clau, Chucho, Emanuel, Eloísa, Julio.

Gab, siempre confié en ti...NUNCA ES TARDE... LO LOGRASTE!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

El único error real es aquel del que no aprendemos nada

- Henry Ford

## ÍNDICE

Introducción.....	7
Objetivos.....	8
1. Consideraciones generales.....	9
2. Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares.....	11
3. Instrumentos endodóncicos.....	16
3.1. Fabricación.....	20
3.2. Diseño.....	24
3.3. Normas ISO .....	31
3.4. Aleaciones .....	34
3.5. Propiedades físicas y químicas de las aleaciones de acero y níquel titanio .....	35
4. Tipos de instrumentos .....	37
4.1. Instrumentos de acción manual.....	38
4.2. Instrumentos motorizados de baja velocidad .....	40
4.3. Instrumentos motorizados para la preparación de conductos.....	42
4.3.1. Grupo I: Preparación pasiva, presencia de apoyos radiales .....	43
4.3.2. Grupo II: Corte activo, sección transversal triangular .....	44
4.3.3. Grupo III: Casos especiales.....	46
5. Separación de instrumentos.....	48
5.1. Causas de separación de instrumentos.....	49
6. Mecanismos de fractura.....	51
6.1. Fuerzas que inciden en los instrumentos .....	52
6.1.1. Estrés torsional.....	55
6.1.2. Fatiga cíclica.....	59

---

7. Factores que influyen en la remoción de instrumentos .....	62
8. Bypass .....	63
9. Técnicas para la remoción de instrumentos separados .....	65
9.1. No quirúrgicos .....	65
9.1.1. Técnicas Ultrasónicas .....	67
9.1.2. Opción IRS .....	69
9.1.3. Sistema Endo extractor .....	70
9.1.4. Kit Masseran .....	72
9.2. Quirúrgicos .....	74
9.2.1. Cirugía periapical .....	77
9.2.2. Curetaje periapical .....	78
9.2.3. Reimplantación intencional .....	79
9.2.4. Amputación radicular.....	80
9.2.5. Apicectomía.....	81
10. Pronóstico.....	82
11. Conclusiones.....	85
12. Referencias bibliográficas.....	87

## Introducción

El tratamiento de conductos radiculares se ha convertido en un recurso confiable cuando la salud del paquete vascular de un diente se ha visto comprometido por caries o traumatismos.

La preparación biomecánica es uno de los momentos más importantes durante el tratamiento, con el uso de los instrumentos endodóncicos y ayudados por productos químicos, será posible limpiar, conformar y desinfectar el conducto radicular y, de esa forma, tornar viables las condiciones para que pueda obturarse.

La compleja anatomía del sistema de conductos radiculares, con muchos conductos secundarios, e incluso la característica tubular de la dentina proporcionan innumerables rincones propicios para el desarrollo bacteriano, difíciles de alcanzar por los procedimientos endodóncicos. Durante la conformación, es imprescindible observar el orden secuencial de los instrumentos. Errores o saltos intencionales generan iatrogenia con consecuencias graves.

Un correcto tratamiento endodóncico está basado por una secuencia de factores que se relacionan entre sí y que culminan con una adecuada rehabilitación del diente.

Los eventos adversos siempre son un riesgo en cualquier tratamiento, y la separación de instrumentos dentro del conducto radicular durante la terapia de conductos es uno de esos eventos a los que nadie quisiera enfrentarse; sin embargo debemos estar preparados para poder solucionarlo en el caso que necesitemos realizarlo.

## Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son:

- Describir el tratamiento a seguir en caso de separación de instrumentos durante la terapia de conductos.
- Describir los tipos de instrumentos endodóncicos que tienen más riesgo de separación.
- Describir las complicaciones que puedan causar la separación de instrumentos durante la preparación biomecánica en la terapia endodóncica.
- Analizar las medidas para la prevención de separación de instrumentos durante la realización del tratamiento endodóncico.
- Ayudar a la toma de decisión acerca del futuro del diente que está bajo terapia de conductos, determinar las posibles soluciones y su pronóstico dentro de boca de acuerdo al momento en que sucede la separación de un instrumento dentro del sistema de conductos radiculares.

## 1. Consideraciones generales

Durante los procedimientos de preparación del sistema de conductos radiculares la posibilidad de separación de los instrumentos siempre está presente<sup>1</sup>, éstas circunstancias ocasionales, indeseadas e imprevistas se denominan *accidentes de procedimiento*.

El conocimiento de los factores etiológicos involucrados en estos accidentes es esencial para su prevención, la mayor parte de los problemas se puede evitar. Un profesional cuidadoso y perceptivo utiliza su conocimiento, destreza, intuición, paciencia y conciencia de sus propias limitaciones para reducir estos accidentes.<sup>2</sup>

Muchos profesionales asocian el término “instrumento separado” con una lima separada, pero el término también puede ser aplicado a cono de plata seccionado, segmento de un léntulo, fresa Gates Glidden, porción de un instrumento obturador o cualquier dispositivo que obstruya el conducto. <sup>1</sup> (figura 1)<sup>3</sup>.

La separación de instrumentos se debe a causas complejas y multifactoriales, si bien la fractura de sistemas rotatorios es percibida como más frecuente con respecto a los instrumentos manuales de acero, la frecuencia depende de muchas variables: anatomía, ángulo y radio de curvatura, tipo de instrumento, técnica de instrumentación, número de uso, experiencia y competencias del operador, velocidad y torque utilizados, y uso de dispositivos específicos. Estas variables constituyen la base de las diferencias reportadas en cuanto al porcentaje de separación.<sup>4</sup>

El pronóstico de dejar o no los instrumentos separados dentro del sistema de conductos es discutido en la literatura. Las pruebas clínicas actuales no indican que la presencia de un instrumento retenido produzca un índice significativamente superior de fracaso en el tratamiento de conductos radiculares.

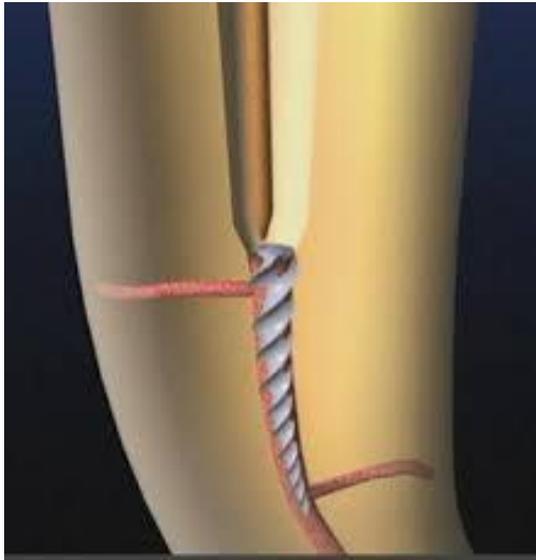


figura 1. Instrumentos separados dentro de un conducto

## 2. Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares

La Endodoncia clínica abarca varios tratamientos, todos tienen en común el objetivo de prevenir y tratar la contaminación microbiana de la pulpa y el sistema de conductos radiculares. El tratamiento de las lesiones dentales de origen traumático y la terapia profiláctica de la pulpa vital son diferentes de la pulpectomía y la instrumentación de los conductos radiculares de dientes con pulpa infectada. <sup>5</sup>

Un importante paso en el tratamiento endodóncico es la instrumentación e irrigación de los conductos radiculares, conocida como preparación biomecánica, cuyo objetivo es preparar la cavidad pulpar para recibir el material obturador.<sup>6</sup> Esta instrumentación debe quedar y llegar a lo que demarca el interior del conducto radicular, nunca se debe salir a los tejidos periapicales para evitar traumatizarlos o llevar a esa región microorganismos y detritos contenidos dentro del conducto radicular. <sup>7</sup>

Lussi y cols. introducen un método para eliminar el contenido del conducto y conseguir la desinfección sin necesidad de usar limas: técnica sin instrumentación. El sistema consiste en una bomba, un manguito y una válvula especial que se cementa en la cavidad de acceso para producir oscilación del irrigante (hipoclorito de sodio al 1-3%) con presión reducida, varios estudios *in vitro* demostraron que los conductos podían ser limpiados y después obturados con este sistema no invasivo, los resultados clínicos preliminares no han sido convincentes. <sup>5</sup>

Hasta la fecha, muchas modalidades de tratamiento, entre ellas las basadas en instrumentos rotatorios de níquel- titanio (Ni-Ti), no han demostrado un impacto estadísticamente significativo sobre los resultados del tratamiento.

El tratamiento ortógrado habitual del conducto radicular es un procedimiento con resultados predecibles. <sup>5</sup>

La instrumentación busca la limpieza del sistema de conductos y la conformación del conducto para facilitar la fase de obturación, sin lesionar los tejidos periapicales. <sup>7</sup> (figura 2) <sup>8</sup>



figura 2. Limpieza, conformación y obturación

La conformación y limpieza realizadas como parte del tratamiento de conductos se dirigen a erradicar la contaminación microbiana del sistema de conductos radiculares. La desinfección por sí sola no garantiza la conservación a largo plazo de los dientes con tratamiento de conductos. <sup>5</sup>

Un objetivo mecánico importante de la instrumentación del conducto radicular es incluir de forma completa y centrada los conductos originales en la preparación, lo que significa que todas las superficies del conducto deben prepararse mecánicamente. <sup>5</sup>

Se deben evitar los errores de preparación, como deformaciones y perforaciones. Aunque estos efectos negativos de la conformación de los conductos y otros problemas de procedimiento quizá no afecten por sí mismos al éxito del tratamiento, pueden hacer que partes del sistema de conductos radiculares sean inaccesibles a la desinfección.<sup>9</sup>

Otro objetivo mecánico importante es conservar la mayor cantidad posible de dentina radicular para no debilitar la estructura de la raíz y prevenir las fracturas. <sup>5</sup>

Schilder establece una serie de lineamientos para realizar el trabajo biomecánico de los conductos radiculares en tercera dimensión mediante la aplicación de cinco objetivos mecánicos para la limpieza y conformación.<sup>10</sup>

- Desarrollar una forma cónica continua en la preparación del conducto radicular. Excavar y preservar la forma natural del conducto; para favorecer la obturación, los principios hidráulicos y la limpieza.
- Crear un tope en el ápice del conducto, con la sección transversal más estrecha del CDC (región Cemento- Dentina- Conducto); con excepción de un diente con reabsorción interna o con una protuberancia inusual en la forma natural del conducto.
- Realizar la preparación en múltiples planos para favorecer el sellado tridimensional.
- Nunca transportar el foramen.
- Mantener el foramen lo más pequeño que resulte práctico <sup>5</sup>

Objetivos de la instrumentación.

*Limpieza del sistema de conductos*

Consiste en eliminar todo el contenido del conducto (pulpa sana o enferma, restos necróticos, etc)<sup>11</sup> aunque siempre quedan bacterias o productos de degradación a los que no es posible acceder por la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares. Lo que se busca es que la cantidad de bacterias sea la menor posible, e incapaz de producir patología. <sup>11</sup>

Con la limpieza y conformación se cambia el entorno biológico en el que las bacterias se desarrollan y, además, con el sellado se impide la comunicación de las bacterias con el exterior, dificultando su desarrollo, con lo que es posible obtener éxito clínico aunque queden algunas bacterias aisladas. <sup>11</sup>

*Permitir la correcta obturación del conducto*

Para facilitar la obturación se debe conseguir un sellado hermético y dar una forma y tamaño que permita introducir los instrumentos y el material con el que va a sellar el sistema de conductos radiculares. <sup>11</sup>

La forma natural del conducto, aunque es variable según el diente del que se trate, en general, es cónico, más amplio a nivel cameral y estrecho a nivel apical. <sup>11</sup>

Otro aspecto durante la conformación del conducto radicular consiste en crear un tope a nivel apical que impida que el material de obturación se desplace apicalmente. Para conseguir este tope es necesario respetar el calibre de la constricción apical natural del diente. <sup>11</sup>

La conformación correcta del conducto radicular consiste en ensanchar el diámetro, respetar su trayecto, aumentar la conicidad inicial del conducto y crear un tope en la constricción apical. <sup>11</sup>(figura 3)<sup>8</sup>

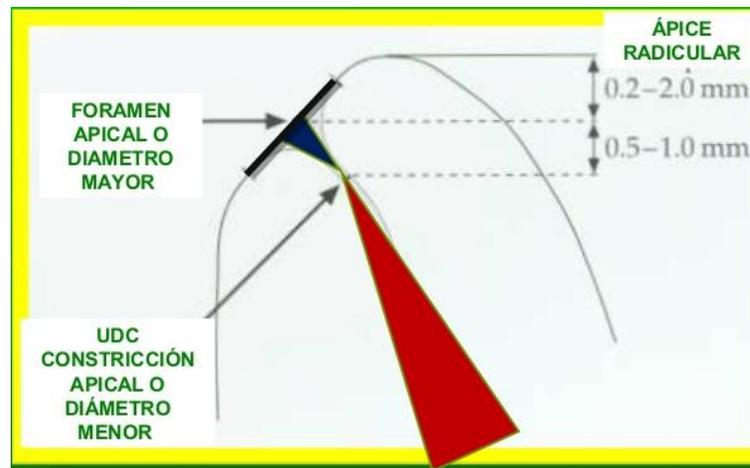


figura 3. Constricción apical

### 3. Instrumentos endodóncicos

En 1838, Maynard diseñó el primer instrumento endodóncico, confeccionado a partir del muelle de un reloj. Desde aquel momento y hasta ahora, los instrumentos endodóncicos han evolucionado enormemente. <sup>11</sup>

Hasta 1950, los instrumentos eran de acero al carbón poco flexibles, con los que era difícil realizar una conformación adecuada. La dificultad se incrementaba porque cada fabricante elegía sus propios tamaños y diseños, sin ninguna norma al respecto <sup>11</sup>

Dentro de los instrumentos endodóncicos, los más importantes son los de uso manual como limas y escariadores. Pero se han diseñado otros instrumentos especializados, como exploradores y excavadores, adaptados a las necesidades del tratamiento.

