



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
ENDODONCIA

CANALES LATERALES Y ACCESORIOS:
CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y SU MANEJO CLÍNICO

ALUMNO: Od. Bussetti Mariela C.

DIRECTOR: Esp. Od. Carvajal Mariana I.

Mendoza, Noviembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en primer lugar a mi esposo, por su compañía incondicional y su apoyo para poder seguir creciendo profesionalmente.

A mis padres, por sus sabios consejos.

De corazón quiero agradecer a mi directora de tesis, Mariana Carvajal a quien admiro muchísimo por enseñarme sin egoísmo, su generosidad, paciencia, dedicación, tiempo y esfuerzo.

Y a todos mis profesores, Julio, Alicia, Alberto y Graciela que en estos dos años me han enseñado a amar la endodoncia a través de su ejemplo, pasión y dedicación.

Simplemente muchas gracias...

ÍNDICE

Resumen	pág. 4
Introducción	pág. 5
Caso Clínico 1	pág.27
Caso Clínico 2	pág.32
Discusión	pág.37
Conclusión	pág.47
Referencias Bibliográficas	pág.48

RESUMEN

Los canales laterales y accesorios son una variación anatómica del sistema de conductos radiculares que se observa en premolares y molares con una frecuencia significativa. Su conocimiento es de particular importancia debido a que la incapacidad de localizar y tratar todas estas ramificaciones es una de las causas de fracaso endodóntico.

El éxito en endodoncia se basa entre otros factores, en el conocimiento y el respeto por la anatomía del conducto radicular, presentando un desafío que va desde el diagnóstico, instrumentación, hasta la obturación del conducto radicular. Estas ramificaciones del sistema de canales radiculares son áreas irregulares que albergan restos de tejidos blandos o desechos infectados y que pueden escapar a una profunda limpieza y obturación, por lo que requiere un esfuerzo suplementario para lograr un tratamiento de conducto exitoso.

El objetivo de este trabajo es definir las características anatómicas y biológicas de los conductos laterales y accesorios, como así también las diferentes alternativas de su abordaje clínico durante los tratamientos endodónticos.

En el presente trabajo se describen dos casos clínicos en los que se realizaron los tratamientos endodónticos de incisivos centrales superiores que presentaban esta variación anatómica.

El conocimiento de la anatomía interna y sus posibles variables, una preparación biomecánica, una obturación, y una restauración post-endodóntica basadas en sólidos principios, permite que el pronóstico a largo plazo de éstos elementos dentarios resulte predecible y favorable.

INTRODUCCIÓN

Durante la terapia endodóntica es primordial el conocimiento no sólo de la anatomía topográfica común, sino también las variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares, con el propósito de eliminar quimio-mecánicamente los microorganismos, sus sustratos y los productos de la dentina y del espacio pulpar.

Todos los elementos dentarios pueden tener raíces y canales extras, pero la probabilidad de encontrar configuraciones de canales aberrantes, más aún en premolares y molares, es alta. Sumado a que ramificaciones laterales del sistema de canales radiculares podrían estar presentes en todos los dientes con una frecuencia significativa, se ve incrementada la probabilidad de dejar espacios sin tratar después de la terapia endodóntica (Cantatore *et al.*, 2009).

Cantatore *et al.*, (2009), postularon que generalmente la mayor causa de fracasos endodónticos se deben a la incapacidad de localizar y tratar todos los conductos del sistema de canales radiculares.

Una raíz o conducto radicular accesorio (también conocido como extra o adicional) se refiere al desarrollo de raíces o canales radiculares adicionales en los dientes, comparado con lo descrito en la anatomía dental normal (Neville *et al.* 2002, Ahmed & Luddin 2012).

Existen diversas clasificaciones de las distintas ramificaciones que puede tener el conducto radicular principal. En la siguiente, Leonardo Mario Roberto *et al.*, (1994) describieron al conducto lateral como una ramificación que va desde el conducto principal al periodonto, por lo general por encima del tercio apical. Los conductos secundarios son los canales, que derivando del principal a nivel del tercio apical, alcanzan directamente la región periapical. Se encuentran también los conductos accesorios que son los que derivan del anterior para terminar en la superficie del cemento. El conducto colateral, es un conducto que tiene una trayectoria más o menos paralela al principal y puede alcanzar la región periapical de manera independiente. Sumado a esto se encuentra el delta apical que son las numerosas terminaciones del conducto radicular principal que determinan la aparición de

foraminas múltiples en sustitución del foramen único. Finalmente se describe el cavo interradicular como la ramificación observada a nivel del piso de la cámara pulpar.

La frecuencia de éstas ramificaciones varían según las investigaciones de cada autor; Hess citado por Coolidge y Kesel (1925), las encontró entre el 10 y 22%. Muller (1959), dio cifras semejantes, pero Barthe Remmy (1960), empleando una técnica estereomicroscópica y cortes seriados, llegó a encontrar en los dientes unirradiculares superiores hasta un 68.55% con ramificaciones laterales (Lasala Angel, 1996).

Cambon (1967) empleando el método de diafanización, encontró lo que él denomina conductos aberrantes en un 73% de premolares superiores, un 40% de premolares inferiores, un 74% en molares superiores y un 53% en molares inferiores (Lasala Angel, 1996).

Vertucci y Willims (1974) encontraron en el primer molar inferior un 23% de conductos laterales a la bifurcación y en un 13% conductos cavo interradiculares a la furcación (Lasala Angel, 1996).

Vertucci (1984) expresa que los canales laterales ocurren en el 73.5% de los casos en el tercio apical, 11.4% en el tercio medio y en un 6.3% de los casos en el tercio cervical de la raíz.

De Deus *et al.*, (1975), en un estudio de 1140 dientes, 313 (27.4%) demostraron canales accesorios, laterales y secundarios. Estas ramificaciones del canal radicular se localizaron más frecuentemente en el área apical (17.0%), con menos frecuencia en el tercio medio de la raíz (8.8%) y con menor frecuencia en el tercio cervical de la raíz (1.6%). Los canales laterales fueron encontrados en el 10.45% de los dientes estudiados. En el área de bifurcación y trifurcación de los premolares y molares estudiados, 2.3% mostraron canales laterales. Los canales secundarios se localizaron con una frecuencia del 16.4%, mientras que los canales accesorios demostraron una frecuencia del 0.6%.

En la actualidad existen estudios computarizados para la reconstrucción morfológica de los órganos dentarios. Se usan numerosos métodos para mostrar la presencia y distribución de los conductos laterales en los dientes.

Según Mehmet y Yesim (1995), manifestaron que el porcentaje y localización de los canales laterales, anastomosis transversas, foraminas apicales y la presencia de los deltas apicales son los siguientes: los canales laterales aparecieron con mayor

frecuencia en la raíz mesial del segundo molar inferior, primer premolar inferior, raíz palatina del primer molar superior, raíz mesio-vestibular del primer molar superior, canino superior y raíz distal del segundo molar inferior.

Así también describen que la anastomosis transversa entre conductos fue más frecuente en la raíz mesial del segundo molar inferior y la raíz mesio-vestibular del primer molar maxilar. La anastomosis entre los conductos laterales y transversos se observaron más frecuentemente en el tercio medio.

Finalmente, dichos autores explicaron que la foramina apical es más observada lateralmente. Los deltas apicales se presentaron más frecuentemente en el segundo premolar superior, incisivo lateral mandibular, primer premolar superior y segundo premolar inferior.

Cutright *et al.*, (1969), detallaron que la formación de los canales laterales se debe al atrapamiento de vasos periodontales en la vaina epitelial de Hertwing durante la calcificación. A veces durante la formación de la vaina radicular se produce una solución de continuidad en ella, lo que ocasiona una pequeña brecha. Cuando esto ocurre, no se presenta dentinogénesis frente al defecto, resultando de esto la formación de un pequeño conducto “accesorio” entre el saco dentinario y la pulpa (Cohen; Burns, 1998).

Los canales accesorios pueden ocurrir también en las bifurcaciones o trifurcaciones en los dientes multirradiculares (Vertucci, 1984). Se forman por atrapamiento de vasos periodontales durante la fusión del diafragma que formará el piso de la cámara pulpar (Cutright *et al.*, 1969).

Los tejidos pulpar y periodontal no solo conservan sus conexiones a través de los agujeros apicales sino también a través de los conductos accesorios y laterales. Su presencia en dientes con pulpas enfermas permite un intercambio de productos inflamatorios de desecho entre el espacio pulpar y los tejidos perirradiculares, que pueden influir en el resultado final del tratamiento del conducto radicular y en la conservación de la salud periodontal (Pitt Ford *et al.*, 1999).

Las ramificaciones laterales del canal radicular contienen tejido pulpar que podrían someterse a procesos degenerativos y necrosis. Varios estudios demostraron que a través de las ramificaciones laterales del canal radicular las bacterias podrían causar patosis perirradicular y endo periodontal (Nicholls, 1963).

Las múltiples ramificaciones del conducto radicular no constituyen, clínicamente motivo de gran preocupación en los casos de tratamientos de conductos radiculares de dientes con vitalidad pulpar, pues los restos pulpares vivos, de estos espacios, representan la matriz para la reparación. Así cabe al propio organismo, por medio del periodonto, reparar las estructuras lesionadas, siempre que se haya mantenido la vitalidad del contenido pulpar de las mencionadas ramificaciones. De esta manera se justifica la impropiedad del uso de sustancias bactericidas y por lo tanto, citotóxicas y destructoras de las células vivas, tanto como soluciones irrigantes o como curaciones tópicas entre sesiones. Del mismo modo está contraindicado en esos casos una condensación lateral vigorosa, durante la fase de la obturación de los conductos radiculares (Leonardo *et al.*, 1994).

En el tratamiento de dientes despulpados y/o infectados con reacción periapical crónica, necropulpectomía II, debemos utilizar todos los recursos con la finalidad de eliminar el contenido séptico de aquellas ramificaciones y crear las condiciones óptimas para la reparación. En estos casos se justifica el empleo de soluciones bactericidas y productos que ofrezcan propiedades fisicoquímicas de limpieza mecánica de las referidas ramificaciones, así como una condensación lateral más energética (Leonardo *et al.*, 1994).

En algunos casos de fracaso después del tratamiento, retratamiento o cirugía, los canales laterales y/o ramificaciones apicales no reveladas radiográficamente se encontró que contienen bacterias a lo largo de toda su extensión. Las bacterias fueron formando biofilms en las paredes de la ramificación y están asociadas con inflamación en el ligamento periodontal inmediatamente adyacente a la salida de la ramificación (Ricucci *et al.*, 2010).

Esto confirma que los canales laterales y las ramificaciones apicales infectadas podrían estar relacionados con el fracaso del tratamiento endodóntico, independientemente de la presencia o no de material de obturación inyectado en el mismo. En estas áreas, es probable que las bacterias escapen a los efectos de los instrumentos (debido a las limitaciones físicas) y los irrigantes (debido a reacciones químicas inactivas y limitaciones de tiempo) (Ricucci *et al.*, 2008; Nicholls, 1963; Cobankara *et al.*, 2004; Kayaoglu *et al.*, 2005; Siqueira *et al.*, 2008). Aunque una medicación intracanal con hidróxido de calcio teóricamente tiene el potencial de

alcanzar estas áreas para ejercer la desinfección, se observó el fracaso de este medicamento para eliminar las bacterias de las ramificaciones (Ricucci *et al.*, 2008). Esto podría estar relacionado con su baja solubilidad e inactivación por la dentina, los fluidos tisulares y la materia orgánica, todos ellos pueden obstaculizar los efectos antimicrobianos dependientes del pH del hidróxido cálcico (Siqueira *et al.*, 1999; Haapasalo *et al.*, 2007).

En algunos otros casos de fracaso del tratamiento endodóntico asociados con canales laterales o ramificación apical, se observaron bacterias colonizando las paredes del conducto radicular principal, pero no dentro de la ramificación, que contenían tejido inflamado. En estos casos de enfermedad intrarradicular persistente o secundaria, las bacterias y sus productos llegaron a las cercanías de la ramificación, y el tejido en ella se convirtió o permaneció inflamado. La extensión de la respuesta inflamatoria al ligamento periodontal puede inducir o mantener una lesión lateral. También, el bajo peso molecular de los productos bacterianos pueden difundir a través del tejido en la ramificación y llegar al ligamento periodontal e inducir / sostener la inflamación con la liberación consecuente de citoquinas implicadas en la activación de los mecanismos de resorción ósea. En otras palabras, el frente de la infección está dentro de la raíz y no necesariamente alcanza el límite entre el foramen (apical o lateral) y el ligamento periodontal. De hecho, muchos estudios revelaron que la periodontitis apical se desarrolla antes de que la necrosis y la infección alcancen el foramen apical (Ricucci *et al.*, 2006; Armada-Dias *et al.*, 2006; Yamasaki *et al.*, 1994; Stashenko *et al.*, 1995; Molven *et al.*, 1991). Por lo tanto, para que una lesión lateral se desarrolle, el canal lateral no necesariamente debe estar necrótico o infectado.

