

Efecto del Xilol sobre la microdureza de la dentina en retratamiento endodóntico. Un estudio piloto in vitro

Leidy Johana Méndez Sabogal, Yesica Paola Rojas Rodríguez, Mónica Liseth Romero Hernández

Trabajo de grado para optar por el título de Especialistas en Endodoncia

Directores científicos

Hernán Becerra Buitrago

Especialista en Endodoncia

Vicky Ortiz Castro

Especialista en Endodoncia

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Especialización en Endodoncia

2023

Tabla de contenido

Efecto del Xilol sobre la microdureza de la dentina en retratamiento endodóntico. Un estudio piloto in vitro.....	10
1. Introducción	10
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Justificación	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
2. Marco referencial	15
2.1 Marco teórico	15
2.1.1 Tratamientos endodónticos	15
2.1.2 Dentina.....	18
2.1.3 Métodos para evaluar microdureza en dentina: durómetro de Vickers	21
2.1.4 Espectroscopia de Raman	22
2.2 Marco referencial	23
3. Método.....	26
3.1 Tipo de estudio.....	26
3.2 Selección y descripción de participantes de la población.....	26

3.2.1 Población	26
3.2.2 Muestra y tipo de muestreo.....	26
3.2.3 Criterios de selección.....	27
3.3 Variables	27
3.4 Instrumento	28
3.5 Procedimientos.....	28
3.5.1 Preparación de los dientes.....	28
3.5.2 Prueba de Vickers	29
3.5.3 Espectroscopia de Raman	29
3.6 Plan de análisis estadístico.....	30
3.6.1 Plan de análisis univariado	30
3.6.2 Plan de análisis bivariado	30
3.7 Implicaciones bioéticas.....	30
4. Resultados.....	31
4.1 Microdureza de la dentina con la prueba de Vickers	31
4.2 Estructura química mediante espectroscopia de Raman	32
5. Discusión.....	34
5.1 Conclusiones.....	37
5.2 Recomendaciones	38

Referencias..... 39

Apéndices..... 43

Lista de tablas

Tabla 1. *Operacionalización de variables.* 27

Lista de figuras

Figura 1. <i>Partes de la dentina</i>	20
Figura 2. <i>Durómetro de Vickers</i>	21
Figura 3. <i>Media y desviación estándar de la microdureza medida por la prueba de Vickers de acuerdo a la exposición a Xilol. Las líneas representan la desviación estándar</i>	32
Figura 4. <i>Espectro de Raman promedio para los dientes con y sin exposición a Xilol. Línea roja representa el pico máximo</i>	33

Lista de apéndices

Apéndice A. *Secuencia del método*..... 43

Resumen

Antecedente: el uso de disolventes, tales como el Xilol, es frecuente durante el retratamiento endodóntico con el objetivo de facilitar la remoción de la gutapercha. Sin embargo, estos pueden afectar la microdureza y estructura de la dentina. **Objetivo:** evaluar el efecto del Xilol sobre la microdureza y la estructura química de la dentina luego del retiro de la gutapercha durante el retratamiento endodóntico, en premolares inferiores extraídos por indicación ortodóntica. **Materiales y métodos:** estudio experimental in vitro, que incluyó 12 dientes premolares unirradiculares extraídos para exodoncia por tratamiento ortodóntico. La muestra fue dividida aleatoriamente en dos grupos, seis para el grupo “control” que correspondió a dientes sin preparación biomecánica y seis para el grupo “expuesto” que correspondió a dientes desobturados con Xilol. Cada diente fue dividido longitudinalmente en dirección vestibulolingual. En cada grupo, seis mitades fueron estudiadas con durometro de Vickers (HV) y tres con la espectroscopía de Raman. **Resultados:** la microdureza de la dentina fue similar entre los dientes sin y con exposición a Xilol, con un promedio reportado en la prueba de Vickers de 55.3 ± 3.0 HV en el grupo control en comparación de 55.6 ± 3.0 HV en el grupo expuesto a Xilol. En la prueba de Raman, no se observaron diferencias en la intensidad reportada a lo largo del espectro entre los grupos. En ambos casos, se reportó un pico máximo en 960 cm^{-1} correspondiente a niveles de hidroxiapatita. **Conclusiones:** los resultados de este estudio no sugieren cambios en la microdureza y en la estructura química de la dentina debido al uso de Xilol.

Palabras claves: dentina, microdureza, estructura química, xilol, disolvente

Abstract

Introduction: the use of solvents, such as Xylol, is common during endodontic retreatment in order to facilitate gutta-percha removal. However, they can affect dentin microhardness and dentin structure. **Objectives:** to evaluate the effect of Xylol on dentin microhardness and chemical structure after gutta-percha removal during endodontic retreatment in lower premolars extracted for orthodontic indication. **Materials and methods:** experimental in vitro study, which included 12 uniradicular premolars extracted for exodontia due to orthodontic treatment. The sample was randomly divided into two groups, six for the "control" group which corresponded to teeth without biomechanical preparation and six for the "exposed" group which corresponded to teeth treated with Xylol. Each tooth was split lengthwise in the vestibulolingual direction. In each group, six halves were studied with Vickers durometer (HV) and three with Raman spectroscopy. **Results:** dentin microhardness was similar between the teeth without and with Xylol exposure, with an average reported in Vickers test of 55.33.0 HV in the control group compared to 55.63.0 HV in the Xylol group. In the Raman spectroscopy, no differences were observed in the intensity along the spectrum between groups. In both cases, a maximum peak was recorded at 960 cm⁻¹ corresponding to hydroxyapatite levels. **Conclusions:** the results of this study do not suggest changes in dentin microhardness and chemical structure due to the use of Xylol.

Keywords: dentin, microhardness, chemical structure, xylol, solvent

Efecto del Xilol sobre la microdureza de la dentina en retratamiento endodóntico. Un estudio piloto in vitro

1. Introducción

El objetivo del tratamiento endodóntico es eliminar las bacterias y prevenir la reinfección del conducto radicular, con el fin de facilitar la cicatrización o prevención de la inflamación de los tejidos periapicales. La tasa de éxito del tratamiento primario oscila entre el 73% al 94% y en retratamiento no quirúrgico esta varía del 56% al 86% (Friedman y Mor, 2004).

Los factores asociados al fracaso del primer tratamiento incluyen la presencia de periodontitis apical persistente, son varias las causas de fracaso endodóntico entre estos se encuentran errores de procedimiento iatrogénicos, como la incorrecta apertura cameral, conductos no tratados, conductos que se limpian y obturan incorrectamente, errores durante la instrumentación, sobre extensión de materiales y filtración coronal. Por otra parte, los factores etiológicos son: microorganismos intra-radicales persistentes, infección extra-radicular, reacción a cuerpo extraño y quistes verdaderos. El pronóstico del retratamiento depende de un buen diagnóstico inicial, teniendo una tasa de éxito alta, pero este varía de la presencia o ausencia de la periodontitis apical antes del tratamiento endodóntico. Por ejemplo, en un diente sin historia de periodontitis la tasa de éxito se encuentra entre 92% y 98% hasta 10 años después del tratamiento, la cual se ve reducida al 74% al 86% en casos con periodontitis (Bergenholtz, 2016; Berman y Hargreaves, 2021).

En el retratamiento endodóntico la necesidad de tratar el tercio apical es de gran importancia, donde inicialmente se debe realizar una apertura cameral conveniente, extraer todo el material de obturación del previo tratamiento y superar obstáculos anatómicos para obtener una

buena longitud de trabajo. La gutapercha es un material relativamente fácil de retirar, combinando la aplicación de calor, disolventes e instrumentación mecánica. Los disolventes utilizados como el Xilol, cloroformo, eucaliptol, entre otros, tienen cierto nivel de toxicidad, por lo que se recomienda evitar su uso en lo posible (Bergenholtz, 2016; Berman y Hargreaves, 2021).

El Xilol por sus características de alta eficacia de disolución de la gutapercha, economía y de fácil acceso es el más usado, pero puede tener un efecto tóxico sobre los tejidos. Entre sus efectos negativos se ha documentado irritación de la mucosa por contacto y, por inhalación, afectación de la microdureza de la dentina, convulsiones, insomnio, excitación y represión del sistema nervioso central, y hasta muerte por depresión respiratoria (Flores y Pastenes, 2018).