Anteriormente los instrumentos endodóncicos eran pocos y de diseño tosco. Los primeros instrumentos manuales tenían mangos muy largos y eran más aptos para la preparación de dientes anteriores. Al diversificarse el tratamiento endodóncico, se diseñaron instrumentos «digitales» más pequeños para los dientes posteriores; que además de ser más adaptables, proporcionaban mejor sensibilidad táctil al operador. <sup>2</sup>

A los comienzos de la Endodoncia, la instrumentación se hacía de forma manual; con intentos de acoplar limas a los equipos rotatorios para simplificar la técnica y acortar el tiempo de trabajo pero fracasaron. Con la incorporación del níquel-titanio para la fabricación de las limas, la instrumentación mecanizada se convierte en la opción más recomendable en muchos de los casos. <sup>11</sup>

En 1957, Ingle propone estandarizar los tamaños de las limas para el uso endodónico. <sup>11</sup>

En 1958, en la Segunda Conferencia Internacional de Filadelfia, Ingle y Levine, presentaron un trabajo que estableció los siguientes lineamientos para la fabricación de instrumentos:

- a) La numeración de los instrumentos es del 8 al 140. Esta numeración corresponde al número de centésimas de milímetros del diámetro menor del instrumento en su parte activa, llamado D1.
- b) El diámetro mayor de la parte activa del instrumento, llamado D16, tiene siempre 0.32 mm, más que el diámetro menor o D0, el cual debe encontrarse según el fabricante a 16mm.
- c) Cada instrumento tendrá la misma uniformidad en el incremento de su conicidad a lo largo de su parte activa o cortante. <sup>7</sup>

Los instrumentos estandarizados según la normativa ISO presentan un aumento definido del diámetro de la punta en 0.02 por cada 1mm, hacia coronal. El diámetro transversal en el primer ángulo de corte de cualquier lima se conoce como D0. El punto 1 mm coronal a D0 es D1, el 2 mm coronal a D0 es D2, y así sucesivamente hasta D16. El punto D16 es el de mayor diámetro de un instrumento según la normativa ISO. A cada lima se le atribuye una denominación numérica de acuerdo al diámetro en D0 y se le asigna un código de color específico. <sup>5</sup> (figura.4)<sup>12</sup>

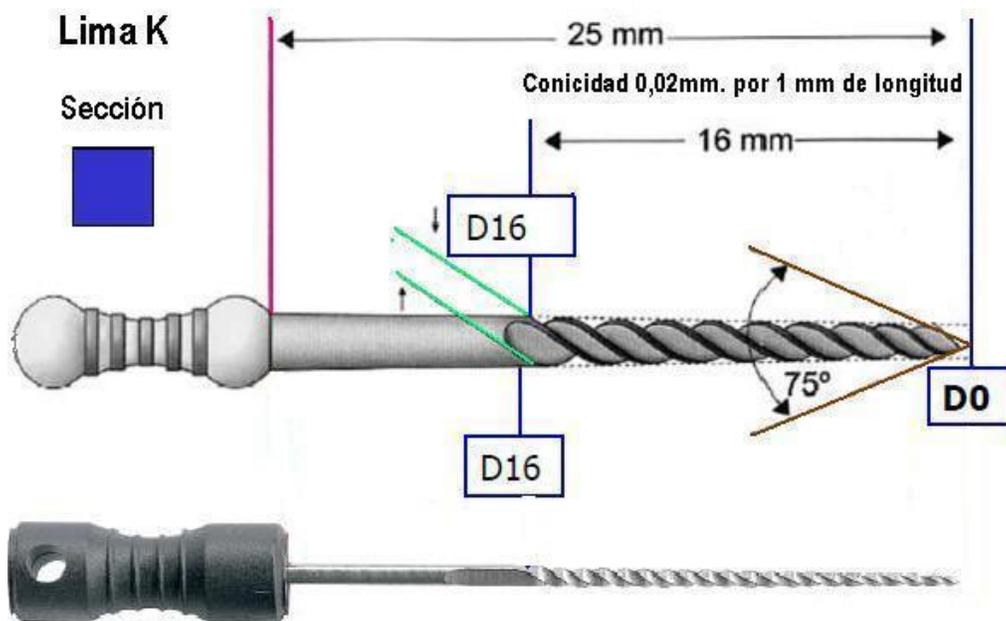


figura.4 Características de las limas

Hacia 1962 se formó un comité de trabajo para regular la estandarización, en el cual participaban fabricantes y miembros de la Asociación Americana de Endodoncistas, que sirvió de base para evolucionar y constituir posteriormente la ISO (Organización Internacional de Estandarización).<sup>7</sup> La revisión final a la especificación de la ADA número 28 se publicó en marzo de 1981. En enero de 2008 se revisó nuevamente y fue reafirmada por la ANSI en junio del 2013.<sup>11</sup>

Los instrumentos de preparación de los conductos radiculares, como las limas K y los instrumentos rotatorios de níquel- titanio, cumplen diversos principios de elementos de diseño como la punta, las estrías y los cortes transversales.<sup>5</sup>

Las modificaciones introducidas al diseño de instrumentos, aunadas a la mejor calidad de los materiales (metales) empleados en su fabricación, facilita la fase de preparación biomecánica.<sup>7</sup>

### ***Clasificación de los instrumentos***

Los instrumentos endodóncicos utilizados en la preparación biomecánica de conductos radiculares se encuentran en el comercio agrupados en tres series. Cada una contiene seis instrumentos; de ellos, dos con numeración que identifica el calibre de cada uno: la convencional y la estandarizada.<sup>7</sup>

La *numeración convencional* indica una secuencia progresiva de instrumentos de acuerdo con su calibre; así, el primer instrumento de la primera serie es el número 1, seguido por el número 2, y así sucesivamente hasta el instrumento más grueso de la tercera serie que sería el número 18.

La *numeración estandarizada* se utiliza para instrumentos de ese tipo, los cuales han sido elaborados con medidas padronizadas. Como ya se dijo, los números de estos instrumentos corresponden al diámetro de su parte activa

La primera serie comienza con el instrumento 15 al 40, la segunda serie comienza con el instrumento 45 al 80; finalmente la tercera serie está compuesta por los números 90 al 140. En la numeración estandarizada los números de los instrumentos aumenta su diámetro de cinco en cinco hasta el instrumento 60 y después el aumento es de 10 en 10.

Además de las tres series, también existen los instrumentos llamados extraserie, que son los número 0 y 00 en la numeración convencional y 10, 08 y 06 en la numeración estandarizada, la cual para una mayor identificación tiene los mangos de cada uno de sus instrumentos de un color determinado.<sup>7</sup>

### 3.1. Fabricación

Los instrumentos endodóncicos se fabrican sobre la base de vástagos de acero inoxidable pueden ser torsionados o torneados; o de níquel titanio; son, casi en su totalidad, torneados. <sup>9</sup>

Las limas y ensanchadores K se fabricaron al principio según el mismo proceso: se torsionaba una pieza metálica cuadrada o triangular para producir hojas de corte parcialmente horizontales; se pulen tres o cuatro superficies planas equiláteras a profundidades crecientes en los laterales de un fragmento de alambre, para obtener una forma piramidal; después se estabiliza el alambre en un extremo y se gira al extremo distal para formar el instrumento en espiral. <sup>5</sup>

Las limas Hedström se fabrican mediante torneado de una única estría continua en una pieza cónica. La tecnología de mecanizado computarizada ha permitido el desarrollo de instrumentos de tipo H con formas complejas. Este proceso, conocido como *torneado multiejes*, permite ajustar el ángulo de incidencia, el ángulo helicoidal, múltiples estrías y conicidades, y se utiliza también para fabricar la mayoría de los instrumentos NiTi. <sup>5</sup>

Los tiranervios se fabrican en varios tamaños y siguen un código de colores. Se obtienen mediante el corte de puntas afiladas anguladas en sentido coronal, en matrices de alambre metálico. <sup>5</sup>

La aleación de níquel titanio, compuesta por una proporción de 56% de níquel y 44% de titanio, se conoce como Nitinol\*. Los instrumentos fabricados de vástagos de níquel titanio son, en su mayoría, maquinados (torneados), ya que esa aleación, por ser superelástica, no acepta fácilmente la torsión. Debido a su superelasticidad, las limas de ese material presentan dificultad para ser precurvadas, lo que no ocurre con las de acero inoxidable.

---

\* Nitinol: acrónimo de Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory

Por su superelasticidad, el vástago de titanio tiende a recuperar su posición no bien la fuerza que lo flexiona deja de actuar. La fuerza de restablecimiento del metal es idéntica a la fuerza mínima que se necesita para ser flexionado. Si se traslada eso dentro del conducto radicular cuando el instrumento se curva, por las condiciones anatómicas genera una fuerza de restablecimiento muy baja que no es suficiente para superar la resistencia de la pared dentinaria. Si esta resistencia fuera mayor que la fuerza de restablecimiento del instrumento utilizado, el conducto mantendrá su forma original.<sup>9</sup>

Por sus características las limas de níquel titanio son más eficaces cuando se usan con movimientos de rotación, sea manual (horario/antihorario) o por sistemas rotatorios.<sup>13</sup> Utilizadas con movimientos de limado, su gran flexibilidad impide que se ejerza una presión adecuada sobre las paredes de la dentina. En especial esto se siente con las limas de menor calibre como las #15 y #20.<sup>9</sup>

La mayoría de los instrumentos rotatorios se fabrican mediante un proceso esmerilado, aunque algunos se fabrican con grabado láser y otros mediante deformación plástica en procesos con calor o enfriamiento.<sup>13</sup> La calidad de la superficie es también un detalle importante, ya que las fisuras creadas a partir de defectos superficiales juegan un papel en la fractura del instrumento. Por otra parte, los defectos superficiales, como imperfecciones y abultamientos del metal son comunes en los instrumentos de NiTi que no han sido usados.<sup>5</sup>

Actualmente se comercializan limas de diferentes secciones transversales. Y han desarrollado dos técnicas para fabricar instrumentos.<sup>14</sup> (figura 5)<sup>15</sup> y (figura 6)<sup>16</sup>



VARIANTES DE SECCION DE CONSTRUCCIÓN

figura 5. Secciones transversales de una lima

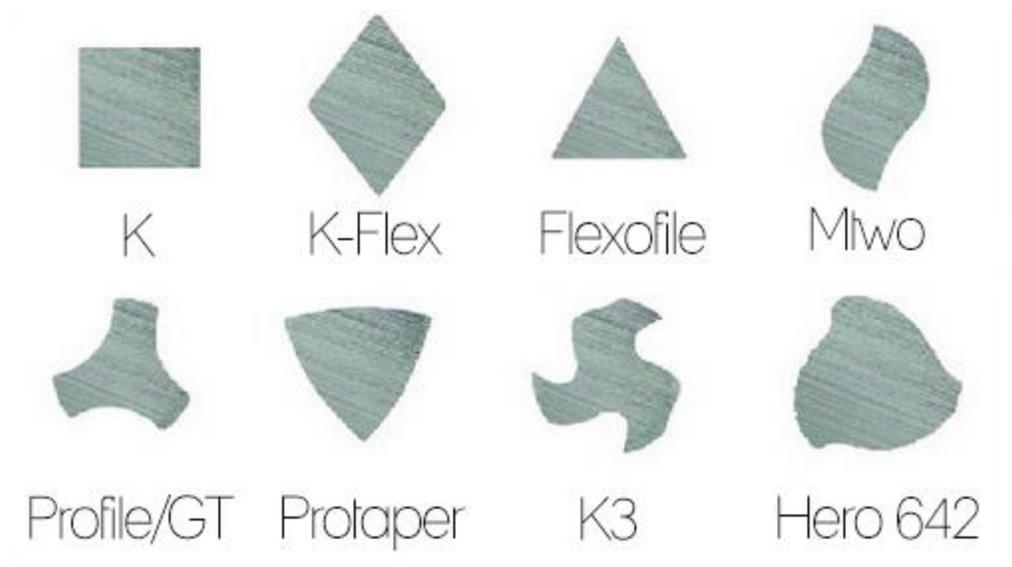


figura 6. Sección de limas

### ***Mecanizado***

Consiste en afilado del instrumento directamente en un torno, ejemplo la lima de tipo Hedström. Todos los instrumentos de níquel titanio son instrumentos mecanizados.<sup>13</sup>

Algunas compañías fabrican limas tipo K con el proceso de mecanizado (torneado- afilado). Con esta modificación del proceso de fabricación por afilado y torsión se obtienen propiedades físicas y de trabajo diferentes a las de las limas de tipo K originales. Una lima mecanizada tiene menos resistencia rotacional a la fractura que una lima afilada- retorcida del mismo tamaño.<sup>2</sup>

### ***Afilado torsión***

Consiste en un primer proceso de afilado y un segundo proceso de torsión. Se afila el alambre original para obtener una pieza geométrica en bruto: cuadrado, triangular y romboide. A continuación, se retuerce este alambre en sentido antihorario para obtener unos bordes cortantes helicoidales. De este modo se obtienen las limas y los ensanchadores de tipo K.<sup>2</sup>

## 3.2. Diseño

### ***Diseño de la punta***

En la preparación de los conductos radiculares, la punta del instrumento tiene dos funciones: guiar la lima a través del conducto y ayudar a que penetre en este. Al no tomar en cuenta el diseño de la punta, especialmente en instrumentos rotatorios genera: 1) transportación del conducto 2) torsión excesiva y fractura del instrumento.<sup>5</sup>

Diversos estudios han demostrado que el diseño de la punta puede afectar el control, la eficacia y el resultado de la conformación de los conductos.