Los canales laterales, con pocas excepciones, no son visibles en las radiografías preoperatorias. La aparición de canales laterales suele sospecharse cuando existe un engrosamiento localizado de la zona del ligamento periodontal en la superficie lateral de la raíz o cuando existe una lesión de periodontitis lateral. Después de la obturación del conducto radicular, los canales laterales también se pueden visualizar en las radiografías cuando el material de relleno es forzado en las ramificaciones por compactación (usualmente sellador, pero también gutapercha en la técnica termoplastizada) (Ricucci *et al.*, 2010).

Los canales laterales y las ramificaciones apicales podrían ser revelados por una gran variedad de técnicas de obturación y probablemente se observen más frecuentemente en casos necróticos que en pulpas vitales. Esta suposición se basa en el supuesto grado de resistencia ofrecido por el tipo de tejido presente en la ramificación (Weine, 1984). El llenado real de los canales in vivo no ha sido demostrado de manera consistente. De hecho, las observaciones histopatológicas demostraron claramente que los canales y las ramificaciones apicales nunca fueron obturados completamente por los materiales endodónticos (Ricucci *et al.*, 2010).

Debido a su alta frecuencia, una cuestión importante que se plantea en relación a los canales laterales es el por qué las lesiones de periodontitis lateral asociadas con éstas ramificaciones no son tan frecuentes. Esto podría estar relacionado con el tamaño y la permeabilidad de la ramificación, así como con la condición histológica / microbiológica de su contenido en un momento determinado del proceso de la enfermedad (Ricucci *et al.*, 2010). Dammaschke *et al.*, (2004) en un estudio morfológico de 100 molares permanentes revelaron que el 79% tenía un conducto lateral / accesorio con diámetros comprendidos entre 10 y 200 μm . Este diámetro era casi dos o tres veces menor que el diámetro promedio para el agujero apical principal (Kuttler, 1955; Ponce *et al.*, 2003; Green, 1956). Estas diferencias entre el agujero apical principal y el lateral / accesorio podrían ayudar a explicar por qué la periodontitis apical se observa más que la periodontitis lateral. Los agujeros laterales grandes y permeables podrían, sin embargo, contener un gran número de bacterias y productos bacterianos para alcanzar y contactar con el área del ligamento periodontal lateral causando enfermedad. Así, una lesión lateral definida, a menudo indica la presencia de un canal lateral significativamente grande con suficiente tejido necrótico infectado para dar lugar a la inflamación periodontal (Ricucci *et al.*, 2010). Ricucci *et al.*, (2008), postularon que dada la comunicación directa con el ligamento periodontal, el tejido contenido en los canales laterales se nutre de la sangre del ligamento periodontal, ofreciendo una resistencia significativa contra la necrosis y la invasión bacteriana. El tejido en los canales laterales se convierte en necrótico y completamente colonizado por bacterias sólo en casos de necrosis de pulpa de larga duración. La presencia de tejido vital en la ramificación, aunque inflamado, es también la explicación de por qué una lesión podría curar sin ningún material de

obtención en el canal lateral. La lesión lateral simplemente cura porque los procedimientos efectuados en el canal radicular, remueven el contenido bacteriano del canal principal, interrumpiendo tanto la agresión causada al tejido de la ramificación y la salida de los productos bacterianos a través de los canales laterales hasta el ligamento periodontal (Ricucci *et al.*, 2010).

Weine (1989), describió 3 tipos de lesiones laterales que pueden ser radiográficamente observadas, una de ellas es la lesión lateral sin lesión apical, donde explica que a medida que avanza la infección apicalmente, podría alcanzar un canal lateral suficientemente grande como para que una cantidad sustancial de bacterias y productos bacterianos alcancen el periodonto lateral causando inflamación. En estos casos, es posible que el tejido pulpar apical a la ramificación sea todavía vital, o que ya esté necrótico e infectado, y el desarrollo de una lesión apical es sólo cuestión de tiempo, o ya está establecida pero todavía no puede ser visible radiográficamente.

También enuncia las lesiones laterales y apicales separadas, que son el resultado de la falta de intervención profesional, haciendo que el proceso patológico avance y aquí, una periodontitis apical también puede ser visible radiográficamente. Esto significa que un número significativo de bacterias y sus productos emergen de los agujeros apicales y laterales causando enfermedad.

Finalmente postuló la coalescencia de lesiones laterales y apicales, donde en algunos casos, la segunda condición puede progresar a esta tercera, también considerada como una lesión envolvente (Weine, 1989).

En todas estas condiciones, suponiendo que el tamaño del canal lateral es lo suficientemente grande y que con frecuencia podría contener tejido necrótico pulpar, existe una alta posibilidad de que estos canales se obturen con materiales de relleno, independientemente de la técnica utilizada (Ricucci *et al.*, 2010).

Ricucci *et al.*, (2010) coincidieron con las observaciones de Langeland (1987) en relación a la condición histológica del tejido contenido en un canal lateral y en ramificaciones apicales de los dientes sin tratar, donde postularon que se refleja la condición de la pulpa del canal principal. Cuando en la zona principal del canal el tejido pulpar está sano, se encuentra tejido sano en todo el canal lateral; cuando un canal lateral se encuentra adyacente a un área de inflamación pulpar, el tejido en el

mismo también está inflamado; y cuando un canal lateral está presente en una zona en la que hay necrosis en el canal principal, se observa también tejido necrótico en él. En esta última situación, el tejido necrótico podría ser seguido por una zona de transición de necrosis / PMNs y luego tejido inflamado conectado a una lesión lateral. Existen también casos en los que el tejido necrótico y las bacterias ocupan toda la extensión de la ramificación lateral hasta el ligamento periodontal, que suele estar inflamado y asociado con resorción ósea.

En los casos con enfermedad periodontal, cuando el biofilm subgingival alcanzó un canal lateral, la microcirculación correspondiente fue interrumpida, pero la inflamación del tejido pulpar adyacente es mínima. Cuando el biofilm subgingival alcanzó el agujero apical principal toda la pulpa se convirtió en necrótica. En dientes con múltiples raíces, cuando sólo una raíz estaba involucrada por la enfermedad periodontal hasta el ápice, el tejido vital todavía se observa en la cámara pulpar (Ricucci *et al.*, 2010).

Clínicamente, el estudio de la anatomía interna, comienza con una buena radiografía preoperatoria; aun así, las radiografías tienen limitaciones para evaluar el número de canales y la presencia de canales accesorios y anastomosis (Cantatore *et al.*, 2009). Friedman *et al.* (1986), evaluaron cuidadosamente la importancia crítica de cada radiografía tomada previamente y durante la terapia endodóntica. En un reporte de caso de 5 canales de un primer molar inferior, éstos autores enfatizaron en que la apariencia de la radiografía facilitó el reconocimiento de la morfología compleja del canal, advirtiendo "Que cualquier intento de desarrollar técnicas que requieran menos radiografías, corre el riesgo de perder información que puede ser significativa para el éxito de la terapia endodóntica". A pesar de las limitaciones inherentes de la radiografía convencional ya que proporcionan imágenes 2D de objetos 3D, la buena calidad de las radiografías periapicales preoperatorias con mayor proyección horizontal puede detectar bifurcaciones del conducto radicular y del contorno del ligamento periodontal, facilitando así la interpretación de la anatomía de la raíz interna y externa (Kaffe *et al.* 1985, Ahmed & Abbott 2012a, Paes da Silva Ramos Fernandes *et al.* 2014). Cabe destacar que el aumento de la proyección horizontal (≥ 40 angulación del haz en incisivos mandibulares) dificulta la habilidad para detectar canales debido a la superposición de los dientes adyacentes (Klein *et al.* 1997). En

los dientes con pulpas necróticas, la presencia de una rarefacción apical en el lado lateral de la raíz o dos áreas radiolúcidas periapicales alrededor de la superficie de la raíz también puede sugerir la presencia de un canal/raíz extra (Funato *et al.*, 1998, Lin *et al.*, 2006).

Castellucci (2006), coincide en que un mínimo de dos radiografías periapicales deberían ser tomadas para una evaluación cuidadosa de la morfología del canal radicular usando la técnica paralela y la angulación mesial o distal. Las radiografías anguladas proveen importante información durante el tratamiento. Ellas nos ayudan a visualizar las raíces superpuestas, desplazar el proceso cigomático del hueso maxilar que puede estar cubriendo los ápices de molares y sugerir la posición (vestibular o lingual) de cuerpos extraños. Aunque las radiografías constituyen una importante ayuda durante el tratamiento endodóntico, pueden fallar en el diagnóstico de canales con bifurcaciones, canales accesorios y delta apicales. Omer *et al.*, (2004) compararon técnicas de limpieza y radiográficas en el estudio de ciertas características del sistema de canales y sus resultados indicaron el valor limitado de las radiografías en la detección de canales laterales, anastomosis transversas y deltas apicales.

El uso de dispositivos de aumento o lupas durante la interpretación de radiografías es beneficioso ya que varios detalles pueden volverse evidentes una vez magnificados. La aplicación de la radiografía digital proporciona una imagen mejorada (Sanderink *et al.*, 1994, Nair & Nair 2007).

Adicionalmente a lo anteriormente descrito, la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) provee al clínico la habilidad de observar un área en los tres planos del espacio y obtener información tridimensional. La combinación de las vistas sagital, coronal y axial en la CBCT, elimina la superposición de las estructuras anatómicas. La imagen puede ser rotada en cualquier plano del espacio y analizarse interna y externamente, pudiéndose ser seccionada transversalmente y longitudinalmente (Diwan *et al.*, 2015). El escaneo rápido reduce errores por el movimiento del sujeto (Patil *et al.*, 2015). El CBCT proporciona imágenes en 3D con dosis de radiación más bajas que otros sistemas de TC y elimina el problema de la distorsión geométrica y la superposición de raíces / canales radiculares (Patel *et al.* 2007).

El Cone Beam en endodoncia tiene un gran número de ventajas, como la reconstrucción multiplanar y puede ser usado para identificar el número y formas de las raíces y los canales accesorios, según Nodehi *et al.*, (2015). Estas ventajas permiten al clínico un entendimiento más detallado de la morfología del sistema de canales radiculares (Aminsobhani *et al.*, 2013).

La tomografía computarizada por haz cónico es una modalidad de diagnóstico que puede ser útil cuando se radiografías convencionales proporcionan información limitada y se precisan mayores detalles (Han *et al.*, 2014). Actualmente, muchos especialistas que se ocupan de casos complejos tienen la oportunidad de evaluar las imágenes CBCT, y en algunos casos, su uso es esencial para lograr la éxito (Patel *et al.*, 2015). El uso de un microscopio operatorio guiado por una imagen CBCT previa sería útil para tratar dientes con variaciones anatómicas complejas (Patel *et al.*, 2015). El CBCT también puede ser utilizado como una herramienta educativa (Han *et al.*, 2014).

Seguidamente, un correcto acceso a la cámara pulpar es de central importancia para localizar los canales radiculares. La eliminación completa del techo de la cámara pulpar durante la preparación de la cavidad de acceso permite una visión completa de la anatomía interna de la cámara. Sin embargo, para encontrar canales ocultos, se requiere recursos accesorios como, operar con microscopio dental y/o lupas de alta potencia, usadas en conjunto con un sistema de iluminación, mejoraría la luminosidad y visibilidad.

Una visualización cuidadosa con ampliación y exploración de las paredes de la pulpa y el suelo pueden detectar raíces / canales accesorios. El examen táctil de las paredes del conducto radicular con una lima endodóntica pre-curvada puede detectar bifurcaciones del conducto radicular no detectadas durante la interpretación radiográfica.

Un "enganche" en el camino hacia el agujero apical puede indicar la presencia de un canal accesorio (Ahmed & Abbott 2012a, Ahmed & Cheung 2012).

Otros puntos de referencia podrían ser la ubicación excéntrica de una lima endodóntica en una radiografía durante la determinación de la longitud de trabajo y las lecturas inconsistentes del localizador apical (Thompson *et al.*, 1985, Kabak y Abbott 2007). La presencia de sangrado continuo en los dientes con una pulpa vital a

pesar de la instrumentación completa del canal también puede sugerir la presencia de canales radiculares accesorios (Kabak; Abbott, 2007).

Varios estudios han demostrado que el microscopio dental aumenta significativamente la habilidad del odontólogo para localizar y negociar con los canales. Éste brinda detalles minuciosos dentro de un campo claro. Mejora la habilidad del operador para remover selectivamente la dentina con una gran precisión, minimizando de esta forma errores de procedimiento (Cantatore *et al.*, 2009).

Mientras que las puntas ultrasónicas y las fresas redondas extra largas en diámetros pequeños permitirán remover delicadamente y de manera controlada calcificaciones y otras interferencias de los orificios de los canales radiculares.

En el 2004, Krasner & Rankow evaluaron la anatomía de 500 cámaras pulpares de dientes extraídos y formularon la "Ley de simetría 1", la cual postula que excepto en los molares superiores, el orificio de los canales están equidistantes de una línea dibujada en dirección mesiodistal a través del piso de la cámara pulpar. La "Ley de simetría 2" explica que excepto en los molares superiores, los orificios de los canales están en línea perpendicular con respecto a una línea dibujada en dirección mesiodistal a lo largo del piso de la cámara pulpar. En la "Ley del cambio de color", el color del piso de la cámara pulpar es siempre más oscuro que las paredes. Finalmente describieron la "Ley de la localización de los orificios 1" donde los orificios de los canales radiculares están siempre localizados en la unión de la pared con el piso, la "Ley de la localización de los orificios 2" donde los orificios de los canales están localizados en los ángulos de la unión pared-piso y la "Ley de la localización de los orificios 3" en la cual los orificios se localizan al término de las líneas de desarrollo radicular.

