



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN
ODONTOLOGÍA**

**ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y
ULTRAESTRUCTURAL DE LA ELIMINACIÓN DEL BARRO
DENTINARIO POR LÁSER DE ER YAG Y UN AGENTE
QUELANTE (EDTA).**

AUTORA: Odont. BASAL ROXANA LÍA

DIRECTORA: Dra. IRIGOYEN SILVIA

CO DIRECTOR: Dr. RESTELLI MARIO

CO DIRECTOR: Dra. MILAT EDITH ISABEL

La Plata.....2013

A mi querida familia de quien recibí fuerza y motivación.

*Rosa, mi madre
Marcelo, mi esposo
mis hijos Lía y Franco*

Agradecimientos

Vaya mi agradecimiento a la Directora de esta tesis, Dra. Silvia Irigoyen, quien me acompañara en todo momento con su experiencia científica y confianza permanente.

A las autoridades de la Facultad de Odontología de la UNLP, quienes me brindaron la oportunidad de llevar a cabo mi trabajo de Tesis Doctoral

Sumo mis reconocimientos a los Dres:

Edith Isabel Milat, productora de interesantes ideas, compañera en la persistencia de ponerlas en práctica y quien me honrara con su amistad.

Mario Restelli, consejero de este trabajo, en quien soslayé a un maestro acompañante sin tregua, con valiosos aportes científicos.

Bárbara Desántolo y Susana Salceda, quienes me permitieron realizar trabajos de investigación en la Facultad de Ciencias Médicas de la UNLP.

A Cristian García, diseñador de esquemas y láminas con notable paciencia por las frecuentes metamorfosis de las mismas.

A familiares, amigos y colegas que de una u otra manera colaboraron conmigo la realización de esta tesis.

“El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir”

-Albert Einstein

ÍNDICE

	Página
ABREVIATURAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS TABLAS Y GRÁFICOS.....	vi
RESUMEN.....	x
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABSTRACT.....	xii
KEY WORDS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO REFERENCIAL.....	3
1. Órgano dentinopulpar.....	3
1.1. Embriogénesis Dental.....	4
1.2. Anatomía.....	8
1.3. Histología.....	11
1.4. Patología.....	23
2. TERAPIAS ENDODÓNTICAS.....	26
3. SUSTANCIAS QUELANTES APLICADAS A LA ODONTOLOGÍA.....	29
4. LÁSER. EN ÁREAS BIOLÓGICAS.....	35
OBJETIVOS	
1. OBJETIVOS GENERALES.....	45
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
MATERIALES Y MÉTODOS	
1. MUESTRAS.....	46

2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	46
2.1 .Fijación.....	46
2.2. Tratamientos endodónticos.....	47
2.3. Aplicación de técnicas.....	49
2.3.1. Tratamiento con láser.....	49
2.3.2. Tratamiento con EDTA.....	49
2.4. Obturación de los conductos radiculares.....	51
3. TECNICA HISTOLÓGICA.....	51
3.1. Técnica por desgaste.....	52
3.2. Preparación para el estudio ultraestructural.....	53
3.2.1. Observación con MEB.....	54
3.3. Evaluación histomorfométrica de la muestra.....	55
4. CUANTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	58
5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.....	59
RESULTADOS.....	61
OBSERVACIÓN MORFOLÓGICA.....	61
1. ESTUDIO ESTRUCTURAL.....	61
2. ESTUDIO ULTRESTRUCTURAL.....	61
1. Resultados de piezas no obturadas.....	60
1.1. Piezas tratadas con láser no obturadas.....	61
1.2. Piezas tratadas con EDTA no obturadas.....	68
2. Resultados de piezas obturadas.....	78

2.1. Piezas tratadas con láser y obturadas.....	78
2.2. Piezas tratadas con EDTA y obturadas.....	83
SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE PIEZAS NO OBTURADAS.....	86
SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE PIEZAS OBTURADAS.....	90
3. CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	93
DISCUSIÓN.....	101
CONCLUSIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	108
1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	118
ANEXO.....	125

ABREVIATURAS

EDTA	Ácido etilendiaminotetracético
Er YAG	Láser de Erblio. Y: itrio, A: aluminio, G: sólidos que cristalizan en el sistema cúbico.
MEC	Matriz extracelular
Cap	Estadio de casquete
FGF	Factor de crecimiento fibroblástico
BMP	Proteína morfogenética del hueso
DLX	Genes expresados en mandíbula requeridos para la formación de molares.
MSX	Gen necesario para que BMP se exprese en los cambios desde epitelio a mesénquima.
LEF	Potenciador linfoide vinculante
HERS	Lámina radicular epitelial de Hertwig
Gags	Glucosaminoglucanos
MEB	Microscopio electrónico de barrido
D	Dentina
MET	Microscopio electrónico de transmisión
SL	Smear layer o barro dentinario
ISO	Normas de seguridad europea
ANSI	Normas de seguridad estadounidense
F.D.A.	Food and Drug Administration

E	Escamas
Cr	Cráteres
At	Artefactos de técnica
C	Luz de conductillos
Mo	Material orgánico
Dp	Dentina peritubular
di	Dentina intertubular
Pd	Pre dentina
Tags	Pequeñas invaginaciones
Gap	Espacios vacíos
DR	Dentina radicular
G	Gutapercha
G ₁	Cono de gutapercha accesorio
Cm	Cemento de Grossman

ÍNDICE DE FIGURAS TABLAS Y GRÁFICOS

Fig. 1. Pulpa dental temprana o papila dental.....	6
Fig. 2. Controles moleculares de la morfogénesis del diente en su iniciación y primeros estadios.....	7
Fig. 3. Esquema de una pieza dentaria unirradicular.....	10
Fig. 4. Principales elementos que componen la periferia del órgano dentino pulpar.	13
Fig. 5. Dentina y predentina coronal (sup) y radicular (inf). HE .20X	14
Fig. 6. Odontoblastos.....	18
Fig. 7. Inervación e irrigación del órgano dentinopulpar.....	20
Fig. 8. Fibras nerviosas.....	21
Fig. 9. Inervación dental.....	22
Fig. 10. Círculo vicioso de la inflamación pulpar.....	25
Fig. 11. Barro dentinario SL en dentina radicular luego de la instrumentación endodóntica.....	28
Fig. 12. Fórmula química del EDTA.....	30
Fig. 13. Equilibrio químico de la reacción quelante	32
Fig. 14. Esquemas que representan los procesos atómicos de (a) emisión espontánea, (b) absorción y (c) emisión estimulada	38
Fig. 15. Esquema que representa los elementos que constituyen los equipamientos láser.....	39
Fig. 16. Mecanismos de acción del rayo laser sobre los tejidos.....	41
Fig. 17. Esquema que ilustra donde se sitúa la absorción de la longitud de onda	

correspondiente a los 2,94 μm a nivel de la hidroxiapatita y el agua.....	44
Tabla N° 1. Piezas dentarias seleccionadas.....	46
Fig. 18. Pulpa dentaria extraída con tiranervios.....	47
Fig. 19. Mesa preparada para la realización de tratamientos endodónticos.....	48
Fig. 20. Región apical apical una vez extraída la pulpa con tiranervio.....	48
Lámina 1A.....	50
Fig.21. Corte de la raíz.....	51
Fig.22. Canal radicular metalizado	54
Fig.23. Canal radicular metalizado. MEB.....	55
Tabla N°2.....	56
Grafico 1. Análisis estadístico de los resultados obtenidos por los colaboradores A y B.....	57
Lámina 1B.....	60
Fig. 24.....	62
Fig. 25. Y 26.	63
Fig. 27.....	64
Fig. 28 y 29.....	65
Fig. 30.....	66
Fig. 31 y 32.....	67
Fig. 33.	68
Fig. 34. Y 35.....	69

Fig.36. y 37.....	71
Fig. 38. Y 39.	72
Fig. 40.	73
Fig. 41.	74
Fig. 42. Y 43.	75
Fig. 44. Y 45.....	76
Fig. 46.	77
Fig. 47. Y 48.	79
Fig. 49.	80
Fig. 50.	81
Fig. 51. Y 52.	82
Fig. 53.	83
Fig. 54. Y 55.....	84
Fig. 56. Y 57.....	85
Lámina 2.....	89
Fig. 58. Esquema de la relación dentina-material de obturación.....	91
Lámina 3.....	92
Tabla N°3 y N°4.....	93
Gráfico 2. Representación gráfica de la prueba de t.....	94
Tabla N° 5. Cantidad de conductillos libres y con contenido.....	96
Gráfico 3. Resultados de número de conductillos según la presencia o no	

de contenido orgánico, tercio apical.....	95
Tabla N° 6. Comparación entre conductillos del tercio apical con o sin contenido según tratamiento	96
Gráfico 4. Resultados de la comparación de conductillos con y sin contenido.....	97
Tabla N° 7 Comparación entre conductillos del tercio medio con o sin contenido según tratamiento	97
Gráfico 5. Resultados de conductillos con o sin contenido orgánico en el tercio medio.....	98
Tabla N° 8. Conductillos del tercio cervical con o sin contenido.....	98
Gráfico 6. Resultados obtenidos de conductillos con o sin contenido orgánico en el tercio cervical.....	99
Gráfico 7 y 8. Áreas de conductillos según tratamiento.....	99
Fig. 59. Canal radicular tratado mecánicamente.....	101

RESUMEN

ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y ULTRAESTRUCTURAL DE LA ELIMINACIÓN DEL BARRO DENTINARIO POR LÁSER DE ER YAG Y UN AGENTE QUELANTE (EDTA). Los distintos procedimientos que se realizan en la preparación quirúrgica del conducto radicular, modifican la superficie dentinaria expuesta, a fin de lograr su acondicionamiento como paso previo a la obturación. En el presente trabajo se realizó un estudio prospectivo transversal para comparar la acción de un agente quelante (EDTA) y el láser (Er YAG), en el tratamiento de la superficie dentinaria del conducto radicular, aplicados a piezas dentarias extraídas y tratadas endodónticamente. Se seleccionaron cien piezas dentarias permanentes unirradiculares para la eliminación del barro dentinario. Aleatoriamente fueron distribuidas en dos grupos para su tratamiento con quelante ó con láser. El estudio morfológico estructural y ultraestructural de las superficies dentinarias tratadas con ambas metodologías, así como la descripción de los cambios en la interface tejido dentinario-material de obturación, se realizaron con microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido. Se evaluaron los estudios subjetivos y se corroboraron los resultados con técnicas histomorfométricas y análisis estadísticos. Se concluye que la utilización de la radiación láser sería más efectiva que el tratamiento con EDTA para la eliminación del barro dentinario en endodoncia. Mientras que el análisis morfológico de la interface con el material de obturación no permite inferir diferencias en relación a la preparación previa del conducto radicular.

PALABRAS CLAVE

Dentina, láser, quelantes, endodoncia, histomorfometría.

ABSTRACT

ESTRUCTURAL AND ULTRAESTRUCTURAL COMPARATIVE ANALYSIS OF SMEAR LAYER ELIMINATION BY LASER ER YAG AND CHELATING AGENT EDTA. The various procedures performed in the surgical preparation off the root canal, dentin surface exposed amending order to archieve their fitness as a prelude to his choke. In this paper performed prospective study comparing transverse to the action of a chelating agent and the laser, in the treatment of the dentin surface of the root canal, applied to pieces endodontically treated tooth extracted. Hundred permanent teeth pieces with one root were selected to eliminate the smear layer. Randomly were distributed on two groups for their treatment with chelating or with laser. The structural and ultrastructural morphological study of the teeth surfaces treated with both methodology, like the description of the changes in the dental tissue interface -material of plugging-, were carried out with light microscopy and scanning electron microscopy. Were evaluated the subjective studios and where corroborated the results with histomorphometric techniques and stadiscitics analysis. It is concluded that the utilization of the laser radiation would be more effective than the treatment with EDTA to the elimination of the smear layer in endodontics. While the morphological analysis of the interface with the filling material doesn't allow infer differences on the relation at the previous preparation of the root canal.

KEY WORDS

Dentine, láser, chelating, endodontics, histomorphometric.

INTRODUCCIÓN

En el ejercicio de la práctica endodóntica se han descrito diferentes procedimientos de preparación de los conductos radiculares los cuales, a partir de consideraciones básicas, conducen a su acondicionamiento como paso previo a su obturación.

Las evidencias científicas halladas en su progreso, demuestran la importancia del conocimiento en distintas áreas como la anatomía, la microbiología, la radiología, técnicas que permiten el reconocimiento de focos sépticos, cuya falta de tratamiento podrían ser responsables de enfermedades sistémicas. El análisis crítico contribuye a abordar a un diagnóstico y a la posterior toma de decisiones en la elección de los procedimientos a realizar (1) (2) (3) (4).

En este sentido los endodoncistas basan su labor en lograr que la superficie dentinaria radicular eficazmente preparada, reciba al material de obturación en condiciones adecuadas que favorezcan la retención micromecánica y el sellado tridimensional. Ambos son factores claves para lograr el éxito del tratamiento, con los cuales se evita la filtración marginal y el consiguiente ingreso de microorganismos a la zona periapical (5) (6) (7).

La revisión bibliográfica al respecto arriba a conclusiones contrapuestas.

Con el objetivo de realizar algún aporte a dicha discusión se plantea el estudio comparativo morfológico estructural y ultraestructural con microscopía electrónica de barrido, de dos metodologías diferentes en la práctica endodóntica.

En cada una de las etapas del tratamiento, delicados procedimientos de instrumentación, limpieza y desinfección del tejido dentinario, modifican la superficie tratada alterando sus propiedades fisicoquímicas.

El desgaste efectuado por el instrumental de mano o rotatorio, da origen a una capa formada por laminillas de dentina y detritus denominada barro dentinario o smear layer (SL), la que al tapizar la superficie dentinaria impide su correcta obturación. Se considera que la mayoría de los fracasos en endodoncia se deben a deficiencias de la obturación como consecuencia de una incorrecta preparación quirúrgica del conducto radicular (8) (9) (10).

Distintos procedimientos pueden emplearse en la eliminación del SL, como agentes quelantes ó radiaciones ionizantes (rayo láser), metodología innovadora en endodoncia. Según las evidencias el EDTA desmineraliza y el láser de Er YAG ablaciona, por lo tanto ante superficies diferentes, el contacto material de obturación-dentina también debería mostrarnos sus diferencias estructurales y ultraestructurales.

Dado el explosivo desarrollo científico y tecnológico, en relación con la odontología y sus diferentes especialidades básicas como radiología, patología, biología y aplicadas como endodoncia, consideramos de interés hacer una puesta al día de estos conocimientos sobre la estructura dentaria. El órgano dentinopulpar, como consecuencia de su patología, originó el desarrollo de la endodoncia y es promotor de investigaciones en la aplicación de nuevas tecnologías para su reparación. La descripción de la constitución y fisiología del órgano dentinopulpar permite interpretar las modificaciones ultraestructurales que se producen en el tejido dentinario por la acción del láser de Er YAG y del ácido etilendiaminotetracético (EDTA).

La búsqueda de los cambios que ocurren en la estructura y ultraestructura del tejido dentinario a nivel del conducto radicular, pre y post tratamiento, fue motivo de interés en el desarrollo de la presente tesis.

Por lo expuesto anteriormente en este trabajo, se realizó un estudio estructural y ultraestructural de las modificaciones del tejido dentinario en piezas dentarias tratadas endodónticamente. Algunas fueron sometidas a la acción del láser de Er YAG y otras se trataron con un quelante (EDTA) con el propósito de demostrar la eliminación del barro dentinario.

Las observaciones permitieron la descripción y el análisis morfológico subjetivo de los diferentes resultados en la preparación del conducto radicular con ambos tratamientos, así como del comportamiento de la unión dentina-material de obturación en las piezas obturadas que se muestra iconográficamente.

MARCO REFERENCIAL

1. ÓRGANO DENTINO PULPAR

El tejido pulpar y dentinario conforman estructural y funcionalmente una completa y verdadera unidad biológica a la que algunos denominan órgano dentino-pulpar. La dentina y la pulpa constituyen una unidad morfo-estructural, por la inclusión de las prolongaciones de los odontoblastos en la misma; a la vez que establecen una unidad funcional, debido a que la pulpa mantiene la vitalidad de la dentina y ésta a su vez la protege. También comparten un origen embrionario común. Ambas derivan del ecto-mesénquima que forma la papila del germen dentario (11) (12) (13).

Las investigaciones realizadas en biología celular y molecular han aportado aspectos relevantes sobre la histofisiología y patología pulpar, al decir de Pashley "la pulpa vive para la dentina y la dentina existe gracias a la pulpa". Pocas uniones en la naturaleza están marcadas por una gran interrelación en la que la pulpa cumple con las cuatro funciones: la formación, la nutrición de la dentina, la inervación y defensa del diente (14).

La primera tarea tanto en orden, como en importancia, es la formación de la dentina a partir del agregado mesenquimático (papila dental), surge de la lámina celular especializada de odontoblastos adyacentes a la lámina interna del ectodermo originario del esmalte. La interacción ecto-mesodérmica y los odontoblastos inician el proceso de la formación de la dentina (15).

La nutrición de la dentina es función de los odontoblastos y los capilares que los rodean. Por intercambio entre estos últimos y el líquido intersticial pulpar, el cual a su turno llegará a alcanzar la intrincada red de conductillos, formados por los procesos odontoblásticos los cuales a su vez los ocupan.

La inervación de la pulpa y la dentina está relacionada con el líquido intersticial cuyo movimiento entre los túbulos dentinales, estimulan los receptores periféricos y por ende, los nervios propios de la pulpa, acción ésta íntimamente relacionada con el dolor dental (16).

El primer mecanismo de defensa del diente y de la pulpa es la reparación por formación de nueva dentina en respuesta a irritantes. La pulpa puede iniciar sus mecanismos de conservación por accidente o espontáneamente. Es por la

formación de láminas de dentina lo que hace disminuir el ingreso de irritantes o prevenir la profundización de una caries. La pulpa estimula odontoblastos activos o produce nuevos odontoblastos para formar un nuevo tejido duro. Esta defensa puede presentar características diferentes: 1.- la formación de nueva dentina localizada. 2.- su producción en sitios que no se han visto estimulados para la formación de dentina primaria o secundaria; estructuralmente diferente (dentina de reparación, dentina de irritación, osteodentina o dentina terciaria).

Un segundo mecanismo de defensa, a veces ignorado, es la reacción inflamatoria de la pulpa en el sitio de la injuria.

A pesar de lo expuesto anteriormente la dentina y la pulpa se describen por separado solamente a los efectos de técnicas histológicas a aplicar. La pulpa al ser un tejido conectivo laxo, se estudia exclusivamente en cortes descalcificados, los cuales permiten también analizar la relación dentino-pulpar. Por otra parte la dentina que es un tejido duro, se observa generalmente en cortes por desgastes para estudiar su estructura mineralizada (11).

Retomando la idea de la frase de Pashley "la pulpa vive para la dentina y la dentina existe gracias a la pulpa" consideramos importante actualizar los conocimientos de embriogénesis dental y de la morfología dentaria para avalar dicha afirmación.

1.1. Embriogénesis Dental:

El desarrollo dental, comprende un largo período de la vida a partir la inducción de la dentición primaria, desde el segundo mes del desarrollo humano hasta completarse la dentición permanente finalizando la adolescencia.

La dentición primaria es inducida durante la quinta semana de la embriogénesis, y la biomineralización supera las 14 semanas de gestación. Simultáneamente, el primer diente permanente habrá alcanzado en este tiempo el estado de botón, brote o yema, y empezará a biomineralizarse poco antes del nacimiento. El primer diente primario erupciona al sexto mes de vida, mientras que el primer diente permanente lo hace entre los 5 y 6 años de vida. Los terceros molares son los últimos dientes en formarse y su total desarrollo se completa entre los 15 y los 18 años. Luego, la inducción y desarrollo de la dentición humana

persiste durante los siguientes estadios del desarrollo: embrionario, fetal, neonatal y posnatal.

Las interacciones mesénquima-ectodermo han sido ampliamente caracterizadas e investigadas a lo largo de varios estadios morfogénéticos, tanto de la raíz como de la corona, habiéndose empleado para investigar y definir los procesos moleculares recíprocos involucrados en las mencionadas interacciones (17) (18).

Se acepta actualmente que las señales inductivas son sintetizadas y segregadas por placodas odontogénicas halladas en el ectodermo que recubre los procesos maxilar y mandibular. Esas señales, por él originadas, son captadas por múltiples receptores de las membranas celulares de una subpoblación específica, derivada del ectomesénquima de la cresta neural craneal, durante el proceso de inducción inicial del que procede la lámina dental (18) (19) (Fig 1).

Durante la transición de estadio de brote a casquete, el ectomesénquima provee numerosos linajes celulares que formarán el mesénquima de la papila y otras células progenitoras de desarrollo del periodonto. (18)(20).

Simultáneamente, múltiples y recíprocas señales son segregadas por el mesénquima de la papila dental de células a la MEC (matriz extracelular), que se unirán a los receptores celulares transmembrana del epitelio del órgano del esmalte adyacente. Una pequeña estructura del esmalte, llamada nudo del esmalte, sintetiza y secreta un gran número de señales adicionales que también participan en la determinación de modelos morfogénéticos dentro de las denticiones maxilares y mandibulares: incisivos, caninos y molares. (21)(19).

La descripción del genoma humano fue completada en el año 2000, al ser identificados, secuenciados y mapeados en sus respectivos cromosomas, aproximadamente cien mil genes reguladores y estructurales. Combinaciones de genes hallados en el ADN, se expresan durante el desarrollo embrionario controlando la morfogénesis. Algunos de ellos se los ha identificado y caracterizado cuando se manifiestan en la placoda odontogénica, en la lámina dental y en los estadios de yema o botón, casquete, campana y corona del desarrollo dental en relación con las células epiteliales, con células mesenquimáticas o con ambas.



Fig. 1. Pulpa dental temprana o papila dental, exhibiendo una masa celular en el centro el centro de la yema o botón del diente en el estadio de campana temprano. Haces de fibras nerviosas cortadas transversalmente, se observan como cuerpos oscuros en la zona apical de la papila, pero están ausentes dentro de la misma. Tomada de Arwil Thaggstroms I., Inervation of the teeth, Transactions Royal School of Dentistry (Stocholm) 3:1958.

También se expresan en diversas combinaciones durante los procesos de inducción asociados al desarrollo de muchos sistemas u órganos epidérmicos (glándulas salivares, sebáceas, mamarias, diente, pelo y morfogénesis de la piel).

Los estímulos específicos involucran una serie de moléculas inductoras que deben ser reconocidas por receptores celulares específicos, los cuales a su vez producen reacciones en cadena intracelulares, activando diferentes vías y señales, así como un número de factores transcripcionales que regulan la expresión de determinados genes. Estas combinaciones son a su vez modificadas de acuerdo con una información espacial y temporal durante la morfogénesis. La combinación empleada para inducir la lámina dental difiere de aquella empleada para el desarrollo del estadio de casquete (Cap) y la citodiferenciación odontoblástica subsecuente (21) (Fig.2).

Morfogénesis de diente

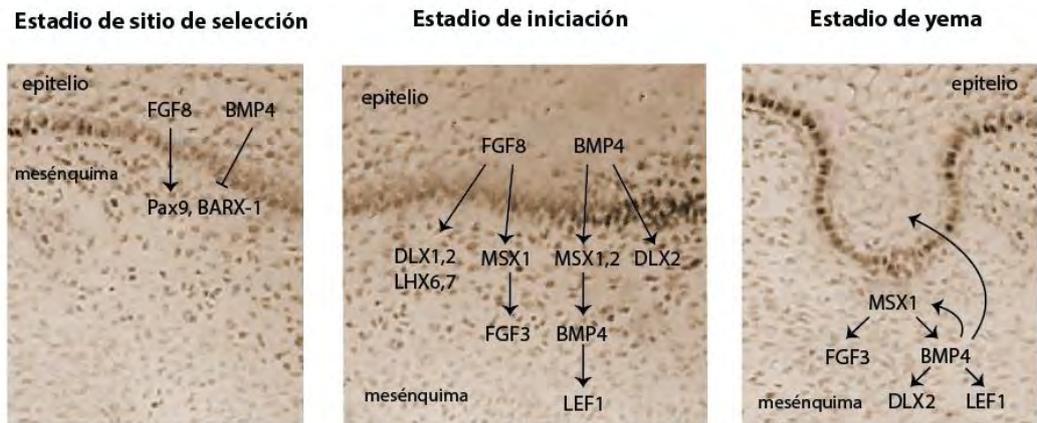


Fig. 2. Controles moleculares de la morfogénesis del diente en su iniciación y primeros estadios. La iniciación y el sitio de selección del desarrollo dental es controlada por el ectodermo oral al segregar FGF (factor de crecimiento fibroblástico) y BMP (proteína morfogenética de hueso) como señales de inicio. La acción de estas señales dependerá del estadio y posición del desarrollo y de la combinación de los factores de transcripción que pueden inducir (\longrightarrow) o reprimir ($_$), así se establece la placoda odontogénica. Luego el epitelio regula el mesodermo adyacente durante el estadio yema y este mesénquima promueve la diferenciación e influencia a la cara interna del esmalte subyacente por retroalimentación (feedback) en los subsiguientes estadios del desarrollo dental.

Mutaciones específicas o alteraciones en una o más de estas moléculas mencionadas en los esquemas, producirá alteraciones fenotípicas tales como labio leporino o del paladar y diferentes rangos de anomalías dentales en el esmalte, dentina, cemento, ligamento periodontal o alteraciones de número (hipodoncia, agenesia dental familiar por alteración del gen MSX1).

El desarrollo de la dentina es interesante, porque primeramente señales generadas dentro de la lámina interna del esmalte inducen a las células ectomesenquimales de la cresta neural craneal adyacente a diferenciarse en células progenitoras de odontoblastos. Mutaciones en las moléculas señal, en las moléculas receptoras o en las vías de activación intracelular, en los factores transcripcionales o en las moléculas de la MEC pueden originar severas anomalías dentales

incluyendo agenesia dental, hipodoncia y oligodoncia o defectos en la deposición de la dentina o su biomineralización, llamada dentinogénesis imperfecta. Numerosas proteínas de la MEC de la dentina se originan de un único gen y su diversidad se debe a las diferentes formas de splicing, mutaciones en una de esas secuencias producirá dentinogénesis imperfecta; si solo se afecta la síntesis de colágeno tipo1 se producirá osteogénesis imperfecta.

Luego de la morfogénesis de la corona, células del surco cervical originan la lámina radicular epitelial de Hertwig's (HERS) y éstas a su vez inducen las células mesenquimáticas adyacentes a comprometerse en la formación de la raíz. Se produce una proliferación y emigración progresiva hasta alcanzar la forma y tamaño radicular. Durante este desarrollo, dos explicaciones han sido propuestas. La primera sostiene que las células de HERS se transdiferencian en cementoblastos y segregan la matriz acelular del cemento. La segunda hipótesis sostiene que células del ectomesénquima periférico penetran entre las células de HERS y se transforman en cementoblastos que segregan el cemento acelular. Podría ser que ambos procesos puedan suceder en diferentes momentos y lugares de la cementogénesis.

Recientemente se ha demostrado que la HERS produce señales que inducen la diferenciación de odontoblastos y la formación de una primera capa de dentina periférica. Hace más de una centuria se conoce que un pequeño porcentaje de la población humana muestra perlas de esmalte próximas al límite cemento adamantino de los dientes permanentes.

1.2. Anatomía:

La pulpa dental, crea y esculpe su lugar en el centro del diente. En condiciones normales tiende a formar dentina a niveles vestibulolingual y mesiodistal. La pulpa se centra en el diente labrando su propio espacio y conformando la cavidad pulpar que se divide en dos partes: la cámara pulpar y el conducto radicular. La palabra clave en relación a la anatomía de la pulpa es su "variabilidad" morfológica, ya que la misma reduce el tamaño de ambos componentes (cámara y conducto) con la edad.

También ejercen sus estímulos efectos externos como caries, atriciones, abrasiones, erosiones, traumatismos y procedimientos clínicos, los que son fre-

cuentes irritantes y la mayor causa de formación de dentina de reparación. La clínica permite apreciar alteraciones causadas por distintas patologías pulpares.

En el momento de la erupción, la cámara pulpar, poco definida, refleja anatómicamente la forma externa del esmalte. Muestra en su perímetro original extremos agudos, los cuernos pulpares, dentro de la dentina coronal. Estímulos como las caries pueden llevar a la formación de dentina secundaria en las raíces o en paredes camerales donde se produjo la irritación. Con el transcurso del tiempo las cámaras tienden a la reducción de tamaño, secundariamente a la formación de neodentina sobre toda su superficie.

Conducto radicular

Un haz ininterrumpido de tejido conectivo, une el ligamento periodontal al canal radicular y la cámara pulpar, a través del ápice. Cada raíz está relacionada con la cámara pulpar y los conductos radiculares, los que están sujetos a cambios inducidos por la pulpa (Fig.3). El foramen se modela rápidamente durante los primeros meses de la erupción dentaria. Con el desarrollo, este modelado se hace más lento hasta que el ápice queda definido. El diámetro del conducto tiende a decrecer lentamente con la edad, también ante la presencia de algunas patologías como la enfermedad periodontal, o la acción de irritantes locales.

Según Orban la forma del conducto en mayor o menor grado se asemeja a la morfología radicular. Pocos conductos son redondeados o acintados, la mayoría son elípticos, anchos o delgados. El conducto por lo general forma una curva al terminar en la raíz. Meyer señala que "raíces que son redondas o de forma cónica usualmente contienen solo un canal, pero aquellas que son elípticas con superficies aplanadas o cóncavas frecuentemente presentan más de un conducto.

El foramen puede cambiar de tamaño y localización por influencias funcionales sobre el diente, como la presión de la lengua o el trauma oclusal. La reabsorción del cemento ocurre según la intensidad de la fuerza, es decir si sobrepasa el límite de soporte radicular.

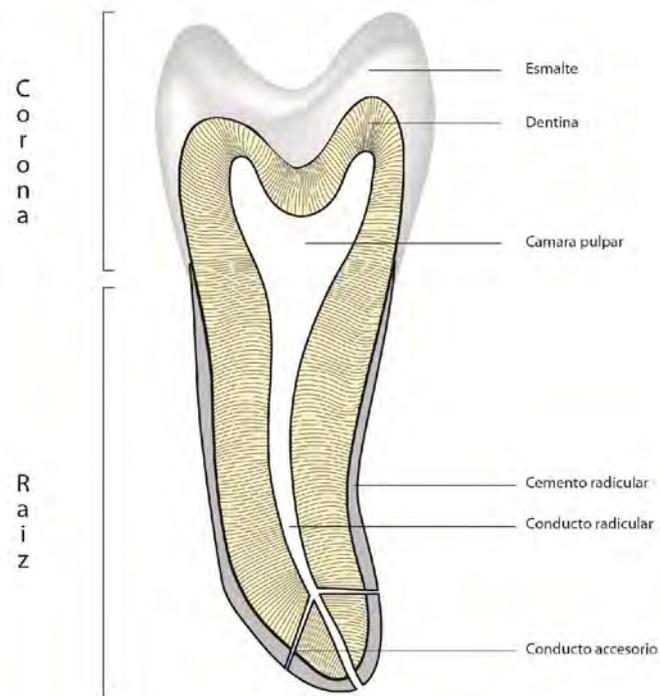


Fig. 3. Esquema de una pieza dentaria unirradicular.

La anatomía del ápice está parcialmente determinada por el número y localización de vasos sanguíneos presentes en el momento de formación del mismo. Cuando el diente es joven y recientemente erupcionado, el foramen está abierto. Islotes de dentina pueden aparecer dentro de la proyección de tejido conectivo que induce su formación, pero estos islotes quedan muy separados originando nuevos conductos. Los vasos y nervios primarios sufren estrechamiento o estrangulación al haberle restringido el diámetro del conducto. El incremento en la aposición del cemento contribuye a una continua remodelación. Las posibilidades de ramificación vascular son tan variables que hace difícil predecir el número de foraminas que pueden presentar los dientes (22) (23).

La mayoría de los dientes unirradiculares presentan relación único conducto-único foramen, a veces ellos poseen un delta apical que termina en un canal mayor y uno o más colaterales. Muy raras veces este delta tiene conductos de igual grosor. Los conductos de los dientes multirradiculares tienden a presentar

una anatomía apical más compleja. Foraminas múltiples son raras, casi excepcionales; cuando se hallan foraminas accesorias en una raíz de un diente multirradicular las otras raíces presentan una condición similar.

El foramen apical normalmente presenta un diámetro mayor y un diámetro menor. A este foramen frecuentemente lo acompañan foraminas mayores y accesorias (22).

La comunicación de la pulpa y el ligamento periodontal no sólo está limitada a la región apical, sino que conductos accesorios pueden ser hallados en diversos niveles.

Habiéndose actualizado nuestros conocimientos sobre odontogénesis y morfología dental, nos abocamos a describir la estructura tisular y celular normal de la pulpa dental por tratarse del sustrato sobre el cual asienta su patología, predominantemente inflamatoria.

1.3. Histología:

Habitualmente se describen en la pulpa dos regiones definidas: central y periférica. No obstante el estudio de cortes de pulpa observados al microscopio demuestra que estas regiones clásicas no son correctas, ya que son los niveles de actividad los que marcan la morfología regional.

La pulpa está en íntimo contacto con la dentina y sobrevive sólo gracias a su protección, asociándose en una estricta simbiosis. La vía por la cual la pulpa normal muestra su relación con el medio que la rodea puede ser entendida por los cambios en su morfología y la de los tejidos con los cuales ella interactúa, es decir, la dentina y el ligamento periodontal. En general la pulpa demuestra una homogeneidad en la mezcla de células, sustancia intercelular, fibras, vasos y nervios.

En la periferia de la pulpa, adyacentes a la dentina calcificada, se observan láminas estructurales. Esto es evidente cuando analizamos preparados microscópicos con poco aumento. Unidos a la predentina se halla una capa de odontoblastos cilíndricos, subyacente a éstos se ubica la lámina subodontoblástica llamada zona de Weil libre de células que está formada por capilares y pequeñas fibras nerviosas ramificadas. A continuación se observa una capa o zona rica en células la cual se encuentra formada por el estroma de la pulpa, contiene fi-

broblastos y células indiferenciadas, encargadas de mantener la población de odontoblastos por proliferación y diferenciación (24) (25).

Estas zonas varían en su prominencia entre distintos dientes y aún entre distintas áreas de la pulpa del mismo diente. Las zonas libre de células y rica en células no se distinguen o están ausentes en la pulpa embrionaria y aparecen cuando la formación de la dentina es activa. Ambas áreas se incrementan en los dientes adultos, y son menos constantes y prominentes cerca del ápice de la raíz.

La pulpa central ocupa el área circunscripta por la zona rica en células. Ella contiene el sistema de soporte principal de la pulpa periférica la cual incluye los vasos y nervios mayores los que se ramifican extendiéndose para alcanzar las láminas más externas de la pulpa. Las principales células son fibroblastos y los componentes extracelulares principales son glucosaminoglucanos y colágeno.

El medio ambiente pulpar es único, está rodeado y delimitado por tejido y drenado por vasos que entran y salen a sitios distantes, se lo clasifica como un tejido conectivo alveolar fibroso conteniendo elementos celulares y extracelulares que pueden ser hallados en otros tejidos similares.

Describiremos estos elementos estructurales en más detalle, comenzando por el componente celular:

1.- CÉLULAS MADRES: La pulpa contiene un conjunto de células de reserva, descendientes de células indiferenciadas de la papila dental primitiva. Estas células multipotenciales (células madres) semejantes a un típico fibroblasto, retienen la capacidad de desdiferenciarse y rediferenciarse según demandan diferentes tipos de células maduras. Originan los odontoblastos en la zona rica en células manteniendo su concentración. Frank demostró por autorradiografía que pueden producir pequeñas cantidades de colágeno, esto es una evidencia circunstancial de que ellos no son fibroblastos maduros (26).

Estudios ultraestructurales muestran conexiones citoplasmáticas entre los odontoblastos y células mesenquimáticas subyacentes. Debido a estas conexiones la injuria o muerte de un odontoblasto provee a estas células pobremente diferenciadas, una señal para que ellas se dividan y diferencien en odontoblastos (27).

Esta importante población de células madres se halla distribuida en la pulpa, generalmente, en yuxtaposición con los vasos sanguíneos, reteniendo la

capacidad, cuando son estimuladas, de dividirse y diferenciarse en otros tipos de células maduras, por ejemplo células cebadas y dentinoclastos (reabsortivas de dentina que pueden aparecer en casos de inflamación).

