



Universidad
Nacional
de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“ESTUDIO ANATÓMICO DEL SURCO FURCAL DE RAÍCES
VESTIBULARES DE PRIMEROS PREMOLARES
SUPERIORES EN RELACIÓN A DIFERENTES TÉCNICAS DE
INSTRUMENTACIÓN ENDODÓNTICAS”**

TESISTA:

OD. PAOLA ADRIANA LAMMERTYN

DIRECTOR:

PROF. DRA. MARTA GONZÁLEZ DE CROSA

CÓRDOBA, 2007



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



**Estudio Anatómico del Surco Furcal de Raíces
Vestibulares de Primeros Premolares Superiores en
relación a diferentes Técnicas de Instrumentación
Endodónticas**

*Trabajo de Tesis para optar al Título de Doctor en
Odontología*

Od. Paola Adriana Lammertyn

Córdoba, Argentina, 2007

Directora de Tesis

Prof. Dra. Marta González de Crosa

Comisión de Tesis

Prof. Dr. Omar Gani

Prof. Dra. Carmen Visvisián

Prof. Dr. Aldo Eynard

Dedicatoria

A mi querido esposo Carlos, por su apoyo incondicional y estímulo permanente

A mis adorados hijos, Francisco, Pedro y Paola

A mis padres, Marta y Adriano, maestros en la vida y en la odontología

A mis hermanas

A mis amigos

Agradecimientos

A mi Maestra y Directora de Tesis, Profesora Dra. Marta González de Crosa, por su permanente estímulo y apoyo.

Al Sr Mario René Infante, gerente del establecimiento industrial MATRIMET S.R.L.

A la Prof. Dra. Susana Rodrigo, por su apoyo constante.

Al Prof. Dr. Alfredo Bass, presidente de la fundación CREO, por haberme permitido desarrollar en esta Institución gran parte de esta Tesis.

A la Dra. Mabel Brunotto, por la elaboración de las estadísticas.

A los miembros de la Comisión de Tesis y en su figura a la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Córdoba.

Resumen

El objetivo fue determinar la presencia de un surco en la cara palatina de la raíz vestibular de 141 Primeros Premolares Superiores (PPS), evaluar su profundidad, diámetro del conducto y espesores dentinarios, antes y después de la instrumentación.

80 PPS, grupo etario 35-60 años, con surco furcal se dividieron en 4 grupos (n=20 cada uno) Grupo 1: sin instrumentación; Grupo 2: Técnica manual-fresas de Gates Glidden®; Grupo 3: Sistema NiTi ProFile®; Grupo 4: Sistema NiTi Hero 642®.

Posteriormente se efectuaron 3 cortes transversales para realizar las mediciones con proyector de perfiles digital Praxis®.

Los promedios obtenidos se analizaron con prueba de Kruskal Wallis, análisis discriminante lineal y MANOVA.

El 83% de los dientes estudiados (n= 117) presentaban surco.

En el grupo seleccionado (n= 80) pudo medirse el surco en el 48,75% (n=39) de los cortes apicales, en el 100% (n=80) del tercio medio y 86,25% (n=69) del tercio cervical

La profundidad media fue de 0.05 mm (apical), 0.34 mm (medio), 0.36 mm (cervical).

El espesor dentinario palatino se adelgazó significativamente ($p=0.0016$) en el G2 con respecto a los otros.

En la evaluación conjunta de variables, los Grupos 1 y 3 mostraron diferencias significativas con Grupos 2 y 4 ($p < 0.0001$).

No hubo correlación entre los valores de espesor dentinario palatino y profundidad del surco en ningún grupo.

Conclusiones: La técnica manual y el sistema HERO 642® produjeron conductos más anchos y paredes más delgadas. El mayor desgaste se produjo con Fresas de Gates-Glidden en la pared furcal.

Summary

The aim of this work was to determine the presence of a palatal groove in the buccal root of 141 maxillary first premolars, evaluate their depth, canal diameter and dentin width, before and after preparation.

80 maxillary first premolars, age group 35-60 years old, with furcation groove, were divided into 4 groups (n=20 each); group 1: without preparation; group 2: stainless steel hand preparation-Gates-Glidden® drills; group 3 ProFile® rotary Ni-Ti system; group 4: HERO 642® rotary Ni-Ti system.

Subsequently three transversal cuts were preformed to carry out the measurements with a Prazis® digital profile projector.

The obtained averages were analyzed with the Kruskal Wallis test, lineal discriminative analysis and MANOVA.

83% of the tested teeth (n=117) presented furcation groove.

In the selected group (n=80), the groove could be measured in 48.75% (n=39) of apical third slices; 100 % (n=80) of middle third slices; and 86.25% (n=69) of the coronal third.

The mean depth was 0.05mm (apical), 0.34 mm (middle) and 0.36 mm (coronal).

The lingual dentin thickness became significantly thinner in respect of the others.

In the whole variable evaluation, groups 1 and 3 showed a significant difference with groups 2 and 4 ($p < 0.0001$).

There was no correlation between the averages of dentin palatal thickness and the groove depth in any group.

Conclusion: the stainless-steel hand preparation and the HERO 642® system produced wider canals and thinner wall. The greater erosion was produced by Gates-Glidden drills on the furcation wall.

Índice

Portada	I
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Summary	VI
Índice	VII
Introducción	1
Antecedentes Bibliográficos	2
Instrumentación	7
Acceso Radicular:	9
Técnica Corono Apical	12
Níquel Titanio (NiTi)	13
Conicidad:	15
Preservación de Espesores Dentinarios	21
Endodoncia y Periodoncia	25
Endodoncia y Prótesis	26
Fractura vertical	28
Hipótesis	33
Objetivos	34
Objetivo General	34
Objetivos Específicos	34
Materiales y Métodos	35
Preparación de los dientes	36
Método de Estudio	38
Estudio por reflexión lumínica:	38
Análisis estadístico	41
Resultados	42
Discusión	52
Pautas de aplicación clínica	66
Conclusiones	70
Bibliografía	72

INTRODUCCIÓN

En la práctica odontológica, la resolución endodóntica de las patologías que afectan al primer premolar superior, constituye un importante desafío para el clínico, debido a las complejidades anatómicas que a menudo ella presenta, que complican el tratamiento y crean dudas en cuanto al pronóstico de la intervención.

Si bien la clínica endodóntica apunta principalmente al sistema de conductos radiculares, la pieza dentaria debe ser considerada como una unidad dentro del sistema buco-máxilo-facial, ya que no sólo puede necesitar tratamiento endodóntico, sino también, periodontal o protésico y en este contexto, además de las características de la anatomía interna, deben incluirse también los aspectos externos de la raíz.

En consecuencia, la particular anatomía de los premolares superiores, tanto unirradiculares como multirradiculares, representa un verdadero reto terapéutico.

La dirección y conformación de sus raíces, la presencia de depresiones longitudinales, las diferentes configuraciones de la cámara pulpar y la dificultad de visualizar los ápices radiográficamente, son factores a considerar en la planificación de tratamientos y en el establecimiento de pronósticos a largo plazo (Matuella 2005).

En este trabajo se analizarán las características anatómicas de la raíz vestibular del primer premolar superior en relación a diferentes técnicas de instrumentación endodóntica.

Antecedentes Bibliográficos

La limpieza y la conformación de los conductos radiculares son objetivos fundamentales en la preparación quirúrgica, y para alcanzarlos es de vital importancia el conocimiento de las variaciones de la anatomía interna, lo cual facilitará la aplicación de las diferentes medidas terapéuticas (Kartal 1998).

En tal sentido, la literatura odontológica propone gran cantidad de publicaciones que incluyen estudios anatómicos relacionados con la endodoncia. Estos trabajos han focalizado, en general, su atención en el sistema de conductos radiculares describiendo: número de raíces, características de los conductos, su localización, diámetro, forma y dirección (Pucci 1944, Booker 1985, Gher 1980, Sánchez Mercant 1989, Calışan 1995).