Sin embargo la localización, limpieza y conformación del sistema de canales podría presentar un difícil desafío en los tratamientos endodónticos no quirúrgicos. Las configuraciones de los canales aberrantes, los canales accesorios, las bifurcaciones, los istmos y las anastomosis son frecuentemente difíciles de identificar, causando así una limpieza y obturación incompleta (Cantatore *et al.*, 2009). En este sentido, ha resultado fundamental el estudio científico que muchos investigadores han realizado acerca de la anatomía interna de los dientes humanos;

ello ha proporcionado información valiosa sobre el tamaño, figura y forma del espacio pulpar. Los métodos de estudio han incluido técnicas de replicación, cortes por capas, técnicas para eliminar el tejido blando de los conductos radiculares (aclaramiento o esmerilado por planos), radiografías, diafanización, empleo de colorantes, estudios radiográficos avanzados, digitalizados, etc. (Flores Hidalgo *et al.*, 2000).

En 1999, Pitt Ford, explica que el espacio pulpar es complejo y los conductos pueden dividirse, unirse nuevamente y tener formas considerablemente más interrelacionadas de lo que se sugiere. Las variaciones en la morfología de la pulpa dental se deben a influencias genéticas y ambientales.

Shilder (1967; 1974), postuló que el principal objetivo del procedimiento endodóntico debería ser la limpieza y la obturación de los canales radiculares en toda su extensión, incluyendo también todos los canales laterales y las ramificaciones apicales.

Ricucci *et al.* (2010), examinaron la respuesta del tejido pulpar de diferentes especímenes con canales laterales y ramificaciones apicales sometidos a distintos procedimientos químico mecánicos. Ellos observaron que tras la preparación, el tejido necrótico era parcialmente retirado de las ramificaciones, mientras que el tejido adyacente permanecía inflamado, causando enfermedad lateral y / o apical. En los casos de necrosis pulpar de larga data y anatomía interna compleja, el tejido necrótico y las bacterias en las ramificaciones, permanecieron intactas.

En cuanto a los casos de elementos dentarios vitales, el tejido en los canales laterales y ramificaciones nunca fue eliminado por la preparación químico mecánica, pero la mayor parte del tiempo permanecía libre de inflamación. En las observaciones histológicas se observó que forzar material de obturación en este tejido vital daría lugar a daños físicos y toxicidad química con inflamación innecesaria (Ricucci *et al.*, 2010).

El tejido que queda dentro de los canales relativamente inalterado por procedimientos químico mecánicos, da lugar a que se presenten 4 situaciones posibles; tejido vital o necrótico presente en el canal lateral, dentro del cual el material de relleno fue forzado o no.

En los casos de pulpas vitales el material de relleno no se encontraba en los canales laterales y el tejido en general permanecía vital. En algunos casos, parte del tejido proximal al canal principal fue dañado por los procedimientos del tratamiento (instrumentación, irrigación, obturación), pero la mayor parte del tejido de la ramificación permanecía sin perturbación, sin inflamación y con ausencia de bacterias. Esto se debe a la vitalidad tisular y la relativa normalidad de la circulación sanguínea del ligamento periodontal (Ricucci *et al.*, 2010).

Cuando se observaron materiales de relleno endodónticos en canales laterales o en las ramificaciones apicales que contenían tejido vital, la ramificación en realidad no se encontraba obturada (a pesar del aspecto radiográfico), y había tejido inflamado que se observaba histológicamente alrededor y adyacente al material de relleno. Se observaron condiciones histológicas similares en los canales laterales de los dientes con necrosis pulpar preoperatoria con el material de relleno (Ricucci *et al.*, 2010).

La complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares y la presencia de microorganismos adheridos a la superficie del biofilm, son parte del desafío principal en la desinfección del canal radicular (Vertucci 1984; Peters *et al.*, 2001; Nair *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2014). Incluso cuando la instrumentación es realizada cuidadosamente utilizando sistemas de limas modernas, del 30% al 50% de la superficie de la pared del canal pueden permanecer intactas y cubiertas con una biopelícula debido a irregularidades anatómicas como istmos, ramificaciones, canales accesorios y laterales (Peters *et al.*, 2001; Gulabivala *et al.*, 2005) y limitaciones físicas debido al pequeño diámetro mesiodistal de los canales ovales (Trope; Debelian 2015). Por lo tanto, la irrigación es de gran importancia en el desbridamiento del conducto radicular y también la única manera de acceder a las áreas intactas (Haapasalo *et al.*, 2016).

Diferentes soluciones de irrigación y numerosos dispositivos se han propuesto para la eliminación completa de los microbios del sistema de conductos radiculares (Haapasalo *et al.*, 2014; Gu *et al.*, 2009; Jaju *et al.*, 2011). El hipoclorito de sodio (NaOCl) es el químico más importante y ampliamente utilizado en el tratamiento del conducto radicular (Haapasalo *et al.*, 2016; Guerreiro-Tanomaru *et al.*, 2013). Además del efecto químico, los microorganismos también se reducen por la acción mecánica de la irrigación (Guerreiro-Tanomaru *et al.*, 2013). Las bacterias en la

biopelícula son difíciles de eliminar debido a su alta resistencia al tratamiento (es decir, 100 a 1000 veces mayor que sus homólogos planctónicos) (Shen *et al.*, 2009).

El desbridamiento de las ramificaciones laterales no puede ser consumados mecánicamente; éste depende de las soluciones irrigantes y de la técnica usada para la irrigación. Los procedimientos de irrigación deberían ser optimizados para mejorar la remoción de detritos pulpares y bacterias de los canales accesorios e istmos, de esta manera se optimiza la obturación en las tres dimensiones (Cantatore *et al.*, 2009).

Las propiedades de disolución de los tejidos del Hipoclorito de Sodio (NaOCl) han sido bien documentadas; sin embargo, su capacidad para eliminar el barro dentinario no ha demostrado ser eficaz (Sen *et al.*, 1995). Por lo tanto, NaOCl ha sido utilizado en asociación con Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA), que actúa sobre los residuos inorgánicos (Teixeira *et al.*, 2005; Da Silva *et al.*, 2008).

Jiménez Frías (1994), comprobó que para conseguir la obturación de un mayor número de conductos laterales, hubo que eliminar el barro dentinario depositado en el inicio de los conductos laterales y observado a través del microscopio electrónico de barrido. Cuando existan lesiones radiolúcidas sospechosas de la existencia de un conducto lateral, habrá que emplear un quelante tras haber usado la última lima y secado del conducto. Posteriormente, se inactivará con hipoclorito sódico al 5.25% o agua de cal, que además sirve de vehículo de arrastre.

Varias técnicas se han usado para la limpieza de los canales y se han propuesto numerosos agentes desmineralizantes: 5-11% ácido nítrico (Kasahara *et al.*, 1990; Yasuda *et al.*, 1990; Saunders *et al.*, 1992; Tagger *et al.*, 1994; Berutti, 1996; Ibarrola *et al.*, 1997); 20% ácido fórmico (O'Neill *et al.*, 1983); 40% solución de resina de intercambio iónico y ácido fórmico o 5% de ácido hidroalcohólico (Vertucci, 1978). Se ha reportado que podría ocurrir una contracción del tejido orgánico dental durante el proceso de desmineralización, y este fenómeno podría evitarse si se usaran concentraciones de ácidos débiles (Robertson *et al.*, 1980).

Actualmente se utilizan una gran variedad de técnicas de irrigación y dispositivos para mejorar la desinfección del sistema de conductos radiculares; sin embargo, la irrigación convencional con jeringa y aguja es la más utilizada.

Chow (1983), demostró que la eficacia de la irrigación apical está directamente relacionada con la profundidad de inserción de la aguja.

El tercio apical del sistema de conductos radiculares es particularmente difícil de desbridar debido a la anatomía compleja, deltas apicales, istmos estrechos y canales laterales (Vertucci, 1984; Pineda *et al.*, 1972).

Las limitaciones de la irrigación por presión positiva, particularmente en el tercio apical, podría estar relacionada con la presencia de gases en la región apical que forma un bloqueo de vapor en el que es más difícil la penetración del fluido. Este hallazgo ha sido confirmado recientemente por los resultados obtenidos por Boutsoukis *et al.*, (2009).

La activación con dispositivos sónicos genera oscilación mecánica, principalmente con una frecuencia de 1 a 6 KHz. La activación por ultrasonido combina ondas acústicas con la acción química del irrigante y genera una micro transmisión a lo largo de la lima con una frecuencia que oscila entre 45 y 40 KHz (Ahmad *et al.*, 1987). Esta micro transmisión mueve la solución contra las superficies del conducto radicular, mejorando la limpieza mecánica de las paredes del canal y la destrucción bacteriana. Estudios previos han demostrado que la irrigación ultrasónica, durante tan sólo 30 segundos, dio como resultado canales radiculares mejor descontaminados en comparación con la irrigación manual (Jensen *et al.*, 1999; Sabins *et al.*, 2003). En estos estudios observaron una eficiente penetración y distribución de las soluciones irrigantes en las zonas no instrumentadas, mejorando el desbridamiento, la desinfección y la eliminación de la capa de barro dentinario (Lee *et al.*, 2004; Gutarts *et al.*, 2005; Van der Sluis *et al.*, 2005; Guerisoli *et al.*, 2002; Spoletti *et al.*, 2003).

Recientemente dos estudios (Carver *et al.*, 2007; Burleson *et al.*, 2007) han demostrado que 1 minuto de irrigación ultrasónica pasiva mejoraba significativamente la limpieza de los istmos de las raíces mesiales de los molares inferiores. Por lo tanto, 1-2 minutos de irrigación ultrasónica debería ser recomendado después de la preparación químico mecánica, para mejorar la calidad del desbridamiento de las ramificaciones laterales del sistema de canales radiculares.

Gregorio *et al.* (2010) demostraron que el sistema de irrigación ultrasónica pasiva presentó una mejor penetración del irrigante en los canales radiculares en

comparación con el sistema sónico, el PAN (Presión apical negativa) y la irrigación con aguja.

En el sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA), una macrocánula o microcánula está conectada a través de un tubo a una jeringa de irrigante y a un suctor de alta potencia de una unidad dental (Schoeffel, 2008). La punta suministra irrigante a la cámara pulpar y extrae el exceso del mismo para evitar extravasación. La cánula en el canal ejerce simultáneamente una presión negativa que atrae al irrigante hacia fuera a través de la manguera de succión. Así, un flujo constante se está suministrando por presión negativa a la longitud de trabajo. Nielsen *et al.* (2007), demostraron que el uso del sistema EndoVac resultó en una eliminación significativamente mayor de desechos a 1mm de la longitud de trabajo que la irrigación manual con aguja.

La extrusión apical de los irrigantes se reduce cuando se usan los sistemas de irrigación apical de presión negativa (PAN) comparado con la irrigación con aguja (Mitchell *et al.*, 2010). También se ha demostrado que el irrigante penetró hasta la longitud de trabajo utilizando el sistema de irrigación PAN (Gregorio *et al.*, 2010).

Un protocolo de irrigación que involucre tanto PAN como los sistemas PUI (Irrigación ultrasónica pasiva) podrían permitir que los irrigantes penetren hasta la longitud de trabajo como también en los canales laterales.

El acceso de los irrigantes al tercio apical se puede mejorar usando los dispositivos ultrasónicos y sónicos (Goodman *et al.*, 1985; Passarinho-Neto *et al.*, 2006), así como la irrigación apical de presión negativa (Nielsen *et al.*, 2007; Hockett *et al.*, 2008).

Entre las nuevas tecnologías, la Terapia Fotodinámica (PDT), también conocida como desinfección fotoactivada o fotoquimioterapia, ha demostrado ser un gran aliado al tratamiento endodóntico convencional en cuanto a la eliminación de los microorganismos que permanecen viables en el sistema de conductos radiculares. (Ok *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2012). Este tratamiento se basa en el uso de un tinte no tóxico sensible a la luz, seguido por irradiación con una fuente de luz visible con una adecuada longitud de onda en presencia de oxígeno (Siqueira *et al.*, 2011).

El mecanismo de acción de la PDT se produce cuando el tinte, actúa como un agente fotosensibilizante, absorbe fotones de la fuente de luz, y sus electrones entran en un

estado excitado. En la presencia de un sustrato, tal como oxígeno, el foto sensibilizador, cuando regresa a su estado básico, transfiere la energía al sustrato, formando radicales libres de alta citotoxicidad, tales como superóxidos y oxígeno.

Estas especies altamente reactivas pueden causar graves daños a los microorganismos, a través de la oxidación irreversible de los componentes celulares, dañando la membrana celular, las mitocondrias, el núcleo y otros componentes de las células microbianas (Konopka *et al.*, 2007).

