



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UNIÓN DE POSTES ANATÓMICOS
DIRECTOS CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE CEMENTACIÓN
ADHESIVA.**

Rafael Leonardo Sanabria Porras

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de odontología

Bogotá, Colombia

2016

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UNIÓN DE POSTES ANATÓMICOS
DIRECTOS CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE CEMENTACIÓN
ADHESIVA.**

Rafael Leonardo Sanabria Porras

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al
título de:

Especialidad en rehabilitación oral.

Director:

Juan Norberto Calvo Ramirez. Profesor titular. Director grupo GRIMAD

Codirector:

Ricardo Enciso Martinez. Profesor

Línea de Investigación:

Línea de investigación en adhesión.

Grupo de Investigación:

GRIMAD

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de odontología

Bogotá, Colombia

2016

Resumen

Objetivo: evaluar la interacción adhesiva entre postes anatómicos y dentina intraradicular al emplear 4 protocolos diferentes de cementación adhesiva por medio de ensayos push-out.

Metodología. se utilizaron 28 premolares humanos extraídos recientemente a los cuales se le realizó tratamiento de endodoncia, se les incrementó el diámetro del canal radicular para la posterior fabricación de poste anatómicos los cuales fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos $n = 7$, de acuerdo a los siguientes protocolos de cementación: **G1=** H_3PO_4 / Scotch Bond multirpropose/ RelyX ARC, **G2=** Relyx U200, **G3=** ScotchBond Universal/ Relyx Ultimate **G4=** H_3PO_4 /ScotchBond Universal/ Relyx Ultimate. Después de la cementación, de cada raíz se obtuvieron 6 discos de 1 mm cada uno (2 de cada tercio) para la evaluación de la resistencia adhesiva mediante pruebas push out usando una maquina universal de ensayos. Los datos obtenidos fueron analizados mediante (ANOVA) y posteriormente el test de *Tukey*. El nivel de significación estadística adoptado fue de 5% ($\alpha = 0,05$).

Resultados. La doble interacción (sistema de cementación vs región radicular) fue significativa ($p < 0,001$), el grupo 4: (ULT CA) fue el único que presentó valores estadísticamente semejantes en todos los tercios.

Conclusiones: El protocolo de cementación que emplea grabado previo con ácido fosfórico al 37%, la aplicación de un adhesivo universal Scotch Bond Universal y el cemento resinoso de polimerización dual relyx Ultimate puede aumentar la supervivencia de postes anatómicos.

Palabras clave: Postes anatómicos, postes de fibra, cementación adhesiva, Push out.

Abstract

Aim: Assess the bond relationship between anatomic post and intraradicular dentine when used 4 different protocols of bonding luted through of push out test.

Methodology. Human freshly extracted 28 humans premolars were endocontically treated, later the canal diameter was increased for build anatomic post and divided into 4 groups (n:7) following the luting protocols **G1=** H₃PO₄/ Scotch Bond multipurpose/ RelyX ARC, **G2=** Relyx U200, **G3=** ScotchBond Universal/ Relyx Ultimate **G4=** H₃PO₄/ScotchBond Universal/ Relyx Ultimate. After luted, each root was cutted in 6 root slices (discs) of 1 mm (2 slices for each radicular third) to assess the bonding strength using universal testing machine. Data were analyzed using ANOVA and test Tukey, the level of estadistic singnificance was 5% ($\alpha = 0,05$).

Results. Signiticative double interaction (luting system and radicular region) was observed (($p < 0,001$). The group 4 was the only one that showed. similar results in all thirds.

Conclusions. The bonding protocol that used the combination of etche with 37% of phosphoric acid, followed by using universal scotch bond and relyx Ultimate cement can increase the anatomic post survival.

Keywords: (Anatomic post, Fiber post, Adhesive cementation, Push out.)

Contenido.

1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Dentina	3
1.1.1 Características de la dentina tratada endodónticamente	5
1.2 Rehabilitación del diente tratado endodónticamente	7
1.2.1 Consideraciones para el tratamiento de dientes tratados endodónticamente	8
1.2.2 Elementos de retención intraradicular colados	9
1.2.3 Elementos de retención intraradicular prefabricados	10
1.2.4 Elementos de retención colados vs prefabricados	12
1.2.5 Postes de fibra de vidrio	14
1.2.6 Cementación de postes	15
1.2.7 Adaptación de los postes a la anatomía del canal radicular	18
1.3 Pruebas de Push Out	19
2. DISEÑO METODOLÓGICO	21
2.1 Tipo de investigación	21
2.2 Población universo	21
2.3 Tamaño de la muestra	21
2.4 Unidad de estudio	21
2.5 Criterios de inclusión	21
2.6 Criterios de exclusión	21
2.7 Prueba estadística	22
2.8 Procedimiento	22
3. RESULTADOS.	32
4. DISCUSIÓN.	34

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1 Conclusiones	38
5.2 Recomendaciones	38
6. BIBLIOGRAFÍA	39

Lista de figuras

1. Esquema de thin slice push out.....	20
2. Limpieza, almacenamiento y decoronación de las muestras.	22
3 Radiografías periapicales de control.....	23
4 Tratamiento endodóntico de los especímenes.....	24
5 Creación de conductos artificiales.	25
6 esquema resumido de la elaboración de postes anatómicos.....	26
7 Materiales utilizados en los diferentes protocolos de cementación.	27
8 Jeringa de insulina cero - reemplazo de jeringa Centrix	27
9 Eppendorf y olidef cz –humedad relativa.	28
10.,Preparación de los especímenes para el corte y obtención de discos.	28
11 Discos radiculares de 1mm para prueba mecánicas.....	29
12 Almacenamiento de discos en microplacas divididos según protocolo de cementación y tercio radicular.	29
13 Medición de los discos para determinar el área adhesiva.....	30
14 Pruebas de push out con maquina universal de ensayos INSTRON.	30
15 Falla del poste anatómico posterior a prueba mecánica.	31

Lista de tablas

Tabla 1. Valores promedios y desviación estándar de resistencia de unión (MPa) para los diferentes sistemas de cementación en las diferentes regiones radiculares 32

Introducción

La elaboración de elementos de retención intra-radicular se ha usado desde hace mucho tiempo para restaurar dientes que presentan una pérdida considerable de su estructura coronal que implica la eliminación del tejido pulpar del mismo. Se han propuesto diferentes técnicas y materiales para la reconstrucción de dientes tratados endodónticamente desde el tradicional y ampliamente usado núcleo colado hasta los recientes sistemas de postes prefabricados.(1)

El oro tipo III o IV ha sido usado durante décadas para la fabricación de elementos de retención intra-radicular colados con un porcentaje de éxito de 90.6 en un estudio según Bergman y cols 1996 citado por Cheung en 2005, pero a pesar de esto y de sus óptimas propiedades mecánicas tiene como desventaja la alteración del color cuando se usan restauraciones totalmente cerámicas.(2)

En la actualidad, debido a la demanda estética, el uso de postes prefabricados, dentocoloreados no metálicos, ha tenido gran aceptación, esto ha generado la creación de una gran variedad de sistemas con diferentes materiales, tales como: resina epóxica reforzada con fibra de vidrio, zirconia, resina epóxica con fibra de carbono, polietileno reforzado(3). Es posible hacer un grupo comúnmente denominado postes FRC por sus siglas en inglés de composite reforzados con fibras (cuarzo, carbono o fibras de vidrio) embebidas en una matriz de resina de metacrilato o epóxica.(4)

Varios artículos favorecen el uso de postes FRC comparados con sistemas metálicos, no solo por sus cualidades estéticas, también, por que al evaluar el tipo de falla que se presenta es posible concluir que las fracasos catastróficos disminuyen (5). Incluso al comprar los FRC de fibra de vidrio contra núcleos colados en oro, también se evidencia que las fracturas se presentan a nivel del muñón es decir son reparables, mientras que con el sistema tradicional de colado las fallas comprometen seriamente la raíz dental. (6)

Diversas cualidades de los FRC han sido evaluadas y mejoradas dentro de ellas sus diseños con el fin de conseguir menor concentración de esfuerzos y un mejor ajuste dentro del canal radicular conservando una mayor cantidad de estructura

radicular.(7) en algunas situaciones clínicas en donde el canal radicular es demasiado amplio no permite el ajuste entre el conducto y el elemento de retención intra-radicular; se han propuesto diversas opciones para conseguir la adaptación entre estos , dentro de los cuales están el uso postes prefabricados accesorios(8), la complementación del conducto con resina compuesta (9) o copiar la morfología intra-radicular de forma directa con resina adherida al poste a lo que se denomina poste anatómico (7) siendo esta última técnica la que la fractura a la resistencia y fuerza de adhesión la que presentaba una situación comparable con un poste con buena adaptación en estudios in-vitro (10).

A pesar de las características estéticas y mecánicas favorables de los postes de fibra de vidrio , la adhesión de estos postes en la región intra-radicular presenta varios desafíos para el clínico, dentro de los cuales encontramos las características propias de la dentina (11), la densidad y la orientación de los túbulos de la dentina (12)la presencia de smear-layer intra-canal (13), control de humedad dentro del conducto radicular (14), la sensibilidad de la técnica durante la aplicación de sistemas adhesivos (15) y la contracción de polimerización de cementos de resina (16).

Además de las características propias del sustrato, el clínico encuentra una serie de dificultades relacionadas con la técnica. Esto, en relación a la selección del material cementante que bien puede ser resinoso de autocurado, curado dual o fotocurado y al uso de adhesivos auto-grabadores o que requieren acondicionamiento ácido previo. Tradicionalmente los adhesivos autograbadores y los cementos resinosos de curado dual han sido usados para la cementación de postes de fibra. Sin embargo una nueva generación de adhesivos, llamados universales (que generalmente poseen moléculas de MDP), han sido desarrollados con el fin de mejorar y simplificar los pasos clínicos. Estos adhesivos han demostrado un incremento en los valores de resistencia de unión en dentina (17) y en zirconia (Kim et al 2015); alegando una unión química entre sustratos.

Sin embargo, para incrementar la posibilidad de éxito cuando se utilizan postes prefabricados, es necesario tener en cuenta algunos principios que describe la literatura como: recubrimiento cúspideo, máxima preservación de estructura coronal y radicular, efecto de férula .(1) (4)

1. Marco teórico

1.1 Dentina

Los odontoblastos son células de origen ectomesenquimal diferenciadas que forman la dentina. Embriológicamente el órgano formativo de la dentina es la paila dental, sin embargo, es importante establecer que son las células epiteliales de la vaina radicular de Hertwig quienes después de iniciar su diferenciación de los odontoblastos forman la dentina radicular. (20)

la dentina, en términos de Phasley en 1996 se puede definir como un compuesto biológico poroso conformado una matriz de colágeno rellena por partículas de cristales de apatita la cual se formó gracias a la acción de odontoblastos secretores de colágeno(21). la dentina esta compuesta una fase inorgánica predominante y una orgánica, la fase mineral compuesta principalmente por un fosfato de calcio cristalino denominado hidroxiapatita ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) compromete aproximadamente el 70% en peso y el 45% en volumen, mientras la matriz orgánica compuesta en un 90% por colágeno tipo I, el cual lo define Kishen en 2006 como un polímero tridimensional fuerte y fibroso(22), el 10% restante por proteínas no colágenas constituyen el 20% en peso y 33% en volumen, la fracción remanente corresponde a agua(20). El agua en la dentina puede encontrarse en dos formas , una denominada adherida que esta asociada con los cristales de apatita , el colágeno y la matriz de proteínas no colágenas y un segundo tipo llamada libre que se ubica al interior de los túbulos dentinales y otras porosidades de la dentinales (22).

Cada uno de los principales componentes de la dentina le brinda características particulares al tejido dentinal. Por un lado, la fracción inorgánica provee la dureza y el punto de ultima resistencia, mientras la fracción orgánica permite evitar la propagación de las fisuras del mismo modo en que mejora la capacidad de disipar las cargas , finalmente el agua mejora la habilidad para absorber esfuerzos, le confiere propiedades tiempo dependientes como la visco elasticidad y facilita la

distribución uniforme de las cargas y esfuerzos a través del bloque de dentina.(22)

Tal composición de la dentina, le confiere propiedades dentro de las cuales se destacan la viscoelasticidad y la anisotropía. Sin embargo, la principal característica de la dentina es la tubularidad ya que sus propiedades mecánicas incluyendo la adhesión dependen en gran medida de esta (23).