Si bien las interrelaciones de la anatomía interna son fundamentales al momento de preparar los conductos, algunos aspectos externos de la raíz, como surcos, fisuras y también las variaciones en los espesores dentinarios, son factores a tener en cuenta. Estas características, junto al número, dirección y curvaturas de las raíces, influyen en el pronóstico a largo plazo de los tratamientos endodónticos, ya que, la alteración de la anatomía original por causas patológicas o por la misma instrumentación puede provocar una pérdida importante de estructura que incidirá en la resistencia del diente.

La instrumentación y obturación endodóntica en los primeros premolares superiores presenta frecuentemente serias complicaciones. Ello se debe a que son piezas dentarias con una anatomía muy compleja y variable que, de no ser tenida en cuenta, puede producir accidentes operatorios (Bellizzi 1985).

Con respecto a la anatomía radicular, es sabido que los premolares superiores e inferiores unirradiculares presentan al igual que otros dientes una forma aplanada con un espesor mesiodistal menor que el vestibulolingual. En cambio, cuando los primeros premolares superiores presentan dos raíces bien diferenciadas, la vestibular por lo general es aplanada en sentido vestibulolingual. Este tipo de conformación la hace más propensa a la fractura vertical comprometiendo el éxito de tratamientos endodónticos, periodontales y restaurativos (Lertchirakarm 2003a, Deutsch 2005).

Aunque la mayoría de los estudios anatómicos de esta pieza dentaria describen la presencia de raíces bifurcadas, conformación de la furcación y concavidades en la superficie mesial, pocos trabajos mencionan la presencia de un surco o fisura palatina en la cara furcal de la raíz vestibular (Gher 1980, Booker 1985, Gutmann 1992, Matthews 2004).

Este surco también es denominado "surco furcal vestibular" (Gher 1980) o "concavidad furcal" (Joseph 1996) o "depresión de desarrollo" (Booker 2005) (Figura 1).

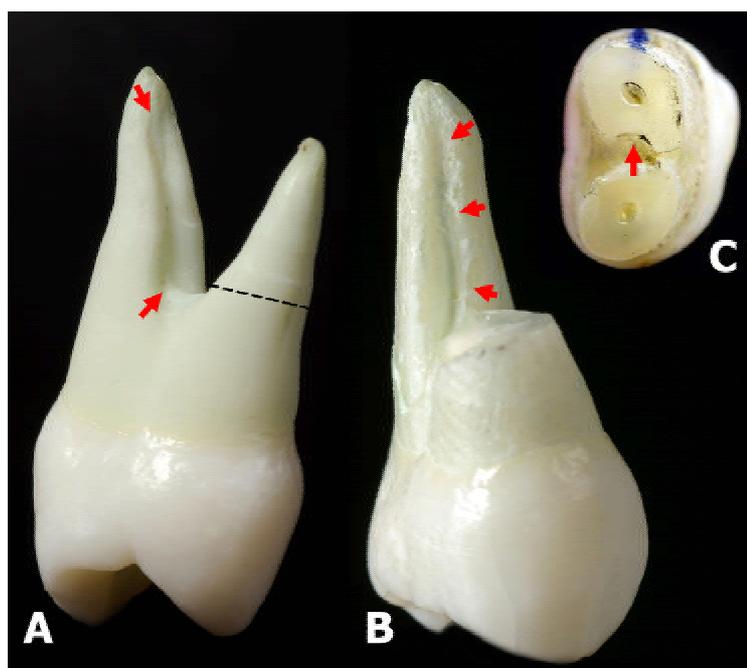


Figura 1: fotomicrografía del surco furcal, indicado con flechas (A: vista proximal. B: vista del surco eliminada la raíz palatina. C: visualización del surco furcal en un corte transversal a nivel de la furca).

Uno de los primeros trabajos que describe esta característica anatómica es el de Gher y Vernino (1980) .

Estos autores, en un estudio sobre morfología radicular, encuentran el surco en el 78% de un grupo de 45 primeros premolares superiores de dos raíces y lo describen como una depresión en la cara palatina de la raíz homónima que se extiende, en forma longitudinal, desde la furcación hacia el ápice del diente. Señalan además que la mayoría de los primeros premolares con dos raíces, bien formadas, presentan un surco en la cara furcal de la raíz palatina el cual representaría la formación parcial durante el desarrollo del diente a partir de dos esbozos embrionarios de raíces vestibulares separadas.

La frecuencia de este surco, expresada en porcentajes varía según los autores:

- Booker y Loughlin (1985) en un análisis de 25 primeros premolares superiores birradiculares lo observaron en el 100% de los casos.
- Joseph y Varna (1996) en un grupo de 37 primeros premolares superiores birradiculares lo encontraron en el 62% de los casos.
- Tamse y Katz (2000) en un grupo de 35 dientes con las mismas características, lo observaron en un 97%.
- Katz y Wasenstein (2006) analizando una muestra de 25 primeros premolares superiores de dos raíces, lo encontraron en el 100% de los casos analizados.
- Walton y Torabinejad (2000) se refieren a este surco como un “hallazgo corriente”. También es citado por Mattheuws & Tabesh (2004).

Mattuella y cols (2005), realizaron un estudio sobre anatomía interna de conductos y forámenes apicales de la raíz vestibular del primer premolar superior pero sólo mencionan la presencia de un surco longitudinal en la cara vestibular de la raíz vestibular. En cambio, Tamse (2000) y Katz y Wasenstein (2006), se ocuparon específicamente de realizar estudios morfométricos.

El primer autor (Tamse 2000), midió sobre cortes transversales de la raíz vestibular en un microscopio binocular, el espesor dentinario-cementario de la pared vestibular, el diámetro vestibulo lingual del conducto, el grosor de la pared palatina, la profundidad del surco furcal y el diámetro vestibulo lingual de la raíz.

Katz y Wasenstein (2006) realizaron cortes transversales de la raíz a 2, 4 y 6 mm del ápice y utilizando fotografías y un digitalizador de imágenes, midieron a estos niveles los espesores dentinarios de la raíz. Las mediciones se repitieron luego de la instrumentación con limas lisas tipo K y de la preparación de los conductos para la colocación de pernos ParaPost® (Whaledent).

Por lo tanto, en la práctica clínica el conocimiento de la anatomía externa resulta de gran importancia, puesto que la presencia de surcos en la superficie externa de la raíz, su profundidad y extensión pueden influir directamente sobre las variaciones en la anatomía interna de los conductos (Mattuella 2005).

En estudios efectuados con tomografía computada de alta resolución sobre la geometría de conductos antes y después de la preparación, se observó que la anatomía previa tiene más influencia en la conformación final del conducto que la técnica de instrumentación en sí misma (Peters 2001).

Por todo lo enunciado, raíces con estas características son motivo de estudio para endodoncistas, periodoncistas y protesistas.

Si bien existen estudios clásicos que han propuesto que la dentina en los dientes tratados endodónticamente es estructuralmente diferente con relación a los dientes con pulpa vital (Helfer 1972), trabajos más recientes, concluyeron en que el tratamiento endodóntico por si mismo no debilita la estructura dentinaria en su resistencia a fuerzas tensiles o compresivas (Huang 1991).

La dentina es el tejido que proporciona la base sólida que se requiere para la reconstrucción de un diente. La resistencia estructural de la pieza dentaria depende de la cantidad de dentina remanente y de la integridad de su anatomía (Assif 1994).

Clínicamente, existe una relación directa entre la cantidad de estructura coronaria remanente y la capacidad del diente de resistir fuerzas oclusales, tanto en función como en parafunción.

Por lo tanto al realizar un tratamiento endodóntico debe establecerse una estrategia de trabajo que contemple no solo la conformación interna del conducto sino las variaciones de la anatomía externa de la raíz. Esto debe considerarse especialmente en raíces con paredes delgadas ya que la instrumentación puede producir adelgazamientos dentinarios y comprometer el pronóstico clínico de la pieza dentaria (Raiden 1999, Garala 2003).