Las puntas de los instrumentos se clasifican como *cortantes*, *no cortantes* y *de corte parcial*, aunque no existen claras distinciones entre los tres tipos.<sup>17</sup>

Los instrumentos de punta no cortante llamadas también *tipo Batt*, se crean mediante alisado y esmerilado del extremo apical del mismo. Se introdujo una forma modificada, la lima Flex-R, fabricada totalmente mediante esmerilado, de forma que los ángulos de transición están pulidos lateralmente entre la punta y la parte activa del instrumento<sup>5</sup>, la punta es redondeada; su diseñador Roane, por el que lleva la R, eliminó el ángulo de transición lo cual hace que siga el conducto sin producir escalones, falsas vías ni transportación del mismo.<sup>17</sup>

En las limas rotatorias de NiTi suelen utilizarse puntas no cortantes redondeadas, que previenen los errores de preparación encontrados en las puntas cortantes<sup>5</sup> (figura 7)<sup>18</sup>

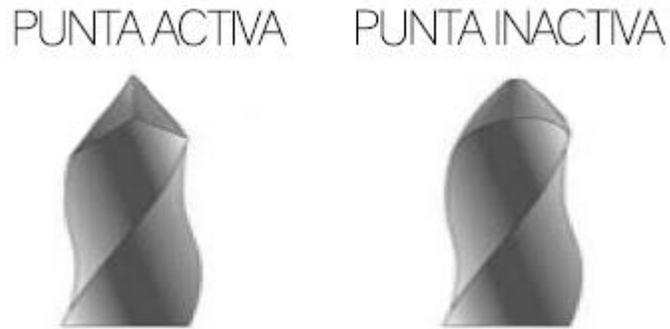


figura 7. Punta activa y punta inactiva

### ***Diseño longitudinal y sección transversal***

Las estrías de la lima son los surcos en la superficie de trabajo que recogen el tejido blando y las esquirlas de dentina que se eliminan de las paredes del conducto. La eficacia de las estrías depende de su profundidad, anchura, configuración y acabado superficial.<sup>19</sup> La superficie de mayor diámetro a continuación del surco (en la intersección de la estría con el surco) forma al girar el *borde* (cortante) *guía*, también conocido como *hoja* de la lima. El borde cortante forma y arranca esquirlas de las paredes del conducto, al mismo tiempo que corta y desgarrar los tejidos blandos. Su eficacia depende del ángulo de incidencia o ataque y de la agudeza.<sup>5</sup>

Algunos instrumentos tienen una zona entre el eje central y el borde cortante que forma un área de contacto mayor con la pared radicular; esta superficie recibe el nombre de apoyo radial; el cual reduce la tendencia de la lima a enroscarse en el conducto, soporta el borde cortante y limita la profundidad de corte; su posición con respecto al borde cortante opuesto y su anchura determinan su eficacia.<sup>5</sup>

Si se secciona una lima perpendicularmente a su eje longitudinal, el *ángulo de incidencia* o de *ataque* es el formado por el borde guía y el radio de la

lima a través del punto de contacto con la pared radicular. Si el ángulo formado por el borde guía y la superficie para cortar es de  $90^\circ$ , se dice que el ángulo de ataque es neutro. El ángulo de incidencia puede ser *negativo* o *rasgador*, o bien *positivo* o *cortante*.

El ángulo de corte, ángulo helicoidal, la conicidad externa y el núcleo puede variar a lo largo de la superficie de trabajo de la lima, y las relaciones de esas cantidades pueden cambiar entre instrumentos de la misma serie. El cambio de cualquiera de estas características puede influir en la efectividad de la lima y su propensión a la fractura al progresar en el interior del conducto.<sup>5</sup>

### ***Conicidad***

Es el incremento en el diámetro de la lima que aumenta cada milímetro a lo largo de la superficie de trabajo desde la punta hasta el mango. Los instrumentos pueden tener conicidad constante o variable. Algunos fabricantes expresan la conicidad en tantos por ciento. Los instrumentos actuales presentan variaciones en ángulo helicoidal, paso y conicidad, así como en la parte cortante que, junto con variaciones en la aleación y en la velocidad de rotación (rpm, revoluciones por minuto) influyen en el resultado del corte<sup>5</sup>

Las variables que determinan las propiedades de una lima de instrumentación rotatoria, son las siguientes:

***Puntos de apoyo*** La mayoría de los instrumentos siguen el principio de Roane (fuerzas balanceadas) y utilizan el apoyo tripódico de los instrumentos para favorecer que éstos estén centrados en el conducto.

**Ángulo de corte** Es el ángulo que forma la hoja del instrumento con la parte del conducto, visto en un corte transversal. El ángulo de corte negativo está asociado más a un efecto de raspado o desgaste que al corte. <sup>5</sup>

El corte positivo, elimina más dentina, produce instrumentación más rápida, es el más común en la instrumentación rotatoria. Cuanto más agudo sea el ángulo, mayor será la capacidad de corte, mientras que cuanto sea más obtuso sea el ángulo, la lima realizará un efecto de desgaste.

### **Ángulo helicoidal.**

Es el ángulo formado entre el eje axial del instrumento con la dirección de la espira. Determina el contacto de la hoja con la pared del conducto en un sentido longitudinal. Suele ser aproximadamente de 35 grados, variando a lo largo del instrumento (disminuye hacia la punta del instrumento).<sup>20</sup>(figura 8)<sup>21</sup>

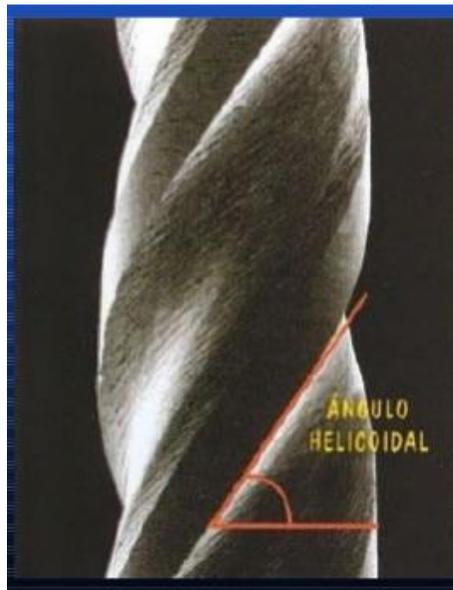


figura 8. Ángulo helicoidal

**Eje de giro.** A pesar de que la mayoría de los instrumentos rotatorios tienen una sección centrada en el eje de giro, existen sistemas en los que la sección no está centrada, lo que genera un movimiento “serpenteante” de la lima en el interior del conducto.<sup>22</sup>

**Superficie radial.** Son superficies planas de las hojas del instrumento que contactan con las paredes del conducto. Un instrumento tiene *superficie radial* cuando contacta con el conducto, no a través de un “filo”, sino de una superficie plana. Los instrumentos con estas superficies radiales están asociados a un ángulo de corte negativo.<sup>5</sup> (figura 9)<sup>21</sup>

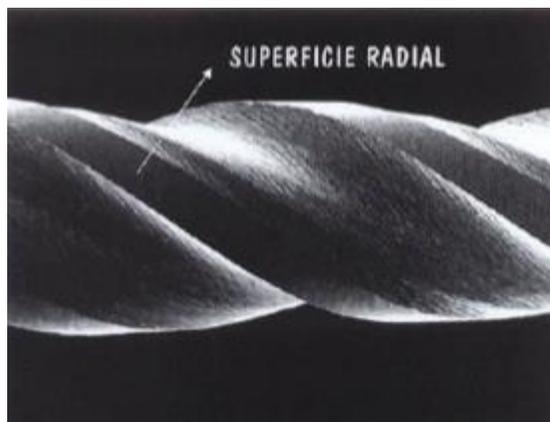


figura 9. Superficie radial

**Pitch o paso de espira.** El *paso* de la lima es la distancia entre una «vuelta espiroal» y la siguiente; cuanto más pequeño sea el paso o más corta la distancia entre los puntos correspondientes, más espirales tendrá la lima y mayor será el ángulo helicoidal. Las limas K tienen un paso constante

situado a intervalo de 1 mm pero muchos instrumentos rotatorios de Ni Ti presentan un paso variable, que cambia a lo largo de la superficie de trabajo. Cuando se utiliza un paso variable, normalmente las espirales más estrechas se sitúan cerca de la punta de la lima, y existe mayor distancia entre las estrías hacia la parte coronal.<sup>5</sup> (figura 10 )<sup>21</sup>

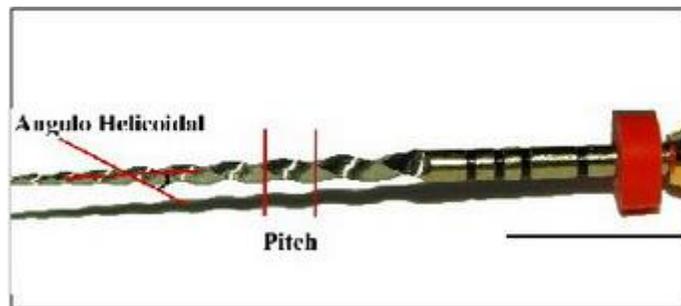


figura 10. Ángulo helicoidal y pitch

**Alma del instrumento.** Es el eje central del instrumento alrededor del cual salen las hojas de corte. Está directamente relacionada con la resistencia al estrés torsional, e inversamente relacionado con la flexibilidad del instrumento y la resistencia a la fatiga cíclica.

**Área de escape.** Es el vacío que queda entre el instrumento y las paredes del conducto. Dichas áreas son las zonas que van a ocupar los detritus de dentina al ser cortados. Está muy relacionado con el diseño de las estrías del instrumento.<sup>14</sup> (figura 11)<sup>21</sup>



figura 11. Área de escape

**Acabado superficial.** Es el nivel de pulido de la superficie del instrumento. Las grietas microscópicas son puntos de estrés en los que puede empezar una fractura en la lima, ya sea por estrés torsional o por fatiga cíclica; algunos fabricantes realizan un pulido electrolítico a sus instrumentos para minimizar las irregularidades superficiales. <sup>11</sup>

### 3.3. Normas ISO

Las especificaciones se han establecido para mejorar la calidad de los instrumentos endodóncicos, la Organización Internacional de Estandarización (ISO) ha colaborado con la Federación Internacional (FDI) para definir las especificaciones y el diseño de los nuevos instrumentos.

Existen dos normas ISO aplicables a los instrumentos endodóncicos. La norma ISO n.º 3630-1 se aplica a las limas tipo K (ANSI n.º28), limas Hedström (ANSI n.º63). La norma ISO n.º 3630-3 se aplica a condensadores, compactadores y espaciadores (ANSI n.º71).

Establece situaciones como: el aumento de diámetro de 0.32 mm a lo largo de los 16 mm de las espiras de corte, o el incremento de diámetro en 0.02 mm por milímetro de longitud (conicidad del 2%).<sup>5</sup>

Las limas tipo K convencionales se fabrican en seis tamaños, la especificación n.º.28 de la ADA (Asociación Dental Americana) establece los estándares para la conicidad de los instrumentos, la geometría de la punta y los requisitos de tamaño para 19 tamaños diferentes de instrumentos, así como el margen de error tolerable en su fabricación. Propone además un código de colores en los mangos de los instrumentos para su identificación, así como un nuevo tamaño de lima (n.º06).

En 1982, la especificación n.º58 de la ADA estandarizó los requisitos físicos mínimos para las limas tipo Hedström. En 1989 se publicaron las revisiones más recientes de las especificaciones n.º 28 y 58 de la ADA.<sup>2</sup> (figura 12)<sup>23</sup>



figura 12. Especificaciones para limas

En 2003 se actualizó la especificación n°95 de ADA/ ANSI, que establece las dimensiones y los requisitos de tamaño para “ensanchadores de conductos radiculares” como fresas Gates Glidden y ensanchadores Pecho.<sup>2</sup>

En 2001 se publicó la especificación n°101 de ADA/ANSI, que hace referencia a instrumentos endodóncicos no incluidos en las especificaciones n°28 y n°58 de ADA/ANSI, como los instrumentos rotatorios níquel- titanio con conicidad 0.04. También especifica los requisitos dimensionales y las designaciones para instrumentos de cualquier conicidad o forma. Por último, se ofrecen tablas de datos de torsión y flexión modificados para compensar el efecto de otras conicidades que no son el estándar 0.02 (2%).<sup>2</sup>

En la actualidad, un nuevo comité formado por la Federación Dental Internacional y la Organización Internacional de Estandarización clasificó los instrumentos para conductos radiculares, según su forma de empleo, en cuatro grupos:

- Grupo I. Instrumentos de uso únicamente manual: limas tipo K (Kerr), tipo H (Hedström); ensanchadores tipo K, sondas barbadas o tiranervios; condensadores y espaciadores.
- Grupo II. Propulsión mecánica tipo de seguro: con el mismo diseño que el grupo I, pero fabricados para insertarse en una pieza de mano. También se incluyen en este grupo los léntulos.
- Grupo III. Propulsión mecánica tipo de seguro: taladros o ensanchadores como Gates- Glidden (tipo G), Peeso (tipo P) y el instrumento Kurer para desbastar raíces.
- Grupo IV. Puntas para conducto radicular: gutapercha, plata, papel.<sup>7</sup>

### 3.4. Aleaciones

Actualmente existen dos tipos diferentes de aleaciones utilizados en los instrumentos endodóncicos: acero inoxidable y níquel – titanio. La mayoría de los instrumentos endodóncicos de uso manual están hechos de acero inoxidable y presentan una considerable resistencia a la fractura.

La flexibilidad, el filo y la resistencia a la corrosión son propiedades que dependen del metal y del diseño. Tradicionalmente se ha usado acero inoxidable y acero al carbón; muchos instrumentos de acero al carbón cortan mejor que los de acero inoxidable, pero el acero al carbón es más propenso a la corrosión inducida por el autoclave y las soluciones irrigantes. <sup>2</sup>

Diversas fresas e instrumentos diseñados para el manejo de piezas de mano de baja velocidad, como las fresas Gates Glidden, Peeso y Pilot para postes intrarradiculares son de acero inoxidable; sin embargo, los instrumentos diseñados para instrumentación rotatoria suelen estar hechos de níquel-titanio; aleación que ofrece propiedades especiales, como mayor flexibilidad y resistencia a la corrosión. <sup>5</sup>

La aleación Níquel- Titanio posee un módulo de elasticidad que equivale a la cuarta o quinta parte del módulo del acero inoxidable, lo que le confiere un margen muy amplio de deformación elástica. La mayor flexibilidad tiene la ventaja de que las limas se adapten a las curvaturas de los conductos con menor deformación (transporte) durante el ensanchamiento; pero el inconveniente de que no se puede precurvar las limas, la eficacia del corte de las limas de níquel- titanio se reduce con el uso clínico más que con las de acero inoxidable. <sup>2</sup>

La aleación de níquel titanio se ha utilizado para la fabricación de limas de uso manual y rotatorio. <sup>9</sup>

### 3.5. Propiedades físicas y químicas de las aleaciones de acero y níquel titanio

La aleación de *nitinol* equiatómica (55% en peso de níquel y 45% en peso de titanio), presenta varios efectos relacionados con su configuración cristalina específica con dos fases estables, *austenita* y *martensita*; un efecto de memoria como pseudoelasticidad dependiente de la temperatura y del esfuerzo, todo atribuible a propiedades termodinámicas específicas de la aleación. <sup>5</sup>

Walia y cols. observaron propiedades pseudoelásticas del nitinol 55 que podrían resultar ventajosas en endodoncia, y se probaron los primeros instrumentos manuales fabricados con nitinol 55; encontraron que los instrumentos de NiTi de tamaño n°15 eran de dos a tres veces más flexibles que los de acero inoxidable y mostraron mejor resistencia a la deflexión angular. <sup>5</sup>

Serene y cols. señalaron que el calor, probablemente durante los ciclos de esterilización, podía restaurar la estructura molecular de las limas de NiTi; con aumento de la resistencia a la fractura, comportamiento que se ha encontrado también en los instrumentos actuales de fase martensita. El calor puede provocar transformaciones de fase de austenita a martensita y a la inversa. Las condiciones térmicas durante la producción del material en bruto pueden utilizarse para modificar sus propiedades, entre ellas la flexibilidad. Instrumentos endodóncicos austeníticos presentan respuesta elástica recuperable hasta del 7%. <sup>5</sup>

La flexibilidad y la resistencia a la fractura son resultado de la transformación de fase cristalina molecular de las fases austenita y martensita de la aleación.