Las diferencias encontradas entre la dentina peritubular e intertubular, así como las variaciones en cuanto al contenido mineral de los túbulos y de la orientación de sus fibras colágenas le otorgan un comportamiento variable ante cargas en diferentes direcciones. (24)

Microscópicamente es posible identificar otras estructuras además de los túbulos dentinales como la dentina peritubular e intertubular, dentina interglobular, algunas líneas de crecimiento incrementales, y un área que solamente se puede observar en la porción radicular conocida como la capa granular de Tomes(20). Los túbulos dentinales son estructuras cónicas, en forma de S, cuyo diámetro más representativo se encuentra próximo a la pulpa dental y disminuye gradualmente en la medida que se acerca con la unión amelodentinal(20). Esta evidente disminución no solo hace referencia al radio de los túbulos, sino también, al número de túbulos en relación a la distancia con la pulpa dental (23).

La dentina localizada al interior de los túbulos dentinales es llamada dentina intertubular. Alrededor de los túbulos se puede evidenciar una matriz con un mayor grado de calcificación en forma de aro que se le conoce como dentina peritubular, por otro lado, es posible identificar especialmente en dientes humanos, áreas sin mineralizar o con un bajo grado de mineralización que reciben el nombre de dentina interglobular. La capa granular de Tomes se puede definir como un área con un incremento progresivo en la granulación que ocurre de la unión cementoamélica a el ápice dental (20).

Algunas propiedades mecánicas de la dentina son resaltadas por Dietschi y cols en donde se destaca la variación en el módulo elástico con relación a la porción evaluada, la dentina intertubular presenta valores de 17.7 Gpa en la proximidad a la pulpa y 21.1Gpa cerca a la raíz, mientras que la dentina peritubular tiene un promedio de 29.8Gpa. sin embargo se considera que en general el módulo elástico de la dentina esta entre el rango de 16.5 a 18.5 Gpa.(25)

Los túbulos dentinales tiene un diámetro que esta entre el rango de 0.5 a 4.0 μm y su densidad típica va desde 10000 hasta 96000 por mm^2 , (22) sin embargo estos números cambian en función a la zona del diente analizada. Según Jantarat y cols (2002) citados por Torres, en proximidad con la pulpa en la zona coronal se aproximan a 25.300- 32.300 por mm^2 , mientras que en la dentina radicular, el número de túbulos es de 24.000 mm^2 . Por otro lado en la dentina superficial de la zona coronal se observan cerca de 13.700- 16.500 mm^2 , mientras en la dentina radicular distante a la pulpa es posible encontrar un promedio de 12.000 mm^2 (24). En conclusión el número y regularidad de los túbulos presentan una marcada disminución en la porción radicular y es aun mayor en la zona apical.(23)

1.1.1 Características de la dentina tratada endodóticamente

En muchas ocasiones los dientes requieren de tratamientos de endodoncia debido a procesos cariosos, trauma o reiterativos procesos restauradores, la eliminación mecánica y química de la masa orgánica al interior del canal radicular trae consigo cambios físicos y químicos del substrato dentinal que repercuten en el comportamiento biomecánico de la dentina. Estos cambios ocurren a diferentes niveles la micro y macro estructura, la morfología y la composición.(25)

Cuando los dientes son sometidos a tratamiento del canal radicular aparecen una serie de factores que aumentan la posibilidad de fractura los mismos y según Kishen 2006 pueden clasificarse en 5 grandes grupos: 1.el efecto de las sustancias irrigantes, 2. el efecto de la interacción bacterias-dentina, 3. la pérdida de estructura dentinal, 4 cambios en la dentina asociados a la edad y por ultimo el efecto del elemento restaurador (22)

Aquellos órganos dentales que requieren de una terapia en su canal radicular poseen experiencias previas de trauma, procesos infecciosos como caries o procedimientos restauradores repetitivos que suponen una pérdida ya establecida de estructura dental, adicionalmente para llevar a cabo la terapia del canal radicular, es preciso eliminar sustancia dental coronal para acceder a la cámara y conducto pulpar respectivamente esto genera una alteración irreversible en la morfología dental, por otro lado cuando se realiza un nuevo tratamiento sobre un tratamiento previo aumenta la posibilidad de debilitar las paredes de los canales radiculares así como la aparición de fisuras y otros defectos(1), del mismo modo se puede evidenciar un incremento en la aparición de estas cuando para llevar a cabo la preparación del conducto se utiliza instrumental rotatorio frente a

instrumental manual según (Yolas y cols 2012) y (Liu y cols 2013) citados por Baba y Goodacre.

A la pérdida de vitalidad dental se asocia una alteración en la humedad que afecta el agua libre dentinal y que representa una disminución del 9% de la humedad propia de la dentina (Helfer y Cols 1972). Esta reducción en el contenido de agua genera un ligero impacto en las propiedades mecánicas especialmente el módulo elástico y el límite proporcional (25).

Otro factor importante que genera un impacto negativo en el tejido dentinal es el uso de agentes químicos irrigantes y/o el empleo de sustancias quelantes para acondicionar el substrato dentinal(25)(24). Tales sustancias deben cumplir idealmente con todas las siguientes funciones: favorecer la remoción de detritus, tener una acción lubricante que facilite la remoción de tejido dentinal así como reducir la fricción del instrumental durante la preparación, disolución del tejido inorgánico (dentina) y orgánico (colágeno, tejido pulpar y biofilms), tener efecto bactericida, no irritar o afectar los tejidos periapicales vitales ni ser caustico y no debilitar el diente(26), las sustancias más comúnmente utilizadas para tal fin son el hipoclorito de sodio en concentraciones entre 0,5% y 6% quien encabeza la lista de popularidad, recientemente el digluconato de clorhexidina, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 17% o el ácido cítrico para remover el smear layer(26)

Sin embargo, todas estas sustancias interactúan con el substrato dentinal y generan un deterioro irreversible en la fase orgánica e inorgánica que altera considerablemente las propiedades mecánicas de mismo. La aplicación de hipoclorito de sodio sobre el canal radicular demuestra su acción proteolítica así como su capacidad para fragmentar las cadenas peptídicas largas(25) del mismo modo tiene un efecto adverso en la resistencia flexural, la microdureza y módulo elástico de la dentina (22).

Los quelantes como el EDTA reducen sustancialmente la cantidad de calcio, también se ha demostrado que pueden afectar las proteínas no colágenas tales efectos conducen a una erosión de la dentina y su debilitamiento que se expresa como una disminución del módulo elástico y dureza de la misma(25).

Otro factor importante, es la interrelación que se da entre las bacterias presentes y la dentina pues muchos de estos microorganismos como: *Bacteroides gingivalis*, *B. asaccharolyticus*, *B. melanogenicus*, *B. loescheii*, *B. endodontalis*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum*, *C. gingivalis*, *C. Sputigena*, *Eubacterium saburreum*, entre otras, según Mayrand

y Grainer, tienen la capacidad de secretar colagenasas y proteasas no específicas que inducen la degradación del colágeno y esto conlleva a un detrimento de las propiedades mecánicas. (22)

El envejecimiento natural trae como consecuencia la aparición de dentina transparente fisiológica o dentina esclerótica, en donde se presenta un fenómeno de llenado gradual del interior de los túbulos con una fase mineral que inicia desde el ápice y se extiende hasta la porción coronal de la dentina. Bang y Ramm en 1970 establecieron el desarrollo de este proceso también en ausencia de vitalidad del tejido pulpar(22). Este proceso fisiológico disminuye la elasticidad y rigidez de la dentina , del mismo modo que reduce la resistencia a la propagación de fisuras o grietas.

La dentina esclerótica y el envejecimiento se convierte en exposiciones muy limitado rendimiento antes de la falla. La tenacidad a la fractura es más bajo, y la respuesta de tensión-deformación es característico de comportamiento frágil (31). Lo más importante, hay una reducción en la rigidez y la elasticidad de la dentina y una reducción de la resistencia a la propagación de grietas(1).

1.2 Rehabilitación del diente tratado endonticamente

En muchas ocasiones, procesos cariosos, traumas o procedimientos clínicos reiterativos generaran una afectación considerable la integridad estructural dental que comprometen la vitalidad pulpar es necesario desarrollar una terapéutica químico mecánica para la remoción del mismo. La necesidad de restauración del diente con aquella extensa ausencia estructural implica el uso de una prótesis fija individual para satisfacer la demanda estética y funcional, sin embargo, cuando el remanente dental es insuficiente para retener la restauración se hace indispensable el uso de un elemento de retención que involucre la porción intraradicular. (27)

El uso de elementos intraradicular para favorecer la retención de coronas dentales es un tratamiento de vieja data, pues se encontró que los japoneses durante la era Tokugawa(1603 -1867) usaban restauraciones dentales en madera cuyo diseño tenía un espigo para funcionar de manera similar a las modernas (28). Según Evans en 1923, finalizando la segunda década del siglo XVIII , el padre de la odontología moderna describió una técnica en donde usaba un poste de plata dentro de la raíz dental para retener coronas naturales o de ivorina(3). Casi dos décadas después, el mismo Pierre Fauchard en 1746 propuso la

inserción de espigos de madera dentro del canal radicular para soportar y retener un prótesis dental, esto es considerado por Grandini como el “verdadero primer poste de fibra”(29). Desde entonces se han propuesto diversos materiales y técnicas para el “reforzamiento” y retención de las coronas dentales en dientes tratados endodónticamente.

El empleo de postes intra-radicales colados en aleaciones preciosas o prefabricados metálicos ha sido aceptado durante muchos años como un tratamiento eficaz, sin embargo, en respuesta a la necesidad de postes dentocoloreados para satisfacer las necesidades estéticas, se encuentran en el mercado gran variedad de sistemas no metálicos, dentro de los cuales es posible identificar postes de resina epóxica o de metacrilato reforzadas con fibras de carbón, vidrio, cuarzo o de polietileno así como también algunos postes de zirconia (4).

1.2.1 Consideraciones para el tratamiento de dientes tratados endodónticamente

El éxito restaurativo en dientes tratados endodónticamente depende muchos más factores además de tratamiento endodóntico óptimo, dentro de estos factores podemos encontrar el recubrimiento cuspeo, según diversos autores citados por Baba y Goodacre los dientes que posterior al tratamiento endodóntico recibieron una corona completa presentaron un mayor supervivencia respecto a aquellos que no, dentro de estos autores se destacan Aquilino y Caplan quienes afirman que el promedio de supervivencia es 6 veces mayor para aquellos dientes que recibieron cubrimiento pulpar.(1)

Otro ítem de gran importancia es la máxima preservación posible de estructura coronal y radicular, pero es aún más importante es la presencia de efecto ferrule definido como la extensión de la dentina en 360° desde el margen de la corona hacia oclusal el cual después de ser abrazado por una corona proporciona un efecto protector al disminuir las tensiones en el diente (Stankiewicz y Wilson P. 2008) (30) diversos estudios se han desarrollado para evaluar la funcionalidad del efecto ferrule, Julosky y cols plantean que para mejorar el pronóstico del diente tratado endodónticamente es ideal contar con una extensión circunferencial de dentina de 1.5 a 2 mm coronal al margen de la restauración (30), en modelos matemáticos de elementos finitos se encontró que la descementación en la

interface poste- muñón y muñón-raíz , usando postes de fibra de vidrio y coronas totalmente cerámicas, se espera que suceda en ausencia de ferrule (31), la presencia de ferrule es un factor determinante en la distribución de esfuerzos , resistencia a la fractura y el modo de falla(32).

Desde luego, el tipo y las propiedades mecánicas de elemento de retención intraradicular juegan un papel fundamental(1), actualmente es posible encontrar diversos sistemas desde los colados metálicos hasta los postes prefabricados reforzados con algún tipo de fibras y estos varían entre si en cuanto a diseño, material entre otras .