La dureza de la dentina tiene la propiedad de resistencia a la deformación permanente y se relaciona con la generación de estrés y el módulo de Young. Los valores presentados de microdureza de la dentina oscilan entre 250 y 800 MPa dependiendo de la zona. Uno de los métodos más comunes que se encuentran es la prueba de durómetro de Vickers mediante el uso de cargas que varían de 1 a 120 kg, que tiene un ángulo de 136° y el indentador es de diamante (Rotstein, et ál., 1999).

1.1 Planteamiento del problema

El éxito del tratamiento endodóntico depende de la limpieza y conformación de los conductos radiculares y de su correcta obturación. El fracaso de los anteriores procesos se asocia con la aparición de periodontitis apical persistente lo cual requiere que el diente sea sometido al retratamiento endodóntico con el fin de mejorar los estándares de la intervención anterior, manejando la persistencia de la lesión y manteniendo el diente en boca (Friedman y Mor, 2004; Chalco y Meza, 2011; Siqueira, 2000).

Los retratamientos endodónticos según Khedmat y Cols tienen un índice general de éxito entre un 56% y un 86%, las investigaciones indican que el porcentaje es mayor en aquellos dientes que tienen 1 o 2 conductos y los fracasos más frecuentes son en molares de 3 conductos y una anatomía compleja y a veces impredecible. En dichos retratamientos endodónticos para disolver la gutapercha se utilizan diferentes solventes como: eucaliptol, aceite de naranja, Xilol, cloroformo y halotano. Algunos de ellos se diferencian por su potencial de disolución, entre estos; el Xilol es de alta eficacia y ayuda a reblandecer la gutapercha, lo que facilita su extracción y disminuye los riesgos de formación de escalones, perforaciones y desviación del conducto. Los solventes afectan las partes orgánicas del esmalte y la dentina, agrandando los espacios intercristalinos lo que puede inducir a la formación de cracks; y afectar la interacción de la adhesión con materiales de la restauración (Khedmat, et ál., 2015; Cruz, et ál, 2011; Oyama, et ál., 2002).

En la literatura no se encuentran suficientes aportes en relación con el efecto de los solventes sobre la microdureza de la dentina, en especial del Xilol, razón por la cual, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto del Xilol sobre la microdureza de la dentina luego del retiro de la gutapercha durante el retratamiento endodóntico, en premolares inferiores extraídos por indicación ortodóntica?

1.2 Justificación

La dentina constituye la mayor parte de la estructura dental y el estado de sus propiedades determinan el pronóstico de los procedimientos restauradores. Químicamente está compuesta alrededor de un 50% de su volumen de contenido mineral (cristales de hidroxapatita), de un 30% de su volumen de matriz orgánica, en su mayor parte colágeno tipo 1, y el 20% es fluido, similar al plasma sanguíneo. Preservar la estructura del diente, así como sus propiedades de resistencia, elasticidad y dureza, es de gran importancia, pero se ven afectadas por la preparación biomecánica, el uso de irrigantes y solventes durante el tratamiento endodóntico, la desobstrucción y el nuevo tratamiento (Rotstein, et ál., 1999; Marending, et ál., 2007).

Se han estudiado las propiedades mecánicas de la dentina después de la exposición a disolventes, sin embargo, los resultados obtenidos varían. Por ejemplo, no está claro si los valores publicados reflejan diferencias en la estructura dental o son debidos a errores en los métodos de ensayo empleados. En consecuencia, es importante conocer cuál es la microdureza de la dentina antes de su exposición al Xilol (Khedma, et ál., 2015; Marending, et ál., 2007).

La literatura reporta estudios donde se evalúa el efecto de los solventes sobre la microdureza de forma directa en el diente, pero no se encuentran estudios recientes sobre el efecto del solvente Xilol en la microdureza en retratamiento; por tal motivo, se requiere investigar invitro, la afectación de la microdureza de la dentina por el uso del Xilol durante el retratamiento endodóntico (Rotstein, et ál., 1999; Khedmat, et ál., 2015; Martos, 2013).

Los solventes pueden cambiar las propiedades físicas y químicas de la dentina y este problema es clínicamente importante porque las alteraciones de la superficie pueden afectar la interacción de la dentina con los materiales utilizados para la obturación o causar la fractura del diente. Debido a lo anteriormente descrito es importante comprobar si el Xilol en realidad genera este tipo de daño, pues en consecuencia estaría afectando el pronóstico del diente retratado y es de importancia en la práctica clínica evitar materiales que interfieran en el pronóstico del tratamiento (Khedmat, et ál., 2015).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del Xilol sobre la microdureza y la estructura química de la dentina luego del retiro de la gutapercha durante el retratamiento endodóntico, en premolares inferiores extraídos por indicación ortodóntica.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la microdureza y estructura química de la dentina entre los premolares extraídos por razones ortodónticas expuestos a Xilol.

Determinar la microdureza y estructura química de la dentina entre los premolares extraídos por razones ortodónticas sin exposición a Xilol.

Comparar la microdureza y estructura química de la dentina entre los premolares con y sin exposición a Xilol.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 Tratamientos endodónticos

La endodoncia es aquella disciplina que se ocupa de la morfología, fisiología, patología de la pulpa dentaria y del tejido perirradicular. El éxito del tratamiento endodóntico depende de la eliminación de microorganismos en el sistema de conductos y el selle tridimensional de la obturación del conducto radicular. Una adecuada limpieza se obtiene mediante la preparación quimiomecánica, y una correcta irrigación (Chalco y Meza, 2011; Siqueira, 2000; Khedmat, et ál., 2015).

Para realizar tratamientos de endodoncia requerimos de materiales de obturación como gutapercha sustancia vegetal extraída en forma de látex de los árboles de la familia de las sapotáceas (*Mimusops balata* y *Mimusops luben*). Estas existen en Sumatra, Filipinas, Archipiélago, malayo y Brasil; se combina con otros materiales para formar una mezcla que puede utilizarse con efectividad dentro del conducto. La gutapercha existe en dos formas cristalinas, una fase alfa y otra beta, esto le confiere distintas propiedades a cada tipo de gutapercha: La gutapercha alfa es natural y de baja viscosidad a menor temperatura. La gutapercha beta se obtiene por calentamiento de la forma alfa y su enfriamiento brusco; las dos fases son interconvertibles.

La obturación del conducto radicular debe evitar la filtración corono apical logrando un selle tridimensional con el fin que microorganismos patógenos no invadan y recolonizen el canal radicular después de su preparación y limpieza biomecánica sellándolo herméticamente (Chalco & Meza, 2011; Khedmat, et ál, 2015; Martos, 2013; Hulsmann, 2013).

Cuando se presenta la periodontitis apical persistente el diente debe ser sometido a un segundo tratamiento para corregir cualquier falla durante el proceso de la primera intervención que se denomina retratamiento endodóntico no quirúrgico va orientado a mejorar la calidad del tratamiento previo, superar limitaciones, eliminar las bacterias y lograr un selle tridimensional, para eliminar signos, síntomas y curar las lesiones periapicales (Chalco y Meza, 2011; Siqueira, 2000).

La razón más común para el fracaso del tratamiento de conductos es la infección microbiana, conductos no tratados, conductos accesorios, irrigación insuficiente, instrumentación (escalones, perforaciones o fractura de instrumentos), obturación (sobre extensión, sub obturación), filtración coronal y tratamiento inconcluso (Chalco y Meza, 2011).

Una especie que se aísla con mucha frecuencia es el *Enterococcus faecalis*, es resistente a los procedimientos de desinfección del conducto. Se ha demostrado que el *A. Israelli* y *P. Propionicum* se aísla en el tejido periapical de los dientes que no responden a tratamientos endodónticos convencionales. Por otro lado, en infecciones persistentes, con frecuencia se encuentran hongos, sobre todo *Cándida albicans* (Chalco y Meza, 2011).

Sin embargo, a pesar de la instrumentación adecuada, proceso de limpieza y/o desinfección y selle tridimensional se presenta el fracaso de la endodoncia donde es necesario realizar desobturación para realizar un retratamiento. Procedimiento que consiste en el retiro total del material obturador del sistema de conductos. Se pueden realizar de tres maneras: mecánico, térmico, químico y combinada mediante el uso de limas manuales instrumentos rotatorios, instrumentos ultrasónicos, láser y el uso auxiliar de solventes químicos.

