



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

**IMPORTANCIA DE LAS AGUJAS DE DISPERSIÓN LATERAL ABIERTA Y
CERRADA, EN LA IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS
RADICULARES.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

**Autor: Od. Eliana M. Quintela C.
C.I: 17.015.059**

Bárbula, Junio 2018.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

**IMPORTANCIA DE LAS AGUJAS DE DISPERSIÓN LATERAL ABIERTA Y
CERRADA, EN LA IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS
RADICULARES.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

**Proyecto adscrito a UNIMPA, en la Línea de Investigación Rehabilitación
del Sistema Estomatognático y la Temática Rehabilitación Anatómo-
funcional y la Sub-Temática Sistemas de Irrigación como auxiliares de
la limpieza del sistema de conductos radiculares (Endodoncia).**

**Tutor: Od. Diana Dorta
C.I: 12.606.219**

**Autor: Eliana M. Quintela C.
C.I: 17.015.059**

Bárbula, Junio 2018.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
Facultad de Odontología
Dirección de Asuntos Estudiantiles

DAEFO

ACTA DE DISCUSION TRABAJO DE ESPECIALIZACION

En atención a lo dispuesto en los Artículos 127,128,137,138 y 139 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como Jurado Designado por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Odontología, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 135 del citado Reglamento, para estudiar el Trabajo de Especialización titulado:

“IMPORTANCIA DE LAS AGUJAS DE DISPERSION LATERAL ABIERTA Y CERRADA, EN LA IRRIGACION DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES, REVISION BIBLIOGRAFICA”

Presentado para optar al grado de **ESPECIALISTA en ENDODONCIA** por el (la) aspirante:

QUINTELA C., ELIANA M.
C.I. V.- 17.015.059

Habiendo examinado el Trabajo presentado, decidimos que el mismo está **APROBADO**.

En Valencia, a los once días del mes de Junio del año dos mil dieciocho.

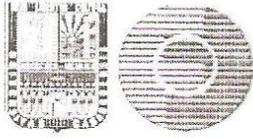
Prof. **ALVAREZ S., MARIETTA**
C.I. 12997287
Fecha: 11/06/18

Prof. **DORTA T., DIANA V.**
C.I.: 12606219
Fecha: 11/06/2018

07/06/2018 /Vg.



Prof. **CARPAVIRE A., YOMINSIMAR**
C.I.V-11.116.44
Fecha: 11-06-2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

ACEPTACION DEL TUTOR

Por medio de la presente hago constar que he leído el proyecto del trabajo de grado titulado: “IMPORTANCIA DE LAS AGUJAS DE DISPERSIÓN LATERAL ABIERTA Y CERRADA, EN LA IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA” presentado por la Od. Eliana Maria Quintela Contreras, portadora de la Cedula de Identidad 17.015.059, para optar al título de Especialista en Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo.

Acepte asesorar en calidad de tutor de contenido al estudiante antes mencionado, durante la etapa del desarrollo del trabajo de grado hasta su presentación y evaluación.

En Valencia a los 21 días del mes de Mayo del año 2018.

Nombre y Firma: Diana Dorta

C.I: 12.606.219



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

CONSTANCIA DE CULMINACIÓN DEL TUTOR DE CONTENIDO

En mi carácter de tutor de contenido del trabajo especial de grado titulado **IMPORTANCIA DE LAS AGUJAS DE DISPERSIÓN LATERAL ABIERTA Y CERRADA, EN LA IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES (Revisión Bibliográfica)**, presentado por la Od. Eliana Maria Quintela Contreras, portadora de la Cedula de Identidad V-17.015.059, como requerimiento para optar al título de Especialista en Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo, considero que dicho trabajo fue realizado bajo rigor metodológico, y reúne los requisitos y meritos suficiente para ser sometido a consideración, presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En Valencia, a los 21 días del mes de Mayo de 2018.

Diana V. Dorta T.

C.I: V-12.606.219

Especialista en Endodoncia

Tutor de contenido.

DEDICATORIA

A Elena, por siempre estar ahí para escucharme, apoyarme,
Y darme ánimo para luchar constantemente por mis sueños,
Simplemente por creer en mí... todo te lo debo a ti...
Te Amo...

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por brindarme salud y ser mi mejor guía en esta vida, colocándome siempre en el lugar correcto... simplemente su tiempo es perfecto...

A mi Familia, en especial a mis padres por ser mi pilar y mayor motivación, sin su ayuda nada de esto hubiese sido posible, la mejor herencia, mi Educación...

Al Dr. Raúl Aponte por todo el conocimiento y apoyo brindado, mi ejemplo a seguir...

A la Dra. Diana Dorta por cada minuto dedicado y por su invaluable apoyo durante la realización de este trabajo...

A mis compañeros de estudio, por todos y cada unos de los momentos que vivimos, buenos y malos, pero sobre todo por la paciencia, motivación, cariño y ayuda brindada... se convirtieron en mi Familia Endodóntica...

A María Gabriela por siempre estar ahí, sin tu ayuda no lo hubiese logrado...

A la Dra. Liliana Jiménez por su dedicación y entrega durante todo el camino...

A los profesores que compartieron su tiempo y conocimiento durante mi formación...

A todos los que de alguna u otra manera influyeron en la realización de este logro.... Gracias!!!



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

IMPORTANCIA DE LAS AGUJAS DE DISPERSIÓN LATERAL ABIERTA Y CERRADA, EN LA IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES. (Revisión Bibliográfica).

Adscrito a UNIMPA, a la Línea de Investigación Rehabilitación del Sistema Estomatognático, temática Rehabilitación Anatomo-funcional y subtemática: Sistemas de Irrigación como auxiliares de la limpieza del sistema de conductos radiculares (Endodoncia).

Autor: Od. Eliana Maria Quintela Contreras.

Tutor: Dra. Diana Dorta.

Fecha: Junio, 2018.

RESUMEN

El objetivo principal del tratamiento endodóntico es la prevención y/o curación de la periodontitis apical, mediante la eliminación de la infección bacteriana en el sistema de conductos radiculares (SCR). La preparación químico mecánica constituye el paso de mayor relevancia durante el tratamiento endodóntico. La limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares puede verse afectada, especialmente a nivel del tercio apical. La preparación mecánica tiene como finalidad eliminar la mayor cantidad de dentina infectada, conformar el conducto radicular y permitir el paso de soluciones irrigadoras al tercio apical, las cuales, van a completar el proceso de limpieza y desinfección, por ello la preparación química es parte esencial del tratamiento endodóntico. El diseño de la aguja es un factor importante en la difusión y dispersión del irrigante. La presente investigación tendrá como objetivo analizar la importancia de las agujas de dispersión lateral abierta y cerrada, en la irrigación del sistema de conductos radiculares. La investigación será de tipo documental y diseño bibliográfico, presentada bajo modalidad de monografía. La misma estuvo adscrita a la Unidad de Investigaciones Morfopatológicas (UNIMPA), y pertenece a la línea de investigación Rehabilitación del Sistema Estomatognático de la FOUC.

Conclusión: Ambos tipos de agujas son efectivos para lograr la desinfección del SCR, sin embargo, las agujas de extremo abierto producen mayor extrusión del irrigante, es necesario combinar seguridad y eficacia en un mismo diseño para conseguir resultados óptimos, igualmente es de suma importancia conocer el funcionamiento de cada una de ellas, para tratar cada caso clínico en particular.

Palabras clave: irrigación, tercio apical, agujas de irrigación.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCION DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA

IMPORTANCE OF THE OPEN AND CLOSED SIDE DISPERSION NEEDLES, IN THE IRRIGATION OF THE ROOT CANAL SYSTEM.

(Review)

Assigned to UNIMPA, to the Research Line Rehabilitation of the Stomatognathic System, thematic Anatomical-functional and sub-thematic rehabilitation: Irrigation Systems as auxiliary to the cleaning of the root canal system (Endodontics).

Author: Od. Eliana Maria Quintela Contreras.

Advisor: Dra. Diana Dorta.

Date: June, 2018.

ABSTRACT

The main objective of endodontic treatment is the prevention and/or cure of apical periodontitis, through the elimination of bacterial infection in the root canal system (SCR). Mechanical chemical preparation is the most important step during endodontic treatment. The cleaning and shaping of the root canal system can be affected, especially at the level of the apical third. The mechanical preparation aims to eliminate the largest amount of infected dentine, form the root canal and allow the passage of irrigating solutions to the apical third, which will complete the cleaning and disinfection process, therefore chemical preparation is an essential part of endodontic treatment. The design of the needle is an important factor in the diffusion and dispersion of the irrigant. The objective of the present investigation is to analyze the importance of open and closed lateral dispersion needles in the irrigation of the root canal system. The research will be of documentary type and bibliographic design, presented under the monograph modality. It was assigned to the Unit of Morphopathological Investigations (UNIMPA), and belongs to the line of research Rehabilitation of Stomatognático System of the FOUC.

Conclusion: Both types of needles are effective to achieve disinfection of the SCR, however, the open end needles produce more extrusion of the irrigant, it is necessary to combine safety and efficacy in the same design to achieve optimal results, it is also very important to know the operation of each of them, to treat each particular clinical case.

Keywords: irrigation, apical third, irrigation needles.

ÍNDICE GENERAL

Acta de Aprobación.....	iii
Constancia de Culminación del Tutor de Contenido.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
Anatomía del Sistema de Conductos Radiculares.....	7
Tercio Apical.....	10
Preparación y Desinfección del Sistema de Conductos Radiculares.....	10
Preparación Mecánica.....	11
Desinfección Química.....	14
Vapor Lock.....	19
Activación del Irrigante.....	20
Métodos de Dispersión del Irrigante.....	21
Agujas de Irrigación.....	23
Agujas de Extremo Cerrado.....	26
Agujas de Extremo Abierto.....	30
Presión de la Irrigación.....	33
Flujo de la Irrigación.....	33
Dinámica Computacional de Fluidos	35
DISCUSIÓN	37
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	
Anexo1: Adscripción al proyecto a UNIMPA.	
Anexo 2: Dictamen de Bioética.	

TABLA DE IMÁGENES

Figura 1. Conducto de Furca.....	8
Figura 2. Variaciones Anatómicas.....	9
Figura 3. Volumen del Irrigante en Tercio Apical con Diferentes preparaciones.....	13
Figura 4. Precipitado de Paracloroanilina (PCA).....	18
Figura 5. Presencia de Vapor Lock.....	19
Figura 6. Activación Ultrasónica.....	21
Figura 7. Jeringas de Irrigación.....	22
Figura 8. Diseños de agujas para Irrigación Endodóntica.....	24
Figura 9. Diámetro Interno y Externo de las agujas según el Gauge.....	25
Figura 10. Agujas de irrigación de extremo cerrado.....	27
Figura 11. Patrón de Flujo de la Aguja de extremo cerrado de dispersión lateral.....	27
Figura 12. Intensidad de distribución del irrigante con una aguja de extremo cerrado y salida lateral mediante un DFC.....	28
Figura 13. Tensión de Corte de una aguja de dispersión lateral y extremo cerrado.....	30
Figura 14. Agujas de Irrigación de Extremo Cerrado.....	31
Figura 15. Flujo de Irrigación de diferentes tipos de agujas.....	32

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del tratamiento endodóntico es la prevención y/o curación de la periodontitis apical, mediante la eliminación de la infección bacteriana en el sistema de conductos radiculares (SRC). La etiología de la patología periapical se asocia con la presencia de microorganismos en el sistema de conductos, es por esto, que la preparación químico mecánica constituye un paso importante en el tratamiento endodóntico. Se ha observado que aproximadamente un 35-65% de las paredes del conducto radicular, permanecen sin instrumentar aun después de la preparación mecánica, ya que no existe contacto directo entre las superficies y el instrumento utilizado, por lo tanto la irrigación se considera esencial para la desinfección del SCR, facilitando la eliminación de microorganismos y sus subproductos, especialmente a nivel del tercio apical que es donde se encuentra la mayor cantidad de aberraciones anatómicas como deltas apicales, conductos laterales y accesorios, que actúan como medio de comunicación con el periodonto, influyendo en el fracaso de la terapéutica endodóntica.^{1,2,3,4,5,6,7,8}

En este sentido Aguilar, T. en el 2011, comenta que cada vez se ha vuelto más claro que la desinfección del sistema de conductos radiculares, es un factor crítico en el éxito de las distintas modalidades del tratamiento endodóntico, sin embargo, en los últimos 25 años, se ha incrementado de forma exagerada el número de dientes que han recibido tratamiento endodóntico, a pesar de que el porcentaje de casos de evolución favorable es de alrededor de 62 a 86%, cada día aumenta la incidencia de fracasos endodónticos entre 10-25%, como consecuencia de la persistencia de microorganismos en los túbulos dentinarios, y complejidades anatómicas del

sistema de conductos radiculares, es decir de 10 al 25% no responden a la terapia endodóntica local, generándose a futuro una periodontitis apical persistente e incluso lesiones perirradiculares refractarias. Por lo tanto, hoy en día se considera que las infecciones intrarradiculares persistentes o secundarias son las principales causas de fracaso del tratamiento endodóntico.^{3,9}

Por otra parte, el paso de soluciones irrigadoras al tercio apical en combinación con la preparación mecánica, completa el proceso de limpieza y desinfección del SCR, por lo tanto el irrigante tiene un papel fundamental, y debe cumplir con características esenciales como la disolución de tejido orgánico, acción sobre microorganismos anaerobios y facultativos organizados en biofilm, inactivación de endotoxinas, biocompatible y no tóxico para los tejidos periodontales, así como también, prevenir la formación de detritus o barrillo dentinario durante la preparación. Hasta el momento, no existe un irrigante que cumpla con todas estas características, sin embargo, el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) presenta la mayor cantidad de propiedades ideales siendo el irrigante de elección para la terapéutica endodóntica.^{4, 6,10}