Estas células madres, son las únicas células que se diferencian pudiendo generar tejido calcificado luego de una pulpectomía parcial, cuando el hidróxido de calcio es colocado en contacto directo con la pulpa remanente. Estas son las únicas células que frecuentemente observamos a lo largo de los tejidos calcificados que forman las bases de los túbulos dentinarios involucrados en caries, restauraciones, atriciones, o abrasiones.

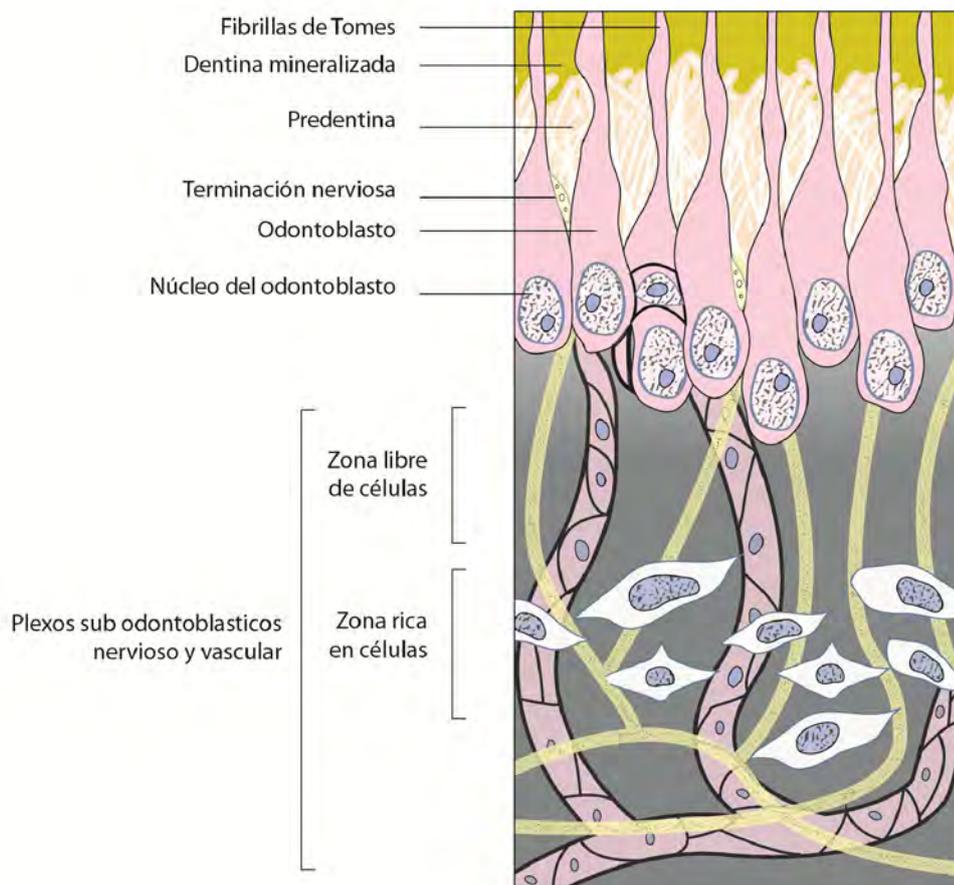


Fig. 4. Principales elementos que componen la periferia del órgano dentino pulpar. (dibujo adaptado de Pashley, 2003)

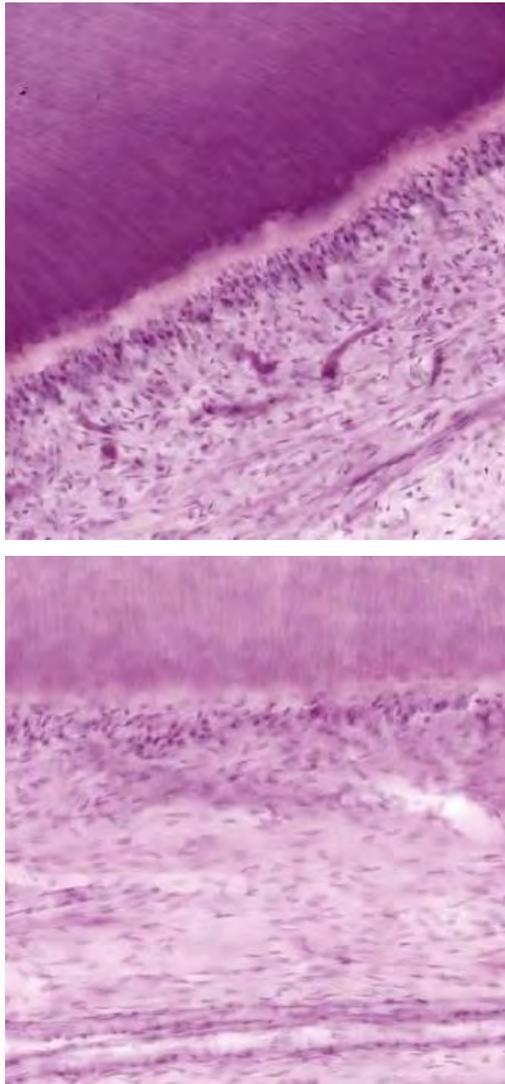


Fig. 5. Dentina y predentina coronal (sup) y radicular (inf). HE .20X

2.- FIBROBLASTOS: La mayoría de las células de la pulpa son fibroblastos, mostrando muchas variaciones en su grado de diferenciación (28).

Los fibroblastos pulpaes son células estrelladas con núcleo ovoide, sintetizan y secretan los componentes de la matriz extracelular tales como colágeno y glucosaminoglucanos (Gag's). Estudios autorradiográficos usando prolina tritiada demuestran su capacidad de sintetizar y segregar colágeno (29).

Los fibroblastos no sólo son los principales productores de colágeno sino que también eliminan los excesos de colágeno y su remoción en la pulpa. Se ha

demostrado que por acción de las enzimas lisosomales intracelulares, los componentes del colágeno logran ser reabsorbidos.

3.- ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO INFLAMATORIO:

a) Componente celular

- Histiocitos y macrófagos. Las células mesenquimáticas indiferenciadas que rodean los vasos sanguíneos (pericitos) pueden diferenciarse en histiocitos fijos bajo estimulación apropiada (30). Histiocitos libres (macrófagos) pueden también derivar de los monocitos que emigran a través de la pared de los vasos. Estas células son altamente fagocíticas y pueden remover bacterias, cuerpos extraños (pasta endodóntica, óxido de zinc, etc.), células muertas u otros desechos. Macrófagos pulpaes y células dendríticas, han sido encontradas en la pulpa (30) (31).

- Leucocitos polimorfonucleares: Los más comunes en la inflamación pulpar son los neutrófilos, ocasionalmente se han encontrado eosinófilos y basófilos. Es importante señalar que los neutrófilos no están normalmente presentes en la pulpa sana. Cuando hay injuria y muerte celular ellos rápidamente migran a esas áreas desde capilares y vénulas. Son las células más abundantes en la formación de microabscesos y muy efectivas en la destrucción y fagocitosis de bacterias y de células muertas y participan atacando células adyacentes contribuyendo al desarrollo de amplias zonas de inflamación (32).

- Linfocitos y células plasmáticas. Estos tipos celulares inflamatorios generalmente aparecen luego de la invasión en el área injuriada por neutrófilos. No están normalmente presentes en la pulpa sana pero aparecen asociadas con lesiones y como resultante de una respuesta inmune para disminuir el daño o neutralizar sustancias extrañas; su sola presencia indica la persistencia de una irritación.

- Células cebadas. Es raro hallarlas en pulpa normal pero comúnmente se encuentran en pulpas inflamadas. Los gránulos de estas células contienen histamina, un potente mediador inflamatorio y heparina, y se liberan por degranulación en el fluido tisular que rodea el sitio inflamatorio. Su degranulación libera histamina que relaja al músculo liso vascular produciendo vasodilatación, consecuentemente incrementa la permeabilidad vascular, por lo que fluidos y leucocitos salen de los vasos (33).

- Odontoblastos. La célula principal formadora de dentina, el odontoblasto, es el primer tipo celular de la pulpa que entra en contacto con la dentina. Estas células derivan de las células mesenquimáticas periféricas de la papila dental durante el desarrollo del diente y se diferencian adquiriendo las características morfológicas de una célula sintetizadora y secretora de glicoproteínas (34).

Las glicoproteínas forman la matriz de la predentina (Pd) la cual se vuelve mineralizable por acción del odontoblasto, única célula productora de un único tejido, la dentina. Las actividades de síntesis y secreción transforman al odontoblasto en una célula altamente polarizada en la cual la síntesis ocurre en el cuerpo celular y la secreción en el proceso odontoblástico.

El cuerpo celular contiene organoides que representan diferentes estadios de secreción de colágeno, glicoproteínas y sales de calcio. La secreción de la matriz precede la mineralización, estos dos eventos separados en tiempo y espacio ocurren en la pre dentina. El inicio de la mineralización asienta en la predentina a nivel de la unión esmalte-dentina y se caracteriza por la formación de vesículas de la matriz (35)(36).

En cortes histológicos observados con microscopio de luz, los odontoblastos varían en forma y tamaño semejando un epitelio cilíndrico estratificado, a nivel de la pulpa coronal, se reduce a una simple capa de células cuboidales, a nivel de la pulpa radicular y células aplanadas cerca del ápice (37). Estas células aplanadas forman una dentina atubular muy irregular.

MEB, muestra mejor la morfología externa de los odontoblastos. Un núcleo grande está localizado en la base de la célula dándole una apariencia de pera. Los cuerpos de los odontoblastos ubicados en la pulpa muestran sucesivamente apariencia primero de peras, luego de huso, de clava o globular desde la corona hacia el ápice (Fig.6)

Durante la formación de la dentina en la corona, los odontoblastos son empujados de fuera hacia adentro, en dirección a la periferia de la cámara pulpar. La circunferencia que está incrementando es más pequeña que la circunferencia de la unión esmalte-dentinario; esto explica por qué las células son empaquetadas en un aparente epitelio pseudoestratificado formado por los odontoblastos coronarios. En la pulpa radicular como el espacio no está comprimido, los odontoblastos se mantienen como células cilíndricas, cuboidales o escamosas en una

sola capa resultando que la densidad tubular es mucho mayor en la cámara pulpar que en la raíz pulpar. El incremento de la densidad tubular en la cámara puede explicar la gran sensibilidad y permeabilidad de la dentina de la corona.

Las células del cuerpo manufacturan el material de la matriz, el cual es transportado y segregado por el proceso odontoblástico. Este proceso es una evaginación del cuerpo del odontoblasto a nivel de la unión esmalte dentinaria que alcanza una distancia de dos a tres mm (dos mil a tres mil micras), esta descripción está basada en observaciones estructurales. Cuando la dentina se la estudia por microscopía electrónica se observa que los procesos odontoblásticos alcanzan el tercio interno de la dentina mientras que los dos tercios distantes del túbulo desprovistos de procesos y de nervios parecen ocupados con fluido extracelular (38).

Recientes investigaciones indican que los procesos odontoblásticos solo se extienden hasta la unión esmalte–dentinaria. Las estructuras tubulares de los túbulos dentinarios no son precisamente procesos odontoblásticos. Un hecho definitivo sería la identificación de la membrana plasmática trilaminar alrededor del proceso demostrada por MET. La extensión del proceso odontoblástico permanece controversial (39) (40).

Interpretaciones modernas de la injuria pulpar muestran que mientras la preparación de la cavidad para el tratamiento puede no ser atribuible a la amputación de los procesos odontoblásticos pero si a su desecación por calor y efectos osmóticos. La sensibilidad dentinaria no puede estar relacionada directamente a los propios procesos odontoblásticos o nervios de la dentina periférica pero si puede ser debido a las estructuras de los túbulos en la periferia de la dentina.

Después de la formación inicial de la dentina, el odontoblasto, durante este proceso, puede modificar su estructura produciendo dentina peritubular, formando una cubierta hipermineralizada con pequeña matriz orgánica que disminuye el diámetro del túbulo. Luego de irritado el odontoblasto puede acelerar la producción de dentina peritubular hasta el punto de ocluir completamente el túbulo. Cuando la oclusión tubular se extiende sobre una superficie amplia se hace referencia a dentina esclerótica, comúnmente hallada en dientes con erosión cervical (41) (42).

Odontoblastos irritados pueden secretar colágeno, material amorfo o grandes cristales dentro del lumen del túbulo; oclusión que produce un descenso en la permeabilidad de la dentina a sustancias irritantes, secreción que parece ser, una reacción de defensa del odontoblasto para su propia protección delimitando la pulpa, aunque esto último no ha sido probado(42).

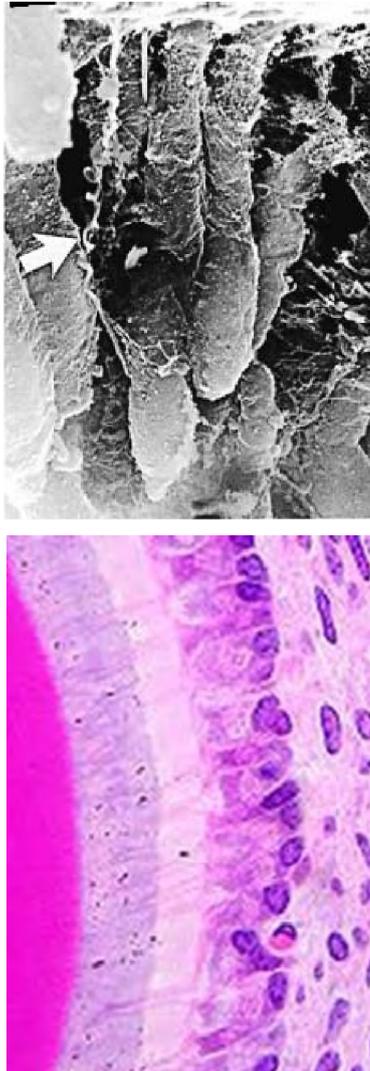


Fig. 6. Odontoblastos. (der)MEB. Punto crítico. Flecha: fibra en tirabuzón Copiado de Jean A, Kerebel JB, Kerebel LM. Oral Surg 1986;61:592.(izq) Límite dentinopulpar, epitelio pseudoestratificado(odontoblasto) HE.100X

b) El componente extracelular.

La matriz pulpar extracelular está compuesta por fibras y sustancia fundamental amorfa; ella mantiene la forma del cuerpo y la integridad del órgano pulpar.

Las fibras colágenas de la pulpa han sido estudiadas a nivel estructural y ultraestructural; en este último se comprueba la estriación periódica de 640 angstroms característica que identifica a las fibras colágenas. Estas fibras forman una estructura en red laxa que encierra al resto de los componentes pulpares. El colágeno es sintetizado y secretado por los fibroblastos y los odontoblastos, difiriendo el tipo de colágeno elaborado por los odontoblastos pues éste luego de secretado se mineraliza a diferencia del colágeno de los fibroblastos. Ellos también difieren en su estructura aminoacídica, en el grado de plegamiento y una ligera variación en el contenido de hidroxilisina (43).

El tropocolágeno puede además formar fibras reticulares o de reticulina que, con técnicas argénticas, se tiñen de negro como lo muestra el ml. Se produce además otro tipo de colágeno que constituye los "acúmulos de colágeno", abundantes en los pacientes adultos. También, con la edad, aparecen calcificaciones ectópicas del estroma pulpar, "piedra pulpar" y puede a veces hacerse difusa. La elastina es otro tipo de fibras del estroma y sólo se hallan en las paredes vasculares.

Los "acúmulos de colágeno" de la zona periférica de la pulpa, son llamadas fibras de Von Korff. La mayoría de los textos describen estas fibras como semejantes a un tirabuzón serían originadas por el odontoblasto y pasan a la matriz dentinaria. Los paquetes de odontoblastos, predentina, capilares y nervios, forman numerosos espacios entre y alrededor de los odontoblastos que pueden retener los metales pesados de la coloración (precipitados).

Estudios ultraestructurales de Ten Cate demostraron la presencia de estos espacios y sostienen que los depósitos de metales son artefactuales. Estudios posteriores mostraron que las fibras de Von Korff existen realmente (44) (45) (Fig.6).

Sustancia fundamental amorfa (MEC): sin estructura, semejante a la gelatina, ocupa los espacios entre los elementos formes.

Esta sustancia es similar a la del tejido conectivo laxo, consistiendo principalmente en complejos proteicos, carbohidratos y agua. Se trata de glucosaminoglucanos (Gag's) como el ácido hialurónico, condroitín sulfato y glucoproteínas, y son los transportadores de nutrientes y sustancias de desecho celular entre las

células y los capilares. La edad modifica las propiedades y puede llegar a inhibir su función.

IRRIGACIÓN DE LA PULPA: dado que la pulpa es pequeña, los vasos de la misma no son de gran tamaño. Desde el ápice y recorriendo la pulpa central, una o más arteriolas y alcanzan la periferia de la pulpa. Estas arteriolas terminales se continúan en lechos capilares o formando anastomosis arteriovenosas, que conectan la arteriola directamente con la vénula, que son detectadas por la existencia de células mioepiteliales que las rodean y por el endotelio cuboidal que tapiza su luz (vénuas post-capilares). El lecho capilar es importante en la región subodontoblástica con prolongaciones que pasan entre los odontoblastos, suele presentar fenestraciones tanto en los dientes temporarios como en los permanentes (46).

Los capilares se continúan en vénuas, las que se resuelven en pocas venas cada vez de mayor calibre, que se conectan con vasos que derivan en el ligamento periodontal o en hueso alveolar adyacente. Una característica de los vasos pulpares en la delgadez de su túnica media (muscular), lo cual tendría importancia en la pobre respuesta fisiológica a los vasodilatadores. (Fig.7)

VASOS LINFÁTICOS: la presencia de vasos linfáticos está en discusión. Sin embargo ultraestructuralmente se los ha identificado basándose en los siguientes criterios: a) la no presencia de eritrocitos en su luz; b) el grado de solapamiento de los bordes de las células endoteliales; c) y la ausencia de membrana basal (47).

NERVIOS: numerosos haces nerviosos mielínicos y amielínicos arriban a la pulpa desde el foramen apical, la mayoría son amielínicos, los cuales provienen del sistema nervioso autónomo (simpático), lo que se demuestra por la disminución del flujo sanguíneo pulpar cuando se los estimula. Los nervios mielínicos pertenecen a la rama sensorial del trigémino (48).

La fibras nerviosas mielínicas se ramifican ampliamente en la zona rica en células formando el plexo de Raschkaow, desde aquí numerosas fibras pierden la vaina de mielina y atravesando la zona rica en células terminan como receptores o como terminaciones nerviosas libres cerca de los odontoblastos, otras pasan entre los odontoblastos y penetran en el túbulo dentinario terminando sobre los procesos odontoblásticos.

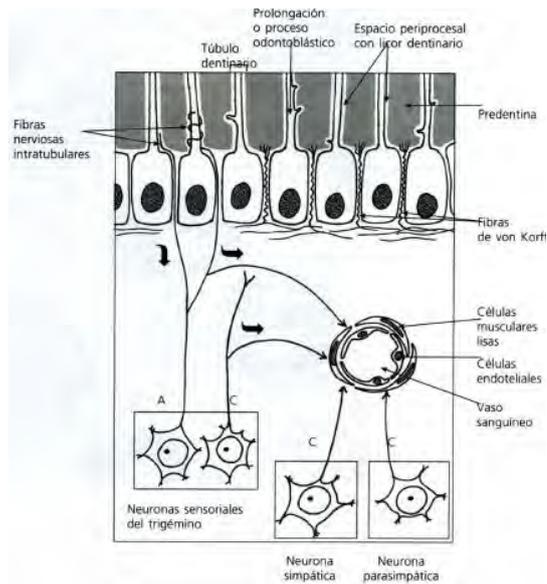


Fig. 7. Innervación e irrigación del órgano dentinopulpar.

Las fibras nerviosas terminan en la unión esmalte dentinario, o pueden ser halladas solas en el interior de los túbulos dentinarios o predentinarios, o entre los odontoblasto. Las fibras nerviosas no podrían nutrirse más allá de 100 μm de distancia de los capilares. Los nervios sensoriales de la pulpa responden a la noxas con sensación dolorosa únicamente, más allá del estímulo. El dolor es producido cuando el estímulo es aplicado a la dentina o a la pulpa (49) (Fig.8 y 9).



Fig. 8. Fibras nerviosas de la pulpa y terminaciones a nivel del canaliculos. Tec. Cajal Rio Ortega, (virada al oro) 6X

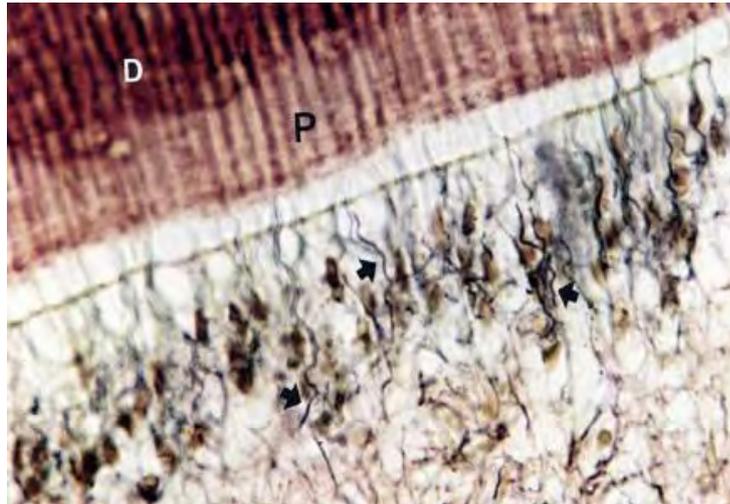


Fig. 9. Inervación dental. Órgano pulpar y límite dentino pulpar, D:dentina, P: predentina . Tec. Cajal Rio Ortega, (virada al oro) 100X.

La preparación de la cavidad sobre dentina es dolorosa sin anestesia, incluyendo los dos tercios externos aunque no haya nervios sensoriales. Estaría ligado probablemente a la teoría hidrodinámica según la cual, el movimiento del fluido dentro de los túbulos estimula a distancia las terminaciones nerviosas (50).

Si bien las uniones entre terminaciones nerviosas y odontoblastos son muy complejas, y no son verdaderas sinapsis, su existencia parece ser funcional. No está claro si su función es sensitiva o motora.

Los nervios simpáticos regulan la erupción dental. Su actividad a nivel pulpar está relacionada con el flujo sanguíneo y la presión tisular por apertura o cierre de las anastomosis arterio-venosas, así como por el flujo sanguíneo arterio-lar; lo que puede secundariamente afectar la presión eruptiva. La activación de las fibras simpáticas no solo afecta el flujo sanguíneo pulpar sino que también disminuye la sensibilidad de los nervios interdientales (51) (Fig.7)

El número y la concentración de fibras nerviosas varían con el estadio de desarrollo del diente y también con su localización (25).

Visto el resumen precedente de la actualización bibliográfica sobre órgano dentinopulpar, a continuación procederemos a realizar una puesta al día y síntesis de su patología.

1.4. Patología

Las diferentes patologías que afectan a la pulpa habitualmente, se originan por distintas causas, pueden mencionarse factores físicos, químicos y microbiológicos (52)(53).

Los factores físicos pueden ser: Mecánicos (traumatismos agudos y crónicos), movimientos dentarios bruscos; térmicos (tallados dentarios sin refrigeración adecuada e incorrecta protección en las restauraciones). Eléctricos (corrientes galvánicas generadas por diferentes materiales metálicos en la cavidad bucal). Químicos (el acceso de sustancias químicas a los conductillos dentinarios), la pulpa tiene capacidad de formar dentina de reparación en respuestas a dichas sustancias; Microbiológicos (Infecciones producidas por bacterias anaerobias y /o gramnegativas) (54)(55).

Ante la acción de los diferentes agentes etiológicos previamente mencionados, el tejido pulpar puede reaccionar a través de una respuesta inflamatoria activando mecanismos inmunitarios (53)(56).

El proceso inflamatorio comienza con ligera vasoconstricción seguida de vasodilatación.

El flujo sanguíneo se vuelve lento (calor, rubor), favoreciendo el acúmulo de hematíes en el centro de los capilares y la adhesión de leucocitos sobre sus paredes. Diminutas fisuras endoteliales permiten la formación de edema por extravasación de plasma hacia el espacio intersticial, originando aumento de la presión (dolor), infiltración celular (tumor), Tetrada de Celso y lesión de odontoblastos.

La función y estructura pulpar son alteradas radicalmente por la injuria y los resultados de la inflamación, los neutrófilos son quimiotácticamente atraídos al sitio de la inflamación, bacterias y células pulpares muertas son fagocitadas, causando liberación de potentes enzimas lisosomales. Estas enzimas pueden atacar tejido normal que rodea al sitio incrementando el daño pulpar. Productos de la hidrólisis del colágeno y la fibrina pueden actuar como quininas produciendo vasodilatación y aumento de la permeabilidad (57).

El fluido exudado ocupa el espacio intersticial pulpar, pero como el mismo es limitado, la presión pulpar aumenta. Esta presión intrapulpar elevada tiene impacto importante sobre los vasos sanguíneos, produciendo efectos deletéreos sobre la microcirculación. Cuando la presión pulpar supera la presión venosa lo-

cal, las venas locales colapsan, aumentan su resistencia, produciendo un aumento de la presión tisular y derivación del flujo sanguíneo de esta área hacia zonas de menor resistencia. Al persistir la presión tisular continúa el compromiso circulatorio. Las consecuencias de la reducción del flujo sanguíneo son menores en el tejido normal pero graves para el tejido inflamado, porque el compromiso circulatorio permite la acumulación de irritantes tales como enzimas lisosómicas, factores quimiotácticos y toxinas bacterianas.

La persistencia de esta situación puede conducir al desarrollo del "síndrome del compartimento", condición en la cual la presión tisular elevada confinada a un espacio, altera la estructura y deprime diversas funciones de los tejidos. Las funciones deprimidas pueden producir roturas de células muertas, las cuales a su turno, generan inflamación con el consiguiente exudado tisular dentro del mismo. El incremento de la presión tisular colapsa las venas y aumenta la resistencia al flujo sanguíneo a través de los capilares. La sangre es derivada de las áreas de mayor presión hacia áreas de presión normal; originando un círculo vicioso en el cual la región inflamada tiende a inflamarse más porque disminuye el aporte de nutrientes consecuencia del menor aporte sanguíneo (Fig. 2-38).(58)

En una etapa crónica, el organismo intentará reparar el tejido pulpar con tejido de granulación (neoformación de fibras, células y vasos) (59) (Fig.10).

Dicho proceso inflamatorio se haya condicionado por propiedades de la pulpa que se mencionan a continuación: 1 - La rigidez del tejido dentinario que rodea a la pulpa limita la posibilidad de tolerar edemas. 2- La escasa circulación colateral disminuye la capacidad de resistir bacterias. 3- La presencia de agentes irritantes, estimula la actividad de los odontoblastos. En estas condiciones, investigaciones realizadas, concluyeron que la pulpa tiene posibilidades de reparación en circunstancias incipientes, pero no se puede predecir el grado (16).

Como ya lo señalamos, cualquiera de los factores que afectan la pulpa, podrían dar origen a la descomposición del tejido conjuntivo pulpar, acompañado de la destrucción de los pequeños vasos sanguíneos y linfáticos, de las células y de las fibras nerviosas. Dicho proceso se denomina necrosis pulpar (60) (61).

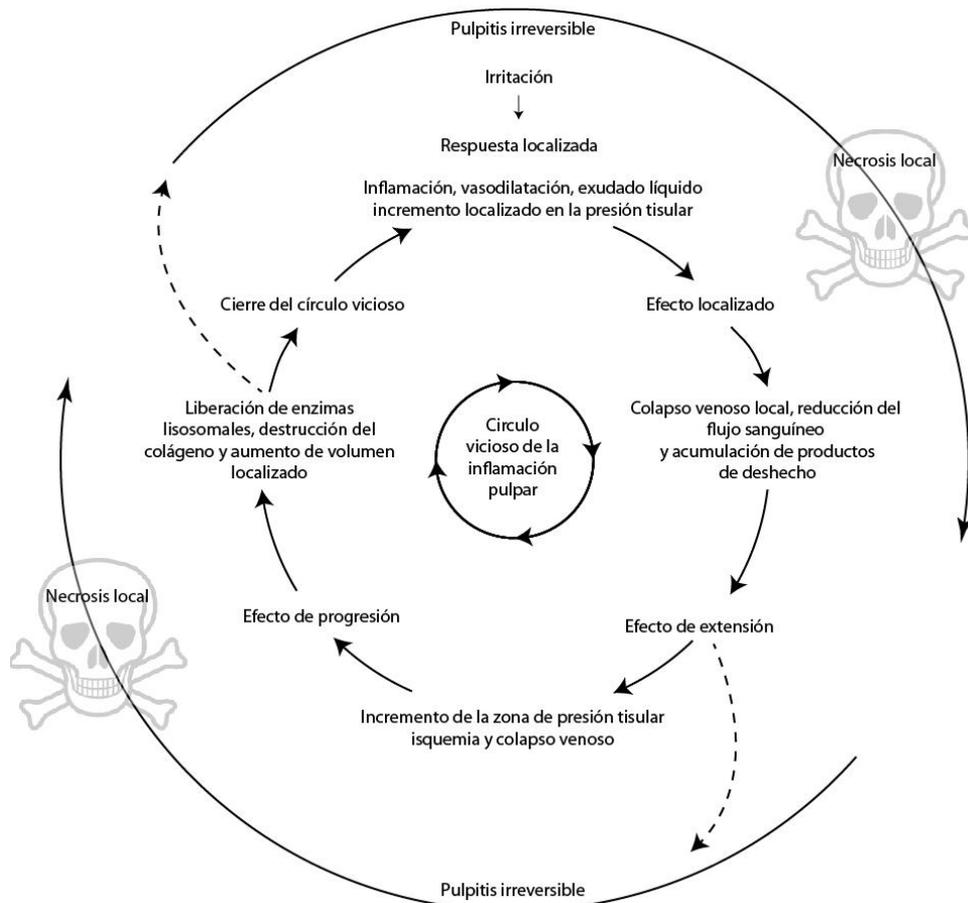


Fig. 10. Círculo vicioso de la inflamación pulpar; puede iniciar como una respuesta localizada pero si se mantiene la irritación, puede progresar la lesión y terminar en una pulpitis irreversible. Adaptado de: Matsen FA. Compartmentalsyndrome. Clin Orthop 1975; 113:8

Ante la dificultad de realizar un diagnóstico histopatológico, el odontólogo reúne datos clínicos y radiográficos que le permiten aproximarse al estado anatómopatológico a partir del cual podría realizar el plan de tratamiento.

En otras ocasiones, los factores irritantes pueden originar procesos regresivos o degenerativos. Por ejemplo, el diente envejece no sólo por edad cronológica sino también por el estímulo de la función o por irritación. El envejecimiento del diente puede ser una respuesta prematura a las agresiones de: caries, procedimiento de restauración y traumas. La pulpa reacciona a los cambios de su micro ambiente y/o por los cambios en la dentina, debido a su vecindad; en respuesta a las agresiones altera la anatomía de sus estructuras internas y del tejido duro que la rodea, produciéndose cambios dimensionales y estructurales.

Ante las agresiones o por el paso del tiempo el volumen pulpar decrece por aposición de tejidos calcificados sobre sus paredes, el número de células disminuye y el de fibras aumentan (61).

Cambios regresivos: el término “regresión” es definido como una condición de disminución de la capacidad funcional o el retorno al más primitivo estado. Pulpas envejecidas han sido descritas como regresivas por haber disminuido su capacidad de combatir la injuria y recomponerse. Se las ha subsumido dentro de las pulpas viejas con pocas células, poca vasculatura e incremento de elementos fibrosos. Quedaría demostrado que el término de “regresión” no es apropiado, si no que el profesional debería asumir que en ciertos individuos cuyas piezas dentarias presenta pulpas viejas o en etapa de involución son menos capaces de responder favorablemente que las pulpas jóvenes ante nuevos estímulos (62).

Calcificaciones. Existen dos tipos de calcificaciones pulpares: los nódulos pulpares (denticulas) y la masa laminar cristalina conocida como calcificaciones lineares (difusas). Los nódulos pulpares se localizan principalmente en la cavidad pulpar coronal, mientras que las calcificaciones lineales se las ve en los conductos radiculares. (63)

2. TERAPIAS ENDODÓNTICAS

Las distintas modificaciones que pueden suceder en el tejido pulpar, fueron motivo de investigaciones y de la aplicación de un gran número de terapias endodónticas a través del tiempo, con la finalidad de disminuir el daño dentario y proteger tejidos vecinos. A partir de las primeras manifestaciones en endodoncia pertenecientes al período Helenístico (200 años a C), se han producido cambios en el tratamiento de las piezas dentarias, con el propósito de preservarlas en boca.

Así la utilización de arsénico, de opio, de la cauterización, son ejemplos de técnicas y materiales de aplicación endodóntica, ya 1976, época de la afirmación de la endodoncia, se estudió la histopatología de los procesos que afectan la pulpa dental, se fabricó instrumental adecuado, se utilizaron materiales dentales específicos como el hidróxido de calcio en su tratamiento.

Actualmente, la endodoncia como especialidad de la odontología sigue siendo eje central de investigaciones que incluyen el aporte de ciencias básicas y clínicas, con el propósito de progresar en el diagnóstico y tratamiento de las modificaciones del órgano dentinopulpar incluyendo nuevas tecnologías y materiales.

El tratamiento endodóntico, fundamentado en bases biológicas propias del tejido pulpar, se realiza con el propósito de conservar la pieza dentaria dentro de la cavidad bucal. Debe lograr una correcta conformación, limpieza y sellado a nivel tridimensional, evitando el paso de elementos nocivos al ligamento periodontal (18) (64) (65).

Una vez expuesta la cámara y localizado el conducto se procede a la instrumentación con limas o instrumental rotatorio para la eliminación de las paredes infectadas y su conformación, lo que rompe la matriz de colágeno originando depósito, detritus.

Este detritus (SL), obstruye la entrada de los conductillos dentinarios. Su aspecto al microscopio electrónico de barrido (MEB) fue explicado por Brannstrom et al en 1980 y Pashley et al en 1988; lo describieron como irregular, amorfo y granular, cuyo espesor varía entre 1-5 μm y 10 y 15 μm . según los autores citados. Su capa superficial es de aproximadamente 0.05 y 0.1 μm observándose a mayor aumento una zona granular de tamaño variable que se introduce en los conductillos dentinarios. Está constituido por fibras mineralizadas, junto con material orgánico e inorgánico como limallas de dentina, pequeñas porciones de dentina, restos de pulpa o de tejido necrótico, procesos odontoblásticos, proteínas coaguladas, células de la sangre y microorganismos. Con respecto a su ubicación se puede describir el SL en dos zonas; una superficial y otra compactada dentro de los túbulos dentinarios. La capa superficial, producto del limado, tapiza la entrada de los conductillos dentinarios, posee un espesor de 2 a 5 μm ., tiene mayor densidad y mejor potencial de adhesión; la capa profunda puede penetrar desde 1 μm a 40 μm (66) (67) (68).

A continuación la Fig.11 muestra una microfotografía al MEB, de SL depositado como consecuencia de la preparación quirúrgica de un conducto radicular, antes de ser sometido a la acción de procedimientos para su eliminación. Los conductillos dentinarios se observan tapizados por SL que al obstruir su luz impi-

de la llegada de sustancias antisépticas y la correcta relación con el material de obturación.