1.2.2 Elementos de retención intraradicular colados

La confección de los espigos-muñones colados o también denominados núcleos colados es un proceso que puede catalogarse como artesanal, este consiste en copiar la morfología del canal radicular para posteriormente realizar la inyección de una aleación metálica en el laboratorio en una matriz que ha copiado el negativo del patrón tomado clínicamente, para algunos autores es una desventaja el hecho de requerir de dos citas y necesitar de un laboratorio.

Se han descrito dos técnicas para la fabricación de núcleos colados, la primera y más común es la técnica directa la cual emplea un patrón plástico calcinable que se introduce al interior del conducto radicular en donde es rebasado con una resina acrílica de micro-partícula autopolimerizable con el fin de copiar adecuadamente la anatomía del canal para después ser colado en alguna aleación dental. La técnica indirecta requiere al aplicación al interior del conducto de un material de impresión elastomérico y la reproducción de este en yeso para su posterior colado en el laboratorio(27)(33). Sin embargo , los estudios in vitro desarrollado por Rayyan y cols en 2016 y Al-Omari y cols en 2009 demostraron que el uso de la técnica directa o indirecta para la obtención de postes colados no afecta la precisión y ajuste del elemento de retención dentro del canal radicular (33)(34), resultados que coinciden con la revisión sistemática de Heydecke y Peters quienes añaden que la técnica tradicional requiere de mas tiempo para obtener el núcleo(27).

Los postes colados son considerados el gold standard para la rehabilitación de dientes con gran compromiso estructural coronal y tratados endodónticamente por su capacidad para copiar la morfología del canal radicular , la máxima

retención y soporte para la restauración definitiva (33), otras ventajas de este tipo de elementos retentivos incluyen su durabilidad, dureza y la posibilidad de un solo cuerpo que contiene poste y muñón lo que disminuye la probabilidad de falla al reducir las posibles interfaces, lo cual resulta favorable ante algunas situaciones clínicas, además, ofrecen mejor desempeño frente a otros sistemas en casos de pilares de prótesis fija de varias unidades y situaciones de hábitos parafuncionales como el bruxismo.

Para el colado de elementos de retención las aleaciones metálicas de oro tipo III y IV presentan el mejor desempeño clínico gracias su biocompatibilidad, no corrosión y al su modulo elástico que esta entre valores de 80 y 120 GPa favorecen el pronóstico del tratamiento al disminuir el riesgo de fractura radicular (35). Se han usado otras aleaciones pero si dureza puede predisponer al diente para sufrir una fractura radicular(2).

Teniendo en cuenta que los dientes que requieren de un elemento de retención colado son dientes ampliamente comprometidos su pronostico puede verse reducido con el paso del tiempo, sin embargo estudios recientes demuestran un tiempo promedio de supervivencia de 13.5 años(36).

1.2.3 Elementos de retención intraradicular prefabricados

Los postes prefabricados surgen como alternativa a los núcleos colados que permiten reducir el tiempo de trabajo y los costos así como también la posibilidad de contaminación del conducto radicular al eliminar la necesidad de laboratorio del mismo(35), tienen como desventaja la necesidad de preparación del canal radicular para conseguir el ajuste pasivo del mismo, de este modo incrementa el riesgo de perforación radicular y de alterar el sellado apical, por tal razón es indispensable conocer la conicidad, curvaturas e invaginaciones radiculares. (2) Inicialmente los postes prefabricados se fabricaron en diferentes metales en donde se destacan los de acero inoxidable, titanio, aleaciones oro y de titanio. Algunos de ellos tenían problemas de corrosión, o inducían reacciones alérgicas al contener Níquel y todos presentaban inconvenientes con la estética cuando la restauración definitiva es libre de metal (2)

Según la revisión hecha por Fernández y cols se deben tener en cuenta diferentes factores para seleccionar un sistema de postes u otro, dentro de esos factores están el largo y ancho de la raíz , la anatomía dental, la cantidad de

estructura coronal remanente, la biomecánica del diente a rehabilitar, las características del poste, la capacidad de adhesión, la retención del muñón, el material de la corona, la estética y finalmente la posibilidad de reparación(37).

Hacia la última década del siglo XX fueron desarrollados los postes con materiales reforzados los cuales establecieron una nueva tendencia para el tratamiento de dientes tratados endodónticamente, estos surgieron en respuesta a la necesidad de retenedores intra-radicales dentocoloreados. Actualmente es posible encontrar diversos sistemas no metálicos como los de zirconio, polietileno de alto peso molecular y los de materiales compuestos reforzados con fibras también conocidos como FRC por sus siglas en inglés (fiber reinforced composite) (3). Los postes FRC están compuestos de carbón, cuarzo o fibras de vidrio embebidos en una matriz de resina epóxica o metacrilato(4).

La fabricación de postes reforzados con fibras requiere de un proceso semi-automatizado conocido como pultrusion, el primer paso es producir una serie de barriles cilíndricos para posteriormente mecanizarlos mediante calor y así definir su diámetro y forma (29), tales como cilíndricos o paralelos, cónicos, cilindro-cónico o doblemente cónicos (4) y a su vez su superficie puede tener indentaciones, ser lisa o con ventanas (2), es posible encontrar en la literatura algunas ventajas y desventajas con relación al diseño de los postes por ejemplo los doblemente cónicos requieren de una menor eliminación de tejido dentinal y se adaptan mejor a la forma del canal contrario a los paralelos que demuestran ser más retentivos pero sacrifican una mayor cantidad de estructura radicular (4).

Los sistemas de postes reforzados con fibra de carbón fueron desarrollados en Francia por Duret y Renaud en 1998. Constan de una matriz de resina epóxica reforzadas con fibras unidireccionales de 8 μm de diámetro distribuidas de forma paralela al eje longitudinal del poste, las cuales representan el 64% en peso. Dallari y Rovatti reportan, citados por Baba, que este tipo de postes tiene la capacidad de absorber las cargas y distribuirlas a lo largo del conducto radicular.(3)

En la actualidad es posible encontrar sistemas reforzados con polietileno de alto peso molecular que permiten la reconstrucción del poste y el muñón en un solo bloque(4). Estos constan de cintas de fibras de polietileno tejido en una estructura tridimensional recubiertos con agentes que facilitan la adhesión a dentina, las cuales se introducen en el canal radicular y se foto polimerizan en su interior. Su diseño triaxial con intersecciones nodales evitan la propagación de las grietas al mismo tiempo que proveen retención mecánica para el cemento(3).

Otra clase de postes dentocoloreados son los llamados totalmente cerámicos compuestos por zirconia tetragonal policristalina estabilizada con ytrio (Y_2O_3), el cual es un material inerte, biocompatible que posee alta resistencia a la fractura y a la flexión .(3)(4)

Dentro de los sistemas de postes de materiales compuestos reforzados con fibras, se encuentran también los de resina epóxica reforzados con fibra de vidrio, sílice o cuarzo, sin embargo las fibras más comúnmente usadas son las basadas en sílice en porcentajes que varían entre 50% y 70% con la adición de algunos óxidos. El porcentaje de fibra de vidrio juega un papel importante en las características mecánicas del poste(4)

Para seleccionar el material de la restauración definitiva se debe considerar la posición del diente respecto al arco así como el contacto oclusal del antagonista, la condición endodóntica y el soporte periodontal del mismo(1).

Con respecto a los postes, además de su forma y material, existen diversos factores que también juegan un papel importante en la supervivencia de los mismos, dentro de ellas se destacan la longitud, el diámetro, los diferentes grados de angulación si es cónico, su translucidez y capacidad para promover el paso de la luz de fotocurado y finalmente su superficie para favorecer una mejor interacción con el material cementante(18).

1.2.4 Elementos de retención colados vs prefabricados

Es posible encontrar en la literatura diversos estudios que comparan los postes prefabricados con los colados así como también su desempeño en función del material que los compone.

El sistema de postes empleado para la retención de una corona tiene influencia en la fractura a la resistencia, la distribución de cargas y el esfuerzos de la dentina así como también el tipo de falla presentada. Del mismo modo la presencia de un adecuado remanente coronal que permita el efecto ferrule junto con materiales cuyas propiedades sean cercanas a las de la dentina resultan en una mejor distribución de las cargas y mayor resistencia a la fractura (32)

Gomez-Polo y cols en su estudio retrospectivo encontraron que no hay diferencia estadísticamente significativa en el promedio de supervivencia (83%) al comparar

postes prefabricados de titanio y núcleos colados en Cobalto-Cromo durante 10 años de seguimiento. El 44% de los dientes tratados presentaron alguna complicación endodóntica, periodontal o de la rehabilitación propiamente en donde la falla más común fue la des cementación del elemento de retención intra-radicular, encontrando que los colados fueron menos retentivos al compararlos con los prefabricados, sin embargo las fracturas radiculares y la presencia de lesiones cariosas fueron más comunes en dientes con postes prefabricados.(38)

Por otro lado, un estudio retrospectivo publicado por Raedel y cols en 2015 concluyó que los elementos de retención intra-radicales colados tienen un aceptable promedio de supervivencia a largo plazo (13.5) años, mientras que los postes reforzados con fibras aún no cuentan con estudios que permitan sacar una conclusión sobre su supervivencia a largo plazo(36).

Los dientes tratados endodónticamente que recibieron como elemento de retención núcleos colados presentaron fracturas oblicuas u horizontales que comprometían el tercio medio radicular o incluso fracturas verticales que establecían fallas catastróficas, mientras que aquellos tratados con postes reforzados con fibras presentaron fracturas en tercio medio radicular o en el muñón, sin embargo estas fallas son reparables, esto se puede explicar por algunos de estos dos factores o la combinación de ellos: la similitud en el módulo elástico entre poste y dentina y/o la posibilidad de la capa de cemento, resultado del ajuste pasivo del poste, para disipar las cargas oclusales disminuyendo la carga sobre directa sobre la raíz y de este modo reducir el riesgo de fractura radicular concluyeron Zhou y Wang en 2013(39).

Contrario a lo postulado por Zhou y Wang otra revisión sistemática basada en estudios clínicos, no soporta la indicación de postes reforzados con fibras basándose en la reducción de las fallas catastróficas, sin embargo sus autores aclaran que el estudio tiene un alto riesgo de sesgo.(40)

El resultado de varios estudios in-vivo e in-vitro incluidos en el meta-análisis de Zhou y Wang establece que el uso de postes de fibra prefabricados está indicado en presencia de un amplio remanente estructural de la porción coronal del diente tratado endodónticamente tratado, mientras que los colados pueden ser usados cuando la estructura coronal presenta un compromiso moderado o severo(39). La revisión de estudios in vitro de Baba y cols demostró propiedades mecánicas y físicas favorables de los postes prefabricados no metálicos (FRC) , sin embargo clínicamente, se ha reportado la pérdida de estos como la complicación más común(3).

La técnica tradicional de colado para obtener elementos intra-radicales retentivos para dientes uniradicales requiere de más tiempo así como también un mayor costo por los procedimientos propios de laboratorio y los materiales. Basándose en la revisión de 16 estudios de Heydecke y Peters, 6 de ellos in vivo, en donde no encontraron evidencia que favoreciera el uso de elementos colados o prefabricados; el uso de postes prefabricados puede reducir los tiempos de tratamiento y los costos del mismo(27).

1.2.5 Postes de fibra de vidrio

Los postes reforzados con fibras cementados con técnicas adhesivas han demostrado un mejor desempeño clínico con respecto a los de acero inoxidable y otros sistemas metálicos, esto se asocia a su módulo elástico bajo similar al de la dentina entre 18 y 42 Gpa(18).

Varios modelos matemáticos han sido empleados para evaluar el desempeño de los postes de fibra de vidrio. Un análisis de elementos finitos el que se modelaron dientes anteriores superiores junto con ensayos mecánicos en dientes bovinos dieron como resultado un mejor comportamiento biomecánico de los postes de fibra de vidrio con respecto a los colados, dado que estos últimos presentaron una mayor incidencia de fallas catastróficas que posiblemente esta asociado a una mayor concentración de esfuerzos dentro del canal radicular(32). Además esa alta concentración de esfuerzos puede inducir microfisuras en las interfaces cemento-poste o cemento-dentina que puede resultar en la permeabilidad bacteriana y lesiones periapicales(32). La reducción en la longitud del poste conduce a un incremento en la concentración de esfuerzos en la dentina radicular que puede incrementar el riesgo de fracturas(32).