La tensión externa transforma los cristales de austenita de NiTi en una estructura cristalina martensítica que puede admitir mayores esfuerzos sin aumento de tensión. En consecuencia una lima de NiTi posee elasticidad transformacional, conocida como *seudoelasticidad*, que es la capacidad de recuperar la forma original previa a la deformación.<sup>5</sup>

Los instrumentos de NiTi pueden tener imperfecciones como marcas de fresado y vueltas. Algunos autores han indicado que la separación de los instrumentos de NiTi podrían tener su origen en estas imperfecciones superficiales.<sup>5</sup>

Las irregularidades de la superficie también actúan como depósitos de sustancias corrosivas, sobre todo hipoclorito de sodio. La corrosión debida a cloruro puede causar micro defectos y la posible fseparación posterior de los instrumentos de Ni Ti. La inmersión en soluciones desinfectantes durante períodos prolongados causa corrosión de instrumentos de NiTi, con un descenso de la resistencia a la torsión.<sup>5</sup>

En la mayoría de los estudios, los procedimientos de esterilización por sí mismos no parecen tener influencia negativa en la resistencia a la torsión o a la fatiga de la mayoría de los instrumentos de NiTi: las aleaciones austenítica y martensítica se comportan de forma bastante similar en este aspecto.<sup>5</sup>

## 4. Tipos de instrumentos

Las casas fabricantes proponen secuencias e instrumentos para reducir la incidencia de fracturas pero el sistema ideal aún no existe. La secuencia ideal debería poseer los siguientes requisitos:

- Ser simple, ergonómica, tiempo de trabajo corto, de uso sencillo y de fácil aprendizaje, costo accesible.
- Mantener la anatomía del conducto original, conservar la máxima estructura radicular posible, evitar errores iatrogénicos como *stripping*, perforaciones o salida de detritos más allá del ápice.
- Mantener la posición y el diámetro del forámen.
- Crear conductos lo suficientemente amplios como para acoger cantidades adecuadas de soluciones irrigantes.
- Determinar modelados previsibles.
- Evitar separación intrarradicular de instrumentos.
- Permitir la preparación desde los conductos más simples (amplios y con curvatura ligera) hasta los más difíciles (estrechos, curvos y largos).
- Respetar los parámetros biológicos de preparación.
- Poseer un sistema compatible de obturación.<sup>4</sup>

## 4.1. Instrumentos de acción manual

### ***Instrumentos tipo K***

Los instrumentos tipo K son útiles para penetrar y ensanchar; el movimiento de ensanchar (rotación constante con una lima) causa menos transporte que el movimiento de limar.

Las limas K de acero inoxidable se pueden precurvar por exceso de flexión; esto somete a la lima a un esfuerzo importante y, por lo tanto, debe evitarse al máximo. Cuando las estrías se enroscan excesivamente o se abren en exceso, se produce una deformación permanente

El diseño de la lima K permite una aplicación de trabajo de rotación, en sentido horario y antihorario; la sección transversa es simétrica con ángulos de inclinación negativos, lo que permite cortar la dentina en dirección horaria y antihoraria.<sup>5</sup> (figura 13)<sup>12</sup>



figura 13. Limas tipo K

### ***Instrumentos tipo H***

Las limas Hedström, se obtienen a partir de piezas redondas de acero inoxidable; son muy eficaces en movimientos de traslación, dado que tienen un ángulo de incidencia positivo y una hoja con ángulo de corte, más que de raspado. No se recomienda realizar movimientos rotatorios, debido a la posibilidad de fractura.

La flexión de las limas Hedström provoca puntos de mayor concentración de esfuerzo que en las tipo K, estas zonas pretensadas pueden llegar a la propagación de fisuras y, finalmente, a una fractura por fatiga.

La lima H tiene bordes más afilados que la K, tiende a enroscarse en el conducto durante la rotación; es importante conocer esta fuerza para evitar la separación del instrumento.<sup>5</sup>(figura 14)<sup>1</sup>



figura 14. Limas tipo H

### ***Tiranervios***

Se usan para eliminar pulpa vital de los conductos radiculares<sup>5</sup>

## 4.2. Instrumentos motorizados de baja velocidad

### **Fresas**

Se utilizan en piezas de mano de alta y baja velocidad, y están hechas de acero inoxidable.

### **Fresas Gates Glidden**

Las fresas Gates Glidden (GG) se han utilizado durante más de 100 años sin cambios destacables del diseño. Suelen funcionar bien para el ensanchamiento de las zonas coronales del conducto; si se utilizan de forma incorrecta, pueden reducir de forma significativa el grosor de la pared radicular.

Debido a su diseño y a sus propiedades físicas, son instrumentos de corte lateral; se usa para cortar dentina conforme son retiradas del conducto. Las fresas GG solo se deben usar en las porciones rectas del conducto. Las fresas GG se pueden separar cuando se utilizan en áreas curvas del conducto, debido a fatiga cíclica, y en ocasiones la cabeza de corte se rompe por efecto de fuerzas de torsión elevadas. <sup>5</sup>(figura 15)<sup>24</sup>



figura 15 . Fresas Gates Glidden

### **Fresas Peeso**

Las fresas Peeso suelen utilizarse en la preparación de conductos radiculares para el ensanchamiento coronal o en la pospreparación; las estrías de corte son más largas y paralelas que en las fresas GG, tienen puntas cortantes y no cortantes y deben usarse con precaución, para evitar una preparación excesiva y el adelgazamiento de las paredes de dentina radicular. <sup>5</sup>(figura 16)<sup>23</sup>



figura 16. Fresas Peeso

### 4.3. Instrumentos motorizados para la preparación de conductos

#### ***Tipos de instrumentos***

Los instrumentos motorizados para la preparación de los conductos radiculares de acero inoxidable se han utilizado desde hace más de un siglo. Los dos principales problemas de este tipo de instrumento era la transportación de conductos y la fractura de limas.

Los instrumentos varían en diseño, aleación utilizada y movimiento de corte recomendado. Varias características integradas ayudan a evitar errores de procedimiento, favorecen la eficacia y mejoran la calidad de la conformación de los conductos.

En fechas más recientes se aplica un movimiento recíprocante para los instrumentos rotatorios de NiTi con el fin de prevenir que los instrumentos se enrosquen y se rompan.

Los instrumentos motorizados han reducido la incidencia de errores importantes en la conformación de los conductos, aunque también propenden a la fractura en mayor medida que los instrumentos manuales.<sup>5</sup>

#### 4.3.1. Grupo I: Preparación pasiva, presencia de apoyos radiales

Los primeros instrumentos rotatorios de éxito comercial fueron Pro File, Light Speed y GT; tienen en común una sección transversal con apoyos radiales, formados por tres excavaciones redondeadas, en forma de U. Los instrumentos rotatorios del grupo I son bastante seguros frente a errores de preparación; producen acción de escariado, más que de corte de dentina, lo que se traduce en baja eficacia. <sup>5</sup>

**Profile** (Maillefer, Suiza) creados por el Dr. Ben Johnson, sección transversal en U de triple hélice, presencia de superficie radial entre los canales; no tienen ángulos de corte sino superficies de aplanado, punta no activa, sin ángulo de transición. <sup>4</sup>

**Lightspeed** (Kerr, USA) creados por el Dr. Steve Senia, con punta piloto no cortante sección transversal en U.

**Quantec** (Sybron Endo, USA), ideados por el Dr. John Mc Spadden; ángulo de corte ligeramente positivo, presencia de dos amplias superficies radiales, punta activa no cortante, redondeada. <sup>4</sup>

**GT Rotary** (Maillefer, Suiza), diseñados por el Dr. Stephen Buchanan, sección transversal en U, similar a los Pro File, punta redondeada y no activa, con superficies de aplanado más inclinadas. (figura 17) <sup>18</sup>

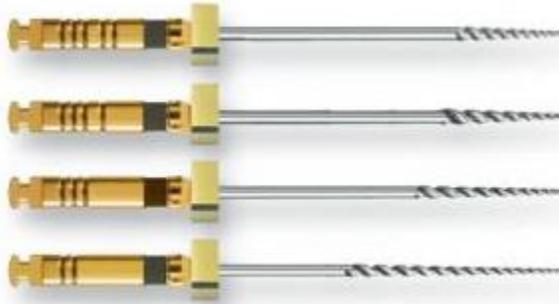


figura 17. GT Rotary

**K3** (Sybron endo, USA), son instrumentos asimétricos poseen ángulo de corte agudo y positivo, punta no activa, ángulo de las espiras de tipo variable, más amplias, con una descarga amplia para reducir el detrito, sección radial estabilizadora amplia.<sup>4</sup>

#### 4.3.2. Grupo II: Corte activo, sección transversal triangular

Los instrumentos rotatorios del grupo II tienen en común un diseño de estrías de corte más activo. No cuentan con apoyos radiales, y por ello su eficacia de corte es superior. Este hecho se traduce en una mayor posibilidad de errores de preparación, sobre todo cuando se lleva el instrumento a través del forámen apical, con lo que se elimina la guía derivada de la punta no cortante.<sup>5</sup>

**Pro Taper** (Maillefer, Suiza), presentan sección triangular con tres ángulos de corte convexo una conicidad de incremento variable y progresiva desde la punta al tallo del instrumento, con conicidades mayores cerca de la punta y conicidades menores cerca del tallo.<sup>4</sup> (figura 18)<sup>18</sup>



figura 18. ProTaper

**Ra Ce** (Reamers with alternating Cutting Edge) (FKG La Chaund de Founds, Suiza) poseen una sección triangular con tres ángulos de corte, punta no activa, sin superficies de separación. Para limitar el efecto de atornillado determinado por los tres ángulos activos, las superficies de corte del instrumento se alternan con superficies no activas con el fin de hacer fluir los detritos fuera del conducto, Ra Ce presentan tratamiento de electropulido superficial que reduce los efectos superficiales de la aleación Ni-Ti, de los cuales pueden producirse microfracturas<sup>5</sup>

**Hero 642** (Micro Mega, Francia) instrumentos con sección simétrica con tres superficies cortantes, punta no cortante, paso de las espiras en forma constante<sup>4</sup>, secciones transversales similares a las de una lima H sin apoyos radiales, mantienen una distribución uniforme de la fuerza en las áreas de corte, tienen un tamaño de espira progresivo y punta pasiva no cortante. <sup>5</sup>

**Twisted File.** (Sybron Endo, USA) presenta un proceso de producción que elimina las fisuras por desgaste, además de un proceso de tratamiento superficial definido Deox que sella las imperfecciones superficiales y aumentar el corte del instrumento. Poseen sección triangular; están constituidos con un monobloque mango-hojas, espiras de paso variable, punta no activa.

**Mtwo** (Sweden & Martina, Italia) Ideados por el profesor Vinio Malignino poseen sección en hélice con dos cortantes, cuchillas afiladas casi paralelas con el eje longitud del instrumento, de punta no activa.<sup>25</sup> Las hojas del instrumento para reducir el efecto de atornillado son elongadas, con un número de espiras por unidad de longitud reducidas. <sup>4</sup>

#### 4.3.3. Grupo III: Casos especiales

**Revo- S.** (Micro Mega, Coltene, USA) Heredero de Hero 642, presenta sección asimétrica con tres hojas dispuestas de manera que tiene tres radios diferentes respecto al centro del conducto; de esta forma, cuando una hoja trabaja a lo largo de las paredes del conducto, las otras dos están libres y no tocan las paredes del mismo; reducir la masa del metal presente en el centro (*core*) del instrumento, permite mayor flexibilidad conicidad del 4% o el 6%, pero con una distancia diferente de las espiras. <sup>4</sup>

**Endowave** (J. Morita, Japón), diseño definido en onda continua con alternancia de los bordes cortantes rectos y oblicuos, tratamiento de electropulido para reducir la presencia de defectos superficiales que mejora la resistencia a la fatiga cíclica, punta pasiva sección transversal triangular en las conicidades .04, .06 y .08 y cuadrada en la conicidad .02.<sup>13</sup>

**Sequenza 4S** (Komet, Italia), incluye instrumentos revestidos con nitruro de titanio, que mejora la dureza de superficie de la aleación Ni- Ti y aumenta la resistencia al desgaste, con dos secciones alternadas en la secuencia romboidal y en doble S, punta no activa o de transición con incremento de dimensión al mínimo entre los distintos instrumentos de la serie, <sup>4</sup> (tabla 1)<sup>5</sup>

Tabla 1. Grupos de instrumentos según su forma de corte y detalles

Grupo	Ensanchamiento potencial	Errores de preparación	Resistencia a la fractura	Rendimiento clínico
<b>I</b>  <b>Profile, Pro System GT, GTX, Quantec, Pow-R, Guidance. K3, Light Speed</b>	<b>+</b>  Según los tamaños, a menudo de tiempo prolongado	<b>++</b>  baja incidencia, en general transporte de conductos  < 15 rpm	+/- fatiga  + carga de torsión según el sistema	<b>++</b> bueno, según las condiciones de tratamiento, sin diferencia entre los instrumentos mostrados
<b>II</b>  <b>Pro Taper, RaCe, Hero 642, Flex Master, Mtwo, , Pro File Vortex, Twisted File</b>	<b>+/-</b>  Bueno, con empleo de técnicas híbridas	<b>+/-</b>  En general exige más destreza del profesional	+ fatiga  +/- carga de torsión según la conicidad y el manejo	hasta ahora salvo en manos de inexpertos que trabajan mejor con instrumento de apoyo
<b>III</b>  <b>Endo Eze AET, Liberator, WaveOne, Reciproc, One Shape, SAF</b>	Limitado	Variable, Liberator ---  Endo Eze AET -- -  Wave One, Reciproc +	Variable + con Wave One, Reciproc	Variable