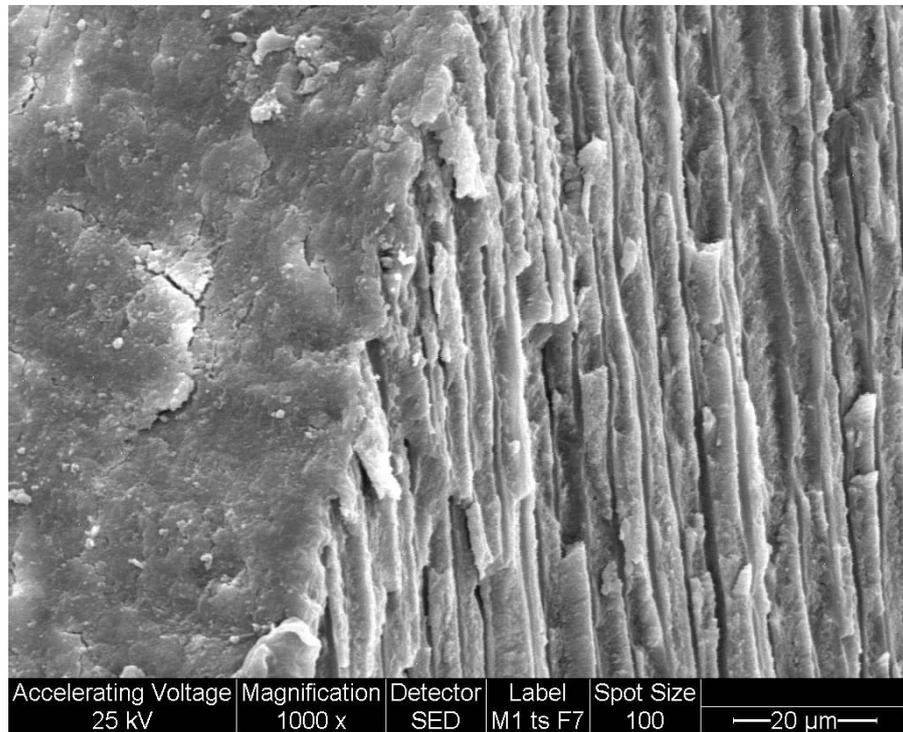


Fig. 11. SL en dentina radicular luego de la instrumentación endodóntica. La luz de los conductos dentinarios se encuentra tapizada y obstruida dificultando la obturación. Microfotografía tomada al MEB. (1000X)

A fin de lograr una superficie libre de SL se realizaron investigaciones irrigando la cavidad pulpar; con agentes quelantes y dentro de las nuevas tecnologías con el láser de Er YAG, los principios de ambos serán descritos y su grado de eficacia serán analizados en el presente trabajo (69)(70)(71)(72).

Una vez tratado el conducto radicular, está listo para su obturación. Según Grossman, el rol de la obturación radicular es sellar el conducto herméticamente para evitar el acceso de agentes patógenos a los tejidos periapicales. Consiste en reemplazar el contenido natural de los conductos por un material inerte, que siendo bien tolerado por los tejidos periapicales, pueda obliterar de forma tridimensional y evitar infecciones (73).

Los materiales de obturación pueden ser pastas como cementos de óxido de zinc y eugenol con distintos agregados; materiales semisólidos como la gutapercha; o sólidos como las amalgamas.

Es habitual el empleo del cemento de Grossman (modificado a base de óxido de zinc y eugenol) como sellador en la interface entre la masa de gutapercha y el tejido dentario. Tiene capacidad de rellenar pequeñas irregularidades debido a su consistencia viscosa que asegura una íntima unión entre ambos elementos. (74)

Se sintetizará someramente conceptos bibliográficos habituales acerca de los diferentes procedimientos endodónticos para la preparación del conducto radicular, especialmente aquellos vinculados a la eliminación del SL, cuyo estudio morfológico estructural y ultraestructural son el objetivo de la presente tesis.

3. SUSTANCIAS QUELANTES APLICADAS A LA ODONTOLOGÍA

La palabra quelar se origina del griego “chele” que significa garra y en odontología se las utiliza por su capacidad de unirse y/o “atrapar” iones metálicos. (75)(76). Los quelantes tienen la capacidad de excavar y fijarse con firmeza a iones metálicos del complejo molecular al que se encuentran entrelazados y fijándolos por unión coordinada. Esta reacción se debe a numerosas ligaduras químicas que las moléculas de un agente quelante establece con un mismo ion del metal, como un mecanismo para secuestrarlo del medio al que están adheridos. La quelación es un fenómeno físico-químico por el cual ciertos iones metálicos son secuestrados de los complejos de los que participan, haciendo referencia a los cristales de hidroxiapatita de las superficies dentinarias, para producir un grupo quelatometálico que reacciona con las terminaciones del agente quelante removiendo los iones Ca de la dentina.

Por tal motivo cambian las características de solubilidad y permeabilidad de la dentina reblandeciéndose, en especial la dentina peritubular que es rica en hidroxiapatita, aumentando el diámetro de los túbulos dentinarios expuestos.

El más utilizado denominado EDTA (ácido etilendiamínico tetracético), fue estudiado por Nikiforuk en 1953 luego de observar que era sumamente quelante con un pH de 6 a 7,5 para el ion Ca^{2+} . (76)

Desde el punto de vista químico, el EDTA está formado por macromoléculas complejas. El catión quelante de nº de oxidación +2, posee un grupo dietilendiamino al que se adosan cuatro grupos diacéticos. Los metales iónicos se unen a las terminaciones del EDTA, formando un anillo.

Su fórmula química es $C_{10}H_{16}N_2O_8$ (75).

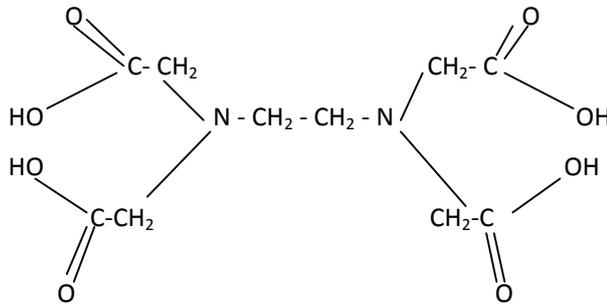


Fig.12. Fórmula química del EDTA

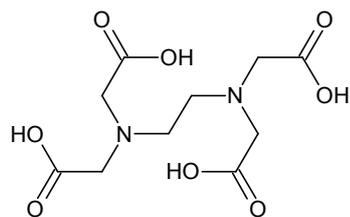
La desmineralización que provoca el EDTA sobre el tejido dentinario está basada en el principio químico del producto constante de solubilidad (Ksp) que expresa: para un electrolito muy poco soluble, en solución saturada, en un dado solvente (H₂O) y a una T (temperatura), el producto de las actividades de sus iones elevadas a un exponente igual al coeficiente de la ecuación estequiométricamente equilibrada es una constante que se cumple en condiciones termodinámicas.

Para las llamadas condiciones actuales, se habla de un producto iónico (Ip) dado que el medio ya no es agua químicamente pura.

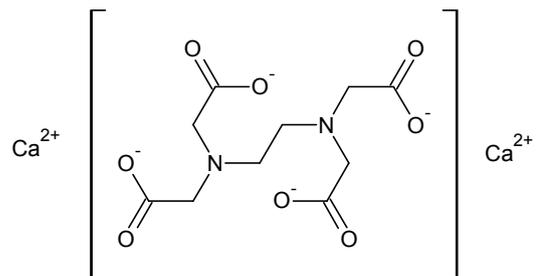
Su efectividad quelante se debe a las uniones formadas entre los iones de calcio y las moléculas de EDTA. El quelante atrapa iones metálicos de calcio en forma de quelatos que provienen de los cristales de hidroxiapatita de la dentina en un medio líquido, para luego comenzar la desmineralización de la misma. Es decir cuando se agrega EDTA, los iones de calcio serán atrapados desde la solución y mayor cantidad de matriz inorgánica de la dentina será disuelta hasta alcanzar un equilibrio.

Cuando todos los iones de calcio disponibles han sido quelados durante la desmineralización de la dentina, se establece un equilibrio entre la solución de sal saturada y el precipitado de calcio, porque los iones del precipitado se diluyen constantemente y al mismo tiempo, los iones de la solución se precipitan como sólidos. Por lo tanto, la solución no se difunde permanentemente dentro de la dentina y su efecto es autolimitante debiéndose a los cambio del pH durante la desmineralización dentinaria. El EDTA posee pH aproximadamente neutro, pero en el intercambio entre el calcio de la dentina y el hidrógeno del EDTA el pH va decreciendo. Si el pH aumentara, la concentración de iones hidroxilos aumenta resultando la disminución en la disociación de la cantidad de iones de calcio en solución. Por el contrario cuando el pH disminuye los protones predominantes en la solución neutralizan los iones hidroxilos, se altera el equilibrio y como resultado hay un incremento de iones calcio en solución. El EDTA tiene cuatro grupos carboxilos y la disociación toma lugar en cuatro pasos, cada uno con su propia constante de disociación y en diferentes rangos de pH. Otra limitación en el efecto quelante del EDTA se relaciona con el hecho de que cada molécula de este puede quelar únicamente un ión calcio, de manera que en un determinado momento la reacción se detiene.

El EDTA establece un nuevo equilibrio en competencia con el $K_{sp_{HA}}$ (HA : hidroxiapatita). Este nuevo equilibrio se rige por la K_i del complejo $EDTA-Ca^{2+}$ (K_i : constante de inestabilidad).



EDTA



Complejo EDTA - Ca²⁺

Formula química del complejo EDTA-Ca

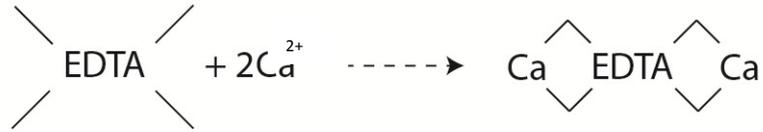


Figura. 13. Equilibrio regido por la K_i del complejo EDTA- Ca^{2+} (K_i constante de inestabilidad)

En 1957 Nygaard y Östby lo utilizaron como material quelante en endodoncia, motivados por el hecho que al actuar sobre la dentina disminuía el tiempo de trabajo al diluir el componente inorgánico, mejorando la limpieza y conformación de los conductos radiculares debido a que reblandece la dentina peritubular. También remueve efectivamente la porción mineralizada de la capa de barro dentinario a un pH de 5 ó 6, siendo elegido por su baja toxicidad y rápida acción (76)(77).

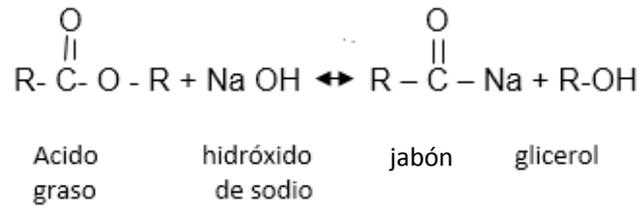
Las investigaciones demuestran que la irrigación con EDTA (que actúa sobre las sustancias inorgánicas), debe ir acompañada del hipoclorito de sodio que lo hace sobre sustancias orgánicas. De esta manera se logra sinergizar las propiedades de ambos irrigantes. En la actualidad el hipoclorito de sodio, es el irrigante de mayor uso en endodoncia ya que se acerca al ideal, por sus principales propiedades de disolver los restos de tejido pulpar vital o necrótico rápidamente. El hipoclorito tiene acción antimicrobiana contra bacterias, hongos esporas y virus. Actúa neutralizando los componentes y productos antigénicos presentes en el biofilm radicular debido a su alcalinidad (pH 11,5-11,7) que favorece neutralizar la acidez del medio dejando el ambiente no propicio para el desarrollo bacteriano. El hipoclorito de sodio tiene baja tensión superficial y ayuda a cumplir la función de arrastre mecánico de restos de tejido orgánico y durante las maniobras de instrumentación favorece a la lubricación del conducto. Su mecanismo de acción ocurre cuando entra en contacto con la materia orgánica y provoca una serie de reacciones químicas. Cuando está en contacto con las proteínas del tejido, se forma dentro de un periodo corto de tiempo nitrógeno, formaldehído, acetaldehído provocando el rompimiento de los enlaces peptídicos y la disolución proteica. Por la hipertonicidad se extrae agua por ósmosis del interior de la célula dando lugar a la desnatu-

realización proteica. Durante estas series de reacciones químicas se producen los siguientes procesos: a- saponificación que ocurre cuando el hipoclorito de sodio actúa como solvente de materia orgánica y en el caso particular de lípidos los transforma en sales de ácidos grasos (jabón y glicerol) reduciendo la tensión superficial de la solución remanente. b-neutraliza aminoácidos formando agua y sal. En contacto con los tejidos orgánicos actúa como un solvente, produciendo clorinas que combinadas con el grupo amino de las proteínas forma cloraminas. c-la reacción de cloraminación ocurre cuando el cloro en contacto con el grupo amino forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular. El cloro es un oxidante fuerte que presenta acción antimicrobiana por inhibición irreversible de enzimas bacterianas esenciales. El mecanismo de acción del hipoclorito de sodio también se ve influenciado por su pH, cuyo efecto biológico se realiza sobre la actividad enzimática de las bacterias anaerobias. El pH elevado altera la integridad de la membrana citoplasmática, produciendo una inhibición enzimática irreversible, alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos o ácidos grasos insaturados de la membrana citoplasmática.

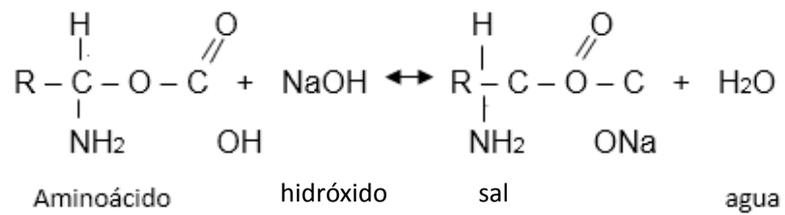
Una vez desarrollados los fenómenos físico-químicos que ocurren por acción del hipoclorito de sodio, se puede enunciar como concepto final que, el hipoclorito de sodio tiene la capacidad de desnaturalizar proteínas por formación de enlaces cloraminados. Es de destacar que el exceso de sustancia alcalina que suele tener el hipoclorito de sodio, particularmente obtenido por el burbujeo del Cl₂ gaseoso sobre el Na (OH), favorece la saponificación de los TG (triacilglicéridos) constituyente presuntamente de la materia orgánica del SL originado en la instrumentación.

Además la combinación de EDTA-hipoclorito produce disminución de la tensión superficial, permitiendo mejor distribución de ambas dentro del conducto y túbulos dentinales. Por lo tanto es el irrigante de mayor uso en endodoncia debido que es el que más se acerca a ser el irrigante ideal, ya que su principal propiedad es la de disolver los restos de tejido vital o necrótico rápidamente. 78) (79).

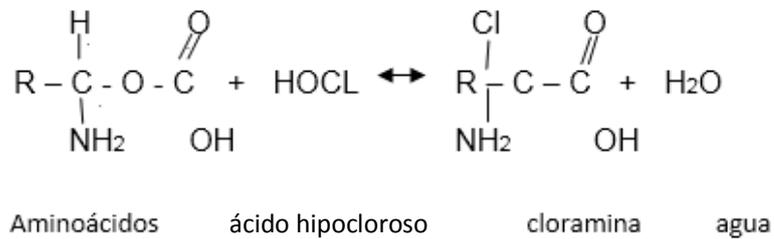
Reacción de saponificación



Reacción de neutralización de aminoácidos



Reacción de cloraminación



Diversos investigadores recomiendan irrigar el conducto radicular, con 10ml EDTA al 17% seguido de 5ml de hipoclorito de sodio al 5,25% para eliminar la capa residual a una temperatura de aproximadamente 20°C. (78) (79)

4. LASER en áreas biológicas

Es el empleo de la tecnología con láser, uno de los componentes fundamentales en el desarrollo de las investigaciones realizadas. Dadas sus recientes implicancias en los avances de la endodoncia, se considera necesario realizar una somera descripción de su evolución.

La historia del láser se remonta a 1916, cuando Albert Einstein, basándose en la hipótesis de la mecánica cuántica de Max Planck, estudió el comportamiento de los electrones en el interior del átomo, observando la posibilidad de que al estimularlos con una fuente de energía externa pudiesen emitir luz (80) (81).

En 1953, Charles H Townes en Washington, esbozó un proyecto con la intención de construir un máser óptico (amplificación de microondas por emisión estimulada de radiación); en 1958 Ch Tawnes, junto a Arthur Schawlow, en los laboratorios Bell, elaboraron un plan para construir un láser, aplicando el principio del máser. Gordon Gould, alumno de Townes, en la facultad de Columbia, también trabajó en la construcción de un láser a fin de conseguir densidad de energía hasta entonces inalcanzables. A través de sus investigaciones comprendió que el láser sería una fuente de luz no térmica, de modo que a temperatura ambiente fuese capaz de producir un haz de gran potencia. A pesar de que Townes, Schawlow y Gould habían solicitado patentes y elaborado varias propuestas, nadie había construido en realidad algún láser hasta ese momento (8) (83) (84).

Theodore H. Maiman, físico investigador en la compañía aérea Hughes, utilizó un rubí sintético como cristal, en sus investigaciones para construir un máser. Diseñó un pequeño artefacto con un cristal cilíndrico de rubí rodeado de una lámpara espiral intermitente cuyos extremos cubiertos actuaban como espejos para la oscilación de los electrones; cuando el cristal recibía ráfagas de luz de unas millonésimas de segundos de duración, producía breves pulsaciones de luz láser. A partir de los resultados obtenidos, el 7 de julio de 1960 Maiman comunicó a la prensa que había hecho funcionar su primer láser (84) (81).

LASER, término que en inglés significa: “amplificación de luz originada por emisión estimulada de radiación” (83).

Desde el punto de vista tecnológico el láser utiliza varios principios básicos de la física, los que generan un haz de luz intenso y delgado que se proyecta

en el espacio de forma coordinada y sin disiparse. La emisión estimulada es un proceso mediante el cual el láser al ser cargado previamente de energía desde una fuente externa que le posibilita emitir luz, es considerada radiación porque transmite y emite energía.

A partir de las investigaciones realizadas por Einstein, se pudieron establecer dos principios básicos que se relacionan con el láser:

a) La luz se desplaza en el espacio en forma de paquetes, llamados fotones o cuantos de energía, cuyo valor es igual a la constante de Planck por la frecuencia de la onda lumínica.

$$E = h \cdot \lambda$$

Donde E es energía, h representa la constante de Planck cuyo valor es $6,626 \cdot 10^{-34}$, λ la longitud de la onda lumínica.

b) El átomo posee un núcleo, compuesto por protones y neutrones. Giran por fuera del mismo, electrones dispuestos en distintos niveles de energía. Los electrones se encuentran en cada uno de los niveles de energía conforme al principio de exclusión de Wolfgang Ernst Pauli. Al incorporar energía, los electrones pueden migrar a una órbita superior, y en estado de excitación tienen fotocapacidad para volver a su estado fundamental, liberando energía electromagnética en forma de fotones, los que no responden al principio de exclusión de Pauli (85).

El principio de la tecnología láser se basa en la transformación de un átomo a partir de su estado energético normal a una fase de energía superior inestable, mediante un proceso de "absorción". Al regresar a su estado fundamental, emite una luz coherente a través de un proceso denominado emisión "espontánea". Si ese átomo absorbe nuevamente un fotón igual al primero pasa al nivel de energía superior y al descender a su estado original formaría dos fotones de luz idénticos. Este proceso se denomina "emisión estimulada". Ambos fotones son capaces de estimular a otros tal como se muestra en la (Fig.14).

Si el mencionado fenómeno ocurriera entre dos espejos, los fotones rebotarían en los mismos, por lo que la mayoría de los átomos estarían excitados. Este proceso se denomina inversión poblacional.

La formación del haz de energía láser ocurre cuando los electrones excitados, al volver a su estado natural, liberan más fotones (Fig.14).

De lo expuesto anteriormente se desprenden tres principios de física que caracterizan al laser:

1-Coherencia: significa que todas las ondas luminosas originadas de un láser se acoplan ordenadamente entre sí, obteniéndose cantidades de energía iguales a las de los átomos de la fuente que le dio origen. En el caso de una luz corriente como la procedente de una lámpara se generan ondas luminosas que comienzan en diferentes momentos y se desplazan en direcciones diversas. Algo parecido a lo que ocurre cuando se arroja un puñado de pequeñas piedritas a un lago; sólo se generan salpicaduras y algunas ondulaciones. Ahora bien, si se arrojan las mismas piedrecitas, una con frecuencia exactamente regular o justo en el mismo sitio, puede producirse una ola en el agua de mayor magnitud. Así actúa un láser, y esta propiedad puede tener diversas utilidades.

2- Cromatismo: El haz de luz del laser es monocromático. Cada uno de los láseres produce un solo color de luz. Es así que si se hace pasar un haz de luz a través de un prisma, se observa que antes de ingresar en él y al salir será del mismo color.

3- Colimado: La luz laser no presenta dispersión a medida que se aleja de la fuente, a diferencia de otros haces luminosos (86).

La caracterización queda definida por las siguientes propiedades

Energía: representa la cantidad de trabajo que es capaz de realizar, se mide en Joules.

Potencia: significa la cantidad de trabajo por unidad de tiempo, (joules o watts por segundo).

Fluencia: expresa el trabajo que es capaz de generar por unidad de superficie determinada, (joules/cm²).

Irradiancia: describe la intensidad de la fuente que lo origina. Es una medida de potencia sobre unidad de superficie, (watts por cm²).

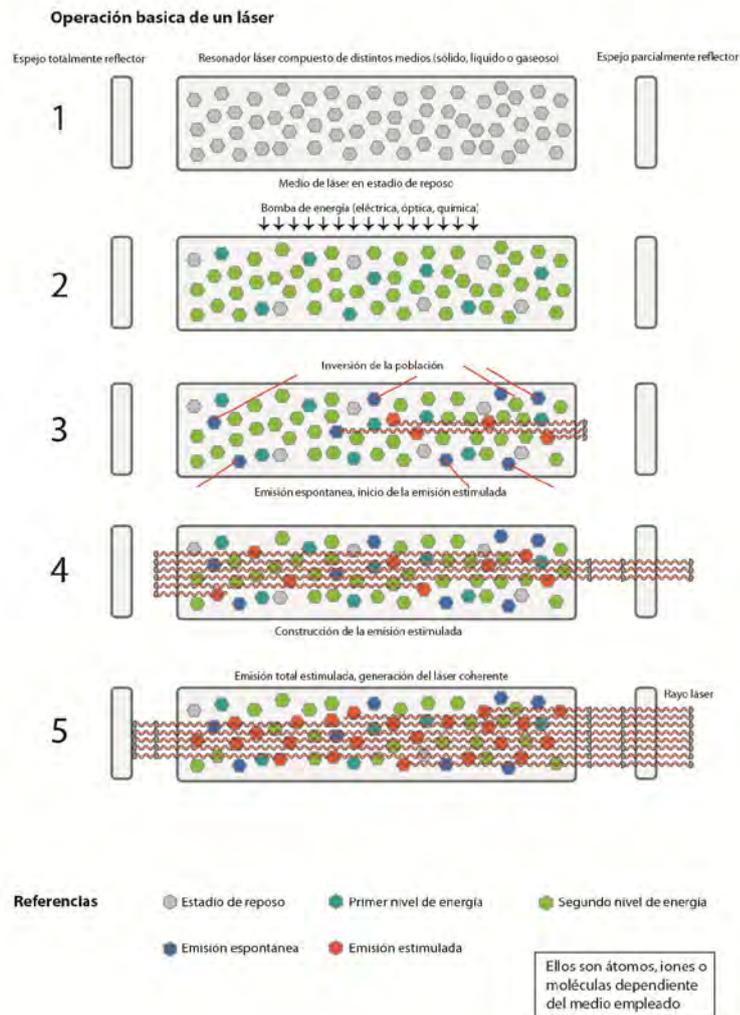


Fig. 14. Esquemas que representan los procesos atómicos de (a) emisión espontánea, (b) absorción y (c) emisión estimulada.

Las propiedades mencionadas diferencian la luz láser de otras fuentes de energía.

Desde la fuente originaria, la emisión del láser puede ser:

Continua: en el que la cantidad de energía obtenida es constante a lo largo del tiempo. Pulsada: la energía obtenida se agrupa en pulsos, produce menor cantidad de calor que se disemina en el tejido diana, siendo el efecto más puro. La cantidad de energía emitida en cada pulso no debería ser superior a la que se emitiese si fuera continua. Modo Q-switched: produce picos de energía muy in-

tenso y de corta duración, por lo tanto el efecto es muy preciso con poca dispersión del calor (87).

Los equipamientos láser constan de los siguientes componentes:

MEDIO ACTIVO: es un conjunto de átomos a excitar, están ubicados dentro de un tubo sellado.

FUENTE DE ENERGÍA: debe ser capaz de excitar a los átomos del medio activo permitiendo que pasen a un nivel de energía mayor.

MECANISMO DE RETROALIMENTACION: es el proceso mediante el cual una porción de luz coherente vuelve al medio activo para amplificar la emisión (88).

El mecanismo de la retroalimentación está formado por dos espejos, ubicados en cada extremo del medio activo dispuestos de forma tal que reflejen la luz dentro de la cavidad de resonancia.

Uno de ellos es totalmente reflectante y el otro semirreflectante y permite la salida del haz. La cavidad resonante es el recinto donde se amplificará la radiación. Las radiaciones se confinan en forma de ondas, las que se van amplificando por emisión estimulada en cada ciclo de recorrido. Cuando se genera suficiente energía como para vencer al espejo semitransparente ocurre el proceso denominado emisión de un pulso láser.(88)(Fig.15).

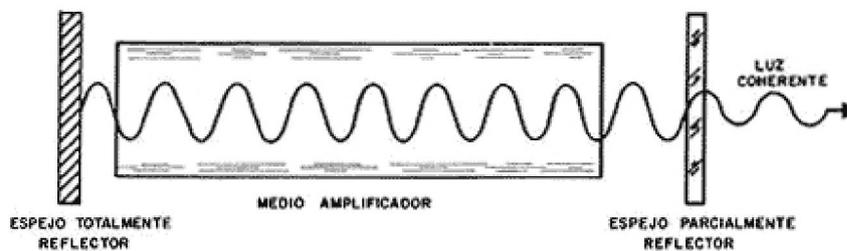


Fig. 15. Esquema que representa los elementos que constituyen los equipamientos laser.

Los equipos láser poseen los elementos que han sido detallados anteriormente, no obstante pueden ser clasificados a partir de algunas diferencias que los distinguen, haciéndolos aptos para distintas aplicaciones:

I- Según la concentración de la energía pueden clasificarse en:

1. Láser de alta potencia y baja potencia: Los láseres de alta potencia son denominados quirúrgicos, tienen un efecto térmico y concentran gran cantidad de energía en una zona muy reducida por lo que producen cortes, coagulación y vaporización. 2. Los láseres de baja potencia carecen de efecto térmico sobre la superficie que actúan dispersando el calor. Fundamentalmente se los emplea para activar la regeneración tisular, cicatrizar heridas o disminuir la inflamación y el dolor.

II- Según su longitud de onda, el contenido energético y las características del impulso del haz de láser, se clasifican en las siguientes clases:

Clase 1: son aquellos que reúnen todas las condiciones de bioseguridad previsible. Clase 2: son productos láser cuyas radiaciones visibles se emiten en longitudes de onda entre 400 y 700 nm., es necesaria la protección ocular. Clase 3, se dividen: Clase 3A: son láseres seguros a la visión con el ojo desnudo. En las longitudes de onda entre 400 y 700 nm se consigue protección de la misma manera que en los de clase 2; para las otras longitudes de onda, se necesita la misma protección que para los de clase 1. La visión directa en los láseres de clase 3A puede ser peligrosa, precisamente en la utilización de prismáticos, binoculares, telescopios o microscopios. 2. Clase 3B: productos láser en los que la visión directa es siempre peligrosa. En relación de reflexiones difusas son normalmente seguros. Clase 4: son láseres de gran potencia susceptibles de generar reflexiones difusas peligrosas. Pueden dañar la piel o causar incendios. Requieren máxima precaución. Los usos de sistemas láser de clase 3A, 3B y 4 presentan riesgos tanto para el operador como para otras personas que pudieran encontrarse a distancia.

Las diversas aplicaciones del láser en medicina y odontología se producen debido a las distintas vías que puede tomar la energía proveniente de los fotones del rayo.

Se desarrollará a continuación una breve descripción de los diferentes mecanismos de la interrelación del láser con los tejidos vivos.

La incidencia de la luz láser sobre la superficie de un tejido, altera sus propiedades físicas y químicas, produciendo modificaciones en los componentes orgánicos e inorgánicos. Los fenómenos ocurren por diversos mecanismos: la "absorción" que se relaciona con la transferencia del rayo dentro del tejido. El gra-

do de profundización depende de la radiación y de la concentración de células y moléculas propias del tejido irradiado. También ocurre el proceso de “reflexión”, en el que el rayo choca contra la superficie del tejido y retrodispersa de sus capas superficiales. La “dispersión”, fenómeno mediante el cual la energía rebota de molécula en molécula y difunde en el tejido, depende de la longitud de onda y de las características del tejido. Finalmente la “transmisión”, que se refiere a la distancia a la que puede alcanzar el rayo a través del punto de impacto sobre el tejido irradiado. Ver esquema (Fig.16).

Además actúa sobre los tejidos generando diversos efectos: 1. térmicos, el más conocido es la vaporización del tejido por aumento de las vibraciones internas entrelazadas, o su destrucción por calentamiento localizado ya que se convierten en energía térmica. 2. fotoquímicos basan su acción en la absorción de la luz sin efectos térmicos, originando cambios en las propiedades físico-químicas de átomos y moléculas. Y por último 3. efectos no lineales, tales como la fotoablación (produce vaporización y desprendimientos del tejido), y la fotodisrupción (ocurren cuando el láser se activa con un gran número de pulsos separando el tejido a nivel molecular).

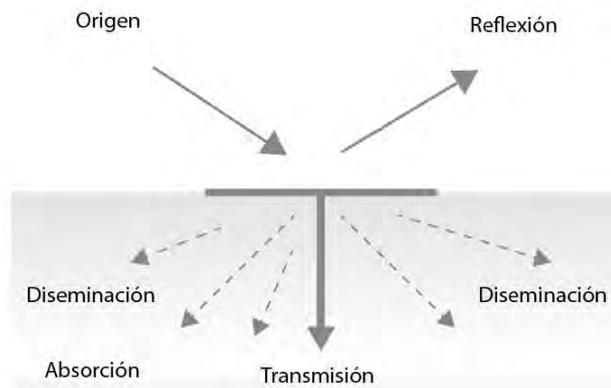


Fig. 16. Mecanismos de acción del rayo laser sobre los tejidos (modificado, Kutsch V. K.)

Considerando los efectos del láser sobre tejidos vivos, nos referiremos a aquellos láseres utilizados en odontología y sus distintas aplicaciones, que se clasifican de acuerdo a sus componentes en: Neodinium YAG, Láser de He-Ne,

Láser de Argón, Láser de Dióxido de Carbono, Láser de Diodo Semiconductor, Er YAG.

A mediados de los años ochenta, comienza a ganar terreno la utilización de tecnología láser de alta potencia en odontología. Surgen aquellos láseres que podían eliminar el tejido cariado o dejar superficies dentarias en mejores condiciones para la adhesión de materiales.

Las primeras aplicaciones realizadas con láser de CO₂ y Nd-YAG producían sobre el esmalte y la dentina, zonas de cristalización pero también de carbonización y agrietamientos. Desde la invención de nuevos láseres con longitudes de onda que se ubican en el máximo espectro de absorción de agua, como es el de Er YAG, es posible emplear radiación laser sobre los tejidos dentarios (89).

En el marco de la metodología propuesta en la presente tesis es oportuno describir brevemente las características del láser de Er YAG y sus aplicaciones en odontología.

El láser de Er YAG es un láser de pulso, en cuya cavidad de resonancia se encuentra un elemento sólido; concretamente un cristal sintético de estructura granate (G: nombre genérico de los sólidos que cristalizan en el sistema cúbico) constituido por itrio (Y) y aluminio (A) con impurezas de erbio (Er), de ahí su nombre. Emite el máximo de radiación en el rango medio infrarrojo de 2940 nm. Dicho valor coincide con la máxima capacidad de absorción de agua, por lo que resulta muy bien absorbido por los tejidos biológicos, incluyendo el esmalte y la dentina. La luz emitida por éste láser no es visible, por ello es necesario que actúe en conjunto con otro láser de luz visible (90).

La energía es transmitida mediante una fibra óptica unida a una pieza de mano. Se puede aplicar con potencias que varían entre 60 y 500 mJ con spray de agua, otras con punta en forma de espátula para periodoncia y la de endoncia con fibras de tres diámetros y cuatro longitudes diferentes, pudiéndose aplicar una energía de 20 a 245 mJ.

Es un buen método de eliminación de tejido cariado, debido a que el mismo posee un alto contenido de agua producto de procesos de proteólisis o desmineralización.

Según las normas de seguridad europea (ISO) y ANSI (estadounidense) es de clase 4. Su utilización se aprobó a principios de 1997 por la Food and Drug

Administration (F.D.A.), mediante un informe sobre su aplicación en 1300 caries, de pacientes estadounidenses, de los cuales solo 5 requirieron anestesia local.

La acción del láser de Er YAG sobre los tejidos se basa en su efecto fotoablativo y fototérmico sin dañar los tejidos circundantes. Esta irradiación, cuando es aplicada sobre dentina es absorbida y produce vaporización con microexplosiones causando ablación del tejido mineralizado. El mecanismo por el cual se elimina el tejido parece estar relacionado con una acción mecánica y nulo efecto térmico sobre los tejidos circundantes (91).

Se utiliza en operatoria dental restaurativa (en la eliminación de caries), en periodoncia (remoción del cálculo y gingivectomías), en prótesis (acondicionando la dentina y la encía para la toma de impresiones), y en cirugía de los tejidos duros y blandos de la cavidad bucal. Es destacable su uso en endodoncia, ya que facilita la preparación de las paredes dentinarias del conducto radicular.

Se lo considera un láser quirúrgico, con gran poder de corte en ausencia de ruido y vibración, característico de los instrumentos rotatorios convencionales y menor molestia para el paciente.

Estudios experimentales han demostrado que la utilización de radiaciones con láser de Er YAG para la limpieza del conducto radicular es más efectivo para la remoción del SL que otros tipos de láseres (92)(93).

Los mecanismos descritos se fundamentan en los efectos del laser de Er YAG sobre los tejidos bucales.

Sobre el esmalte genera una superficie irregular y áspera con cráteres que aumentan la superficie microrretentiva para la adhesión de materiales. El tejido dentinario es eliminado en forma de cráter, de la misma forma que en el esmalte, cuyo perímetro irregular deja los túbulos dentinarios abiertos; la dentina peritubular se ve lisa en el borde de los canalículos. Cada uno de los cráteres es distinto en cuanto al diámetro y a la profundidad en relación con la energía aplicada y la distancia focal.

Hibs y Seller en ULM, iniciaron las primeras investigaciones en dentina tratada con láser de Er YAG y concluyeron que el fundamento de su acción es una ablación inducida por calor. En comparación con el esmalte, los cráteres en dentina poseen mayor diámetro por ser más rica en agua. El calentamiento con eva-

poración del agua produce una remoción del material desprendiendo elementos sólidos de los tejidos (94).

En comparación con otros tipos de láseres, el de Er YAG posee una gran capacidad de absorción por el agua del tejido dentinario y una excelente afinidad de los hidroxilos de la hidroxiapatita. En el interior de la apatita, los hidroxilos unidos a la matriz que los nuclea, absorben la longitud de onda emanada por el láser; generándose un estallido de partículas minerales ocasionado por un aumento de volumen al expandirse el agua. Su efecto será la explosión del tejido (ablación), desprendiéndose las partículas de tejido dentinario cuya impronta será la formación de escamas. Las pulsaciones de energía sobre la dentina generan la explosión brusca con transferencia de un mínimo de calentamiento, que no excede los 5°C. Los restos de tejido desprendidos se calientan por la radiación del láser que continua incidiendo sobre ellos, ocasionando fenómenos de incandescencia y fusión. La superficie tratada con láser no deja fibras colágenas libres, como en el caso de piezas tratadas con ácidos, por lo que resulta una superficie dura, limpia y rugosa apta para recibir la obturación (95).