En este sentido, el irrigante es llevado al SCR mediante una jeringa con agujas de diversos calibres y diseños con la finalidad de que alcance toda la extensión del conducto radicular teniendo contacto directo con las paredes del mismo y así difundir de manera rápida y efectiva al tercio apical. La penetración del irrigante no solo depende de la anatomía del conducto radicular y las características del irrigante, sino también del volumen, concentración, dinámica de fluido y del tipo, diseño, tamaño y profundidad de inserción de la aguja de irrigación.^{1,5,11}

En relación a lo expresado, Silva, P. et al. 2016, menciona que algunas agujas tienen un diseño cerrado en su punta con una salida lateral y otras

con varios orificios laterales. El flujo de irrigación de las agujas de extremo cerrado con salida lateral ocurre cerca de su punta y se dirige hacia apical siguiendo una ruta curvada alrededor de la misma hacia coronal, a su vez, la presión de flujo de irrigación se dirige hacia la pared donde está orientada la salida lateral de la aguja, el irrigante sólo profundiza 1mm más allá de la punta, lo cual resulta preocupante, debido a que generalmente no penetra lo adecuado para que el irrigante pueda llegar a la longitud del conducto, disminuyendo su habilidad para desinfectar.^{4,11,12,13}

A su vez, existen agujas de extremo abierto con salida lateral, las cuales presentan un patrón de flujo mayor, produciendo un mejor reemplazo del irrigante a lo largo del conducto radicular, lo que a su vez también produce mayor presión desde la punta de la aguja hacia apical por ende mayor tasa de flujo del irrigante en el tercio apical, con el inconveniente de incrementar el riesgo de extrusión del irrigante hacia los tejidos periapicales.^{4,12}

Debido a lo anterior surgieron varios estudios como el de Chow T. en el año 1983, donde evaluó ciertos factores que influyen en la extensión del irrigante al tercio apical durante la irrigación, como lo son, el tamaño de la aguja, profundidad de inserción de la aguja y la presión de irrigación, utilizando conductos radiculares artificiales estandarizados, jeringas y agujas hipodérmicas, obteniendo en sus resultados que la profundidad de la aguja influye de forma positiva en la irrigación y que mientras menor sea el calibre mayor es su efectividad.¹⁴

Por su parte, Vinothkumar T et al. en el 2007, evaluaron la eficacia mecánica de 3 tipos de agujas de irrigación en la eliminación de bacterias, para ello, utilizaron 30 caninos permanentes con conducto único, los cuales fueron preparados e inoculados con *Escherichia coli*, luego fueron irrigados con 6ml de solución salina usando tres tipos de agujas, una de extremo cerrado con

salida lateral simple, una de extremo cerrado con doble salida lateral y una aguja hipodérmica, a 1mm menos de la longitud de trabajo, encontrándose que no existen diferencias significativas en la eliminación de bacterias en el grupo de las agujas de extremo cerrado con doble salida lateral y la hipodérmica, siendo la aguja de extremo cerrado con una salida lateral la más eficiente para la eliminación bacteriana en conductos instrumentados.¹⁵

Por otra parte, en un estudio realizado por Boutsoukis C. et al. en el 2010, se evaluó el efecto del diseño de la aguja en el flujo de irrigación utilizando 6 diferentes tipos de aguja de 30G. Tres agujas de extremo abierto: aguja plana (NaviTip de la Ultradent), aguja biselada (Presicion Glide Needle de Becton Dickinson & Co) y la punta de irrigación de Vac (Vista Dental Racine, WI) y tres agujas de extremo cerrado: Ventilación lateral (Kerr Hawe Irrigation Probe; de la Kerr Hawe S.A), aguja de doble ventilación lateral (Endo-Irrigation Needle; Transcodent, Alemania) y la aguja de multiventilación (EndoVac Microcanula, Discus Dental) con el empleo de un modelo de dinámica computacional de fluidos (DCF), utilizadas durante la irrigación final en un conducto radicular simulado y conformado previamente y se obtuvo como resultado que el patrón de flujo del irrigante de las agujas abiertas fue diferente a las agujas de extremo cerrado, obteniendo mayor irrigación, mayor reemplazo, así como también mayor presión apical por parte de las agujas de extremo abierto.¹⁶

Igualmente, Shen Y et al. en el 2010, buscó establecer, a través del uso de DCF, el efecto del diseño de la punta de la aguja en el patrón de flujo durante la irrigación, para ello, mediante un estudio experimental in vitro en tacos de plásticos con simulación de conductos preparados, registraron la distribución de la dinámica de fluido con una aguja de 27G con muescas (Appli-Vac) y una aguja de extremo cerrado (Vista-Probe), a 3 y 5 mm del ápice radicular simulado y se determinó que cuando la aguja se colocaba a 3mm del ápice el

irrigante alcanzaba esos últimos milímetros con todos los tipos de agujas estudiadas, pero cuando se colocaba a 5mm el irrigante no logra alcanzar el ápice con las agujas de dispersión lateral. La presión apical es más alta con la aguja biselada y más baja con la aguja de dispersión lateral de extremo cerrado, consiguiendo como resultado que la punta de la aguja de irrigación influye en la velocidad del flujo y en la presión apical, es por esa razón que se consideran parámetros importantes para la eficacia y la seguridad de la irrigación.⁵

Las evidencias científicas demuestran la importancia de la elección correcta de la aguja de acuerdo al diseño, calibre, longitud de acuerdo a cada caso y diagnóstico, para lograr eficacia en la desinfección del SCR y evitar los fracasos por persistencia de microorganismos en el tercio apical y complejidades anatómicas.

En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo analizar la importancia de las agujas de dispersión lateral abierta y cerrada en la irrigación del sistema de conductos radiculares señalando las diferentes consideraciones anatómicas y factores que influyen en la penetración del irrigante en el SCR, así como el tamaño, calibre y diseño de las agujas de irrigación de dispersión lateral abierta y cerrada, y su influencia en el patrón de flujo en la dinámica de irrigación, para definir una postura clara en relación al tema.

Para tal fin se realizó una revisión bibliográfica, de tipo documental, bajo la modalidad monográfica, en forma de texto expositivo, de trama argumentativa, predominante informativo, en la cual bajo un procedimiento metodológico, se organizó con coherencia la información seleccionada, usando para ello diversas fuentes: libros de texto, trabajo de grado, y artículos de revistas científicas especializadas considerando estudios in vivo,

in vitro y reportes de caso. La búsqueda electrónica se realizó mediante los buscadores: PubMed, Directory of open Access Journals (DOAJ), google académico, medline plus, entre otros. Para finalizar luego de un análisis reflexivo y según los objetivos planteados en un resumen analítico que permitirá documentar y aclarar dudas en relación a la temática.

Por otra parte, el estudio servirá como fundamento teórico y científico para otras investigaciones tanto a nivel local como nacional de estudiantes de pregrado y postgrado específicamente en el área de endodoncia, con el fin de aportar información actualizada, la cual puede ser mejorada y complementada por proyectos futuros, abriendo diferentes líneas de investigación sobre el tema, a su vez también repercutirá en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que acuden a la clínica del postgrado que requieren tratamiento endodóntico, ya que una correcta y efectiva desinfección del SCR nos garantiza un pronóstico más predecible y favorable de dicho tratamiento solventando un problema de salud social.

La presente investigación está adscrita a la Unidad de Investigaciones Morfopatológicas (UNIMPA) y enmarcada dentro de las líneas de investigación de la FOUC, específicamente, en la línea de Investigación: rehabilitación del sistema Estomatognático, con la temática rehabilitación Anatómico-funcional y por último la Sub-Temática Sistemas de Irrigación como auxiliares de la limpieza del Sistemas de conductos radiculares, con la finalidad de preservar las unidades dentarias tanto estética como funcionalmente, mediante la desinfección del sistema de conductos radiculares, como coadyuvante fundamental en el tratamiento endodóntico.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Anatomía Del Sistema De Conductos Radiculares (SCR)

La cavidad que se encuentra en el interior de los dientes, rodeada de tejidos duros y ocupada por un tejido laxo denominado pulpa, es la cavidad pulpar, su contorno corresponde a la forma externa del diente, sin embargo ciertos factores como el envejecimiento fisiológico, oclusión y patologías pueden modificar la configuración de la misma, influyendo muchas veces en su tamaño, debido a la producción de dentina secundaria, terciaria y cemento.^{17,18}

La cavidad pulpar se divide en dos partes: cámara pulpar que se encuentra en la corona anatómica, y la pulpa radicular que se encuentra en la raíz del diente, ambas rodeadas totalmente por dentina que corresponde a un tejido conjuntivo especializado que contiene miles de túbulos que van desde pulpa dental hacia el esmalte en la corona y hacia el cemento en la raíz, cada uno con su propio proceso odontoblástico. Estos túbulos dentinarios constituyen del 20-30% del volumen de la dentina, y su diámetro es de aproximadamente 3µm cerca de la pulpa y menos de 1µm en la periferia. Un conducto radicular tiene forma de embudo y sus orificios se encuentran generalmente en la línea cervical y en la zona apical de la raíz. Otras características de esta estructura incluyen cuernos pulpares, curvaturas, conductos ovales, deltas apicales, conductos laterales y accesorios.^{12,18}

En la mayoría de los casos, la cantidad de conductos radiculares corresponde con el número de raíces, pero una raíz con forma ovalada puede tener más de un conducto. Los conductos laterales y accesorios se extienden desde la pulpa hasta el periodonto y se encuentran en el 73.5% del tiempo en el tercio apical, 11.4% en el tercio medio y 6.3% del tiempo en el tercio cervical de la raíz. Sirven como vía para el paso de irritantes,

principalmente desde la pulpa hasta el periodonto. Los conductos accesorios también pueden encontrarse en la bifurcación o trifurcación de los dientes multirradiculares, Vertucci, 1974. Los llamó conducto de furca (furcation canal), estos conductos pueden ser la causa de lesiones endodónticas primarias a nivel de furca de los dientes multirradiculares (Figura 1).^{18,19, 20}



Figura 1. Conducto de furca (señalado con la flecha). Tomado de Vertucci, F.¹⁸

Otro punto importante en cuanto a la anatomía es que casi todos los conductos son curvos. Tomes J. denominó tales curvaturas como dilaceraciones, lo cual se define como una angulación o curvatura pronunciada de la raíz en relación a su corona o al eje longitudinal del diente. Algunos autores, consideran que un diente tiene una dilaceración hacia mesial o distal, si hay un ángulo de 90 grados o más, mientras que otros definen la dilaceración como una desviación desde el eje normal del diente de 20° grados o más en la parte apical de la raíz; la presencia de estas curvaturas puede interferir en el procedimiento de preparación y desinfección del SCR pudiendo complicar gravemente el resultado del tratamiento.^{18, 21-26}

Al mismo tiempo, debe tomarse en cuenta el género y origen étnico de cada paciente, ya que nos puede guiar a determinar ciertas variaciones

morfológicas del SCR. Por su parte, Trope et al, encontraron que los pacientes de raza negra tienen un mayor número de conductos en premolares mandibulares (32,8% en primeros premolares y 7,8% en segundos premolares), que los pacientes de raza blanca (13,7% en primeros premolares y 2,8% de los segundos premolares). Otros autores indican una variación étnica significativa en la incidencia de molares en forma de C. Esta anatomía es mucho más común en molares inferiores de pacientes asiáticos, que en caucásicos. Investigaciones en Japón y China mostraron una incidencia del 31.5% de conductos en C. Haddad G. et al. encontraron una Tasa de 19.1% en sujetos libaneses.^{18, 27,28, 29, 30}

Añadido a lo anterior, junto con el diagnóstico y la planificación del tratamiento, el conocimiento de la morfología del sistema de conductos radiculares y sus diferentes variaciones determinan el éxito o fracaso del mismo, estudios han demostrado que la raíz con un conducto y un solo foramen constituyen más la excepción que la regla. Vertucci F. 2005, menciona, que el clínico debe tratar cada unidad dentaria asumiendo frecuentemente la presencia de una anatomía compleja (Figura 2).^{18, 23, 30}

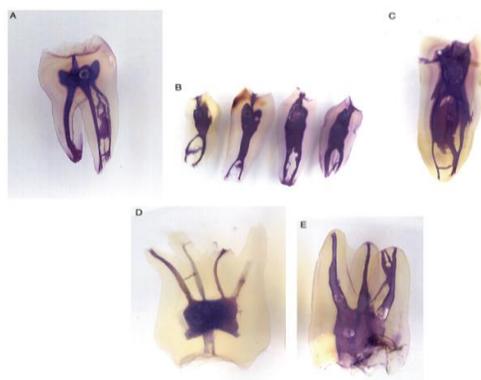


Figura 2. Diferentes variaciones anatómicas. (A) Segundo molar mandibular con tres conductos mesiales. (B) Premolares mandibulares con configuración tipo V de Vertucci. (C) premolares mandibulares con tres conductos (D) Segundo molar superior con dos conductos palatinos. (E) primer molar superior con dos conductos dividiéndose en tres en la raíz mesiobucal. Orificio del MV-2 cerca del orificio palatino. Tomado de Vertucci, F. 2005.¹⁸

Tercio Apical.

El conocimiento de la anatomía apical del sistema de conductos radiculares juega un papel muy importante para el entendimiento de los principios de la terapéutica endodóntica. La parte terminal del conducto radicular denominada ápice, así como también los tejidos que lo rodean, son el centro de mayor actividad y de mayor preocupación durante el tratamiento, debido a que en esta región lo normal es la irregularidad, inconstancia y multiplicidad.^{17, 31}

En el ápice radicular existen tres puntos de referencia anatómicos e histológicos, a saber, la constricción apical (CA), la unión cemento-dentinal (UCD) y el foramen apical (FA). La anatomía apical descrita por Kuttler, 1995, muestra el estrechamiento del conducto radicular desde los orificios de entrada hasta la constricción apical (CA), que en teoría, es la parte más angosta o de menor diámetro del conducto radicular y lugar donde termina la pulpa y comienza el periodonto, esta se encuentra generalmente entre 0.5-1mm del foramen apical y no es uniformemente redonda, sino que suele ser ovalada o irregular y se utiliza como punto de referencia para la terminación de los procedimientos de preparación, limpieza y obturación. La relevancia clínica de estos datos es que puede complicar dichos procedimientos y poner en riesgo el éxito del tratamiento.^{18, 31, 32}

Preparación Y Desinfección Del Sistema De Conductos Radiculares (SCR).