La evaluación clínica a un año de dientes uniradicales del sector anterosuperior demostró una mayor asociación a una alta tasa de éxito entre postes de fibra de vidrio/ muñón en resina compuesta y coronas metal-cerámicas al compararlos con postes de fibra de carbón y postes prefabricados en la rehabilitación de dientes tratados endodónticamente(41). Para la restauración de dientes anteriores maxilares el uso de postes de fibra de vidrio puede considerarse una opción conservadora, que puede desempeñar un papel protector debido a los patrones de falla que permiten su reparación. incluso en dientes con solo los 2 mm de efecto ferrule o dientes que no cuenten con este(19).

Un estudio clínico controlado aleatorizado con un periodo de seguimiento de 4 años en el que para la restauración de cada uno de los dientes se utilizaron postes de fibras de vidrio concluyó que el riesgo de fractura incrementa en presencia de una menor cantidad de estructura coronal remanente(42).

La comparación entre postes de fibra de vidrio paralelos y cónicos dio como resultado una tasa de falla similar a dos años, sin embargo la presencia de superficies coronales disponibles para generar adhesión jugó un papel muy importante para el desarrollo de las fallas mas frecuentes que fueron la pérdida de retención del poste y la fractura del mismo, los dientes con 2 superficies presentaron un 19% de falla con respecto a un 4% de aquellos que contaban con mas de 2 superficies.(43)

Theodosopoulou y cols determinaron en su revisión sistemática que los postes de fibra de vidrio son significativamente mejor que los postes metálicos atornillados y mejores que los postes reforzados con fibra de cuarzo en estudios clínicos aleatorizados y ensayos clínicos aleatorizados respectivamente (44). Otro estudio clínico controlado aleatorizado demostró que tanto los postes colados en metal base como los postes prefabricados de fibra de vidrio presentan un buen y similar desempeño después de 3 años independiente de la localización del diente a restaurar(45).

La pérdida de retención que resulta en el desalojo del poste es la principal falla de postes reforzados con fibras con asentamiento pasivo y cementación con cementos resinosos(46)(19), esta des cementación ocurre por fallas en la interface cemento dentina (18).

1.2.6 Cementación de postes

Tradicionalmente los núcleos colados se han cementado con agentes convencionales como ionómero de vidrio, fosfato de zinc, mientras que para la cementación de postes de fibra de vidrio están indicados cementos resinosos de auto polimerización o de polimerización dual junto con sistemas adhesivos de grabado ácido previo o autograbadores. (47)

La penetración de un sistema adhesivo al interior de la dentina desmineralizada que expone la matriz colágena y genera una interacción micro mecánica entre ambos, es un proceso conocido como adhesión dentinal.

Los sistemas adhesivos pueden clasificarse en 2 grupos de acuerdo al tipo de acondicionamiento que se genera sobre el sustrato. El primero es llamado “grabado y lavado” en donde se realiza inicialmente una desmineralización, por separado, de la dentina superficial con un agente ácido, seguido de la aplicación de un imprimador y un adhesivo los cuales pueden estar contenidos en un mismo recipiente o por separado. El otro tipo es conocido como autograbado en donde se emplean monómeros ácidos junto con el imprimador con el fin de realizar la acción de estos en un solo paso, seguido de la aplicación del adhesivo. La activación de estos sistemas puede darse mediante polimerización por luz (fotocurado), por agentes químicos (autocurado) o la combinación de las dos (dual)(48).

En la literatura es posible encontrar diversas posturas frente a la efectividad adhesiva de cada uno de estos sistemas para la cementación de postes de fibra de vidrio, autores como Goracci y Ferrari citados por Ekambaram demostraron mejores valores de fuerza de unión al usar grabado ácido previo, sin embargo otros lo refutan(48).

Hanabusa concluyó en su estudio que pese a que el uso de adhesivos autograbadores resulta en una hibridación de baja calidad, se prefiriere su uso frente al acondicionamiento total previo debido a una mayor estabilidad de la misma(49). De Santis por el plantea a favor del acondicionamiento ácido un mejoramiento notable en la fuerza adhesiva evaluada en dentina(11)

Los cementos resinosos se pueden clasificar de acuerdo al tipo de polimerización en curado químico, por luz o dual. Para la cementación de postes de fibra de vidrio han sido ampliamente utilizados los duales, sin embargo se debe reconocer que en ausencia del curado por luz no hay un adecuado grado de conversión. La combinación de monómeros ácidos e hidrofílicos dio como resultado una nueva generación de cementos denominados cementos resinosos auto adhesivos, los cuales disminuyen el número de pasos haciendo la técnica de cementación menos sensible al reducir el número de pasos(48).

Hanabusa concluyó en su estudio que pese a que el uso de adhesivos autograbadores resulta en una hibridación de baja calidad, se prefiriere su uso frente al acondicionamiento total previo debido a una mayor estabilidad de la misma(49). De Santis por el plantea a favor del acondicionamiento ácido un mejoramiento notable en la fuerza adhesiva evaluada en dentina(11)

Algunos factores propios del cementante como: la atenuación de polimerización, la contracción de polimerización, el control de la humedad, la incompatibilidad química, la técnica de aplicación del cemento, el protocolo de cementación, entre otras influyen en gran medida con la supervivencia de las restauraciones retenidas mediante postes reforzados con fibra de vidrio(18).

Monticelli y cols postulan que un factor que puede favorecer la baja incidencia de fallas adhesivas en la interface poste-cemento puede ser la compatibilidad química entre resina de metacrilato tanto del poste como del cementante resinoso, además la aplicación de silano en esta interface mejora los valores al evaluar fuerza de adhesión.(50)

La fuerza de adhesión entre el poste y la dentina varía en función de la región radicular evaluada mediante pruebas de push out, en donde los segmentos pertenecientes al tercio cervical presentan valores significativamente mayores con respecto a los otros dos segmentos radiculares.(51)

La descementación es tal vez el tipo de falla más común cuando se restaura un diente con postes de fibra y esta asociado generalmente a una falla adhesiva en la interface cemento- dentina, esto se puede explicar por las características de la dentina tratada endodónticamente que se mencionaron previamente, del mismo modo la baja incidencia de este tipo de falla en la interface poste-cemento se puede asociar a la compatibilidad química entre las matrices tanto del poste de fibra como del cemento (resina de metacrilato)(50).

La foto polimerización tanto de los cementos curados con luz como los de curado dual para la cementación de postes, dependen de factores de la lámpara de fotocurado como la potencia, el modo y el espectro de luz; otros propios de foto polimerización como la atenuación de polimerización y finalmente la translucidez del poste que favorezca la transmisión de la luz del poste. (50) (52)

Los resultados del estudio de Rezende y cols de 2016, mostraron una fuerte interacción entre el nivel humedad presente en la dentina y el desempeño de los sistemas adhesivos en donde sus mejor resultados se presentaban cuando el conducto estaba ligeramente húmedo después de secar durante 10 segundos con la jeringa triple seguido de dos puntas de papel(53).

Otros factores como la reducción en el contenido de material de relleno de los agentes resinosos cementantes parece relacionarse con la posibilidad de mejorar el efecto adhesivo de los mismos, cuando de cementación de postes prefabricados reforzados con fibras a dentina intraradicular se trata.(54)

El espesor de la capa de cemento es un factor importante en la longevidad del elemento de retención y su respectiva restauración, una capa de mayor espesor implica una mayor cantidad de material, esto aumenta la probabilidad de falla en esta interface. La retención pasiva del poste puede mejorar mediante el ajuste preciso del poste en el espacio preparado para el mismo y una capa de cemento fina y uniforme(17).

La fuerza de adhesión en la dentina radicular varia en función de la región evaluada, lo valores son mayores en la zona cervical respecto a la zona apical, y esto se puede asociarse según Muñoz y cols a una polimerización deficiente, la presencia de residuos y una mayor dificultad para controlar la humedad.(17)

La evaluación mediante microscopia electrónica de barrido y confocal que desarrollaron Manocci y cols demostró la presencia de un elevado número de defectos o vacíos al interior de la capa de cemento, posiblemente explicados por la técnica empleada para la cementación de los postes(55). Al comparar diferentes técnicas para la inserción del cemento resinoso, De Oliveira y cols, concluyeron que el uso de jeringas centryx mejora la calidad de la capa de cemento en todas las superficies intraradiculares con una notable disminución en el número de imperfecciones lo que conduce a una mayor estabilidad en la fuerza de adhesión entre el poste y la dentina. (56)

1.2.7 Adaptación de los postes a la anatomía del canal radicular

En ocasiones, es posible encontrarse con dientes tratados endodónticamente con canales radiculares de gran diámetro que establecen un desafío para el clínico que va a rehabilitarlo con una corona libre de metal. Se han propuesto diferentes técnicas para hacer frente a este tipo de soluciones y conseguir la adaptación y ajuste del poste prefabricado.

Probablemente la primer técnica para el manejo clínico de canales radiculares amplios o acampados como se describen en la literatura fue postulada a mediados de la última década del siglo XX y consistía en el reforzamiento de las paredes intra-radicales con resina compuesta mediante el uso de postes poliméricos que facilitarían la foto polimerización y de este modo reducir el diámetro del conducto(9). Una técnica alternativa, es la mencionada por Martelli y cols en 2008 quienes buscan la adaptación del poste de fibra de vidrio empleando postes accesorios de menor diámetro para complementar el vacío creado por la morfología del canal radicular(8). En 2003 Grandini propone la

técnica conocida como postes anatómico directo, que consiste en copiar la morfología del canal radicular insertando en él, un poste prefabricado reforzado con fibras cubierto por una resina compuesta la cual es fotocurada al interior del conducto, previo aislamiento del mismo,(7) de tal modo que la resina compuesta complementa al poste para así lograr su ajuste. Posteriormente con el objetivo de eliminar la interface resina-poste se postulo el uso de postes anatómicos indirectos el cual consiste en tomar un patrón la morfología intra radicular en resina acrílica para después reproducirlo mediante la inyección de fibra de vidrio y la resina indicada por la casa matriz(57).

Estudios in vitro como los desarrollados por Clavijo y cols (57) y Gomes y cols(10) concluyen que los postes anatómicos (directos e indirectos) se pueden considerar como la mejor alternativa para el tratamientos de dientes con conductos acampanados dado que presentan valores de resistencia a la fractura y fuerza de adhesión similares a los encontrados en postes de fibra de vidrio con buen ajuste a la paredes del canal radicular. Por otro lado. Otro punto a favor de los postes anatómicos cuando se presentan fallas es la posibilidad de reparación debido al patrón que se presenta en la mayoría de las ocasiones.(58)

Gomes y cols reportan la sobrevivencia y permanencia del resultado estético obtenido mediante la realización de esta técnica para realizar el elemento de retención intra-radicular y la posterior restauración con una corona libre de metal a 3 años(59), Cárdenas y cols reportan la estabilidad clínica y radiográfica a 4 años de un diente el cual previamente había recibido retratamientos endodonticos y fue tratado con un poste anatómico directo, aclaramiento y carillas poliméricas.(60)

La confección de un poste anatómico directo es un proceso relativamente sencillo y económico que permite de manera rápida restaurar dientes con conductos acampanados que requieren de manejo con resultados altamente estéticos.