Este procedimiento se lleva a cabo de la siguiente manera se realiza apertura coronaria, se emplean fresas Gates-Glidden, en los tercios cervical e inicio del tercio medio, lo que reduce el

volumen de material de obturación. A continuación, se utiliza un solvente en el espacio relativo al tercio cervical (Xilol) con limas tipo K-flex, se presiona contra el remanente de obturación, que está bajo la influencia del solvente. En la región apical, principalmente en los 3 mm finales de obturación, hay que evitar el uso del solvente para que el material de obturación no pase el límite apical.

Un solvente es una sustancia química, en la que se disuelve un soluto (sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una disolución. En endodoncia se han utilizado: cloroformo, Xilol, eucaliptol, halotano, aceite de naranja entre otros para disolver la gutapercha y los cementos selladores, facilitando su remoción del conducto radicular. El Cloroformo disuelve más rápidamente la gutapercha, sin embargo, es altamente tóxico y tiene potencial carcinógeno. Eucaliptol: Posee baja toxicidad, para disolver la gutapercha debe calentarse, es menos eficaz que el Xilol. Halotano: Es un hidrocarburo de fluoretano relativamente no tóxico, volátil y no inflamable, se ha utilizado como un anestésico por inhalación desde 1956; es ligeramente soluble en los tejidos y tiene una solubilidad mínima en la sangre; a pesar de que no es un irritante respiratorio, debe usarse con cuidado para minimizar su exposición al medio ambiente debido a su capacidad para causar represión respiratoria, la alta volatilidad del halotano puede ser deseable, porque disminuye la cantidad de solvente residual en la región periapical y el sistema circulatorio (Rotstein, et ál, 1999).

El aceite de naranja es extraído de la cascara de la naranja dulce, es volátil y con olor agradable; tiene la capacidad de disolver la gutapercha y el eugenolato, es de nula toxicidad y es de acción rápida; se presenta en un coloide biocompatible y poco soluble en el agua, sin embargo, es fácilmente removido del conducto con soluciones tensoactiva; del mismo modo encontramos el Xilol producto petroquímico, hidrocarburo líquido de la serie del benceno; se emplea como

disolvente. También llamado xileno o dimetilbenceno. Representa aproximadamente 0,5% al 1% del petróleo crudo. Se producen principalmente como parte de los compuestos aromáticos BTX (benceno, tolueno y xilenos) extraídos a partir del producto de reformado catalítico. La mezcla es un líquido ligeramente graso, incoloro, comúnmente usado como disolvente. Se ha indicado que el Xilol tiene un efecto tóxico sobre los tejidos, causa irritación de la mucosa por contacto y, por inhalación, también puede causar convulsiones, insomnio, excitación y represión del SNC, provocar la muerte por depresión respiratoria (Chalco y Meza, 2011).

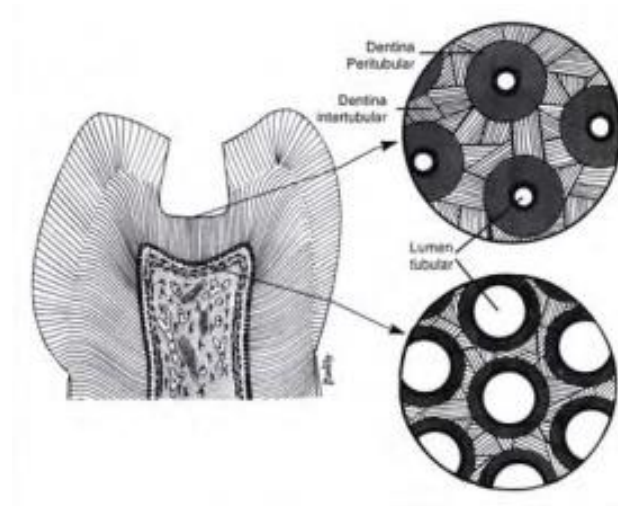
Rotstein y cols, evaluaron la microdureza de la dentina en un tiempo de exposición de 5 y 15 minutos antes y después del uso de los solventes: cloroformo, Xilol y halotano, mostrando como resultado que a mayor tiempo de exposición mayor afectación de la microdureza, el cloroformo fue el solvente que presento más afectación seguido del halotano y por último el Xilol (Rotstein, et ál, 1999).

2.1.2 Dentina

La dentina, es un tejido conectivo mineralizado similar al hueso; que está formada por células altamente especializadas diferenciadas en odontoblastos, que participan en la defensa inmunitaria innata del complejo dentino-pulpar y en la regulación del dolor pulpar, tiene una estructura tubular que está íntimamente conectada a la pulpa; está compuesta por aproximadamente un 70 % de material inorgánico, un 18 % de material orgánico y un 12 % de agua, se presenta de dos formas: a) Extracelular, la cual se compone de una matriz orgánica b) Dentina funcional que incluye la pre-dentina y los odontoblastos con sus procesos citoplasmáticos. Su estructura varía entre las diferentes partes del diente, debido a la disposición de los túbulos, el diámetro tubular es mayor cerca de la pulpa y disminuye hacia el esmalte, la dentina es altamente

permeable en la que no sólo fluye hacia fuera el líquido dentinario, sino también hacia el interior, esta se divide en cinco tipos diferentes según las fases de formación: 1) manto de dentina, 2) dentina primaria, 3) dentina secundaria, 4) dentina terciaria y 5) dentina extracelular mineralizada intertubular y peritubular. La intertubular está formada por odontoblastos durante la dentinogénesis, y se forma a través de la mineralización de la predentina, mientras la peritubular se forma por mineralización dentro de las paredes de los túbulos dentinarios dentro de la dentina mineralizada, y puede estar totalmente ausente cerca de la pulpa (Tjäderhane, 2019; Carvalho, et ál, 2009).

Ahora bien, la dureza puede definirse como la resistencia de un material a la deformación permanente y se relaciona con otras propiedades como la generación de estrés y el módulo de Young; existe una relación lineal entre la resistencia, módulo de elasticidad y la dureza. El módulo de elasticidad o de Young puede definirse como el cociente entre la tensión aplicada a un material y la deformación elástica producida; esta elasticidad dentinaria varía de acuerdo con el porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene, la microscopía de fuerzas atómicas ha demostrado que la dentina peritubular es mucho más rígida que la dentina intertubular y su módulo es más uniforme, mientras que el módulo de la dentina intertubular varía en función de la distribución de la apatita en la matriz de colágeno. Los valores presentados de microdureza de la dentina oscilan entre 250 y 800 MPa dependiendo de la zona, la dureza de la dentina peritubular está entre $(2.45 \pm 0.14 \text{ GPa})$, es más dura que la dentina intertubular. Su contenido en mineral es del 95% de su volumen, a diferencia del contenido de la dentina intertubular que es del 30% de su volumen; la dentina intertubular profunda es 4 veces más blanda que la dentina intertubular superficial $(0.51 \pm 0.02 \text{ GPa})$ cerca de la unión amelodentinaria y $0.13 \pm 0.01 \text{ GPa}$ cerca de pulpa (Fuentes, 2004).

Figura 1. *Partes de la dentina*

Tomado de Orellana (2009).

Rotstein et ál., (1999) analizaron la microdureza, el cual consistió en aplicar el solvente (cloroformo, halotano, Xilol) en el conducto radicular durante 5 y 15 minutos; después de cada período de exposición, las muestras se lavaron, secaron y prepararon para el análisis de microdureza de Vickers, dando como resultado que la reducción de la microdureza de Vickers de la dentina fue del 29 % después de 15 min, pero no se encontró ningún efecto significativo después de 5 min de exposición. La reducción de la dureza del esmalte fue del 13 % a los 5 min y del 17 % a los 15 min.; se encontró también que, para el Xilol y el halotano, se presentó una reducción de la microdureza tanto para la dentina como para el esmalte (8-12%), pero los efectos estaban presentes después de solo 5 minutos de exposición. Los autores sugieren que los solventes probados pueden haber afectado las partes orgánicas del esmalte y de la dentina, agrandado de esta forma los espacios intercrystalinos, de manera que el uso de solventes disminuye la microdureza de la dentina; esta condición es el resultado de que el cloroformo aumenta los niveles de fósforo después de 15 min y los niveles de calcio y fósforo después de 30 min. El Xilol aumenta los niveles de calcio después de 30 min y los niveles de fósforo después de 15 y 30 min.