## 5. Separación de instrumentos

Un instrumento separado no suele ser la única causa de fracaso de un tratamiento. El problema radica en que el instrumento impide la adecuada limpieza, modelado, desinfección y obturación del sistema de conductos radiculares.<sup>26</sup>

Los instrumentos endodóncicos pueden separarse dentro de los conductos debido a su poca flexibilidad, resistencia y al uso incorrecto. La principal causa de separación de instrumentos es el uso abusivo o la aplicación de fuerza excesiva sobre las limas; no existen diferencias significativas entre el acero y el Ni Ti, en lo que se refiere a fractura, el porcentaje de fractura depende del número de usos, tipo de instrumento y el uso dado por el operador.<sup>1</sup>

La separación de instrumentos puede producirse en cualquier fase del tratamiento endodóncico y en cualquier nivel del conducto. La incidencia de esta complicación, referida en los estudios clínicos por conducto o por diente, está comprendida entre el 0.39 y el 5%.<sup>5</sup>

El mayor número de fracturas se verifica donde las cargas de *flexo-torsión* son elevadas como en molares 94.3% con respecto a premolares de 4.3% y en dientes anteriores de 1.4%. Las raíces mesiales de molares inferiores se reporta que es de 85.3% en tanto que las de molares superiores es de 61.5% siendo las zonas en las que están presentes la mayor incidencia.<sup>4</sup>

## 5.1. Causas de separación de los instrumentos

Una causa frecuente de separación de instrumentos es su uso incorrecto, limitaciones de sus propiedades físicas, como uso excesivo, acceso inadecuado, anatomía del conducto radicular, defectos de fabricación y el hecho de no desechar un instrumento para sustituirlo por uno nuevo cuando se necesite, ejercer presión apical excesiva durante la instrumentación, especialmente cuando se utilizan limas rotatorias de níquel titanio, esa presión puede hacer que el instrumento se desvíe en el interior del sistema de conductos o produzca mayor fricción contra las paredes del conducto, si el conducto está seco se genera fricción excesiva sobre el instrumento, por ello, es necesario lubricar continuamente el conducto con soluciones irrigantes o lubricantes para reducir la resistencia por fricción y aumentar la eficacia de corte de los instrumentos.<sup>5</sup>

Recomendaciones para saber cuándo hay que desechar un instrumento y sustituirlo por otro:

- Cuando se detectan defectos, como zonas brillantes o pérdida de la espiral en las estrías.
- Si debido a uso excesivo, el instrumento se dobla o se curva lo que es más frecuente en instrumentos de menor tamaño.
- Cuando haya sido necesario doblarlo o precurvarlo excesivamente.
- Si la lima se dobla accidentalmente durante su uso.
- Cuando la lima se retuerce en lugar de curvarse.
- En caso de observarse corrosión en el instrumento.
- Cuando los compactadores tienen puntas defectuosas o han sido calentados excesivamente.<sup>5</sup> (Figura 19 y 20)<sup>27</sup>



figura. 19. Instrumento fracturado debido a uso inadecuado



figura 20. Instrumento doblado y con defecto en las espiras

## 6. Mecanismos de fractura

Durante la fase de modelado, los instrumentos endodóncicos son sometidos a diversas fuerzas que pueden ser divididas en simples como flexión, torsión y fuerzas verticales y compuestas como flexo- torsión.<sup>4</sup>

Los instrumentos se separan durante el movimiento horario después de la deformación plástica; aunque la fuerza requerida es la misma en ambas direcciones de rotación, la fractura se produce en la dirección contraria a las agujas del reloj con la mitad de rotaciones.<sup>5</sup>

### *Consideraciones en la evaluación de los instrumentos separados*

- Cuándo se separa el instrumento: al principio o al final de la preparación.
- Ángulaciones radiográficas múltiples (ortoradial, distoradial, mesioradial).
- Anchura y longitud del fragmento separado.
- Tipo de metal: acero inoxidable o níquel-titanio.
- Localización del instrumento: tercio coronal, medio o apical.
- Sección anatómica transversal del conducto: redondo u ovalado.
- Posición de cualquier curvatura/recurvatura, y porción del fragmento dentro de esta curvatura.
- Presencia o ausencia de patología pulpar y/o periapical.<sup>28</sup>(figura 21)<sup>29</sup>



figura 21. Instrumento separado dentro de un conducto

### 6.1. Fuerzas que inciden en los instrumentos

La fatiga es la principal causa de fractura en los metales. El acero, con respecto a la aleación NiTi, posee un módulo de resistencia a las fuerzas de torsión NiTi 1.1 N/cm, acero 2.5 N/cm, dureza y densidad mayores pero también un módulo de elasticidad más alto; la aleación Ni Ti: 30 g/Pa, acero 200 g/Pa. Esto se traduce clínicamente, en la capacidad de los sistemas rotatorios de Niquel-Titanio (SRN) de seguir las curvaturas de los conductos en rotación sin “enderezamiento” como sucede con los instrumentos de acero; así como en menor resistencia a las fuerzas de torsión y acumulación de fatiga cíclica en el interior de la aleación.<sup>4</sup>

Sattapan y cols. diferencian dos tipos de fracturas: por torsión (con deformación) y por fatiga en flexión (con deformación).<sup>30</sup>

Los dos aspectos en los que se puede influir para maximizar la eficacia de los instrumentos, y minimizar el riesgo de fractura, son el diseño y la técnica de instrumentación.<sup>11</sup>

La resistencia elástica de los instrumentos endodóncicos y su capacidad de soportar estrés sin presentar fractura se da en función de la cohesión intermolecular (fuerza de sus enlaces); que depende de la estructura interna de la aleación y de los defectos o puntos débiles presentes en el material, tanto en el interior como en la superficie.<sup>4</sup>

Los instrumentos, cuando son sometidos a fuerzas estáticas o dinámicas, no se limitan a resistir o a fracturarse, sino que atraviesan en forma dinámica las siguientes fases:

- *Deformación reversible o elástica*, después de la cual el instrumento puede regresar a su forma inicial si la carga es removida; la deformación, por lo tanto, no ha superado el límite elástico de la aleación.
- *Deformación irreversible o elástica*, después de la cual el instrumento ya no puede regresar a su forma inicial aun cuando la carga sea removida; la deformación permanente es causada por una fuerza que ha superado el límite elástico de la aleación.
- *Fractura*, es la fuerza que ha actuado sobre un instrumento y que ha superado su capacidad de soportar la deformación.<sup>4</sup>

El proceso de fractura por fatiga se caracteriza por tres diferentes pasos:

- 1º. *Formación de fisuras (cracs)*: un pequeño crac se forma sobre algunos puntos de elevada concentración de estrés.
- 2º. *Propagación de la fisura* aumentan en relación con cada ciclo de estrés.
- 3º. *Fractura final*: se produce rápidamente después de que el avance de los cracs ha alcanzado un punto crítico.<sup>4(figura 22)</sup><sup>31</sup>

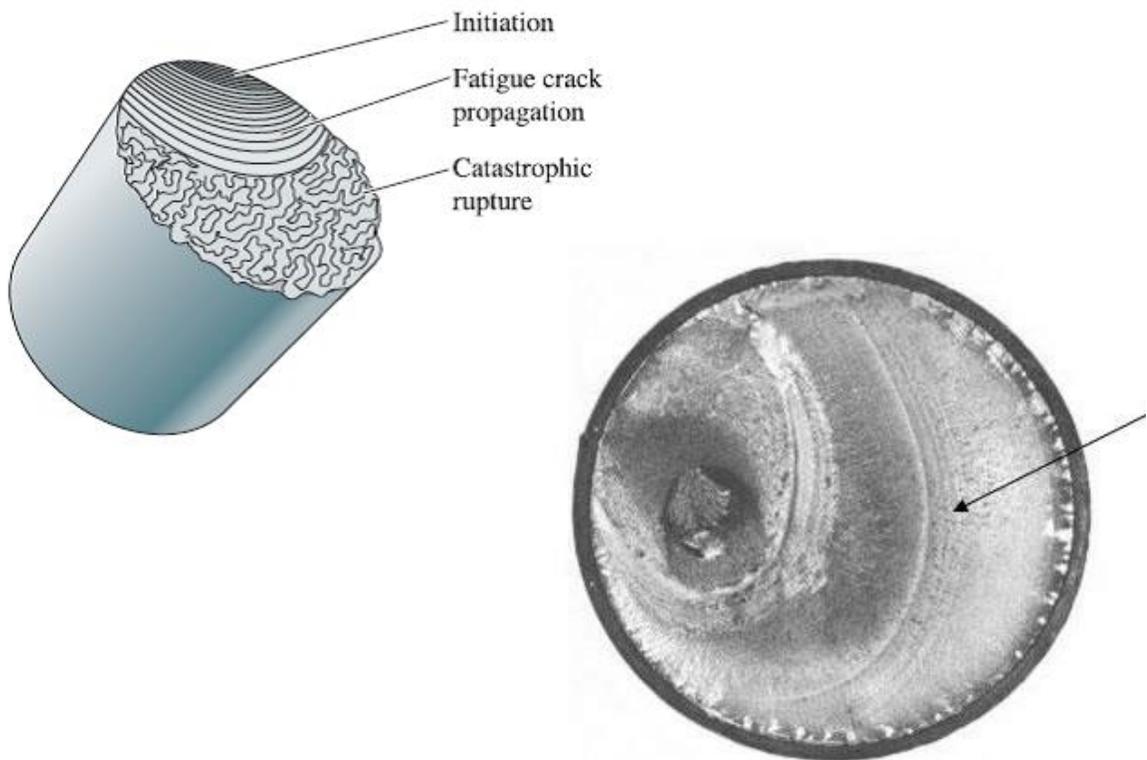


figura 22. Proceso de fractura por fatiga

### 6.1.1. Estrés torsional

El momento de torsión de un instrumento es la resistencia que se opone al instrumento en el momento que choca contra las paredes del conducto radicular durante su rotación; esta fuerza se mide en  $N/mm.^4$  (figura 23)<sup>32</sup>

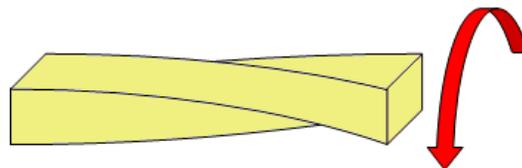


figura 23. Torsión

La flexo- torsión es causada por la acción de un momento de flexión y de un momento de torsión, se manifiesta cuando el cuerpo posee una rotación con respecto a su eje longitudinal, asociada a la aplicación de una carga a lo largo de uno de los ejes. Cuando rota dentro del conducto, el instrumento endodóncico es sometido a cargas compuestas causadas por flexión rotatoria como en el momento de torsión.<sup>4</sup> La flexo- torsión se manifiesta con la apertura de espiras del instrumento.<sup>4</sup>

Según la tercera ley de Newton (acción y reacción), al trabarse una lima en rotación en las paredes del conducto, se genera una fricción que da lugar a dos fuerzas: una de acción, en la que la hoja de la lima corta la dentina del conducto en el sentido de la rotación de la lima y otra fuerza de reacción, por lo que la dentina tiende a deformar la lima en sentido opuesto a la rotación de ésta.

Si la capacidad de corte del instrumento supera la resistencia de la dentina, la lima seguirá rotando en el interior del conducto, mientras que si la capacidad de corte del instrumento es menor que la resistencia de la dentina, éste quedará trabado en el conducto; si en esta situación el motor sigue rotando, la lima se deformará y podrá llegar a fracturarse. <sup>11</sup> (figura 24)<sup>33</sup>

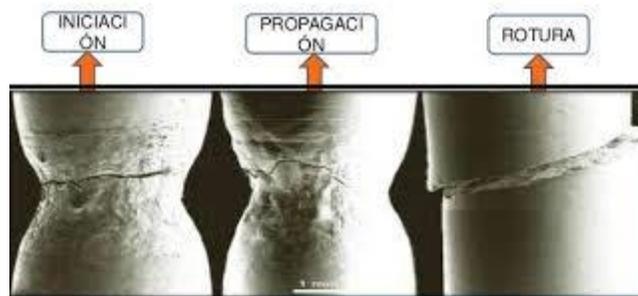


figura 24. Fractura por torsión

Cuanto más fino es un instrumento, tanto más sensible es a esta sobrecarga, por lo que se deberán emplear instrumentos de mayor calibre para conseguir que sólo exista fricción con las paredes del conducto y una pequeña superficie del instrumento. <sup>11</sup>

Otro factor relacionado con la resistencia al estrés torsional está determinado por el diseño de la sección de la lima.

En los instrumentos rotatorios de Ni- Ti, el estrés por torsión es la resultante de varios componentes; fuerzas de corte que crean un chip u hojuela de dentina en el interior de las paredes del conducto radicular y que son proporcionales a los ángulos de corte presentes en la sección del instrumento; fuerzas de atornillado que están en función del número de espiras presentes en el instrumento y de su inclinación; fuerzas de abrasión causadas por el contacto entre la superficie de la lima y las paredes del conducto. <sup>4</sup>

Las fuerzas de atornillado están en función del número de espiras presentes en el instrumento y de su inclinación; más espiras implica mayor tendencia del instrumento a atornillarse; diversos planos inclinados de las espiras conllevan menos tendencia de atornillarse.

*Taper-lock o bloqueo del conducto* la fractura por torsión se presenta cuando una parte del instrumento rotatorio rota a una velocidad diferente o permanece bloqueada con respecto a la otra que continúa rotando. Este fenómeno se produce, con mayor frecuencia, con instrumentos de masa menor y que se dañan más en la punta. En las fracturas por torsión, la mayor parte de las interrupciones del instrumento se producen a una distancia que va desde 1 hasta 6 mm desde la punta<sup>19</sup>, con frecuencia es más elevada en los últimos 3 mm de la punta.<sup>4</sup> (figura 25)<sup>34</sup>



figura 25. Bloqueo del conducto por lima separada

Los instrumentos con diámetro menor en la punta sufren, con mayor frecuencia, fractura por torsión y presentan deformación en las espiras.