Xu *et al.* (2009), sugirieron que la PDT se puede utilizar como un complemento en la desinfección endodóntica sin dañar las células de la región periapical en su evaluación *in vitro* de los efectos del azul de metileno a 50 µg / ml y la irradiación con amplificación de luz de diodo por emisión estimulada de la radiación (LASER) a 665 nm durante 5 min sobre fibroblastos gingivales y osteoblastos.

Recientemente, se ha introducido en el mercado un nuevo tipo de lima como paso final para mejorar la limpieza del conducto radicular, llamado XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza). Éste consiste de un instrumento rotatorio de NiTi sin taper, con una punta de tamaño 25, hecho de una aleación especial (MaxWire, Martensite Austenite Electropolish Flex, FKG Dentaire). La lima cambia su forma según la temperatura. A temperatura ambiente, en su fase martensítica (fase M), la lima es recta. Sin embargo, cuando su cuerpo, entra en su fase austenítica (fase A), asume una forma de cuchara de 1,5 mm de profundidad en los 10 mm finales de su longitud. Según el fabricante, cuando el instrumento se coloca dentro del canal en modo de rotación, la forma de la fase A permite a la lima acceder y limpiar áreas que otros instrumentos pueden no ser capaz de alcanzar, sin dañar la dentina o alterar la forma original del canal. Aunque este nuevo concepto parece prometedor, sólo unos pocos estudios han analizado su rendimiento (Alves *et al.*, 2016a; 2016b; Azim *et al.*, 2016; Bao *et al.*, 2016; Elnaghy *et al.*, 2016; Leoni *et al.*, 2016; Uygun *et al.*, 2016; Wigler *et al.*, 2016; Keskin *et al.*, 2017).

En un estudio realizado en China por Pingping *et al.* (2016) donde se analizó cuantitativamente la eficacia de 3 técnicas tales como la Irrigación con aguja convencional (CNI), Irrigación Ultrasónica Pasiva (PUI) y la Técnica con el XP-Endo Finisher (XPF); cada una de ellas utilizada con protocolos de eliminación de biopelículas. Los resultados que obtuvieron fueron que en el espacio del canal

principal, los grupos XPF presentaron los mejores resultados en reducción de biofilm, 99,18% y 99,2%, comparado con 98.84% y 98.87% para PUI y 98.42% y 98,47% para CNI. Aunque existen diferencias estadísticamente significativas entre las 3 técnicas de irrigación, todos los métodos proporcionaron buenos resultados en esta área.

En un estudio realizado por Azim *et al.* (2016), el XPF mostró el mayor porcentaje en la reducción bacteriana del canal principal (98,2%) y el mayor número de bacterias muertas en una profundidad de 50 mm (que oscila entre 78% -82%) en los túbulos dentinarios en comparación con la irrigación con aguja estándar, el uso del EndoActivator (Advanced Endodontics, Santa Bárbara, CA), y la técnica fotoacústica inducida por transmisión de fotones. El estudio encontró al XPF como el más eficaz en la eliminación de biofilm de un surco profundo.

La observación de una mayor penetración del cemento sellador en los conductos accesorios del sistema de conductos radiculares al utilizar la técnica de condensación lateral, sugiere que ésta técnica se adapta adecuadamente a los requerimientos endodónticos (Fabra Campos *et al.*, 1995).

Las técnicas termoplastizadas utilizadas en un estudio realizado por Silva *et al.*, (2013) mostraron que obturaron más los canales laterales que la técnica de compactación lateral. Esto confirma las observaciones de Buchanan (1994), que afirma que la condensación de onda continua puede obturar los canales laterales y accesorios con gutapercha termoplastizada y selladores. La literatura también ha informado que la técnica de la gutapercha caliente promueve una mejor calidad de sellado y resulta prácticamente sin gaps, con cantidades mínimas de sellador en la superficie de la raíz y mejor adaptación a las paredes dentinarias, a diferencia de la técnica de condensación lateral (DuLac *et al.*, 1999; Carvalho-Sousa *et al.*, 2010). Un hallazgo interesante con la obturación en caliente con gutapercha termoplastizada, fue su control apical. Se observó que durante el uso de técnicas termoplásticas es necesario tener en cuenta la precisión y la experiencia del operador, ya que son capaces de promover grandes fugas hacia la región apical si no se usan adecuadamente.

Varios estudios han documentado el fracaso endodóntico debido a los canales laterales permeables (Nichols 1963; Seltzer *et al.*, 1967) y el éxito después de la

obtención de los canales laterales (Genyuan, Zhongni, 1984; Weine 1984). Además, Rud y Andreasen (1972) sugirieron que los canales no obturados podrían ser una causa importante de fracaso después del tratamiento endodóntico en los casos en que los espacios sin obturar sirvieron como vías de escape del material infectado. Andreasen *et al.* (1993) consideraron que la tasa de éxito quirúrgico mejoró cuando el ápice de la raíz fue seccionado, eliminando así la parte de la raíz donde se encuentran la mayoría de los canales laterales y accesorios. Cada portal de salida es importante, ya que cada uno podría estar involucrado en el desarrollo de la patología pulpar-periodontal (Schilder, 1967). Mientras que otros estudios (Himmel, Cain, 1993; Schilder, 1993; Clark, El Deeb, 1993) han comparado distintas técnicas de obturación en cuanto a su capacidad para obturar los canales laterales y hasta la fecha, sólo Reader *et al.* (1993) han intentado comparar estadísticamente la eficacia de diferentes técnicas de obturación de canales laterales. Estos autores utilizaron bloques de resina y compararon la condensación lateral, la condensación lateral en caliente y la condensación vertical en caliente. Encontraron que las técnicas plastificadas dieron lugar a cantidades significativamente mayores de gutapercha en canales laterales, mientras que las técnicas de condensación lateral en frío y en caliente obturaron los canales laterales con mayores cantidades de sellador.

Esto coincidió con los resultados de Reader *et al.* (1993), quien señaló que esto puede ser una razón importante para la alta tasa de éxito de la terapia endodóntica. El sellador parecía permitir que la gutapercha fluyera significativamente mejor en las tres dimensiones de los canales laterales. Esto confirmaría la importancia de usar el sellador del conducto radicular, especialmente cuando la gutapercha es termoplastizada. Schilder (1967) también encontró que cuando se usa condensación vertical en caliente, los canales laterales que son demasiado finos para ser llenados con gutapercha se llenarán de sellador. Afirmó además que, aunque esto es menos deseable que obturarlos con gutapercha, es preferible antes de dejarlos sin obturar. DuLac *et al.* (1999) encontraron que a excepción de la condensación lateral en caliente, las técnicas termoplastizadas fueron muy efectivas en la obturación de canales laterales con gutapercha.

Buchanan (1994), afirmó que la condensación de onda continua puede llenar los canales laterales y accesorios con gutapercha termoplastizada y con sellador.

También observó gutapercha en todos los canales laterales cuando se usó Thermafil, apoyando el trabajo de Clark y El Deeb (1993), quienes informaron que Thermafil mostró una mayor frecuencia de canales laterales y accesorios obturados en comparación con la condensación lateral en frío en dientes extraídos.

Sin embargo, Pathomovich y Edmunds (1996) tuvieron resultados diferentes, encontrando que Thermafil sólo demostró la penetración del sellador en los canales accesorios sin evidencia de gutapercha.

De acuerdo con Schilder (1983), la condensación vertical en caliente es capaz de llenar canales laterales (presumiblemente con sellador).

La condensación vertical en caliente de gutapercha se ha considerado efectiva en la obturación de las ramificaciones del sistema de canales (Schilder, 1967; Dulac *et al.*, 1999; Silver *et al.*, 1999).

En los hallazgos del estudio realizado por DuLac *et al.*, (1999) mostraron que, en los tercios coronal y medio del canal, la técnica de condensación vertical en caliente, pudo llenar los canales laterales con gutapercha y sellador, mientras que en el tercio apical probablemente estuvieron obturados con sellador solamente. En ningún momento la gutapercha se observó en ninguno de los canales laterales utilizando condensación lateral, de acuerdo con Reader *et al.* (1993).

Un hallazgo interesante con la obturación en caliente con gutapercha termoplastizada fue su control apical. En ningún caso la gutapercha se extruyó más allá del agujero apical en el estudio de DuLac *et al.* (1999). En cambio Marlin *et al.* (1981), descubrieron que la extrusión apical de la gutapercha al condensarse en la porción apical podría resultar un problema. Torabinejad *et al.*, (1978), informó que la inyección de gutapercha termoplastizada dio como resultado tanto la presión lateral como el flujo lateral del material de relleno durante la inyección. Sin embargo, la forma apical apropiada es importante para permitir que la aguja penetre lo suficientemente profundo para una obturación completa.

La destreza clínica o las habilidades técnicas de la obturación de los canales laterales han sido consideradas por muchos como la medida de la excelencia endodóntica. Se ha expuesto que los canales laterales sin obturar podrían estar asociados a patologías post tratamiento (Rud *et al.*, 1972). Weine en 1984, reportó que los canales laterales

que albergan material inflamado o infectado podrían causar dolor durante el tratamiento endodóntico.

Sobre la base de estas suposiciones, la idea de que la obturación de los canales laterales y las ramificaciones apicales sean obturadas para que la terapia endodóntica sea exitosa, ha sido aceptada por muchos clínicos e investigadores. En este contexto, innumerables estudios *in vitro* han evaluado la habilidad de las diferentes técnicas de obturación para el llenado de los canales laterales (Reader *et al.*, 1993; Wolcott *et al.*, 1997; DuLac *et al.*, 1999; Venturi, 2008; Venturi *et al.*, 2005a y 2005b; Venturi *et al.*, 2003; Brothman, 1980). Curiosamente, muchos de estos estudios no reportaron diferencias significativas cuando observaron la eficacia en las diferentes técnicas que fuerzan los selladores en los canales laterales, aunque las técnicas termoplastizadas obviamente también tienden a forzar la gutapercha. Goldberg *et al.*, (2002) también encontraron que los canales laterales son menos obturados después de usar la medicación con hidróxido de calcio.

Sin embargo no hay consenso en cuanto a la necesidad de obturar canales laterales para optimizar los resultados del tratamiento. Weine (1984) admitió que a pesar de que la frecuencia de los canales laterales ha sido alta, éstos no se observan frecuentemente en las radiografías después de la obturación del canal radicular. Aun así, se ha asumido que la falta de obturación de los canales laterales no conduce al fracaso del tratamiento endodóntico, caracterizado por una lesión lateral posterior al tratamiento en la gran mayoría de los casos.

Ciertamente, la obturación de las ramificaciones sería un objetivo deseable en el tratamiento sólo cuando existe la posibilidad de tráfico bacteriano desde el canal al ligamento periodontal, es decir, en casos infectados previamente necróticos en que las bacterias se dejaron intactas en el canal principal o en la ramificación.

Sin embargo, la experiencia clínica revela que las lesiones pueden curar después del tratamiento endodóntico, incluso cuando los canales laterales no han sido obturados. En efecto, Camps y Lambruschini (1991) declararon que la obturación de los conductos laterales no siempre es necesaria para que el tratamiento del conducto radicular tenga éxito. Barthel *et al.*, (2004), en un estudio en cadáveres, que examina los dientes tratados endodónticamente no informaron relación entre los canales laterales sin obturar y el estado de la inflamación en los tejidos perirradiculares. Sin

embargo, debe señalarse que los canales laterales y ramificaciones apicales han estado implicados con el fracaso del tratamiento endodóntico cuando son suficientemente grandes para albergar un número significativo de bacterias y para proporcionar a estas bacterias un acceso franco a los tejidos perirradiculares (Seltzer *et al.*, 1967a, 1967b; Ricucci *et al.*, 2009; Ricucci *et al.*, 2008a, 2008b; Nicholls, 1963). Por lo tanto, la desinfección de los canales laterales y ramificaciones apicales en casos de necrosis pulpar y periodontitis apical y / o lateral debe considerarse un objetivo importante del tratamiento, aunque difícil de lograr con los procedimientos de tratamiento actuales. Lo que resta es determinar si el material de relleno que es forzado en las ramificaciones, mata las bacterias por los efectos antibacterianos del material o si es mediante la promoción de un sellado antibacteriano lateral eficaz (hermético a las bacterias). Es importante señalar que los efectos antibacterianos de los materiales de relleno son generalmente débiles y sólo transitorios, alcanzando un pico de efectividad (Cobankara *et al.*, 2004; Kayaoglu *et al.*, 2005; Siqueira *et al.*, 1996; Siqueira *et al.*, 2000; Ørstavik, 1981; Shalhav *et al.*, 1997; Spangberg *et al.*, 1993). Además, el logro de un sellado antibacteriano predecible proporcionado por el material inyectado en la ramificación usualmente pequeña y tortuosa es altamente improbable y no ha sido demostrado.

Ricucci *et al.*, (2010), confirmaron que la capacidad de inyectar material de obturación en los canales laterales no convertía a la técnica de obturación en superior (Weine *et al.*, 1996), porque este enfoque, además de ser impredecibles, no mostró prácticamente ningún efecto terapéutico beneficioso.