2.1.3 Métodos para evaluar microdureza en dentina: durómetro de Vickers

La mayoría de las mediciones de dureza de la dentina se realizan mediante las técnicas de microindentación Knoop y Vickers. Estas técnicas son rápidas de realizar y no destructivas; las pruebas de dureza han sido útiles en una amplia aplicación como método para la clasificación de materiales y para el estudio comparativo de cambios en sus propiedades. Para el cálculo de la dureza se usa generalmente pruebas de abrasión, por pruebas de marcas o por pruebas de indentación, este último método, sin embargo, se ha encontrado en extensas aplicaciones. Además, se han utilizado pirámides de diamantes pulidos con ángulos de 120°-150° y, como resultado de consideraciones prácticas y teóricas, recomendaron el uso de indentadores de diamante de base cuadrada con un ángulo de 136°, comúnmente conocido como el indentador de diamantes de Vickers.

La dureza del Vickers se determina normalmente mediante el uso de cargas que varían de 1 a 120 kg. La geometría del indentador tipo Vickers es independiente de la penetración, y por lo tanto se espera que la dureza sea independiente de la carga. El ángulo que la indentación hace con la superficie de la pieza de prueba cambia con la profundidad de penetración.

Figura 2. Durómetro de Vickers



Tomado de: ARMOTEC (2020)

Otras pruebas de dureza de microindentación, se utiliza con frecuencia en odontología, como lo son la prueba de dureza Kentron y la prueba de dureza Tukont, ambos utilizados con indentadores de diamante. Pero los más comunes son los indentadores de diamante de Vickers que tiene un ángulo de 136° y el indentador de diamantes Knoop de 172° . El instrumento de microdureza con resorte para indentación Knoop presenta cargas entre 40 y 600 mg, y fue descrito por Richardson y Worner (Fuentes, 2004; Ryge, 1961).

2.1.4 Espectroscopia de Raman

Esta es una técnica útil para investigar e identificar la estructura y química de la dentina peritubular e intertubular en pequeñas escalas focales, que consisten en incidir con haz de luz sobre la muestra, permitiendo el análisis de rotaciones y vibraciones moleculares a través de dispersión de la luz. Este método tiene como ventaja una mínima preparación de la muestra, detección in situ y alta resolución espacial (Xu y Wang, 2012; Tsuda y Arends, 1997).

Este equipo se compone de un microscopio cofocal y un sistema de imágenes moleculares, estos son útiles para investigar la composición de la dentina, donde se observa con una línea negra la dentina intertubular, con una línea roja la peritubular, estas líneas se relacionan con la matriz orgánica en un rango de 1580 a 1720 cm^{-1} y la matriz inorgánica dentro de un rango de 1010 a 1100 cm^{-1} . Los puntos de intensidades generales en el espectro de la dentina peritubular son más fuertes que los de la dentina intertubular. Siendo así la dentina peritubular más mineralizada que la intertubular (Xu y Wang, 2012; Tsuda y Arends, 1997).

2.2 Marco referencial

Dentro de los estudios relacionados con la temática estuvieron, el de Rotstein et ál (1999) quienes abordaron sobre el efecto del cloroformo, Xilol y halotano sobre la microdureza del esmalte y la dentina humana. Básicamente encontraron que la microdureza del esmalte y la dentina si se ve afectada a la exposición a estos solventes en un transcurso de tiempo de 5 y 10 minutos. Con respecto a la dentina, se apreció una disminución en la microdureza con el Xilol a los 5 minutos de un 7 % y a los 15 minutos del 10%.

De otro lado, Khedmat et ál., (2015) evaluaron el efecto de los solventes cloroformo, eucaliptol y aceite de naranja en la microdureza de la dentina, lo que hicieron es que seccionaron los dientes en cuatro partes y les realizaron la prueba de durometría de Vickers a cada uno de los grupos, después cada muestra se expuso a los solventes por 15 minutos estos se sacaron y secaron y nuevamente se les realizo la prueba de durometría, lo que arrojaron sus resultados es que no hay cambios en la microdureza de la dentina al exponerla a los solventes.

Por su parte, Hülsmann (2013) analizó los efectos de la instrumentación mecánica e irrigación química en la dentina del conducto radicular junto con los tejidos circundantes. Señaló que al momento de preparar se presentan algunos problemas como lo son: superficies instrumentadas y no instrumentadas, la rugosidad superficial, marcas en la preparación que causan depósitos de dentina o restos de debris, la microdureza, desmineralización, erosión, túbulos dentinarios abiertos, permeabilidad de la dentina, resistencia a la fractura, cambios de temperatura, fuerza de unión de adhesivos y selladores, decoloración y efectos acumulativos. Además, también los tejidos que rodean la raíz también pueden verse afectados por la preparación y la irrigación. En este artículo el describe las alteraciones que tiene la dentina radicular con respecto a la fuerza, ya que en un tratamiento endodóntico se realizan varios pasos que debilitan el diente química y

mecánicamente. El diente sufre un proceso desde que se realiza la cavidad coronal, seguido de la exposición de la cámara pulpar que por lo regular tienen un tamaño importante y el agrandamiento de los conductos radiculares, también entran en juego los irrigantes, medicamentos intracanal, el sellador y material con el que se obtura y todo lo anteriormente mencionado crea un efecto acumulativo que debilita las paredes dentinales y sin olvidar que al momento de perder la vitalidad del diente se alteran las propiedades propioceptivas y nociceptivas del diente lo que puede llevar a inicio de fisuras que llevan a la fractura y por consiguiente la pérdida del diente. En consecuencia, los solventes también juegan un papel importante, pues según el autor del artículo dice que el cloroformo, el halotano y el Xilol, tienen el efecto de suavizar la dentina y esto depende del tiempo de exposición del diente al solvente lo que se encontró es que a una exposición prolongada de 15 minutos es más evidente el cambio en la estructura que al exponerlo a 5 minutos en este caso el Xilol tienen una disminución en la microdureza de la dentina de entre 8-12%.

En lo que respecta a la contribución de Martos (2013), su propósito giró en torno a la identificación del efecto de diferentes solventes orgánicos en la degradación de los materiales de restauración. En este estudio utilizaron el eucaliptol, Xilol, cloroformo y aceite de naranja, junto con diferentes materiales obturadores, como ionómero de vidrio y resina entre otros. En este caso los materiales obturadores fueron expuestos a los solventes y lo que encontraron en sus resultados es que los solventes actúan mínimamente en estos materiales.

Otro aporte relevante fue el de Fuentes (2004), quien recopiló, sistematizó y analizó información sobre las propiedades mecánicas de la dentina, entre estas la dureza. Esta última la define como la resistencia a la deformación permanente y en este caso la resistencia a la fractura, la dureza está relacionada con otras propiedades como lo son la generación de estrés y el módulo de Young. Informan sobre las diferentes pruebas que existen hasta la fecha mencionada para medir

la microdureza de la dentina, estos son: la prueba de Knoop y Vickers que básicamente lo que hacen es hacer una deformación permanente inducida en la superficie que permanece tras el retiro de la carga. El durómetro de Vickers se utiliza un indentador piramidal de diamante con un ángulo de 136° y en el de Knoop la punta es piramidal, pero con una base rómbica formada por dos caras perpendiculares entre sí con ángulos de 172° , 30° y 130° . Los valores que dan sobre la microdureza de la dentina son de 250 y 800 MPa, pero dependiendo de zona donde se realiza la prueba. También mencionan el módulo de elasticidad o de Young, el cual es definido como el cociente entre la tensión aplicada a un material y la deformación elástica producida (la cual se puede recuperar tras el retiro de la carga). Y es importante mencionarlo porque la dentina mineralizada es relativamente rígida de 10 a 20 GPa, lo cual hace que la elasticidad de la dentina compense la rigidez del esmalte amortiguando así el impacto de la masticación.

Ahora bien, el aporte de Kaufman et ál (1997) se enfocó en los efectos de los solventes para diluir gutapercha sobre el calcio y niveles de fosforo de la dentina humana. Para este estudio ellos utilizaron los solventes cloroformo, Xilol y Endosolv-E, cada muestra de dientes se expusieron de 15 a 30 minutos al solvente de cada grupo y los hallazgos encontrados fue que los niveles de calcio y fósforo después del tratamiento con el solvente para diluir la gutapercha eran mínimos y estadísticamente no significativos.