Instrumentación

La instrumentación e irrigación, son etapas fundamentales de la preparación quirúrgica de los conductos radiculares. De esa manera se logra la limpieza mecánica, la creación de un espacio suficiente para la acción de medicamentos intraconductos y una conformación final que permitirá la obturación, lo más hermética posible (Peters 2004).

Tradicionalmente, la preparación del conducto se ha realizado en forma secuencial utilizando los instrumentos de menor a mayor calibre con el fin de obtener un conducto de sección circular con una forma que reproducía la del último instrumento utilizado (técnica de instrumentación estandarizada) (Ingle 1994, Cohen 1999).

Estas técnicas, generalmente realizadas con limas K convencionales, provocan frecuentes errores de procedimiento, como adelgazamiento de paredes, escalones o transporte del conducto; que pueden comprometer la resistencia estructural del diente, influyendo en el pronóstico a largo plazo (Weine 1982). Teniendo en cuenta el análisis de numerosos estudios clínicos controlados, existe consenso entre diferentes autores que los instrumentos convencionales de acero inoxidable no serían adecuados para la preparación de conductos curvos, porque tienden a no respetar la anatomía original del conducto (Ingle 1994, Cohen 2006).

Por otra parte, en estas técnicas, el instrumento actúa ajustadamente a lo largo de todo el conducto y tiende a provocar con frecuencia la extrusión de limallas dentinarias y restos de tejido pulpar -además de medicamentos y productos bacterianos- fuera del foramen, lo que puede causar agudizaciones

post-operatorias con manifestaciones clínicas no deseadas, tales como: dolor agudo, edema, formación de abscesos y demoras en la cicatrización (Morgan 1984; Siquiera 2001).

Schilder propuso en el año 1974 cinco objetivos mecánicos para tener éxito en la limpieza y preparación los conductos en forma tridimensional.

En estos postulados propone lo siguiente:

- 1- la preparación debe tener conicidad continua desde la corona hasta el ápice.
- 2- El ápice debe ser la zona de menor diámetro transversal.
- 3- La preparación debe realizarse en múltiples planos respetando la anatomía original del conducto.
- 4- Nunca transportar el forámen.
- 5- Mantener el forámen apical lo más pequeño posible.

En resumen, Schilder establece, lo que posteriormente otros autores avalaron (Cohen 1999; Ingle 1994), que los conductos deben ser ensanchados sin desviarse de la curvatura original, instrumentando siempre en un medio húmedo y sin modificar la posición del forámen.

Desde entonces, estas normas se han tomado como fundamento en el desarrollo de diferentes técnicas de instrumentación, con el objetivo de obtener una forma óptima en el conducto (Cohen 1999).

A partir del surgimiento de nuevos diseños de instrumentos y modificaciones en sus modos de uso, surgieron nuevas técnicas de instrumenta-

ción: la preparación "Step-back" o paso atrás (Ingle 1994); limado anticurvatura (Abou-Rass 1982); las técnicas corono-apicales (Marshal y Pappin 1984) o instrumentación de fuerzas balanceadas de Roane y Sabala (Roane 1985).

Resumiendo, los autores han sugerido diferentes secuencias de instrumentación, tanto con instrumentos manuales como rotatorios, con el fin de mantener la forma del conducto y reducir accidentes como perforaciones o transporte del conducto durante la preparación (Weine 1982).

En los años '90, surgieron los sistemas de instrumentación mecanizada. Para estos instrumentos, los autores recomiendan técnicas de preparación corono-apical. De esta forma se comienza con una limpieza y conformación minuciosa en el tercio coronario del conducto y se extiende luego gradualmente hacia apical resultando en preparaciones de conicidad aumentada.

Las ventajas de la preparación cónica de los conductos incluyen mayor eficacia en la limpieza, mejor control apical de los instrumentos, menor dependencia de la determinación exacta de la longitud de trabajo, mayor seguridad en el calce del cono y óptima conformación para la obturación (Buchanan 2000).

Acceso Radicular:

Leeb (1983) demostró que la sensación de ajuste inicial de la lima en el conducto no tratado, no necesariamente ocurre por contacto en el extremo apical, sino como resultado de interferencias en los tercios medio y coronal

del conducto. Utilizando tinta de china como marcador, este autor observó que la aposición fisiológica de dentina convierte a la zona cervical en la más angosta del conducto.

Otros autores, continuando la misma línea de investigación, concluyen en que con la remoción de las interferencias en el tercio medio y coronario utilizando diferentes instrumentos manuales o rotatorios, se logra acceder a la constricción apical con instrumentos de mayor calibre. De esta forma, la lima sólo contacta en la parte apical, dando al operador un mejor control de la instrumentación en la preparación biomecánica (Morgan 1984, Tan 2002).

Contreras y cols (2001) afirman que la preparación previa de los accesos facilita la conformación apical y que este procedimiento resulta beneficioso para todo tipo de raíces, ya que pueden existir interferencias en cualquier conducto.

Para este procedimiento se han descrito diferentes técnicas, utilizando tanto instrumentos manuales como rotatorios (Stabholz 1995; Davis 2002; Garala 2003).

La preparación previa de los accesos, permite determinar eficazmente el calibre apical inicial y la longitud de trabajo (Leeb 1983, Contreras 2001).

Para la preparación de la porción coronaria del conducto autores como: Abou-Rass (1982); Leeb (1983); Buchanan (2000); Contreras (2001); Roland (2002), recomiendan utilizar instrumentos manuales (abridores de conducto) e instrumentos rotatorios de acero inoxidable como: fresas de Gates-Glidden® y ensanchadores de Peeso®.

A partir del surgimiento de los sistemas de níquel titanio (NiTi) cada empresa desarrolló instrumentos especiales para la preparación de los accesos. Diferentes autores analizaron los beneficios que el acceso temprano reporta a la técnica endodóntica (Bishop 1997; Thompson 2000a; Thompson 2000b; Bertrand 2001; Frajlich 2001).

Tan y Messer (2002a), trabajando con instrumentos rotatorios de NiTi, estudiaron la influencia de la preparación de acceso previo en el calibre de lima que ajustaba a la longitud de trabajo. Utilizaron premolares y molares superiores e inferiores y los accesos fueron preparados con instrumentos rotatorios ProFile® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) en secuencia según indicaciones del fabricante, llegando con la preparación a 4 mm del ápice.

Como resultado, reportaron que la preparación de accesos resultó en un aumento de por al menos un calibre en la lima apical inicial (LAI, entendiéndose como tal la primera lima que ajusta a la longitud de trabajo).

Si se considera a la lima apical inicial como punto de partida para determinar cuánto debe instrumentarse un conducto; la preparación previa de los accesos es fundamental, ya que los conductos deberían ensancharse a un calibre mayor que el establecido previamente.

Si se desea determinar con exactitud la longitud de trabajo y el calibre apical, el acceso debe realizarse antes de colocar la lima de medición para la conductometría. Esto permitirá una mejor percepción táctil de la constricción apical (Staboltz 1995) y facilitará la limpieza, ya que el líquido irrigante llega a mayor profundidad, más rápido y efectivamente al tercio apical.

La preparación de acceso temprano, es fundamental cuando se preparan los conductos con limas rotatorias de NiTi.

Técnica Corono Apical

Marshall y Papin describen una técnica de instrumentación que fue llamada “Técnica corono apical sin presión”. Esta técnica sugiere la preparación de los dos tercios coronarios con fresas de Gates-Glidden® y limas de grueso calibre. Usando luego limas progresivamente más pequeñas, avanzando de la zona coronaria hacia apical hasta la longitud de trabajo deseada (Mortgan 1984, Ingle 1994).

El ensanchamiento del tercio cervical del conducto es importante para lograr una mayor remoción de detritus, mejor conformación de los conductos, irrigación, medicación y obturación (Katz 2006).