Por todo lo antes manifestado, el objetivo de este trabajo es definir las características anatómicas y biológicas de los conductos laterales y accesorios, como así también las diferentes alternativas de su abordaje clínico durante los tratamientos endodónticos.

CASO CLÍNICO 1

Se presentó a la Clínica de Postgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo, un paciente de sexo femenino, de 37 años de edad. Se realizó la historia clínica médica, en la cual no manifestó datos relevantes con respecto a antecedentes sistémicos.

Durante la anamnesis la paciente refirió dolor histórico a los cambios térmicos en el incisivo superior derecho, ante lo cual no recibió tratamiento ni medicación previa.

Se le efectuó el examen extra e intraoral, en el cual no se observaron alteraciones anatómicas.

Seguidamente se procedió con las pruebas diagnósticas de sensibilidad pulpar con frío (Endo- Ice/Coltene) arrojando resultado negativo, al igual que a la percusión vertical y horizontal. Seguidamente se realizó el test de la cavidad con fresa redonda N°1 (Medin), a alta velocidad, no manifestando sensibilidad con dicha prueba, luego de varios minutos.

De esta manera se arribó al diagnóstico de necrosis pulpar.

En el examen radiográfico (Película Ultra Speed DF57-Carestream Dental), se observó en el elemento dentario N° 11, una imagen radiopaca distopalatina, con aparente cercanía al tejido pulpar, correspondiente a maniobras de operatoria dental (Fig. 1).



Fig. 1: Radiografía preoperatoria del elemento N° 11.

Luego de efectuar la técnica de anestesia infiltrativa terminal a fondo de surco del elemento 11 con 1 anestubo de Totalcaina Forte (Bernabó); se procedió a realizar la apertura cameral con fresa redonda extralarga n° 2 (Medin), por palatino del elemento 11, accediendo a la cámara pulpar y rectificándose el acceso con piedra de diamante troncocónica.

Seguidamente, se efectuó el aislamiento absoluto con goma dique (Dental dam-Sanctuary) y clamp N°212 (Hu Friedy). Se ingresó al conducto radicular, con lima tipo K N° 10 (Dentsply-Maillefer), hasta la longitud de trabajo estimada previamente con la radiografía preoperatoria, realizando cateterismo.

La instrumentación del tercio coronal y medio de la raíz se efectuó con fresas Gates Glidden (Dentsply-Maillefer) N° 1 y N°2.

La longitud de trabajo se determinó mediante localizador apical Propex Pixi (Dentsply-Maillefer) y conductometría radiográfica (Película Ultra Speed DF57-Carestream Dental). La misma fue de 21mm desde el borde incisal del elemento. (Fig. 2 y Fig. 3)



Fig. 2: Localizador de ápices propex.pixi (Dentsply, Maillefer). (Imagen tomada de <http://www.dentsplyargentina.com.ar>)



Fig. 3: Conductometría del elemento N° 11.

La instrumentación del tercio medio y apical de la raíz se completó con el uso de instrumentación mecanizada recíproca Wave One (Dentsply-Maillefer), utilizando las limas Primary N° 25/ 08 y Large N° 40/08, en sentido corono apical, utilizando glicerina como lubricante profusamente.

Se continuó irrigando con Hipoclorito de Sodio al 5.25% (Endo-Quim, Tedequim), solución fisiológica y EDTA (Endo-Quim, Tedequim), utilizando jeringa Luer Lock de 10ml y agujas de irrigación 30G (Tedequim). Se secó el conducto con conos de papel (MMPP-Dia Dent).

Finalmente el conducto fue obturado con cemento sellador a base de hidróxido de calcio, Sealapex (SybronEndo) y gutapercha termoplastizada mediante el uso del equipo Calamus Dual (Dentsply-Maillefer). (Fig. 4 y Fig. 5)



Fig.4: Calamus Dual (Dentsply, Maillefer).

(Imagen tomada de
<http://www.dentsplyargentina.com.ar>)



Fig. 5: Cemento Sealapex (Sybron Endo)

(Imagen tomada de
<https://www.kerrdental.com>)

La cavidad coronaria se selló con material provisorio Cavit G (3M) y se tomó una radiografía periapical final (Película Ultra Speed DF57-Carestream Dental), donde se observó la obturación con cemento de los canales laterales.

Posteriormente se deriva a la paciente a la Especialidad de Restauradora para la confección de la restauración definitiva con resina compuesta.



Fig.6: Radiografía post operatoria elemento N°11.

CASO CLÍNICO 2

En el mes de Diciembre de 2015, se recibió en la clínica de Postgrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo, un paciente de sexo femenino, de 45 años de edad, derivada del servicio de guardia de dicha Facultad, para endodoncia del elemento 21. La historia clínica médica no arrojó antecedentes sistémicos de relevancia.

Durante la anamnesis, la paciente refirió antecedentes de edema y drenaje de material purulento en zona del incisivo superior izquierdo, por lo cual asistió a la guardia de dicha institución, donde se le realizó la apertura cameral y fue medicada con Ibuprofeno 600mg cada 8 horas.

En el examen extraoral, no se observaron cambios anatómicos. A la inspección intraoral de la encía insertada, se observó fístula en zona vestibular del elemento N° 21. El elemento presentaba restauración con resina compuesta en zona mesiopalatina, con filtración de caries y restauración con material provisorio por palatino. (Fig. 7)



Fig. 7: Examen bucal donde se observan fístulas en encía insertada, zona del 21.

Seguidamente se realizaron las pruebas diagnósticas de sensibilidad pulpar, la cual resultó negativa a la estimulación con frío (Endo-Ice/Coltene) y a la percusión

horizontal. Radiográficamente (Película Ultra Speed DF57-Carestream Dental) se observó en el elemento dentario N° 21, imagen radiopaca mesiopalatina, con aparente cercanía al tejido pulpar, correspondiente a maniobras de operatoria dental con imagen radiolúcida adyacente a la restauración compatible con filtración de caries. Se pudo apreciar rarefacción ósea difusa en zona del tercio medio de la raíz por mesial, en el tercio apical por distal y en el ápice dentario compatible con proceso lateral y apical crónico. (Fig. 8)



Fig. 8: Radiografía preoperatoria elemento 21.

Se efectuó la técnica de anestesia infiltrativa terminal a fondo de surco del elemento 11 con 1 anestubo de Totalcaina Forte (Bernabó). Se continuó a retirando el material de obturación provisorio y la caries dental con fresa redonda extralarga n° 2 (Medin), por palatino del elemento 21. Al acceder a la cámara pulpar, se rectificó el acceso con piedra de diamante troncocónica (Medin).

El aislamiento absoluto se utilizó con goma dique (Dental dam-Sanctuary) y clamp N°212 (Hu Friedy). Seguidamente, se ingresó al conducto radicular, con lima tipo K N° 10 (Dentsply-Maillefer), hasta la longitud de trabajo estimada previamente con la radiografía preoperatoria, realizando cateterismo.

Se continuó la instrumentación del tercio coronal y medio de la raíz con el pasaje de fresas Gates Glidden (Dentsply-Maillefer) N° 1 y N°2.

La longitud de trabajo se determinó mediante localizador apical Propex Pixi (Dentsply-Maillefer) y conductometría radiográfica (Película Ultra Speed DF57-Carestream Dental). La misma fue de 21mm desde el borde incisal del elemento. (Fig. 9)



Fig. 9: Conductometría elemento 21.

La instrumentación del tercio medio y apical de la raíz se completó con instrumentación manual con limas tipo K (Dentsply-Maillefer), hasta N° 40, a través de la técnica de retroceso.

La irrigación se efectuó con Hipoclorito de Sodio al 5.25% (Endo-Quim, Tedequim), solución fisiológica y EDTA (Endo-Quim, Tedequim), utilizando jeringa Luer Lock de 10ml y agujas de irrigación 30G (Tedequim). Se secó el conducto con conos de papel (MMPP- Dia Dent).

Finalmente el conducto fue obturado con cemento sellador Sealapex (SybronEndo). Se calibró un cono de gutarpercha N°40 (Dentsply-Maillefer) y mediante la técnica de condensación vertical en caliente, se obturó el tercio apical. Posteriormente se tomó una radiografía periapical de control (Película Ultra Speed DF57-Carestream

Dental). El tercio medio y coronario se obturó con gutapercha termoplastizada mediante el uso del equipo Calamus Dual (Dentsply-Maillefer). (Fig. 10 y Fig. 11)



Fig. 10: Radiografía de control durante la obturación con Calamus Dual (Densply, Maillefer).



Fig. 11: Radiografía de control durante la obturación con Calamus Dual (Densply, Maillefer).

La cavidad coronaria se selló con material provisorio Cavit G (3M) y se tomó una radiografía periapical final (Película Ultra Speed DF57-Carestream Dental), donde se

observó la obturación con cemento de los canales laterales, coincidentes con las zonas de rarefacción ósea observadas en la radiografía preoperatoria (Fig.12).



Fig. 12: Radiografía post operatoria elemento 21.

Posteriormente se deriva a la paciente a la especialidad de Restauradora para la confección de la restauración definitiva con resina compuesta.

En el mes de Noviembre de 2016, se recitó a la paciente a un control, observándose una disminución de las zonas con rarefacción ósea difusa y la disolución del cemento Sealapex (SybronEndo) de los conductos laterales. (Fig.13)



Fig. 13: Radiografía de control 11 meses después.

DISCUSIÓN

El éxito en endodoncia se basa entre otros factores, en el conocimiento y el respeto por la anatomía del conducto radicular. Todos los elementos dentarios pueden tener raíces y canales extras, pero la probabilidad de encontrar configuraciones de canales aberrantes, más aún en premolares y molares, es alta. Sumado a esto, las ramificaciones laterales del sistema de canales radiculares podrían estar presentes en todos los dientes con una frecuencia significativa, incrementándose la probabilidad de dejar espacios sin tratar después de la terapia endodóntica (Cantatore *et al.*, 2009).

Leonardo Mario Roberto *et al.*, (1994), definen al conducto lateral como una ramificación que va desde el conducto principal al periodonto, por lo general por encima del tercio apical. Los conductos secundarios son los canales, que derivando del principal a nivel del tercio apical, alcanzan directamente la región periapical. Sumado a esto, se encuentran también los conductos accesorios que son los que derivan del anterior para terminar en la superficie del cemento.

Ha resultado fundamental el estudio científico que muchos investigadores han realizado acerca de la anatomía interna de los dientes humanos; ello ha proporcionado información valiosa sobre el tamaño, figura y forma del espacio pulpar. Los métodos de estudio han incluido técnicas de replicación, cortes por capas, técnicas para eliminar el tejido blando de los conductos radiculares (aclaramiento o esmerilado por planos), radiografías, diafanización, empleo de colorantes, estudios radiográficos avanzados, digitalizados, etc. (Flores Hidalgo *et al.*, 2000).

La frecuencia de éstas ramificaciones varían según las investigaciones de cada autor; Hess citado por Coolidge y Kesel (1925), las encontró entre el 10 y 22%. Muller (1959), dio cifras semejantes, pero Barthe Remmy (1960), empleando una técnica estereomicroscópica y cortes seriados, llegó a encontrar en los dientes unirradiculares superiores hasta un 68.55% con ramificaciones laterales (Lasala Angel, 1996).

Cambon (1967) empleando el método de diafanización, encontró lo que él denomina conductos aberrantes en un 73% de premolares superiores, un 40% de premolares

inferiores, un 74% en molares superiores y un 53% en molares inferiores (Lasala Angel, 1996).

Vertucci y Willims (1974) encontraron en el primer molar inferior un 23% de conductos laterales a la bifurcación y en un 13% conductos cavo interradiculares a la furcación (Lasala Angel, 1996).

Debido a la alta frecuencia de casos que evidenciaron canales laterales durante el transcurso de la Carrera de Especialidad de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo, en el período 2015-2017, es que se decidió estudiar este aspecto de la anatomía. Al realizar el relevamiento de datos, en 52 endodoncias, se observaron conductos laterales en un 15.38% de los casos. Se presentaron en un 37.5% en primeros molares superiores, 37.5% en incisivos superiores, 12.5% en caninos superiores y en un 12.5% en premolares inferiores, tal como lo enuncia De Deus *et al.*, (1975), donde fueron encontrado canales laterales en un 10.45% de los 1140 dientes estudiados. En los casos estudiados se evidenciaron ramificaciones en un 60% de los casos en el tercio apical, 40% en el tercio medio y 0% en el tercio cervical de la raíz, coincidiendo con lo que enunció Vertucci (1984), que los canales laterales ocurren en el 73.5% de los casos en el tercio apical, 11.4% en el tercio medio y en un 6.3% de los casos en el tercio cervical de la raíz.

En la actualidad existen estudios computarizados para la reconstrucción morfológica de los órganos dentarios. Se usan numerosos métodos para mostrar la presencia y distribución de los conductos laterales en los dientes.

En el presente trabajo, se arribó al diagnóstico de necrosis pulpar por lo tanto los objetivos de la terapia del conducto radicular fueron eliminar microorganismos, restos de tejido pulpar infectados y necróticos, y dar forma al sistema de conductos radiculares para facilitar la irrigación, la colocación de medicación intraconducto y la obturación tal como lo enunció Schilder (1974) y Gulabivala (1995).