En último término, Tjäderhane (2019) aportó una revisión general de la estructura básica y composición de la dentina. Se refiere a la constitución de la dentina donde la fase mineral es aproximadamente de un 70% la matriz orgánica es del 20% y 33% y el restante compuesto por agua. Así, la dentina corresponde a un compuesto reforzado nanocristalino, sin embargo, la composición y estructura de la dentina es diferente en cada una de sus partes, el ancho de los túbulos dentinales es mayor hacia la dentina y angosto hacia el esmalte o cemento. Hacen

referencia a los cinco tipos de dentina que hay de acuerdo con su formación: dentina-esmalte, dentina del manto, dentina primaria, dentina secundaria de dentina terciaria. Que la dentina extracelular se divide en dos tipos: dentona intertubular que es la formada por los odontoblastos durante la dentinogénesis y la dentina peritubular que se forma por mineralización dentro de las paredes de los túbulos dentinales. Además, se destaca el hecho de que la dentina apical es diferente al resto de la dentina radicular, dado que la cantidad y la regularidad de los túbulos disminuyen en apical, y su dirección con la densidad es irregular, existiendo zonas donde están ausentes.

3. Método

3.1 Tipo de estudio

Prueba piloto.

3.2 Selección y descripción de participantes de la población

3.2.1 Población

Dientes premolares unirradiculares, indicados para exodoncia por ortodoncia.

3.2.2 Muestra y tipo de muestreo

La muestra estuvo conformada por 12 dientes premolares unirradiculares extraídos para exodoncia por tratamiento ortodóntico. Este número fue determinado de acuerdo a la disponibilidad de los recursos económicos. Se utilizó un muestreo a conveniencia.

3.2.3 Criterios de selección

3.2.3.1 Criterios de inclusión

Dientes premolares sanos con indicación de exodoncia por tratamiento ortodóntico.

Dientes de pacientes en edades comprendidas entre los 15 y 30 años.

3.2.3.2 Exclusión

Dientes con tratamiento de endodoncia previo, restauraciones, caries oclusales, cervicales y radiculares y fracturas.

3.3 Variables

Las variables analizadas en esta investigación son descritas en la Tabla 1, las cuales fueron obtenidas por medio de dos pruebas experimentales, la prueba de dureza de Vickers y la espectroscopia de Raman.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
Corte	Disco de dentina a nivel cervical, medio y apical	disco de dentina que se obtiene a través de un corte transversal	Cualitativa	Nominal	Cervical Medio Apical
Microdureza (Prueba de Vickers)	Determina la microdureza por pruebas de indentación	Valor en (HV) para determinar la microdureza de la dentina.	Cuanti-tativa	Razón-continua	Número de HV característica superficial que está dada por los valores de microindentacion.
Intensidad (Espectro de Raman)	Intensidad de la luz dispersada frente al número de onda	Valor en unidades arbitrarias (u.a) de la intensidad de la luz generada	Cuantitativa	Razón-conitnua	Número en u.a de la luz dispersada a lo largo del espectro de Raman

3.4 Instrumento

Los datos de esta investigación provienen de las dos pruebas experimentales realizadas. Toda la información fue directamente registrada en una tabla diseñada en Excel®.

3.5 Procedimientos

3.5.1 Preparación de los dientes

En este estudio experimental in vitro, todos los dientes fueron almacenados en cloruro de sodio al 0.09% desde el momento de la exodoncia hasta su uso. La muestra fue dividida aleatoriamente en dos grupos, seis para el grupo “control” que correspondió a dientes sin preparación biomecánica y seis para el grupo “expuesto” que correspondió a dientes desobturados con Xilol.

- *Grupo control:* diente sano sin preparar, las coronas fueron seccionadas y la raíz dividida longitudinalmente en una dirección vestibulolingual, con un disco de diamante de 320 micras a 500 rpm con irrigación constante de agua destilada. De esta manera, un total de 12 mitades fueron obtenidas.
- *Grupo Xilol:* El procedimiento se llevó a cabo por dos personas entrenadas para la realización de este procedimiento. Se tomó radiografía inicial en sentido vestíbulo-lingual, para corroborar la permeabilidad del conducto y su anatomía, luego se realizó la apertura cameral con fresa redonda número 3 y fresa Endo z, utilizando pieza de alta velocidad con irrigación constante, una vez encontrado el conducto se procedió a la determinación de la longitud de trabajo. La preparación se llevó a cabo mediante el sistema de instrumentación rotatoria Wave One Gold con lima Primary e irrigación con solución salina, se obturó con

cemento AH-PLUS y gutapercha termoplastificada. El proceso de desobturación se realizó con el sistema Maní y 10 gotas de Xilol, el tiempo fue subjetivo según la complejidad de la desobturación. Posteriormente, la raíz fue dividida longitudinalmente en una dirección vestibulolingual. Finalmente, al igual que en el grupo control, 12 mitades fueron obtenidas.

3.5.2 Prueba de Vickers

Para determinar la prueba de Vickers, se marcó 1 indentación en cada tercio de la superficie radicular alrededor de la interfase pulpa-dentina, con una carga de 20 a 30 kg por 10 segundos a una profundidad de 1000 micras (1mm) para determinar la microdureza final en vickers (VH). Se registraron los valores de cada una de las profundidades por cada tercio y se determinó un promedio del resultado de las 3 indentaciones. En esta prueba se analizaron 6 mitades del grupo control y 6 mitades del grupo expuesto a Xilol. Las cuales fueron seleccionadas al azar.

3.5.3 Espectroscopia de Raman

Esta técnica se aplicó como complemento a la durometría de Vickers para determinar si había cambios en la composición química de la dentina, por tal motivo solo se realizó en el tercio medio. Para la técnica de espectroscopia de Raman, se colocó un haz de laser en el centro de los túbulos donde el diámetro y la profundidad fue de 3 micras para observar la dentina interbular y evaluar la composición química del contenido orgánico e inorgánico. Los dientes fueron examinados con un equipo XploRA™ (HORIBA Scientific, Palaiseau, France) con láser 785. El procedimiento se realizó por 2 horas en todos los dientes evaluando un espectro de 200 a 1800 cm^{-1} . Debido a motivos económicos, se analizaron tres muestras elegidas aleatoriamente en cada grupo.

3.6 Plan de análisis estadístico

3.6.1 Plan de análisis univariado

Todos los análisis fueron realizados en Stata 17.0 (Stata Corp, TX, USA). En esta investigación no se realizaron análisis univariados debido a que cada una de las variables de interés fue descrita de acuerdo a los grupos de estudio.

3.6.2 Plan de análisis bivariado

La microdureza fue reportada en Vickers (HV) y representada con media \pm desviación estándar en cada grupo de estudio. Por otra parte, la espectrografía de Raman fue analizada por métodos gráficos, promediando los valores reportados de intensidad a lo largo del espectro entre las tres muestras del grupo control y Xilol, respectivamente. No se aplicaron pruebas de hipótesis debido al reducido tamaño de la muestra. Sólo se realizó un análisis descriptivo diferenciando entre los grupos de interés.

3.7 Implicaciones bioéticas

Este estudio fue conducido de acuerdo a los lineamientos planteados en la Resolución 8430 de 1993. En especial, a los siguientes artículos:

Artículo 11: Para efectos de este reglamento las investigaciones se clasifican en investigación sin riesgo. Para la recolección de las muestras se utilizará un consentimiento informado de donación de órganos.

Artículo 47. La investigación a que se refiere este capítulo comprende la que influye la utilización de órganos, tejidos y sus derivados, productos y cadáveres de seres humanos, así como

el conjunto de actividades relativas a su obtención, conservación, utilización, preparación y destino final.