Las técnicas corono-apicales son superiores en comparación a las de “step-back” o paso atrás al disminuir los riesgos de fractura de instrumentos, ya que sólo una parte del instrumento está en contacto directo con la dentina (Peters 2004).

Roane y Sabala, introdujeron en el año 1985 (Roane 1985), el concepto de “fuerza balanceada” en la instrumentación de los conductos. Propusieron una preparación corono-apical, conformando los tercios coronario y medio con fresas rotatorias de Gates-Glidden, para obtener un acceso más directo al tercio apical. Posteriormente, se instrumenta la zona apical con li-

mas manuales, utilizando el movimiento de “fuerza balanceada” (el instrumento se ubica, corta y se retira sólo con movimientos rotatorios).

Niquel Titanio (NiTi)

En la constante búsqueda para que los instrumentos se adapten a los conceptos ideales de instrumentación, surgió la aleación NiTi en sustitución al acero inoxidable de las limas tradicionales (Hülsmann 2001, Leseburg 1991).

La rigidez propia del acero inoxidable, junto al diseño del instrumental y complejidades anatómicas de los conductos, serían la causa de muchos de los accidentes producidos en la preparación (Al-Omari 1992a, Al-Omari 1992b).

Además, la instrumentación de conductos curvos y estrechos con limas de acero inoxidable es dificultosa, consume tiempo y debe limitarse la preparación apical a calibres pequeños para no producir accidentes (Shafer 2001).

Con este material, los fabricantes han buscado reducir las tres principales desventajas de los instrumentos manuales: la punta cortante, una zona activa de 16 mm que tiende a sobrepreparar la pared interna de la curva y un exceso de masa que reduce la flexibilidad del instrumento (Bertrand 2001, Al-Omari 1992a).

Esta aleación permitió realizar nuevos diseños de hoja de corte, sis-

temas de tamaño alternativos y la introducción de movimientos rotatorios en la conformación de los conductos (Cohen 1999).

Antes de la introducción del NiTi se propusieron varios sistemas de preparación mecánica para los conductos: rotacionales, de movimientos recíprocos y otros. Estos métodos, que utilizaban instrumentos de acero inoxidable, fueron desaconsejados, teniendo en cuenta una importante cantidad de investigaciones de laboratorio (Weine 1982). Los inconvenientes causados por su uso no serían necesariamente una consecuencia de la acción mecánica de la pieza de mano, sino de la poca flexibilidad del acero inoxidable (Thompson 2000a).

La característica principal de los instrumentos de NiTi es la capacidad para recuperarse repetidamente de distorsiones suaves. Poseen resistencia a la fractura, gran flexibilidad y bajo módulo de elasticidad, que le permite soportar las distorsiones de la rotación continua en los conductos curvos (Hülsmann 2001). La flexibilidad del níquel-titanio duplica o triplica a la del acero inoxidable (Thompson 2000a).

Esta nueva generación de instrumentos, utilizados en forma mecanizada, permite preparaciones en menor tiempo, reduciendo la fatiga del operador (Thompson 2000a).

Estudios comparativos de instrumentos NiTi con limas de acero inoxidable reportaron que son superiores en su capacidad de conformación y de mantenerse centrados en el conducto. Como resultado, se obtienen preparaciones más redondas y reducen accidentes de conformación, como transporte del foramen y escalones (Peters 2004).

Si bien, el hecho de permanecer centrados en el conducto es una ventaja, permite una buena conformación, tiene como desventaja que la preparación redonda puede dejar paredes sin tocar. En estudios hechos en cortes transversales de bloques de plástico y de dientes extraídos, se comprobó que los instrumentos rotatorios preparan como máximo entre el 60% y 80% del contorno del conducto dejando siempre zonas sin instrumentar (Peters 2004).

La preparación de accesos previos reduce el riesgo de fatiga y torsión del instrumento (factor contribuyente a la fractura del mismo) (Roland 2002).

La mayoría de los fabricantes recomiendan comenzar la instrumentación en forma corono-apical, de manera que las limas de mayor calibre precedan a las más pequeñas. Esta secuencia es fundamental para reducir el estrés friccional intraconducto y además para producir mejor conformación en el caso que la instrumentación se complemente con limas manuales (Luiten 1995).

Las limas rotatorias de NiTi deben usarse con la pieza de mano a velocidad y torque constante. La velocidad depende de la marca del instrumento y está sugerida por el fabricante.

Conicidad:

Es el incremento en el diámetro de la lima en cada milímetro de la parte activa desde la punta hacia el mango.

Las limas tradicionales tipo K® presentan conicidad 0,02 ó 2% se-

gún como lo expresen los fabricantes. Las limas rotatorias de NiTi presentan cambios en la parte activa, no sólo en el largo sino también incrementos en la conicidad en relación a las limas de acero inoxidable (Cohen 2006).

ProFile®

El sistema rotatorio ProFile® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) dispone de instrumentos de níquel-titanio en conicidades 0.02, 0.04, 0.06 y 0.08. Se caracterizan por ser tri-helicoidales con espiras equidistantes en forma de U.

Los filos de corte tienen ángulos de corte ligeramente negativos. Presentan punta inactiva. La parte activa mide 16 mm. La aleación está compuesta por 56% de níquel y 44% de titanio. La velocidad de rotación recomendada por el fabricante es de 300-400 rpm.

HERO 642®

Entre estos instrumentos de NiTi surgió el sistema HERO 642® (High Elasticity in Rotation) (Micro-Mega, Besancon Francia). Las limas HERO 642® son modificaciones de las limas Helifile® y los cambios consisten en tres filos equidistantes torneados en un núcleo de NiTi; son de punta no cortante.

Se presentan en conicidades 0.06, 0.04, y 0.02 con calibres ISO 20, 25 y 30. También se fabrican con puntas 35 y 40, con conicidad 0.02.

El fabricante recomienda el uso de una velocidad de rotación constante entre 500 y 600 rpm. Según las recomendaciones, los accesos deben prepararse con instrumentos de conicidad 0.06, hasta aproximadamente dos tercios de la longitud de trabajo. Luego, continuar con instrumentos conicidad

0.04 hasta 2 mm antes de la longitud de trabajo y con conicidad 0.02 hasta el largo establecido.

La mayoría de los sistemas de instrumentación mecanizada utiliza movimiento de rotación continua. Esto resulta en preparaciones redondas u ovaladas.

Bryant y cols (1998a, 1998b) evaluaron la capacidad de conformación del sistema ProFile® in vitro y concluyen, al igual que otros autores (Esposito 1995; Peters 2001), en que el uso de instrumental rotatorio de NiTi disminuye considerablemente los tiempos de preparación con respecto a los instrumentos manuales de acero inoxidable. En la evaluación de las preparaciones, encontraron que lograban conductos con buen tope apical, buena conicidad y paredes lisas; ésto lo atribuyen a la conicidad incremental de los instrumentos. No encontraron perforaciones o zonas de peligro pero sí escalones (zips) en bajos porcentajes.

Peters y cols (2001), evaluaron por medio de micro tomografía computada, los efectos que sobre la geometría de diferentes conductos radiculares tienen cuatro técnicas de preparación con instrumentos de NiTi. En este estudio compararon limas K NiTi, Light-speed® (Lightspeed Inc., San Antonio TX), ProFile® 0.04 y GT (Dentsply-Maillefer). Concluyen que todas las técnicas de instrumentación aumentan el volumen del conducto. Luego de la instrumentación, los conductos fueron más redondos, de mayor diámetro y más rectos.

Sin embargo, todas las técnicas dejaban al menos un 35% de las paredes sin instrumentar. En la comparación de espesores dentinarios previos y posteriores a la instrumentación, no encontraron diferencias significati-

vas entre los grupos, corroborando estudios anteriores que indican que la anatomía particular del conducto influye en la geometría post-instrumentación (Peters 2001, Tan 2002).