Los desafíos que se presentan con este tipo de anatomía van desde el diagnóstico, instrumentación, hasta la obturación del conducto radicular (Jerome, 1994).

Junto con la información obtenida de la radiografía preoperatoria, se pueden determinar en gran medida los desafíos anatómicos de cada elemento dentario (Fava; Dummer, 1997). Aunque no proporcionan información en su totalidad, las radiografías preoperatorias facilitan la visualización y la observación de la anatomía

principal de los diversos sistemas de conductos radiculares (Naoum *et al.*, 2003b). La evaluación cuidadosa de esta radiografía es un paso clave para la posterior limpieza, conformación y obturación del conducto radicular, y su evaluación tiene un gran impacto en los resultados del tratamiento (Naoum *et al.*, 2003a).

Si bien las radiografías periapicales nos brindan una imagen de dos dimensiones de un sistema de canales radiculares tridimensionales, su interpretación revela detalles anatómicos externos e internos que nos sugieren la presencia de un canal o raíz extra (Slowey, 1979). En nuestros casos clínicos se detecta la sospecha de canales laterales por la presencia de una lesión lateral y apical ósea, tal como lo sugiere Ricucci *et al.*, (2010) quienes enunciaron que los canales laterales, con pocas excepciones, no son visibles en las radiografías preoperatorias y su aparición suele sospecharse cuando existe un engrosamiento localizado de la zona del ligamento periodontal en la superficie lateral de la raíz o cuando existe una lesión de periodontitis lateral. Después de la obturación del conducto radicular, los canales laterales también se pueden visualizar en las radiografías cuando el material de relleno es forzado en las ramificaciones por compactación (usualmente sellador, pero también gutapercha en la técnica termoplastizada). Sumado a esto, Funato *et al.*, (1998), explicaron que en los dientes con pulpas necróticas, la presencia de una rarefacción apical en el lado lateral de la raíz o dos áreas radiolúcidas periapicales alrededor de la superficie de la raíz también puede sugerir la presencia de un canal/raíz extra.

Actualmente, la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) provee al clínico la habilidad de observar un área en los tres planos del espacio y obtener información tridimensional. La combinación de las vistas sagital, coronal y axial en la CBCT, elimina la superposición de las estructuras anatómicas. Estas ventajas permiten al clínico un entendimiento más detallado de la morfología del sistema de canales radiculares (Aminsobhani *et al.*, 2013).

El primer paso en la preparación del conducto fue el de identificar, localizar y negociar el canal principal con fina precisión por medio de instrumentos precurvados (Kim *et al.*, 2008). Sin embargo, para encontrar canales ocultos, se requirió de recursos accesorios como, operar con microscopio dental y/o lupas de alta potencia, usadas en conjunto con un sistema de iluminación, que mejoró la luminosidad y visibilidad.

Otros puntos de referencia podrían ser la ubicación excéntrica de una lima endodóntica en una radiografía durante la determinación de la longitud de trabajo y las lecturas inconsistentes del localizador apical (Thompson *et al.*, 1985, Kabak y Abbott 2007). La presencia de sangrado continuo en los dientes con una pulpa vital a pesar de la instrumentación completa del canal también puede sugerir la presencia de canales radiculares accesorios (Kabak & Abbott 2007).

En 1967 y 1974, Schilder postuló que el principal objetivo del procedimiento endodóntico debería ser la limpieza y la obturación de los canales radiculares en toda su extensión, incluyendo también todos los canales laterales y las ramificaciones apicales.

Incluso cuando la instrumentación es realizada cuidadosamente utilizando sistemas de limas modernas, del 30% al 50% de la superficie de la pared del canal pueden permanecer intactas y cubiertas con una biopelícula debido a irregularidades anatómicas como istmos, ramificaciones, canales accesorios y laterales (Peters *et al.*, 2001; Gulabivala *et al.*, 2005) y limitaciones físicas debido al pequeño diámetro mesiodistal de los canales ovales (Trope; Debelian 2015).

Varias técnicas se han usado para la limpieza de los canales y se han propuesto numerosos agentes desmineralizantes: 5-11% ácido nítrico (Kasahara *et al.*, 1990; Yasuda *et al.*, 1990; Saunders *et al.*, 1992; Tagger *et al.*, 1994; Berutti, 1996; Ibarrola *et al.*, 1997); 20% ácido fórmico (O'Neill *et al.*, 1983); 40% solución de resina de intercambio iónico y ácido fórmico o 5% de ácido hidroalcohólico (Vertucci, 1978).

Las propiedades de disolución de los tejidos del Hipoclorito de Sodio (NaOCl) han sido bien documentadas; sin embargo, su capacidad para eliminar el barro dentinario no ha demostrado ser eficaz (Sen *et al.*, 1995).

Actualmente se utilizan una gran variedad de técnicas de irrigación y dispositivos para mejorar la desinfección del sistema de conductos radiculares; sin embargo, la irrigación convencional con jeringa y aguja es la más utilizada.

Chow (1983), demostró que la eficacia de la irrigación apical está directamente relacionada con la profundidad de inserción de la aguja.

Las limitaciones de la irrigación por presión positiva, particularmente en el tercio apical, podría estar relacionado con la presencia de gases en la región apical que

forma un bloqueo de vapor en el que es más difícil la penetración del fluido. Este hallazgo ha sido confirmado recientemente por los resultados obtenidos por Boutsoukis *et al.* (2009).

Las técnicas de limpieza alternativas, tales como las que utilizan ultrasonido, serían más eficaces. Un mayor volumen de irrigante y una penetración más profunda con pequeños instrumentos usados con equipos sónicos o ultrasónicos pueden permitir una mayor limpieza en las zonas en forma de abanico. La activación con dispositivos sónicos genera oscilación mecánica, principalmente con una frecuencia de 1 a 6 KHz. La activación por ultrasonido combina ondas acústicas con la acción química del irrigante y genera una micro transmisión a lo largo de la lima con una frecuencia que oscila entre 45 y 40 KHz (Ahmad *et al.*, 1987). Ésta micro transmisión mueve la solución contra las superficies del conducto radicular, mejorando la limpieza mecánica de las paredes del canal y la destrucción bacteriana. Recientemente dos estudios (Carver *et al.*, 2007; Burleson *et al.*, 2007) han demostrado que 1 minuto de irrigación ultrasónica pasiva mejoró significativamente la limpieza de los istmos de las raíces mesiales de los molares inferiores. Por lo tanto, 1-2 minutos de irrigación ultrasónica debería ser recomendado después de la preparación químico mecánica, para mejorar la calidad del desbridamiento de las ramificaciones laterales del sistema de canales radiculares. Estudios previos han demostrado que la irrigación ultrasónica, durante tan sólo 30 segundos, dio como resultado canales radiculares mejor descontaminados en comparación con la irrigación manual (Jensen *et al.*, 1999; Sabins *et al.*, 2003).

En el sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA), una macrocánula o microcánula suministra irrigante a la cámara pulpar y extrae el exceso del mismo para evitar extravasación. Nielsen *et al.* (2007), demostraron que el uso del sistema EndoVac resultó en una eliminación significativamente mayor de desechos a 1mm de la longitud de trabajo que la irrigación manual con aguja.

La extrusión apical de los irrigantes se reduce cuando se usan los sistemas de irrigación apical de presión negativa (PAN) comparado con la irrigación con aguja (Mitchell *et al.*, 2010). También se ha demostrado que el irrigante penetró hasta la longitud de trabajo utilizando el sistema de irrigación PAN (Gregorio *et al.*, 2010).

El acceso de los irrigantes al tercio apical como también en los canales laterales se puede mejorar usando un protocolo de irrigación que involucre tanto los dispositivos ultrasónicos o sónicos (Goodman *et al.*, 1985; Passarinho-Neto *et al.*, 2006), como la irrigación apical de presión negativa (Nielsen *et al.*, 2007; Hockett *et al.*, 2008).

Entre las nuevas tecnologías, la Terapia Fotodinámica (PDT), también conocida como desinfección fotoactivada o fotoquimioterapia, ha demostrado ser un gran aliado al tratamiento endodóntico convencional en cuanto a la eliminación de los microorganismos que permanecen viables en el sistema de conductos radiculares. (Ok *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2012). Este tratamiento se basa en el uso de un tinte no tóxico sensible a la luz, seguido por irradiación con una fuente de luz visible con una adecuada longitud de onda en presencia de oxígeno (Siqueira *et al.*, 2011). El mecanismo de acción de la PDT se produce cuando el tinte, actúa como un agente fotosensibilizante, absorbe fotones de la fuente de luz, y sus electrones entran en un estado excitado. En la presencia de un sustrato, tal como oxígeno, el foto sensibilizador, cuando regresa a su estado básico, transfiere la energía al sustrato, formando radicales libres de alta citotoxicidad. Xu *et al.* (2009), sugirieron que la PDT se puede utilizar como un complemento en la desinfección endodóntica sin dañar las células de la región periapical.

El XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza) es un nuevo tipo de lima que se utiliza como paso final para mejorar la limpieza del conducto radicular. La lima accede y limpia áreas que otros instrumentos pueden no ser capaz de alcanzar, sin dañar la dentina o alterar la forma original del canal.

En un estudio realizado por Azim *et al.*, (2016), el XPF mostró el mayor porcentaje en la reducción bacteriana del canal principal (98,2%) y el mayor número de bacterias muertas en una profundidad de 50 mm (que oscila entre 78% -82%) en los túbulos dentinarios en comparación con la irrigación con aguja estándar, el uso del EndoActivator (Advanced Endodontics, Santa Bárbara, CA), y la técnica fotoacústica inducida por transmisión de fotones. El estudio encontró al XPF como el más eficaz en la eliminación de biofilm de un surco profundo.

Como comprobó Jiménez Frías (1994), que para conseguir la obturación de un mayor número de conductos laterales, hubo que eliminar el barro dentinario depositado en el inicio de los conductos laterales y observado a través del microscopio electrónico

de barrido. Cuando existan lesiones radiolúcidas sospechosas de la existencia de un conducto lateral, habrá que emplear un quelante tras haber usado la última lima y secado del conducto y posteriormente, se inactivará con hipoclorito sódico al 5.25% o agua de cal, que además sirve de vehículo de arrastre. Por lo tanto, en nuestros casos clínicos expuestos en el presente trabajo se ha utilizado NaOCl en asociación con Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) con aumento de la irrigación profusa, que actúa sobre los residuos inorgánicos, coincidiendo con los estudios realizados por Da Silva *et al.*, (2008) y Jimenez Frías (1994).

La observación de una mayor penetración del cemento sellador en los conductos accesorios del sistema de conductos radiculares al utilizar la técnica de condensación lateral, sugiere que ésta técnica se adapta mejor a los requerimientos endodónticos (Fabra Campos *et al.*, 1995).

Las técnicas termoplastizadas utilizadas en un estudio realizado por Silva *et al.*, (2013), mostraron que obturaron más los canales laterales que la técnica de compactación lateral.

Silver *et al.* (1999) enunciaron que la condensación vertical en caliente de gutapercha se ha considerado efectiva en la obturación de las ramificaciones del sistema de canales. Schilder (1967) también encontró que cuando se usa condensación vertical en caliente, los canales laterales que son demasiado finos para ser llenados con gutapercha se llenarán de sellador. Afirmó además que, aunque esto es menos deseable que obturarlos con gutapercha, es preferible antes que dejarlos sin obturar.

En el presente trabajo, los casos clínicos enunciados, se obturaron el tercio apical con condensación central mediante onda continua, mediante la técnica de Downpack al emplear Calamus Dual (Densply-Maillefer), con lo cual confirmamos las observaciones de Buchanan, (1994), quién afirmó que con la condensación de onda continua puede obtenerse la penetración aparente en los canales laterales y accesorios de gutapercha termoplastizada y sellador.

En los hallazgos del estudio realizado por DuLac *et al.*, (1999) mostraron que, en los tercios coronal y medio del canal, la técnica de condensación vertical en caliente, pudo llenar los canales laterales con gutapercha y sellador, mientras que en el tercio apical probablemente estuvieron obturados con sellador solamente. En ningún

momento la gutapercha se observó en ninguno de los canales laterales utilizando condensación lateral, de acuerdo con Reader *et al.*, (1993).

En nuestros casos clínicos el tercio coronal y medio fueron obturados con gutapercha inyectada a través de la técnica de Backfill al emplear Calamus Dual (Densply-Maillefer), donde se observó una mejor calidad de sellado y resultó prácticamente sin gaps, con cantidades mínimas de sellador en la superficie de la raíz y mejor adaptación a las paredes dentinarias, tal como lo enunciaron, Carvalho-Sousa *et al.*, (2010).

La destreza clínica o las habilidades técnicas de la obturación de los canales laterales han sido consideradas por muchos como la medida de la excelencia endodóntica. Se ha expuesto que los canales laterales sin obturar podrían estar asociados a patologías post tratamiento (Rud *et al.*, 1972). Weine en 1984, reportó que los canales laterales que albergan material inflamado o infectado podrían causar dolor durante el tratamiento endodóntico. Rud y Andreasen (1972) sugirieron que los canales no obturados podrían ser una causa importante de fracaso después del tratamiento endodóntico en los casos en que los espacios sin obturar sirvieron como vías de escape del material infectado. Andreasen *et al.*, (1993) consideraron que la tasa de éxito quirúrgico mejoró cuando el ápice de la raíz fue seccionado, eliminando así la parte de la raíz donde se encuentran la mayoría de los canales laterales y accesorios. Cada portal de salida es importante, ya que cada uno podría estar involucrado en el desarrollo de la patología pulpar-periodontal (Schilder, 1967).