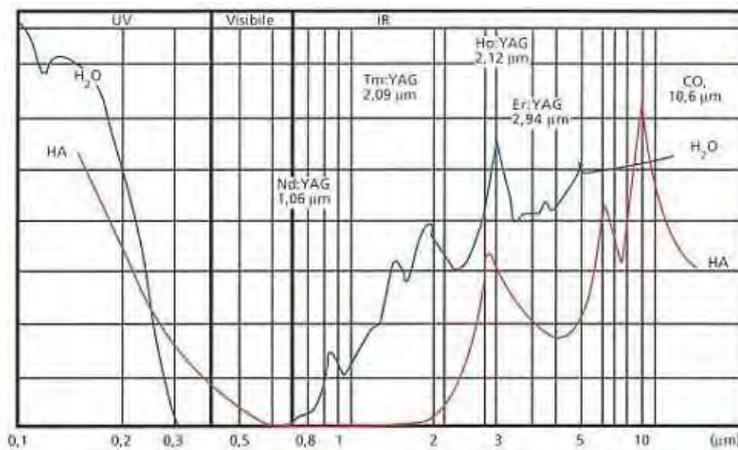


Fig.17. Comparación de la absorción por hidroxiapatita y por el agua según nivel de longitud de onda. (Er YaG 2,94 μm). Distéfano R. 2004(96)

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL:

1. Comparar la acción de un agente quelante (EDTA) con la acción del láser (Er YAG), en la preparación quirúrgica de la superficie dentinaria del conducto radicular en piezas dentarias tratadas endodónticamente.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Comparar la efectividad de las técnicas empleadas en la eliminación del barro dentinario.
2. Describir los cambios en la interfase tejido dentinario/material de obturación a nivel estructural y ultraestructural.
3. Evaluar cual de las técnicas estudiadas permitiría la mejor adaptación y adhesión del material de obturación.
4. Contribuir a partir de los resultados y conclusiones al campo de la endodoncia.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. MUESTRA

De una amplia muestra de piezas dentarias, aparentemente sanas, recientemente extraídas por motivos ortodóncicos en el Hospital Escuela de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de La Plata, se incluyeron para el estudio experimental ciento cincuenta y ocho (158) de las que finalmente, se seleccionaron “in vitro”, cien piezas dentarias (n=100), según los siguientes criterios:

- a) De inclusión, piezas unirradiculares, con un único conducto y sin patología evidente al estudio radiográfico (100).
- b) De exclusión, dentinogénesis imperfecta, bifurcación del conducto, desgates, atrición, atrofia pulpar (58)

	NºDE CASOS	%
MUESTRA	158	100
EXCLUÍDOS	58	37
INCLUÍDOS	100	63

Tabla Nº 1. Piezas dentarias seleccionadas

Finalmente la muestra quedó integrada por cien piezas, las que fueron distribuidas aleatoriamente en dos grupos de cincuenta (n=50) para cada tratamiento.

2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras para observaciones estructural y ultraestructural fueron fijadas en formol tamponado.

2.1. Fijación

- Lavado: con jeringa de agua.
- Fijación: formol buffer fosfato pH 6.8 al 10%, mínimo 48 hs. ó hasta su tratamiento.

Cuya fórmula es:

Fosfato monopotásico	0.20 gr
Cloruro de potasio	0.20 gr
Fosfato disódico	0.93 gr
Cloruro de sodio	8.00 gr
Formaldehido	100 ml
Agua destilada c.s.p	900 ml

Previamente a ser tratados fueron:

- Lavadas con agua corriente durante 8 hs.
- Secadas: con chorro de aire

2.2. Tratamientos endodónticos

- Apertura: Con el propósito de atravesar el límite superior de la cámara pulpar, se utilizaron fresas redondas a alta velocidad.
- Extirpación de la pulpa con tiranervios. (Fig.18)



Fig. 18. Pulpa dentaria extraída con tiranervios.



Fig. 19. Mesa preparada para la realización de tratamientos endodónticos.

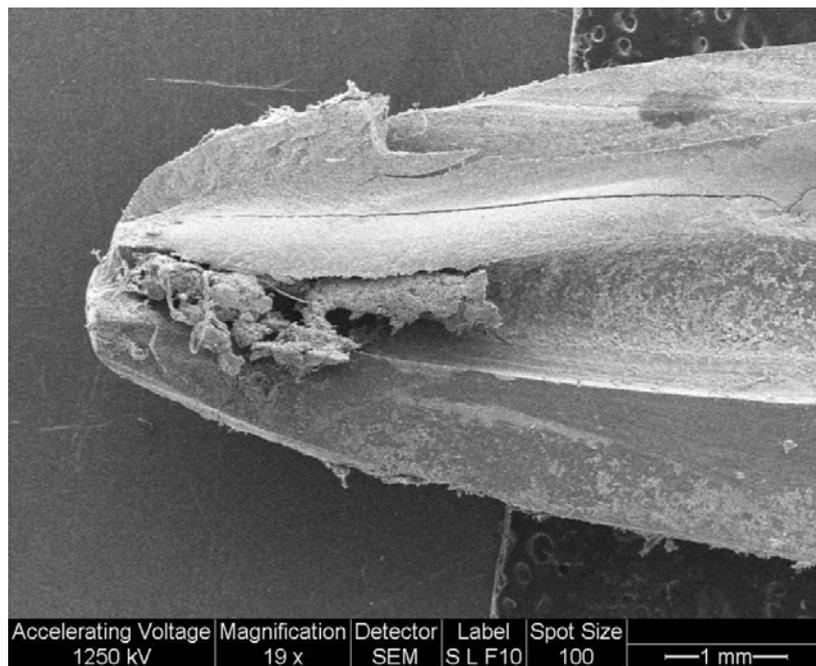


Fig.20. Región apical una vez extraída la pulpa con tiranervio. MEB (100x). Se observa el tercio superior de canal radicular libre de la pulpa y persistencia del paquete vasculo-nervioso a nivel del foramen; en la raíz fracturada se distingue el limite cementodentinario y por fuera restos del ligamento periodontal.

- Determinación de la longitud de del conducto radicular (radiografías), mediante limas tipo KERR (K) N° 15 hasta 1 mm antes del foramen apical.

-Instrumentación del conducto radicular con Limas K del 15 a 60 con topes.

-Irrigación: las piezas primeramente fueron irrigadas con 3 ml de hipoclorito de Sodio al 5,25% entre cada una de las limas, con jeringas hipodérmicas y aguja ad hoc. Finalizando la irrigación con agua destilada.

- Secado de los conductos con conos de papel (Fig.19).

Obteniéndose finalmente un canal radicular como se muestra en la Fig.20

2.3. Aplicación de técnicas

Las piezas se distribuyeron en dos grupos de 50 unidades cada uno, cuyos conductos fueron tratados de la siguiente manera:

2.3.1. Tratamiento con Láser

- Irradiación con Láser de clase IV Er.YAG (2940 nanómetros) con una potencia de 160 mJ y una frecuencia de 15 Hz, 300 impulsos con pieza de mano E-2055 KaVo. Se utilizó una fibra óptica de 0.375 milímetros de diámetro introducida hasta la zona de instrumentación, desfocalizada, accionada con movimientos helicoidales de tracción ápico-cervical durante 15 segundos (300 pulsaciones). Ver Lámina 1A

2.3.2. Tratamiento con EDTA

- Irrigación con EDTA (ácido etilendiaminotetracético) al 17%, (lab. Te-dequim) durante 5 minutos; a los tres minutos se aplicó tratamiento mecánico con la finalidad de intercambiar el líquido superficial.

-Lavado con hipoclorito de sodio al 5,25 %,

-Lavado con 3 ml de agua destilada.

-Secadas con conos de papel.

Lámina 1A

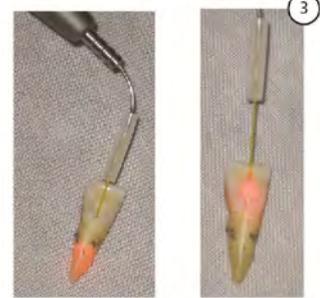
Procesamiento del conducto con láser Er YAG



Extracción de la pulpa



KaVo KEY Laser
Er YAG



Fibra óptica de láser Er YAG
con 160 mJ

Corte del diente para su metalización



2.4. Obturación de los conductos radiculares

-Obturación con cemento de Grossman y conos de gutapercha según la técnica convencional.

Cada uno de los grupos fueron divididos en dos subgrupos (de igual número de piezas), a los que fueron identificadas como:

Tratados con EDTA / obturados y tratados con láser/obturados.

Distribución de piezas seleccionadas no obturadas y obturadas con EDTA o Láser.

TRATAMIENTO	EDTA				LASER			
	50				50			
	NO OBTURADAS		OBTURADAS		NO OBTURADAS		OBTURADAS	
	25	25	25	25	25	25		
	ML	MEB	ML	MEB	ML	MEB	ML	MEB
Microscopía	5	20	5	20	5	20	5	20
Excluidas	2	3	1	5	1	1	0	4
Aptas para estudio	3	17	4	15	4	19	5	16

3. TECNICA HISTOLÓGICA

Las piezas dentarias, una vez tratados sus conductos fueron: 1- marcados con disco de diamante sobre la superficie radicular en sentido longitudinal por vestibular y por palatino; y entre esmalte y cemento para descartar la porción coronaria. 2- cortados con escoplo y martillo siguiendo el sentido de las ranuras. (Fig. 21)



Fig. 21. Corte de la raíz.

Las piezas se conservaron en formol tamponado hasta la realización de estudios estructurales y ultraestructurales.

Las preparaciones para observación histológicas fueron realizadas sin descalcificación previas, con dos técnicas que se describen por separado.

3.1. Técnica por desgaste: Las muestras fueron procesadas por técnica de desgaste hasta lograr espesor suficiente para ser observadas microscópicamente. La técnica utilizada fue la empleada en estudios histomorfométricos (Vasallo y Restelli 2009) basada en recomendaciones de Maat et al.200, consiste en los siguientes pasos:

Obtención de secciones de escaso espesor de raíz dentaria, mediante cortes con discos de acero a baja velocidad.

1. Aplicación de técnica de desgaste, con piedra de afilar y en segunda instancia con lija al agua (espesor nº 220), en ambos lados de la pieza. Frecuentemente se realizaron observaciones al microscopio de luz hasta obtener un espesor adecuado para su observación. Los cortes dentarios que presentaron signos de fisuras ó grietas fueron sumergidos en una solución revitalizadora propuesta por Restelli et. al.1997. La misma se compone de los siguientes elementos: Sol. Alcohólica de Fenol al 5% (20cc). Formol Neutro 10% (20cc.) ClNa al 5% (20cc). Alcohólica de glicerina 5% (20cc).
2. Eliminación de virutas y restos de dentina producida por el desgaste con agua destilada. Posteriormente secado con jeringa de aire del equipo odontológico.
3. Montaje de las láminas obtenidas sobre portaobjetos mediante una gota de esmalte, y cubreobjetos. El secado definitivo se realiza en estufa a 37° durante 48hs.

En una etapa posterior se ensayó la técnica de inclusión en resina epoxi (Paine 2007). Las resinas de tipo epoxi se utilizan habitualmente en preparados para ser observados por microscopía de transmisión y/o microscopía de barrido.

Su empleo en microscopía de luz permite conservar el material y mejorar la obtención de los cortes y mostrar con mejor calidad de imagen la zona de unión o interface entre diente dentina y material de obturación, razón por la cual luego de su puesta a punto fue la seleccionada para este trabajo.

Piezas de cada uno de los subgrupos obturados fueron preparadas para el estudio con microscopía de luz, empleando técnica por desgaste modificada (Lic. Ricardo Ponti, comunicación personal).

Dicha técnica se realizó aplicando la siguiente secuencia, para cortes transversales:

- 1- Inclusión: los dientes tratados, sin su corona, fueron incluidos en resina epoxy (Dicast LY 554 con endurecedor HY 554).
- 2- Desmolde: luego de 24 a 36 hs., habiéndose polimerizada la resina, se realiza la separación del bloque de diente y resina (taco) del molde.
- 3- Pulido de una cara del taco con abrasivos en polvo (carburo de silicio, corindón, alúmina) de diferentes granulometrías cada vez más finas sobre un vidrio plano con agua como vehículo. Luego de obtenida una superficie plana y lisa se seca en horno a 35°C durante tres horas.
- 4- Pegado de la muestra con resina por la cara pulida a un porta objetos. El tiempo de endurecimiento es de 24 hs. a temperatura ambiente ó en horno a 35 grados que acelera el curado de la resina (con precaución ya que al acelerar el curado a veces la muestra se deforma).
- 5.- Cortes en paralelo al porta objetos con un disco diamantado de banda continua hasta obtener una lámina de aproximadamente 1 mm.
- 6.- Desgaste de la lámina hasta lograr espesor deseado: 30- 40 micrones aproximadamente con abrasivos de grano grueso a fino progresivamente.
- 7.- Montaje de la lámina con resina epoxy y cubre objetos ó un adhesivo acrílico fotosensible instantáneo para evitar la formación de burbujas.

3.2. Preparación para el estudio ultraestructural

La mayoría de las piezas que no fueron estudiadas estructuralmente, se utilizaron para los estudios ultraestructurales con MEB marca Philips modelo SEM 505. Digitalizador de Imagen SoftImaging Sistem ADDA II.

Los especímenes fueron conservados en el fijador hasta el momento de ser estudiados con MEB, previamente a su observación fueron lavados durante 24 hs con agua corriente y deshidratados por pasajes sucesivos en soluciones de etanol al 70, 80, 90, 100 %, secados en estufa a 35 C, fueron metalizadas por el método de chisporroteo en metalizador marca Balzers modelo SCD 030 usando Cátodo de Au. Se les realizó un depósito de 10-15 nm de Au sobre la superficie.

Todas las piezas fueron observadas en sus tercios coronario o cervical, medio y apical, realizándose el correspondiente registro microfotográfico.

3.2.1. Observación con MEB

Cincuenta dientes fueron tratados con láser y cincuenta con EDTA, a continuación se realizó el procesado para su observación con MEB, tal como se lo indicó en material y métodos. La observación sistemática de los mismos se realizó y describió analizando por tercios el canal radicular observándose, tal como se describe a continuación.

En la figura N° 22 correspondiente a un diente metalizado que sólo falta el montaje y colocación en la platina del microscopio para el estudio de la ultraestructura se puede apreciar un resto de corona y a continuación la totalidad del canal radicular hasta su ápice, imagen ésta que es imposible observar completa con el MEB.

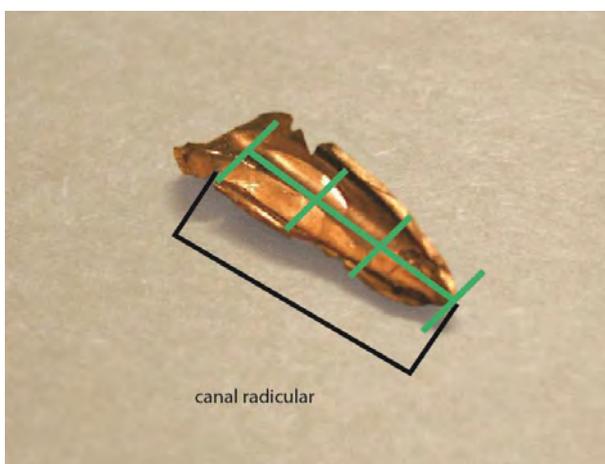


Fig. 22. Canal radicular metalizado que muestra los tercios estudiados.

Tomando en cuenta esta imagen previa, cuando la pieza es observada al MEB con la menor magnificación posible, se pueden obtener imágenes como la

que se observa en la figura N° 23. En ella apreciamos desde el extremo vecino al ápice hasta parte del tercio cervical ó coronal. Vemos el inicio del foramen apical, restos de dentina con estructura particular que rodea al foramen. El que se continúa con el canal radicular, a los lados del cual se identifica la dentina clásica, en la parte inferior se observa el límite cemento dentinario. Por fuera un exceso del pegamento que fija a la pieza a la platina del microscopio.

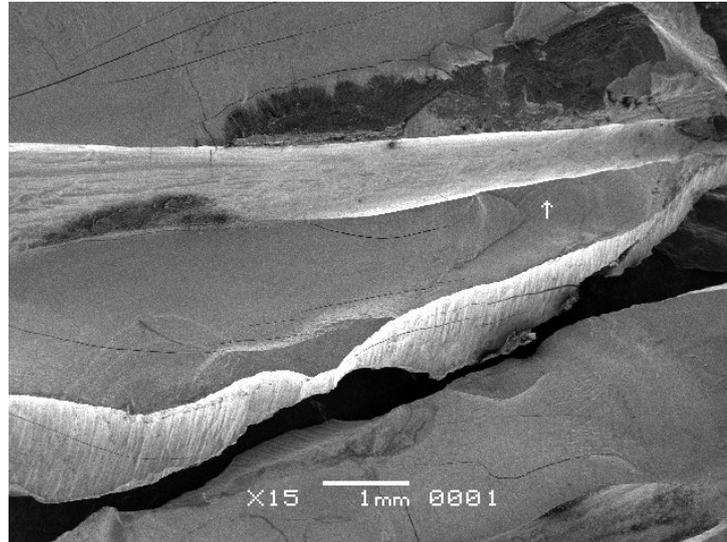


Fig. 23. Canal radicular metalizado. MEB.

La pared del conducto es cóncava, que si bien dada la movilidad de la platina, puede mostrarnos toda la superficie, es un inconveniente para estudios morfométricos que requiere una imagen sin distorsión, lo que nos obligó a elegir una resolución tal que nos permitiera obtener imágenes planas de áreas del conducto radicular. (Fig.23). La resolución empleada fue 1000x, 25 kV y con esa resolución se realizó la descripción morfológica de los correspondientes grupos y subgrupos.

En la lámina 1B se observa una síntesis iconográfica de la metodología empleada en la preparación de las muestras.

3.3. Evaluación histomorfométrica de la muestra

Las microfotografías fueron normalizadas (área 143 por 117 mm, 1000 aumentos, voltaje de 25 kV mostrando su escala correspondiente) para estudio histomorfométrico y el área de cada campo contabilizado en las mismas fue seleccionada aleatoriamente. Las microfotografías de los subgrupos tratados con EDTA

y con láser, correspondientes a los distintos tercios, fueron analizados para estudios histomorfométricos.

a- Empleando una grilla realizada sobre papel milimetrado cuadrada de 104 mm de lado, compuesta por 64 cuadrados iguales seleccionándose al azar 16 cuadrados, que fueron sobrepuestos a la microfotografía para el conteo de los túbulos dentarios abiertos, realizado por dos observadores (97).

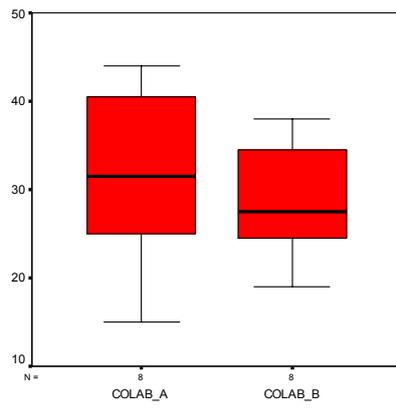
Previamente a todo estudio histomorfométrico, para una optimización de los resultados, se realizó un análisis comparativo de resultados entre los observadores que participaron en el mismo.

Las microfotografías, fueron examinadas por dos operadores (A y B), mediante observaciones de imágenes de dentina radicular sometida a los dos tratamientos propuestos en el presente trabajo con una magnificación 1000X. (anexo tabla A)

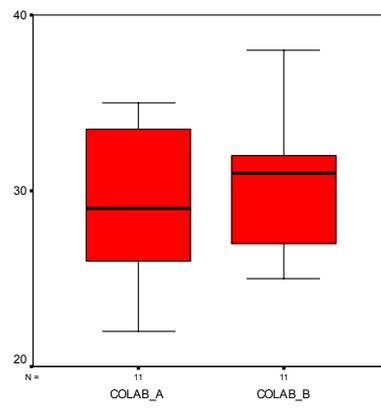
Tercio	Resultados	COLAB_A	COLAB_B
Apical	Media	29,3	30,3
	Mediana	27	29
	Desv. típ.	8,5	7,8
	Mínimo	12	13
	Máximo	50	49
Medio	Media	33,5	33,8
	Mediana	32	32
	Desv. típ.	11,4	12,3
	Mínimo	10	15
	Máximo	55	63
Cervical	Media	30,32	29,7
	Mediana	31	31
	Desv. típ.	7,20	5,3
	Mínimo	15	19
	Máximo	44	38

Tabla N° 2. Datos estadísticos obtenidos de la cuantificación de conductillos abiertos por ambos colaboradores

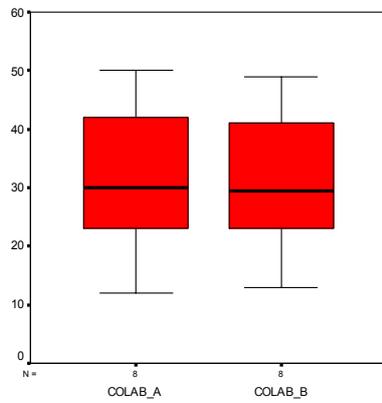
Tercio cervical: EDTA



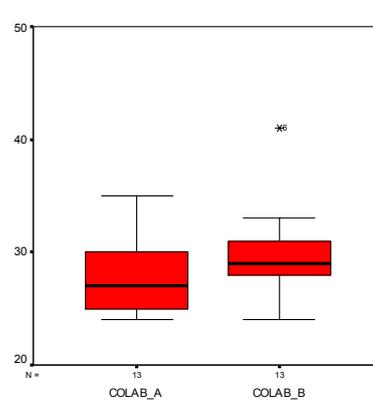
Tercio cervical: LASER



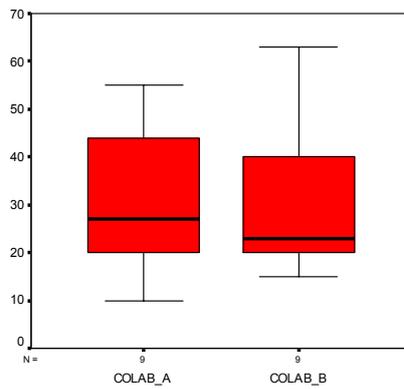
Tercio apical: EDTA



Tercio apical: LASER



Tercio medio EDTA



Tercio Medio LASER

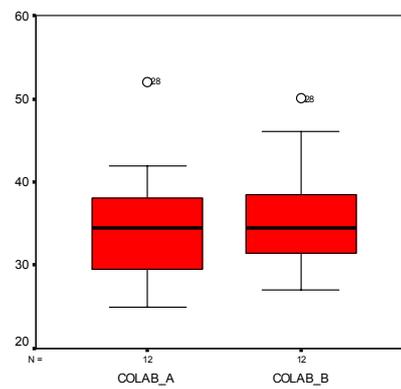


Gráfico 1. Análisis estadístico de los resultados obtenidos por los colaboradores A y B.

La estadística demostró que no hubo diferencias significativas entre los datos interpretados por ambos operadores.

b- A fin de optimizar el análisis de las variables se decidió analizar las imágenes a través de un proceso de digitalización.

La imagen es una representación visual de un objeto o grupos de objetos; su procesamiento modifica la información dentro de la misma para hacer de éste un elemento de análisis, al traducirla a un formato numérico tipo binario; proceso conocido como digitalización de la imagen.

En una primera instancia se eligió como base de imágenes la escala de gris 12. Luego a fin de eficientizar su visualización se utilizó filtros específicos que permitieron realzar su aspecto y facilitar el análisis de las variables, al mejorar el brillo, el contraste y la gama

Las imágenes fueron calibradas en una escala de micras (μ), hecho que permitió obtener medidas reales y eficaces para su análisis.

4. CUANTIFICACIÓN DE VARIABLES

La histomorfometría permite la cuantificar estructuras histomorfológicas a partir de medidas de longitud ($m\mu$), áreas ($m\mu^2$) o conteo de estructuras independientes como: conductillos abiertos; conductillos con o sin contenido de material orgánico; diámetro y área de los conductillos dentinarios.

La comparación entre tratamientos, se realizó a través de un analizador de imágenes Software Image pro Plus 4.5 (Media Cybernetics). Este programa permitió efectuar las mediciones y conteo sobre cada microfotografía, en forma semiautomática. El análisis de las variables mencionadas se realizó sobre una grilla de iguales características que la realizada en papel milimetrado, adaptada y elaborada en el mismo programa digital.

5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

A- Estadística descriptiva

Para la descripción y análisis de las muestras se calcularon los estadísticos de tendencia central y dispersión (desviación típica), tanto para los grupos como para cada uno de sus tercios independientemente.

B- Estadística Inferencial

Las estimaciones y predicciones se efectuaron mediante prueba de t para muestras independientes, lo que permite contrastar hipótesis referidas a las diferencias entre medias independientes.

En nuestros casos comparamos la media de cada uno de los grupos y de sus tercios por separado.

Los resultados fueron analizados con chi cuadrado de Pearson y test de Student. Habiéndose utilizado el programa EpiInfo 3.5.1(CDC) y Epidat 3.1 (Xunta de Galicia – OPS).

Lámina1B

Procesamiento de la muestra para su observación con microscopio electrónico de barrido



Porción dentaria radicular preparada para su metalización



Metalizador Balzers modelo SCD 030



Porción dentaria radicular metalizada al oro



Microscopio Philips modelo SEM 505



Platina de la cámara de la muestra



Platina más muestra



Panel de control del Microscopio

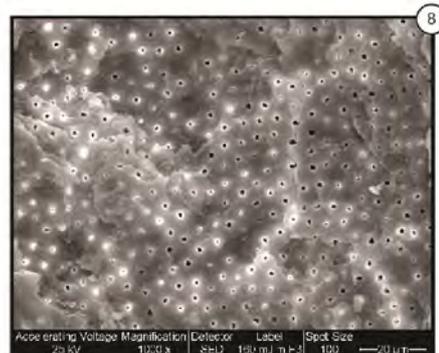


Imagen de la superficie del tejido dentinario

RESULTADOS

OBSERVACIÓN MORFOLÓGICA

1. ESTUDIO ESTRUCTURAL

Si bien fueron analizadas un número importante de muestras con microscopía óptica, se presentan aquellas que visualizan más claramente los tejidos. (L2.VI, VII). La resolución del Microscopio de luz no es ideal para cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo de investigación. Por consiguiente a fin de observar mejor la eliminación del SL por las técnicas propuestas se utilizó las imágenes obtenidas en microscopía electrónica (MEB).

2. ESTUDIO ULTRAESTRUCTURAL

1. Resultados de piezas no obturadas

1.1. Piezas tratadas con láser de Er YAG no obturadas

1.1.1. Tercio apical

El estudio de la superficie del conducto resultante del tratamiento con laser en el tercio apical muestra las siguientes características generales:

Puede visualizarse una superficie irregular característica de la dentina sometida a la acción del láser. Las escamas en distintos niveles se corresponden con la ablación ocasionada en el tejido, como consecuencia de la evaporación del contenido acuoso en el interior de la dentina, originada por el leve aumento de temperatura ejercida por la radiación del láser de Er YAG.

La mayoría de las de las microfotografías de las piezas tratadas no muestran SL; se observan los conductillos totalmente limpios de contenido orgánico tanto en su superficie como en su luz, sus bordes perfectamente nítidos no muestran restos de predentina residual.

La superficie del conducto aparece limpia con irregularidades y anfractuosidades. En aproximadamente el 80% de las imágenes evaluadas presentan

escamas y cráteres (Takeda 1998) “dejando una superficie irregular- ondulada o escamosa dando sensación de tabique o escama” (Fig. 24 y 25).

Se observan escasos restos de dentina mineralizada sobre la superficie presumiblemente contaminante de la fractura producida por la metodología (artefacto de técnica) (Fig. 24 y 26).

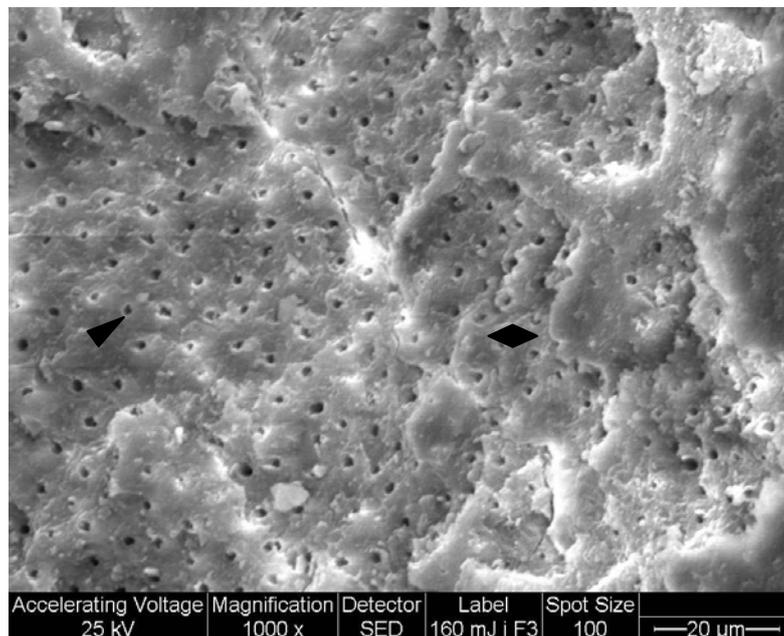


Fig.24. Superficie dentinaria irregular muestra escamas o tabiques , conductillos dentinarios abiertos  y ausencia de barro dentinario.MEB(1000x).

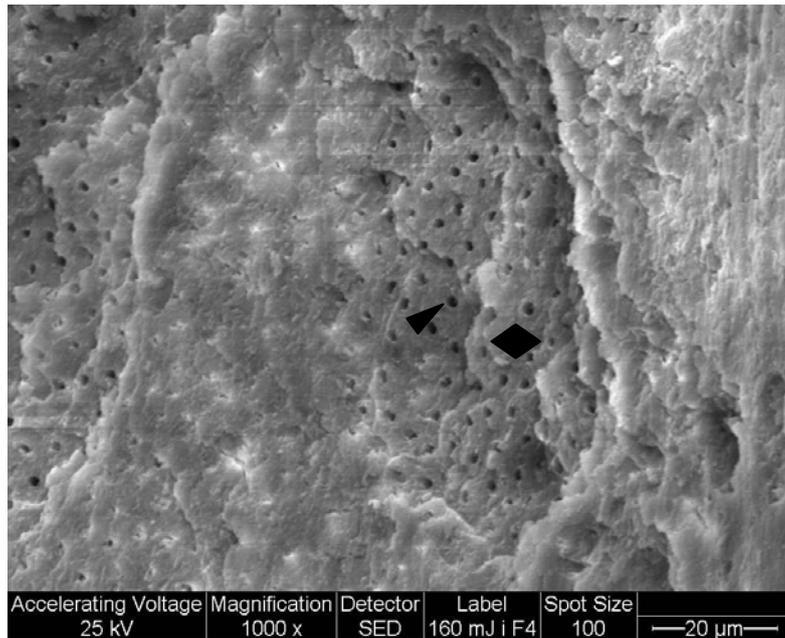


Fig.25. Superficie dentinaria irregular muestra escamas o tabiques **◆** en cráter, conductillos dentinarios abiertos **▲** y ausencia de barro dentinario.MEB(1000x).

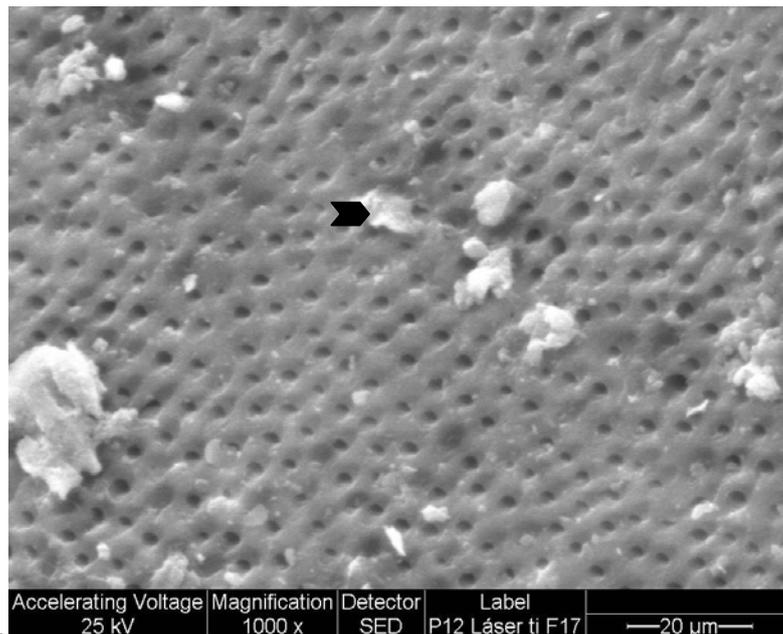


Fig.26. Superficie limpia de barro dentinario, muestra restos dentinarios **➤** MEB(1000x.)

1.1.2. Tercio medio

Las observaciones realizadas en el tercio medio demuestran algunas características similares a las del tercio apical. A continuación se detallan los aspectos característicos.

Ausencia total de SL, se muestran superficies limpias sin barro dentinario. La presencia de la superficie irregular con escamas y escamas más marcadas que en el tercio inferior.

Prácticamente nula presencia de contenido orgánico dentro de los conductillos dentinarios y ausencia de material orgánico sobre la superficie del conducto en Fig. 27 y 28, y escasa cantidad en Fig. 29.

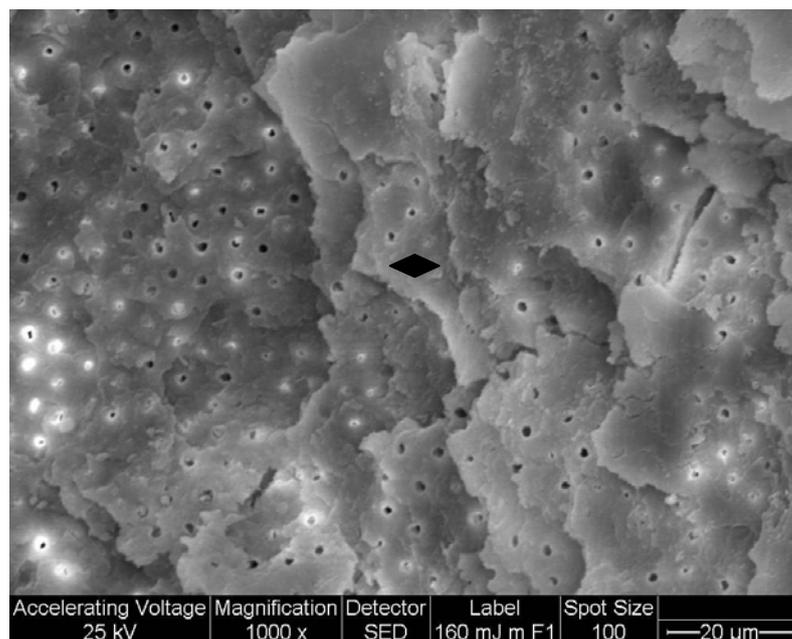


Fig.27. Superficie dentinaria irregular, se observan escamas de mayor tamaño que en el tercio apical  .MEB (1000x).

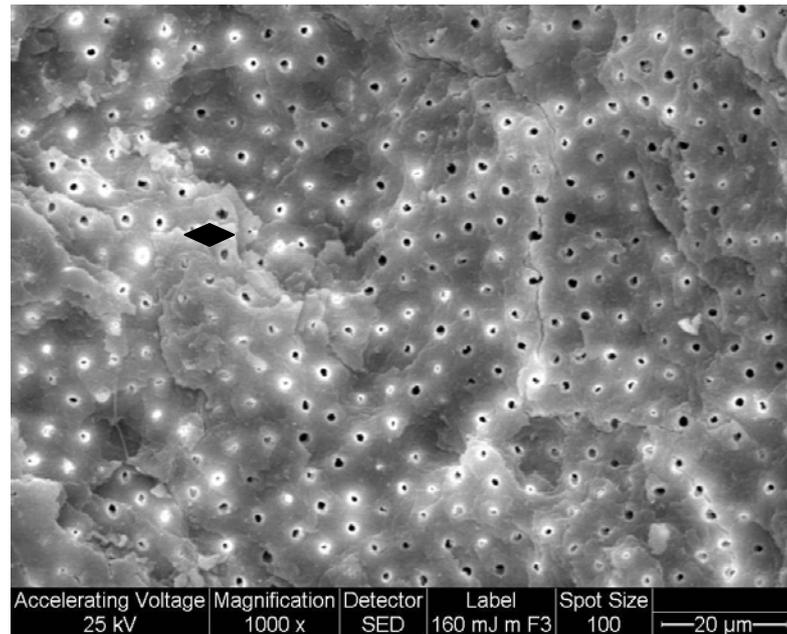


Fig.28. Superficie dentinaria irregular, se observan escamas en cráter ◆.MEB (1000x).