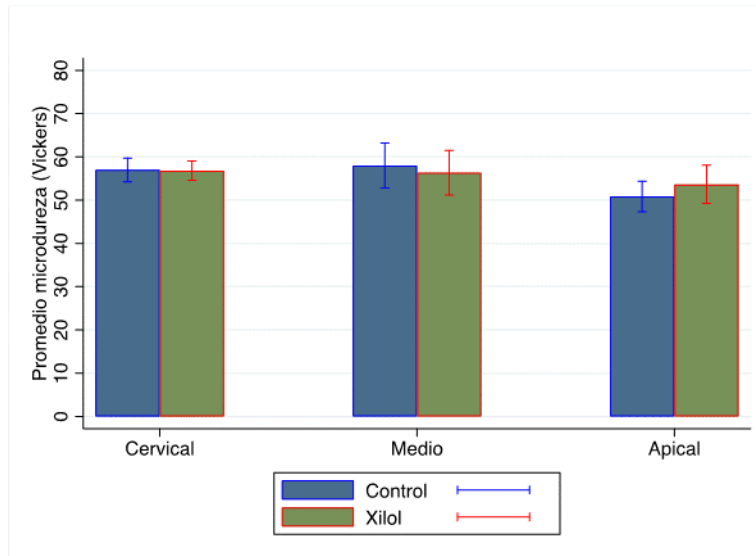
Artículo 48. Esta investigación deberá observar además del debido respeto al cadáver humano, las disposiciones aplicables del presente reglamento y demás normas relacionadas con disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.

4. Resultados

4.1 Microdureza de la dentina con la prueba de Vickers

La microdureza de la dentina fue igual entre los dientes sin y con exposición a Xilol, con un promedio reportado en la prueba de Vickers de 55.3 ± 3.0 HV en el grupo control en comparación de 55.6 ± 3.0 HV en el grupo expuesto a Xilol. Al evaluar la microdureza de acuerdo a la zona de la raíz del diente, se observó que la dureza en la zona media fue menor en los dientes desobturados con Xilol (Control: 58.9 ± 5.2 HV; Xilol: 56.3 ± 5.2 HV), pero mayor en la zona apical en comparación con los dientes que no recibieron preparación (Control: 50.8 ± 3.5 HV; Xilol: 53.7 ± 4.4 HV). En la zona cervical del diente la dureza fue igual (Control: 57.0 ± 2.7 HV; Xilol: 56.8 ± 2.2 HV). Estos hallazgos están representados en la Figura 3.

Figura 3. Media y desviación estándar de la microdureza medida por la prueba de Vickers de acuerdo a la exposición a Xilol. Las líneas representan la desviación estándar



4.2 Estructura química mediante espectroscopia de Raman

En general, tanto los dientes del grupo control, así como los del grupo expuesto a Xilol reportaron un pico máximo en aproximadamente 960 cm^{-1} correspondiente a niveles de hidroxiapatita, PO_4^3 . No se observaron diferencias en las curvas promedio del espectro de Raman entre los dos grupos de estudio (Figura 4). Se observó que los dientes analizados dentro de cada grupo presentaron un comportamiento similar (Figura 5). Adicionalmente, con base en la intensidad promedio encontrada en el espectrograma de Raman, se observó presencia de Amida III y CH₂ en los dientes analizados.

Figura 4. Espectro de Raman promedio para los dientes con y sin exposición a Xilol. Línea roja representa el pico máximo

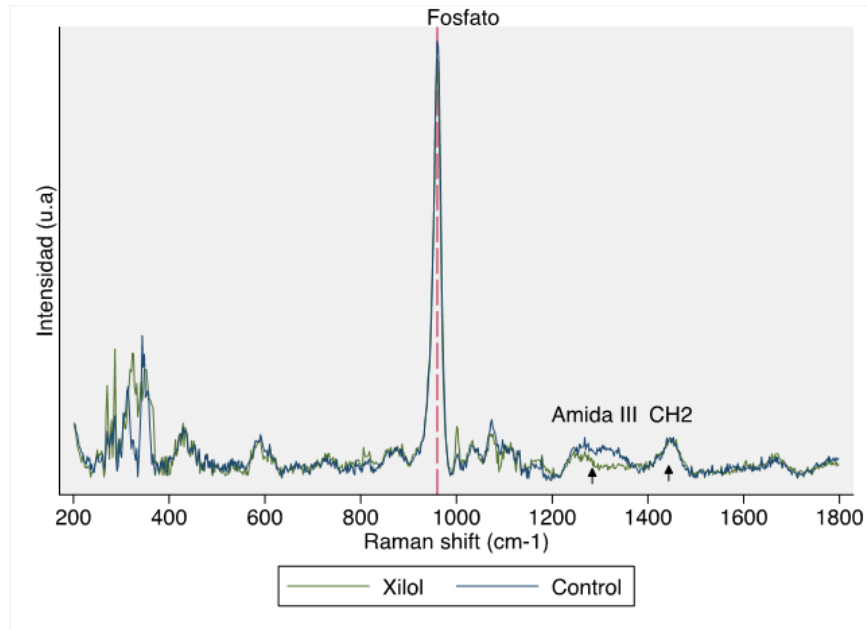
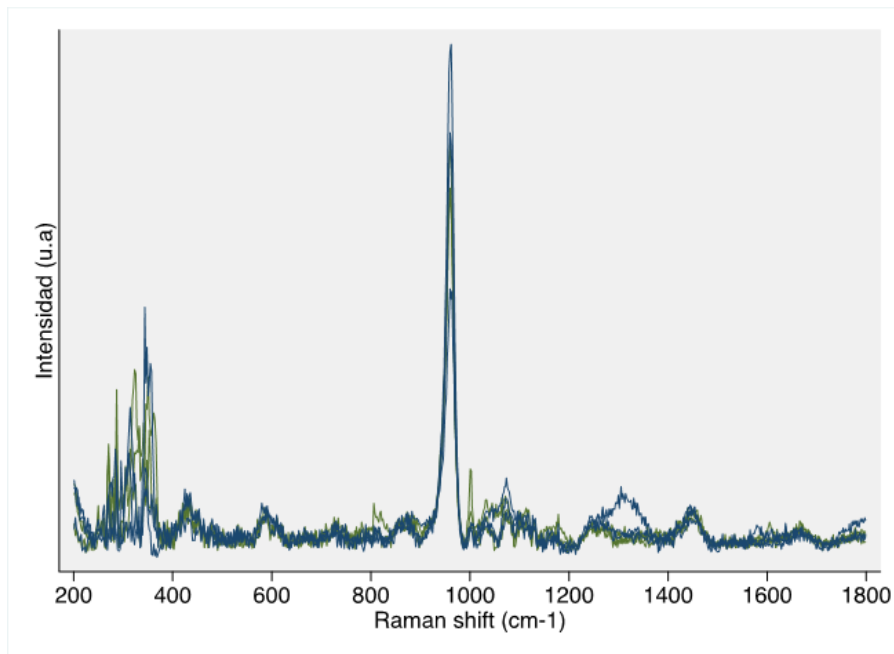


Figura 5. Espectro de Raman para cada uno de los dientes con (línea verde) y sin (línea azul) exposición a Xilol



5. Discusión

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del Xilol sobre la microdureza y la estructura química de la dentina luego del retiro de la gutapercha durante el retratamiento endodóntico. Kaufman et al. (1997) refieren que los solventes se usan durante el retratamiento de endodoncia para facilitar la eliminación de la gutapercha y el cemento sellador (Chalco & Meza, 2011; Kaufman, et ál, 1997).

El Xilol es el solvente más utilizado en la disolución de la gutapercha durante el procedimiento de retratamiento Endodóntico. La dentina está expuesta al solvente depositado en el conducto radicular y puede alterar las propiedades físicas y químicas afectando las partes orgánicas del esmalte y la dentina, agrandando los espacios intercristalinos lo que puede inducir a la formación de cracks y afectar la interacción de la adhesión con materiales de la restauración (Berman & Hargreaves, 2021; Khedmat, et ál, 2015).

Tjäderhane et al. (2019) reportaron que la estructura y la composición de la dentina consta de una fase inorgánica aproximadamente de un 70%, una matriz orgánica del 20% y agua en un 10%. Sin embargo la composición y estructura de la dentina es diferente en cada una de sus partes. El diámetro de los túbulos dentinales es mayor hacia la pulpa y menor hacia el esmalte o cemento. La dentina extracelular se divide en dos tipos: dentina intertubular formada por los odontoblastos durante la dentinogénesis y la dentina peritubular que se forma por mineralización dentro de las paredes de los túbulos dentinales (Fuentes, 2004; Tjäderhane, 2019).