El éxito del tratamiento endodóntico depende de la erradicación de microorganismos y la prevención de la periodontitis apical. La preparación química mecánica del SCR que involucra no solo la conformación mediante el uso de instrumentos manuales y rotatorios sino también la desinfección bajo irrigación constante para eliminar tejido Pulpar necrótico, vital, endotoxinas y barrillo dentinario.^{3,4}

Preparación Mecánica.

Cual sea la técnica de preparación elegida para el tratamiento endodóntico, el objetivo principal es la eliminación de restos pulpares y/o bacterias presentes en el conducto radicular, para esto se debe conseguir una conicidad suficiente y adecuada para la aplicación y reemplazó de soluciones irrigadoras que faciliten la limpieza del tercio apical.^{17, 33}

Existe una relación importante entre la instrumentación y la efectividad de riego, el tamaño apical ha sido crucial para definir el desbridamiento exitoso del sistema de conductos radiculares. La penetración del irrigante en el tercio apical y la eliminación de restos dependen del tamaño final del instrumento utilizado, el cual debe ser al menos tres diámetros mayor a la primera lima que ajusta en apical, la cual se ha relacionado con el tamaño apical inicial según varios estudios. Particularmente en los casos infectados, los conductos radiculares deben prepararse en apical a tamaños más grandes que los normalmente recomendados, por lo menos, seis tamaños por encima de la primera lima que hace ajuste en apical. Es decir, que la eliminación de desechos parece depender más del diámetro del conducto radicular que del tipo de solución utilizada, es por ello que el tamaño y la forma del conducto son de vital importancia para la penetración del irrigante.^{32, 34, 35, 36}

En sentido contrario a lo expresado, un estudio prospectivo aleatorizado informó sobre los efectos del tamaño de la preparación apical en relación con el primer instrumento que hace ajuste apical y refiere que la tasa de curación de la periodontitis apical fue del 48% (2 tamaños más grandes), 71% (3 tamaños), 80% (4 tamaños), 85% (5 tamaños) y 92% (6 tamaños). Sin embargo, el análisis estadístico reveló que solo 2 tallas más grandes mostraron una mejora significativamente menor que las otras, no se observaron diferencias significativas en el resto de los grupos, y los autores concluyeron que la ampliación del conducto a 3 tamaños más grandes es

adecuada y que una ampliación mayor no proporciona ningún beneficio adicional durante el tratamiento endodóntico.³⁷

Ahora bien, se requiere una instrumentación adecuada, combinada con un riego eficaz para lograr una desinfección suficiente durante el tratamiento endodóntico, autores han demostrado que las técnicas de instrumentación del conducto radicular por sí solas dejan grandes porciones de las paredes del conducto sin instrumentar. Un enfoque para superar esta limitación es aumentar el tamaño de la preparación apical, estudios han sugerido la instrumentación hasta un tamaño N° 50 o más, sin embargo, la ampliación apical de conductos curvos a tamaños superiores a la N° 40 con el mantenimiento de la ruta original del conducto radicular no siempre es clínicamente accesible. Aun cuando, este enfoque eliminará la dentina más contaminada y permitirá una mejor penetración del irrigante en el tercio apical, también predispondrá a un riesgo de extrusión, transporte apical y debilitamiento de la estructura dental.^{4, 38, 39, 40}

Añadido a lo anterior, autores refieren que las preparaciones apicales grandes aumentan las posibilidades de que el instrumento toque más superficies de la pared del conducto y, por lo tanto, sean más efectivas para eliminar el biofilm adherido y la dentina infectada. Además, cuanto mayor es la preparación, mayor es la probabilidad de incorporar irregularidades anatómicas. La eficacia mecánica y química del riego también se incrementa porque las preparaciones grandes permiten una penetración más profunda de la aguja de irrigación, un mayor volumen y mejor intercambio de irrigante en el segmento apical. Es importante señalar que la preparación del conducto radicular debe ser lo suficientemente grande en el segmento apical para aumentar la limpieza y la desinfección y, al mismo tiempo, debe ser compatible con la anatomía de la raíz para evitar accidentes y no poner en riesgo el diente a tratar.⁴¹

Brunson M. et al. Determinaron que el aumento en el tamaño de la preparación apical resulta en un incremento estadísticamente significativo del volumen del flujo de irrigación, utilizando el sistema de irrigación negativa EndoVac, donde encontraron que el aumento en el tamaño de un instrumento ISO #35 a ISO #40 dio un resultado en porcentaje de ganancia con relación al volumen de flujo de irrigación de un 44%, mientras que en un aumento de tamaño desde un instrumento #40 a #45 dio como resultado un porcentaje de ganancia de aproximadamente 4%. A su vez el aumento de la conicidad de 0.02 a 0.08 resulto en un incremento en el volumen, consiguiendo un mayor porcentaje de ganancia de 74% entre 40.02 a 40.04 desde 40.04 a 40.06 de un 5,4% y desde un 40.06 a 40.08 de un 2,4%. En general, los resultados mostraron que con una preparación ISO a #40 con conicidad de 0.04 parece conservar el equilibrio en la preservación del tejido y en el volumen de la irrigación en el tercio apical. A pesar de dichos resultados, los mismos no deben llevarse a cabo como regla general en todos los casos, ya que, el aumento del tamaño de preparación apical podría ser difícil o incluso poco factible en conductos estrechos y curvos, pudiendo provocar transportación del SCR y perforaciones apicales (Figura 3).³

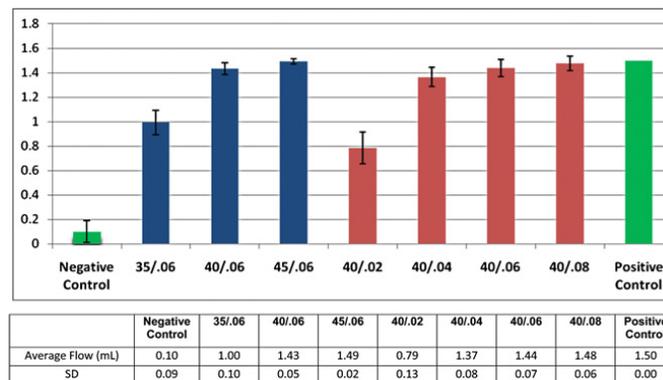


Figura 3. Gráfico que demuestra el volumen del irrigante en el tercio apical. Tamaño apical (Azul) y Conicidad (Rojo). Tomado de Brunson M, et al.³

Desinfección Química.

La instrumentación solo podrá eliminar parte del contenido presente en el conducto radicular, ya que los instrumentos no tienen la capacidad de alcanzar todas las irregularidades del mismo, es por esta razón que la desinfección mediante la irrigación es un complemento fundamental durante la preparación del SCR y debe emplearse durante todas las etapas del tratamiento endodóntico, mediante la introducción de una o más soluciones en los conductos radiculares; se ha aceptado que la irrigación del conducto radicular promueve la eliminación del 30-50% de la biopelícula bacteriana de las paredes de conducto que no fueron tocadas durante la preparación. No existe una única solución de irrigación que por sí sola cubra suficientemente todas las funciones que se requieren de un irrigante, es por ello que una irrigación óptima se basa en la combinación de dos o varias soluciones de irrigación, con una secuencia específica, para cumplir con los objetivos de una irrigación segura y eficaz, los irrigantes químicamente activos se usan comúnmente para estos fines.^{1, 2, 3, 4, 17, 42, 43}

Objetivos de la Irrigación en Endodoncia

Los objetivos de la irrigación en Endodoncia son mecánicos, químicos y biológicos. Los objetivos mecánicos y químicos incluyen lo siguiente.⁴⁴

- a) Eliminar restos por arrastre.
- b) Lubricar el conducto.
- c) Disolver tejido orgánico.
- d) Previene la formación de una capa de barrillo dentinario durante la instrumentación.
- e) Acción blanqueadora.

Por otra parte, la función biológica de los irrigantes se ha relacionado con su efecto antimicrobiano, más específicamente.⁴⁴

- a) Alta eficacia contra microorganismos planctónicos anaeróbios y facultativos, y los organizados en biofilm.
- b) Capacidad para inactivar endotoxinas.

Características de una solución irrigadora ideal

El irrigador endodóntico ideal debería poseer las siguientes características.³⁹

1. Germicida y fungicida.
2. No ser irritante para los tejidos periapicales.
3. Tener efecto antimicrobiano prolongado y tener efecto antibacteriano sostenido tras el uso.
4. Tener baja tensión superficial.
5. Poder desinfectar la dentina y sus túbulos.
6. No perder su efectividad en presencia de sangre, suero y derivados proteicos de tejido.
7. Tener efecto antimicrobiano prolongado y tener efecto antibacteriano sostenido tras el uso.
8. Ser capaz de eliminar por completo la capa de barrillo dentinario.
9. No debe interferir con la reparación de los tejidos periapicales.
10. No manchar la estructura del diente.
11. No debe inducir una respuesta inmune celular.
12. No debe ser antigénico, tóxico o carcinogénico para las células de los tejidos que rodean al diente.
13. No debe tener efectos adversos sobre las propiedades físicas de la dentina expuesta.
14. No debe tener efectos adversos sobre la capacidad selladora de los materiales de obturación.
15. De Costo relativamente Económico.

El irrigante que cumple con la mayor cantidad de propiedades ideales de una solución irrigadora es el NaOCl, siendo el de elección para la terapéutica

endodóntica, ya que posee alta capacidad antimicrobiana contra esporas, virus y hongos, que viene dada por la acción del ácido hipocloroso por la liberación del gas cloro, por lo tanto la actividad antimicrobiana es mayor si el porcentaje de ácido hipocloroso es más alto ya que interrumpe algunas de las funciones vitales de las células. Tiene baja tensión superficial lo que aumenta su capacidad de difusión. Sin embargo, el NaOCl a pesar de poseer excelentes propiedades, presenta también algunas desventajas, entre ellas, sabor desagradable, altamente irritante si se extruye a los tejidos periapicales, citotóxico y no elimina la capa de barillo dentinario, lo cual es esencial para la eliminación de toxinas y microflora presente, que puedan influir en el éxito del tratamiento.^{4, 6, 43, 44, 45}

La capacidad disolvente del NaOCl yace en su concentración que varía de de un 0,5% hasta 6%. Harrison y Hand, demostraron que la dilución del NaOCl dio como resultado una disminución de su capacidad para disolver el tejido necrótico. Lo cual puede contrarrestarse usando mayor volumen de la solución, ya que existe un intercambio frecuente y por la presencia del irrigante por largos periodos de tiempo dentro del conducto radicular. De tal modo, existe un consenso general de que para que una solución ejerza su actividad disolvente o antiséptica, debe ponerse en contacto directo con el sustrato y mantener su actividad durante un período de tiempo suficiente. Otros de los factores a tomar en cuenta son el volumen, temperatura y tiempo de contacto sobre el área de superficie del tejido expuesto; La presencia de materia orgánica (exudado inflamatorio, restos de tejido, microorganismos y biofilm) disminuye su efecto y hace que el cloro, elemento responsable de la disolución del tejido y la acción antimicrobiana de la solución, se consuma rápidamente en la primera fase de disolución del tejido, aproximadamente a los 2 min. Por lo tanto se indica la reposición regular y a grandes volúmenes.^{39, 44, 46, 47, 48, 49,50, 51, 52}

Considerando lo anterior, Walton, R. et al. declararon que "quizás el factor más importante es el sistema de administración y no la solución de irrigación per se". Además, se encontró que el volumen es más importante que la concentración o el tipo de irrigante.^{53, 54, 55}

Ahora bien, existen además del NaOCl otros irrigantes que ayudan a la desinfección del SCR, como lo son la clorhexidina (CHX), y el ácido etilendiamintetracético (EDTA). La limpieza completa del SCR requiere el uso de irrigantes que disuelvan tanto el material orgánico como inorgánico, es por esta razón que para lograr una desinfección eficaz se deben usar otras sustancias para completar la eliminación de la capa de frotis y los restos de dentina, dado que el NaOCl solo actúa contra materia orgánica.^{1, 39}

- *Gluconato de Clorhexidina (CHX):*

El Gluconato de Clorhexidina es un agente antimicrobiano de amplio espectro, activo contra bacterias grampositivas, gramnegativas y levaduras, según su concentración puede tener efectos bacteriostáticos y bactericidas. Es ampliamente recomendado para la desinfección del SCR, cuando se usa como irrigante o medicación, siendo efectivo contra cepas bacterianas resistentes al NaOCl, tiene efecto de sustantividad antibacteriana en dentina hasta por 12 semanas, la biocompatibilidad de CHX es aceptable y tiene bajo grado de toxicidad, sin embargo, no posee la capacidad de disolver tejidos, lo que puede ser un inconveniente para su uso clínico.⁵⁶

Es importante recalcar que la interacción entre la CHX y el NaOCl produce la formación de un precipitado citotóxico, la paracloroanilina (PCA), que causa cambios de color y que puede interferir en el sellado tridimensional durante el proceso de obturación del SCR, (Figura. 4) por lo que deben usarse soluciones intermedias para remover por completo el NaOCl antes de introducir la CHX.^{39, 56}



Figura 4. Precipitado anaranjado formado por la mezcla de clorhexidina con hipoclorito de sodio. (PCA). Tomado de Haapasalo M. et al. ³⁹

- *Acido etilendiaminotetracetico (EDTA):*

Los quelantes son sustancias acidas que sustraen iones de calcio de la dentina, con lo que la reblandecen y favorecen la limpieza de las paredes y su instrumentación. El acido etilendiaminotetracetico disuelve eficazmente el material inorgánico, incluida la hidroxiapatita, tienen poco o ningún efecto sobre el tejido orgánico y no posee actividad antibacteriana. El EDTA se usa más comúnmente como una solución neutralizada al 17%, pero algunos informes indican que las soluciones con concentraciones más bajas como 10%, 5% e incluso 1%, eliminan de igual forma la capa difusa después de la irrigación con NaOCl. Debe utilizarse durante 2 a 3 minutos al final de la instrumentación y después de la irrigación con NaOCl. La eliminación de la capa de frotis por EDTA mejora el efecto antibacteriano de los agentes desinfectantes usados localmente en las capas más profundas de la dentina.^{17, 44}

Vapor Lock.