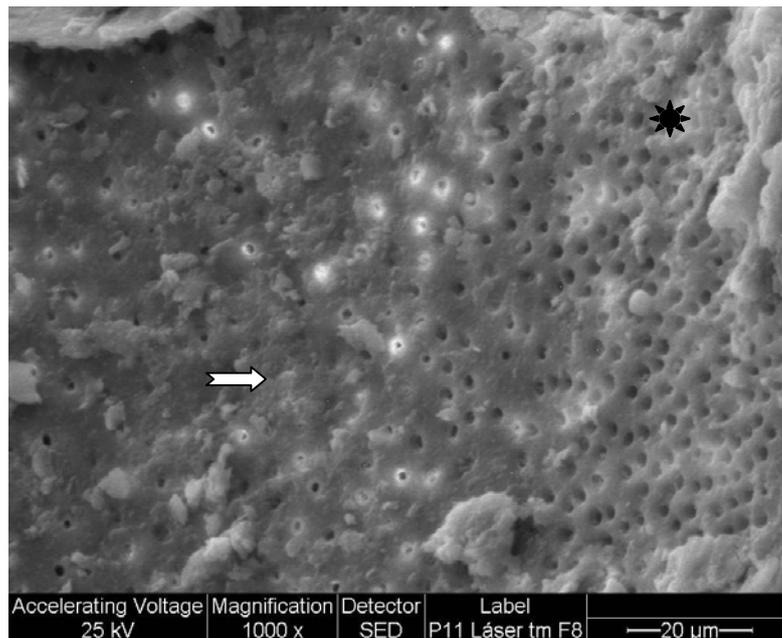


Fig.29. Superficie dentinaria irregular, escasos conductillos con contenido orgánico dentro ⇨. Escasa cantidad de SL * MEB (1000x)

1.1.3. Tercio coronario o cervical

La mayoría de las microfotografías muestra semejanzas con respecto de los tercios anteriores, aunque en algunas muestras se observaron ciertas diferencias, que serán descritas seguidamente.

Las características morfológicas del conducto y los conductillos son similares en los tercios medio e inferior en la mayoría de su superficie.

En algunos puntos, parece no haber tomado contacto la fibra óptica con la superficie, presentando pequeñas áreas con persistencia del SL y enmascaramiento de los conductillos, como se muestra en la Fig.32.

En la Fig. N° 31 correspondiente a una pieza con enfermedad periodontal, destacamos la aparente deformación de los conductillos dentinarios, presumiblemente consecuencia de la reparación subsecuente a su patología; observamos además restos de material mineralizado (artefacto de técnica).

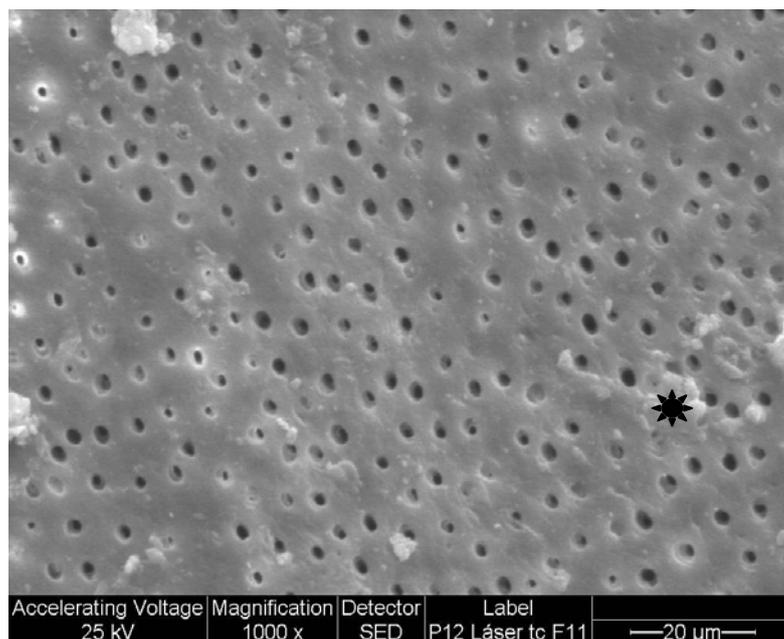


Fig.30. Superficie dentinaria regular y con muy escasa cantidad de SL * . MEB. (1000x).

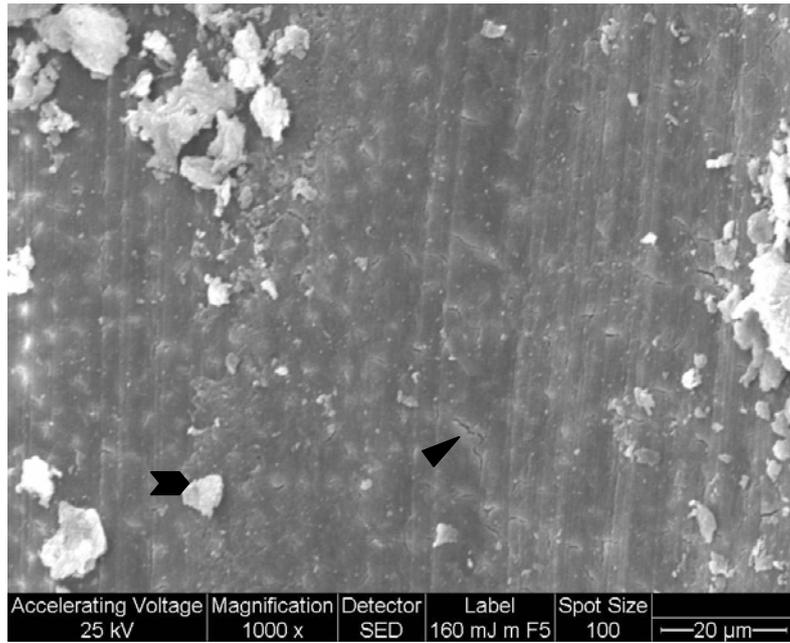


Fig.31. Conductillos dentinarios atípicos ◀, restos dentinarios ▶.MEB (1000x)

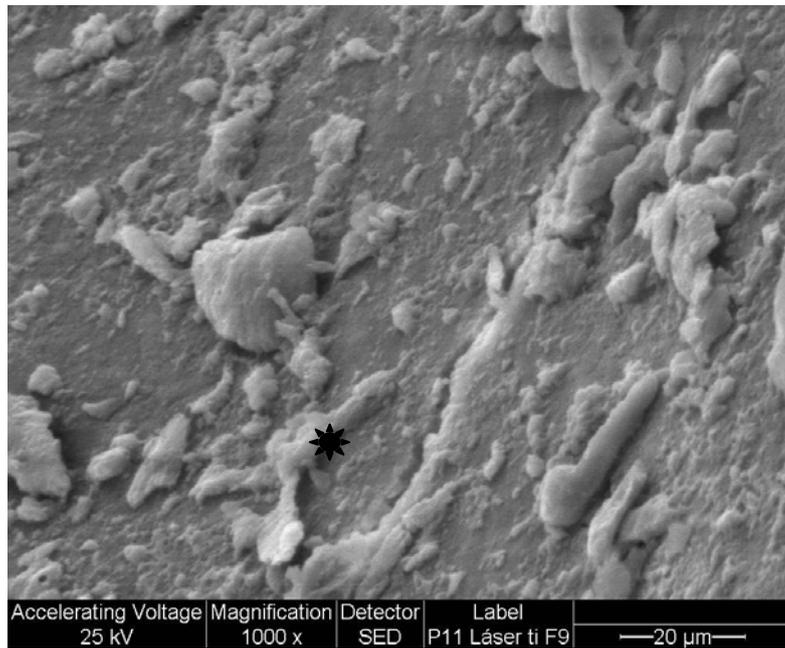


Fig.32. Superficie dentinaria tapizada por SL *MEB(1000x).

1.2. Piezas tratadas con EDTA no obturadas

1.2.1. Tercio apical

La superficie dentinaria tratada con EDTA en el tercio apical muestra las siguientes características:

En la generalidad de las microfotografías (Fig. 33, 34 y 35) de las piezas tratadas no se aprecia SL; en cambio se visualiza, contenido orgánico en su interior, observándose restos de estructuras celulares como las fibrillas de Tomes o filamentos nerviosos que penetran en los túbulos dentinarios. En algunos casos se observa el orificio del conductillo rodeado de un halo refringente, presumiblemente debido a la persistencia del material orgánico.(Fig.34)

La superficie se observa más irregular con algunas anfractuosidades sin llegar a ser en número y tamaño tan marcadas como las escamas descritas con láser. En un gran porcentaje de las microfotografías muestra su superficie cubierta por fibras colágenas pertenecientes al componente orgánico del tejido dentinario (colágena y Gags) que persisten luego de la eliminación de la hidroxiapatita, por acción del agente quelante. (Fig.35)

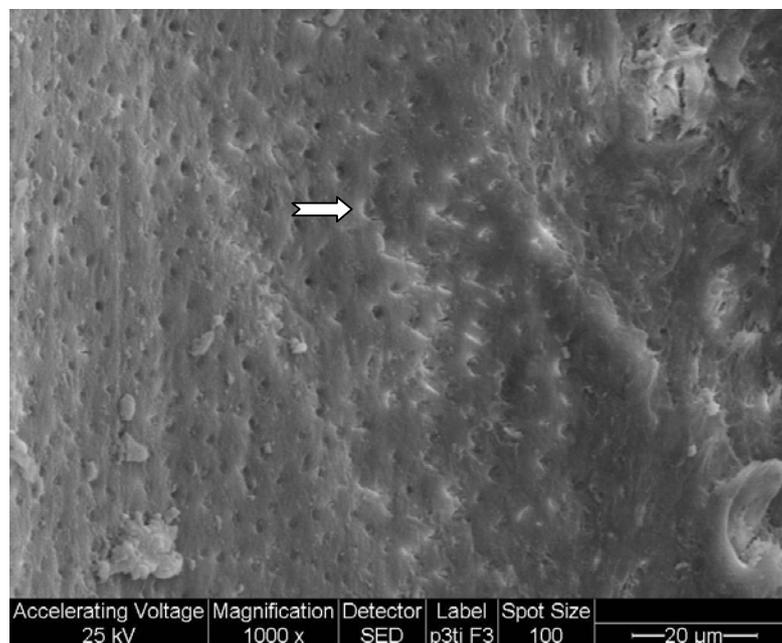


Fig.33. Persistencia de contenido orgánico en conductillos \Rightarrow . MEB(1000x).

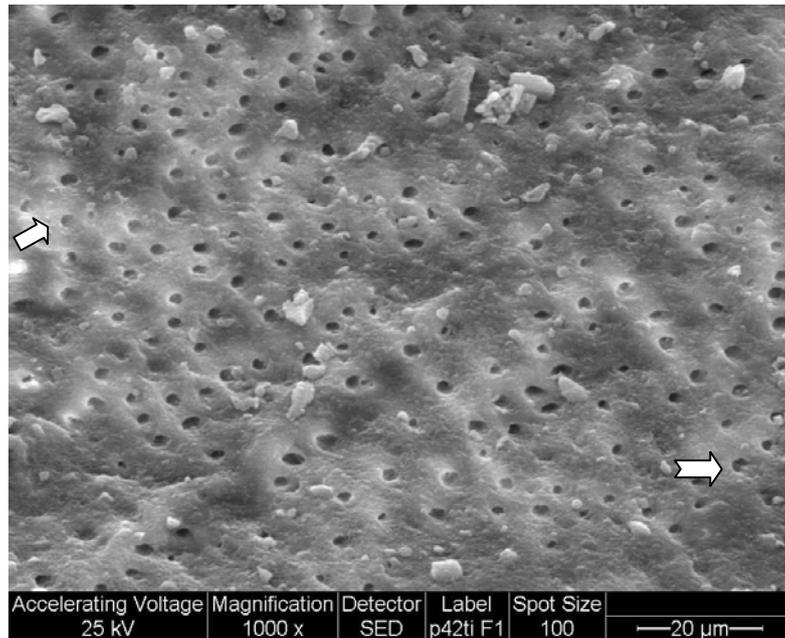


Fig.34. Superficie levemente irregular con persistencia de contenido orgánico en conductillos \Rightarrow , halo refringente \hookrightarrow . MEB(1000x).

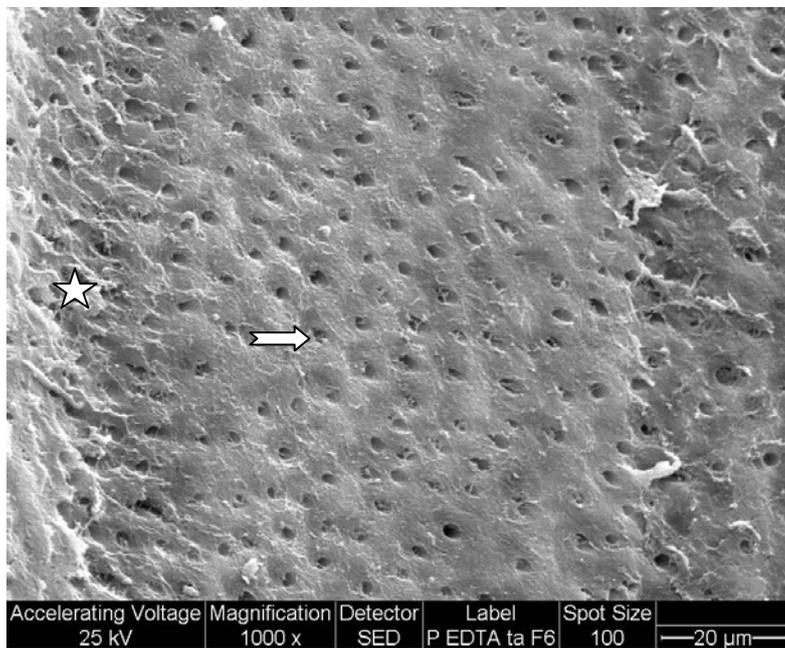


Fig.35. Componente orgánico del tejido dentinario \star , persistencia de contenido en los conductillos dentinarios \Rightarrow . MEB (1000x)

1.2.2. Tercio medio

El estudio de la superficie del conducto resultante del tratamiento con EDTA e hipoclorito en el tercio medio muestra las siguientes características, muy similares a las descritas para el tercio apical, (Fig. 36 y 39).

En la Fig. 36 se presenta superficie limpia, libre de SL, con persistencia de contenido orgánico en varios conductillos, además se observan fibras colágenas del componente orgánico de la dentina. Las áreas de refringencia en rededor de los conductillos se deben presumiblemente a contenido orgánico en la dentina peritubular. (1000X)

En las Figs. 37 y 38 se muestra una vista de la superficie del conducto radicular y su continuidad con el espesor dentina como consecuencia de la fractura, en ella observamos la diferente coloración (refringencia), presumiblemente como consecuencia de la persistencia del tejido dentinario (componente orgánico) quelificado; en la Fig 38 se puede apreciar el mismo efecto en un aparente calcoforito, con la superficie erosionada con pérdida de tejido, debido tal vez a la edad de la pieza dentaria (edad 15 años).

La Fig. 39 permite observar superficie dentinaria con conductillos dentinarios limpios libres de SL, muchos de los cuales posee contenido orgánico dentro. Se observan fibras colágenas propias del componente orgánico de la dentina. (1000X)

La mayoría de las microfotografías muestra la superficie limpia de SL. Sin embargo aproximadamente la mitad de los conductillos dentinarios muestran los restos de las fibrillas de Thomes y/o filetes nerviosos; por otra parte, se puede observar en la superficie o en la imagen refringente de los orificios conductillales, persistencia del material orgánico desmineralizado, por acción del quelante, no removido presumiblemente debido a una pobre acción del hipoclorito de sodio (Fig.40).

En un número bajo de piezas se observa la presencia de material mineralizado probablemente contaminante; en un área de una única pieza se observó persistencia de SL.

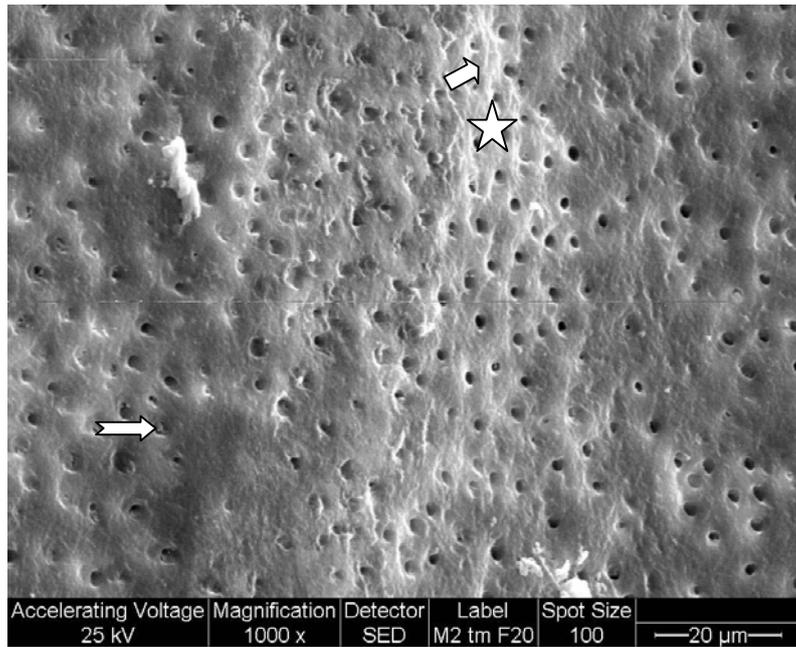


Fig. 36. Se observa el contenido de condutillos \Rightarrow , halo de refringencia \Rightarrow , fibras colágenas \star .MEB(1000x).

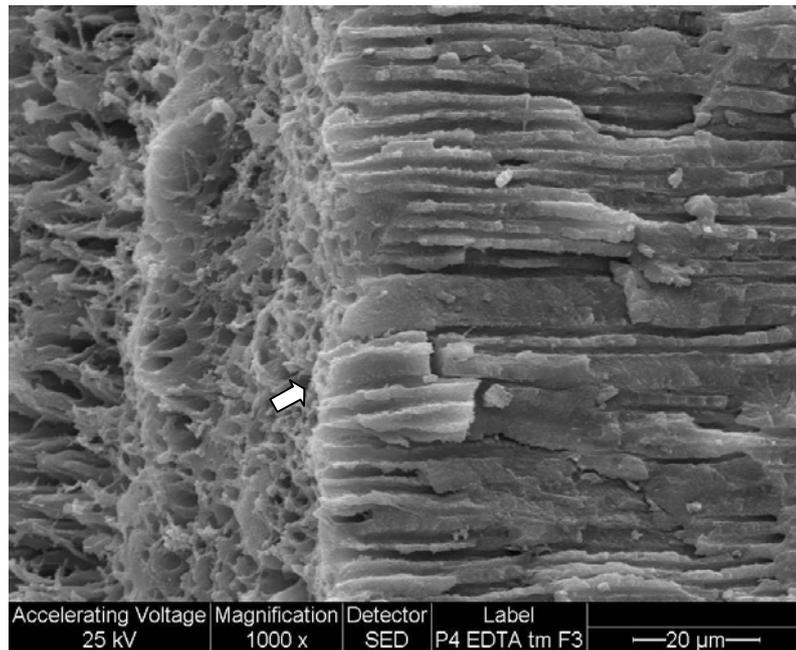


Fig.37. Superficie del conducto libre de SL y continuidad del tejido deninario, se observa halo de refringencia \Rightarrow .MEB(1000x).

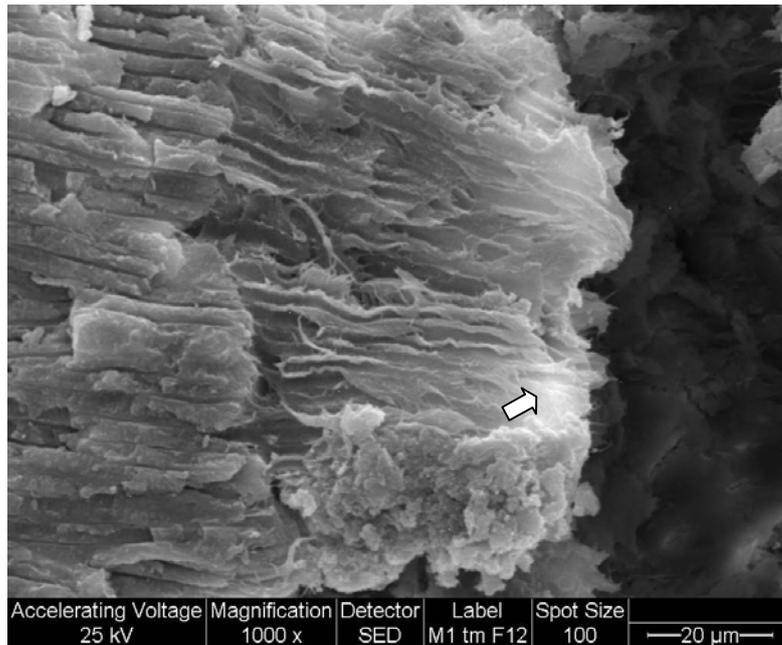


Fig.38. Posible calcoferito en pieza permanente joven, halo de refringencia ↗. MEB(1000x).

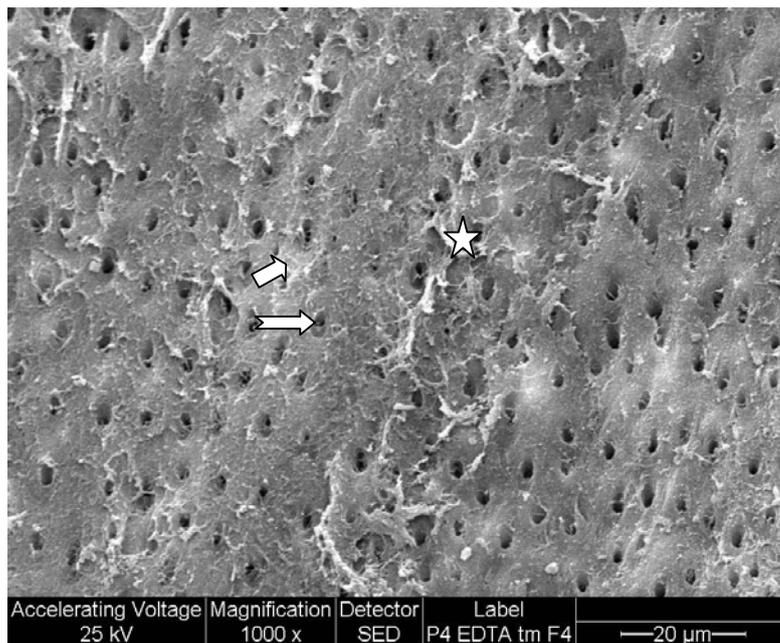


Fig.39. Ausencia de SL, persistencia de contenido en conductillos ⇔, fibras colágenas del tejido dentinario ☆, halo refringente ↗. MEB(1000x).

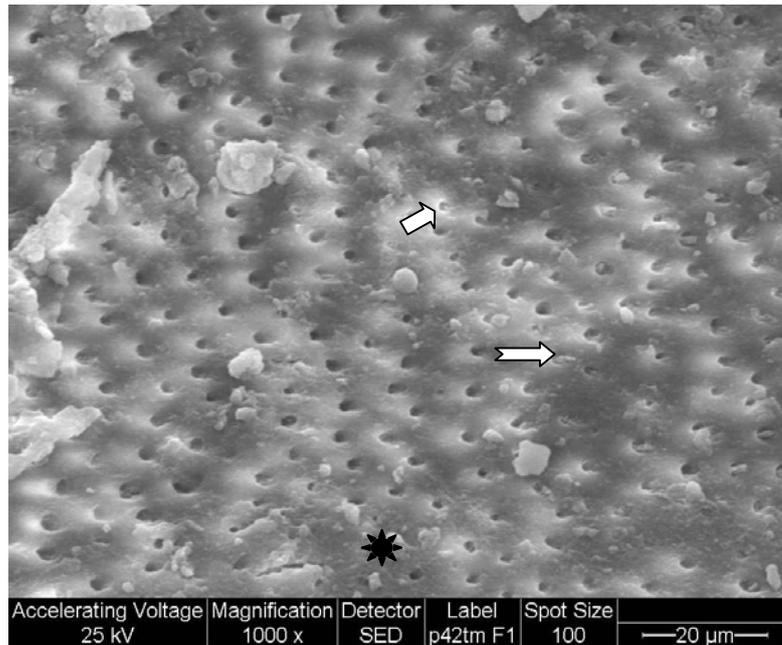


Fig. 40. Escasa persistencia de SL \star , halos de refringencia \rightarrow , contenido orgánico en conductillos \Rightarrow (1000x).

1.2.3. Tercio Cervical o coronario

En el tercio cervical se observa una mejor acción de limpieza por el tratamiento.

De la misma manera que en los tercios medio y apical no se observa presencia de SL sobre la superficie dentinaria. En un elevado porcentaje de microfotografías aparece contenido orgánico dentro de los conductillos semejante a la fibrilla de Tomes y fibras nerviosas, en algunas se puede visualizar el mismo halo refringente que en las zonas apical y media (Fig.41).

Mayor porcentaje de microfotografías muestra la superficie tapizada por fibras colágenas expuestas luego de ser eliminada la hidroxiapatita por el quelante. Posiblemente sea por más fácil renovación del quelante sobre la superficie, como consecuencia del tratamiento.

En una microfotografía (Fig 42) se observa zona erosionada correspondiente a la misma pieza que la descrita en el tercio medio (Fig.38).

La Fig.43 muestra una superficie con escasa cantidad de SL, conductillos dentinarios abiertos con persistencia de sustancia orgánica en su interior. (1000X).

En la Fig. 44 puede observarse conductillos dentinarios libres de SL, tanto en sentido frontal como lateral, con algunas partículas de dentina mineralizada.

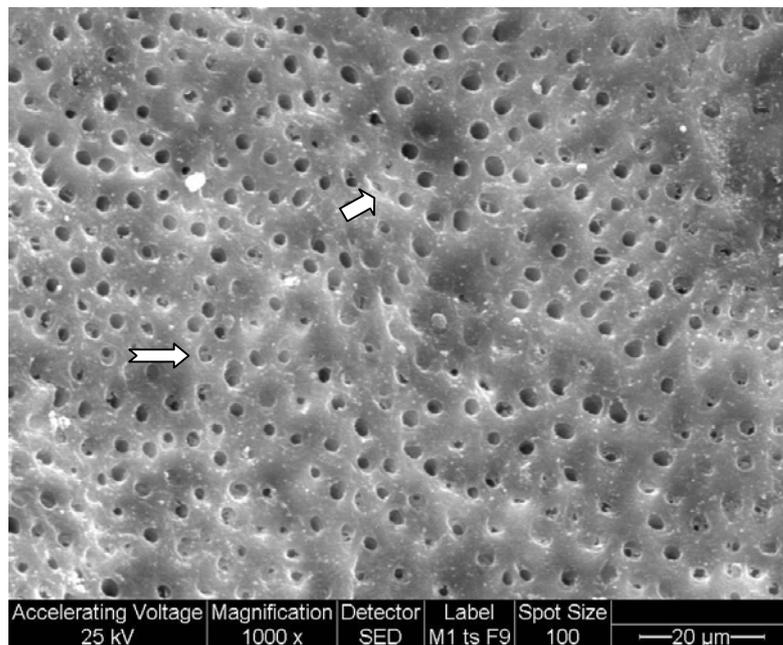


Fig. 41. Contenido orgánico en conductillos \Rightarrow , halos de refringencia \curvearrowright . MEB(1000x).

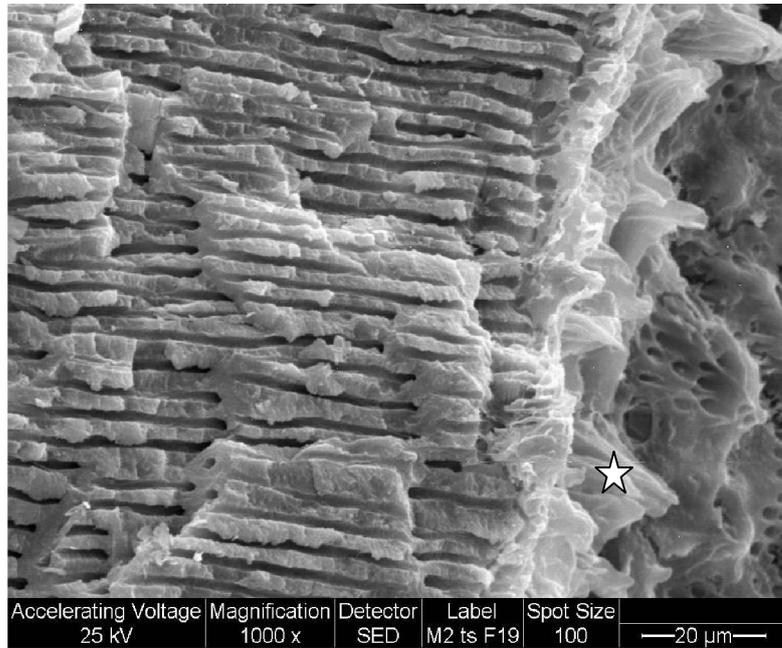


Fig.42. Zona erosionada en pieza joven muestra fibras colágenas expuestas ☆ .MEB (1000x).

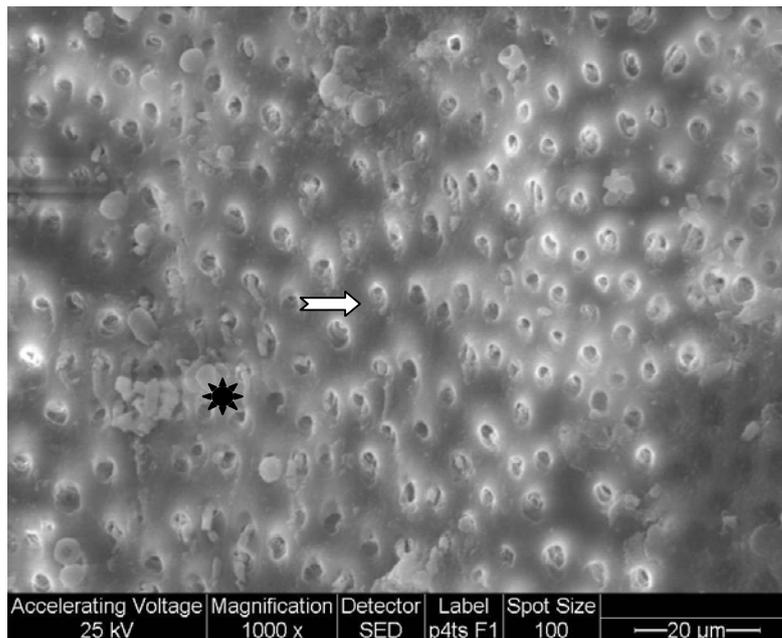


Fig. 43. Escasa cantidad de barro dentina ☆ , persistencia de contenido orgánico en conductillos ⇨ . (1000x).

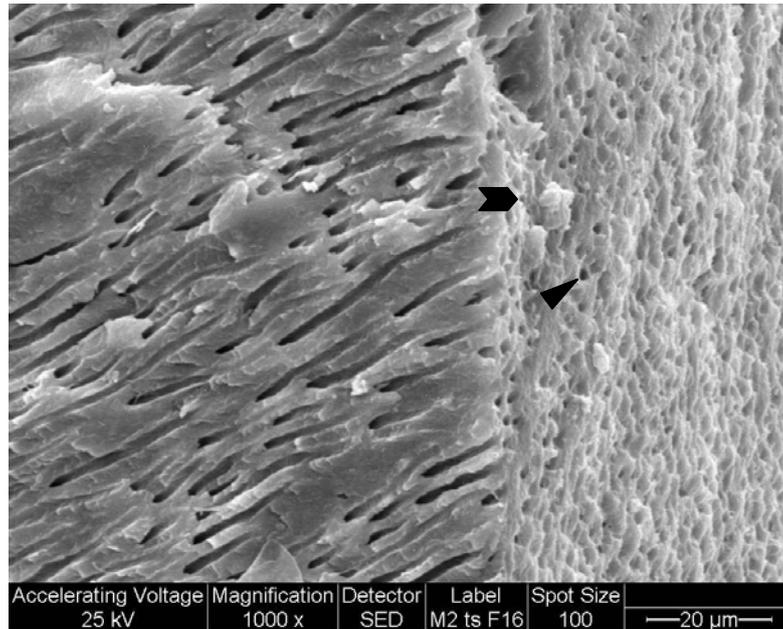


Fig. 44. Conductillos dentinarios libres de SL , partículas de dentina mineralizada  (1000x).

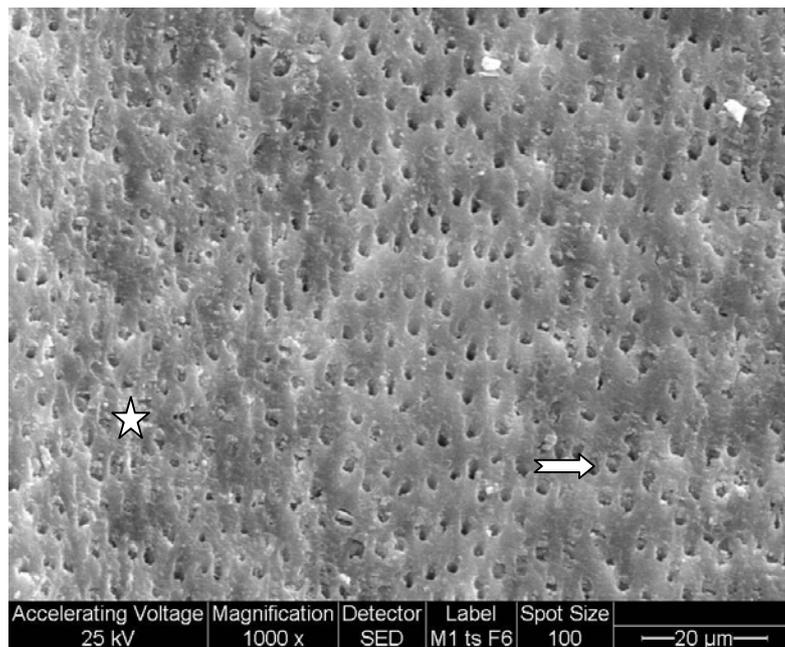


Fig. 45. Superficie dentinaria libre de SL con contenido orgánico en conductillos , fibras colágenas tapizan el área . (1000X).

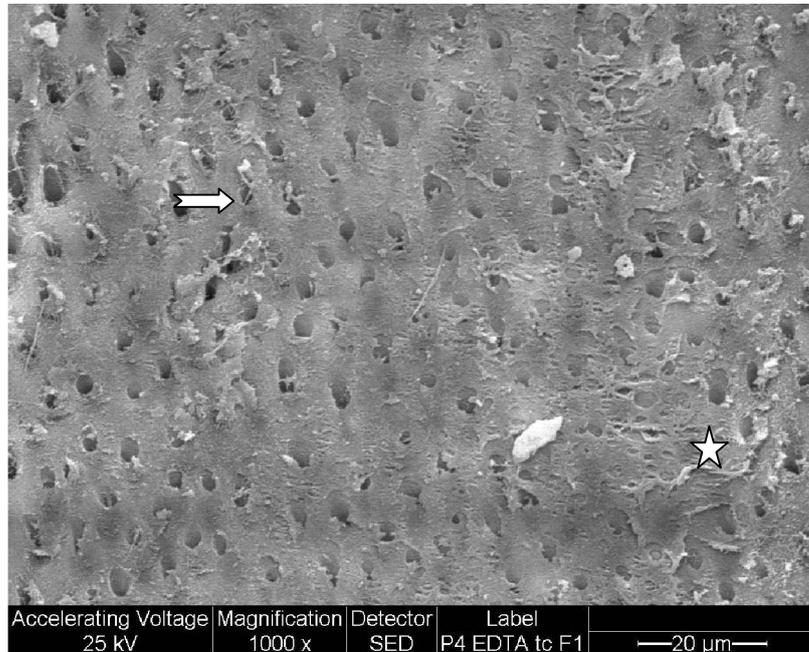


Fig. 46. Superficie radicular libre de SL, conductillos abiertos que permiten observar su contenido orgánico \Rightarrow . Fibras colágenas \star . (1000X).

En áreas de diferentes piezas se pueden encontrar tres patrones diferentes.

1)- Primer patrón: similar al descrito en láser con la diferencia en la imagen birrefringente o brillante que rodea la luz de los túbulos dentinarios, presumiblemente material orgánico no eliminado por el tratamiento con hipoclorito.