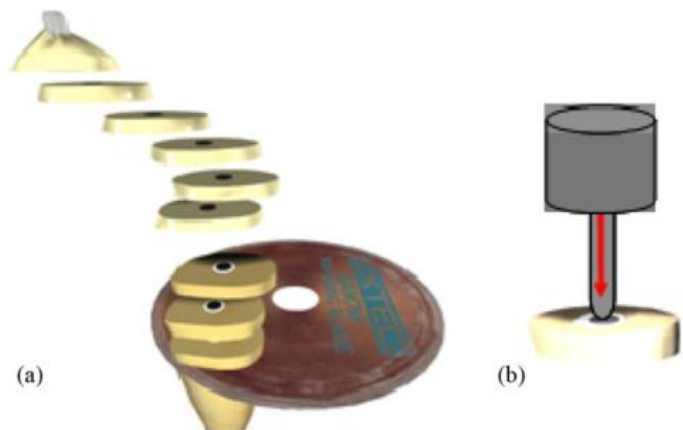
1.3 Pruebas de Push Out

La fuerza de adhesión de los postes ha sido evaluada mediante diversas pruebas de laboratorio en la que se emplea una maquina de ensayos universales como: micro tracción, pull out y push out con el fin de estimar la capacidad retentiva de los postes, o la resistencia adhesiva de las diferentes interfaces poste-cementos / cemento dentina. (61)

La prueba de microtracción permite una mejor distribución del esfuerzo a lo largo de la interface adherida gracias al pequeño tamaño de la muestra y ha permitido la evaluación de la fuerza de unión regional a lo largo del canal radicular. Siguiendo ese principio se desarrolló la prueba de micro push out o “thin-slice” push out (62). Este tipo de diseños que requieren de delgados cortes perpendiculares al eje longitudinal radicular (especímenes en forma de disco), tienen también a favor que reducen el numero de dientes necesarios para la recolección de datos, dado que de un diente se pueden obtener varios discos(61).

La técnica de “thin-slice” push-out es una modificación que involucra el seccionamiento de la raíz con el poste previamente cementado para obtener muestras de 1mm de espesor ,para posteriormente ejercer sobre el poste mediante un embolo de tamaño adecuado una carga compresiva hasta la falla(61). Esta técnica ha sido empleada para la evaluación de diferentes variables que pueden comprometer la adhesión como. propiedades de los agentes cementantes, materiales de los postes, el tipo de adhesivo y el modo de polimerización, la degradación de la adhesión bajo cargas cíclicas, entre otras.(61)

Al comparar las medidas de resistencia de la unión adhesiva de postes cementados a dentina del canal radicular entre ensayos de micro tracción y push out, el ultimo resultó ser más eficiente y confiable que las versiones de recorte y no recorte de la técnica de micro tracción (12)



1. Esquema de thin slice push out.

Tomado de Goracci C, et Al Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: A review. J Dent. 2007;35(11):827–35.

2. Diseño metodológico

2.1 Tipo de investigación

Experimental.

2.2 Población universo

Premolares inferiores de personas de ambos sexos que hayan sido extraídos con fines ortodónticos o por compromiso periodontal.

2.3 Tamaño de la muestra

28 premolares. 7 raíces por cada grupo (4 grupos).

2.4 Unidad de estudio

Dientes humanos.

2.5 Criterios de inclusión

Dientes premolares inferiores-unirradiculares sanos que hayan sido extraídos con fines ortodónticos o por compromiso periodontal.

2.6 Criterios de exclusión

caries, dilaceraciones profundas y tratamiento endodóntico previo, además de una longitud media de la unión cemento-esmalte y raíz (CEJ) de al menos 14 mm.

2.7 Prueba estadística

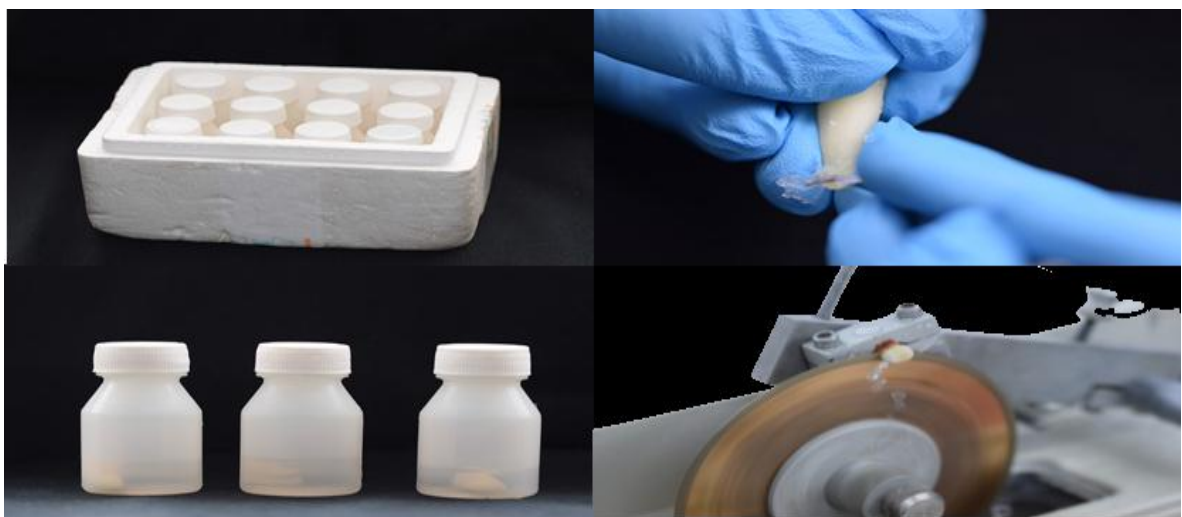
Los resultados de resistencia de unión obtenidos fueron evaluados por medio de análisis de varianza (ANOVA) de 2 factores, considerando como variables los siguientes factores: **sistema de cementación** y **región radicular**. Después, fue aplicado el test de *Tukey* para múltiples comparaciones. El nivel de significación estadística adoptado fue de 5% ($\alpha = 0,05$).

Todos los cálculos fueron realizados con el software estadístico SPSS® (Statistical Package for the Social Science) versión 17.0 (SPSS Inc. Chigaco Illinois, EUA).

2.8 Procedimiento

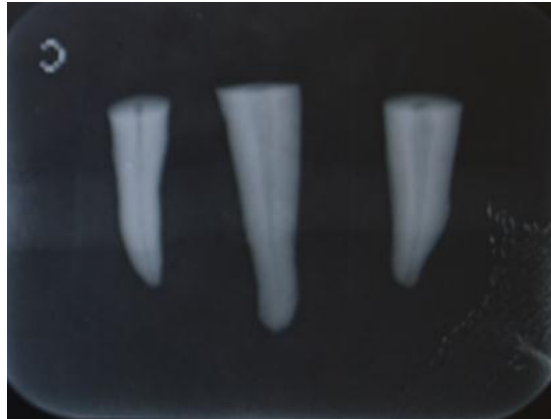
Se utilizaron 28 premolares inferiores-unirradiculares sanos los cuales fueron donados por los pacientes y bajo la supervisión del comité de ética de la facultad de odontología de la Universidad Nacional de Colombia.

Las muestras se trataron bajo un mismo protocolo de limpieza y almacenamiento. Los dientes fueron almacenados en recipientes plásticos herméticos que contenían cloramina T 0.5% a una temperatura de 4°, después se les retiró el ligamento periodontal adherido con la ayuda de curetas de Gracey y se almacenaron otra vez en los recipientes que los contenían para mantenerlos hidratados y desinfectados, posteriormente se realizó un corte a nivel de la unión amelodentinal interproximal, con la máquina de corte isomet 1000 para retirar la porción coronal de cada una de las muestras y se verificó que la longitud de la raíz fuera como mínimo de 14 mm.



2. Limpieza, almacenamiento y decoronación de las muestras.

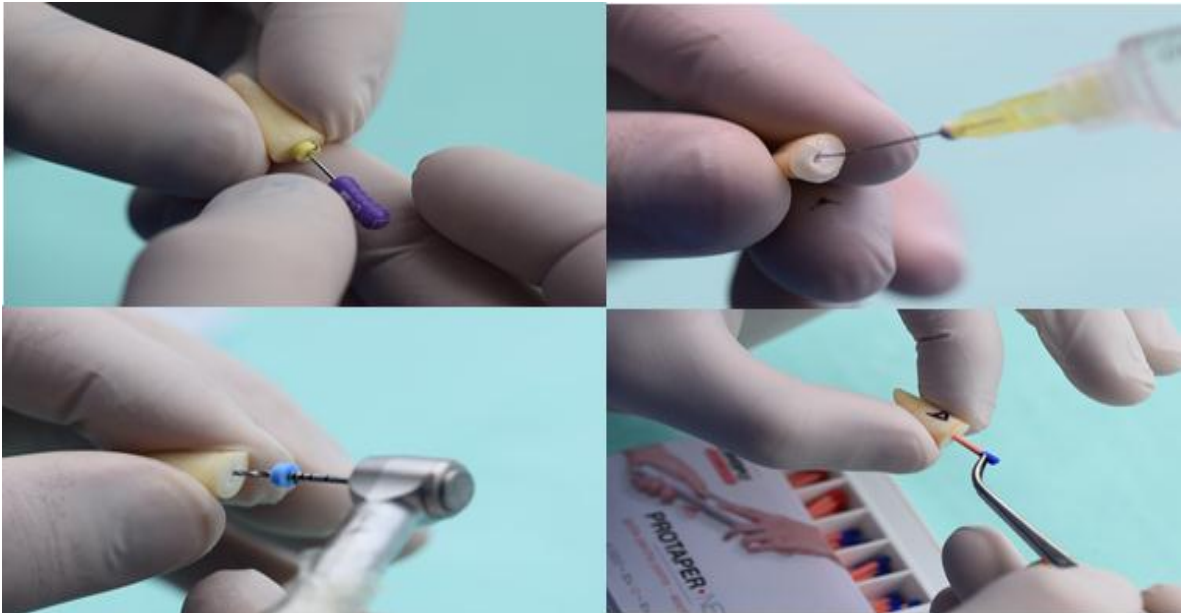
Se tomaron radiografías periapicales a cada una de las muestras, haciendo uso del servicio de apoyo diagnóstico de la universidad nacional de Colombia, con el fin de descartar alguna obstrucción del canal radicular y facilitar el tratamiento endodóntico.



3 Radiografías periapicales de control.

Un especialista en endodoncia (Dr fredy Jordan) preparó los conductos de cada una de las muestras utilizando el siguiente protocolo:

1. se estableció la patencia con una lima de pre-serie número 10,.
2. se estableció la longitud de trabajo de manera visual.
3. el conducto fue irrigado con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5% utilizando una jeringa monojet para la eliminación del tejido orgánico.
4. se realizó de la instrumentación del conducto radicular con el sistema rotatorio protaper next haciendo uso de las limas X1, X2, X3.
5. Los conductos fueron irrigados nuevamente con hipoclorito de sodio 5% e inmediatamente después con solución salina para la neutralización del conducto.
6. El conducto se secó con puntas de papel.
7. EL conducto se irrigó con EDTA (ácido etilendiaminotriacético) 17% durante 30 segundos.
8. El conducto se secó con puntas de papel.
9. Se realizó la conometria.
10. Los conductos fueron obturados con conos de gutapercha del sistema protaper next junto con cemento a base de resina epoxica (top seal (manipulado de acuerdo a las instrucciones del fabricante)) empleando la técnica de condensación lateral.



4 Tratamiento endodóntico de los especímenes.

La posterior desobturación del conducto se realizó por medio de fresas de Peeso 1, 2,3 hasta dejar solo 4 mm de gutapercha en el tercio apical de los canales radiculares. finalmente a las muestras se les tomaron radiografías periapicales para comprobar la ausencia completa de material y la verificación de la obturación en 4 mm apical de los conductos.

Las muestras fueron almacenadas en agua destilada a temperatura ambiente y trasportadas hasta el laboratorio de pruebas mecánicas del bloque m de la universidad estadual de pontagrossa, Paraná, Brasil.

Preparación de los conductos

Después de una semana de almacenamiento en agua destilada a 37 ± 1 ° C usando el autoclave de aire caliente Olidef cz, se llevó a cabo la preparación de los conductos radiculares por un mismo operador con la ayuda una pieza de alta velocidad y fresas Sorensen # FG 4137 para generar un conducto artificial uniforme para cada una de las muestras. La longitud de trabajo fue de 10 mm para todos los dientes, respetando el límite apical del material de relleno de 4 mm.