Para contrarrestar la aparición de las *fracturas por torsión* es posible:

- Crear un patrón de deslizamiento (glide path) hasta la longitud de trabajo con una lima manual, de ésta forma se reducirá el efecto de bloqueo en la punta.
- Llevar el avance del instrumento de manera gradual.
- Adoptar una secuencia de instrumentación que contenga diferentes conicidades y distintos diámetros en la punta, no saltar pasos en la secuencia.
- Lubricar el conducto con soluciones irrigantes.<sup>4</sup>

### 6.1.2. Fatiga cíclica

La rotación por flexión en el interior de una curvatura del conducto radicular determina un proceso de fatiga cíclica. La fractura por fatiga es una tipología de separación que se manifiesta en estructuras fluctuantes y sometidas a estrés dinámico.<sup>4</sup>

Cuando se curva un instrumento rígido, en la cara externa de la curvatura se genera una fuerza de tensión, mientras que en la cara interna de la curvatura aparece una fuerza de compresión.<sup>11</sup>

La diferencia con respecto a la fatiga cíclica entre instrumentación manual e instrumentación rotatoria radica en que la instrumentación manual la lima gira un cuarto de vuelta en un sentido y otro cuarto de vuelta en el otro, por lo que al no realizar vueltas completas, la fatiga cíclica disminuye, mientras que en la rotación continua la lima sufre una rápida alternancia de tensión compresión.<sup>11</sup>

Una forma de minimizar la fatiga cíclica es cambiar la rotación continua por rotación discontinua. (figura 26)<sup>19</sup>



figura 26. Fractura por fatiga cíclica

La fatiga cíclica está influenciada por una serie de factores:

- Diámetro del instrumento. En un conducto curvo, la capacidad de un instrumento para resistir a la fatiga varía en forma inversamente proporcional con el cuadrado de su diámetro. Entre más pequeño sea el diámetro del instrumento, más tiempo podrá rotar en el interior de un conducto curvo sin manifestar signos de fatiga cíclica.
- Conicidad del instrumento. A menor conicidad, mayor es el tiempo de supervivencia del instrumento.<sup>4</sup>
- Sección transversal del instrumento. De acuerdo a la forma de la sección transversal del instrumento existe mayor propensión a fractura, a mayor masa produce mayor fricción dentro del conducto.
- Numero de rotaciones. La fatiga de una lima aumenta en la medida en que se incrementa el número de rotaciones en el interior de los conductos.
- Movimiento del instrumento en el interior del conducto. La ausencia de movimiento determina mayor carga sobre los instrumentos, porque se esfuerzan siempre los mismos puntos de la superficie. Los movimientos breves permiten mayor resistencia a la fatiga con respecto a ausencia de movimiento.
- Tipo de rotación. La rotación alternada con ángulos diferentes en un sentido con respecto a otro, en lugar de rotación continua, incrementa la resistencia a la fatiga.<sup>4</sup>
- Superficie del instrumento. El tratamiento de electropulido mejora la resistencia a la fatiga cíclica y a la corrosión, así como la capacidad de trabajar en presencia de hipoclorito.
- Numero de uso. Influencia el porcentaje de fractura del instrumento

- Grado de curvatura, diámetro y longitud de los conductos.
- Método de desinfección y esterilización. El hipoclorito de sodio puede producir micro fisuras sobre la superficie de los instrumentos y provocar electro corrosión si es utilizado como desinfectante para la limpieza de instrumentos, cuando está en contacto con el instrumento por un tiempo prolongado, pero no altera la capacidad de corte, ni reduce la resistencia a la torsión y a la flexión.<sup>4</sup>

Para contrarrestar y prevenir la fractura por fatiga:

- Obtener un acceso recto reduce la carga sobre el instrumento y prolonga el radio de la curva.
- Evitar utilizar instrumentos de conicidad mayor a 0.04% para conductos con radio de curvatura medios o estrechos.
- Utilizar solo instrumentos de conicidad 0.02% si se modelan conductos con curvaturas acentuadas.
- Limitar el contacto de los instrumentos con el hipoclorito de sodio para reducir electro corrosión.<sup>4</sup>

## 7. Factores que influyen en la remoción de instrumentos

Es mejor prevenir la separación de un instrumento en vez de procurar su retiro después del desprendimiento. El éxito de la extracción del instrumento separado depende de la localización, dirección y tipo de instrumento.<sup>4</sup>

La probabilidad de remoción de un instrumento separado depende de varios factores como:

- a) Si el instrumento se ha separado en la parte recta o más allá de alguna curva dentro del sistema de conductos radiculares.
- b) Si es visible y accesible.
- c) Si se cuenta con una buena fuente de iluminación y magnificación.<sup>35</sup>
- d) El tipo de material que compone la obstrucción. Las limas de acero inoxidable tienden a ser de remoción más sencilla, y por lo general, no se fracturan durante el proceso de remoción. Los instrumentos de níquel- titanio pueden quebrarse nuevamente, durante el uso del ultrasonido, debido al calentamiento.<sup>1</sup>
- e) Los segmentos que se fracturan en instrumentos NiTi rotatorios son resultado de falla torsional, tienden a ser más pequeños (1-3mm) y quedan firmemente atrapados a presión entre las paredes del conducto.
- f) El conocimiento, entrenamiento y competencia en la selección de las mejores técnicas y tecnologías.<sup>36</sup>

Ningún método de remoción debería ser intentado hasta que se consiga el acceso en la porción coronal de la obstrucción intrarradicular.<sup>1</sup>

## 8. Bypass

Cuando sucede algo inesperado durante el tratamiento de conductos, se debe informar al paciente acerca de los procedimientos a seguir, así como de las modalidades de tratamiento alternativo y el efecto de este accidente en el pronóstico.<sup>37</sup>

El *bypass* es un procedimiento conservador con respecto a la remoción del fragmento; tiene buenas posibilidades de éxito en los casos de fractura por flexión y en conductos rectos y amplios. (figura 27) <sup>38</sup>

El procedimiento consiste en sobrepasar el instrumento separado pasando lateralmente con limas de acero manuales, limpiar, modelar, desinfectar y obturar el conducto incorporando el fragmento separado al material de obturación.<sup>26</sup>.

En muchas ocasiones, los instrumentos separados que quedan en el tercio apical llegan a tener un sellado apical aceptable.<sup>7</sup> Crump y Natkin informan que en casos obturados de manera convencional y con instrumentos separados en su interior tiene igual posibilidad de éxito.<sup>39</sup> En los dientes sin lesiones periapicales, un instrumento separado e incorporado al sellado no parece afectar negativamente el pronóstico.<sup>35</sup>

Si se considera un caso con posibilidad de éxito, se debe estudiar la estrategia a realizar y evaluar el tipo de instrumento (acero, níquel- titanio), longitud, conicidad y diseño de la sección del fragmento, profundidad en la que se produjo la separación, número de espiras comprometidas en la dentina, radio y el ángulo de curvatura del conducto y las modalidades de ruptura, es decir, si la separación se produjo por flexión o por torsión. <sup>4</sup>



figura 27. Bypass endodónico

Si la ruptura se produjo por estrés de flexión ante la presencia de una curva o de una interferencia, una vez creado el acceso al fragmento se procederá a realizar un *bypass*; ya que en este tipo de fractura el instrumento toca solo tres puntos de la pared del conducto radicular, y por lo tanto, existe espacio para pasar en el conducto al lado del fragmento. En las fracturas por flexión la remoción resulta más compleja ya que el fragmento, después de la separación no permanece centrado en el conducto sino que se apoya por elasticidad en la pared externa de la curva que obstaculiza la salida del conducto. Es importante saber si el fragmento es acero o Ni Ti.<sup>4</sup>

Si la separación del fragmento se produjo por excesivo estrés por torsión, realizar el *bypass* del instrumento resulta difícil ya que éste es atornillado firmemente en la pared del conducto.<sup>4</sup>

Si el *bypass* no es posible, se debe intentar remover el fragmento.<sup>4</sup> En el caso que haya dudas sobre las posibilidades de remover con éxito el instrumento separado es mejor recurrir a la cirugía retrógrada; por otra parte, si los procedimientos operatorios causaron complicaciones iatrogénicas con una posible pérdida excesiva de hueso o dentina se debe pensar en la extracción.<sup>4</sup>

## 9. Técnicas para la remoción de instrumentos separados

Para tratar de remover instrumentos separados se pueden emplear métodos ortógrafos no quirúrgicos mecánicos o químicos y métodos quirúrgicos.

- a) En la extracción mecánica se utilizan herramientas diseñadas para recuperar instrumentos rotos, como extractores, bucles de alambre, sistemas para la extracción de postes, ultrasonidos.
- b) En la extracción química se emplean disolventes químicos para corroer el instrumento y procesos electroquímicos para disolverlos.
- c) En las técnicas quirúrgicas se elimina el fragmento separado junto con el ápice o segmento radicular cuando es imposible realizarlo por vía ortógrada.<sup>5</sup>

### 9.1. No Quirúrgicos

Para la extracción no quirúrgica de un instrumento separado se han ideado diferentes métodos y pinzas especializadas que disponen de puntas estrechas que pueden entrar en la cavidad de acceso, cuando un instrumento separado se asoma por encima del orificio del conducto radicular<sup>26</sup> como son: la pinza Steiglitz es una pinza ahuecada con dos brazos, portagujas de Castroviejo modificado o alicates de Perry; también se puede usar excavador de cuchara o recuperador de Caulfield para enganchar y extraer el instrumento separado presionando directamente en sentido coronal.<sup>40</sup> Cualquiera de estos instrumentos es útil para recuperar conos de plata sueltos, un fragmento de lima suelto separado o vástago de una fresa de Gates Glidden de la cámara pulpar.

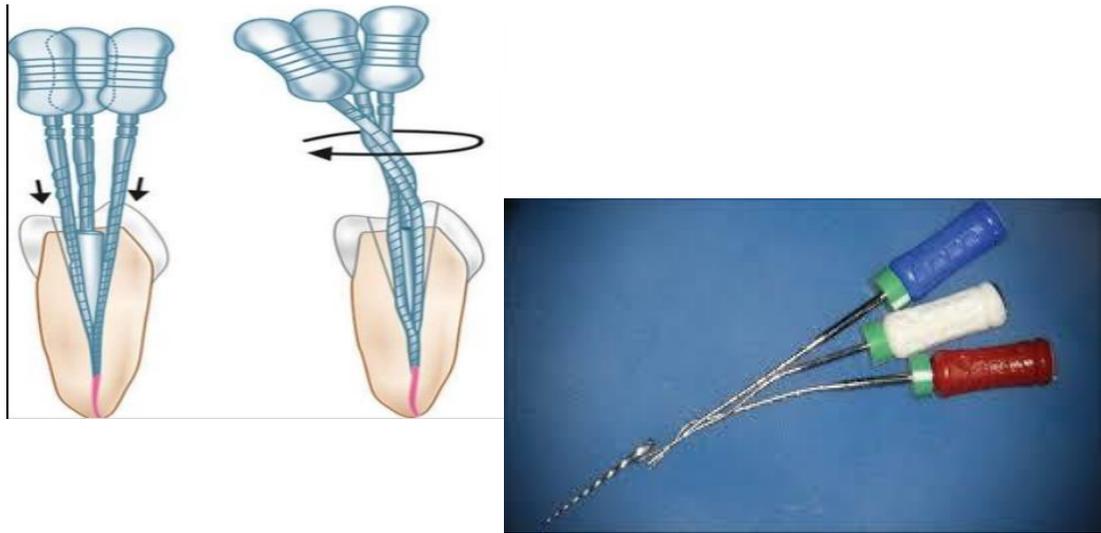


figura 28. Técnica de trenzado

Si se puede introducir una lima manual más allá del instrumento separado, se puede utilizar una “técnica de trenzado”, se introducen varias limas Hedström junto al instrumento que se quiere franquear, se retuercen las limas para atrapar el instrumento separado y se extrae en bloque.<sup>26</sup> (figura28)<sup>26</sup>

### 9.1.1. Técnicas Ultrasonicas

Antes de intentar cualquier técnica de remoción, es aconsejable colocar una torunda de algodón en los otros orificios expuestos, en el caso de que existan, para impedir que el fragmento entre en otro conducto. Los instrumentos ultrasónicos deben ser de diseño contrangulado para tener acceso a todas las regiones de la boca, lados paralelos para crear una línea de visión entre el instrumento y el conducto adelgazado, recubrimiento no agresivo como el nitrito de zirconio, para remover la dentina durante el uso de la trefina, debe suministrar un rango amplio de potencias, ajuste preciso en las potencias más bajas y retroalimentación eléctrica para regular la amplitud y el movimiento seguro de la punta.<sup>1</sup> (figura 29)<sup>41</sup>

El instrumento apropiado se selecciona con base en la longitud de trabajo y diámetro del conducto. Los instrumentos ultrasónicos son utilizados para trefinar circunferencialmente a la obstrucción, romper el cemento y exponer con mayor seguridad el instrumento separado. Además, debe seleccionarse un instrumento de tamaño apropiado que va a entrar pasivamente y permitir una línea de visión favorable en el conducto previamente instrumentado. La punta del instrumento ultrasónico es colocada en contacto íntimo con la obstrucción y es activada a baja potencia.<sup>1</sup>

Todo el trabajo ultrasónico debe ser en seco, para permitir la visualización constante de la punta energizada contra el instrumento separado, se puede utilizar el adaptador Stropko con la punta de una jeringa *luer-lock* apropiada para dirigir un chorro continuo de aire y remover el polvo de dentina.<sup>1</sup>

El instrumento ultrasónico seleccionado es movido levemente, en dirección antihoraria, alrededor de la obstrucción, excepto cuando se remueve una lima con espiras hacia la izquierda, por lo que la remoción es en sentido

horario. Esta acción de la trefina del ultrasonido remueve la dentina y expone algunos milímetros coronarios de la obstrucción. Durante el uso del ultrasonido, la obstrucción se aflojará, soltará y girará. Colocar la punta energizada entre la lima y la pared del conducto puede provocar que el fragmento separado salte abruptamente.<sup>1</sup>

En el caso de que un instrumento se encuentre muy profundamente y los procedimientos ultrasónicos sean restringidos debido al volumen o forma de la raíz, se debe seleccionar un instrumento ultrasónico con longitud mayor y diámetro menor, con recubrimiento abrasivo, para promover una remoción segura. En las raíces largas o cuando el espacio es restringido, un instrumento de titanio puede ser necesario, ya que promueve una acción de corte preciso, que da seguridad cuando se trefina en el conducto.<sup>1</sup>



figura 29. Puntas de ultrasonido para remoción de instrumentos

### 9.1.2. Opción IRS

El Instrument Removal System (IRS) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), constituye otro método mecánico para la remoción de obstrucciones como conos de plata, materiales obturadores o segmentos separados de limas. Está indicado cuando los dispositivos ultrasónicos no son exitosos; puede ser utilizado para remover instrumentos separados alojados en la porción recta de la raíz o parcialmente alrededor de la curvatura del conducto.<sup>1</sup> Está compuesto por diversos microtubos y cuñas de inserción que son escalonadas para adaptarse y trabajar dentro del conducto.