Otro factor que influye en el éxito de la irrigación es el nivel de penetración del irrigante hasta el tercio apical, el cual puede verse afectado por la formación de vapor lock, También llamada Burbuja de aire, término propuesto por Bankoff, como un criterio cuantitativo de atrapamiento de gas. El sistema de conductos radiculares se comporta como un canal cerrado en su extremo apical por lo que se forma un gas debido a la mezcla de amonio y dióxido de carbono, proveniente de la reacción entre de NaOCl con los tejidos orgánicos del conducto radicular, ayudando a fomentar la producción de burbujas (Figura 5).^{4,6,48,49}



Figura 5. Presencia de Vapor Lock en tercio apical. Tomado de De Gregorio C. et al.⁴

Tay, F. et al, 2010. Demostraron recientemente que la presencia de un bloqueo apical por vapor lock afecta adversamente la eficacia de la desinfección cuando se realiza irrigación por presión positiva. Una opción viable para conseguir que el irrigante alcance el tercio apical es la utilización de una “lima de pasaje” o lima de permeabilidad apical, lo cual, consiste en pasar una lima K de bajo calibre (#10), flexible, de forma pasiva, 1mm mas allá de la longitud de trabajo sin agrandar la constricción apical, acompañado de sistemas de irrigación ultrasónica pasiva.^{4,6,57,58}

Activación del Irrigante.

La efectividad de la irrigación es asegurada solamente cuando el irrigante entra en contacto con todo el SCR. Algunos dispositivos de agitación y sistemas de dispensación desarrollaron una mejor distribución del irrigante a través de todo el conducto, mejorando la desinfección del mismo. Por ello es beneficioso agitar el irrigante después de la irrigación pasiva, independientemente del nivel de inserción de la aguja, el volumen usado de la solución irrigadora o la conicidad de preparación apical.⁵⁹

Añadido a lo anterior, existen varios sistemas que mejoran la acción de la irrigación, como lo son el sistema de activación sónica y ultrasónica. Los sistemas de activación sónica producen vibraciones oscilatorias con una frecuencia entre 1-6Khz, donde la corriente se concentra alrededor de la punta del instrumento, mientras que los sistemas de irrigación ultrasónico producen vibraciones transversas y trabajan con una frecuencia más alta entre 25-40Khz y se activan por las ondas acústicas, produciendo efectos hidrodinámicos, estos agitan la solución irrigadora contra las paredes del conducto favoreciendo su limpieza (Figura 6). Ambos sistemas han demostrado su eficacia, pero la activación ultrasónica es considerablemente mayor dada a su elevada intensidad. Otro sistema de activación utilizado en la práctica endodóntica, es la agitación manual, método más simple para agitar el irrigante dentro del conducto radicular, el cual consiste en introducir un instrumento dentro del conducto con una acción reciproca. Tal agitación del irrigante puede realizarse usando limas manuales, agujas de irrigación o conos de gutapercha bien ajustados en el conducto previamente instrumentado, con movimientos suaves de entrada y salida de aproximadamente de 2mm, algunos autores indican que este tipo de irrigación puede producir un efecto hidrodinámico y mejora el desplazamiento

e intercambio de los irrigantes apicalmente en comparación con la irrigación estática o pasiva.^{6, 12, 59, 60}



Figura 6. Activación Ultrasónica. Tomado de Gulabivala et al.¹²

Métodos de Dispersión del Irrigación.

El irrigante puede ser dispensado dentro del conducto radicular mediante una jeringa (manual) o usando dispositivos disponibles comercialmente (automático), de tal modo los métodos de irrigación se clasifican como presión positiva y presión negativa, de acuerdo con el modo de entrega. En técnicas de presión negativa, el irrigante se entrega pasivamente cerca del orificio del conducto y una punta de succión (presión negativa) colocado en el interior del conducto radicular crea presión y hace que el irrigante fluya desde el orificio de entrada del conducto hacia el ápice, donde es evacuada; en la técnica de presión positiva, el flujo del irrigante es llevado al interior de conducto radicular mediante un dispositivo a presión (jeringa) y una aguja de metal de diferentes calibres y diseños en su punta, siendo este un método eficiente de administración durante la irrigación.^{12, 61}

A pesar de los numerosos estudios sobre las ventajas de los irrigantes y la activación ultrasónica, la utilización de estas jeringas para la irrigación y la elección de la aguja apropiada es un factor relevante, debido a que no

importa la eficacia del irrigante si este no alcanza todo el SCR, ya que no podría realizar una desinfección eficaz.^{1, 2, 3, 4, 5, 39, 62}

Las jeringas de plástico se encuentran de diferentes tamaños (1-20 ml) (Figura 7). Estudios indican que las jeringas de mayor capacidad (10cc) requieren una mayor fuerza para mover el émbolo, por lo tanto existe menor control del procedimiento, así mismo, requieren una recarga menos frecuente y el volumen entregado es mayor. Por otro lado, las jeringas de 5ml a diferencia de las de mayor capacidad requieren menor fuerza consecuentemente, menor presión para dispensar el irrigante dentro del conducto radicular, sin embargo es necesario llenarlas cada dos riegos en promedio. Esta jeringa combina la capacidad adecuada con la mínima dificultad de uso.^{39, 51}



Figura 7. Jeringas de Irrigación. Tomado de Haapasalo M, et al.³⁹

El diámetro y profundidad de colocación de la aguja, el diseño de la punta de la aguja, el flujo de irrigación y el patrón de flujo, pueden afectar la efectividad del riego y la extrusión del irrigante a los tejidos periapicales. Una

mejor comprensión de las interacciones entre estos factores podría eventualmente conducir a una mayor efectividad de la irrigación del conducto radicular durante la terapia de endodoncia.^{5, 44, 51, 63, 64}

Agujas De Irrigación.

El tipo de aguja utilizada tiene un efecto significativo en el patrón de flujo formado dentro del conducto radicular, mientras que la profundidad de inserción y tamaño de la aguja o la forma cónica del conducto radicular preparado, sólo tienen una influencia limitada.⁶¹

Actualmente existe una gran variedad de agujas, las cuales se diferencian principalmente por la presencia de un extremo abierto y/o cerrado. Las agujas de irrigación endodónticas clásicas tienen un extremo abierto con una variedad de modificaciones en la punta, pudiendo ser biseladas, planas o con muescas. Las agujas de irrigación endodóntica de extremo cerrado, se caracterizan por presentar una punta redondeada con un orificio lateral, doble ventilación lateral y multi-ventilación lateral (Endo Vac) (Figura 8), lo que permite que la presión sea transmitida lateralmente. También pueden encontrarse de diferentes gauges o tamaños, entre ellos, 21, 23, 25, 27 Y 30, los cuales presentan un diámetro externo respectivamente de 0.8, 0.6, 0.5, 0.4 y 0.3 mm.^{5, 10, 11, 16}

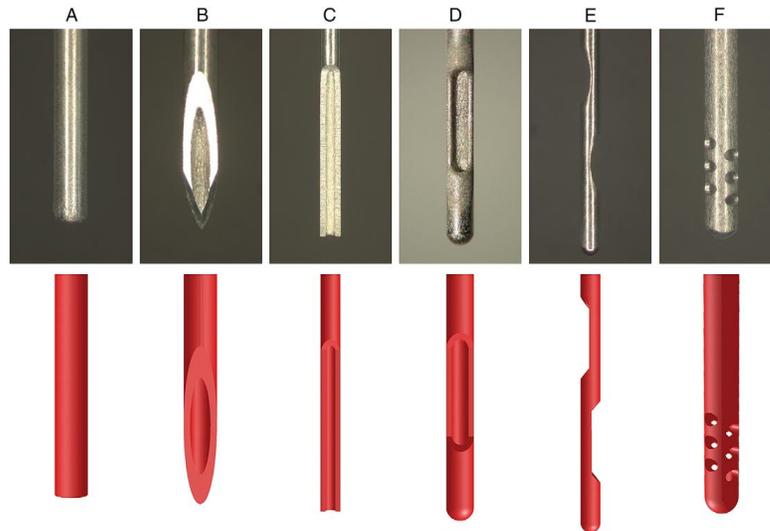


Figura 8. Agujas 30-G disponibles comercialmente utilizadas como referencia (arriba) y modelos tridimensionales correspondientes (abajo). **(AC) Agujas de extremo abierto:** (A) planas (NaviTip; Ultradent, South Jordan, UT), (B) biseladas (PrecisionGlide Needle; Becton Dickinson & Co, Franklin Lakes, NJ) y (C) con muescas (aplicación Punta de la aguja de irrigación de Vac; Vista Dental, Racine, WI). **(DF) Agujas de extremo cerrado:** (D) ventilación lateral (Kerr Hawe Irrigation Probe; Kerr Hawe SA, Bioggio, Suiza), (E) doble ventilación lateral (Endo-Irrigation Needle; Transcodent, Neumu"ster, Alemania) y (F) múltiple ventilación (microcánula EndoVac, Discus Dental, Culver City, CA). Tomado de Boutsoukias C, et al.¹⁶

Las agujas de calibre 23 y 25G eran ampliamente utilizadas antes del siglo XX, actualmente las agujas de menor diámetro entre 27-30G son las más recomendadas para la irrigación durante el tratamiento endodóntico, debido a la capacidad de penetrar hasta la LT, facilitando un mejor intercambio del irrigante y una mejor desinfección, así como también, tienen la ventaja de poder doblarse siguiendo la curvatura del conducto radicular permitiendo que la solución irrigadora alcance toda la longitud del mismo. Estudios sugieren que para que el riego sea eficaz, se requiere que la aguja se coloque cerca de la región apical. El uso de agujas de mayor tamaño disminuye el espacio disponible para el flujo inverso del irrigante entre la aguja y la pared del conducto, asociándose a un aumento de la presión apical.^{1,5,10,11,12,14,61,62,65}

Por otro lado, independientemente del diseño, la aguja debe encontrarse de forma pasiva dentro del conducto y no trabarse en las paredes, ya que puede

producir mayor presión sobre el irrigante, pudiendo extruir el mismo a los tejidos periapicales. Desde un punto de vista práctico, el movimiento dinámico de la aguja dentro del conducto radicular causara la activación hidrodinámica del irrigante, previene la extrusión, desplaza coronalmente los residuos y ayuda a impedir que la aguja se atasque o se bloquee dentro del conducto radicular, así como también, ayuda a disminuir la formación de burbujas de aire permitiendo así, el flujo del irrigante en toda la longitud del conducto.^{1, 5, 10, 11, 14, 59, 61, 65}

La importancia central para la dispersión del irrigante es el tamaño y el diseño de la aguja. Los diámetros dI interno y dE externo son expresados usualmente en términos de tamaños de calibre estándar, (Figura 9). Los diámetros interno y externo de la aguja disminuyen a medida que el número de calibre aumenta. La unidad de medida designada a las agujas es el gauge (G), el cual no puede extrapolarse a la práctica clínica con facilidad, incluso si el clínico conoce el tamaño adecuado de la aguja para un tratamiento de conducto, sigue existiendo una dificultad para distinguir los diferentes tamaños. No existe un sistema de codificación de colores universalmente aceptado para las agujas. Sería ventajosa una codificación que se asemejara a la codificación de colores de los instrumentos correspondientes.^{12, 66}

Gauge size	Designated metric size (mm)	Range of external diameters (mm)		Internal diameter (mm)
		Min	Max	Min
21	0.8	0.800	0.830	0.490
23	0.6	0.600	0.673	0.317
25	0.5	0.500	0.530	0.232
27	0.4	0.400	0.420	0.184
30	0.3	0.298	0.320	0.133

Figura 9. Especificaciones de agujas médicas de acero inoxidable según ISO 9626: 1991 / Amd.1: 2001 (ISO 9626 2001). Tomado de Boutsoukis, C. et al.⁶⁶

Por otra parte, el conocimiento exacto del diámetro externo de la punta de la aguja es crucial para la selección del tamaño de la misma durante el tratamiento de conducto radicular. Dicha información es confusa, ya que el tamaño de las agujas no son comparables con el tamaño de los instrumentos endodónticos, debido a que estos están fabricados bajo los estándares universalmente aceptados de normativa ISO 9626 1991, 2001; hasta el momento no existe información disponible sobre el cumplimiento de estas especificaciones para las agujas dentales y médicas.⁶⁶

Boutsioukis, C. et al. realizaron un estudio a través de escaneo de microscopía electrónica y estereoscópica, donde determinaron el grado de desviación según la especificación ISO de las agujas de irrigación, obteniendo como resultado que ninguna de las agujas examinadas cumplió con la normativa, sin embargo, todas se encontraban dentro de los parámetros establecidos, donde, el tamaño designado para el diámetro externo de la aguja utilizada en endodoncia, generalmente coincide con el diámetro externo mínimo aceptado. En el estudio, cada valor se comparó directamente con los límites de tolerancia ISO (ISO 9626 2001). No se encontró aguja que exceda estos límites. Aunque el estándar ISO se refiere solo al acabado de la superficie externa y no hace referencia a la morfología interna de la superficie, en este estudio se observó que el diámetro interno a pesar de ser menor, es adecuado para el flujo de irrigación, siendo el diámetro interno el que determina la cantidad de flujo a través de la aguja. No se encontró ninguna aguja que viole el diámetro interno mínimo necesario.⁶⁶

Agujas De Extremo Cerrado.