5 Creación de conductos artificiales.

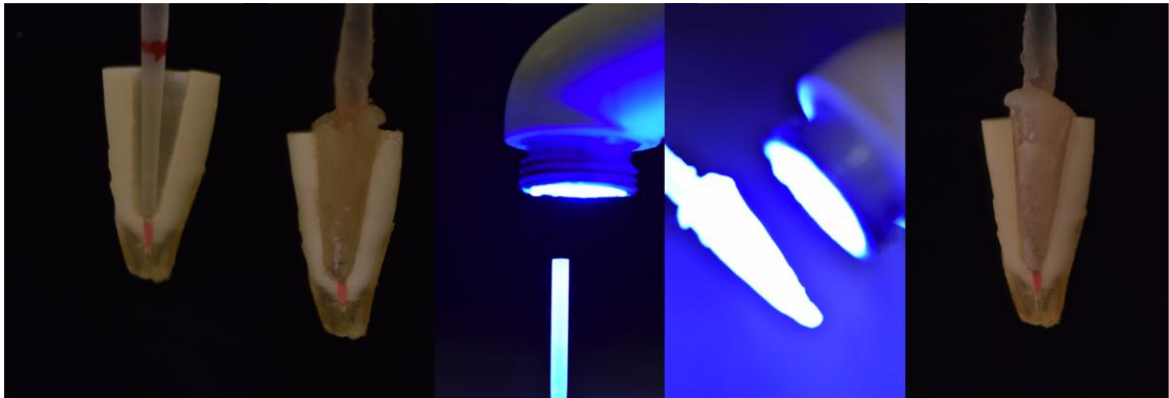
Elaboración de postes anatómicos

Antes de iniciar los procedimientos de cementación todos los postes fueron seccionados horizontalmente por medio de un disco de doble cara de diamante (KG Sorensen, Sao Paulo, SP, Brasil) bajo refrigeración constante en agua, dejando así una longitud de 13 mm, de manera que 10 mm del poste alcanzaron la longitud de trabajo de la raíz, y los otros 3 mm sirvieron como una guía para la distancia desde la lámpara de foto-curado a los especímenes.

Para la elaboración los denominados postes anatómicos se siguió el siguiente protocolo:

1. Los postes de fibra de vidrio (relyx fiber post diametro1.3mm 3M) se limpiaron con etanol al 70% durante 5 segundos utilizando una gasa.
2. Se realizó el acondicionamiento del mismo con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos.
3. El poste se lavó y secó con la jeringa triple a una distancia de 3 cm durante 15 segundos.
4. Se le aplicó al poste una capa de silano utilizando un microbrush y frotándolo durante 1 minuto.
5. Se secó con una jeringa triple a 3 cm de distancia durante 5 segundos,
6. Se le aplicó al poste una película de adhesivo utilizando otro microbrush y frotando durante 20 segundos.
7. La película sobre el poste fue secada con chorro de aire durante 5 segundos.
8. Se le aplicó al poste una nueva película de adhesivo frotando durante 20 segundos.

9. Se polimerizo la capa de adhesivo durante 10 segundos utilizando la lámpara de fotocurado radi plus II SDI
10. Los conductos radiculares fueron acondicionados con un gel glicerinado hidrosoluble KY utilizando un microbrush.
11. El poste fue cubierto con resina compuesta de fotocurado Llis A1 de FGM y se insertó en el conducto , se marcó la superficie vestibular del poste con lápiz y se retiró e insertó el conjunto (poste-resina) dos veces.
12. Se realizo la foto polimerización del mismo al interior del conducto durante 20 segundos,
13. finalmente el poste anatómico se retiró del conducto y se fotopolimerizó nuevamente durante 20 segundos por cada superficie.



6 esquema resumido de la elaboración de postes anatómicos

Los dientes fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos $n=7$. cada grupo recibió un protocolo de cementación adhesivo diferente y fueron distribuidos de la siguiente manera:

G1= Relyx U200, **G2=** Scotch Bond multirpropose/ RelyX ARC **G3=** ScotchBond Universal/ Relyx Ultimate **G4=** H_3PO_4 /ScotchBond Universal/ Relyx Ultimate.



7 Materiales utilizados en los diferentes protocolos de cementación.

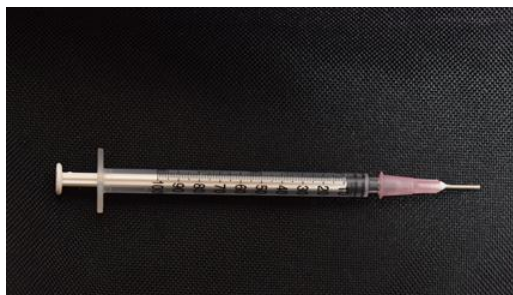
Cementación Adhesiva

Para la cementación de los postes se cumplió el siguiente protocolo.

1. Los conductos radiculares se limpiaron con 10 ml de solución de NaOCl al 2.5%.
2. Posteriormente se irrigaron con 10 ml de agua destilada.
3. Los conductos se secaron durante 3 segundos con aire y finalmente dos puntas de papel absorbente calibre 80.

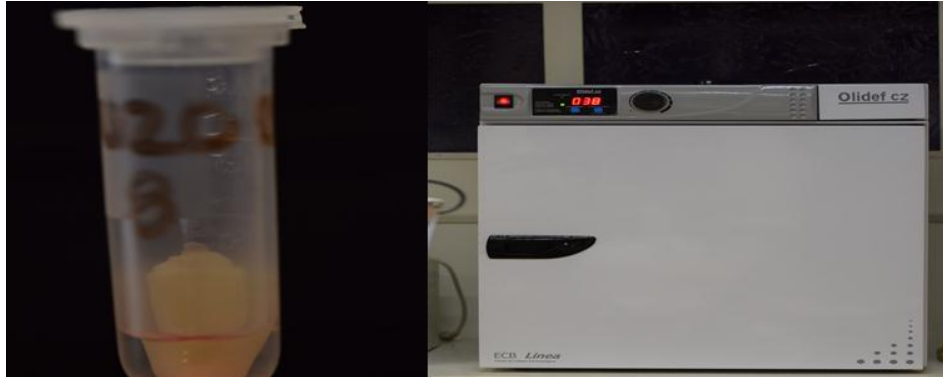
El proceso de cementación se realizó por un solo operador de acuerdo a los diferentes grupos experimentales, siguiendo las recomendaciones del fabricante para cada uno de los sistemas.

El cemento fue manipulado e introducido en el conducto por medio de una jeringa de insulina cero que funciona de la misma manera de que las jeringas centrix, posteriormente se estabilizaron los postes con una ligera presión de los dedos; se retiraron los excesos de cemento y el conjunto fue polimerizado por 40 segundos.



8 Jeringa de insulina cero - reemplazo de jeringa Centrix

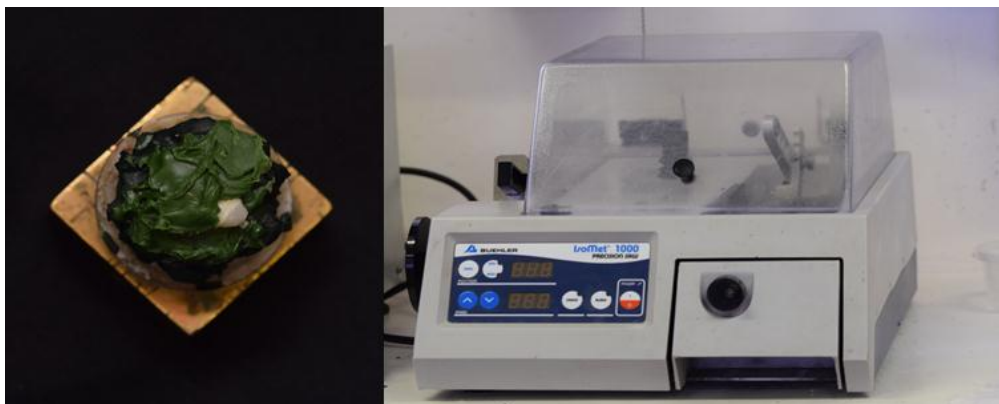
Después de la cementación, todas las raíces fueron almacenadas en tubos de Eppendorf con agua destilada a 37 ± 1 ° C durante una semana para simular la humedad relativa y temperatura intraorales.



9 Eppendorf y olidef cz –humedad relativa.

Preparación de los especímenes para test mecánico

Las raíces fueron embebidas en compuesto de modelar de baja fusión con el fin de fijarlos a el dispositivo de sujeción, cada una de las raíces fueron cortadas perpendicularmente a su eje longitudinal con la ayuda de un disco de diamante montado en una máquina de corte ISOMET 1000. Se obtuvieron discos con un espesor medio de $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, posteriormente se midieron por medio de un calibrador digital a 1 mm . Los cortes seriadas fueron realizados hasta la aparición de gutapercha en la región apical.



10., Preparación de los especímenes para el corte y obtención de discos.

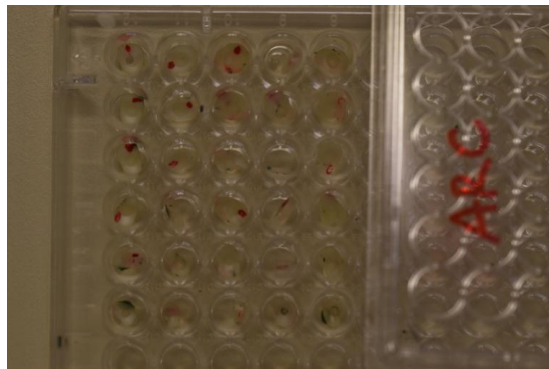
En cada uno de los discos obtenidos se estableció una marca para la definir cual era la superficie mas coronal del disco. El primer disco de todas las raíces coronarias se descartó debido al hecho de posibles excesos de cemento de resina en esa región, que podían influir en los valores de resistencia de unión.



11 Discos radiculares de 1mm para prueba mecánicas.

Por cada raíz se obtuvieron seis cuerpos de prueba (discos), distribuidos de la siguiente manera: tercio coronal (dos discos), tercio medio (dos discos), y tercio apical (dos discos).

Los especímenes fueron almacenados de acuerdo al protocolo recibido y al tercio radicular al que pertenecían en micro placas de 96 pozos que permitían su organización por grupos sin perder la individualidad de cada muestra, y fueron llevadas nuevamente al autoclave de aire caliente olidef cz durante 24 horas .



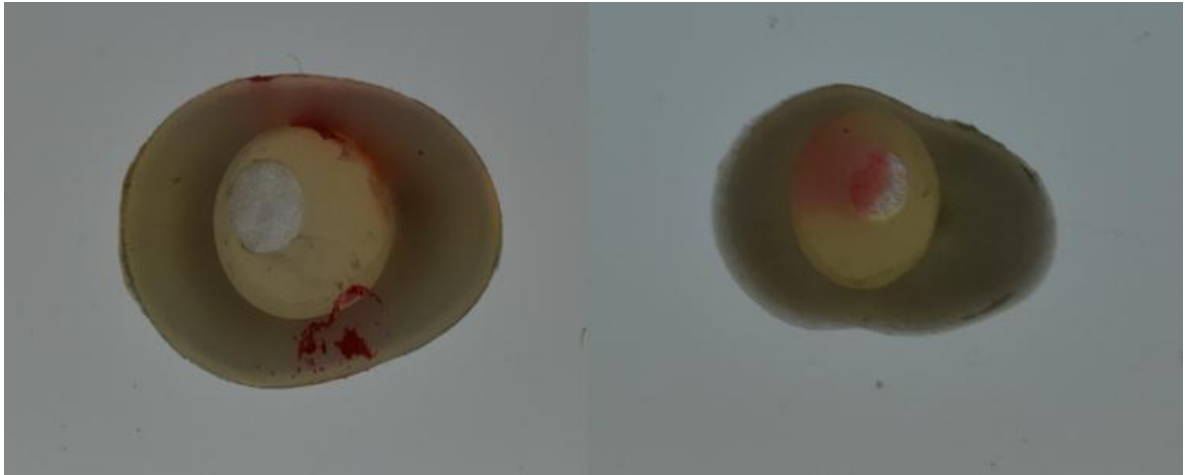
12 Almacenamiento de discos en microplacas divididos según protocolo de cementación y tercio radicular.

Evaluación de la resistencia de unión

Los discos que se obtuvieron para cada grupo experimental se utilizarán para evaluar la resistencia de la unión a través del ensayo de “push-out”.