La dentina apical es diferente al resto de la dentina radicular ya que el número y la regularidad de los túbulos disminuyen en apical, motivo por el cual es posible que en los resultados de esta investigación se vea un aumento en la microdureza de la dentina en el tercio apical diferente

del tercio cervical y medio. Además es probable que el Xilol no haya logrado llegar al tercio apical (Nalci, et ál, 2021).

Para determinar la microdureza de la dentina y su composición química se han utilizado el durómetro de Vickers que evalúa las propiedades físicas y la espectroscopía de Raman encargada de identificar la composición química. Lancheros (2015) usó estos métodos para evaluar el efecto de la sustantividad de la clorhexidina al 2% como irrigante final en la microdureza de la dentina radicular. En el presente estudio se utilizaron los mismos métodos. El análisis estadístico descriptivo del presente estudio determinó que la prueba de Vickers mostró diferencias en la microdureza con el uso del Xilol; las pruebas del durómetro de Vickers y espectroscopia de Raman presentaron ligera variación. Estos resultados coinciden con el estudio de Erdemir et al. (2004) quienes investigaron el efecto de los solventes halotano y cloroformo encontrando que ninguno de los dos mostró cambios en la microdureza de la dentina.

Rotstein et al (1999) evaluaron el efecto in vitro de los solventes: cloroformo, Xilol y halotano sobre la microdureza de la dentina, encontraron una disminución estadísticamente significativa en la microdureza del esmalte y la dentina en la mayoría de los grupos tratados con solventes, contrario al presente estudio la disminución de la microdureza estaba directamente relacionada con el tiempo de exposición, que se adapta a las condiciones clínicas del experimento.

Kumar et al. (2015) describieron el uso de la espectroscopia Raman para comprender las propiedades estructurales y químicas de la dentina y el esmalte. La fase mineral en la dentina y el esmalte se puede caracterizar esencialmente como apatita. La presencia de carbonato (tipo A y B) incorporado en la red de hidroxiapatita también se confirma por la presencia de bandas espectrales. La fase orgánica, que se compone principalmente de colágeno tipo I, se confirma por las bandas

espectrales de amida I y amida II, triptófano y fenilalanina. Similares hallazgos se encontraron en el presente estudio (Kumar, et ál., 2015; Coello, et ál., 2015; Fattibene, et ál., 2005).

En la actualidad la espectroscopia de Raman ha demostrado ser una herramienta útil para estudiar las propiedades químicas del esmalte y la dentina especialmente para evaluar la presencia de caries tempranamente (Ramakrishnaiah, et ál., 2015). Por su parte, Méndez et ál., (2022) evaluaron los cambios morfológicos en la superficie de la dentina mediante los métodos espectroscopia Raman y la prueba de microdureza Vickers, encontraron menor microdureza en los dientes desobturados con Xilol y demostraron que el Xilol y el ácido cítrico presentan los mismos efectos químicos sobre la dentina.

En el estudio realizado no se evidenciaron cambios importantes en la composición de la dentina diferente al estudio de Kaufman et al. (1997) quienes reportaron mayores niveles de calcio y fosforo en dientes desobturados con solventes de gutapercha, incluido el Xilol, sugiriendo que los solventes pueden modificar la composición química de la dentina.

Guzmán (2018) analizó la microdureza de la dentina con el durómetro de Vickers y la espectroscopia de Raman con pasta triantibiotica como medicamento intraconducto, encontrando un aumento en la concentración del carbonato lo que supone una disminución de la dureza contrario al presente estudio donde se evidencia ligeros cambios de la banda correspondiente al fosfato 960 cm^{-1} . Cabe agregar que Tsuda et ál., (1997) afirmaron que la Para determinar la microdureza de la espectroscopia de Raman es potencialmente útil para monitorear los procesos químicos, sin embargo, es difícil el uso del espectrómetro para realizar mediciones en la dentina debido a la fluorescencia causada por los componentes orgánicos de la dentina tras la excitación con el láser. Además, la absorción de la luz láser por la matriz puede generar calor excesivo y causar cambios en el mineral de la dentina. El método utilizado consistió en triturar los dientes

mediante agitación ultrasónica para analizar las muestras expuestas a NaOCl, NaF y APF (factor de empaquetamiento atómico) encontrando cambios medibles en las intensidades de las bandas, contrario al método utilizado en el presente estudio donde el espectrómetro fue aplicado en el tercio medio sobre la dentina.

Carvalho et al. (2009) encontraron cambios físicos y morfológicos que sufre la dentina al estar expuesta a los tratamientos químicos utilizando hipoclorito de sodio, es un agente proteolítico capaz de eliminar material orgánico, magnesio y los iones de carbonato de la superficie de la dentina. Se ha evidenciado que el hipoclorito de sodio tiene efectos negativos sobre el contenido mineral de la dentina, lo cual hace que se reduzca las propiedades mecánicas del conducto radicular razón por la cual en el presente estudio no se utilizó el hipoclorito de sodio como irrigante en la preparación (Marending, et ál., 2007).

El principal hallazgo de esta investigación sugiere que el uso de Xilol en retratamiento tiene ligeros cambios en la microdureza de la dentina. Se debe tener en cuenta que se presentaron cambios en ambas pruebas, aunque no existió una variación demostrable con las del grupo control debido al tamaño de la muestra no se pudo aplicar una prueba estadística que determine si esta variación es significativa y poder comprobar si se afectó o no la microdureza, razón por la cual se recomienda seguir con esta investigación.

5.1 Conclusiones

Los resultados de este estudio no sugieren cambios en la microdureza y en la estructura química de la dentina asociado al uso de Xilol. Debido al tamaño de la muestra, este proyecto puede considerarse un estudio piloto y, por lo tanto, los hallazgos aquí encontrados no proporcionan suficiente evidencia para tomar decisiones en la práctica odontológica rutinaria.

Adicionalmente, de acuerdo a la evidencia actual, no se recomienda el uso de solventes durante los procedimientos de retratamiento, debido a que todos los componentes disponibles han demostrado algún grado de toxicidad para el paciente o para el odontólogo.

5.2 Recomendaciones

En relación a las limitaciones y conclusiones obtenidas en el presente estudio, las siguientes recomendaciones son realizadas:

Es necesario realizar una investigación que permita evaluar el efecto de diferentes solventes de gutapercha en la microdureza de la dentina, así como en su composición química con el uso de la espectrografía de Raman. Esta investigación podría incluir el Xilol, eucaliptol, aceite de naranja, así como el uso combinado con métodos de preparación mecánica.

La principal debilidad de esta investigación es el reducido tamaño de la muestra, por lo que se recomienda a futuro realizar un cálculo previo que garantice el suficiente poder estadístico para detectar una diferencia mínimamente significativa entre los grupos.

Referencias

- ARMOTEC. (2020). *NOVA 130/240 IMP*. Recuperado el 02 de 06 de 2022, de <https://armotec.pe/producto/mecanico/durometros/vickers/nova-130-240-imp/>
- Bergenholtz, G. (2016). Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *Journal of Oral Rehabilitation*, 43(10), 753-758.
- Berman, L., & Hargreaves, K. (2021). *Cohen. Vías de la Pulpa*. Elsevier.
- Carvalho, R., Tjäderhane, L., Manso, A., Carrilho, M., & Carvalho, C. (2009). Dentin as a bonding substrate. *Endodontic Topics*, 21(1), 62-88.
- Chalco, L., & Meza, J. (2011). Retratamiento endodóntico no quirúrgico. *Revista Estomatológica Herediana*, 21, 231–236.
- Coello, B., López, M., Rodríguez, M., Serra, J., & González, P. (2015). Quantitative evaluation of the mineralization level of dental tissues by Raman spectroscopy. *Biomed Phys Eng Express*, 1. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/1/4/045204>
- Cruz, A., Sousa, M., Novak, R., Gariba, R., Pascoal, L., & Djalma, J. (2011). Effect of Chelating Solutions on the Microhardness of Root Canal Lumen Dentin. *Journal Endodontic*, 37(3), 358-362.
- Erdemir, A., Eldeniz, A., & Belli, S. (2004). Effect of the gutta-percha solvents on the microhardness and the roughness of human root dentine. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(11), 1145–1148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01368.x>
- Fattibene, P., Carosi, A., de Coste, V., Sacchetti, A., Nucara, A., Postorino, P., & Dore, P. (2005). A comparative EPR, infrared and Raman study of natural and deproteinated tooth enamel and dentin. *Physics in Medicine and Biology*, 50(1095).