Las agujas de salida lateral y extremo cerrado se caracterizan por presentar una punta redondeada, ventilación lateral, doble ventilación lateral y multi-ventilación lateral (Endo Vac) (Figura 10), estos tipos de agujas se han propuesto para mejorar la activación hidrodinámica del irrigante y reducir la

probabilidad de extrusión apical, ya que están diseñadas para dispensar el irrigante a través de su extremo más distal o lateralmente, dirigido hacia la pared del conducto en lugar del ápice, es decir, que la corriente del irrigante se forma en la salida lateral a 2mm de la punta de la aguja y se dirige hacia apical siguiendo una ruta curvada alrededor de la punta con sentido antihorario hacia coronal (Figura 11).^{5,8,16,65,67}

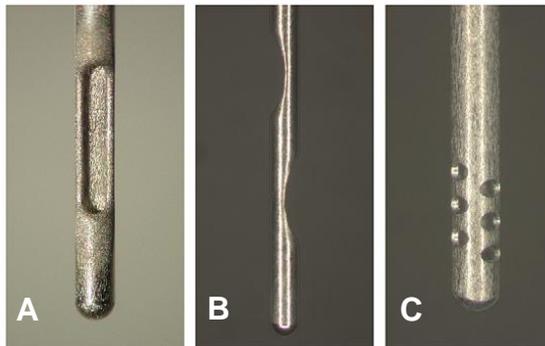


Figura 10. Parte de la aguja de extremo cerrado con: A. ventilación lateral, B: doble ventilación y C: múltiple ventilación. Tomado de Boutsoiukis C. et al.¹⁶



Figura 11. Trayectoria del flujo de irrigacion. Tomado de Boutsoiukis C. et al.⁶⁷

Entre las recomendaciones actuales del protocolo de irrigación de algunos autores, sugieren que las agujas de calibre pequeño con un diseño de salida lateral y extremo cerrado sean colocadas en el tercio apical o incluso a 1mm de la LT para conseguir un desbridamiento óptimo de la zona, ya que el reemplazo del irrigante en estas agujas se limita entre 1 a 1,5 mm de la punta de la misma hasta el ápice. Se considera que el uso de una aguja con ventilación lateral de extremo cerrado es el diseño de aguja más seguro durante la irrigación.^{1,10,16, 59, 61,66}

Así mismo, Gao Y. et al. en el 2009, realizaron un estudio in vitro utilizando el modelo computacional de fluidos, el cual mostro que el irrigante solo alcanza una distancia limitada mas allá de la punta de la aguja en conductos curvos simulados, lo que sugiere que la proximidad de la aguja de irrigación al ápice podría desempeñar un papel importante en la eliminación de desechos, a su vez, la velocidad del irrigante en la pared del conducto es considerada un factor altamente significativo para determinar el reemplazo del irrigante en ciertas partes del conducto radicular, por lo tanto afecta directamente en la efectividad del riego. El DCF midió la velocidad del irrigante en la pared del conducto que da hacia la muesca lateral de la aguja y mostro que esta fue mayor que en la pared opuesta, un estudio anterior también mostró que la superficie del conducto radicular frente a la abertura del lado abierto de la aguja era significativamente más limpia que el lado opuesto (Figura 12).^{68, 69}

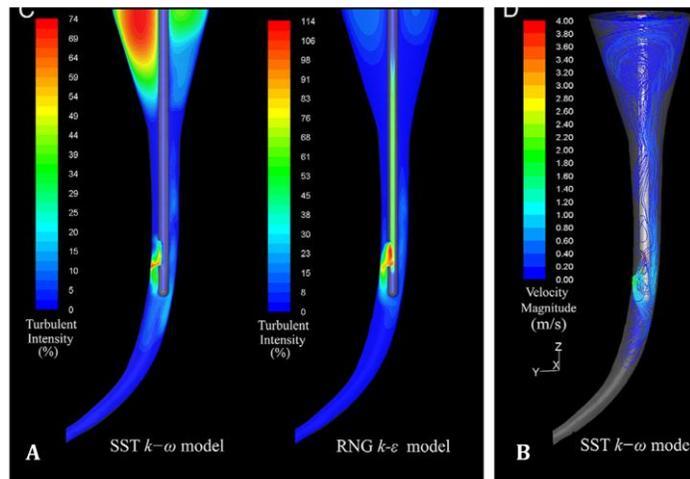


Figura 12. Modelo in vitro y DFC de irrigación del conducto radicular. (A) La imagen codificada por colores muestra la intensidad de distribución turbulenta de los modelos de SST $k-u$ y RNG $k-e$. El modelo SST $k-u$ muestra un flujo transitorio y turbulento alrededor de la ventilación lateral y en frente de la punta de la aguja y el flujo laminar en la luz de la aguja. (B) La línea de corriente dentro del canal fue codificada por color de acuerdo con la magnitud de velocidad (m/s) en el modelo de turbulencia SST $k-u$. La línea de flujo proporciona visualización del flujo de irrigación y ayuda a predecir el intercambio de irrigante del conducto radicular. Tomado de Gao Y. et al.⁶⁸

Por otra parte, estudios refieren que las agujas de salida lateral y extremo cerrado parecen ser menos eficientes en términos de reemplazo comparadas con las agujas de extremo abierto, sin embargo, dentro del grupo de extremo cerrado, la aguja con ventilación lateral fue ligeramente más eficiente que la de doble ventilación, observándose poco flujo apical a su punta y el efecto cortante se concentro en un área limitada, lo que indica que la segunda salida de la aguja con doble ventilación lateral solo afectó ligeramente el rendimiento general y no pareció proporcionar ninguna ventaja.¹⁶

La tensión de fricción que se produce entre el irrigante que fluye y la pared del conducto se denomina "tensión de cizalla". Esta fuerza es relevante en la irrigación del SCR, ya que tiende a separar el biofilm microbiano de la pared del conducto. Actualmente, no hay datos cuantitativos sobre el esfuerzo de corte mínimo requerido para la eliminación de la biopelícula microbiana, sin embargo, la naturaleza de la tensión de cizallamiento producida dentro de los conductos radiculares durante el riego proporciona una indicación de la eficacia del desbridamiento mecánico.⁶¹

Adicionalmente, la tensión de corte en la pared del conducto presenta diferencias según la posición de la aguja, es decir, que el área donde se genera una tensión de cizalla máxima, es más arriba de la punta de la aguja justo hacia la pared que está orientada la salida de la misma, mientras que el menor esfuerzo cortante ocurrió en las aéreas hacia apical y coronal de la pared. Por otra parte, como se observó en los resultados del estudio de Wang, R. et al. La tensión de corte es ligeramente menor en la superficie opuesta a la salida, en consecuencia, es necesario mover la aguja dentro del conducto radicular durante la irrigación para conseguir un mayor efecto de desinfección en todas las paredes del conducto radicular, esto no solo brinda beneficios para el conducto principal sino que también puede contribuir a la limpieza de los conductos laterales (Figura 13).^{61, 70}

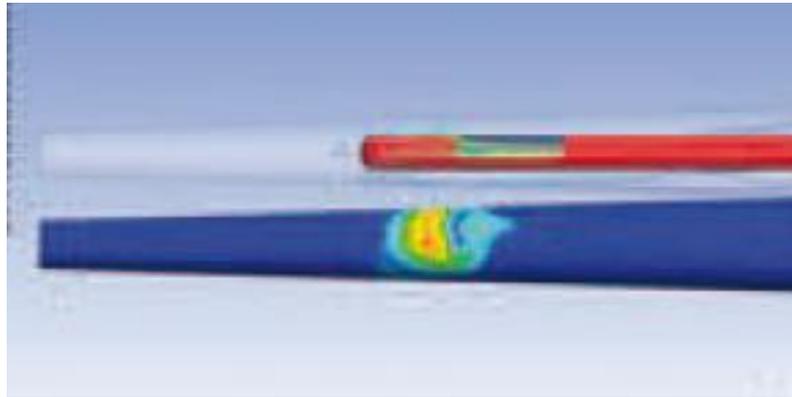


Figura 13. Tensión de Corte o cizalla. Tomado de Kishen, A.⁶¹

Agujas De Extremo Abierto.

Las agujas de extremo abierto pueden ser planas, biseladas o con muescas, (Figura 14), tienen la capacidad de reemplazar completamente el irrigante ya que el flujo del mismo es muy intenso y se extiende hacia apical a lo largo del conducto radicular. Dependiendo de la geometría del conducto y de la profundidad de inserción de la aguja, el flujo inverso de la irrigación ocurre cerca de la punta de la aguja hacia apical, por tal motivo se recomienda que en preparaciones de tamaño 30-35 con conicidad 0.04 o 0.06 se debe colocar la aguja entre 2 o 3mm de la LT, para asegurar una irrigación adecuada, reduciendo el riesgo de extrusión del irrigante a los tejidos periapicales, debido a la presión que producen estas agujas durante la irrigación, así como también, evitar el atascamiento de la aguja en las paredes del conducto.^{11, 61, 65, 71, 72}



Figura 14. Agujas de extremo abierto. (A) Plana. (B) Biselada (C) Con muesca o salida lateral. Tomado de Gulabivala et al.¹²

Ahora bien, en el estudio realizado por Boutsoukis, C. et al. Utilizaron como referencia 3 agujas de extremo abierto (Planas, biseladas y con muescas) y 3 agujas de extremo cerrado (ventilación lateral, doble ventilación lateral y multi- ventilación lateral (Endo Vac), todas disponibles en el mercado. De las agujas abiertas, la plana y la biselada presentaban un flujo de irrigación alto, pero para la aguja con muescas la velocidad de flujo fue ligeramente inferior. El reemplazó del irrigante se extendió más de 2 mm de la punta de las agujas abiertas hacia apical, mientras que en las agujas de extremo cerrado se limitó entre 1 a 1,5 mm de la punta de esta.¹⁶

Šnjarić, D et al. en un estudio ex vivo donde compararon diferentes tipos de agujas, mediante un analisis DCF, demostraron que las agujas de extremo abierto con salida lateral presentan una corriente notable dirigida hacia apical y ligeramente inclinada, correspondiente a la posición de la abertura de la aguja, a pesar de que la aguja abierta muestra una mayor penetración del irrigante comparada con la de extremo cerrado, no existió movimiento de fluido en el tercio apical, mostrando un reemplazo ineficiente del irrigante con una penetración de la aguja de irrigación a nivel cervical (25% de LT) y tercio medio (50% de LT). Sin embargo, a una profundidad de 75% el patrón de

flujo mostró un reemplazo potencialmente eficiente, el patrón de flujo de la aguja abierta con Bisel (Hipodérmica) fue similar al de la aguja de extremo abierto y salida lateral, la diferencia fue un poco mas de velocidad y movimiento del fluido en forma de vórtice (Figura 15).⁷²

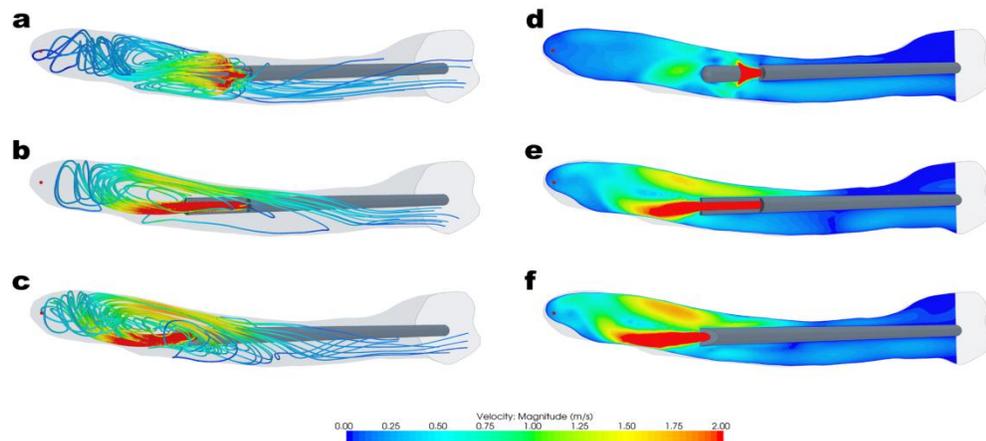


Figura 15. Visualización del patrón de flujo de irrigación y distribución de velocidad en el conducto radicular. Tres agujas diferentes (A, D - extremo cerrado lateral, B, E - extremo abierto, C, F - extremo abierto) posicionadas al 75% de la WL con 0.3 ml/s de caudal de irrigación. Los puntos rojos representan la velocidad. Las líneas de flujo (A-C) que indican la ruta de las partículas liberadas desde la abertura de la aguja y los contornos correspondientes (D-F) están codificados por colores de acuerdo con la magnitud de la velocidad (m/s). Tomado de Šnjarić D. et al.⁷²

Por otra parte, la tensión de corte en la pared del conducto fue similar entre la aguja plana, biselada y con muescas. No se observó ninguna ventaja significativa de la aguja con muescas o biselada sobre la aguja plana. Además, la punta de la aguja biselada presenta riesgos significativos de lesionar tanto al paciente como al dentista combinado con una mayor posibilidad de atascamiento dentro del conducto radicular.^{15, 16, 34}

En un estudio realizado por Park, E, et al. encontraron que la aguja de dispersión lateral abierta de calibre 30 fue capaz de lograr casi 1 mm más de aclaramiento de colorante que la punta de aguja de extremo cerrado del

mismo calibre, pero la eficacia del riego debe ser balanceado con las consideraciones de seguridad del paciente, y la duración absoluta del reabastecimiento del irrigante, no puede ser el único factor para elegir una punta de aguja de riego.⁶⁵

El diseño de la punta de la aguja de irrigación influye en el patrón de flujo, la velocidad del flujo y la presión hacia la pared apical, todos, parámetros importantes para la efectividad y la seguridad del riego. La dinámica de fluidos computacional puede ser una herramienta valiosa para evaluar las implicaciones del diseño de la punta de la aguja en estos parámetros.⁵

Presión De Irrigación.