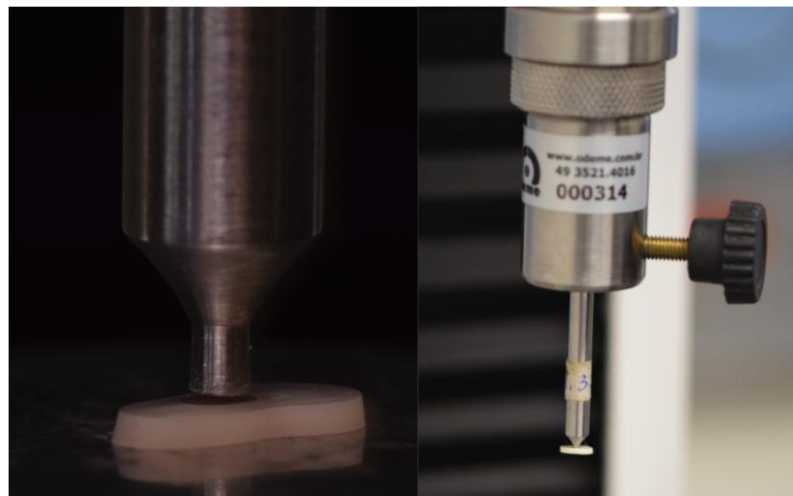
Antes de realizar el test de push-out, los discos fueron fotografiados en ambos lados, con un aumento de 40 X por medio de un microscopio óptico (Olympus, modelo BX 51, Olympus, Tokio, Japón) para medir el diámetro coronal y apical

del poste, con el fin calcular el área adhesiva para cada disco. Esta medición fue realizada con ayuda del software image tool 2.0



13 Medición de los discos para determinar el área adhesiva.

El cuerpo de prueba (disco) fue colocado en un dispositivo metálico con una pequeña abertura central, con su parte más coronal posicionada hacia abajo, de modo que la carga ejercida sea una fuerza de compresión constante en la dirección apico-coronal hasta la parte inferior del disco. Las puntas cilíndricas de metal (actuador) tenían un diámetro mayor al del poste de fibra de vidrio con el fin evaluar la resistencia adhesiva en la interface de cemento dentina y/o poste anatómico y no la interface resina compuesta postes de fibra de vidrio. El actuador se colocó en el centro de cada poste anatómico sin estresar las paredes laterales de los conductos radiculares.



14 Pruebas de push out con maquina universal de ensayos INSTRON.

El ensayo mecánico se realizó en una máquina de ensayo universal (INSTRON Corp., Canton, MA, EE.UU.) con una célula de carga de 50 kg a una velocidad de 0,5 mm / min hasta la falla. Entonces, el valor de carga se registró en Newtons (N) y se convirtió en MPa dividiendo el valor de carga (N) por el valor de la zona adhesiva (mm²).



15 Falla del poste anatómico posterior a prueba mecánica.

La zona adhesiva (SL) se estimó por la fórmula utilizada para calcular el área de la superficie lateral de un cono truncado:

$$SL = \pi (R + r) [(h^2 + (R - r)^2)^{0.5}]$$

Dónde:

π es la constante de 3,1416;

R representa el radio coronal del poste (mm);

r es el radio apical del poste (mm);

h es el grosor de los especímenes (mm).

3. Resultados.

Tabla 1 -

Tabla. Valores promedios y desviación estándar de resistencia de unión (MPa) para los diferentes sistemas de cementación en las diferentes regiones radiculares

SISTEMA DE CEMENTACIÓN			
	Cervical	Media	Apical
ARC	15,1 ± 1,1 A	8,1 ± 1,6 C	5,1 ± 1,7 D
U200	10,7 ± 1,6 B	11,1 ± 1,4 B	5,6 ± 1,7 CD
ULT SA	11,4 ± 1,2 B	11,6 ± 1,5 B	6,9 ± 1,2 CD
ULT CA	12,1 ± 1,7 B	12,5 ± 0,9 B	10,7 ± 1,0 B

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los resultados mostraron que la doble interacción (sistema de cementación vs región radicular) fue significativa ($p < 0.001$).

El valor promedio mas alto de resistencia de unión fue observado en el protocolo de cementación Relyx ARC con Scotch Bond Mulpropose en el tercio cervical radicular.

La fuerza de adhesión disminuye gradualmente desde el tercio cervical hasta apical para todos los protocolos de cementación exceptuando al uso de grabado acido, adhesivo universal y cemento resinoso relyx ultimate, el cual fue el único capaz de mantener un promedio de fuerza adhesiva en los 3 tercio evaluados.

El cemento relyx ARC por el contrario demostró la mayor fuerza de unión en el tercio cervical, sin embargo también presentó la menor fuerza adhesiva en el tercio apical, dejando evidencia de la mayor variabilidad en la fuerza entre el postes anatómico y la dentina radicular al compararlo con los otros grupos evaluados.

No ha evidencia estadísticamente significativa entre el grupo cementado con el cemento auto grabador de polimerización química U200 y el grupo tratado con el cemento de polimerización dual y un adhesivo universal, sin embargo los dos presentan una notable disminución en la fuerza adhesiva en el tercio apical.

4. Discusión.

La prueba mecánica seleccionada en este estudio fue push out de cortes delgados debido a la evidencia encontrada refiere que es el método con mayor eficiencia y confiabilidad para evaluar la resistencia de unión de postes a dentina(12)

Los protocolos de cementación usados se basaron en el empleo de diferentes sistemas adhesivos, se utilizaron adhesivos de 3 pasos (grabado, primer, adhesivo) como el es caso del scotch bond multipurpose, también sistemas adhesivos de un solo paso como el Scotch bond universal , cementos resinosos autograbadores como el U200, y el acondicionamiento previo del sustrato dentinal con ácido fosfórico del sistema de un solo paso cada uno de ellos juntos agentes cementantes de polimerización dual.

La técnica de postes anatómicos plantea una solución al tratamiento de dientes con canales radiculares acampanados con mejores resultados en estudios in vitro frente a el uso de un poste y complementar la discrepancia de espacio con el cementante (63)(64) e incluso comparada con otras técnicas para lograr una adaptación adecuada(10)(57) esto esta asociado, según autores como Vicci y cols a un aumento en la presión hidráulica ejercida por la adaptación del poste contra las paredes intraradiculares que resulta en la formación de una capa híbrida mas uniforme y con un penetración a una mayor profundidad al interior de los túbulos del sistema adhesivo.

Diversos factores intervienen en la éxito de la cementación de postes reforzados con fibras al interior del conducto, algunos asociados a las características de la dentina tratada endodónticamente, otros a la técnica de cementación y finalmente otros al poste como tal; con respecto a este ultimo, cuando se realizan postes anatómicos se incluyen otra serie de variables asociadas al tipo de resina compuesta empleada para lograr el ajuste a la morfología del canal radicular, esto conlleva a la necesidad de investigar que efectos tienen en el grado de

conversión, algunas variables como el tamaño de la partículas de relleno y el color utilizado para la fabricación del postes anatómico.

En este estudio el nivel radicular influyó en la fuerza adhesiva en todos los grupos excepto el ULT AC, mostrando una reducción progresiva de cervical hacia apical que coincide con lo planteado por Kalkan y cols en 2006, sin embargo difiere a lo encontrado por Deleprane y cols 2016, ya que en su estudio la reducción en los valores de fuerza de adhesión se presentó hacia cervical independiente del sistema adhesivo y el agente cementante empleado.

Esta disminución en la fuerza de adhesión en sentido cervico- coronal puede asociarse a diversas causas, una de ellas es la diferencia estructural dada por la discrepancia en la densidad de los túbulos dentinales a lo largo de la raíz y la dificultad para controlar la humedad en tercio apical(48). Este efecto también puede explicarse -a pesar de emplear postes de vidrio translucidos - debido a la atenuación en la intensidad de luz dada por la distancia, la cual es necesaria para la activación de los foto iniciadores de los cementos duales empleados. Es importante tener en cuenta que el porcentaje y tamaño de relleno así como el color de la resina compuesta utilizada para la elaboración del poste anatómico directo pueden atenuar la intensidad de foto polimerización.

En este orden de ideas es necesario establecer cuales son las características de la resina compuesta necesarias para mantener un buen desempeño mecánico y que a sus vez favorezca la foto activación del cementante incluso en su nivel apical.

Es necesario tener especial cuidado con el empleo del acondicionamiento con ácido fosfórico al 37%, dado que puede generar una degradación mayor del colágeno de la dentina intra-radicular, la cual fue previamente expuesta a irrigantes como NaOCl y EDTA, además de provocar la desmineralización que puede aumentar el modulo elástico de la misma. Algunos autores postulan que el empleo de este ácido a nivel intra-radicular para la cementación de postes deja una zona de colágeno libre que no pertenece a la capa híbrida la cual puede alterar la estabilidad en el tiempo de la adhesión y contribuir con la micro filtración (65).

Ishizuka y cols y Inoue y cols citados por Ekambaram encontraron que tratar la dentina intra-radicular con sustancias con pH bajos como el ácido cítrico al 50% y ácido orto fosfórico al 37% mejoran la fuerza de unión entre esta y los cementos resinosos, adicionalmente algunos estudios como los realizados por Goracci y

cols y Ferrari y cols demostraron que el uso de sistemas adhesivos que requieren de grabado ácido y enjuague previo resultan en valores de fuerza de adhesión significativamente mayores respecto a los adhesivos autograbadores para la cementación de postes de fibra de vidrio. Sin embargo, en el presente estudio el uso de un sistema adhesivo universal para el cual un 33% de su peso era ácido fosfórico, no mostró diferencias estadísticamente significativas en los valores de fuerza de adhesión en los tercios cervical y medio al compararlos con la aplicación del mismo adhesivo con un acondicionamiento previo de la dentina con ácido fosfórico al 37%, inclusive es posible encontrar la misma situación al compararlos con cementos con monómeros ácidos autograbadores como el Relyx U200. Algunos autores favorecen el uso de cementos autograbadores frente a los convencionales debido a que la técnica es menos sensible (67).

El resultado favorable en todos los tercios del grupo 4 se puede atribuir no solo a un sustrato que favorece la penetración del sistema adhesivo causado por el acondicionamiento con ácido fosfórico, sino también a la inclusión de partículas con la capacidad de inducir la polimerización química del sistema adhesivo dentro del agente cementante, que pueden tener efecto en donde los foto iniciadores del adhesivo no fueron alcanzados debido a la atenuación por distancia de la intensidad del haz de luz y la atenuación propia del material. Es importante tener en cuenta que el acondicionamiento ácido intraradicular debe ser cuidadosamente realizado, con un gel que cuente con la tixotropía adecuada para evitar la difusión del mismo y de este modo también conseguir una mejor neutralización de la desmineralización mediante el lavado.

La hipótesis previamente establecida, en cuanto a los resultados obtenidos en el grupo 4, puede soportarse en lo planteado en el perfil técnico del cemento Relyx Ultimate, en donde el fabricante postula la posibilidad de autocurado del adhesivo Scotch bond universal gracias a la inclusión de activadores químicos que ellos denominan “Dark Cure Activator” en la pasta catalizadora. A pesar de que en el perfil técnico no hay una descripción clara de la molécula funcional, según un informe verbal esta molécula está compuesta por sales de tolueno.

En la literatura es posible encontrar que algunos estudios favorecen el uso de sistemas adhesivos que en su composición tengan monómeros ácidos que permitan el auto-acondicionamiento del sustrato, esto lo comprueban Sarkis-Onofre y cols en su revisión sistemática y meta análisis en el 2014 (65), quienes también comentan sobre el alto riesgo de sesgo y heterogeneidad en los resultados de su investigación. Sin embargo, también es posible encontrar

autores que promueven el uso del grabado ácido previo ya que presenta un mejor desempeño adhesivo.

Los resultados obtenidos en el presente estudio favorecen el uso del grabado total con un cemento de curado dual y un adhesivo universal dado que fue el único protocolo de cementación que presentó valores de fuerza de unión similares en todos los tercios radiculares.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Dentro de las limitaciones de este estudio in-vitro se puede concluir que:

El desempeño del cemento resinoso de polimerización dual Relyx Ultimate con el uso de un adhesivo universal como autograbador y el cemento de auto polimerización y aurograbador Relyx U 200 fue similar en los 3 niveles radiculares.