Sin embargo no hay consenso en cuanto a la necesidad de obturar canales laterales para optimizar los resultados del tratamiento. Weine (1984) admitió que a pesar de que la frecuencia de los canales laterales ha sido alta, éstos no se observan frecuentemente en las radiografías después de la obturación del canal radicular. Aun así, se ha asumido que la falta de obturación de los canales laterales no conduce al fracaso del tratamiento endodóntico, caracterizado por una lesión lateral posterior al tratamiento en la gran mayoría de los casos.

Ciertamente, la obturación de las ramificaciones sería un objetivo deseable en el tratamiento sólo cuando existe la posibilidad de tráfico bacteriano desde el canal al ligamento periodontal, es decir, en casos infectados previamente necróticos en que las bacterias se dejaron intactas en el canal principal o en la ramificación.

Ricucci *et al.*, (2010) examinaron la respuesta del tejido pulpar de diferentes especímenes con canales laterales y ramificaciones apicales sometidos a distintos procedimientos quimiomecánicos. Ellos observaron que tras la preparación, el tejido necrótico era parcialmente retirado de las ramificaciones, mientras que el tejido adyacente permanecía inflamado, causando enfermedad lateral y / o apical. En los casos de necrosis pulpar de larga data y anatomía interna compleja, el tejido necrótico y las bacterias en las ramificaciones, permanecieron intactas.

En cuanto a los casos de elementos dentarios vitales, el tejido en los canales laterales y ramificaciones nunca fue eliminado por la preparación quimiomecánica, pero la mayor parte del tiempo permanecía libre de inflamación. En las observaciones histológicas se observó que forzar material de obturación en este tejido vital daría lugar a daños físicos y toxicidad química con inflamación innecesaria (Ricucci *et al.*, 2010). El tejido que queda dentro de los canales relativamente inalterado por procedimientos quimiomecánicos, da lugar a que se presenten 4 situaciones posibles; tejido vital o necrótico presente en el canal lateral, dentro del cual el material de relleno fue forzado o no.

En los casos de pulpas vitales el material de relleno no se encontraba en los canales laterales y el tejido en general permanecía vital. En algunos casos, parte del tejido proximal al canal principal fue dañado por los procedimientos del tratamiento (instrumentación, irrigación, obturación), pero la mayor parte del tejido de la ramificación permanecía sin perturbación, sin inflamación y con ausencia de bacterias. Esto se debe a la vitalidad tisular y la relativa normalidad de la circulación sanguínea del ligamento periodontal (Ricucci *et al.*, 2010).

Cuando se observaron materiales de relleno endodónticos en canales laterales o en las ramificaciones apicales que contenían tejido vital, la ramificación en realidad no se encontraba obturada (a pesar del aspecto radiográfico), y había tejido inflamado que se observaba histológicamente alrededor y adyacente al material de relleno. Se observaron condiciones histológicas similares en los canales laterales de los dientes con necrosis pulpar preoperatoria con el material de relleno (Ricucci *et al.*, 2010).

Sin embargo, la experiencia clínica revela que las lesiones pueden curar después del tratamiento endodóntico, incluso cuando los canales laterales no han sido obturados.

En el caso clínico número 2, se tomó una radiografía de control 11 meses después de la terapia endodóntica donde se confirmó lo que enunciaron Ricucci *et al.*, (2010), donde la lesión lateral simplemente cura porque los procedimientos efectuados en el canal radicular, remueven el contenido bacteriano del canal principal, interrumpiendo tanto la agresión causada al tejido de la ramificación y la salida de los productos bacterianos a través de los canales laterales hasta el ligamento periodontal.

Debe señalarse que los canales laterales y ramificaciones apicales han estado implicados con el fracaso del tratamiento endodóntico cuando son suficientemente grandes para albergar un número significativo de bacterias y para proporcionar a estas bacterias un acceso franco a los tejidos perirradiculares (Seltzer *et al.*, 1967a, 1967b; Ricucci *et al.*, 2009; Ricucci *et al.*, 2008a, 2008b; Nicholls, 1963). Por lo tanto, la desinfección de los canales laterales y ramificaciones apicales en casos de necrosis pulpar y periodontitis apical y / o lateral debe considerarse un objetivo importante del tratamiento.

CONCLUSIÓN

Para alcanzar mayores probabilidades de éxito en los tratamientos endodónticos, es primordial el conocimiento no sólo de la anatomía topográfica común, sino también las variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares. El propósito fundamental es eliminar quimio-mecánicamente los microorganismos, sus sustratos y los productos de la dentina del espacio pulpar y sus complejidades, evitando de esta manera el fracaso endodóntico causado por un incompleto desbridamiento del sistema de canales radiculares. Esto permitirá que el pronóstico a largo plazo de los elementos dentarios con canales laterales y accesorios resulte predecible y favorable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad M, Pitt Ford T. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987;13:490–9.
- Ahmed HMA. Different perspectives in understanding the pulp and periodontal intercommunications with a new proposed classification for endo-perio lesions. *ENDO – Endodontic Practice Today* 2012; 6, 87–104
- Ahmed HMA. Anatomical challenges, electronic working length determination and current developments in root canal preparation of primary molar teeth. *International Endodontic Journal* 2013; 46, 1011–22
- Ahmed HMA, Abbott PV. Accessory roots in maxillary molar teeth: a review and endodontic considerations. *Australian Dental Journal* 2012a; 57, 123–31; quiz 248.
- Ahmed HMA, Cheung GSP. Accessory roots and root canals in maxillary premolar teeth: a review of a critical endodontic challenge. *ENDO – Endodontic Practice Today* 2012; 6, 7–18.
- Aminsobhani M, Sadegh M, Meraji N, Razmi H, Kharazifard MJ. Evaluation of the root and canal morphology of mandibular permanent anterior teeth in an Iranian population by cone-beam computed tomography. *J Dent (Tehran)* 2013;10(4):358-66.)
- Andreasen JO, Rud J, Jensen N. Correlation between histology and radiography in the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg* 1972;1:161-73. }
- Armada-Dias L, Breda J, Provenzano JC, et al. Development of periradicular lesions in normal and diabetic rats. *J Appl Oral Sci* 2006;14:371–5.
- Azim AA, Aksel H, Zhuang T, et al. Efficacy of 4 irrigation protocols in killing bacteria colonized in dentinal tubules examined by a novel confocal laser scanning microscope analysis. *J Endod* 2016;42:928–34
- Barthel CR, Zimmer S, Trope M. Relationship of radiologic and histologic signs of inflammation in human root-filled teeth. *J Endod* 2004;30:75–9

- Berutti E (1996) Microleakage of human saliva through dentinal tubules exposed at the cervical level in teeth treated endodontically. *Journal of Endodontics* 22,579-82.
- Boutsoukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *Int Endod J* 2009;42:144-55.
- Brothman P. A comparative study of the vertical and the lateral condensation of gutta-percha. *J Endod* 1980;7:27-30.
- Buchanan LS. *The art of endodontics laboratory course manual*. Santa Barbara, CA: Dental Education Laboratories, 1994.
- Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/retary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod* 2007;33:782-78.
- Camps J, Lambruschini GM. Obturation of lateral canals: necessary therapy or radiologic satisfaction? *Rev Fr Endod* 1991;10:19-26
- Cantatore G, Berutti E, Castelucci A. Missed Anatomy: frequency and clinical impact. *Endod Topics* 2009; 15,3-31
- Carvalho-Sousa B, Almeida-Gomes F, Carvalho PR, Maníglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, Albuquerque DS. Filling lateral canals: evaluation of different filling techniques. *Eur J Dent* 2010; 4:251-256.
- Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2007;33:1038-1043
- Castelluci A. Endodontic radiography. In: Castelluci A, ed. *Endodontics*, Vol 1, 2nd Edn. Florence:Tridente, 2006:66-119
- Cesar de Gregorio, DDS, MS, Roberto Estevez, DDS, Rafael Cisneros, DDS, Carlos Heilborn, DDS, and Nestor Cohenca, DDS. Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study. *J Endod* 2009;35:891-895.

- Chen JE1, Nurbakhsh B, Layton G, et al. Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: a computational fluid dynamics analysis. *Aust Endod J* 2014;40:54–60.
- Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983;9:475–9.
- Clark DS, El Deeb ME. Apical sealing ability of metal versus plastic carrier Thermafil obturators. *J Endodon* 1993;19:4-9.
- Cobankara FK, Altinoz HC, Ergani O, Kav K, Belli S. In vitro antibacterial activities of root-canal sealers by using two different methods. *J Endod* 2004;30:57–60.
- Cohen S, Burns Rc. *Endodoncia. Los caminos de la pulpa.* 4 ed. Ed Médica Panamericana, 1998: 410:707
- Cutright DE, Bhaskar SN. Pulpal Vasculature as demonstrated by a new method. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1969;27:678-683
- Da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA. Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of SmearClear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. *J Endod* 2008; 34:1541–4.
- Dammaschke T, Witt M, Ott K, Schafer E. Scanning electron microscopic investigation of incidence, location, and size of accessory foramina in primary and permanent molars. *Quintessence Int* 2004;35:699–705.
- De Deus QD. Frequency, location and direction of the lateral, secondary and accessory Canals. *J Endod* 1975, 1:361-366
- Diwan A, Sreedevi CR, Nagaraj T, Raghava V, Sinha P, Moushmi CB. Determination of internal anatomy of a permanent dentition: A review. *Int J Contemp Dent Med Rev* 2015;2015:Article ID: 110115. DOI: 10.15713/ins.ijcdmr.36.
- Dulac , Silver GK, Love RM, Purton DG. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch'n Heat modified and System B. *International Endodontic journal* 1999; 28,35-40

- DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ Jr, Hatton JF. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J Endod* 1999; 25:376-380.
- Emmanuel J. Silva¹, Daniel R. Herrera², Eduardo J. Souza-Júnior², João M. Teixeira³. Influence of irrigation and obturation techniques on artificial lateral root canal filling capacity. *Acta Odontol. Latinoam.* 2013; 26: 2: 112-11
- Flores Hidalgo CE, Reyes Velazquez JO. Conductos Laterales accesorios. Una realidad en la cavidad endodóntica. *Med Oral* 2000; Vol II; 4: 127-134
- Friedman S, Moshonov j, Stabholz A. Five root Canals in a mandibular first molar. *Dent Traumatol* 1986: 2:226-228.
- Funato A, Funato H, Matsumoto K. Mandibular central incisor with two root canals. *Endodontics and Dental Traumatology* 1998;14, 285-6.
- Genyuan X, Zhongni Z. Filling of the lateral canal. *Oral Surg* 1984;58: 221-4.
- Goldberg F, Artaza LP, De S. Influence of calcium hydroxide dressing on the obturation of simulated lateral canals. *J Endod* 2002;28:99-101
- Goodman A, Reader A, Beck M, et al. An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 1985;11:249-56.
- Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1956;9:1224-32.
- Gregorio C, Estevez R (2010) Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *Journal of Endodontics* 36, 1216-21.
- Gu LS, Kim JR, Ling J, et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791-804.
- Guerisoli DM, Marchesan MA, Walmsley AD, et al. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodiumhypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J* 2002;25:418-21.