2)- Segundo patrón: muestra además una zona refringente por la persistencia de un material orgánico dentro del conducto.

3)- Tercer patrón: es la persistencia de material orgánico. (colágena) sobre el área mostrada en la microfotografía donde semeja a la predentina, patrón descrito para el tercio medio con el mismo tratamiento.

2. Resultados de piezas obturadas

Como la técnica de obturación fue la misma, independientemente del tratamiento no nos detendremos en describir las interacciones de los materiales empleados; solo detallaremos las características de aquellas piezas cuya obturación reúna los requisitos de una técnica correcta.

Indistintamente del tratamiento del conducto, por tratarse el material de obturación de una densidad y elasticidad diferentes a las del diente y como consecuencia probablemente, de la técnica histológica, se observa frecuentemente áreas de separación entre el material de obturación y la superficie del conducto. (Anexo tabla B).

2.1. Piezas tratadas con láser y obturadas

Se observa, entre el cemento de Grossman y la dentina, soluciones de continuidad interrumpida por zonas de una íntima unión a nivel de las escamas.

2.2.1. Tercio apical

En el tercio apical, las microfotografías de las zonas de interface muestran correcta unión entre ambas estructuras aunque no tan íntimamente como en los tercios medio y cervical (Fig.47).

En la microfotografía N° 48 correspondiente al tercio apical, vecino a ápice, observamos la dentina atubular que rodea al inicio del conducto. Al fracturar el diente se desprendió la gutapercha persistiendo el sellador, donde observamos su separación de la dentina en toda su extensión, pero se puede apreciar la persistencia de tags, nítidamente marcados en una irregularidad de la superficie dentinaria.

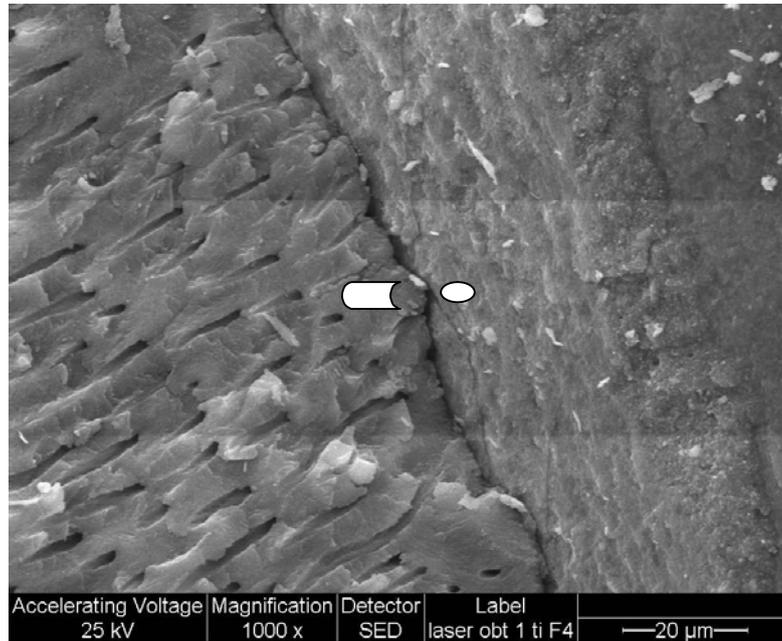


Fig. 47. Interface dentina  -material de obturación  en la que permanecen unidas ambas estructuras. MEB (1000X).

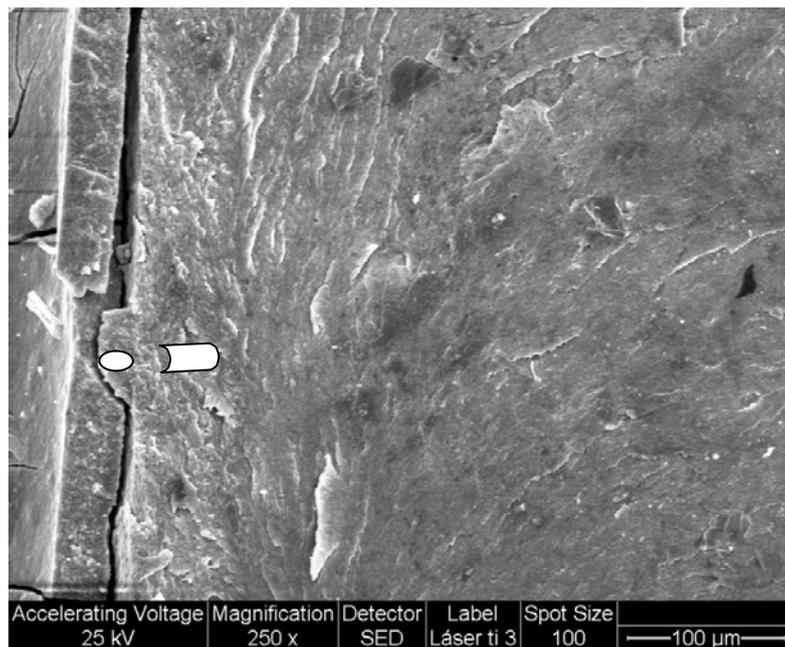


Fig. 48. Zona de interface material de obturación  - dentina  .MEB (250 X).

2.2.2. Tercio medio

En el tercio medio, a semejanza del tercio coronario observamos en la Fig. N° 49, una retracción artefactual, pero se aprecia indirectamente la íntima unión del sellador a la dentina a través de su concomitancia y persistencia de tags.

Por el contrario en la Fig. N° 50 el artefacto de técnica se observa entre los dos componentes de la obturación, confirmando la íntima relación entre el sellador y la dentina.

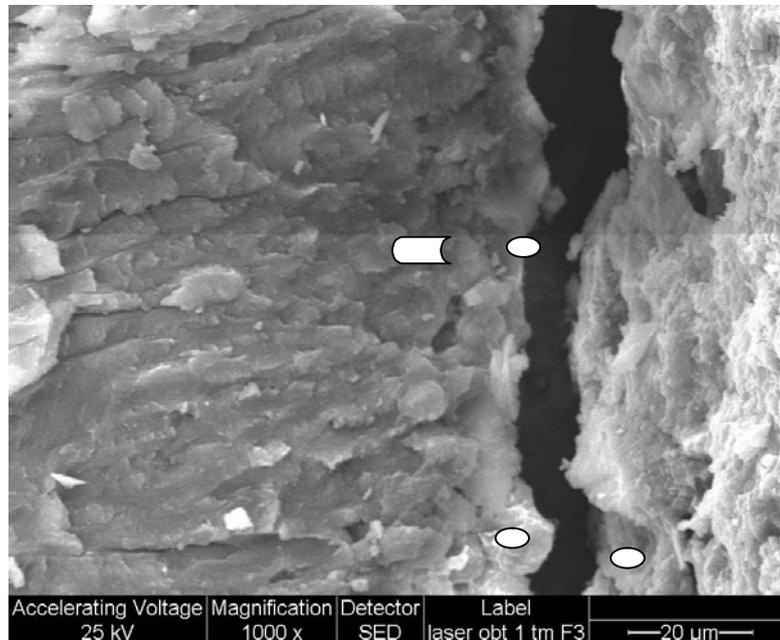


Fig. 49. Interface dentina  - material de obturación , cemento de adhesión fracturado (artefacto de técnica). MEB. (1000X).

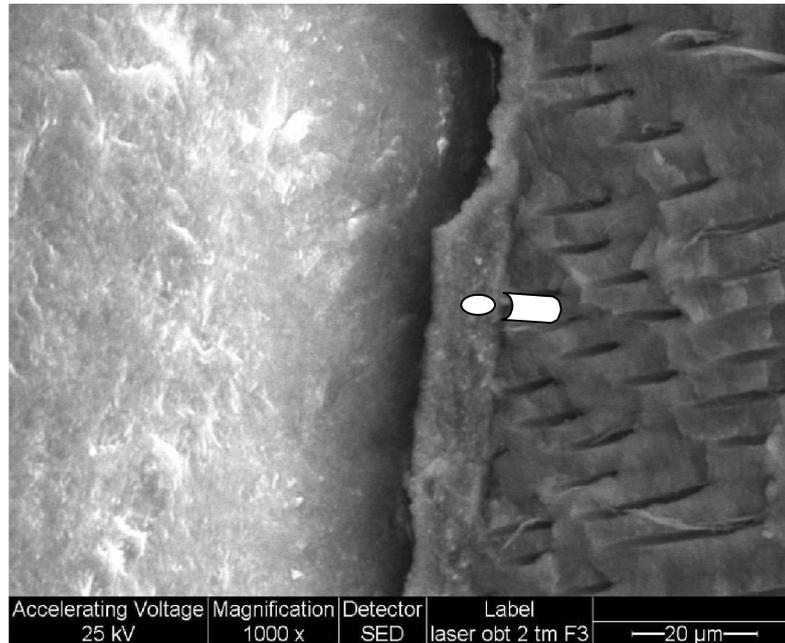


Fig. 50. Interface dentina  - material de obturación , íntima adhesión entre ambas estructuras. MEB.(1000X).

2.2.3 Tercio coronario

Apreciamos en el tercio coronario, la perfecta continuidad del cemento de Grossman con los calcoferitos y con las superficies escamosas típicas del tratamiento con Láser. (Fig. N°51).

En la Fig. N° 52 se ve como el cemento de Grossman se adapta íntimamente a la superficie dentinaria y al desprenderse por retracción muestra pequeñas evaginaciones (tags).

En la microfotografía N° 53, se desprendieron los conos de gutapercha y observamos una vez más la perfecta unión del sellador a la dentina.

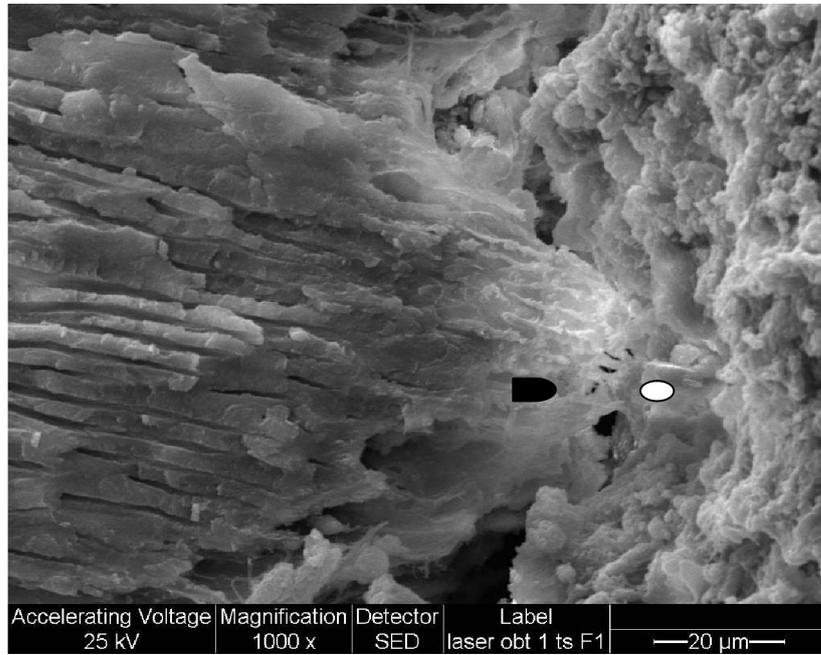


Fig. 51. Calcoferito  adherido al cemento de Grossman . MEB (1000x).

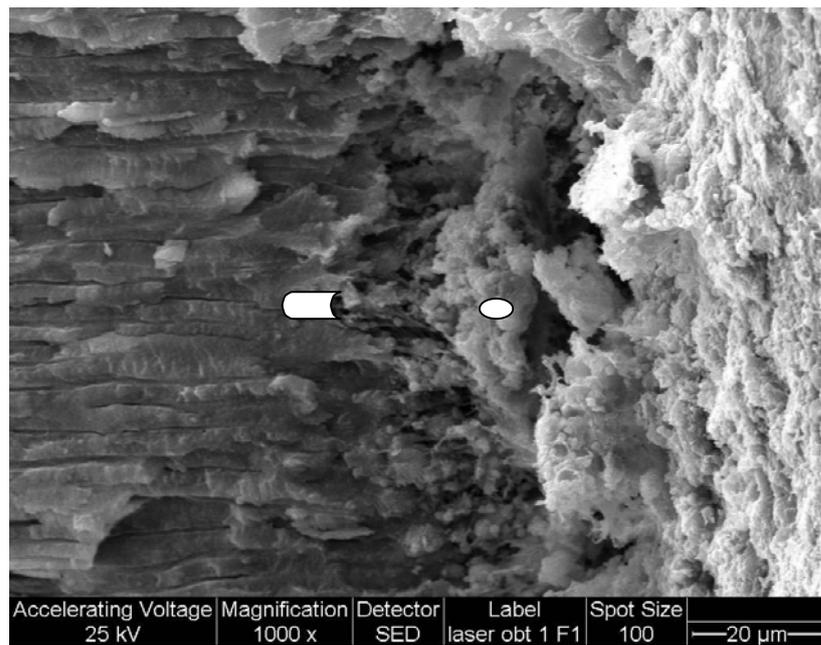


Fig. 52. Infiltración del cemento de Grossman  en la dentina radicular . MEB (1000X).

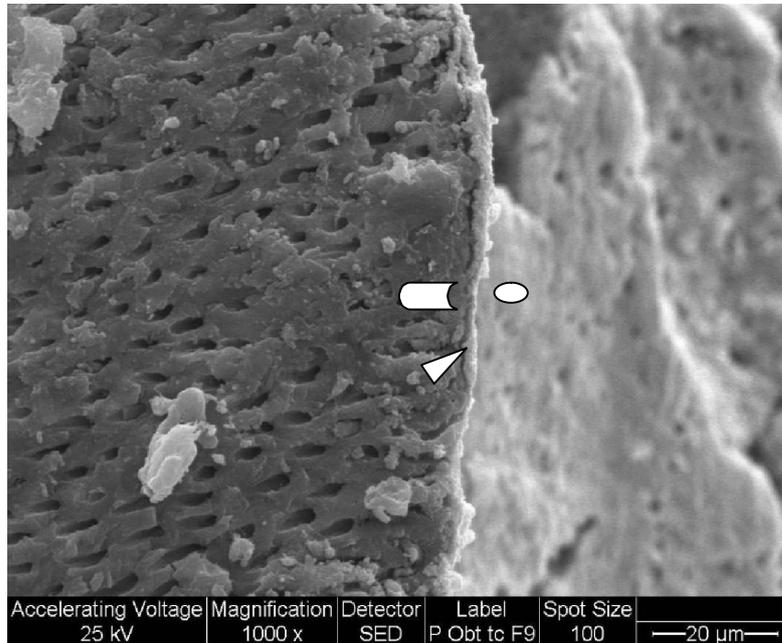


Fig. 53. Zona de interface dentina  material de obturación  que muestra presencia de tags  MEB. (1000X).

2.2. Piezas tratadas con EDTA obturadas

2.2.1. Tercio apical y medio

De forma similar al tratamiento con láser, se observan pequeñas evaginaciones (tags) del cemento de Grossman al desprenderse de la superficie dentinaria por retracción Fig. N°55).

En la Fig. N° 56 se aprecia la superficie dentinaria quelificada persistiendo el material orgánico, en el lado opuesto el sellador desprendido muestra la impronta dejada por la dentina de una manea muy irregular (no observándose tags), lo que nos permite presumir que cuando por fallas del removedor de la sustancia orgánica, ésta persiste, la microrretención no sería tan efectiva.

Las imágenes de adhesión son similares en ambos tratamientos, no observándose subjetivamente diferencias notables, salvo la mostrada como ejemplo de lo observado con relativa frecuencia.

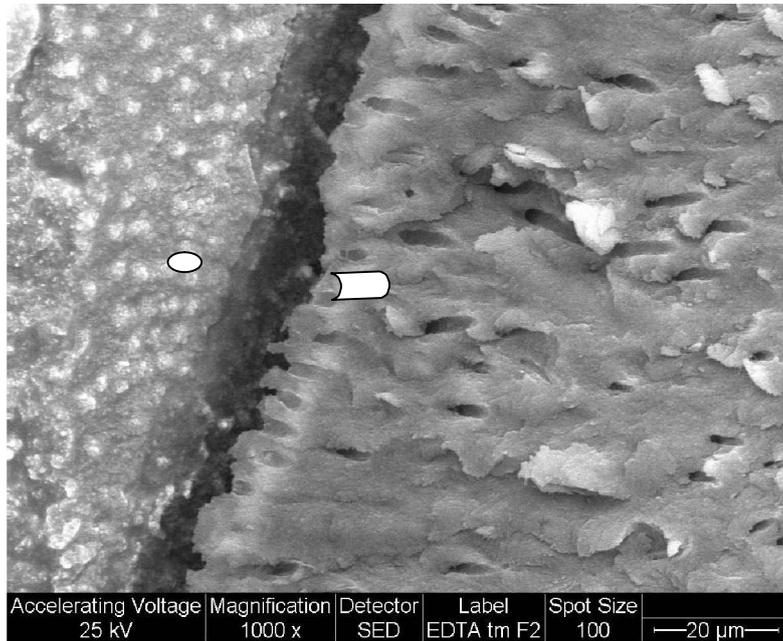


Fig. 54. Interface dentina  -material de obturación . Se observa zonas de correspondencia entre ambas estructuras. MEB. (1000X).

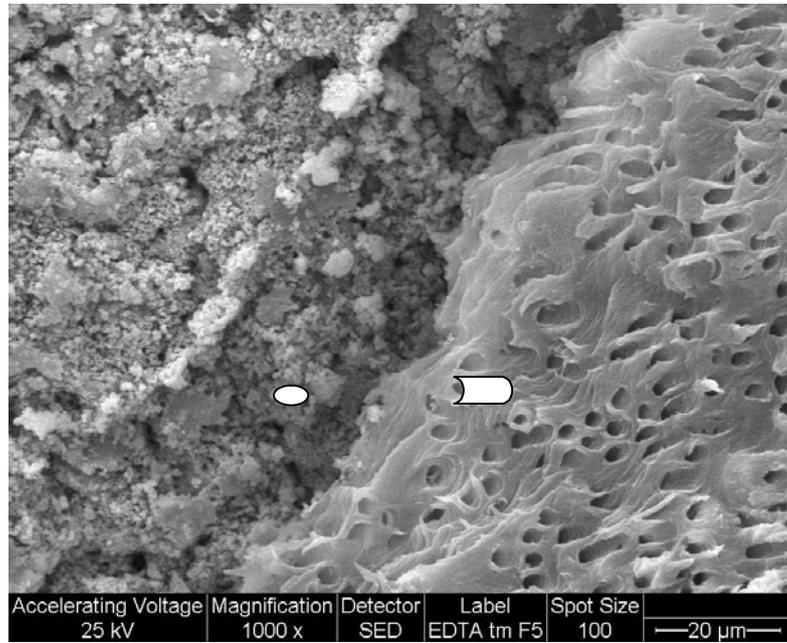
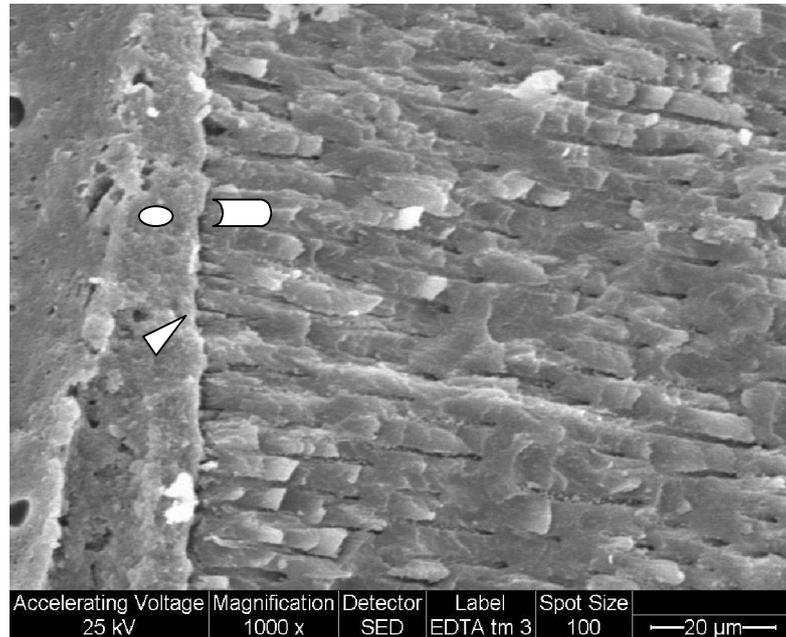


Fig. 55. Zona de interface material de obturación  -dentina  que muestra correspondencia entre ambos fragmentos, separación artefactual. MEB (1000X).

Ver página siguiente. Fig. 56. Zona de unión material de obturación  -- dentina  en la que se aprecian tags  MEB.(1000X).



2.3.2 Tercio coronario

No muestra diferencias en su morfología con el tercio coronario del tratamiento con láser, como lo podemos apreciar (Fig. N° 57) íntima unión del sellador con la dentina, y presencia de tags.

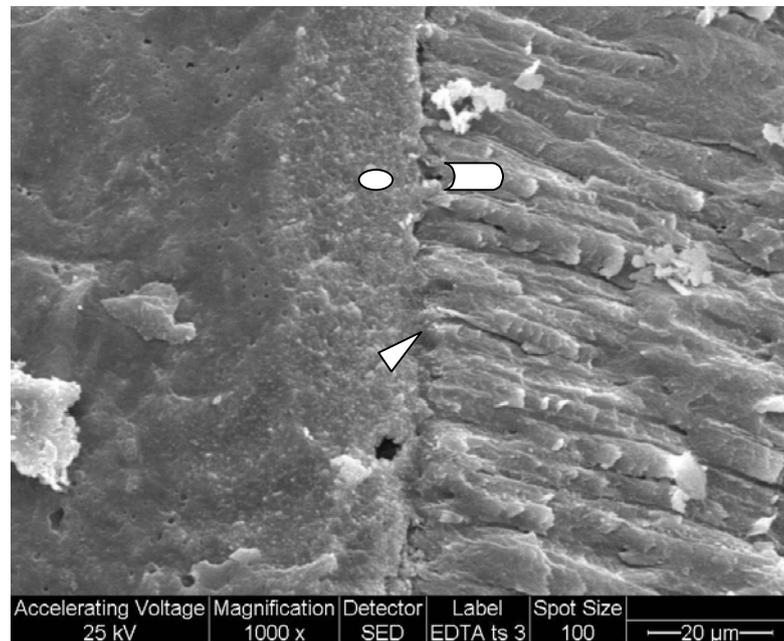


Fig. 57. Zona de interface, tags  evidencian óptima unión material de obturación  – dentina . MEB. (1000X).

SINTESIS DE LOS RESULTADOS DE PIEZAS NO OBTURADAS

Para su mejor comprensión se han agrupado las microfotografías más representativas de los resultados obtenidos.

Conductos radiculares tratados con Laser sin obturar

El estudio de la superficie del conducto en su tercio apical muestra las siguientes características generales: (ver L 2.I.)

- La mayoría de las de las microfotografías de las piezas no muestran SL; se observan los conductillos totalmente limpios de contenido orgánico tanto en su superficie como en su luz, sus bordes perfectamente nítidos no muestran restos de predentina residual.
- La superficie del conducto aparece limpia con irregularidades y anfractuosi-dades. En aproximadamente el 80% de las imágenes evaluadas se presen-tan escamas y cráteres (53) “dejando una superficie irregular- ondulada o escamosa dando sensación de tabique o escama”.
- Se observan escasos restos de dentina mineralizada sobre la superficie pre-sumiblemente contaminante de la fractura producida por la metodología. (ver L2.Ia).

El tercio medio muestra las siguientes características generales: (ver L2.II.)

- Ausencia total de SL, en una foto de una pieza se observa restos de material mineralizado similar al descrito para el tercio inferior.
- La presencia de la superficie irregular con escamas y cráteres más marcadas que en el tercio inferior.
- Prácticamente nula presencia de contenido orgánico dentro de los conducti-llos dentinarios y ausencia de material orgánico sobre la superficie del con-ducto.

El tercio coronario o cervical: (ver L2.III.)

- Las características morfológicas al MEB del conducto y los conductillos son similares a los tercios medio e inferior, en la mayoría de la superficie de los conductos estudiados. Cabe señalar en uno de ellos, en que presumiblemen-

te la fibra óptica no contactó con la superficie, aparecen áreas reducidas con persistencia del SL y enmascaramiento de los conductillos, como se muestra en el ángulo de la foto. (ver L2.IIIa.)

Conductos radiculares tratados con EDTA sin obturar

- El estudio de la superficie del conducto resultante del tratamiento con EDTA e hipoclorito en el tercio apical muestra las siguientes características generales: (ver L2.IV.)
- En la mayoría de las microfotografías de las piezas tratadas no se aprecia SL, sobre la superficie del canal radicular.
- Se visualiza persistencia de contenido orgánico en el interior de los conductillos observándose restos de estructuras celulares como las fibrillas de Tomes o filamentos nerviosos.
- En algunos casos se observa el orificio del conductillo rodeado de un halo refringente, presumiblemente debido a la persistencia del material orgánico.
- La superficie se observa más irregular con algunas anfractuosidades sin llegar a ser en número y tamaño tan marcadas como las escamas, descriptas con láser.
- En un gran porcentaje de las microfotografías muestra su superficie cubierta por fibras colágenas pertenecientes al componente orgánico del tejido dentinario (colágena y Gags) que persisten luego de la eliminación de la hidroxiapatita, por acción del agente quelante.

En el tercio medio se observan las siguientes características generales:

(ver L2.V.)

- La mayoría de las microfotografías muestra la superficie limpia de SL.
- En aproximadamente la mitad de los conductillos dentinarios muestran los restos de las fibrillas de Tomes y/o filetes nerviosos;
- Se puede observar en la superficie o en la imagen refringente de los orificios conductillales, por persistencia del material orgánico componente de la dentina, presumiblemente debido a una pobre acción del hipoclorito de sodio (ver L2.Va.)

- En un número bajo de piezas se observa la presencia de material mineralizado probablemente contaminante; en un área de una única pieza se observó persistencia de SL.

En el tercio cervical (ver L2.VI.)

- Se observa una mejor acción de limpieza por el tratamiento. De la misma manera que en los tercios medio e inferior no se halla presencia de SL sobre la superficie dentinaria.
- En un elevado porcentaje de microfotografías aparece contenido orgánico dentro de los conductillos semejante a la fibrilla de Tomes y fibras nerviosas.
- Se puede visualizar el mismo halo refrigerante que en las zonas apical y media (di).
- Un mayor porcentaje de microfotografías muestra la superficie tapizada por fibras colágenas expuestas luego de ser eliminada la hidroxiapatita por el quelante. Posiblemente sea por más fácil renovación del quelante sobre la superficie, como consecuencia del tratamiento.
- En una única microfotografía se observa zona erosionada con pérdida de tejido. Presumiblemente debido a la edad de la pieza dentaria permanente joven (L2. VI.a).

En áreas de diferentes piezas se pueden encontrar dos patrones diferentes:

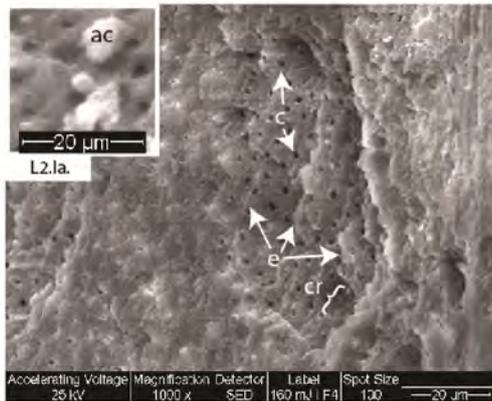
1)- Similar patrón descrito en láser con la diferencia que la imagen birrefringente o brillante que rodea la luz de los túbulos dentinarios, presumiblemente material orgánico no eliminado por el tratamiento con hipoclorito.

2)- El otro patrón muestra además de una zona refringente se trata presumiblemente de la persistencia de un material orgánico predentinario e interdentinario.

Lámina 2

Microfotografías más representativas de las muestras tratadas sin obturar

Piezas tratadas con láser

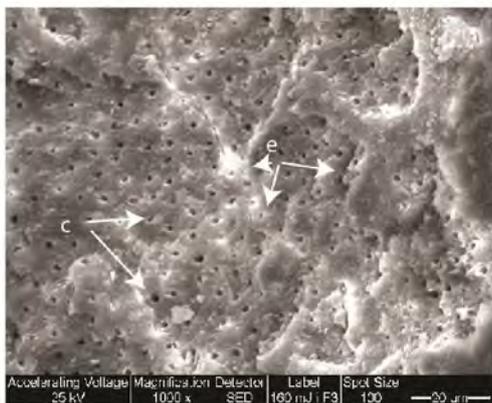


L2.I.

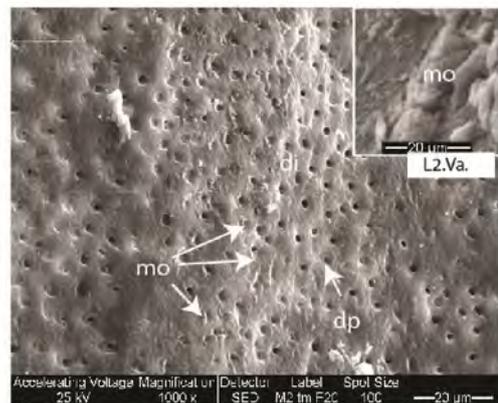
Piezas tratadas con EDTA



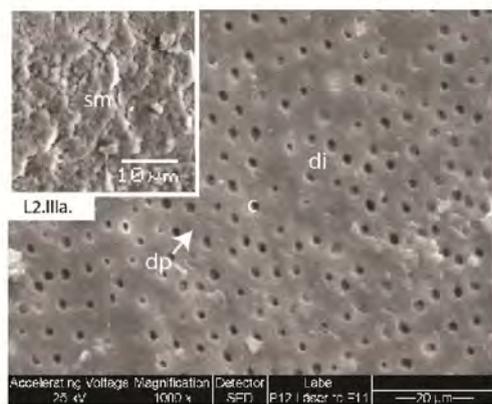
L2.IV.



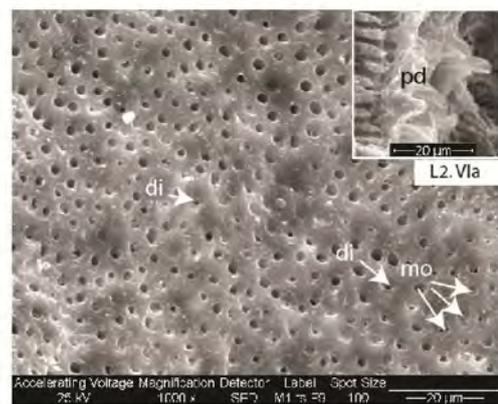
L2.II.



L2.V.



L2.III.



L2.VI.

Canal radicular láser MEB L2.I. Tercio apical; L2.II. Tercio medio; L2.III. Tercio coronario;
Canal radicular EDTA MEB L2.IV. Tercio apical; L2.V. Tercio medio; L2.VI. Tercio coronario;

Ref: c, conductillos dentinarios; dp, dentina peritubular; di, dentina intertubular;
mo, material orgánico (restos de fibrillas y filetes nerviosos); ac, artefacto técnico; e, escama; cr, cráter; pd, predentina.

SINTESIS DE LOS RESULTADOS DE PIEZAS OBTURADAS

De igual modo que en el caso de las piezas sin obturar presentamos a continuación la síntesis.

En los conductos obturados con láser, se observa, entre el cemento de Grossman y la dentina, soluciones de continuidad interrumpida por zonas de una íntima unión a nivel de las escamas. (Ver L3.II) Sin embargo apreciamos (ver L3.III), en el tercio coronario la perfecta continuidad del cemento de Grossman con los calcoferitos y con las superficies escamosas típicas del tratamiento con Láser (ver L3.IIIa).

En la microfotografía del tercio apical (L3.I) se ve como el cemento de Grossman al desprenderse por retracción de la superficie dentinaria muestra pequeñas evaginaciones (tags) (L3. Ia) cuya forma se adapta a la del área libre del conductillo.

En los conductos tratados con EDTA se observa que la gutapercha a veces lleva adherido el cemento dejando libre la superficie del conducto y en otras ocasiones se desgarran el cemento de Grossman quedando unido en parte a la superficie y en parte a la gutapercha, a manera de pequeños puentes (ver L3.IV). De forma similar al tratamiento con láser, se observan pequeñas evaginaciones (tags) del cemento de Grossman al desprenderse de la superficie dentinaria por retracción.

Las imágenes de adhesión son similares en ambos tratamientos, no observándose subjetivamente diferencias notables, como puede apreciarse en la figuras que se muestran a continuación.(L3. I, II, III, IV y V).

Para facilitar su comprensión se presenta un esquema, modificado de Pashley (2005) de los conductos radiculares con diferentes tratamientos del canal.

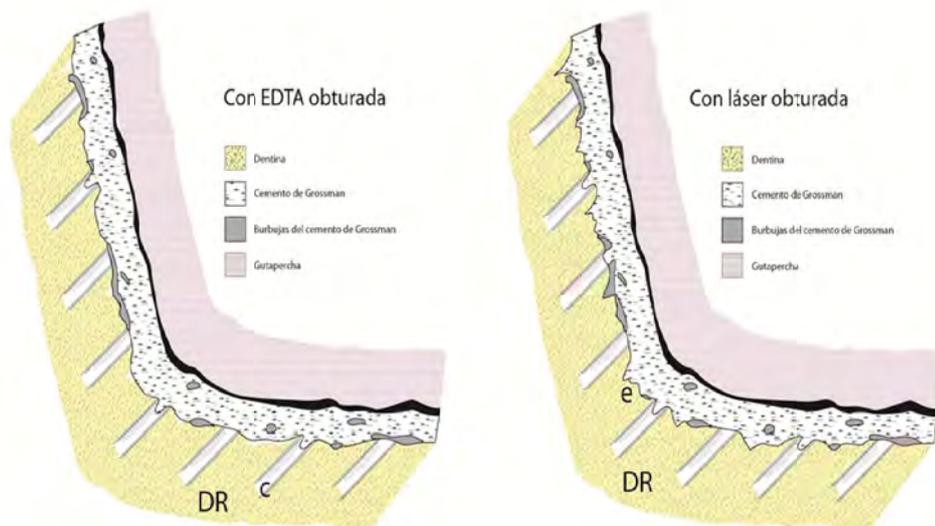
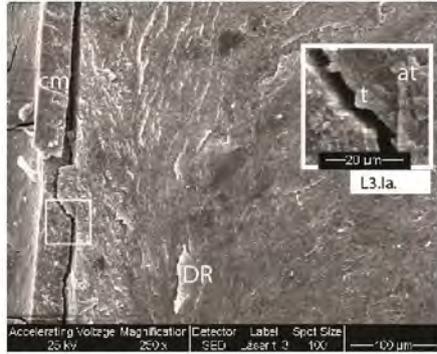


Fig. 58. Esquema que representa la relación dentina-material de obturación en los tratamientos realizados en el presente trabajo. A) tratamiento con EDTA. B) tratamiento con láser Er YAG.

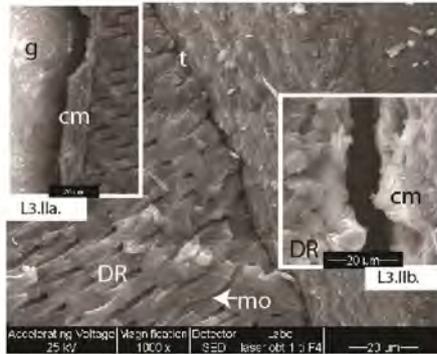
Lámina 3

Microfotografías más representativas de las muestras tratadas y obturadas

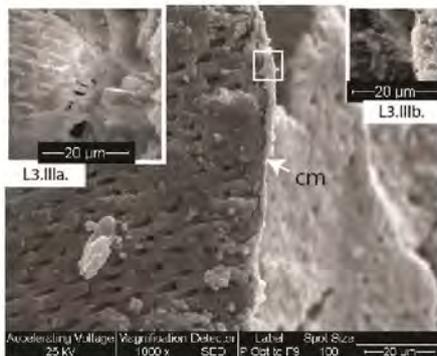
Piezas tratadas con láser



L3.I.