El diámetro interno determina la presión necesaria para mover el émbolo de la jeringa y la velocidad con la cual sale el irrigante. Las agujas finas requieren más presión sobre el émbolo y el irrigante sale con mayor velocidad que en las agujas de mayor tamaño, en las cuales sale mayor cantidad de irrigante, pero no se pueden introducir a tanta profundidad. La aguja StropkoFlexi-Tip (calibre 30) es fabricada de níquel-titanio (NiTi) para mejorar la penetración en conductos radiculares curvos.^{44, 51}

Flujo De Irrigación.

La tasa de flujo es considerada un factor altamente significativo para determinar el patrón de flujo en la dinámica de fluidos, y se ha demostrado que influye en el reemplazo del irrigante. La investigación endodóntica existente reporta un rango amplio de tasas de flujo de irrigación desde 0.03 mls-1 a 1.27 mls-1 y se encuentra influenciada por el operador, el diseño de la aguja y calibre. El índice de flujo óptimo que podría proporcionar una adecuada dinámica de riego y mantener la seguridad del paciente sigue siendo clínicamente no concluyente.^{1, 14, 51, 65, 66, 67, 73}

La cantidad de flujo del irrigante está determinado por el diámetro interno de la aguja de irrigación, siendo la más fina, la que requiere mayor esfuerzo para administrar el irrigante, dando lugar a mayor presión hacia el foramen apical. En cuanto al índice de flujo del irrigante, cuando este es bajo, se anticipan bajas presiones, sin embargo, en casos de alta tasa de flujo, se puede superar la contrapresión al foramen apical y extruir cierta cantidad del irrigante a los tejidos periapicales. La velocidad de flujo del irrigante tiene un efecto significativo sobre el reemplazo del mismo dentro del conducto radicular, es decir, que a mayor velocidad más rápido y adecuado el reemplazo del irrigante.^{16, 51, 66, 67, 74}

Un estudio in vivo realizado por Gopikrishna V. et al. Revelo la relación entre el calibre de las agujas endodónticas y la tasa de flujo de irrigación, donde obtuvieron que la tasa de flujo promedio de las agujas de calibre 26 fue de 0.27 mLs-1, para calibre 27 de 0.19 mLs-1 y 0.09 mLs-1 para las agujas de calibre 30, lo que indica, que a pesar que las agujas de calibre 26 y 27 pueden proveer las tasas de flujo más altas dentro del conducto radicular, el diámetro externo de estas agujas podría obstaculizar la profundidad de la penetración. Por otro lado, la aguja calibre 30 permitiría al clínico colocarla tan apical como clínicamente sea posible sin atascamiento en el conducto. No obstante, la aguja calibre 30 tiene las tasas de flujo más lenta.¹

En conductos radiculares con grandes preparaciones (lima 80 en apical), se observo turbulencia en el flujo de irrigación, dicha turbulencia puede provocar que los microorganismos y restos de dentina se retengan en el conducto radicular, disminuyendo su eficacia durante el riego. El número de Reynolds (R) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos para caracterizar el movimiento del mismo, indicando un modelo laminar o turbulento, cuando el número de Reynolds, excede cierto valor crítico, el irrigante se vuelve turbulento. Es por ello, que las limas de mayor tamaño

suelen ser beneficiosas para el riego exitoso del conducto radicular instrumentado, pero preparaciones muy grandes, es decir, limas de calibre 80 o superiores causan turbulencia e irrigación incompleta del conducto.^{1, 64}

Dinámica Computacional De Fluidos.

La dinámica computacional de fluidos (DCF), sirve como una herramienta valiosa para la evaluación de los patrones de flujo por modelado matemático y simulación por computadora, la tecnología moderna de DCF permite simulaciones numéricas complejas para el estudio del riego en el conducto radicular, así como también de ciertas características dentro del mismo, que podrían equipararse a condiciones clínicas realistas.^{1, 16, 67, 70}

El DCF es un nuevo enfoque en la investigación de irrigación endodóntica que puede usarse para evaluar y predecir parámetros específicos, como las líneas de corriente, distribución de velocidad del flujo de irrigación en la pared del conducto radicular, presión de flujo y factores que afectan la capacidad de un irrigante de penetrar hacia el tercio apical del conducto radicular, incluyendo la anatomía interna de un conducto que influiría en el tamaño, la densidad y la viscosidad del irrigante así como también el caudal de riego.^{1, 68}

Añadido a lo anterior, el análisis de DCF se diseñó inicialmente para fines de ingeniería. En biomedicina, el DCF se introdujo en la investigación del sistema respiratorio y cardiovascular. Estudios recientes confirman que DCF es una poderosa herramienta analítica en la investigación del riego endodóntico. Las posibles deficiencias de estudios previos de DCF son el diseño del modelo estrictamente geométrico y el énfasis insuficiente en la presión apical del irrigante. Todos los valores analizados; el patrón de flujo del irrigante, la velocidad y la presión se vieron influenciados por la aplicación

de diferentes tipos de aguja de irrigación, así como por la profundidad de inserción de la aguja y la velocidad de flujo del irrigante.⁷²

Los parámetros que influyen en la dinámica de fluidos están representados por el número de Reynolds (ReN) número adimensional más común en mecánica de fluidos. ReN es directamente proporcional a la densidad del fluido (ρ), la velocidad (n) y el diámetro del canal (D) y es inversamente proporcional a la viscosidad del fluido (m). Los flujos con los números de Reynolds bajos son dominados por las fuerzas viscosas y son de naturaleza laminar, mientras que aquellos con números altos de Reynolds, son de naturaleza turbulenta. Generalmente se considera que las relaciones de viscosidad superiores a 100 indican un flujo turbulento completamente desarrollado, por lo tanto, conduce a una mezcla rápida siendo el régimen de flujo preferido.^{1, 67}

DISCUSIÓN

La preparación químico-mecánica se considera paso esencial en el tratamiento, el cual se encarga de limpiar y dar forma al Sistema de conductos, eliminando microorganismos y restos patológicos, para ello, se han propuesto una variedad de instrumentos y técnicas en combinación con soluciones de irrigación con propiedades antisépticas y capacidad de remoción de residuos, así como también, medicamentos intraconducto, que ayudan en la desinfección de los conductos radiculares infectados. La eficacia de la instrumentación en la limpieza y conformación del conducto radicular, apunta a lograr una forma cónica, suficiente para exista un flujo de irrigación requerido y una obturación tridimensional óptima del SCR. Los objetivos de la preparación químico-mecánica se evalúan continuamente en estudios ex vivo durante las últimas dos décadas, más aún después de la introducción de los sistemas rotatorios.^{7, 8}

Es bien sabido que el requisito previo biológico para el tratamiento de periodontitis apical es la eliminación de bacterias patógenas que colonizan la parte apical de los conductos radiculares a un nivel subcrítico compatible con la cicatrización del tejido periapical. Los estudios han demostrado que la instrumentación actual y las técnicas de irrigación no son completamente efectivas en la eliminación de desechos y bacterias de la parte apical del conducto radicular debido a su estrecha y compleja morfología, además se le ha atribuido a la forma inadecuada de llevar a cabo el proceso de irrigación.^{39, 65, 75}

Las variaciones en la forma y los diámetros apicales del conducto radicular, así como el calibre, diseño de las agujas de irrigación y la profundidad de penetración de las mismas, afectan la dinámica en el flujo de irrigación, la

disolución del irrigante y por ende los efectos de desinfección. Además, la irrigación de la porción apical del conducto radicular debe considerarse un desafío en el tratamiento endodóntico, ya que debe existir un equilibrio entre la efectividad y la seguridad debido a los riesgos de extrusión de detritus e irrigantes a los tejidos periapicales.^{65, 76, 77}

Otro punto a considerar es la limitación de las técnicas de irrigación actuales en la capacidad de difundir las soluciones irrigadoras en estructuras anatómicas limitadas y estrechas del sistema de conductos radiculares, como istmos, irregularidades, curvaturas, conductos laterales y conductos en forma ovalada, varios autores han informado de grandes áreas de paredes intactas y acumulación de restos de tejidos duros aun después de la preparación mecánica; Pérez, R. et al, argumentan que no existe una eliminación total de detritus presentes en estas aberraciones si no se consigue una profundidad adecuada del irrigante; por lo tanto la profundidad de la inserción de la aguja tiene un impacto significativo y concluye que cuanto más cerca este la aguja de la longitud de trabajo más eficiente es la eliminación de los restos de tejido duro, por lo cual enfatizan en la elección de una aguja adecuada, colocada a un nivel adecuado es un paso importante para optimizar la irrigación.^{78, 79}

Por otra parte, en relación al efecto de la curvatura en la irrigación estudiada por Nguy, D. et al. reportan que tanto el tamaño de preparación como la curvatura del conducto, afectan directamente el proceso de irrigación, para los conductos con curvaturas menores a 20°, el tamaño del conducto no tuvo efecto sobre la eficacia de la irrigación, pero aumentó significativamente con preparaciones mayores en dientes con curvaturas severas entre 24 y 28°, ya que estas curvaturas obstaculizan el flujo del irrigante. En este sentido, Kishen A & Chow T, señalan que en conductos con curvaturas severas, si se utiliza una aguja flexible, de calibre 30G, se puede esperar un recambio del

irrigante en la zona apical ya que la punta de la aguja puede negociar la curvatura pronunciada consiguiendo estar cerca de la constricción apical. Así mismo, Rodríguez, F. et al. expresan que en conductos radiculares curvos, para que la aguja de irrigación se acerque a la longitud de trabajo se requiere una preparación apical, preferiblemente no menor a 40.04 e irrigar con una aguja 30G.^{14, 36, 61, 80}

Por otra parte Silva, P et al. refieren que en conductos radiculares rectos o con curvaturas ligeras la presión apical generada durante la irrigación es mayor en comparación a conductos con curvaturas severas, lo que indica que la curvatura radicular no es un factor que afecte la cantidad de extrusión de desechos e irrigantes a los tejidos periapicales.¹¹

Igualmente debemos considerar el tamaño de preparación apical, Salzgeber, R. et al. destacan que se requiere un tamaño de preparación de 0,3 mm (30) para la penetración del irrigante en el tercio apical; mientras que Ram Z. opina que se requería un tamaño apical de 0.4 mm (40) y que el diámetro apical parece ser el factor principal para determinar la efectividad de la irrigación del conducto radicular, ya que conductos con diámetros menores a 40 no fueron completamente irrigados; en concordancia, Usman, N. et al. establecen que el tamaño de la instrumentación final puede influir en la eficacia del desbridamiento del conducto radicular, según su estudio, en los conductos radiculares ensanchados hasta una lima 40, las agujas de irrigación conseguían una mayor penetración.^{81, 82, 83}

Albrecht, L. et al, utilizaron limas rotatorias de níquel titanio advirtieron que la eliminación de desechos es más eficaz cuando el tamaño de preparación apical era 40 en comparación con un diámetro 20, sin embargo cuando se usó un instrumento con mayor conicidad, no hubo diferencia significativa.⁸⁴

Igualmente, Brunson, M. et al. afirman que hay un aumento porcentual en el volumen de irrigación de aproximadamente 74% desde una preparación 40.02 a un 40.04 y sostiene que el conducto radicular, con una preparación ISO a número 40 con un taper de 0.04, parece conservar el equilibrio en la preservación del tejido y el volumen en la irrigación en el tercio apical. Por su parte Guerreiro, J. et al. en condiciones opuestas, realizando preparaciones hasta diámetros 20, 30 y 40 con limas K-files, indica que las agujas de 30G, independientemente de su diseño en la punta, fueron más eficaces en la limpieza del tercio apical, en los diámetros utilizados en su estudio.^{3, 10}

En igual sentido, estudios afirman que el tamaño apical mínimo necesario para administrar el irrigante al tercio apical del conducto radicular es de 30.06. No obstante, autores refieren que la ampliación excesiva del conducto radicular podría disminuir la eficacia del desbridamiento, ya que disminuye el efecto cortante que produce el irrigante al contactar con las paredes del conducto radicular. El esfuerzo cortante en la pared del conducto tendrá una influencia en el desprendimiento mecánico de restos de tejidos, microbios aislados y biopelícula.^{16, 61, 85, 86}

Por otra parte, Tay, F. et al, demostraron recientemente que la presencia de un bloqueo apical o burbujas de aire afecta negativamente la eficacia del desbridamiento durante la irrigación, ya que impiden el paso de soluciones irrigadoras a los últimos milímetros apicales que son cruciales para el éxito del tratamiento. Estudios sugieren que la activación de la irrigación mejora la penetración del irrigante. En tal sentido, Vera, J. et al. refieren que el mantenimiento de la permeabilidad apical con una lima #10 y el uso de irrigación ultrasónica pasiva intervienen de forma positiva, mejorando no solo la penetración del irrigante sino también el nivel de desinfección del SCR.^{57, 85, 87}