- Guerreiro-Tanomaru JM, Loiola LE, Morgental RD, et al. Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. *Braz Dent J* 2013;24:21–4.
- Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endod Topics* 2005;10:103–22.
- Gutarts R, Nusstein J, Reader A, et al. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2005;31:166–70.
- H. Fabra Campos, M. Igual ribas, a. Pascual Moscardo. Capacidad del sellado apical del ionómero de vidrio usado como cemento de conductos. *Endodoncia* 1995;11:192
- Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 2007;33:917–25).
- Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 2014;216:299–303
- Han T, Ma Y, Yang L, Chen X, Zhang X, Wang Y (2014) A study of the root canal morphology of mandibular anterior teeth using cone-beam computed tomography in a Chinese subpopulation. *Journal of Endodontics* 40, 1309–14.
- Himmel VT, Cain CW. An evaluation of the number of condenser insertions needed with warm lateral condensation of gutta-percha. *J Endodon* 1993;19:79-81.
- Hockett JL, Dommisch JK, Johnson JD, et al. Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and nontapered canal preparations: an in vitro study. *J Endod* 2008;34:1374–7.
- Ibarrola JL, Knowles KI, Ludlow MO, McKinley IB, Jr (1997) Factors affecting the negotiability of second mesio buccal canals in maxillary molars. *Journal of Endodontics* 23, 236–8)
- J. Jimenez Frías. Técnicas de Mc Spadden o de la gutapercha termomecánica. *Endodoncia* 1994; 12:77

- Jaju S, Jaju PP. Newer root canal irrigants in horizon: a review. *Int J Dent* 2011;2011:851359.
- Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, et al. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 1999;25:735–8.
- Kabak YS, Abbott PV (2007) Endodontic treatment of mandibular incisors with two root canals: report of two cases. *Australian Endodontic Journal* 33, 27–31.
- Kaffe I, Kaufman A, Littner MM, Lazarson A (1985) Radiographic } study of the root canal system of mandibular anterior teeth. *International Endodontic Journal* 18, 253–9.
- Kang M, Kim E (2014) Unusual morphology of permanent tooth related to traumatic injury: a case report. *Journal of Endodontics* 40, 1698–701
- Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Anzai M (1990) Root canal system of the maxillary central incisor. *Journal of Endodontics* 16, 158–61.
- Kayaoglu G, Erten H, Alacam T, Ørstavik D. Short-term antibacterial activity of root canal sealers towards *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2005;38:483–8.
- Kirk A. DuLac, DDS, MSD, Christen J. Nielsen, DDS, MS, Terry J. Tomazic, PhD, Patrick J. Ferrillo, Jr., DDS, and John F. Hatton, DMD. Comparison of the Obturation of Lateral Canals By Six Techniques. *J Endodon* 1999;25:5: 376-380.
- Klein RM, Blake SA, Nattress BR, Hirschmann PN (1997) Evaluation of X-ray beam angulation for successful twin canal identification in mandibular incisors. *International Endodontic Journal* 30, 58–63.
- Kocsis GS, Marcsik A (1989) Accessory root formation on a lower medial incisor. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 68, 644–5.
- Konopka K, Goslinski T. Photodynamic therapy in dentistry. *J Dent Res* 2007;86:694-707.
- Krasner P, Rankow NH. Anatomy of the pulp chamber floor. *J Endod* 2004;30:5-16

- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* 1955;50: 544–52.) (Ponce EH, Vilar Fernandez JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003;29:214–9.
- Langeland K. Tissue response to dental caries. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:149–71.
- Lasala Angel. *Endodoncia*. 4ª. Ed. Salvat 1996:3
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal* 2004; 37, 672–8
- Leonardo Mario Roberto, Mauricio Leal Jaime. *Endodoncia, tratamiento de los conductos radiculares*. 2ª ed. Médica Panamericana, 1994: 142.
- Lin WC, Yang SF, Pai SF. Nonsurgical endodontic treatment of a two-rooted maxillary central incisor. *Journal of Endodontics* 2006; 32, 478–81
- Low D, Chan AW. Unusual maxillary lateral incisors: case reports. *Australian Endodontic Journal* 2004; 30, 15–9.
- Maden M, Savgat A, Gorgul G. Radiculomegaly of permanent canines: report of endodontic treatment in OFCD syndrome. *International Endodontic Journal* 2010; 43, 1152–61
- Marlin J, Krakow AA, Desilets RP, Jr., Gron P. Clinical use of injectionmolded thermoplasticized gutta-percha for obturation of the root canal system: a preliminary report. *J Endodon* 1981;7:277-81.
- Mehmet Kemal Kaliskan, Yesim Pehlivan. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *J Endod* 1995; 21-200)
- Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC (2010) Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics* 36, 338–41
- Molven O, Olsen I, Kerekes K. Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:226–9.

- Nair MK, Nair UP. Digital and advanced imaging in endodontics: a review. *Journal of Endodontics* 2007; 33, 1–6.
- Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99:231–52.
- Neo J, Chee LF. A retrospective clinical study of endodontically treated mandibular incisors in a selected Chinese population. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 1990; 70, 782–3.
- Neville BW, Damm DD, Allen CM, Bouquot JE (eds). Abnormalities of teeth. In: *Oral and Maxillofacial Pathology* 2002; 2, 88.
- Nicholls E, Lateral radicular disease due to lateral branching of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963;16:839-845
- Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the Endovac System to needle irrigation of root canals. *J Endod* 2007;33:611–5.
- Nodehi D, Pahlevankashi M, Amiri Moghaddam M, Nategh B. Cone beam computed tomography functionalities in dentistry. *Int J Contemp Dent Med Rev* 2015;2015:Article ID: 040515. DOI: 10.15713/ins.ijcdmr.79
- O’Neill KJ, Pitts DL, Harrington GW (1983) Evaluation of the apical seal produced by the Mc Spadden compactor and by lateral condensation with achloroform softened primary cone. *Journal of Endodontics* 9,190-7.
- Ok E, Ertas H, Saygili G, Gok T. Effect of photo-activated disinfection on bond strength of three different root canal sealers. *Eur J Dent* 2014;8:85-9.
- Omer OE, Al Shalabi RM, Jennings M, Glennon J, Claffey NM. A comparison between clearing and radiographs techniques in the study of the root – canal anatomy of maxillary first and second molars. *Int Endod J* 2004;37:291-296
- Ørstavik D. Antibacterial properties of root canal sealers, cements and pastes. *Int Endod J* 1981;14:125–33.
- Paes da Silva Ramos Fernandes LM, Rice D, Ordinola-Zapata R, et al. Detection of various anatomic patterns of root canals in mandibular incisors using digital periapical radiography, 3 cone-beam computed tomographic

scanners, and micro-computed tomographic imaging. *Journal of Endodontics* 2014; 40, 42–5.

- Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, et al. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J* 2006;32:123–8.
- Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal* 2007; 40, 818–30.
- Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in endodontics – a review. *International Endodontic Journal* 2015; 48, 3–15
- Pathomovich S, Edmunds DH. The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques. *Int Endodon J* 1996;29:327-34. 19. Marlin J, Krak
- Patil S, Keshava Prasad BS, Shashikala K. Cone beam computed tomography: Adding three dimensions to endodontics. *Int Dent Med J Adv Res* 2015;1:1-6.
- Peters OA, Laib A, G€ohring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 2001;27:1–6
- Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg* 1972;33:101–10.
- Pingping Bao, DDS, MSc,*† Ya Shen, DDS, PhD,† James Lin, DDS, PhD,† and Markus Haapasalo, DDS, PhD. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals(in press)
- Pitt Ford TR. Harty . *Endodoncia en la práctica clínica*. 4ª. ed. Mc Graw Hill Interamericana, 1999:16-33.
- Reader CM, Himel VT, Germain LP, Hoen MM. Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endodon* 1993;19:404-8.

- Reader CM, Himel VT, Germain LP, Hoen MM. Effect of three obturation techniques on the filling of lateral Canals and the main canal. *J Endod* 1993;19:404-8
- Ricucci D, Pascon EA, Pitt Ford TR, Langeland K. Epithelium and bacteria in periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:239–49
- Ricucci D, Siqueira JF Jr. Apical actinomycosis as a continuum of intraradicular and extraradicular infection: case report and critical review on its involvement with treatment failure. *J Endod* 2008;34:1124–9.
- Ricucci D, Siqueira JF Jr., Anatomic and microbiologic challenges to achieving success with endodontic treatment: a case report. *J Endod* 2008;34:1249–54.
- Ricucci D, Siqueira JF Jr., Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twentyfour patients. *J Endod* 2009;35:493–502.)
- Ricucci, MD, DDS,* and Jose´ F. Siqueira Jr, DDS, MSc, PhD. Fate of the Tissue in Lateral Canals and Apical Ramifications in Response to Pathologic Conditions and Treatment Procedures. *J Endod* 2010;36:1–15
- Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E (1980) A clearing technique for the study of root canal systems. *Journal of Endodontics* 6,421-4
- Rud J, Andreassen JO. A study of failures after endodontic surgery by radiographic, histologic and stereomicroscopic methos. *Int J Oral Surg* 1972;1:311-52)
- Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of shortterm sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 2003;29:674–8.
- Sanderink GC, Huiskens R, van der Stelt PF, Welander US, Stheeman SE. Image quality of direct digital intraoral X-ray sensors in assessing root canal length. The RadioVisioGraphy, Visualix/VIXA, Sens-A-Ray, and Flash Dent systems compared with Ektaspeed films. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 1994; 78, 125–32.

- Saunders WP, Saunders EM. Effect of non cutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-fared technique. *Journal of Endodontics* 1992; 8, 32^6.)
- Schilder H. Canal debridement and disinfection. Cohens S, Burns RC, eds. *Pathways of the pulp*. 2nd ed. St Loui; Mosby, 1976:111-33)
- Schilder H. Cleaning and shapping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269-96)
- Schilder H. Filling root Canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967;11:723-44)
- Schilder H. Vertical compaction of warm gutta-percha. In: Gerstein H, ed. *Techniques in clinical endodontics*. Philadelphia: WB Saunders, 1983:76- 98.
- Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation: part 2— efficacy. *Dent Today* 2008;27:82,84,86–87.
- Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures: an analysis based on clinical, roentgenographic and histological findings. Part I. *Oral Surg* 1967;23:500-16 (also Part II. *Oral Surg* 1967;23: 517-30).
- Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures: an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings—II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1967;23:517–30.
- Sen BH, Wesselink PR, Tu` rku` n M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 1995;28:141–8.
- Sert S, Bayirli GS. Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *Journal of Endodontics* 2004; 30, 391–8
- Shalhav M, Fuss Z, Weiss EI. In vitro antibacterial activity of a glass ionomer endodontic sealer. *J Endod* 1997;23:616–9.)
- Sharma R, Pecora JD, Lumley PJ, Walmsley AD. The external and internal anatomy of human mandibular canine teeth with two roots. *Endodontics and Dental Traumatology* 1998; 14, 88–92.

- Shen Y, Qian W, Chung C, et al. Evaluation of the effect of two chlorhexidine preparations on biofilm bacteria in vitro: a three-dimensional quantitative analysis. *J Endod* 2009;35:981–5.
- Silva LA, Novaes AB Jr, de Oliveira RR, Nelson-Filho P, Santamaria M Jr, Silva RA. Antimicrobial photodynamic therapy for the treatment of teeth with apical periodontitis: A histopathological evaluation. *J Endod* 2012;38:360-6.
- Silva, F. G. Belladonna, A. S. Zuolo, E. Rodrigues, I. C. Ehrhardt, E. M. Souza, G. DeDeus. Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. (in press)
- Siqueira JF Jr, Rôças IN. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: A quest for predictability. *Aust Endod J* 2011;37:92-8.
- Siqueira JF Jr., Favieri A, Gahyva SM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. *J Endod* 2000;26:274–7.
- Siqueira JF Jr., Gonçalves RB. Antibacterial activities of root canal sealers against selected anaerobic bacteria. *J Endod* 1996;22:89–90.)
- Siqueira JF Jr., Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J* 1999;32:361–9.)
- Siqueira JF Jr., Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291–301. e3
- Slowey RR. Root canal anatomy. Road map to successful endodontics. *Dent Clin North Am* 1979;23:555-573)
- Spaengberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. *J Endod* 1993;19:596–8.).
- Spoleti P, Siragusa M, Spoleti MJ. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod* 2003;29:12–4.
- Stashenko P, Wang CY, Riley E, Wu Y, Ostroff G, Niederman R. Reduction of infection-stimulated periapical bone resorption by the biological response modifier PGG glucan. *J Dent Res* 1995;74:323–30

- Tagger M, Katz A, Tamse A. Apical seal using the GPII method in straight canals compared with lateral condensation, with or without sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 1994;78:225-31
- Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J* 2005;38: 285-90.
- Thompson BH, Portell FR, Hartwell GR. Two root canals in a maxillary lateral incisor. *Journal of Endodontics* 1985; 11, 353-5.
- Torabinejad M, Skobe Z, Tromblay PL, Krakow AA, Gron P, Martin J. Scanning electron microscope study of root canal obturation using thermoplasticized gutta-percha. *J Endodon* 1978;4:245-50.
- Trope M, Debelian G. XP-3D Finisher file-the next step in restorative endodontics. *Endod Pract US* 2015;8:22-4.
- Van der Sluis L, Wu M, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J* 2005;38:764-8.
- Van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal* 2007; 40, 415-26
- Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod* 2005;31:877-81.)
- Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J* 2003;36:54-63.)
- Venturi M. An ex vivo evaluation of a gutta-percha filling technique when used with two endodontic sealers: analysis of the filling of main and lateral canals. *J Endod* 2008;34:1105-10.
- Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics* 2005;10, 3-29.
- Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1984;58:589-599)

- Vertucci FJ, Root canal morphology of mandibular premolars. *Journal of the American Dental Association* 1978; 97,47-50.)
- Weine F. The enigma of the lateral canal. *Dent Clin North Am* 1984;28: 833-52.
- Weine FS, Buchanan LS. Controversies in clinical endodontics: part 1—the significance and filling of lateral canals. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17:1028–32,1035–6, 1038
- Weine FS. *Endodontic therapy*. 4th ed. St Louis: Mosby, 1989
- Wolcott J, Himel VT, Powell W, Penney J. Effect of two obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endod* 1997;23:632–5
- Xu Y, Young MJ, Battaglino RA, Morse LR, Fontana CR, Pagonis TC, et al. Endodontic antimicrobial photodynamic therapy: Safety assessment in mammalian cell cultures. *J Endod* 2009;35:1567-72.
- Yamasaki M, Kumazawa M, Kohsaka T, Nakamura H, Kameyama Y. Pulpal and periapical tissue reactions after experimental pulpal exposure in rats. *J Endod* 1994;20:13–7.