El efecto de la anatomía original en el resultado post-instrumentación fue documentado por diferentes autores, analizando la instrumentación con Lightspeed®, ProFile® 0.04 & .06, Quantec® LX & SC (Analytic Endodontics, Glendora CA) y Hero 642®. Estos autores demostraron que mientras más severo es el ángulo y radio de la curva, mayor es el transporte del conducto (Thompson 1997, 2000a, 2000b; Bryant 1998a, 1998b, Bryant 1999).

Hülsmann y cols (2001) analizaron los resultados de la instrumentación con HERO 642® y Quantec® SC en raíces mesiales de primeros molares extraídos. Coinciden con Schafer & Fritzenschaft (1999), en que HERO 642® se mantiene bien centrado en el conducto. Con respecto a la limpieza si bien ambos dejan zonas del conducto sin preparar, en la zona apical la conformación con HERO 642® es significativamente mejor. En la evaluación de accidentes de procedimiento, tiempo de trabajo y limpieza de los conductos, el sistema HERO 642® resultó superior al Quantec® SC.

Versumer y cols (2002), compararon el uso de limas rotatorias ProFile® 0.04 con Lightspeed® en molares inferiores extraídos. Consideraron los siguientes parámetros: enderezamientos de conductos curvos, diámetro post-operatorio, accidentes (bloqueos, fracturas de instrumentos, pérdida de la longitud de trabajo), capacidad de limpieza y tiempo de trabajo. Concluyeron que no hubo diferencias significativas entre ambos sistemas e indican que son seguros y que pueden recomendarse para el uso clínico.

Garala y Kuttler (2003), comparan el espesor de pared de conducto luego de instrumentar con ProFile® y Lightspeed® y concluyen que el grosor de dentina remanente está relacionado al espesor original y a la técnica de instrumentación.

Guelzow y cols (2005) en un estudio realizado en molares extraídos, evalúan el desempeño de FlexMaster®, System GT®, HERO 642®, K3®, ProTaper® y RaCe®, comparándolos con sistemas de instrumentación manual con técnica “step-back”. Todos los sistemas evaluados respetaron la curvatura original de las raíces, fueron seguros y demandaron menor tiempo que las técnicas manuales. Con respecto a la forma del conducto en secciones transversales se mantuvieron centrados y no encontraron diferencias significativas con respecto al diámetro del conducto al comparar la técnica manual con la rotatoria.

Thomson y Dummer (2000a y 2000b) realizaron un estudio sobre la capacidad de conformación de HERO 642® en conductos simulados en resina. Reportaron que los conductos se preparaban rápidamente, sin bloqueos y mínimo cambio de la longitud de trabajo. Se logró un buen tope apical, paredes lisas, pero con conicidad pobre, probablemente por la poca penetración de los instrumentos de mayor conicidad.

Analizando la instrumentación en conductos curvos, encontraron que los transportan ligeramente hacia el lado externo de la curva. Esto reflejaría el diseño de la punta y la tendencia de los instrumentos a enderezarse dentro del conducto. Este transporte, sería a causa de su mayor rigidez y se manifiesta más cuando se usan instrumentos de mayor conicidad.

Bertrand y cols (2001), evaluaron, con un sistema digital de imágenes, el uso de HERO 642® en raíces mesiales de molares inferiores. En el grupo control se usó técnica “step-back”. Realizaron cortes horizontales a diferentes alturas radiculares y en las imágenes obtenidas, se midió la cantidad de dentina removida en milímetros cuadrados y el cambio en el contorno del conducto. Cuando se compararon los conductos preparados con HERO 642® con los instrumentados manualmente, encontraron que no había diferencias en el tercio coronario. Según los autores, la variación en la forma del conducto con el uso de instrumentos rotatorios es positiva, ya que, partiendo de un contorno irregular, se logra uno más redondo. Sólo en el tercio apical las diferencias significativas en el transporte del conducto fueron favor del grupo instrumentado con HERO 642®.

Schafer (2001), realizó un estudio comparativo para evaluar la capacidad de conformación del HERO 642® con limas K-Flexofiles® de acero inoxidable en conductos curvos simulados. Obtuvo como resultado que HERO 642® prepara los conductos en menor tiempo, sin cambios en la longitud de trabajo y con mínimo transporte hacia el lado externo de la curva.

Pettiette y cols (2003), analizaron la influencia de la conicidad del conducto en la retención de pernos preformados. Las preparaciones con conicidad 0.04, resultaron estadísticamente significativas en favor de una mejor retención de los pernos, con respecto la preparación con conicidad 0.02.

Preservación de Espesores Dentinarios

Debe ponerse énfasis en preservar la estructura dentaria y no adelgazar significativamente las paredes dentinarias (Schwartz 2004). El excesivo ensanchamiento deja paredes debilitadas, además del riesgo de que se produzcan perforaciones o fisuras que den origen a fracturas verticales, que llevan a la extracción dentaria (Trope 1985, Tamse 1999, Pilo 1998).

Según Gutmann (1992), ni la preparación de los accesos endodónticos ni la limpieza y conformación de los conductos producen un debilitamiento significativo del diente. Los procedimientos endodónticos reducen la resistencia estructural del diente en sólo un 5%, atribuido principalmente a la preparación de accesos, mientras que las maniobras restaurativas resultan en un apreciable debilitamiento dentario (Tait 2005).

Otros autores (Assif 1994, Lertchirakarm 2003b, Lloyd 1993), recalcan que el principal factor que afecta el pronóstico a largo tiempo de los dientes despulpados, es la pérdida de dentina durante la preparación de cavidad de acceso, durante la instrumentación o el ensanche adicional para perno. El desgaste producido en estas maniobras dependerá de la técnica y el calibre de los instrumentos utilizados.

Por lo tanto, la pérdida de resistencia que se observa en los dientes endodónticamente tratados, sería el resultado de la pérdida de estructura dentaria coronaria y no un resultado del tratamiento endodóntico.

La remoción excesiva de dentina radicular durante la instrumentación o preparación del espacio para perno compromete la raíz, lo mismo ocu-

re cuando se colocan grandes pernos en raíces pequeñas o irregulares.

El uso de grandes pernos no proporciona un refuerzo adicional a la estructura dentaria, por el contrario para su colocación se necesita con frecuencia sobrepreparar el conducto. Como consecuencia de esto se pierde estructura dentaria y así disminuye la posibilidad de soportar traumas oclusales (Travert 1978).

Acerca de las propiedades biomecánicas de la dentina Segley y Messer 1992, Assif 1994, Lertchirakarm 2003a, Sedgley 1992, Reeh 1989, otros autores, sostienen que la mayor proporción de fracturas verticales en dientes con endodoncia, respecto a los vitales, sería por causa de la pérdida de integridad estructural asociada a la preparación de los accesos, más que por cambios en la dentina, como consecuencia del tratamiento endodóntico.

La preparación de los accesos, aumenta la deflexión cuspeada durante la función, la posibilidad de fractura de cúspides y microfiltración en los márgenes de la restauración (Gutmann 1992).

Existe una relación directa entre el volumen de estructura dentaria remanente y la capacidad del diente de resistir fuerzas oclusales (Tait 2005). Por lo tanto, la probabilidad que se fracture un diente endodónticamente tratado, aumenta proporcionalmente a la cantidad de dentina removida (Trabert 1978).

Según Assif (1994), el espesor de la pared dentinaria es crítico y existe una correlación directa entre el diámetro radicular y la capacidad del diente de resistir fuerzas laterales y evitar fracturas. Por lo tanto no debe re-

moverse estructura dentinaria de las paredes del conducto para colocar grandes pernos, ya que esto no mejora la retención y predispone, a la fractura de la raíz con estas características, más propensas a la fractura (Caputo 1976).