Un punto a tomar en cuenta en el proceso de irrigación es el tamaño de la aguja. Las agujas de irrigación de mayor diámetro cuando se utilizan dentro del conducto radicular, apenas logran penetrar más allá del tercio cervical de la raíz. Aunque estos calibres pueden proporcionar caudales más altos el irrigante dentro del conducto radicular, el diámetro externo de estas agujas perjudicaría la profundidad de penetración. Actualmente las agujas de menor diámetro, de calibres 28 y 30G, han sido recomendadas para la irrigación del sistema de conductos radiculares, debido, a la capacidad de penetrar hasta la longitud de trabajo o cercana a ella, lo que facilita un mejor desbridamiento e intercambio del irrigante. Por su parte, Boutsoukis, C. et al. describen que las agujas de menor calibre requieren un mayor esfuerzo para administrar el irrigante y dan lugar a mayores presiones dentro del conducto radicular. Por otra parte, el uso de una aguja de mayor calibre, disminuye el espacio disponible entre la aguja y la pared del conducto para el flujo inverso del irrigante.^{1, 14, 51, 61, 82}

Shen, Y. et al. expresan que las agujas de calibres 27 y 30 son actualmente los tamaños más utilizados para la irrigación de los conductos radiculares ya que son lo suficientemente pequeñas como para permitir el flujo de la irrigación en la mayoría de los conductos.⁵

Recientemente Vinel, A. et al. reafirman que se deben utilizar diferentes tipos de aguja dependiendo de la preparación apical. Las agujas de calibre 25 necesitan preparaciones muy amplias, mayores a 40; las agujas de calibre 27 necesitan preparaciones de 40 en apical, finalmente las agujas de calibre 30 tienen la capacidad de penetración a longitud de trabajo en todas las preparaciones a partir de 25.⁸⁸

La irrigación con jeringa permite el control de la profundidad de penetración de la aguja en el conducto radicular así como también el volumen de

irrigación; siendo este un factor importante que influye en la eficacia de la irrigación, pero aún no se ha determinado el volumen óptimo necesario, por otra parte, el índice de flujo parece ser altamente significativo para determinar el patrón de flujo dentro del conducto radicular, Boutsoukis, C. et al. determinaron que el desarrollo de un flujo turbulento es deseable ya que conduce a un reemplazo más eficiente.^{49, 51, 61}

Ahora bien, Fukumoto, Y. et al. han informado que una mayor tasa de flujo de irrigación puede conducir a una mayor extrusión de irrigante. Por otro lado, Verhaagen, B. et al. Coincide con que el aumento del índice de flujo también se ha relacionado con una mayor presión de irrigación en el foramen apical o en el área periapical lo que podría estar relacionado con una mayor posibilidad de extrusión.^{16, 89, 90, 91}

La tendencia general de la colocación de la aguja de irrigación más cerca de la longitud de trabajo, permite lograr un reemplazo del irrigante más eficiente, como lo identifico el estudio de Boutsoukis, C. et al. así como también un esfuerzo cortante en la pared del conducto y una mayor presión apical. Sin embargo, las agujas de extremo abierto no deben colocarse a 1 mm de la LT debido a la alta presión apical desarrollada, la cual es mayor cuando el conducto radicular es más pequeño y no hay ninguna característica de seguridad como una aguja de extremo cerrado para prevenir la extrusión del irrigante. Cuanto más alejada este la aguja de la LT se desarrolla menos presión apical pero el recambio del irrigante y la tensión de corte son menores.¹⁶

Idealmente, en un conducto preparado a un tamaño 30 o 35 con taper 0.04 o 0.06, una aguja de extremo abierto se debe colocar 2 o 3 mm por debajo de la longitud de trabajo, para asegurar un intercambio de irrigación adecuado y

una alta tensión de corte, al tiempo que se reduce el riesgo de extrusión; por el contrario, en una aguja de extremo cerrado la colocación debe estar dentro de 1mm por debajo de la longitud de trabajo, de modo que el intercambio óptimo del irrigante se pueda garantizar. Otro autor concuerda con que la aguja de extremo cerrado debe posicionarse tan cerca como sea posible de la longitud de trabajo para garantizar el desbridamiento y mejor reemplazo del irrigante, considerando este diseño más seguro para la irrigación del sistema de conductos radiculares.^{1, 61}

Se han publicado resultados controversiales sobre la extensión y el intercambio del irrigante desde la punta de una aguja de dispersión lateral de extremo cerrado hasta el agujero apical, estos estudios señalan que la solución no llega a más de 1 milímetro de su extremo al ápice. Sin embargo, un estudio anterior concluyó que las zonas de espacio libre más allá de la punta de la aguja de dispersión lateral de extremo cerrado, con calibres 25, 28 y 30 fueron significativos, lo que indica que la limpieza del conducto fue efectiva sin tener que colocar la punta de la aguja cerca del agujero apical. En este caso, la efectividad de las agujas parecía estar relacionada con su diseño creando turbulencias alrededor y más allá del final de la aguja. A su vez, Khan, F. et al. en su estudio argumenta que las agujas con punta roma y salida lateral (max-i-probe) mostraron mejores resultados en la limpieza en comparación con agujas convencionales, tanto en dientes maxilares como en dientes mandibulares.^{34,51}

Cabe añadir que no existen datos cuantitativos sobre la tensión de corte mínima requerida para la eliminación de la biopelícula microbiana de las paredes del conducto radicular; en las agujas de extremo abierto la tensión de corte es mayor hacia apical de la punta de la aguja, mientras que en las agujas cerradas la tensión de cizalla máxima ocurre por encima de la punta, justo en la pared orientada a la salida lateral de la aguja. Por lo tanto, autores

recomiendan mover la aguja dentro del conducto de modo que el esfuerzo cortante involucre tantas paredes del conducto radicular como sea posible. La tensión de corte disminuye a medida que las agujas se alejan de la longitud de trabajo.^{16, 61,70}

Por su parte, Boutsoukis, C. et al. mencionan que las agujas abiertas crearon un flujo hacia apical y un mayor reemplazo del irrigante pero también una mayor presión apical, lo que indica un mayor riesgo de extrusión de las soluciones irrigadoras a los tejidos periapicales, mientras que las agujas con salida lateral parecían menos eficiente en términos de reemplazo y el esfuerzo cortante de la pared se concentró en un área limitada tienen a su favor que la presión apical fue significativamente menor. Dentro del grupo de agujas de dispersión lateral y extremo cerrado, la aguja de una sola ventilación lateral fue ligeramente más eficiente a la de múltiple ventilación.¹⁶

Desde el punto de vista clínico la prevención de la extrusión debe preceder al requisito de un reemplazo de irrigación adecuado y la tensión de corte en la pared. De acuerdo con esta visión, mientras mayor es la velocidad del irrigante, más rápido y más adecuado es el reemplazo. La tensión cortante en la pared del conducto tendrá una influencia en el desprendimiento mecánico de restos de tejido, microorganismos aislados y biopelícula.¹⁶

Independientemente de su diseño, Loiola L. et al. indican que las agujas más delgadas son más efectivas y se produce una mejor limpieza de los conductos. En cuanto a la eficacia del recambio en la región apical, este autor deja claro que las agujas de extremo cerrado con salida lateral no presentaron ventajas con respecto a las agujas con extremo abierto. Sin embargo, redujeron la presión creada en el foramen apical, lo que posiblemente evita la extrusión del irrigante a los tejidos periapicales. Para los autores de este artículo, las agujas de apertura lateral y apical no tienen

diferencia estadísticamente significativa en la limpieza de los conductos radiculares independientemente de su preparación.⁷⁶

Igualmente, las agujas más finas requieren un mayor esfuerzo, y la presión excesiva no es aconsejable por las posibilidades de extrusión del irrigante a los tejidos periapicales. Por lo tanto, investigaciones adicionales relacionadas con la extrusión de la solución irrigadora se hacen necesarias para la búsqueda de una aguja irrigadora ideal que consiga conciliar eficacia y seguridad.⁷⁶

Desde una perspectiva propia, una vez evaluado todos los factores que influyen en el proceso de desinfección del sistema de conductos radiculares, podemos asumir que la irrigación es un paso fundamental para lograr éxito en el tratamiento endodóntico, ya que a pesar de los grandes avances en cuanto a sistemas de preparación se refiere, los instrumentos no logran eliminar en su totalidad el contenido presente en el sistema de conductos, por ende debemos enfatizar la irrigación siguiendo ciertos patrones que para muchos son desconocidos, los cuales pueden contribuir al fracaso del tratamiento. Hay q tomar en cuenta que para que el irrigante alcance toda la longitud del conducto radicular especialmente los últimos 3 mm apicales, este debe tener una preparación mínima adecuada la cual va a depender en gran parte del diagnostico pulpar. Adicionalmente, una aguja de 30G y una preparación mínima de 30 con conicidad de 0.04 sería suficiente para que el irrigante alcance la LT, tomando en cuenta que la profundidad de inserción va a depender de su diseño, lo que es determinante para el éxito de la irrigación. Ambas agujas logran realizar una limpieza adecuada del conducto radicular siempre y cuando se cumplan las condiciones de uso de cada una de ellas. Para finalizar es importante considerar cada caso en particular, para la selección adecuada de dichas agujas.

CONCLUSIONES

1. En conductos radiculares rectos la extrusión apical del irrigante es más frecuente_ que en conductos con curvaturas severas, igualmente la extrusión del irrigante disminuye a medida que las agujas se alejan de la longitud de trabajo.
2. En dientes con curvaturas moderadas a severas la penetración del irrigante al tercio apical es posible siempre y cuando se realice una preparación apical con un diámetro #40.
3. El mantenimiento de la permeabilidad apical y la utilización de sistemas de activación ayudan a mejorar la efectividad del irrigante.
4. Las agujas de extremo cerrado deben colocarse a 1mm de la Longitud de trabajo para garantizar el intercambio del irrigante y las agujas de extremo abierto deben colocarse a 3mm de la LT.
5. Las agujas de extremo cerrado son más seguras que las agujas de extremo abierto en cuanto a la extrusión del irrigante a los tejidos periapicales.
6. Las agujas de menor diámetro (30G) independientemente de su diseño, son las más efectivas ya que pueden alcanzar toda la LT, mejorando el intercambio del irrigante y la limpieza del SCR.
7. El calibre de la aguja tiene una influencia significativa sobre la tasa de flujo siendo las de menor calibre (25G) las que tienen una tasa de flujo mayor.
8. Las agujas de diámetro más fino requieren un mayor esfuerzo para administrar el irrigante y dan lugar a mayores presiones apicales.
9. Los conductos con preparaciones estandarizadas deben agrandarse lo suficiente a nivel apical, para permitir el paso de las soluciones irrigadoras.

10. La preparación apical con un diámetro de 30 con conicidad 0.04 es suficiente para garantizar una irrigación adecuada en toda la longitud del conducto radicular.
11. La velocidad de flujo tiene un efecto significativo sobre el reemplazo del irrigante en todo el conducto radicular, cuanto mayor es la velocidad del irrigante, más rápido y adecuado es el reemplazo.
12. El patrón de flujo de las agujas abiertas es diferente de las agujas cerradas, lo que resultó en un mayor reemplazo del irrigante.
13. En las agujas de extremo abierto la tensión de corte se desarrolla hacia apical, mientras que en las agujas de extremo cerrado la tensión de cizalla máxima se desarrolla cerca de su punta, específicamente en la pared orientada hacia la salida de la aguja siendo su efecto limitado.
14. La preparación excesiva del conducto radicular podría disminuir la eficacia del desbridamiento durante la irrigación.
15. En casos de ápices abiertos o resorciones apicales sería conveniente el uso de agujas de extremo cerrado, por la seguridad que estas ofrecen.
16. Ambos tipos de agujas son efectivos para lograr la desinfección del SCR, sin embargo, es necesario combinar seguridad y eficacia en un mismo diseño para conseguir resultados óptimos, igualmente es de suma importancia conocer el funcionamiento de cada una de ellas, para tratar cada caso clínico en particular.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere evaluar la conveniencia de la estandarización de las agujas de irrigación para su mayor reconocimiento y utilización durante el tratamiento endodóntico.
2. Realizar estudios comparativos in vivo para analizar resultados clínicos a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Gopikrishna V, Swamy D, Kumar A, Narayanan L. An in vivo assessment of the influence of needle gauges on endodontic irrigation flow rate. JCD. 2016; 19(2): 189.
2. Vera, J. et al. Effect of Maintaining Apical Patency on Irrigant Penetration into the Apical Two Millimeters of Large Root Canals: An In Vivo Study. J Endod. 2012; 38(10): 1340-1343.
3. Brunson M, Heilborn C, Johnson D, Cohenca N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. J Endod. 2012; 36(4): 721-724.
4. De Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe, A, Cohenca N. 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. J Endod. 2010; 36(7): 1216-1221.
5. Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse N, Zhou X, Wu, H, Haapasalo M. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. J Endod. 2010; 36(5): 884-889.
6. Vera J, Rojas L, Benavides M, Moreno E, Romero M. Conceptos y Técnicas actuales en la irrigación endodóntica. IBECS. 2012; 30(1): 31-44.
7. Tziafas, D, Alraeesi D, Al Hormoodi R, Ataya M, Fezai H, Aga N. Preparation Prerequisites for Effective Irrigation of Apical Root Canal: A Critical Review. J Clin Exp Dent. 2017; 9(10): e1256.
8. Berber V, Gomes B, Sena N, Vianna M, Ferraz C, Zaia A. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in

reducing *Enterococcus faecalis* within root canal and dentinal tubules. *Int Endod J.* 2006; 39(1):10-7.