El microtubo IRS se selecciona y posiciona sobre el instrumento separado y se desliza pasivamente en el conducto preampliado se, el microtubo es insertado en el conducto con la parte mayor de la extremidad biselada orientada hacia la pared externa del conducto, con el fin de atrapar la cabeza del instrumento separado y guiarlo dentro del microtubo. Una vez posicionado el microtubo, la llave con el mismo código de color es insertada y se desliza internamente hasta contactar el instrumento separado que es recuperado girando ligeramente el extremo de la llave en sentido antihorario. Una ligera rotación servirá para apretar, calzar y dislocar la cabeza del fragmento separado hacia la ventanilla del microtubo. Si una determinada llave fuera incapaz de conseguir un trabado fuerte con el fragmento del instrumento separado, otra llave de color diferente puede escogerse para un atrapado y remoción exitosos.<sup>1</sup>(figura 30)<sup>29</sup>



figura 30. Sistema IRS

### 9.1.3. Sistema Endo Extractor

Es un sistema para remoción de limas separadas y puntas de plata; el dispositivo atrapa el objeto incrustado con igual fuerza por todo alrededor requiriendo de presión mínima.

El sistema endo extractor (Roydent Dental) consta de:

- Fresa hueca trepan con diámetro interno de 0.80 mm y diámetro externo de 1.6mm.
- Tres dispositivos de extracción, todos con diámetro externo de 1.5 mm: el blanco correspondiente al tamaño ISO # 030, el amarillo correspondiente al tamaño ISO #0.50, el rojo correspondiente al tamaño ISO #0.80
- Está fabricado en acero inoxidable.
- Se esteriliza con autoclave, quimioclave o calor seco.
- Está disponible en kit completo o en tamaños individuales<sup>28</sup> (figura 31)<sup>42</sup>

Los pasos a seguir son:

- Exposición del segmento coronal del fragmento con el trépano.
- El extractor preseleccionado se desliza cuidadosamente sobre el segmento coronal expuesto del fragmento mientras gira el anillo en sentido antihorario para abrir la tenaza.
- Luego, sosteniendo el extractor sobre el fragmento, el anillo gira en sentido horario para que las puntas existentes en cada extractor enganchen el segmento coronal del fragmento y recuperarlo aplicando fuerza durante la extracción.

Las principales desventajas del sistema son el número limitado de tamaños de los instrumentos y la posibilidad de romper las puntas del extractor si se aplica fuerza de flexión durante la extracción.<sup>43</sup>



figura 31. Endo extractor Roydent

#### 9.1.4. Kit Masserann

Técnica útil para recuperar instrumentos separados, puntas de plata y postes del conducto radicular se ha mencionado una tasa de éxito del 55% con el uso de esta técnica.

El kit Masserann (Micro Mega, Francia), contiene:

- Surtido de fresas de trépano codificadas por colores y de tamaño creciente que se giran en sentido antihorario para crear espacio alrededor del extremo coronal del fragmento cortando la dentina del conducto radicular circundante.
- Dos extractores tubulares que miden 1,2 y 1,5mm en su diámetro exterior, estos son introducidos en el espacio creado sujetando mecánicamente el objeto.
- Calibrador.

El extractor es similar a un tubo con un vástago de émbolo (estilete) que, cuando se atornilla dentro del extractor, bloquea el extremo coronal expuesto del fragmento contra el relieve interno justo antes del extremo del extractor, que se puede extraer mediante rotación hacia la izquierda.<sup>44</sup>

Existen varios reportes de buenos resultados con este kit, sin embargo, existen limitaciones en la aplicación de esta técnica, las fresas y extractores son rígidos y relativamente grandes, y el establecer un acceso en línea recta hasta el objeto con frecuencia requiere una remoción considerable de dentina radicular, y riesgo de perforación. Ruddle, señala que el uso seguro

de esta técnica debe limitarse generalmente a conductos amplios en dientes anteriores

Contribuyen a la remoción de cualquier material roscado que tenga una rosca convencional. Generalmente el canal tiene que cortarse como mínimo hasta la mitad de la longitud del fragmento antes de que se afloje suficientemente para permitir su extracción. Se recomienda que el trépano sea operado manualmente, usando el mango especial provisto y no conectado a la pieza de mano. Se usa el calibrador de espesor del equipo para determinar el tamaño del trépano requerido. <sup>28</sup> (Figura 32)<sup>45</sup>



Figura 32. Kit Masseran

## 9.2. Quirúrgicos

La cirugía periapical, en la literatura se reconoce también como cirugía endodóntica, cirugía perirradicular, endodoncia quirúrgica, cirugía endoperiodontal.

Tanto la Endodoncia como la cirugía periapical se complementan entre sí. El diente y sus estructuras de soporte deben tomarse como una unidad biológica. Las interacciones entre dichas estructuras se influyen mutuamente en salud, función y enfermedad; por lo que no es posible hablar de tejidos periodontales y pulpares como entidades independientes.

La cirugía apical es el último recurso disponible para resolver los procesos inflamatorios en la zona periapical después del fracaso de un tratamiento de conducto

La cirugía endodóntica está indicada en diversas circunstancias clínicas. Suele ser la primera opción para tratar dientes con instrumentos rotos irrecuperables por vía ortógrada.<sup>5</sup>

Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Cirugía radicular
  - Curetaje y biopsia (cirugía periapical)
  - Apicectomía
  - Obturación retrógrada
  - Reimplante intencional
- Cirugía correctiva
  - Resección radicular
  - Hemisección
  - Bisección (premolarización)<sup>7</sup>

La cirugía endodóncica suele estar indicada cuando el clínico es incapaz de llegar al área de la patosis y eliminar los agentes causales de la enfermedad a través del sistema de conductos radiculares.<sup>7</sup>

De acuerdo con el juicio del operador y las circunstancias que priven en el caso, Luebke y Glick elaboraron una clasificación de las indicaciones específicas y contraindicaciones para realizar cirugía endodóncica<sup>22</sup> (tabla 2)<sup>46</sup>

Solo cuando se fracasa en la recuperación del instrumento separado de manera ortógrada está indicada la cirugía en que se remueve el extremo apical donde se encuentra el fragmento; si este se encuentra en la parte media y no puede rebasarse, cabe emplear la técnica retroquirúrgica y colocar obturación retrógrada.<sup>46</sup> En caso de que el instrumento salga por el foramen apical, es necesario exponer el ápice y obturar de forma retrógrada.<sup>7</sup>

Tabla.2 Indicaciones y contraindicaciones para la cirugía endodóncica	
Indicaciones	Contraindicaciones
<p>Indicaciones de drenaje quirúrgico</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminación de toxinas</li> <li>2. Alivio de dolor</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>I. Cirugía indiscriminada</li> <li>II. Factores anatómicos locales</li> <li>III. Mal estado general de salud</li> <li>IV. Impacto psicológico sobre el paciente</li> </ol>
<p>III. Indicaciones de cirugía apical</p> <p>Obturaciones de conductos radiculares imposibles de retirar</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obturación evidentemente inadecuada</li> <li>2. Obturación adecuada en apariencia</li> </ol> <p>Conductos calcificados</p> <p>Errores de procedimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fractura parcial de instrumentos</li> <li>2. "escalones", imposibles de pasar</li> <li>3. Sobreinstrumentación</li> <li>4. Sobreinstrumentación sintomática</li> </ol> <p>Presencia de postes intrarradiciales</p> <p>Variaciones anatómicas</p> <p>Fracturas apicales</p> <p>Quiste apical</p> <p>Biopsia</p> <p>Indicaciones falsas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>V Dientes no restaurables</li> <li>VI Inadecuada relación corona- raíz</li> <li>VII Enfermedad periodontal grave y mal pronóstico</li> </ol>
<p>IV. Indicaciones de cirugía correctiva</p> <p>Anomalías radiculares</p> <p>Defectos por caries y resorción perforante</p> <p>Defectos periodontales y endodóncicos</p> <p>Implantes endodóncicos</p>	

### 9.2.1. Cirugía periapical

La cirugía periapical es el procedimiento quirúrgico de eliminación de una lesión periapical conservando el diente causal.<sup>33</sup> Con esta técnica conseguimos:

- Eliminar el foco infeccioso, mediante el legrado y la resección del ápice radicular (apicectomía).
- Conservar el diente causal realizando el sellado apical mediante obturación retrógrada.

Indicaciones de la cirugía periapical

- Fracaso del tratamiento convencional de conductos.<sup>36</sup>
- Cuando es imposible realizar el retratamiento
- Si se requiere biopsia.<sup>47</sup>
- Cirugía correctora de la técnica endodóncica, cuando la terapia de conductos ha fracasado ya que el tamaño de la lesión periapical no ha disminuido e incluso ha aumentado, o existe dolor persistente, si la obturación radicular es incorrecta, presencia de patología periapical persistente, que no puede eliminarse por vía ortógrada; presencia de instrumentos separados dentro del conducto radicular que no pueden ser retirados.<sup>46</sup>
- Por anomalías anatómicas (dens in dens, ápice con curvatura inaccesible)<sup>47</sup>
- La indicación más frecuente suele ser en primeros molares inferiores en los que se requiere conservar la raíz mesial, ya que ésta suele presentar más problemas endodónticos que la distal. En los molares superiores, normalmente se realizan en primeros molares; los segundos molares pueden tener las raíces fusionadas o

convergentes, la raíz disto-vestibular no es importante de conservar como la mesio-vestibular, ya que ésta es más larga y gruesa, por tanto asegura mayor estabilidad y resistencia.

### 9.2.2. Curetaje periapical

Es la eliminación de una lesión periapical pero conservando el diente causal<sup>48</sup>, el objetivo es eliminar todo el tejido patológico en relación al ápice dental. Es el paso previo a apicectomía y obturación retrógrada.<sup>47</sup> (figura 33)<sup>48</sup>

Indicaciones:

Cirugía correctora por errores de técnica

Presencia de instrumentos separados dentro del conducto

Perforación radicular y falsa vía

Fracaso endodóncico

Obturación radicular incorrecta

Sobreinstrumentación y sobreobturación

Patología periapical persistente

Instrumento separado dentro del conducto

Sobreobturación <sup>48</sup>

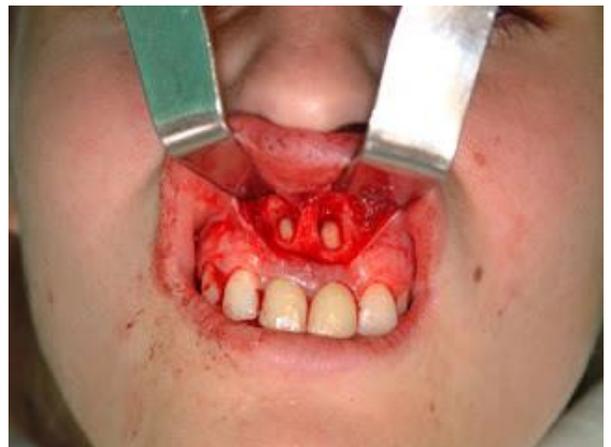


figura 33. Curetaje periapical

### 9.2.3. Reimplantación intencional

El reimplante intencional consiste en extraer el diente, encontrar y corregir el defecto previo y reimplantarlo nuevamente dentro de su alvéolo<sup>4</sup>. Grossman en 1982 lo definió de la siguiente manera: "La remoción deliberada de un diente y su inserción casi inmediata después de cerrar el foramen apical"

Puede ser una opción válida cuando el acceso quirúrgico es muy limitado o plantea riesgos inaceptables. Sin embargo, todo diente que se pueda extraer intacto y de manera atraumática es un candidato para la reimplantación intencional.<sup>5</sup>

Indicaciones:

- Cuando hay un instrumento separado que no puede ser removido
- Tratamiento de conducto previo sobre-obturado que interfiera con la curación.
- Si accidentalmente hubo una avulsión del diente durante la extracción de una corona protésica <sup>46</sup> (figura 35)<sup>49</sup>



figura 35. Reimplantación intencional

#### 9.2.4. Amputación radicular

Técnica quirúrgica que consiste en la resección de una o más raíces de dientes multirradiculares

Indicaciones:

- Dientes multirradiculares que han sufrido lesiones periodontales
- Fractura de una de las raíces durante el tratamiento
- Instrumentos separados dentro de uno de los conductos imposibles de sobrepasar de sobrepasar
- Lesiones de furca conservando intacta la corona.<sup>50</sup>

Es importante tomar en cuenta que la raíz que se quede en el alveolo cumplirá con las propiedades de retención y estabilidad del diente.<sup>51</sup> (figura 36)<sup>51</sup>



Figura 36. Hemisección radicular

### 9.2.5. Apicectomía

Consiste en eliminar el ápice radicular con el objeto de conseguir el sellado del conducto, mediante la obturación retrógrada. Los objetivos son: eliminar los posibles conductos accesorios en el extremo apical, eliminar la porción de la raíz no obturada por vía ortógrada, limpiar los excesos de material de sellado radicular, eliminar el ápice cuando un instrumento está separado en el tercio apical o parcialmente fuera.<sup>47</sup> (figura 37)<sup>50</sup>

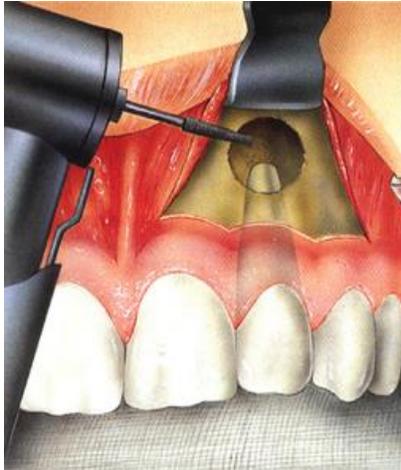


figura 37. Apicectomía

## 10. Pronóstico

La presencia de un instrumento separado en un conducto no implica necesariamente que el caso se pueda llegar a relacionar con un problema postoperatorio o fracaso en sí mismo. Más bien, lo que condiciona el pronóstico es la presencia de algún resto de tejido infectado. Cuanto más próximo esté el momento de la separación del instrumento a la conclusión de la preparación del conducto radicular, más favorable será el pronóstico.<sup>5</sup>