La necesidad de usar un perno para anclaje intrarradicular puede hacer necesario un ensanchamiento adicional del conducto, aumentando la probabilidad de fractura radicular. Este riesgo aumenta en las raíces ovales, en las que el diámetro mesiodistal es mucho menor que el vestibulolingual, como ocurre en premolares superiores e inferiores y en raíces mesiales de molares inferiores (Lertchirakarn 2003a, Tamse 1999).

Existe consenso entre los autores en que las piezas dentarias con necesidad de tratamiento endodóntico, que presenten restauraciones preexistentes que involucren los márgenes gingivales, o aquellas con excesiva pérdida de estructura dentaria, requieren restauraciones con recubrimiento cuspeado (Siso 2007). Por ello, muchos de los dientes extraídos a causa de fracturas verticales, con frecuencia presentan extensas restauraciones mesioocluso-distales (Testori 1993).

De ser posible, se debe evitar el uso de grandes pernos en los dientes posteriores, ya que las raíces son angostas y curvas, y la preparación necesaria para colocarlos puede producir adelgazamientos radiculares o perforaciones (Tait 2005, Panitvisai 1995, Gutmann 1992, Robbins 1990).

Lertchirakarn y cols. (2003a), comparan la distribución de fuerzas tensiles en varios modelos de raíces y encuentran que una forma de raíz circular es menos susceptible al estrés que una forma ovalada. Además, señalan que las mayores concentraciones de estrés ocurren cuando el conducto y la raíz tienen forma oval.

Teniendo en cuenta que se considera que las fuerzas que predisponen a la fractura vertical se generan dentro del espacio del conducto, el patrón de distribución de estas fuerzas sería crítico en la iniciación de las fisuras y propagación de la fractura.

Utilizando técnicas para análisis de la distribución de fuerzas, se comprobó que, si la carga se aplica a la totalidad de la pared del conducto o en puntos determinados simulando un espaciador, las fuerzas tensiles se concentran en las paredes linguales o palatinas. Por lo tanto la fractura vertical no sería el resultado de fuerzas uniformemente distribuidas alrededor del conducto sino que se originaría en puntos de concentración de tensiones (Lertchirakarn 2003b).

En el caso particular de premolares superiores, las mayores concentraciones de estrés se encontraron hacia los ángulos mesiopalatino y distopalatino con una tercera área de concentración en el conducto vestibular

En los casos analizados, las irregularidades en las paredes del conducto actuaron como factores generadores de fuerzas, sumados al punto de origen de la fractura.

En resumen estos autores concluyen que la morfología interna del conducto y la concentración de tensiones en las paredes del mismo, serían los factores principales para predisponer a la fractura radicular.

Gutmann (1992) sostuvo que la combinación de curvaturas radiculares con hendiduras predispone a que las raíces se debiliten o perforan durante la colocación de grandes pernos.

Según Buchanan (2000), el excesivo ensanchamiento coronario puede tener como resultado un mal pronóstico a corto tiempo. La mayoría de las iatrogenias en el tercio apical pueden ser reparadas en forma predecible, incluso quirúrgicamente. El debilitamiento o perforación en la zona cervical indefectiblemente complica el pronóstico a largo plazo y conduce con frecuencia a la fractura vertical (Dean 2002, Ibarrola 1999).

Endodoncia y Periodoncia

Desde el punto de vista periodontal, cuando la raíz está involucrada, la particular anatomía de la zona furcal, que se abre de mesial a distal, torna dificultosa la instrumentación adecuada y el control de placa por parte del paciente (Gher 1980, Joseph 1996, Simon 2000). El acabado conocimiento de anatomía de la superficie radicular en la zona furcal, es imprescindible para el efectivo manejo clínico de esta zona. Si bien la incidencia de lesiones de furcación en los primeros premolares superiores es muy baja, la presencia del surco en la cara furcal de la raíz vestibular complica el pronóstico (Joseph 1996).

Gher y Vernino (1980), establecieron que cuando hay una pérdida ósea del 50% en la altura de hueso interproximal, esta depresión ya está afectada por la enfermedad periodontal. Cuando el surco furcal está involucrado, representa una complicación en la terapia a causa de su localización y morfología.

Endodoncia y Prótesis

Desde el punto de vista protético, esta característica furcal también debe considerarse en la preparación de los espacios para pernos, ya que la presencia del surco disminuye de por sí el espesor de tejido a ese nivel.

Assif y Gorfil (1994) afirman que la dentina provee una base sólida para la restauración y que la resistencia estructural del diente depende de la cantidad de dentina y de la integridad de su anatomía.

Según Weine se pierden más dientes endodónticamente tratados por fallas en la reconstrucción que por fracasos por el tratamiento endodóntico propiamente dicho (Weine 1982).

Por lo tanto, el cuidado en la conservación del espesor dentinario luego de la instrumentación y de la preparación para perno es importante, ya que existe una relación directa entre éste y la resistencia del diente (Gutman 1992).

Existe consenso entre ellos en que el espesor de dentina no debería ser menor de un milímetro, luego de todos los procedimientos intrarradiculares.

Los dientes con tratamiento endodóntico, necesitan con frecuencia ser reconstruidos con restauraciones a base de pernos.

Con respecto al largo y diámetro aconsejable para los pernos, las recomendaciones de los autores se dividen en tres categorías (Lloyd 1993):

1- Autores “conservacionistas”: abogan por el mínimo ensanchamiento posible. Recomiendan la mínima instrumentación luego de la

remoción de la gutapercha. Estos autores aducen que los dientes con pernos pequeños resisten mejor las fracturas (Assif 1989, Gutmann 1992, Assif 1994).

2- Autores “proporcionistas”: proponen para la preparación del espacio para pernos el uso de un instrumento de calibre equivalente a un tercio de la raíz (Shillimburg 1982, Barroso 2005, Mattuella 2005).

3- Autores “preservacionistas”: recomiendan conservar al menos 1 mm de espesor dentinario (Caputo 1976, Travert 1978).

Con respecto al largo del perno, es crítico con respecto a la retención, mientras más largo es, mayor la retención. Se han sugerido varias reglas para la colocación de postes, como que debe ser tan largo como, sino más, que la corona y que debe finalizar a mitad de distancia entre la cresta ósea y el ápice (Goodacre 1995). Por lo tanto el perno debe ser tan largo como sea posible considerando las limitaciones propias de cada diente como largo, curvatura y morfología radicular; y lo que es de fundamental importancia, el mantenimiento del sellado apical (Sorensen 1984). Diferentes autores ha establecido que para garantizarlo debe permanecer por lo menos un remanente de 4-5 mm de obturación apical (Radien 1994, De Cleen 1993, Wu 1998).

Robbins (1990) sostiene que debe considerarse la particular anatomía del primer premolar superior en la preparación para anclaje. Deben usarse pernos que requieran mínimo ensanchamiento del conducto, y en lo posible debe mantenerse el calibre logrado con la instrumentación.

Raiden y cols (1999) realizaron un estudio en primeros premolares superiores de una raíz con uno y dos conductos, con el objetivo de determinar

cual es el mayor diámetro de instrumento que no deja espesores dentinarios menores a un milímetro. Para ello utilizaron fresas de Peeso® de diferentes calibres. Encontraron que en primeros premolares superiores de una raíz y dos conductos, no debe usarse un instrumento mayor a 1.10 mm, para garantizar un espesor dentinario mayor a 1 mm.

Tilk y cols (1979), en un estudio anatómico midieron anchos radiculares para determinar el tamaño ideal del perno. En la raíz vestibular del primer premolar encontraron espesores de 3.80 a 5.40 mm con un promedio de 4.63 mm. Los autores, tomando como fundamento la teoría de que el ancho del perno no debe superar un tercio del ancho radicular, sugirieron que la preparación de estos conductos debería tener un calibre ISO entre 70 y 120.

En conclusión la preservación de tanta dentina sana como sea posible, es de fundamental importancia.

Fractura vertical

Constituye la tercera causa de pérdida dentaria luego de la caries y la enfermedad periodontal.