- Flores, A., & Pastenes, A. (2018). Técnicas y sistemas actuales de obturación en endodoncia. Revisión crítica de la literatura. *KIRU*, 15(2), 85-93.
- Friedman, S., & Mor, C. (2004). The success of endodontic therapy--healing and functionality. *J Calif Dent Assoc*, 32, 493-503.
- Fuentes, M. (2004). Propiedades mecánicas de la dentina humana. *Avances en Odontoestomatología*, 20(2), 79-83.
- Guzmán, S. (2018). *Valoración de la microdureza y la estructura química de la dentina en endodoncia regenerativa [Tesis doctoral]*. Universidad de Murcia. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10201/64719>
- Hulsmann. (2013). Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endodontic Topics*, 29(1), 55-86.
- Kaufman, D., Mor, C., Stabholz, A., & Rotstein, I. (1997). Effect of gutta-percha solvents on calcium and phosphorus levels of cut human dentin. *Journal of Endodontics*, 23(10), 614-615.
- Khedmat, S., Hashemi, A., Dibaji, F., & Kharrazifard, M. (2015). Effect of chloroform, eucalyptol and orange oil solvents on the microhardness of human root dentin. *Journal Dent Tehran*, 12(1), 25-30.
- Kumar, N., Mignuzzi, S., & Su, W. (2015). Tip-enhanced Raman spectroscopy: Principles and applications. *EPJ Techniques and Instrumentation*, 2(9), 1-6. <https://doi.org/10.1140/epjti/s40485-015-0019-5>

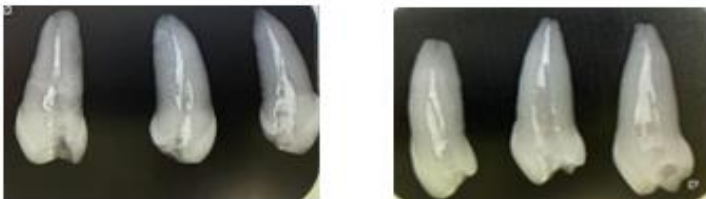
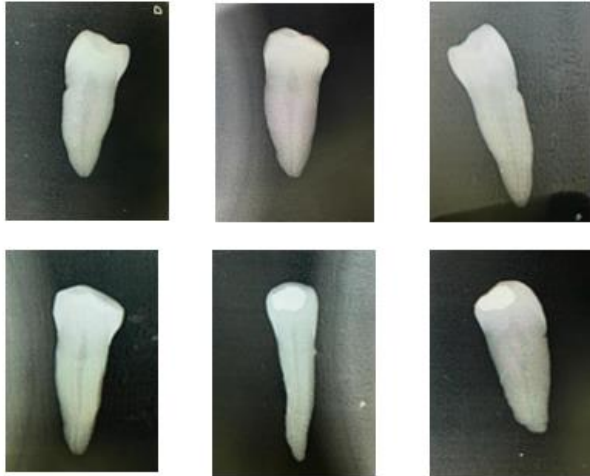
- Lancheros, S. (2015). *Efecto de la sustantividad de la clorhexidina al 3% como irrigante final en la microdureza de la dentina radicular [Tesis de especialización]*. Universidad Santo Tomás.
- Marending, M., Luder, H., Brunner, T., Knecht, S., Stark, W., & Zehnder, M. (2007). Effect of sodium hypochlorite on human root dentine-mechanical, chemical and structural evaluation. *international endodontic journal*, 40(10), 786-793.
- Martos. (2013). The effect of different organic solvents on the degradation of restorative materials. *European Journal of Dentistry*, 7(3), 347-351.
- Méndez, C., Rodríguez, A., Moreno, A., Mendieta, D., Yori, D., & Gutmann, J. (2022). Citric Acid: An Alternative for the Removal of Root Canal Filling Materials. *Journal of Odontology*, 6, 630-636.
- Nalci, G., Alaçam, T., & Altukaynak, B. (2021). Microhardness evaluation of root dentin after using resin sealer solvents. *Journal of Dentistry Research, Dentistry Clinics, Dentistry Prospects*, 15, 256-261. <https://doi.org/10.34172/joddd.2021.042>
- Orellana, N. (2009). *Estudio comparativo de tres sistemas adhesivos de grabado total, con diferentes solventes en condiciones de dentina y seca (estudio in vitro)*. Universitat Internacional de Catalunya.
- Oyama, K., Siqueira, E., & dos Santos, M. (2002). In vitro study of effect of solvent on root canal retreatment. *Jouernal Dental Brazil*, 13(3), 208-211.
- Ramakrishnaiah, R., Rehman, G., Basavarajappa, S., al Khuraif, A., Durgesh, B., Khan, A., & Rehman, I. (2015). Applications of Raman Spectroscopy in Dentistry: Analysis of Tooth

- Structure. *Applied Spectroscopy Reviews*, 50, 332–350.
<https://doi.org/10.1080/05704928.2014.986734>
- Rotstein, I., Cohenca, N., Teperovich, E., Moshonov, J., Mor, C., Roman, I., & Gedalia, I. (1999). Effect of chloroform, xylene, and halothane on enamel and dentin microhardness of human teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 87(3), 366–368.
- Ryge. (1961). Micro-indentation Hardness. *Journal of Dental Research*, 40(6).
- Siqueira, J. (2000). Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*, 34(1), 1-10.
- Tjäderhane, L. (2019). Dentin Basic Structure, Composition, and Function. En M. Versiani, B. Basrani, & M. Sousa-Neto, *The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition* (págs. 17-27). Springer.
- Tsuda, H., & Arends, J. (1997). Raman spectroscopy in dental research: a short review of recent studies. *Adv Dent Res*, 11, 539–547.
- Xu, C., & Wang, Y. (2012). Chemical composition and structure of peritubular and intertubular human dentine revisited. *Arch Oral Biol*, 57, 383–391.

Apéndices

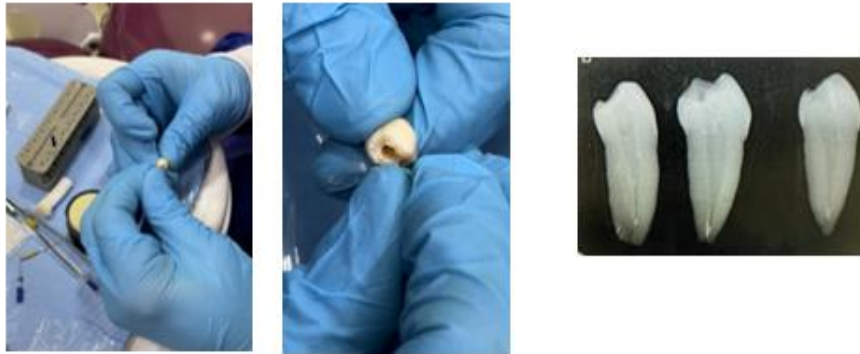
Apéndice A. *Secuencia del método*

Radiografías iniciales



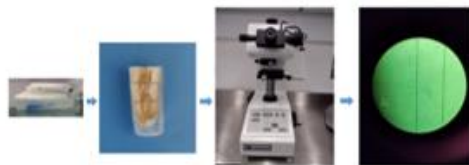


Desobturation con sistema GPR de Mani, xilol y limas hedstrom los dientes experimentales



Métodos

Seccionamiento de raíces, corte de corona clínica y planimetría de base para prueba de dureza superficial



Durómetro Indente MFC, modelo 1104, serial 674647 1304-00024 (Buehler Ltd., Chicago, Illinois), el cual consiste de una pirámide penetrante al material por medio de una carga definida en un tiempo determinado.
Carga aplicada 200 g x 15 segundos.

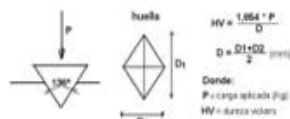
Medición de los diagonales de la indentación de la punta Vickers.
La longitud de la indentación es inversamente proporcional al número de dureza Vickers (HV).

Los resultados se presentan en unidades HVN.

3 indentaciones por muestra
1 indentación por lado en la zona más cerca al conducto radicular

Métodos

Fórmula aplicada por el durímetro para hallar el número de dureza Vickers (HVN)



ENSAYO DE DUREZA VICKERS