9. Aguilar H, Tatiana. Aspectos Microbiológicos de la Periodontitis Apical Crónica Persistente. Tesis de Grado [Documento en línea].2004 [Consulta 19-5-14]. Disponible: en URL: <http://www.tatianaaguilar@carlosboveda.com>
10. Guerreiro J, Loiola L, Morgental R, Leonardo R, Tanomaru M. Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. *Braz Dent J.* 2013; 24(1): 21-24.
11. Silva P, Krolow A, Pilownic K, Casarin R, Lima R, Leonardo R, Pappen F. Apical Extrusion of Debris and Irrigants Using Different Irrigation Needles. *Braz Dent J.* 2016; 27(2): 192-195.
12. Gulabivala K, Ng Y, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas.* 2010; 31(12): R49.
13. Pranay D. Van H. Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems. *Int J Endod.* 2009; 35(4): 545-549.
14. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 1983; 11: 475-9.
15. Vinothkumar T, Kavitha S, Lakshminarayanan L, Gomathi N, Kumar V. Influence of irrigating needle-tip designs in removing bacteria inoculated into instrumented root canals measured using single-tube luminometer. *J Endod.* 2007; 33(6): 746-748.
16. Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink P, Van der Sluis L. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* 2010; 36(5): 875-879.
17. Canalda C. Brau E. Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Científicas. 2da Ed. Barcelona. España. Elsevier. 2006.
18. Vertucci, F. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics.* 2005; 10: 3-29.

19. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1984; 58: 589–599
20. Vertucci FJ, Williams RG. Furcation canals in the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1974; 38: 308–314.
21. Tomes J. A course of lectures on dental physiology and surgery (lectures I-XV). *Am J Dent Sci*, 1846; 1848(7): 1-68.
22. Jafarzadeh, H, Abbott P. Dilaceration: review of an endodontic challenge. *J Endod.* 2007; 33(9): 1025-1030.
23. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp.* 8th ed. St Louis: Mosby. 2002; 94: 243–74, 325–31, 644 –5.
24. Hamasha AA, Al-Khateeb T, Darwazeh A. Prevalence of dilaceration in Jordanian adults. *Int Endod J.* 2002; 35: 910–912.
25. Malcic A, Jukic S, Brzovic V, Miletic I, Pelivan I, Anic I. Prevalence of root dilaceration in adult dental patients in Croatia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102: 104–9.
26. Chohayeb AA. Dilaceration of permanent upper lateral incisors: frequency, direction, and endodontic treatment implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983; 55: 519–20.
27. Zheng Q, Zhang L, Zhou X, Wang Q, Wang Y, Tang L, Huang D. C-shaped root canal system in mandibular second molars in a Chinese population evaluated by cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2011; 44(9): 857-862.
28. Haddad G, Nehme W, Ounsi H. Diagnosis, classification, and frequency of C-shaped canals in mandibular second molars in the Lebanese population. *Journal of Endodontics.* 199; 25(4): 268-271.
29. Trope M, Elfenbein L, Tronstad L. Mandibular premolars with more than one root canal in different race groups. *J Endod.* 1986; 12(8): 343-345.
30. Cohen, S. Hargreaves, K. *Vías de la Pulpa.* 10ma. Edición. 2011.

31. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc.* 1955; 50: 544–552.
32. Baugh, D, Wallace, J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *Journal of endodontics.* 2005; 31(5): 333-340.
33. Srikanth P, Krishna A, Srinivas S, Reddy E, Battu S, Aravelli S. Minimal Apical Enlargement for Penetration of Irrigants to the Apical Third of Root Canal System: A Scanning Electron Microscope Study. *J Int Oral Health.* 2015; 7(6): 92-96.
34. Kahn F, Rosenberg P, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic hand pieces and irrigating needles and probes. *J Endod.* 1995; 21:277–80.
35. Wu M, Barkis D, Roris A, Wesselink P. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region?. *Int Endod J.* 2002; 35(3): 264-267.
36. Rodriguez F. Hecker H, Weiger R. Curved Root Canals: Effects of Dimensional Parameters on the Insertion Depth of Irrigation Needles. *Dentistry.* 2011; 1: 101.
37. Saini H, Tewari S, Sangwan P, Duhan J, Gupta A. Effect of different apical preparation sizes on outcome of primary endodontic treatment: a randomized controlled trial. *J Endod.* 2012; 38(10): 1309-1315.
38. Madureira R, Forner Navarro L, Llana M, Costa M. Shaping ability of nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109: 36–44.
39. Haapasalo, M, Shen, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010; 54:291-312.
40. Falk K, Sedgley C. The influence of penetration size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod.* 2005; 31; 742- 5.
41. Rodrigues R, Zandi H, Kristoffersen A, Enersen M, Mdala I, Ørstavik D, Siqueira J. Influence of the apical preparation size and the irrigant type

- on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. *J Endod.* 2017; 43(7): 1058-1063.
42. Dutner J, Mines P, Anderson A. Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. *J Endod.* 2012; 38: 37-40.
43. Dhaimy S, Imdary S, Dhoum S, Benkiran I, El Ouazzani A. Radiological Evaluation of Penetration of the Irrigant according to Three Endodontic Irrigation Techniques. *International journal of dentistry.* 2016; 2016.
44. Basrani, B. Conceptos actuales sobre irrigación endodóntica. *Oral B News. America Latina.* 2013; 1(1):10-17.
45. Harrison J, Hand R. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 1981; 7: 128-32.
46. Baumgartner J, Cuenin P. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992; 18(12): 605-612.
47. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod.* 2006; 32: 389-398.
48. Stojicic S, Zivkovic S, Quian W, Zhang H, Haa M. Tissue Dissolution by Sodium Hypochlorite: effect of concentration, temperature, Agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010; 36: 1558-1562.
49. Van der Sluis L, Gamabrini G, Wu M, Wesselink P. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int J Endod.* 2006; 39: 472–476.
50. Senia E, Marshall F, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 31: 96–103.
51. Boutsoukis, C., Lambrianidis, T., Kastrinakis, E., & Bekiaroglou, P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root

- canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J.* 2007; 40(7): 504-513.
52. Bronnec F, Bouillaguet S, Machtou P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. *Int Endod J.* 2010; 43(8): 663-672.
53. Walton R, Torabinejad M. Principles and practice of endodontics. Philadelphia: WB Saunders, 1989.
54. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod.* 1975; 1:127-35.
55. Moser J, Heuer M. Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg.* 1982; 53: 425-8.
56. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009; 42(4): 288-302.
57. Tay F, Gu L, Schoeffel G, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Pashley D. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010; 36(4):745-750.
58. Cailleateau J, Mullaney T. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *J Endod.* 1997; 23(6): 94-396.
59. Kanumuru P, SooraParaju S, Konda K, Nujella S, Reddy B, Penigalapati S. Comparison of Penetration of Irrigant Activated by Traditional Methods with A Novel Technique. *JCDR.* 2015; 9(11): ZC44.
60. De Gregorio C, Marabini N, Luaña R, Cohenca N, Cabello R. Penetración real de la irrigación en el interior de sistemas de conductos cerrados. *Endodoncia.* 2011; 29(2): 85-94.
61. Kishen A. Irrigation dynamics in root canal therapy. *Roots.* 2016; 1: 16-17.

62. Devi A, Abbott P. Comparison of the flow characteristics of irrigants with standard and Max-i-Probe needles. *Aust Dent J.* 2012; 38(2): 50-54.
63. Sedgley C, Nagel A, Hall D. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J.* 2005; 38: 97–104.
64. Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, et al. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J.* 2007; 40:11–7.
65. Park E, Shen Y, Khakpour M, Haapasalo M. Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *J Endod.* 2013; 39(4): 511-515.
66. Boutsoukias C, Lambrianidis T, Vasiliadis L. Clinical relevance of standardization of endodontic irrigation needle dimensions according to the ISO 9626: 1991 and 9626: 1991/Amd 1: 2001 specification. *Int Endod J.* 2007; 40(9): 700-706.
67. Boutsoukias 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(2): 144-155.
68. Gao Y, Haapasalo M, Shen Y, Wu H, Li B, Ruse N, Zhou X. Development and validation of a three-dimensional computational fluid dynamics model of root canal irrigation. *J Endod.* 2009; 35(9): 1282-1287.
69. Huang T, Gulabivala K, Ng Y. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J.* 2008; 41:60–71.
70. Wang R, Shen Y, Ma J, Huang D, Zhou X, Gao Y, Haapasalo M. Evaluation of the effect of needle position on irrigant flow in the C-

shaped root canal using a computational fluid dynamics model. *J Endod.* 2015; 41(6): 931-936.

71. Psimma Z, Boutsoukis C, Kastrinakis E, Vasiliadis L. Effect of needle insertion depth and root canal curvature on irrigant extrusion ex vivo. *J Endod.* 2013; 39(4): 521-524.
72. Šnjarić D, Čarija Z, Braut A, Halaji A, Kovačević M, Kuiš D. Irrigation of human prepared root canal—ex vivo based computational fluid dynamics analysis. *Croat Med J.* 2012; 53(5): 470-479.
73. Lee S, Wu M, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004; 37:672-8.
74. Tinaz A, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod.* 2005; 31: 533–5.
75. Siqueira J, Rocas I. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedure. *J Endod.* 2008; 34:1291-301
76. Loiola, L, Guerreiro-Tanomaru J, Morgental R, Tanomaru M. Influência da agulha irrigadora e da dilatação do canal radicular na eficácia da irrigação endodôntica. *RSBO.* 2011; 8(2): 138-144.
77. Boutsoukis C, Psimma Z, Kastrinakis The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo. *Int Endod J.* 2014; 47(5):487-96.
78. Versiani M, Alves F, Andrade-Junior C. Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. *Int Endod J.* 2016; 49(11): 1079-1087.
79. Perez R, Neves A, Belladonna F, Silva E, Souza E, Fidel S, De-Deus G. Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *Int Endod J.* 2017; 50(6): 560-568.

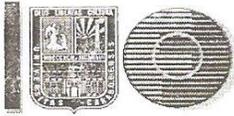
80. Nguy D, Sedgley C. The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent bacteria. *J Endod.* 2006; 32(11): 1077-1080.
81. Salzgeber R, Brilliant J. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod.* 1977; 3: 394–8.
82. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977; 44: 306–12.
83. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod.* 2004; 30: 110-112.
84. Albrecht L, Baumgartner J, Marshal J. Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. *J Endod.* 2004; 30: 425-428.
85. Mohammed S, Vianna M, Penny M, Hilton S, Knowles J. The effect of sodium hypochlorite concentration and irrigation needle extension on biofilm removal from a simulated root canal model. *Aust Endod J.* 2017; 43(3): 102-109.
86. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *J Endod.* 2006; 32(5): 417-420.
87. Vera J, Arias A, Romero M. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. *J Endod.* 2011; 37(9): 1276-1278.
88. Vinel A, Sinan A, Dedieu M, Laurencin-Dalicioux S, Diemer F, Georgelin-Gurgel, M. Effect of apical preparation on different needle depth penetration. *G Ital Endod.* 2016; 30 (2): 96-100.
89. Fukumoto Y, Yoshioka T, Suda H. Intra-canal aspiration technique for root canal irrigation. Part 1. Overflow of irrigating solution beyond the

apical foramen. Japanese journal of conservative dentistry. 2004; 47: 37-42.

90. Verhaagen B, Boutsoukis C, Heijnen GL, van der Sluis LWM, Versluis M. Role of the confinement of a root canal on jet impingement during endodontic irrigation. Experiments in Fluids. 2012; 53: 1841-53.

91. Khan S, Niu L, Eid A, Looney S, Didato A, Roberts S, Tay F. Periapical pressures developed by nonbinding irrigation needles at various irrigation delivery rates. J Endod. 2013; 39(4): 529-533.

ANEXOS



CONSTANCIA

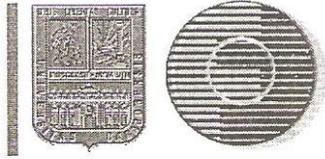
Quien suscribe, Coordinadora de la Unidad de Investigaciones Morfopatológicas (UNIMPA), Prof. Mariela Pérez Domínguez, hago constar que el proyecto de investigación "**Importancia de las agujas de dispersión lateral abierta y cerrada, en la irrigación del sistema de conductos radiculares. Revisión Bibliográfica**". Enmarcado dentro de la Línea de Investigación, Rehabilitación del Sistema estomatognático, Temática: Rehabilitación Anatomo funcional y Subtemática: Sistemas de Irrigación como auxiliares de la limpieza del sistema de conductos radiculares. Presentado por, la **Od. Eliana Quintela C.** Cédula de Identidad **17.015.059**, se encuentra adscrito a UNIMPA.

Constancia que se emite, a solicitud de la parte interesada a los cuatro (16) días del mes de Enero de 2018.

Atentamente,

Prof. Mariela Pérez Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Investigaciones Morfopatológicas
(UNIMPA)





UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
Comisión de Bioética y Bioseguridad

Valencia, 15 de Enero del 2018

PCBB-FOUC 076-2018

Ciudadana.
Prof. Junedy Marcano
Presente

Me dirijo a usted en la oportunidad de comunicarle que en reunión ordinaria, en relación al proyecto presentado por la alumna **Eliana M. Quintela C**, cédula de identidad N° 17.015.059, N°PCBB-FOUC- 076 -2018, titulado "**Importancia de las agujas de dispersión lateral abierta y cerrada, en la irrigación del sistema de conductos radiculares. Revisión Bibliográfica**", la decisión de la subcomisión de Postgrado de Endodoncia, según el artículo 18 de la Normativa Interna del Funcionamiento de la Comisión de Bioética y Bioseguridad de Odontología de la Universidad de Carabobo (CBB-FOUC), aprobadas en el consejo de la Facultad de Odontología en su sesión ordinaria N° 190 de la fecha 15-12-2008, fue "**APROBADO**".

Del mismo informamos, que el proyecto cumple con la normativa de la aprobación inicial, pasa a una etapa de seguimiento, donde deben enviar a la comisión el lugar, fecha y hora de recolección de datos. Así, como se le informa deben mantener bajo resguardo los conceptos informados aplicados a la investigación.

Sin más otro particular se despide de usted;

Atentamente


Prof. Liliana Jiménez

Coordinador de la Subcomisión de Bioética y Bioseguridad del Postgrado Endodoncia

Comisión de Bioética y Bioseguridad, Facultad de Odontología Universidad de Carabobo.