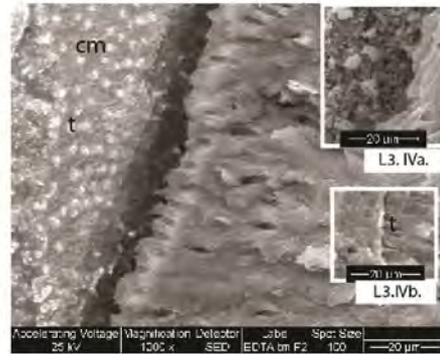


L3.II.

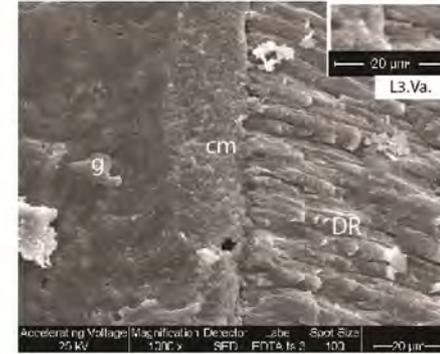


L3.III.

Piezas tratadas con EDTA



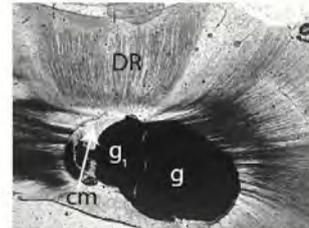
L3.IV.



L3.V.



L3.VI.



L3.VII.

Canal radicular láser, obturado MEB L3.I. Tercio apical;
 L3.II. Tercio medio; L3.III. Tercio coronario;
 Canal radicular EDTA, obturado MEB L3.IV. Tercio medio;
 L3.V. Tercio coronario.
 Canal radicular obturado L3.VI. Tercio coronario con láser. M/O 4X
 Canal radicular obturado L3.VII. Tercio coronario con EDTA. M/O 4X

Ref: DR, dentina radicular; c, conductillos dentinarios; dp, dentina peritubular; di, dentina intertubular; mo, material orgánico (restos de fibrillas y filetes nerviosos); ac, artefacto técnico; e, escama; cr, cráter; pd, predentina; g, gutapercha; g_v, cono accesorio; cm, cemento de Grossman; t, evaginaciones (tag's).

3. CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de estos resultados se realizó de acuerdo a lo propuesto en material y métodos.

Se comenzó por la cuantificación de los conductillos libres de barro dentinario por superficie dentinaria empleando para su conteo la técnica de grilla (ver material y métodos).

Tratamiento Edta y Laser. Variable de respuesta: número de conductillos. Fotografías evaluadas: 100 (54 con laser y 46 con (EDTA), se eligieron aquellas que permitieron realizar la observación frontal de los conductillos dentinarios. (Anexo tabla C).

	EDTA	LASER	TOTAL
A)Apical	15	19	34
B) Medio	16	18	34
C)Cervical	15	17	32
Total	46	54	100

Tabla N° 3. Cantidad de microfotografías con ambos tratamientos en cada uno de los tercios radiculares.

E. DESCRIPTIVA	A) ANALISIS TERCIO APICAL		B) ANALISIS TERCIO MEDIO		C) ANALISIS TERCIO CERVICAL	
	EDTA	LASER	EDTA	LASER	EDTA	LASER
Media	25,4	30,8	32,4	31,6	33,7	31,8
Mediana	22,0	29	29,5	29,5	32	30
Des. Típica	12,7	6,4	13,5	7,7	12,4	8,9
Mínimo	10	23	10	23	11	20
Máximo	50	43	55	52	52	50
Rango	40	20	45	29	41	30

Tabla N° 4 Estadística descriptiva correspondiente a la cantidad de conductillos contabilizados en cada tercio radicular.

Prueba de t student

Con el propósito de analizar si hubo diferencias significativas en la cantidad de conductillos abiertos según tratamientos, se aplicó una prueba de t para diferencia de medias entre muestras independientes.

Luego de aplicar la Prueba de t, para la hipótesis nula: no se observan diferencias significativas en el número de conductillos observados en cada uno de los tercios luego del tratamiento con EDTA o LASER, Considerando $p=0.05$, para el valor crítico de t (dos colas) 2,036931619, se concluye:

A. se obtiene un valor de t de -1,620783231. NO se observan diferencias significativas ($p>0.05$) en el número de conductillos observados en el tercio apical luego del tratamiento con EDTA o LASER.

B. se obtiene un valor de t de 0,221816793. NO se observan diferencias significativas ($p>0.05$) en el número de conductillos observados en el tercio medio luego del tratamiento con EDTA o LASER

C. se obtiene un valor de t de 0,470988584. NO se observan diferencias significativas ($p>0.05$) en el número de conductillos observados en el tercio cervical luego del tratamiento con EDTA o LASER

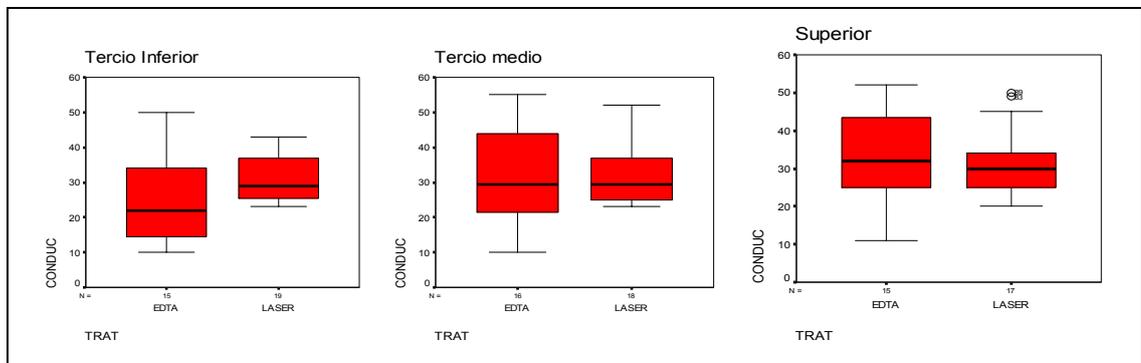


Grafico 2. Representación gráfica de los resultados anteriores.

A continuación, dado lo surgido de lo observado en las microfotografías al MEB, se compararon los conductillos con y sin persistencia de material orgánico en su interior (fibrilla de tomes y/o filetes nerviosos). Además se contrastaron áreas y diámetros de los conductillos en cada uno de los tratamientos.

Comparación entre conductillos con o sin contenido según tratamiento con EDTA o LASER. (Anexo tablas D y D1).

Tercio inferior: Conductillos según tratamien- to	Con con- tenido	Sin conte- nido	Total	% conductillos con contenido
EDTA	175	80	255	69%
Laser	58	179	237	24%
Total	233	259	492	47%

Tercio medio. Conductillos según tratamien- to	Con con- tenido	Sin conte- nido	Total	% conductillos con contenido
EDTA	226	121	347	65%
Laser	91	212	303	30%
Total	317	333	650	49%

Tercio superior. Conductillos según tratamien- to	Con con- tenido	Sin conte- nido	Total	% conductillos con contenido
EDTA	185	64	249	74%
Laser	72	137	209	34%
Total	257	201	458	56%

Posteriormente, luego de la cuantificación, se aplicó una prueba de chi cuadrado (χ^2) con el propósito de verificar existencia de diferencias significativas ($\alpha < 0.05$) entre presencia o ausencia de contenido en conductillos según tratamiento con Edta o Láser en todas las piezas analizadas.

Conductillos según tratamiento	Con contenido	Sin contenido	Total	% Conductillos c/cont.
EDTA	586	265	851	69%
Laser	221	528	749	30%
Total	887	793	1600	55%

Tabla N° 5 Cantidad de conductillos totales libres y con contenido orgánico.

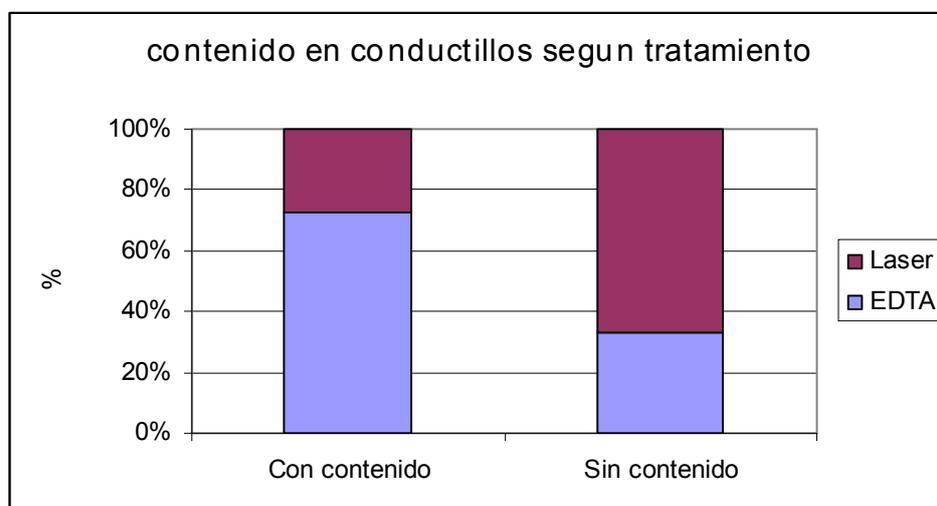


Gráfico 3. Representación gráfica de resultados obtenidos de número de conductillos según la presencia o no de contenido orgánico.

Se observan diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) χ^2 : 90 OR 5.36 (4.3 < OR < 6.69).

Conduc. Según tratamiento	Tercio apical			% conduc. c/cont.
	Con Cont.	Sin Cont.	Total	
EDTA	175	80	255	69%
Laser	58	179	237	24%
Total	233	259	492	47%

Tabla N° 6 Comparación entre conductillos del tercio apical con o sin contenido según tratamiento con EDTA o LASER.

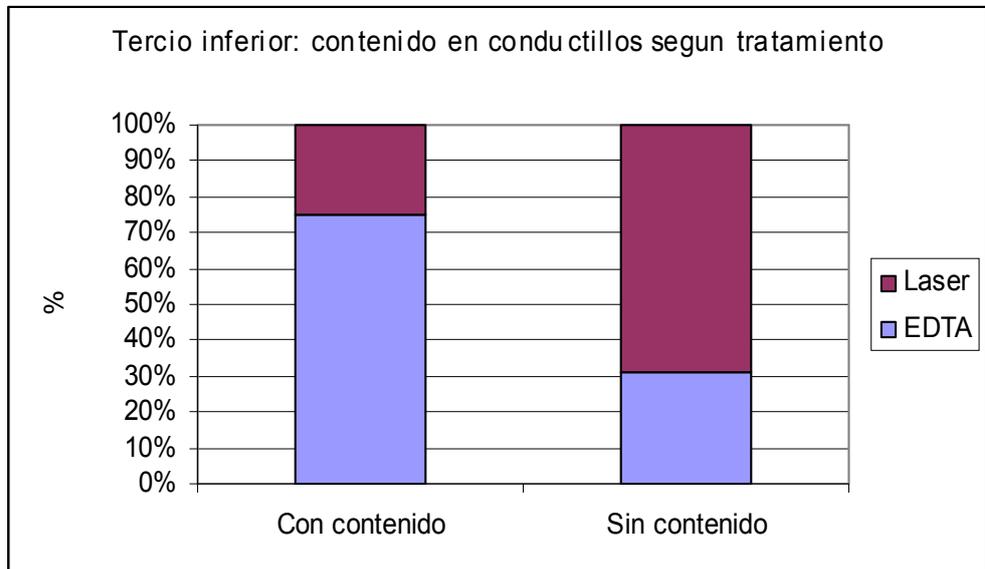


Gráfico 4. Representación gráfica de la comparación resultados de conductillos con y sin contenido según ambos tratamientos en el tercio apical.

Se observan diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) χ^2 : 73 OR 5.5 (3.61 < OR < 8.40), en los cortes correspondientes al tercio apical de todas las piezas analizadas.

Conduc. según tratamiento	Tercio medio		Total	% conduc. c/cont.
	Con Cont.	Sin Cont.		
EDTA	226	121	347	65%
Laser	91	212	303	30%
Total	317	333	650	49%

Tabla N° 7. Comparación entre conductillos del tercio medio con o sin contenido según tratamiento.

to con Edta o Laser.

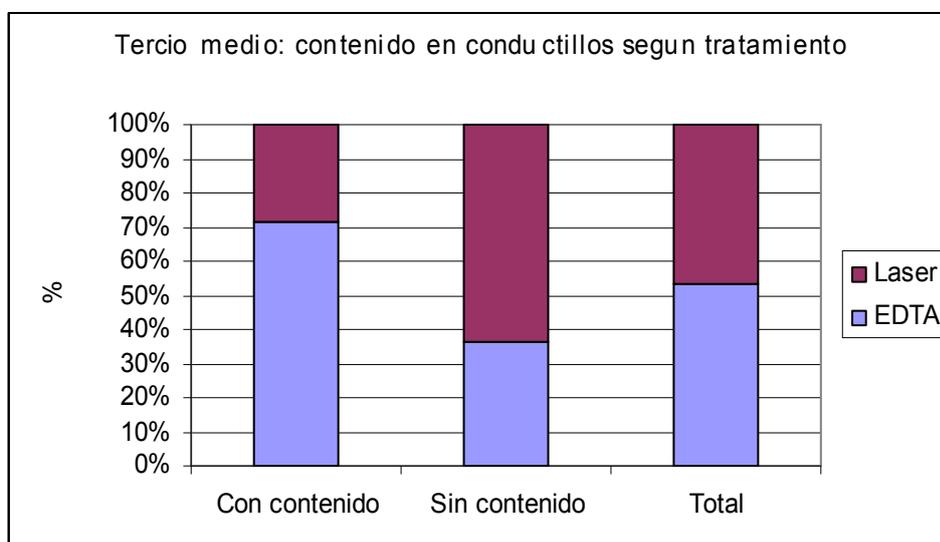


Gráfico 5. Representación gráfica de resultados obtenidos de conductillos con o sin contenido orgánico en el tercio medio.

Se observan diferencias altamente significativas ($p < 0.001$). $\chi^2: 79$ OR 4.35 ($3.09 < OR < 6.14$) en los cortes correspondientes al tercio medio de todas las piezas analizadas.

Tercio coronario ó superior				
Conduc.	Con	Sin	Total	% conduc.
según	Cont.	Cont.		c/contenido
tratamiento				
EDTA	185	64	249	74%
Laser	72	137	209	34%
Total	257	201	458	56%

Tabla N° 8. Comparación entre conductillos del tercio cervical con o sin contenido según tratamiento con Edta o Láser.

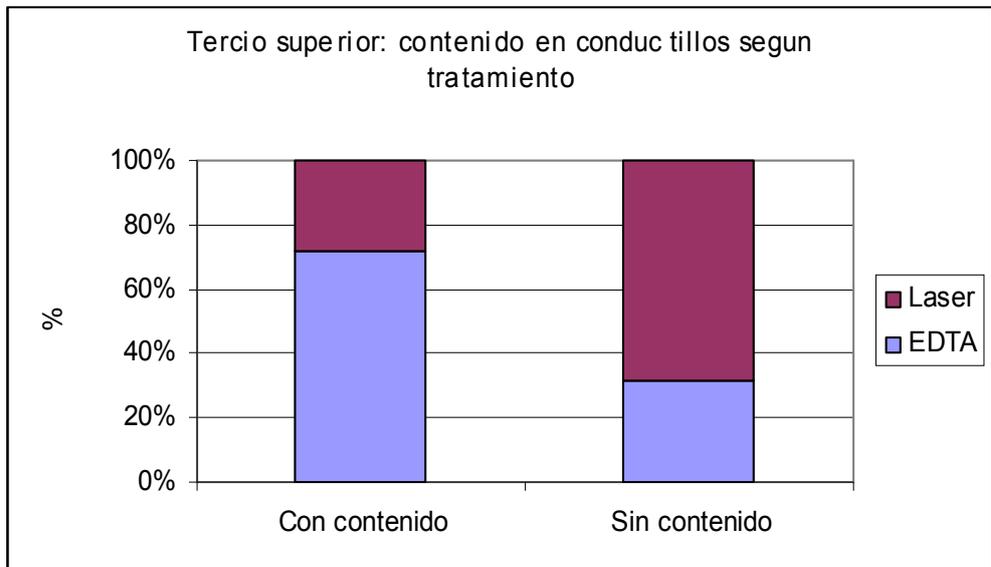


Gráfico 6. Representación gráfica de resultados obtenidos de conductillos con o sin contenido orgánico en el tercio cervical.

Se observan diferencias altamente significativas ($p < 0.001$). χ^2 : 96 OR 6.75(4.45 < OR < 10.25) en los cortes correspondientes al tercio superior de todas las piezas analizadas.

Cuando comparamos por separado áreas de los conductillos y diámetro de los mismos, los resultados del análisis estadístico fueron los siguientes:

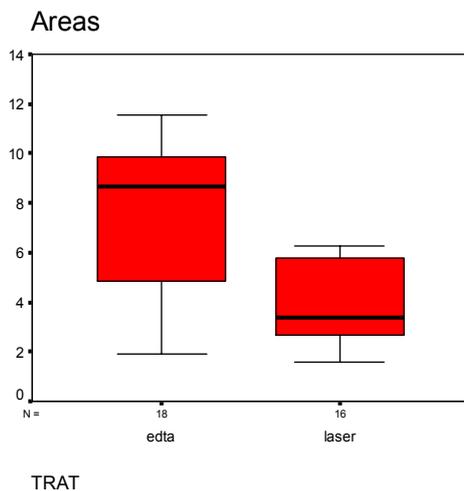


Gráfico 7. Comparación de áreas según tratamiento

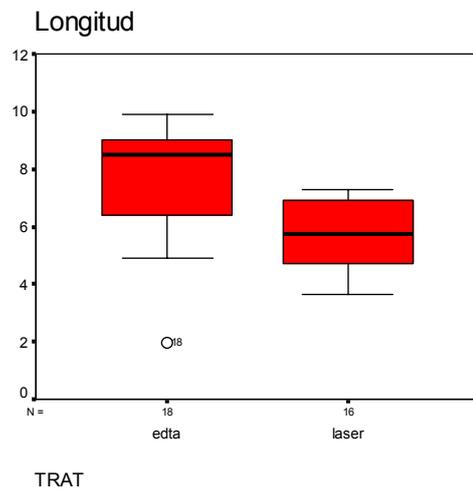


Gráfico 8. Comparación de diámetros según tratamiento

Se aplica la prueba de t de Student asumiendo varianzas desiguales ($p < 0.05$) después de aplicar la prueba de Levene, para comparar áreas y diámetros de conductillos según tratamiento con Edta o Laser:

a) Areas de conductillos según tratamiento

Se obtiene un resultado $t(0.05; 32) = 4,66$, $p < 0.01$, por lo tanto se considera que hay diferencias significativas con respecto al área de conductillos tratados con Edta o Laser.

b) Longitud de conductillos según tratamiento

Se obtiene un resultado $t(0.05; 32) = 3,3$, $p < 0.01$, por lo tanto se considera que hay diferencias significativas con respecto a la longitud de conductillos tratados con EDTA o Laser. (Anexo tablas: E, E1, F y F2).

DISCUSIÓN

Previamente a la realización de los tratamientos propuestos en el presente trabajo, un grupo de piezas fueron tratadas endodónticamente con la técnica convencional, irrigando con hipoclorito de sodio y agua destilada. La visualización de las superficies dentinarias al MEB mostró los tres tercios radiculares cubiertos por SL, sin conductillos dentinarios expuestos, lo que es coincidente con los numerosos trabajos previos citados en la bibliografía (Fig.59).

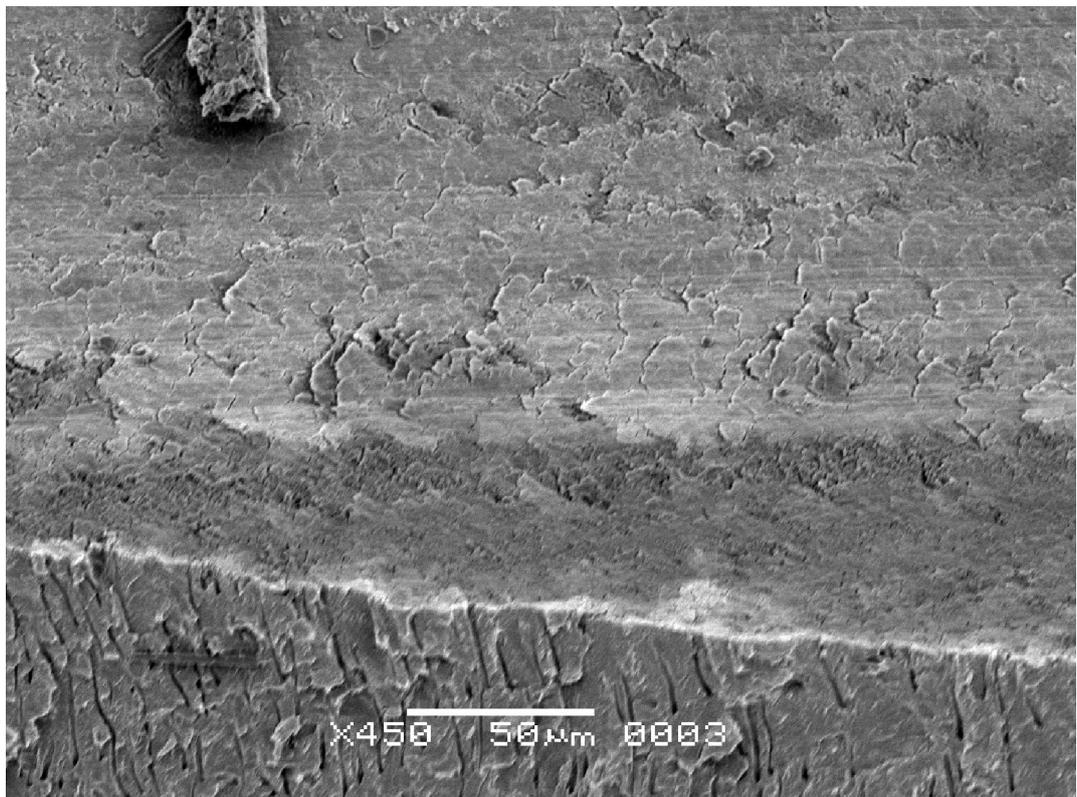


Fig. N° 59. Canal radicular tratado mecánicamente, se aprecia la capa de SL, MEB 450x.

Con el propósito de eliminar dicha capa que impide la acción de sustancias desinfectantes y la correcta adhesión del material de obturación, un grupo de piezas fueron tratadas con láser de Er YAG durante 15", las microfotografías de canales radiculares tratados con laser, mostraron superficies dentinarias radiculares libres de SL en el tercio medio y apical, mientras que en el tercio coronal en algunos caso persistieron escasas áreas con SL. Se aprecian superficies irregula-

res, especialmente en el tercio medio producto de la formación de cráteres y escamas propias del tejido ablacionado. En todas las microfotografías analizadas se observa ausencia de material orgánico pulpar.

Takeda et al. 1998. en su estudio del efecto del láser sobre las paredes del canal radicular al MEB señala que el laser de Er YAG con una longitud de onda de 2.94 nm y una potencia de 100mJ fue efectivo en la remoción del barro dentinario durante 5 “, aunque con excesiva remoción de dentina. Sin embargo en nuestras investigaciones con una potencia de 160 mJ, y mínimas modificaciones metodológicas, se observó una correcta eliminación del barro dentinario sin exagerada pérdida del tejido dentinario. (98)

Takeda et al.1999, al analizar el efecto de diferentes tratamientos endodónticos (EDTA,CO₂ LASER, Er: YAG) , demostró la eficacia del laser de Er YAG con una longitud de onda 2.94 mm y a una energía de 100 mJ en el tercio medio y apical. Los resultados obtenidos concuerdan con nuestras investigaciones aunque la energía utilizada, por nosotros fue de 160 mJ (54) (99).

Roy Gorge et al 2008, al irradiar las superficies con láser de Er YAG con fibras planas o cónicas, encontraron mejores resultados en las superficies tratadas con fibras cónicas (100).

Mouran G. Khabbaz. et. al. 2004, realizaron un estudio comparativo del laser de Er YAG de funcionamiento libre en contraposición con Q-switched en las paredes del canal radicular. Utilizaron laser de Er YAG con una potencia de 70 mJ considerando que es necesario baja energía para producir microexplosiones en el 12-13.5% de agua contenida en la dentina. En concordancia con nuestras observaciones no fueron encontradas zonas de dentina derretidas o fusionadas, no obstante a diferencia con nuestras investigaciones, observaron restos de SL en los bordes de la dentina irradiada (101).

Schoop U et al.2002, evaluaron la acción de láser y de agentes químicos sobre la dentina del canal radicular. En las piezas tratadas con láser, los estudios realizados al MEB muestran una discreta remoción de dentina a una potencia de 120, 180 y 250 mJ a 15 Hz, durante 15 segundos; se observan zonas cristaliza-

das y glaseadas sólo en aquellas piezas tratadas con láser a una potencia mayor que 1.3 W. La completa limpieza de las paredes del canal radicular se logra con irradiación láser, resultando una metodología más exitosa en la eliminación del SL que la irrigación convencional. Los resultados obtenidos contrastan con nuestras investigaciones, en las que se concluye que ambas metodologías son efectivas en la remoción del barro dentinario (102).

Se han realizado estudios para almacenar y comparar datos acerca de los efectos de sustancias irrigantes en endodoncia, dichas pruebas indican que los resultados pueden verse influenciados por diferentes factores (tiempo de exposición, las distintas asociaciones de sustancias irrigantes).

Ensinas Pablo y col. 2010 al emplear EDTA sobre el barro dentinario radicular durante 1, 3, 5 y 8 minutos, en observaciones con MEB, informaron que los grupos tratados durante 3, 5 y 8 minutos removieron la totalidad del barro dentinario, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los mismos. Los resultados concuerdan con nuestras investigaciones en que durante un tiempo de exposición de cinco minutos hubo una correcta eliminación del barro dentinario (103).

Calt y Serper et al, 2000 afirmaron que es suficiente tratar durante un minuto con EDTA para eliminar el SL, mientras que si se extiende el tiempo de irrigación a 10 minutos causa excesiva erosión de dentina peritubular e intertubular; lo que podría deberse a que utiliza considerable volumen de EDTA y mayor concentración de hipoclorito de sodio (104).

La dentina tratada con EDTA pierde iones de hidroxapatita y por consiguiente el Ca contenido en la misma.

Sayin Cem T et al.2007, determinaron que hubo significativa remoción de Ca en la dentina en el tratamiento con EDTAC; con o sin irrigación posterior de hipoclorito de sodio al 2,5%.(105).

Zaccaro et al. 2000, realizaron estudios asociando EDTA con hipoclorito de sodio, concluyeron que tanto la combinación de EDTA- hipoclorito de sodio

como ácido cítrico-hipoclorito son efectivos en la remoción del SL. No hubo diferencias significativas entre los resultados de ambos tratamientos. Pero observaron que tanto el EDTA como el ácido cítrico no son eficaces para la eliminación del tejido pulpar(97); en nuestras observaciones describimos la persistencia de pre-dentina a pesar de haber lavado con hipoclorito, después de la irrigación con EDTA, dado que sería el hipoclorito el responsable de la eliminación de restos orgánicos

Paiva y Antoniazzi 1988 recomiendan la asociación de Tergentol con Furqacina y luego Tergentol con EDTA para eliminar restos orgánicos(106).

Goldberg et al.2010, investigan diferentes irrigantes endodónticos con el hipoclorito de sodio, Bio pure MTAD, el hipoclorito de sodio en combinación con EDTA e hipoclorito de sodio solamente, los resultados concuerda con nuestras observaciones en la eficacia de la combinación de hipoclorito de sodio- EDTA en la limpieza del canal radicular (107).

Roy G et al 2008 (100) investigaron distintas metodologías de irrigación en el conducto radicular, observaron que en los tratamientos realizados con EDTA durante 2 minutos luego de la irrigación con hipoclorito de sodio y agua oxigenada la mejor limpieza de la superficie radicular se observó en los tercios medio y cervical, además se visualizó una mínima cantidad SL.

Los resultados coinciden con nuestros hallazgos al observar la acción del EDTA/hipoclorito de sodio al 5,25% para la limpieza del barro dentinario del canal radicular. Con respecto al componente orgánico, tanto peritubular como intratubular demostramos su persistencia, la que es significativa estadísticamente cuando la comparamos con el tratamiento con laser.

Los resultados de la obturación frente a los diferentes tratamientos no muestran diferencias subjetivas al análisis con MEB. La presencia de amplias zonas de soluciones de continuidad entre el cemento de Grossman y la gutapercha o entre éste y la dentina radicular, puede deberse a artefactos de la técnica microscópica, en cuanto a las pequeñas evaginaciones (tags) así como a la existencia de uniones entre dentina y cemento, a manera de puntos, rodeados de es-

pacios vacíos (gap) o la presencia de burbujas entre el cemento es probable que sean consecuencia de la polimerización del mismo. (tags).

Respecto del análisis estadístico podemos ver que la determinación en la existencia de conductillos dentinarios libres de barro dentinario, pero, independientemente del análisis de su contenido, no demostró diferencias significativas entre los tratamientos.

Tratando de comprobar la presencia o no de material orgánico normal (fibrilla de Tomes y/o terminaciones nerviosas y/o microorganismos) encontramos los conductillos totalmente libres de todo tipo de material en las piezas tratadas con láser y la persistencia principalmente de material orgánico habitual en los tratados con agente quelante.

Al estudiar los diámetros de los conductillos después de la aplicación de cada uno de los tratamientos, se demostró un mayor diámetro por parte de los conductillos tratados con EDTA, diferencia ésta significativa estadísticamente respecto del diámetro de aquellas tratadas con láser. Esta diferencia podría deberse a desiguales efectos de ambos tratamientos sobre los componentes de la dentina radicular, ya que el láser produce una ablación superficial, mientras que el EDTA, desconocemos la intensidad de penetración en su acción quelante sobre la hidroxiapatita, no afectando al material orgánico (colágeno).

CONCLUSIONES

Se realizó "in vitro" el estudio comparativo de dos tratamientos endodónticos del conducto radicular, empleando EDTA más hipoclorito de sodio, o irradiación con laser de Er YAG.

El estudio morfológico descriptivo se analizó a niveles estructural y ultraestructural y aquellos parámetros que fueron cuantificables se analizaron estadísticamente.

1.- Los conductos tratados con laser muestran sus superficies limpias de SL total en los tercios medio y apical mientras que en el tercio coronal persistieron, en algunas piezas dentarias, pequeñas áreas con SL, presumiblemente por falta de contacto de la sonda emisora con la superficie.

2.- La superficie muestra escamas y cráteres a los que se adapta íntimamente el cemento de Grossman observándose un íntimo contacto con la dentina radicular y formándose "tags" que penetran en los conductillos dentinarios en las piezas obturadas.

3.- El tratamiento con EDTA + hipoclorito muestra limpieza total del canal radicular libre de SL pero persistencia de material orgánico (MEC y colágena) no quitado por acción del hipoclorito de sodio.

4.- La superficie aparece más lisa que en los tratados con laser.

5.- El cemento de Grossman, empleado para la obturación, se comporta de manera semejante a los conductos radiculares tratados con laser.

6.- En ambos tratamientos se observan áreas de discontinuidad entre la dentina y los materiales de obturación atribuibles, presumiblemente, a artefactos de técnica microscópica.

Se analizaron estadísticamente los siguientes parámetros:

- a) Conteo de conductillos libres de SL por superficie dentinaria empleándose técnicas histomorfométricas, no observándose diferencias significativas (test de t) entre ambos tratamientos.
- b) Determinación de la persistencia de material orgánico dentro del conductillo (fibrilla de Tomes y/o filetes nerviosos) empleándose χ^2 , se halló diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) (χ^2 : 90 OR 5.36) (43 < OR < 6.69) para los tres tercios del canal radicular a favor del láser.
- c) Comparación de áreas y diámetros de los conductillos dentinarios por separado; según test de t, después de aplicar prueba de Levene, observándose diferencias estadísticas significativas a favor del empleo de láser.

Las experiencias nos permiten inferir que morfológica y estadísticamente la radiación con laser sería más efectiva que el tratamiento convencional (EDTA e hipoclorito de sodio).

Los resultados de la obturación analizados morfológicamente no nos permiten inferir diferencias según la preparación previa del conducto radicular.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lefrere JJ, Berche P. Andreas Vesalius, pionnier of the human anatomy. *Presse Med* 2010.Jun; 39 (6): 713-21.
2. Figueroa-Gordon M, Acevedo AM, Alonso G. Microorganismos presentes en las diferentes etapas de la progresión de la caries dental. *Acta odontol. Venez.*2009; 47(1).
3. The Invisible Light .The journal of The British society for the History of Radiology.2009; (29) <http://www.bshr.org.uk>.
4. Billings FT. Historia de la endodoncia. *Pensylvania Med.J.*1921; 25:152.
5. Fusayama T, Maeda T. Effect on dentin Hardness. *J Dent Res.* 1969;48(3):452-460.
6. Saunders W. Restoration of the root filled tooth. En: Pitt Ford T, Ørstavik D. *Essential Endodontology*. London: Blackwell Science Ltd.; 1998. Cap. 14.
7. Srivent Encinas F, Martín Buyolo N, Tapia Guadix A, García Barbero E. Importancia de irrigación en el éxito del tratamiento de conductos radiculares necróticos. *Endodoncia.* 2008 ; 26 (3): 172-185.
8. Bolaños I. Microfiltración apical en dos técnicas de obturación: condensación lateral y el sistema Obturall. *Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Antioquía.* 2008; 8: 21-29.
9. Cohen S. Burns R. *Vías de la Pulpa.* 7º edición. España: Edt. Harcourt; 1999. p 112.
10. Barrientos P. Contaminación post- endodontica vía coronaria: Un Frecuente Factor de Fracaso. *Revista Dent. de Chile.* 2003; 94(2):32-36.

11. Vertucci FJ, Anthony R. A scanning electron microscopic investigation of accessory foramina in the furcation and pulp chamber floor theet. *Oral Surg.* 1986;62:319.
12. Watts A, Peterson RC. Migration of materials and microorganisms in the dental pulp of dogs and rats. *J Endod.* 1982; 8:53.
13. Weinstock M, Leblond CP. Radioautographic visualization of a phosphoprotein at the mineralization front in the rat incisor. *J Cell Biol.* 1973; 56:838.
14. Bhaskar SN. *Orban's oral histology and embryology.* 9th ed. St.Louis: Mosby; 1980.
15. Slavkin HC. The nature and nurture of epithelial- esenchymalinteractions during tooth morphogenesis. *J Biol Buccale.* 1978;6:189.
16. Brännström M, Astrom A. The hydrodynamics of the dentin: its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J.* 1972;22:219.
17. Thesleff I. The theet. En: Thorogood P. *Embryos, genes and birth defects.* New York: John Wiley & Sons; 1997.p.329.
18. Slavkin HC, Chai, Hu CC, et al. Intrinsic molecular determinant of tooth development from specification to root formation: a review. En: Davidovitch Z. *The biological mechanisms of tooth eruption, resorption and replacement by implants.* Birmingham :EBSCO Media;1994. p.263.
19. Tucker AS, Matthews KL, Sharpe PT. Transformation of tooth type induced by inhibition of BMP signaling. *Science.* 1998; 282:1136.
20. Lumnsden AGS. Neural crest contribution to tooth development in the mammalian embryo. En: Maderson PFA. *Develpmental and evolutionary aspects of the neural crest.* New York: John Wikey and Sons; 1988. p.261.
21. Eubuser A, Peters H, Balling R, Martin GR. Antagonistic interactions between FGF and BMP signaling pathways: a mechanisms for positioning the sites of tooth formation. *Cell.* 1997;90:247.