El pronóstico del tratamiento depende más de la posibilidad de erradicar la infección microbiana que de la extracción del instrumento.<sup>50</sup>

La toma de decisiones clínicas es un proceso que combina los mejores datos disponibles, el juicio clínico y las preferencias del paciente. La elección del tratamiento se produce siempre en conjunto odontólogo/paciente, pues se deben considerar los beneficios relativos, riesgos y costos de las alternativas más aceptables.<sup>5</sup>

Cuando se enfrenta la remoción de un instrumento fracturado en un conducto, se debe antes que nada evaluar las posibilidades de éxito que pueden variar dependiendo de la dimensión, posición y características del fragmento o de las características anatómicas de la raíz. Un fracaso en los procedimientos de remoción puede llevar a debilitamiento iatrogénico de la raíz, sin que se pueda resolver el problema de origen.<sup>4</sup>

Cuando un instrumento se separa dentro del sistema de conductos radiculares, deben tenerse en cuenta dos situaciones principalmente, dirigidas a maximizar el resultado del tratamiento a largo plazo:

- Primero, la existencia de un fragmento de metal dentro del conducto y la posibilidad de corrosión; el único informe disponible confirmó que los fragmentos son inertes y no presentan corrosión después de dos años.
- Segundo, un instrumento separado dentro del sistema dificulta o bloquea el acceso al conducto y por tanto, compromete la efectividad de los procedimientos de limpieza y modelado, que pueden afectar el resultado del tratamiento.<sup>52</sup>

Es importante identificar si el fragmento de instrumento que se encuentra en el interior del conducto es un tiranervios, lima K, Hedström, o un instrumento rotatorio; algunos son lisos, otros tiene púas; algunos se separan durante movimientos de rotación, otros durante el movimiento de limado; y por su forma y dinámica unos están más trabados entre las paredes de dentina, otros más sueltos.<sup>9</sup>

Cuando un instrumento se separa dentro de un conducto en las fases iniciales de preparación el pronóstico empeora; se ha postulado que si la separación del instrumento se produce en una fase avanzada de la instrumentación (especialmente si es en el ápice), o cuando un instrumento grande se rompe cerca de la longitud de trabajo durante las fases finales de la preparación<sup>2</sup> el pronóstico es menos desfavorable, ya que es un muy probable que el conducto esté adecuadamente desbridado y relativamente libre de microorganismos.<sup>5</sup>

Al intentar extraer un instrumento roto de un conducto curvo pueden producirse otras complicaciones, como una supresión excesiva de estructura dentinaria, una separación secundaria del instrumento, perforación radicular o incluso fractura radicular.<sup>5</sup>

Si el conducto no está infectado antes del tratamiento y la raíz no tiene patología periapical evidente, la presencia del instrumento no debe alterar el pronóstico y es posible incorporarlo a los materiales utilizados para obturar. El pronóstico es peor en los dientes con conductos sin desbridar en los que se separa un instrumento lejos del ápice o más allá del agujero apical durante las fases iniciales de la preparación.<sup>2</sup>

Panitvisai y cols., concluyeron que el caso de dientes vitales y sin lesiones periapicales, la remoción del instrumento no conllevaría ninguna ventaja en cuanto a porcentajes de éxito con respecto a los casos en los que los fragmentos son dejados dentro del conducto.<sup>53</sup> La situación es diferente ante la presencia de lesiones periapicales: la remoción del fragmento y el retratamiento llevarían a un aumento de éxito a largo plazo.<sup>4</sup>

## 11. Conclusiones

- El conocimiento del uso adecuado de los instrumentos durante la conformación y limpieza debe ser secuencial evitando errores durante la preparación.
- Es importante conocer los factores etiológicos de separación de los instrumentos utilizados durante la terapia de conductos para su prevención.
- El conocimiento del comportamiento de las aleaciones utilizadas en los instrumentos utilizados en la terapia de conductos nos ayudará a comprender la física y dinámica de éstos en el proceso.
- La separación de instrumentos no siempre provoca pronóstico desfavorable.
- Considerar la posibilidad de eludir el instrumento o dejar el fragmento separado al interior del conducto. La decisión sobre la mejor opción de tratamiento disponible deberá basarse en la consideración del estado pulpar y presencia de lesión periapical, la morfología del conducto radicular, posición del instrumento separado, tipo de instrumento y las habilidades del operador clínico.
- Debe intentarse la remoción de fragmentos de los conductos radiculares.
- En la literatura se reporta que el instrumento fracturado no es el responsable directo del fracaso endodóncico; no obstante, impide la limpieza del conducto radicular donde la infección se perpetúa y es causa primaria del fracaso.

- Si el instrumento queda localizado más allá de la longitud de trabajo, puede generar una reacción a cuerpo extraño, debido a la irritación constante del tejido periapical.
- Los casos así deben ser controlados, y si los síntomas persisten, es fundamental considerar terapias quirúrgicas.

## 12. Referencias bibliográficas

1. De Lima Machado ME. *Endodoncia. De la biología a la técnica*. 1a ed. Brasil: Amolca; 2009.
2. Torabinejad M, Walton RE. *Endodoncia. Principios y Práctica*. 4a ed. España: Elsevier Mosby; 2010.
3. Iruretagoyena MA. Secuencia para eliminar instrumentos rotos en el conducto radicular.  
<https://www.sdpt.net/endodoncia/IIREtecnic.htm>. Published 2018. Consultado febrero 10, 2019.
4. Berutti E, Gagliani M. *Manual de Endodoncia*. 1a ed. Venezuela: Amolca; 2017.
5. Hargreaves KM, Berman LH. *Cohen. Vías de la Pulpa*. 11a ed. España: Elsevier; 2016.
6. Hilú R BF. El éxito en endodoncia. *Endodoncia (Mex)*. 2009;27(3):131–138. <http://www.medlinedental.es/pdf-doc/ENDO/v27-3-7.pdf>. Consultado febrero 5, 2019.
7. Mondragón J. *Endodoncia*. 1a. México: Interamericana Mc. Graw Hill; 1995.
8. Endodoncias.  
<https://clinicadentalcasado.com/tratamientos/endodoncias>. Published 2016. Consultado enero 12, 2019.
9. Soares IJ, Goldberg F. *Endodoncia Técnica y Fundamentos*. 2a. España: Médica Panamericana; 2012.
10. Endodoncia. Salud y medicina.  
<https://es.slideshare.net/4paulo74/28475157-1anatomiainternadelorganodontario>.
11. García Barbero J. *Patología y Terapéutica Dental. Operatoria Dental y Endodoncia*. 2a. España: Elsevier Mosby; 2015.
12. Iruretagoyena MA. Instrumentos manuales: limas K. salud dental para todos.  
<https://www.sdpt.net/endodoncia/instru35.jpg>. Published 2018.

13. Fernández Ponce de León YF, Mendiola Aquino C. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. *Rev Estomatológica Hered.* 2014;21(1):51. doi:10.20453/reh.v21i1.1729
14. Fernández Ponce de León YF, Mendiola Aquino C. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. *Rev Estomatológica Hered.* 2014;21(1):51. doi:10.20453/reh.v21i1.1729
15. Todo lo que debes saber sobre las limas de endodoncia: (I) Limas manuales. <https://www.dentaltix.com/es/blog/todo-lo-que-debes-saber-las-limas-endodoncia-i-limas-manuales>. Consultado abril 3, 2019.
16. seccion-limas-endodoncia. <https://www.dentaltix.com/es/blog/todo-lo-que-debes-saber-las-limas-endodoncia-i-limas-manuales>.
17. Ingle JI. *Endodoncia*. 5a ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 2004.
18. Dentaltix. Todo lo que debes saber sobre las limas de endodoncia: (I) Limas manuales. Madrid, España. <https://www.dentaltix.com/blog/todo-lo-que-debes-saber-las-limas-endodoncia-i-limas-manuales>. Published 2016. Consultado abril 3, 2019.
19. Ferreira M, Ferreira H. Defects in ProFile rotary nickel-titanium files after clinical use. 2012;6(2):113–117. [https://acels-cdn.ez24.periodicos.capes.gov.br/S0099239905609478/1-s2.0-S0099239905609478-main.pdf?\\_tid=e76eaa21-5eaa-42cd-95d8-e93847d32666&acdnat=1542842193\\_90d2ab56ab61c3d7b9ca1c2dd2a7bf72](https://acels-cdn.ez24.periodicos.capes.gov.br/S0099239905609478/1-s2.0-S0099239905609478-main.pdf?_tid=e76eaa21-5eaa-42cd-95d8-e93847d32666&acdnat=1542842193_90d2ab56ab61c3d7b9ca1c2dd2a7bf72).
20. Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE. *Solucion de Problemas En Endodoncia*. 5a. España: Elsevier Mosby; 2007.
21. Vidal Tudela C. Geometría indigerible pero interesante. *Gac Dent*. 2019. <https://gacetadental.com/2011/09/geometra-indigerible-pero-interesante-25426/>.
22. Cohen S, Burns R. *Vías de la pulpa*. Madrid. 8a ed. Mosby;

- 2002.
23. García Puente C. "Estado Actual del Instrumental en Endodoncia. Parte I ¿Donde Estamos? ". [https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_21.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_21.htm). Published 2002.
  24. Soares I, Goldberg F. Endodoncia: técnica y fundamentos. En: *Endodoncia: técnica y fundamentos*. España: Médica Panamericana; 2002.
  25. Niño Barrera JL, Aguilera Cañon MC, Cortes Rodriguez CJ. Theoretical evaluation of nickel-titanium MTWO series rotary files. *Acta odontol latinoam*. 2013.
  26. Gutman JL, Lovdahl PE. *Solución de Problemas en Endodoncia Prevención, identificación y tratamiento*. 5a. España: Elsevier Mosby; 2012.
  27. Jiménez-Ortiz JL, Calderón Porras AN, Tello-García B, Hernández Navarro HM. Instrumentos rotatorios: su uso, separación y efecto en complicaciones endodónticas postoperatorias. *Rev Odontológica Mex*. 2014;18(1):27–31. doi:10.1016/S1870-199X(14)72050-6
  28. Nageswar Rao R. *Endodoncia Avanzada*. Venezuela: Amolca; 2011.
  29. Barreiro Gabeiras P. Remoción de lima en tercio apical. <http://www.clinicadental4.com/remocion-lima-en-tercio-apical/>. Published 2015.
  30. Sattapan B, Nervo G, Palamara J, Messer H. Defects in Rotary Nickel-Titanium Files After Clinical Use. *J Endod*. 2000;26(3):161–165. doi:10.1097/00004770-200003000-00008
  31. fatiga. <http://mecatronica-ipn-s1.blogspot.com/2015/08/fatiga.html>.
  32. torsión. <https://images.app.goo.gl/ScbW6t5X6MTz467U8>.
  33. Frajlich S. Endodoncia: Preparación Quirúrgica. *Cátedra Endod la Esc la Univ del Salvador*. 2004.
  34. bloqueo de conducto. <https://images.app.goo.gl/3S5646X7j4ta6yyM8>.
  35. Hartý's. *Endodontics in Clinical Practice*. 7a ed. (Chong BS, ed.). Londres, Inglaterra: Elsevier; 2017.

36. Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J*. 2005;38(2):112–123. doi:10.1111/j.1365-2591.2004.00916.x
37. Walton RE, Torabinejad M. *Endodoncia . Principios y Práctica Clínica*. 2a. México: Interamericana Mc Graw Hill; 1997.
38. Nieto dePablos JM. By-pass de instrumento fracturado durante un retratamiento de conductos. <http://notasdeodontologia.blogspot.com/2015/12/by-pass-de-instrumento-fracturado.html>.
39. Crump MC, Natkin E. Relationship of Broken Root Canal Instruments to Endodontic Case Prognosis: A Clinical Investigation. *J Am Dent Assoc*. 1970;80(6):1341–1347. doi:10.14219/jada.archive.1970.0259
40. James, G., Thom, C. D., & Paul EL. *Solución de problemas en Endodoncia. España: Elsevier España*. 4a edición. Elsevier; 2007.
41. Puntas REDO de VDW. <https://endovations.es/puntas-ultrasonido/2698-redo-vdw.html>.
42. roydent. <https://images.app.goo.gl/VNFwyQy2F4XZDart7>.
43. Jebiril A. Management of fractured endodontic instruments: a clinical guide. *Br Dent J*. 2018;224(12):920–920. doi:10.1038/sj.bdj.2018.499
44. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi Instrument Fracture and its Consequences. *J Endod*. 2006;32(11):1031–1043. doi:10.1016/j.joen.2006.06.008
45. Hulsmann M. Métodos para eliminar la obstrucción metálica del conducto radicular. *Endod Dent Traumatol*. 1993;9:223–37.
46. Luebke RG, Glick DH, Ingle JI. Indications and contraindications for endodontic surgery. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1964;18(1):97–113. doi:10.1016/0030-4220(64)90264-6
47. Organización Colegial de Dentistas de España. Protocolos clínicos aceptados: Biopsia. *Cons Dent España*. 2015.
48. cirugía periapical. <http://albru.blogspot.com/2012/09/cirugia-periapical.html>.

49. Madison S. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*; 2007.
50. Hargreaves KM, Berman LH. *Cohen, Vías de la pulpa*. 10a ed. España: Elsevier; 2011.
51. Rojas Bermúdez I, Cadeñanes Garnica L, Fayad Hassan S. Hemisección radicular. Manejo interdisciplinario. Reporte de un caso clínico. *Rev Mex Periodontol*. 2014.  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/periodontologia/mp-2014/mp142e.pdf>.
52. Madarati AA, Hunter MJ, Dummer PMH. Management of Intra canal Separated Instruments. *J Endod*. 2013;39(5):569–581. doi:10.1016/j.joen.2012.12.033
53. Murad M, Murray C. Impact of Retained Separated Endodontic Instruments During Root Canal Treatment on Clinical Outcomes Remains Uncertain. *J Evid Based Dent Pract*. 2011;11(2):87–88. doi:10.1016/j.jebdp.2011.03.005