Si bien se han reportado casos de fracturas verticales en dientes sin tratamiento endodóntico previo, éste es considerado el principal factor asociado con fracturas radiculares (Rundquist 2006, Tamse 1999).

El diente con tratamiento de conductos generalmente sufre pérdida de tejido coronario y radicular debido a patologías previas, al mismo trata-

miento endodóntico y/o procedimientos restaurativos. Estos dientes tendrían niveles de propiocepción reducida, lo cual alteraría los mecanismos reflejos autoprotectores (Kishen 2006).

De todas maneras, se considera que las fracturas verticales en dientes endodónticamente tratados tienen una etiología principalmente iatrogénica (Tamse 1999).

Las fracturas verticales pueden iniciarse en cualquier punto entre el ápice y la corona y son responsables del 4,3% de los fracasos endodónticos (Tamse 2006, Rundquist 2006, Kishen 2006).

Las maniobras ejercidas durante la instrumentación y obturación de conductos, el uso de pernos intrarradiculares -además del trauma oclusal- son los principales factores iatrogénicos asociados con fracturas verticales. El uso extensivo de instrumental rotatorio en el tercio coronario del conducto, cortando dentina en forma recta en zonas de curvaturas debilita la raíz. Esto ocurre especialmente en dientes más susceptibles a las fracturas como son los premolares superiores e inferiores (Tamse 1998 y Tamse 2006).

En estudios clínicos en los que se analizó la distribución de piezas dentarias con fracturas verticales se encontró que los premolares constituyen el 56% de los casos (Testori 1993).

La complicada anatomía y morfología de estos elementos constituyen un factor predisponente para la fractura vertical. Son piezas dentarias muy amplias en sentido bucolingual y angostas en sentido mesio-distal con tendencia a volverse ovoides hacia la mitad de la raíz (Ingle 1994). Presentan

marcada conicidad hacia apical, hendiduras proximales, divisiones de conductos, surcos furcales y curvaturas radiculares (Gutmann 1992).

Uno de los factores que podría ser predisponente para la fractura dentaria es el diámetro del conducto instrumentado. El calibre del conducto y su conicidad deberían ser suficientes para permitir la penetración de espaciadores pero no a tal punto que produzca errores de procedimiento como adelgazamiento excesivo de las paredes.

Las conicidades menores reducen el riesgo de accidentes durante la instrumentación, pero pueden disminuir la eficacia de la limpieza y obturación. Las conicidades mayores mejoran la limpieza del conducto, pero aumentan las posibilidades de adelgazamientos radiculares y predisponen a la fractura vertical.

Rundquist y cols (2006), analizaron el estrés producido durante la compactación vertical de gutapercha termoplastizada, en conductos preparados con diferentes conicidades. En este estudio se observó que la carga oclusal sobre la cúspide vestibular genera condiciones de flexión en las cuales las máximas fuerzas recaen en las superficies externas vestibulares y linguales del diente, precisamente el plano en el cual se producen la mayoría de las fracturas verticales. Además, se observó que las conicidades menores generaban mayores cargas durante la obturación y los niveles más altos de estrés residual.

Al evaluar la compactación vertical, resultó que el estrés radicular disminuyó al aumentar la conicidad. Según los autores citados, esto puede explicarse por el hecho de que una mayor conicidad, produce mayores áreas de contacto, que ayuda a distribuir mejor las fuerzas de compactación (Pettiette 2003; Fuss 2001).

Durante la obturación, las fuerzas generadas se concentran fundamentalmente en la pared del conducto. Si las paredes dentarias tienen un espesor uniforme, las fuerzas se dispersan en forma regular. Pero la estructura radicular puede contener irregularidades que actúan como puntos concentradores de fuerzas. En el caso de paredes delgadas, se produce una concentración de estrés en este nivel, que puede predisponer a una fractura vertical (Tamse 1999; Testori 1999).

Con respecto a la forma, los pernos cilíndricos presentan ángulos agudos en la zona apical en donde se produce concentración de fuerzas. De esta forma el perno ejerce fuerzas compresivas en la raíz y puede crear “cracks” o fisuras dentinarias, que nacen en la zona más apical del perno y se extienden a la circunferencia de la raíz. El uso de pernos cónicos provoca menor concentración de fuerzas en la porción apical, esto se debe a la ausencia de ángulos agudos y a que esta morfología permite una mayor preservación de espesores dentinarios (Assif 1994).

Assif y cols (1993), analizaron la relación entre el diseño del perno y la resistencia a la fractura. Concluyeron que la forma del perno no influye en la resistencia a la fractura, siempre que la corona tenga por lo menos un margen de 2 mm asentado sobre dentina sana.

Schwartz y Robbins (2004), consideran que todos los dientes posteriores con tratamiento endodóntico, deberían ser restaurados con recubrimiento cuspeo.

Estudios de Panitvisai y Messer (1995), demostraron que si bien la preparación de accesos radiculares tempranos es beneficioso para la técni-

ca endodóntica resulta en mayor flexión cuspídea incrementando el riesgo de fractura dentaria.

Sorensen (1984), Cheung (2003), Aquilino(2002) y Féniss (2002), realizaron estudios clínicos retrospectivos con gran cantidad de casos, evaluando los factores que influyen en el pronóstico a largo plazo. Todos estos autores confirmaron el concepto de que el recubrimiento cuspídeo es la variable restaurativa que más influye en el pronóstico a largo plazo.

Sin embargo, analizando fracasos en dientes con tratamiento endodóntico (Mannochi 2002), no encontró diferencias en dientes restaurados con pernos de fibra de vidrio o composite con y sin recubrimiento cuspídeo. El tiempo de evaluación de este estudio fue de sólo tres años, por lo tanto no puede afirmarse que sean éxitos, ya que el período de control fue corto.

Por todas estas consideraciones, de significativa implicancia clínica, resulta de fundamental importancia el conocimiento exhaustivo de las características topográficas internas y externas de las raíces dentarias y su relación con la instrumentación endodóntica.

Hipótesis

El tratamiento endodóntico en las raíces vestibulares de primeros premolares superiores, que presentan en su morfología un surco en la cara palatina, determina cambios de significación clínica en el espesor de la dentina remanente.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un estudio anatómico de la raíz vestibular de los primeros premolares superiores y evaluar los cambios producidos por la preparación quirúrgica del conducto.

Objetivos Específicos

- Establecer el porcentaje de primeros premolares superiores que presentan macroscópicamente el surco palatino o furcal en la raíz vestibular y medir su profundidad a diferentes alturas de la longitud radicular.
- Estudiar el espesor de dentina que separa el fondo del surco de la pared palatina del conducto, en dientes no tratados y correlacionarlo con el espesor dentinario residual luego de ser instrumentados.
- Estudiar en la misma raíz el espesor de dentina que se extiende entre el conducto y la cara vestibular de la raíz en dientes no tratados y compararlo con el remanente dentinario que queda luego de instrumentados.
- Estudiar el diámetro del conducto en dientes no instrumentados y en dientes instrumentados con diferentes técnicas de preparación endodóntica.
- Analizar los datos obtenidos para, eventualmente, proponer pautas de interés clínico.

MATERIALES y MÉTODOS

Para los estudios anátomoendodónticos enunciados en los objetivos propuestos, se utilizaron primeros premolares superiores birradiculares sin tratamiento en sus conductos, pertenecientes a pacientes cuyas edades estaban comprendidas entre 35 y 65 años, los cuales, inmediatamente de extraídos, limpiados de todo sarro y de todo resto de tejido orgánico, se conservaron en formol al 10% pH neutro hasta el momento de ser estudiados.

Sobre una muestra compuesta por ciento cuarenta y un (n=141) primeros premolares superiores birradiculares de raíces bien definidas, se realizó un primer estudio macroscópico con ayuda de una lupa para determinar el porcentaje de piezas cuyas raíces vestibulares presentaban el surco palatino o furcal a lo largo de la cara palatina de la raíz vestibular.