22. Green D, A stereomicroscopic study for the root 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg.* 1956; 9:1224.
23. *ibid.* Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg.* 1960;13:728.
24. Avery JK. Structural elements of the young and normal human pulp. *Oral Surg.* 1971;32:113.
25. Zach I, Topal R, Cohen G. Pulp repair following operative procedure radioautographic demonstration with tritiated thymidine. *Oral Surg.* 1969; 28:587.
26. Frank RM. Etude autoradiographique de la dentinogenese en microscopie électronique à l'aide de la proline tritiée chez le chat. *Arch Oral Biol.* 1970; 15:583.
27. Baume LJ. The biology of pulp and dentin. A historic, terminologicotaxonomic, histologic-biochemical, embryonic and clinical survey. En: Myers HM, Karger S. *Monographs in oral science.* New York: 1980. p.69-123.
28. Han SS. The fine structure of cells and intercellular substance in the dental pulp. En: Finn SB. *Biology of the dental pulp organ.* Birmingham: University of Alabama Press; 1968.
29. Weinstock M, Leblond CP. Synthesis, migration and release of precursor collagen odontoblasts as visualized by radioautography after ³H-proline administration. *J Cell Biol.* 1974; 60:92.
30. Stanley HR. The cell of the dental pulp. *Oral Surg.* 1962; 15:839.
31. Jontell M, Bergenholz G, Schynius A, Ambrose W. Dendritic cells and macrophages expressing class II antigens in the normal rat incisor pulp. *J Dent Res.* 1988; 67:1263.
32. Kogushi M, Nakamura S, Kishi Y et. al. A Study of leucocyte extravasation in early inflammatory changes in the pulp. *Endod J.* 1988; 14:475.

33. Miller GS, Stternberg RN, Pileri SJ, Rosenberg PA. Histologic identification of mast cells in human dental pulp. *Oral Surg.* 1978; 46:559.
34. Gartner LP, Siebel W, Hiatt JL, Pprovenza DV. A fine structural analisis of mouse molar odontoblast maturation. *Acta Anat.* 1979; 103:16.
35. Garant PR. Microanatomy of the oral mineralized tissues. En: Shaw JH. *Textbook of oral biology.* Philadelphia: WB Saunders; 1968. p181.
36. Holland GR. The odontoblast process: form and function. *J Dent Res.* 1985; 64:499.
37. Grosdenovic-Selecki S, Qvist V, Hansen HP. Histologic variations in the pulp of intact premolars from young individuals. *Scand J Dent Res.* 1973; 81:433.
38. Tsatsas BG, Frank RM. Ultrastructure of the dentinal tubular substances near the dentinoenamel junction. *Calcif Tissue Res.* 1972;9:238.
39. Maniatopoulos C, Smith DC. A Scanning electron microscopic study of the odontoblastic process in human coronal dentine. *Arch Oral Biol.* 1984; 28:701.
40. Thomas HF, Payne RC. The ultrastructure of dentinal tubules from erupted human premolar teeth. *J Dent Res.* 1983; 62:532.
41. Mjor IA. Dentine predentine complex and its permeability: pathology and treatment overview. *J Dent Res.* 1985; 64:461.
42. Brännstrom M, Gaberoglio R. Occlusion of dentinal tubules under superficial attrited dentin. *Swed Dent J.* 1980; 4:87.
43. Barbanell RL, Lian JB, Keith DA. Structural proteins of the connective tissues. En: Shaw JH, Sweeney EA, Cappuccino CC, Meller SM. *Textbook of oral biology.* Philadelphia: Saunders;1978. p.419.
44. Ten Cate R. A fine structural study of coronal and root dentino-genesis in the mouse; observations on the so-called "Von Korff fibers and their contribution to mantle dentine. *J Anat.* 1978;25:183.

45. Jean A, Kerebel L. Scanning electron microscope study of the predentin-pulpar border zone in human dentin. *Oral Surg.* 1986;61:392.
46. Harris R, Griffin CJ. The ultrastructure of small blood vessels of the normal dental pulp. *Aust Dent J.* 1971;16:220.
47. Isokava S. Uber das lymph System des Zahnes. *Z Zellforsch* 1960;52:140.
48. Johnsen D, Johns D. Quantitation of nerve fibers in the primary and permanent canine and incisor teeth in man. *Arch Oral Biol.* 1978;23:825.
49. Avery JK. Anatomic considerations in the mechanism of pain and sensitivity. En: Chasens AI, Kaslick RS. *The teeth and supporting structures.* New Jersey: Fairleigh Dickinson University;1974.p.16.
50. Byers MR, Närhi MVO, Mecifi KB. Acute and chronic reactions of dental sensory nerve fibers to cavities and desiccation in rat molars. *Anat Rec.* 1988; 221:872.
51. Van Hassel HJ, Mc Minn RG. Pressure differential favouring tooth eruption in the dog. *Arch Oral Biol.* 1972; 17:183.
52. Azabal M. Patología pulpar y periapical. En: García Barbero J. *Patología y terapéutica dental.* Madrid: Ed Síntesis; 2000.p240-1.
53. Villasana A. *Patología Pulpar y su diagnóstico.* Universidad Central de Venezuela. Año 2000.
54. García Roco Perez O, Zequeira Peña JL. Infección odontogénica grave. Posibles factores predictores. *Rev. Cubana Estomatol.* 2003; 40 (1).
55. López Marcos J .Etiología, clasificación y patogenia de la patología pulpar y periapical . *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2004; 9 Suppl:52-62.
56. Riboo Crespo M, Bascones A, Riboo García R, El HLA y su implicancia en odontología.(revista en la internet).2005Abr (citado 2012 julio 26); 21 (2):95-107. Disponible en <http://s.cielo.isciii.es/scielo.php>.

57. Buczko W, et al. Biological effects of degradation products of collagen by bacterial collagenase. *Br J Pharmacol.*1980;69:551.
58. Matsen FA. Compartmental syndrome. *Clin Orthop.*1975;113:8.
59. Weine F. Tratamiento Endodóntico. Quinta Edición. Madrid: Editorial Harcourt Brace;1997.
60. Pumarola J, Canalda C. Patología de la pulpa del periápice. En: Canalda C, Brau E. *Endodoncia*. Madrid: Masson; 2001. Cap. 6.
61. Canalda Sahli C, Brau Agudé E. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas*. Barcelona: Masson; 2001. Cap. 6 y 7.
62. Frohlich E. Altersveränderungen der Pulpa und des Parodontiumss. *Dtsch Zahnertl Z.* 1970;25:175.
63. Cabrini R. *Anatomía patológica bucal*. 1º ed. Buenos Aires: Mundi; 1998; 111-117.
64. Hulsman M, Paqué F. Comparison of root canal preparation using Ra Ce and Pro Taper rotary Ni Ti instruments. *Int Endodod J.* 2005; 38:8-16.
65. Guerrero Ferreccio J. *Endodoncia Biológica*. Fórmula Odontológica. 2005 septiembre;3(1).
66. Goldman LB, Goldman M, Kroman JH. The efficacy of several irrigating solution of endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg.* 1981;52:197-204.
67. Sen BH, Wesselink PR, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endodon J.* 1995; 28:141-8.
68. Mader CL, Baumgartner C, Peters Dd : Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endodon*, 1984; 10 : 477-483.
69. Cerviño Vázquez M, Martín Biedma B, Varela Patiño P, González Bahillo J, Rodríguez Nogueira J, Ruíz Piñón M. Estudio comparativo de la acción de dis-

- tintos irrigantes en endodoncia. Revista Europea de Odontoestomatología. 2002 sept oct; XIV (5):275-280.
70. Verdels K, Eliades G, Ovoor T. Effect of chelating agents on the molecular composition and extent of descalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. Endod Dent Traumatol. 1999 Aug; 15(4):164-70.
71. Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. J Endod. 2006 October;32(10): 993-997.
72. Revilla Gutierrez V, Aranabat Dominguez J, España A, Gay Escoda C. Aplicaciones de los láseres de Er YAG en odontología RCOE (Revista en la Internet) 2004. (citado 2012 Julio 26);9(5):551-562. Disponible en <http://scielo.isciii.es/scielophp>.
73. Grossman L. Terapéutica de los conductos radiculares. Bs. As: Progental; 1959. Cap. 17.p. 344-345.
74. Grossman L. Physical properties of root canal cements. J Endod. 1976 June; 2(6):166-175.
75. Seidberg B, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. En: Kocani F, Kamberi B, Dragusha E, Mrasori S, Haliti F. The cleaning efficiency of the root canal after different instrumentation technique and irrigation protocol: A SEM analysis. Open Journal of Stomatology. 2012; 2 (2): 69-76.
76. Hülsman M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment mode of de action and indications for deir use. Departament of Operative Dentistry Preventive Dentistry and Periodontology. University of Göttingen. Göttingen. Int. Journal Endod. 2003; 36: 810-830.
77. Koulaouzidou E, Margelos J, Beltes P, Kortsari S A: Citotoxic effects of different concentrations of neutral and alkaline EDTA solutions used as root canal irrigants. J Endod. 1999; 25 (1): 21-3.

78. Zmener O. Estado actual del hipoclorito de sodio en endodoncia. Propiedades biológicas. RAOA. 2009;98(3):247-255.
79. Estrela C, Barbin E, Spano J, Marcheson M, Pecora J. Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite. Braz Dent J. 2002. 13 (2): 113-117.
80. Chang R. Química. Décima edición. México: The Mc Graw-Hill; 2010. p. 276
81. Tounes Ch. "The first Laser". University of Chicago. 2008.
82. Liu E. Optics in the information age. Journal of Investigators. 2001 september; 4: 1.
83. Gould R, Gordon 1959. The laser Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. En: Franken P A, Sands R H. The Ann Arbor Conference on Optical Pumping. University of Michigan, 1959 June; p. 128.
84. Maiman TH. "Simulated optical radiation in ruby". Nature 1960; 187 : 493-494.
85. Chang R. Op.cit. p. 302.
86. Gonzalez E. El Laser principios básicos. Bogotá: Universidad Santo Tomás. ; 2003. Pag 24-40.
87. Khabbaz M, Makropoulou M I, Serafetinides A, Papadopoulos D, Papagiakoumou E. Q-switched versus el libre funcionamiento de Er YAG láser. Eficacia en las paredes del conducto radicular de los dientes humanos: un estudio de SEM. J Endod. 2004 Aug; 30 (8):585-8.
88. Banus Gassol J. Archivos españoles de Urología. 2008 Nov.; 61(9).
89. Carrillo Baracaldo JS, Alvarez Quesada, C., Gómez Font R., Bartolomé Villar B. Efectos del láser sobre los tejidos orales y su posible aplicación en adhesión. Científica Dental. 2006 ene-feb-mar-abr; 3(1): 55-59.
90. Burkes E, Hoke J, Gomes E, Wolbarsht M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG Laser. J Prosthet Dent. 1992; 67:847-851.

91. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Matsumoto N, Matsumoto K. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: Ablation and morphological studies. *J Clin Laser Med Surg.* 1999;17:155-9.
92. Natera AE, Uzcátegui Giannastasi GM. Usos del Rayo Laser de Erbium YAG (Er: YAG) en Odontología Restauradora. II Parte. *Revista Científica Formula Odontológica.* 2007; 5(1):1.
93. Cabrales Salgado R, Yamasaky A, Mónica Kleine B, Prokopowitsh. estudio de la variación de la permeabilidad de la dentina radicular usando isótopos TC, después de la aplicación de láser de alta intensidad. *Odontoestomatología.* 2012; 28 (1).
94. Hibst R, Seller U. Medición de la tasa de ablación. Universidad de ULM. Alemania. 1989 obtenible en Home page <http://laserinstitute.org>.
95. Leco Berrocal MI, Martinez Gonzalez JM, Donado Rodriguez M, Lopez Carri-ches C. Sterilizing effects of the Erbium YAG laser upon dental structures: An invitro study. *Med Oral Patol. Oral Cir Bucal.* 2006 Abr (citado 2012 jul 31); 11(2):158-161. Disponible en <http://scielo.isciii.es/cielo.php>.
96. Di Stefano R. El láser como Er YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria. *Acta Odontológica Venezolana.* 2004; 42 (2).
97. Zaccaro Scelza M, Pinheiro D RLD, Santos E, Jaeger MMM. Cytotoxic Effects of 10% Citric Acid and EDTA-T used as root canal Irrigants: an In vitro analysis. *J Endod.* 2000 december; 27(12):741-743.
98. Takeda F, Hiroshima T, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Er YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Endod Dent Traumatol.* 1998; 14: 270-273.
99. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A. Comparative study of removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J.* 1999; (32).32-39.

100. Roy G, Meyer I, Walsh L. Laser activation of endodontic irrigant with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008;34(12):1524-1527.
101. Khabbaz M, Makropoulou M, Serafetinides A, Papadopoulos D, Papagiakoumou E. Q-switched versus free-running Er:YAG Laser efficacy on the root canal walls of human teeth: a SEM study. *J Endod.* 2004;30(8):585-588.
102. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, Wernisch J, Gattringer R, Mrass P, Georgopoulos A. The laser in endodontics: results of an in vitro study. *Laser in Surgery and Medicine. Austria.* 2002;30:360-364.
103. Ensinas P, Manghera L, Sapag D, Villarreal M, Figueroa MD, Suarez F, Corral Briones L. Evaluación de los efectos del EDTA sobre el barro dentinario, en la dentina radicular, en distintos períodos de tiempo. Un estudio con microscopía electrónica de barrido. *Rev Asoc Odontol Argent.* 2010;98(1):73-77.
104. Serper A, Calt S. Time dependent effects EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28(1):17-9.
105. Sayin Cem T, Serper A, Cebrelı Zafer C, Kalayci S. Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCL treatment with or without subsequent NaOCL irrigation. *J Endod.* 2007 May;33(5):581-584.
106. Paiva JG; Antoniazzi JH. Endodontia. Bases para la práctica clínica. 2da Ed Sao Pablo. Artes Médicas. Ltda. 1988.
107. Goldberg F, Artaza L, Alfie D. Capacidad de diferentes procedimientos de irrigación para la remoción del barro dentinario del orificio pulpar de conductos laterales simulados. *RAOA.* 2010;98(2):113-118.

BLOGRAFIA CONSULTADA

1. Aranha AC, Domingues FB, Franco VO, Gutknecht N, Eduardo CP. Effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers on dentin permeability in root surfaces: a preliminary in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2005,23(5):504-8.
2. Berrocal M, Martinez Gonzalez J, Rodriguez M, Carriches C. Efectos esterilizantes del láser Erbium: Yag sobre las estructuras dentarias: estudio in vitro. *Med Oral Patol Oral. Cir Bucal*.2006; 11:58-61.
3. Biedma B, Varela Patiño P, Ahn Park S, Barciela Castro N, Magán Muñoz F, Domingo González Bahillo J, Cantatore G. Comparative study of root canals instrumented manually and mechanically, with and without Er:YAG Laser. *Photomed Laser Surg*. 2005; 23(5): 465-469.
4. Camargo CH, Siviero M, Camargo SE, de Oliveira SH, Carvalho CA, Valeira. MC Topographical, Diametral, and Quantitative Analysis of Dentin Tubules in the Root Canals of Human and Bovine Teeth. *J Endod*. 2007 April; 33(4):422-6.
5. Camerlingo C, Lepore M, Gaeta G, Riccio R, Riccio C, De Rosa A, De Rosa M. Er:YAG laser treatments on dentine surface: micro-Raman spectroscopy and SEM analysis. *J Dent*. 2004;32:399-405.
6. Carreira CM, Santos SSF, Jorge AOC, Lage-Marques JLS. Antimicrobial effect of intracanal substances. Artigo aceito para publicação no *Journal of Applied Oral Science*, Agosto, 2007.
7. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *Journal of Dentistry*. 2003; 31: 275–81.

8. Cobankara FK, Adanir N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod.* 2004; 30: 406–9.
9. Corona, SSAM ; Souza, AE de ; Chianelatti, MA; Borsatto, MC ; Pecora, J.D ; Dibb, R P. Effect of energy and pulse repetition rate Er:YAG Laser dentin ablation ability and morphological analysis of the Laser irradiated substrate. *Photomedicine & Laser Surgery* 2007; 25: 26-33.
10. Pashley D H, De Quadros I, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. Evaluation of endodontic treatments performed by students in a Brazilian Dental School. *J Dent Educ.* 2005 Oct; 69(10):1161-70.
12. Eldeniz A, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *J Endod.* 2005 February;1(2): 107-110).
13. Glauche CE, de Freitas PM, Vieira ND Jr, Lage-Marques JL. Qualitative microanalysis of ions and ultrastructural changes in dentin exposed to laser irradiation and to metal salts solution. *Lasers Surg Med.* 2005 Apr; 36(4):334-9.
14. Goncalves M. y cols. Bond Strength of Enamel-Resinous Systems Interfaces Conditioned with Er:YAG Laser. 2002, obtenible en IADR/AADR/CADR 80th General Session: URL: <http://iadr.confex.com> .
15. Gouw-Soares SC, Pelino JEP, Haypek P, Bachman L, Eduardo CP. Temperature rise in cavities prepared by Er:YAG laser. *J Oral Laser Applic.* 2000;1:119-23.
16. Grande NM, Plotino G, Falanga A, Pomponi M, Somma F. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: A nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod.* 2006 May;32, (5):460-464.

17. Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of Endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur Oul Sci.* 2005;113 (1):70-6.
18. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003 Dec;36(12):810-30.
19. Jenkinson H, Love R. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Crit Rev Oral biol Med.*2010. 13 (2):171-183.
20. Kesler G, Gal R, Kesler A, Koren R. Histological and Scanning Electron Microscope Examination of root canal after preparation with Er:YAG Laser microprobe: A preliminary in Vitro study. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 2002 Oct.; 20(5): 269-277.
21. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2000 May;33(3):173–85.
22. Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Watanabe H, Wang X, Matsumoto K. Histopathological changes in dental pulp irradiated by Er:YAG Laser: A preliminary report on laser pulpotomy. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 2003 Dec; 21 (6): 345-350.
23. Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Kinoshita J, Ogata Y, Matsumoto K. Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod.* 2002; 28, 76–8.
24. Kyung Kyu Ch, Lage-Marques JLS, Antoniazzi JH. Quando a medicação é fundamental para o sucesso da terapia endodôntica.In: Gorab R, Gonçalves EAN. (Org.). *Atualização na Clínica Odontológica.* São Paulo. 2000; 1: p. 59-89 .

26. Lage-Marques JLS, Chammas F. Análise da permeabilidade dentinária variando a renovação das substâncias químicas durante o preparo endodôntico. *J Bras Endod.* 2004; 5 (17):121-25.
27. Lee K, Williams M, Canpas J, Pashley D. Adhesion of endodontic sealers to dentine and gutta-percha. *J Endod.*2002; 28 (10): 684-8.
28. Maresca B, Monjes J, monjes E, Taddei E. La Biologia molecular como instrumento de una terapia endodóntica RAAO. 2005 Agosto.Vol XLIV. N2:9-17.
29. Matsuoka E, YonagaK, Kinoshita J, Kimura Y, Matsumoto K . Morphological study on the capability of Er:YAG Laser irradiation for root canal preparation. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 2000 Aug; 18 (4): 215-219.
30. Mazeki K, Kimura Y, Yokoyama K, Kokuchi M. Preparation of root canal orifices by Er:YAG Laser irradiation: In Vitro and clinical observations. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 2003; 21(2): 85-9.
31. Michiels R. Vergauwen E M, Mavridou A, Meire M, De Bruyne M, Gentile De Moor R. Investigation of coronal leakage of root fillings afeter smearlayer removal with EDTA or Nd:YAG lasing through capillary-Flow porometry. *Photomedicine and Laser Surgery.* 2010; 28, (S2): S-43-S-50.
32. Munck J.et.al. Bonding Effectiveness of a Total-etch and Self-etch Adhesive to Er:YAG Laser enamel and dentin. 2002. Obtenible en IADR/AADR/CADR 80th General Session: URL: <http://iadr.confex.com>.
33. Nakashima K, Terata R. Effect of pH Modified EDTA. Solution to the properties of dentin. *J Endod.* 2005 January; 31(1):47-49.

34. O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 2000 December;26(12):739-743.
35. Pashley DH, Michelich V, Kehl T (1981) Dentin permeability:effects of smear layer removal. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 1981;(46):531-7.
36. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Archives of Oral Biology.*1988; (33): 265-70.
37. Pécora JD, Brugnera-Junior A, Cussioli AL, Zanin F, Silva R. Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. *Lasers Surg Med* 2000;26(3): 277-81.
38. Raldi DP, Lage-Marques JL. In vitro evaluation of the effects of the interaction between irrigating solutions, intracanal medication and Er:YAG laser in dentin permeability of the endodontic system," *Pesqui Odontol Bras.* 2003 Jul-Sep;17(3):278-85.
39. Raldi DP, Lage-Marques JLS. In vitro evaluation of the effects of the interaction between irrigating solutions, intracanal medication and Er:YAG laser in dentin permeability of the system. *Pesqui Odontol Bras, São Paulo.* 2003;17(3):278-85.
40. Revilla-Gutiérrez V, Aranabat-Domínguez J, España-Tost, A , Gay-Scoda C. Aplicaciones de los láseres de Er:YAG y de Er,Cr:YSGG en Odontología. *RCOE.* 2004 set-oct;9(5).
41. Ribeiro AC, Nogueira GEC, Antoniazzi JH, Moritz A, Zezell DM. Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: Thermographic and morphological studies. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):252-55.

42. Shigeyuki E, Yuichiro N, Tetsushi K, Hiroyuki A. Effects of Er:YAG Laser irradiation on Biofilm-forming bacteria associated with endodontic pathogens in vitro. *J Endod.* 2008 July; 34 : 826-829.
43. Shigeyuki E. Effects of Er:YAG Laser Irradiation on Biofilm-forming bacteria associated with endodontic pathogens in vitro. *J Endod.* 2008 July; 34(7):826-829.
44. Silva Soares L; Brugnera Junior A; Zanin F; Tavares Pacheco M , Martin A. Molecular analysis of Er:YAG laser irradiation on dentin. *Braz. Dent. J.* 2006;.17(1).
45. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Amer.* 2004 Oct;48(4):809-32.
46. Stiberman L. El Rol del Láser en la Odontología Moderna. 2000. *Revista del Círculo Argentino de Odontología*, obtenible en *Dentinator.net*: URL: <http://www.dentinator.net/laser.htm> (consulta 29 marzo 2002).
47. Tay F. Effective irrigant delivery and agitation are prerequisites for successful endodontic treatment. *J Endod.* 2009 June; 35(6): 791-04.
48. Thaler A, Ebert J, Petschelt A, Pelka M. Influence of tooth age and root section on root dentine dye penetration. *Int Endod J.* 2008 Dec;41(12): 1115-22.
49. Torabinejad M, Handysides R, Ali Khademi A, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. Endod.* 2002 Dec; 94(6):658-66.
50. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Tatsunari Ishizaki N, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomedicine and Laser Surgery.* 2005;23(6): 575-581.

51. Wei Q, Ya S, Markus H. Quantitative Analysis of the effect of irrigant solution sequencess on dentin erocion. JEndod. October 2011;37(10).2011:1437-1441.
52. Zehnder M, Schicht O, Sener B, Schmidlin P. Reducing surface tension in endodontic chelator solutions has no effect on their ability to remove calcium from instrumented root canals. J Endod. 2005 August;31(8): 590-592.

ANEXO

Nº de foto	Nº de pieza	Tercio tratado	Tratamiento	Colaborador A	Colaborador B	Con Contenido
1	4	Superior	EDTA	15	19	5
2	5	Medio	EDTA	19	17	7
3	1	Medio	EDTA	55	63	8
4	1	Inferior	EDTA	34	38	10
5	10	Medio	LASER	42	46	0
6	10	Inferior	LASER	35	41	0
7	2	Superior	EDTA	38	22	28
8	2	Medio	EDTA	32	29	10
9	2	Inferior	EDTA	24	23	13
10	1	Superior	EDTA	43	38	10
11	9	Superior	EDTA	44	38	13
12	5	Superior	EDTA	25	27	25
13	5	Inferior	EDTA	35	31	5
14	4	Medio	EDTA	20	20	9
15	4	Inferior	EDTA	26	23	12
16	3	Medio	EDTA	10	15	10
17	6	Inferior	EDTA	12	13	6
18	6	Medio	EDTA	25	20	8
19	7	Inferior	EDTA	22	28	6
20	8	Medio	EDTA	44	40	5
21	6	Superior	EDTA	25	28	4
22	7	Medio	EDTA	27	23	2
23	8	Superior	EDTA	32	31	5
24	8	Inferior	EDTA	49	44	7
25	7	Superior	EDTA	31	27	8
26	9	Medio	EDTA	52	54	16
27	9	Inferior	EDTA	50	49	6
28	11	Medio	LASER	52	50	0
29	15	Medio	LASER	39	37	0
30	16	Inferior	LASER	24	28	0
31	17	Superior	LASER	28	26	0
32	18	Inferior	LASER	27	29	0
33	19	Medio	LASER	30	32	0
34	13	Inferior	LASER	26	28	0
35	14	Medio	LASER	28	31	0
36	14	Superior	LASER	29	31	0
37	14	Inferior	LASER	25	29	0
38	11	Superior	LASER	23	25	0
39	11	Inferior	LASER	24	24	0
40	15	Superior	LASER	24	28	0
41	15	Inferior	LASER	24	26	0
42	16	Medio	LASER	25	27	0

43	16	Superior	LASER	22	25	0
44	17	Medio	LASER	31	32	0
45	17	Inferior	LASER	30	29	0
46	18	Medio	LASER	33	34	0
47	18	Superior	LASER	34	32	0
48	19	Superior	LASER	29	31	0
49	19	Inferior	LASER	27	29	0
50	20	Superior	LASER	34	32	0
51	20	Medio	LASER	36	35	0
52	20	Inferior	LASER	29	31	0
53	21	Superior	LASER	33	31	0
54	22	Superior	LASER	32	35	0
55	22	Medio	LASER	29	28	0
56	22	Inferior	LASER	27	31	0
57	21	Medio	LASER	37	38	0
58	21	Inferior	LASER	34	33	0
59	23	Superior	LASER	35	38	0
60	23	Medio	LASER	37	39	0
61	23	Inferior	LASER	32	29	0

Tabla A

N° DE PIEZA	TERCIO TRATADO	TRATAMIENTO	VARIABLES				
			Superficie de adhesión			TAGS	
			+	++	+++	SI	NO
1	CERVICAL	EDTA		X		X	
1	MEDIO	EDTA		X			X
1	APICAL	EDTA			X		X
2	CERVICAL	EDTA			X	X	
2	MEDIO	EDTA		X		X	
3	CERVICAL	EDTA		X		X	
3	APICAL	EDTA		X			X
4	CERVICAL	EDTA			X	X	
4	MEDIO	EDTA		X		X	
4	APICAL	EDTA		X			X
5	CERVICAL	EDTA			X	X	
5	MEDIO	EDTA		X			X
5	APICAL	EDTA	X				X
6	MEDIO	EDTA		X		X	
6	APICAL	EDTA		X			X
7	CERVICAL	EDTA			X	X	
7	MEDIO	EDTA		X			X
7	APICAL	EDTA		X		X	
8	CERVICAL	EDTA			X	X	
8	APICAL	EDTA			X	X	
9	CERVICAL	EDTA			X	X	
9	MEDIO	EDTA		X			X
10	MEDIO	EDTA		X		X	
10	APICAL	EDTA	X				X
11	CERVICAL	EDTA			X	X	
11	MEDIO	EDTA			X	X	
12	CERVICAL	EDTA			X	X	
12	APICAL	EDTA		X			X

13	MEDIO	EDTA			X		X
13	APICAL	EDTA	X				X
14	APICAL	EDTA		X		X	
15	CERVICAL	EDTA			X	X	
15	MEDIO	EDTA		X		X	
16	MEDIO	LASER		X			X
16	APICAL	LASER			X	X	
17	CERVICAL	LASER			X	X	
17	APICAL	LASER	X			X	
18	CERVICAL	LASER		X		X	
19	CERVICAL	LASER			X	X	
19	MEDIO	LASER		X		X	
20	CERVICAL	LASER			X		X
20	APICAL	LASER			X	X	
21	CERVICAL	LASER		X			X
21	MEDIO	LASER		X			
22	CERVICAL	LASER		X		X	
22	MEDIO	LASER			X	X	
23	CERVICAL	LASER		x		X	
23	MEDIO	LASER			X	X	
23	APICAL	LASER	X				X
24	CERVICAL	LASER			X	X	
24	MEDIO	LASER		X			X
25	CERVICAL	LASER			X	X	
26	APICAL	LASER		X			X
27	CERVICAL	LASER			X	X	
27	MEDIO	LASER		X		X	
28	CERVICAL	LASER			X	X	
28	MEDIO	LASER			X		X
29	MEDIO	LASER		X		X	
29	APICAL	LASER	X			X	

30	MEDIO	LASER			X	X	
30	APICAL	LASER	X				X
31	MEDIO	LASER			X	X	

Tabla B

Nº de pieza	Tercio tratado	Tratamiento	Colaborador A
4	superior	EDTA	15
5	medio	EDTA	19
1	medio	EDTA	55
1	inferior	EDTA	34
10	medio	LASER	42
10	inferior	LASER	35
2	superior	EDTA	38
2	medio	EDTA	32
2	inferior	EDTA	24
1	superior	EDTA	43
9	superior	EDTA	44
5	superior	EDTA	25
5	inferior	EDTA	35
4	medio	EDTA	20
4	inferior	EDTA	26
3	medio	EDTA	10
6	inferior	EDTA	12
6	medio	EDTA	25
7	inferior	EDTA	22
8	medio	EDTA	44
6	superior	EDTA	25
7	medio	EDTA	27
8	superior	EDTA	32
8	inferior	EDTA	49
7	superior	EDTA	31
9	medio	EDTA	52
9	inferior	EDTA	50
11	medio	LASER	52
15	medio	LASER	39
16	inferior	LASER	24
17	superior	LASER	28
18	inferior	LASER	27
19	medio	LASER	30
13	inferior	LASER	26
14	medio	LASER	28
14	superior	LASER	29
14	inferior	LASER	25
11	superior	LASER	23
11	inferior	LASER	24
15	superior	LASER	24
15	inferior	LASER	24

16 medio	LASER	25
16 superior	LASER	22
17 medio	LASER	31
17 inferior	LASER	30
18 medio	LASER	33
18 superior	LASER	34
19 superior	LASER	29
19 inferior	LASER	27
20 superior	LASER	34
20 medio	LASER	36
20 inferior	LASER	29
21 superior	LASER	33
22 superior	LASER	32
22 medio	LASER	29
22 inferior	LASER	27
21 medio	LASER	37
21 inferior	LASER	34
23 superior	LASER	35
23 medio	LASER	37
23 inferior	LASER	32
24 superior	EDTA	50
24 medio	EDTA	27
24 inferior	EDTA	10
25 superior	EDTA	31
25 medio	EDTA	44
25 inferior	EDTA	14
26 superior	EDTA	11
26 medio	EDTA	23
26 inferior	EDTA	22
27 superior	EDTA	34
27 medio	EDTA	45
27 inferior	EDTA	22
28 superior	EDTA	25
28 medio	EDTA	17
28 inferior	EDTA	12
29 superior	EDTA	52
29 medio	EDTA	44
29 inferior	EDTA	15
30 superior	EDTA	49
30 medio	EDTA	35
30 inferior	EDTA	34
31 superior	LASER	49
31 medio	LASER	24

31 inferior	LASER	39
32 superior	LASER	20
32 Medio	LASER	23
32 inferior	LASER	39
33 superior	LASER	50
33 Medio	LASER	29
33 inferior	LASER	39
34 superior	LASER	30
34 Medio	LASER	23
34 inferior	LASER	43
35 superior	LASER	45
35 Medio	LASER	23
35 inferior	LASER	39
12 superior	LASER	25
12 Medio	LASER	28
12 Inferior	LASER	23

Tabla C

TRATAMIENTO CON EDTA RECUESTO DE CONDUCTILLOS		
TERCIO TRA- TADO	CON CONTENIDO	SIN CONTENIDO
INFERIOR F1	23	6
INFERIOR F2	25	9
INFERIOR F3	35	24
MEDIO F4	22	24
MEDIO F5	42	28
MEDIO F11	21	21
MEDIO F6	29	10
SUPERIOR F7	51	16
SUPERIOR F8	33	30
INFERIOR F9	41	8
MEDIO F10	27	12
MEDIO F22	27	9
MEDIO F23	35	8
MEDIO F24	23	9
INFERIOR F9	34	18
SUPERIOR F26	46	10
SUPERIOR F27	11	3
INFERIOR F29	17	15
SUPERIOR F29	44	5
TOTAL	586	265

Tabla D

TRATAMIENTO CON LASER RECuento DE CONDUCTILLOS		
TERCIO TRATADO	CON CONTENIDO	SIN CONTENIDO
FOTO 64 inferior	9	46
FOTO 65 inferior	16	42
FOTO66medio	20	35
FOTO67medio	17	72
f1superior	9	15
f12 superior	10	23
superior f2	12	20
f4 superior	11	33
f18inferior	21	44
f17 inferior	12	47
superiorf10	12	23
superiorf11	18	23
medio f11	11	26
f8 medio	17	21
f15medio	12	33
medio f14	14	25
TOTAL	221	528

Tabla D1

Tablas generadas por el programa Software Image Pro Plus 4.5 (Media Cybernetics).

con LASER lenght			
Min	Max	mean	std dev
3.855	9.26	7.18	1.34
3.46	6.55	4.50	.82
3.86	9.64	7.06	1.40
3.66	7.70	6.40	1.23
4.24	10.40	6.75	1.45
5.39	8.09	6.62	.82
4.24	8.87	5.99	1.24
1.52	6.94	3.91	1.26
1.92	7.70	4.90	1.05
1.92	6.93	4.39	1.21
3.08	8.86	5.11	1.14
3.46	8.09	5.48	0.09
4.63	9.64	7.27	1.06
4,24	10.80	7.07	1.39
2.31	4.62	3.65	.722
2.32	8.49	5.38	1.29

Tabla E Diámetro de conductillos tratados con láser

con EDTA lenght			
min	Max	mean	std dev
3.46	7.70	6.4	1.23
3.46	8.86	6.31	1.11
4.24	7.70	5.48	.788
4.24	26.60	7.65	3.40
5.39	11.1	8.43	1.40
3.36	15.44	8.61	3.26
5.78	14.26	9.23	1.91
6.55	12.72	9.88	1.59
6.16	13.10	9.03	1.56
6.93	13.10	8.94	1.67
5.01	12.72	8.25	1.97
5.011	12.72	8.68	1.72
5.39	11.95	9.34	1.58
4.24	16.64	8.91	2.33
4.62	11.17	7.22	1.60
1.09	8.30	4.88	1.66
6.55	12.72	9.66	1.68
1.96	1.97	1.98	1.99

Tabla E1 Diámetro de conductillos tratados con EDTA

	TRATAMIENTO CON LASER			
	ÁREAS			
	MIN	MAX	MEAN	STD DEV
F10 SUPERIOR	1.712	9.89	6.11	2.10
F11SUPERIOR	1.39	4.95	2.40	.91
F12 SUPERIOR	1.72	10.72	6.00	2.26
F17INFERIOR	1.39	7.30	3.04	1.37
F15MEDIO	2.08	11.92	5.53	2.22
F18 INFERIOR	3.36	7.57	5.52	1.42
F14 MEDIO	2.08	9.08	4.35	1.82
F67 MEDIO	.33	5.56	1.98	1.25
F65 INFERIOR	.43	6.87	2.93	1.29
F64 INFERIOR	.43	5.55	2.42	1.20
F66 MEDIO	1.09	9.07	3.16	1.46
F8 INFERIOR	1.60	7'1	3.60	1.26
F11A MEDIO	2.21	10.75	6.25	1.82
F4SUPERIOR	2.33	13.45	6.00	2.36
f1 superior	.694	2.75	1.60	.624
f2superior	.617	8.30	3.515	1.68

Tabla F Áreas de conductillos tratados con láser

	TRATAMIENTO con EDTA			
	ÁREAS			
	min	max	mean	std dev
inferior f3	1.39	6.42	4.86	1.50
medio f4	1.39	9.07	4.70	1.58
medio f5	1.840	6.864	3.52	1.00
medio f6	2.07	8.16	8.15	12.5
superior f8	3.4	14.43	8.48	2.76
inferior f9	4.95	16.86	8.81	2.74
medio f11	3.86	22.67	10.30	4.34
medio f4a	5.35	17.95	11.57	3.52
medio f23	4.39	19.83	9.79	3.49
medio f24	5.55	19.08	9.62	3.75
inferior f25	2.90	18.68	8.31	3.87
superior f2a	2.90	18.68	9.03	3.37
superior f27	3.36	16.49	10.42	3.43
inferior f29	1.84	25.64	9.88	5.37
superior f29	2.47	14.43	6.21	2.88
inferior f1	1.39	9.35	4.08	1.81
superior f12	4.95	18.68	11.03	3.68
superior f13	1.91	1.92	1.93	1.94

Tabla F1 Áreas de conductillos tratados con EDTA