El protocolo de cementación que emplea grabado previo con ácido fosfórico al 37%, la aplicación de un adhesivo universal Scotch Bond Universal y el cemento resinoso de polimerización dual puede aumentar la supervivencia de postes anatómicos.

5.2 Recomendaciones

Es necesario desarrollar estudios que permitan establecer cual es la resina compuesta mas apropiada para la elaboración de postes anatómicos.

Estudios in vitro que evalúen el grado de conversión, la microfiltración y envejecimiento de los sistemas adhesivos evaluarían la posibilidad de establecer con mayor certeza un protocolo de cementación con mayor tasa de éxito clínico.

El seguimiento de casos clínicos permitiría evaluar la supervivencia y el tipo de falla de una manera más precisa.

6. Bibliografía

1. Baba NZ, Goodacre CJ. Restoration of endodontically treated teeth : contemporary concepts and future perspectives. *Endod Top*. 2014;31:68–83.
2. Cheung W. A review of management of endodontically treated teeth. *J Chem Inf Model* [Internet]. 2013;53(9):1689–99. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0232>
3. Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic Prefabricated Dowels: A Review of Compositions, Properties, Laboratory, and Clinical Test Results. *J Prosthodont* [Internet]. 2009 Aug [cited 2016 Sep 4];18(6):527–36. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1532-849X.2009.00464.x>
4. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: A literature review. *Aust Dent J*. 2011;56(SUPPL. 1):77–83.
5. Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK. A Structured Analysis of In Vitro Failure Loads and Failure Modes of Fiber , Metal , and Ceramic Post-and-Core Systems. 2004;(August 2016):476–82.
6. M: S. A Comparison of the fracture resistance of endodontically treated teeth using three different post systems. .. *J Prosthet Dent*. 2006;3(2):69–76.
7. Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of Anatomic Post and Core for Reconstructing an Endodontically Treated Tooth: A Case Report. *J Adhes Dent*. 2003;5(5):243–7.
8. Martelli H, Pellizzer EP, Rosa BT, Lopes MB, Gonini A. Fracture resistance of structurally compromised root filled bovine teeth restored with accessory glass fibre posts. *Int Endod J*. 2008;41(8):685–92.
9. Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. *Quintessence Int* [Internet]. 1994 May [cited 2016 Sep 11];25(5):313–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7938415>
10. Mongrueel Gomes G, Maria Mongrueel Gomes O, Carlos Gomes J, Loguercio AD, Lincoln Calixto A, Reis A. Evaluation of Different Restorative Techniques for Filling Flared Root Canals: Fracture Resistance and Bond Strength After Mechanical Fatigue. *J Adhes Dent*. 2014;16(16):267–76.
11. De Santis R, Mollica F, Prisco D, Rengo S, Ambrosio L, Nicolais L. A 3D analysis of mechanically stressed dentin-adhesive-composite interfaces using X-ray micro-CT. *Biomaterials*. 2005;26(3):257–70.

12. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: Comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004;112(4):353–61.
13. Schwartz RS, Fransman R. Adhesive dentistry and endodontics: materials, clinical strategies, and procedures for restoration of access cavities: a review. *J Endod.* 2005;31(3):151–65.
14. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa AM. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci.* 2009;117(3):326–33.
15. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J.* 2005;24(1):1–13.
16. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* [Internet]. 2005;31(8):584–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16044041>
17. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.* 2013;41(5):404–11.
18. Bru E, Forner L, Llena C, Almenar A. Fibre post behaviour prediction factors. A review of the literature. *J Clin Exp Dent.* 2013;5(3):150–3.
19. Cagidiaco M, Goracci C. Clinical studies of fiber posts: a literature review. ... *Int J ...* [Internet]. 2008;(September 2005). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18717092>
20. Nanci A. Ten Cate's Oral Histology. 8th ed. Mosby Elsevier, editor. Quebec; 2013. 191–238 p.
21. Pashley DH. DYNAMICS OF THE PULPCHDENTIN COMPLEX. 1996;7(2):104–33.
22. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. 2006;(17):57–83.
23. Tjäderhane L, Carrilho MR, Breschi L, Tay FR, Pashley DH. Dentin basic structure and composition-an overview. *Endod Top* [Internet]. 2009;20(1):3–29. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1601-1546.2012.00269.x>
24. Torres Reyes LM, Torres Rodríguez C. Caracterización De La Dentina Tratada Endodónticamente. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia.* 2014;25:372–88.
25. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int.* 2008;39(2):117–29.
26. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2010;54(2):291–312. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
27. Heydecke G, Peters MC. The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: A systematic review. *J*

- Prosthet Dent. 2002;87(4):380–6.
28. Ring ME. *Dentistry: An Illustrated History*. New York, NY.: Abradale-Mosby.; 1992.
 29. Grandini S. Basic and clinical aspects of selection and application of fiber posts. 2004;1–142.
 30. Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: A literature review. *J Endod* [Internet]. 2012;38(1):11–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.024>
 31. Juloski J, Apicella D, Ferrari M. The effect of ferrule height on stress distribution within a tooth restored with fibre posts and ceramic crown: A finite element analysis. *Dent Mater* [Internet]. 2014;30(12):1304–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.09.004>
 32. Santos-Filho PCF, Verissimo C, Soares PV, Saltarello RC, Soares CJ, Marcondes Martins LR. Influence of ferrule, post system, and length on biomechanical behavior of endodontically treated anterior teeth. *J Endod*. 2014;40(1):119–23.
 33. Rayyan MR, Aldossari RA, Alsadun SF, Hijazy FR. Accuracy of cast posts fabricated by the direct and the indirect techniques. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;1–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.02.002>
 34. Al-Omari WM, Zagibeh AM. The retention of cast metal dowels fabricated by direct and indirect techniques. *J Prosthodont*. 2010;19(1):58–63.
 35. Mezzomo E. REHABILITACION ORAL CONTEMPORANEA. Amolca, editor. 2010.
 36. Raedel M, Fiedler C, Jacoby S, Boening KW. Survival of teeth treated with cast post and cores: A retrospective analysis over an observation period of up to 19.5 years. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2015;114(1):40–5. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391315000645>
 37. Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: A literature review. *J Prosthet Dent*. 2003;90(6):556–62.
 38. Gómez-Polo M, Llidó B, Rivero A, Del Río J, Celemín A. A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal prefabricated posts versus cast metal posts and cores. *J Dent*. 2010;38(11):916–20.
 39. Zhou L, Wang Q. Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: A meta-analysis of literature. *J Endod* [Internet]. 2013;39(1):11–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.09.026>
 40. Figueiredo FED, Martins-Filho PRS, Faria-E-Silva AL. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2015;41(3):309–16.
 41. Preethi G, Kala M. Clinical evaluation of carbon fiber reinforced carbon endodontic post, glass fiber reinforced post with cast post and core: A one year comparative clinical study. *J Conserv Dent* [Internet]. 2008 Oct [cited 2016 Oct 10];11(4):162–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20351975>

42. Juloski J, Fadda GM, Monticelli F, Fajó-Pascual M, Goracci C, Ferrari M. Four-year Survival of Endodontically Treated Premolars Restored with Fiber Posts. *J Dent Res* [Internet]. 2014;93(7 Suppl):52S–58S. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4293717&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
43. Naumann M, Blankenstein F, Dietrich T. Survival of glass fibre reinforced composite post restorations after 2 years - An observational clinical study. *J Dent*. 2005;33(4):305–12.
44. Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A Systematic Review of Dowel (Post) and Core Materials and Systems. *J Prosthodont* [Internet]. 2009 Aug [cited 2016 Aug 28];18(6):464–72. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1532-849X.2009.00472.x>
45. Sarkis-Onofre R, Jacinto RDC, Boscato N, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Cast metal vs. glass fibre posts: A randomized controlled trial with up to 3 years of follow up. *J Dent*. 2014;42(5):582–7.
46. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A Review of Failure Modes in Teeth Restored with Adhesively Luted Endodontic Dowels. *J Prosthodont*. 2010;19(8):639–46.
47. Daleprane B, Pereira CNB, Bueno AC, Ferreira RC, Moreira AN, Magalhães CS. Bond strength of fiber posts to the root canal: Effects of anatomic root levels and resin cements. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;1–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391316001414>
48. Ekambaram M, Yiu CKY, Matinlinna JP. Bonding of adhesive resin to intraradicular dentine: A review of the literature. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2015;60:92–103. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.04.003>
49. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new “multi-mode” adhesive to enamel and dentine. *J Dent* [Internet]. 2012;40(6):475–84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.02.012>
50. Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Ferrari M, Tay FR, et al. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2006;77(1):195–200.
51. Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent*. 2006;96(1):41–6.
52. Daleprane B, Nemesio de Barros Pereira C, Oréfice R, Bueno A, Vaz R, Moreira A, et al. The Effect of Light-curing Access and Different Resin Cements on Apical Bond Strength of Fiber Posts. *Oper Dent* [Internet]. 2013;100:93–100. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24147746>
53. Rezende EC. Effects of Dentin Moisture on Cementation of Fiber Posts to Root Canals. 2016;18(1):29–34.
54. Ferrari M, Carvalho C a, Goracci C, Antonioli F, Mazzoni a, Mazzotti G, et al. Influence of luting material filler content on post cementation. *J Dent Res*.

- 2009;88(10):951–6.
55. Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M, Watson TF. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins. *J Endod*. 1999;25(12):789–94.
 56. De oliveira Souza AC, Papaiz Goncalves F, Costa Anami L, Marques de Melo R, Bottino M, Valandro L. Influence of Insertion Techniques for Resin Cement and Mechanical Cycling on the Bond Strength Between Fiber Posts and Root Dentin. *J Adhes Dent*. 2015;17:175–80.
 57. Clavijo VGR, Reis JMDSN, Kabbach W, Silva ALFE, Oliveira Junior OB De, Andrade MF De. Fracture strength of flared bovine roots restored with different intraradicular posts. *J Appl Oral Sci [Internet]*. 2009;17(6):574–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20027429>
 58. Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, do Valle AL. Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fibre posts. *Int Dent J [Internet]*. 2007;57(3):153–60. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17695735>
 59. Gomes G, Monte-Alto R, Santos G, Fai C, Loguercio A, Gomes O, et al. Use of a Direct Anatomic Post in a Flared Root Canal: A Three-year Follow-up. *Oper Dent [Internet]*. 2015;14–275–T. Available from: <http://www.jopdentonline.org/doi/10.2341/14-275-T>
 60. Cardenas A, Siqueira F, Davila-Sanchez A, Gomes GM, Reis A, Gomes JC. Four-year Follow-up of a Direct Anatomical Fiber Post and Esthetic Procedures: A Case Report. *Oper Dent [Internet]*. 41(4):363–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27351079>
 61. Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: A review. *J Dent*. 2007;35(11):827–35.
 62. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PCF, Soares P V., Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: Comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater*. 2008;24(10):1405–11.
 63. Al-Assar RMA, Abd El-Ghani OS, Mandour MH. Effect of relining, cement type, and thermocycling on push-out bond strength of fiber reinforced posts. *Futur Dent J [Internet]*. 2015;1(1):13–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fdj.2015.11.001>
 64. da Silveira-Pedrosa D, Martins L, Sinhoreti M, L C-S, Sousa-Neto M, D Costa J, et al. Push-out Bond Strength of Glass Fiber Posts Cemented in Weakened Roots with Different Luting Agents. 2016;17(February):119–24.
 65. Sarkis-Onofre R, Skupien J, Cenci M, Moraes R, Pereira-Cenci T. The Role of Resin Cement on Bond Strength of Glass-fiber Posts Luted Into Root Canals: A Systematic Review and Meta-analysis of *In Vitro* Studies. *Oper Dent [Internet]*. 2014;39(1):E31–44. Available from: <http://www.jopdentonline.org/doi/abs/10.2341/13-070-LIT>
 66. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J*. 2006;39(10):809–18.

-
67. Skupien JA, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, Moraes RR De, Pereira-Cenci T. A systematic review of factors associated with the retention of glass fiber posts. *Braz Oral Res* [Internet]. 2015;29(1):1–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26083089>