Finalizado el primer estudio, de las piezas separadas (n = 117) se seleccionaron aleatoriamente 80 premolares que fueron destinados a un segundo estudio.

El lote formado se dividió a su vez en cuatro grupos de 20 dientes cada uno según el siguiente diseño experimental.

- Grupo I: Compuesto por 20 piezas no instrumentadas destinado a un estudio anatómico.

- Grupo II: Compuesto por 20 piezas cuyos conductos se instrumentaron mediante técnica corono-apical modificada utilizan-

do fresas de Gates-Glidden® (Maillefer, Dentsply, Suiza) y limas lisas tipo K® (Maillefer, Dentsply, Suiza) (n = 20).

- Grupo III: Compuesto por 20 piezas cuyos conductos se instrumentaron mediante técnica corono-apical con instrumentación mecanizada utilizando limas rotatorias ProFile® (Maillefer, Dentsply, Suiza) (n = 20).

- Grupo IV: Compuesto por 20 piezas cuyos conductos se instrumentaron mediante técnica corono-apical con instrumentación mecanizada utilizando el sistema rotatorio HERO 642® (MicroMega.Besancon-France) (n = 20).

Preparación de los dientes

En todas las piezas se eliminó la raíz palatina con disco de diamante con un corte perpendicular al eje largo del diente ubicado dos o tres milímetros apical a la furcación.

Grupo I: premolares sin tratamiento endodóntico destinados a estudiar los espesores dentinarios.

En los grupos II, III y IV se efectuaron las aperturas camerales de tal manera que permitiera la instrumentación del conducto vestibular.

Grupo II: se empleó la técnica de Marshall y Pappin (1982) modificada de la siguiente manera:

Se instrumentaron los primeros milímetros coronarios del conducto con una lima FlexoFile® (Mailleffer, Dentsply, Suiza) N° 35 con movimiento de Roane (Roane 1985), hasta que la misma encontró un punto de resistencia. Luego se continuó con fresa de Gates - Glidden® N° 3 con ligera presión hacia apical. Posteriormente se trabajó con una lima N° 30 que penetraba más apicalmente que la lima 35 usada con anterioridad. A continuación se introdujo una fresa de Gates-Glidden® N° 2 a mayor profundidad. Inmediatamente se determinó la longitud de trabajo ubicando una lima tipo K® N° 15 en el conducto hasta que se visualizaba en el foramen para luego restarle un milímetro.

A continuación se realizó la preparación apical del conducto con limas FlexoFile® (Mailleffer, Dentsply, Suiza) N° 20, 25 y 30 con movimientos de Roane (Ingle 1994). Después de cada instrumento se irrigó copiosamente con NaOCl al 2,6%.

Grupo III: Se instrumentó con el sistema mecanizado ProFile® (Mailleffer, Dentsply, Suiza). Utilizando la técnica corono-apical con la siguiente secuencia: Orifice Shaper® (abridores de orificio) 3 y 2 para preparar los accesos, a continuación se efectuó la conductometría según la metodología usada en el Grupo II.

La preparación del resto del conducto se realizó con instrumentos ProFile® rotatorias 25/0.06, 20/0.06, 25/0.04, 20/0.04, y una vez alcanzada la longitud de trabajo se continuó con instrumentos 25/0.04 y 30/0.04 respetando la medida de trabajo. Después de cada instrumento se irrigó copiosamente con NaOCl al 2,6%.

Los instrumentos trabajaron a una velocidad de 300 r.p.m. durante aproximadamente ocho segundos.

Grupo IV: Sistema mecanizado HERO 642® (MicroMega. Besancon-France): se empleó la técnica corono-apical (Crown-Down) indicada para conductos de mediana complejidad, según lo establecido por los fabricantes, es decir, Serie roja (calibre ISO 25) en conicidades 0.06, 0.04 y 0.02 y serie azul (calibre ISO 30) conicidades 0.04 y 0.02. La velocidad empleada fue de 600 r.p.m.

Después de cada instrumento se irrigó copiosamente con NaOCl al 2.6%

En el caso de los grupos III y IV luego de ser usado cada instrumento, se examinó para observar signos de deterioro. Los que presentaban algún grado de alteración fueron descartados, en caso contrario se usaron un máximo de seis veces.

Para la preparación mecanizada, se utilizó un micromotor para endodoncia Aseptic® (U.S.A.).

Método de Estudio

Estudio por reflexión lumínica:

En la raíz vestibular se efectuaron tres cortes horizontales con disco de diamante, el primero a 2 ó 3 mm del cuello dentario, el segundo a 2 mm de

la terminación anatómica de la raíz y el tercero a una distancia equidistante entre ambos.

En los cortes de los cuatro grupos se efectuaron las siguientes mediciones: (Figura 2)

- Profundidad del surco de la pared furcal de la raíz vestibular a diferentes alturas de la longitud radicular.
- Espesor dentinario palatino (edp): es la medida de la dentina entre el fondo del surco y la pared palatina del conducto.
- Espesor dentinario vestibular (edv): es la medida de la dentina entre la pared vestibular del conducto vestibular y la cara vestibular de la raíz homónima.
- Diámetro vestibulo lingual del conducto.

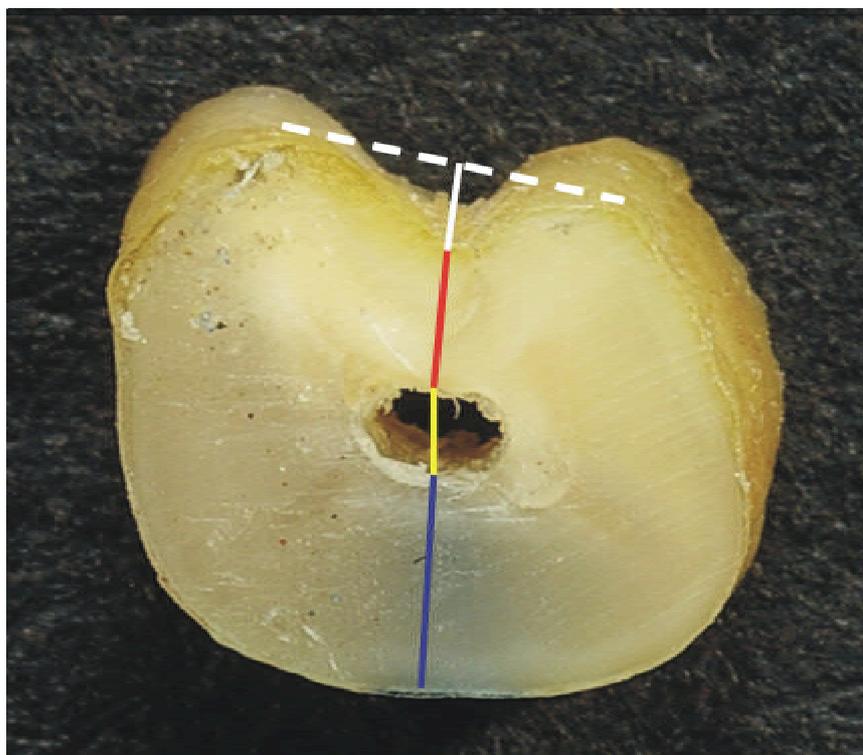


Figura 2: fotomacrografía de un corte transversal de una raíz dentaria en la cual se muestran las mediciones realizadas. (Línea azul: espesor dentinario vestibular. Línea amarilla: diámetro vestibulo-lingual del conducto. Línea roja: espesor dentinario palatino. Línea blanca: profundidad del surco furcal. Línea blanca punteada: nivel de referencia para la medición del surco furcal)

Para efectuar estas mediciones se utilizó un proyector digital de perfiles marca PRAZIS® (Figura 3).

El proyector realiza una medición indirecta por reflexión de dos haces de luz intensa que reflejan la pieza a medir ampliada sobre una pantalla con lentes de proyección X50.

La medición se hizo con una computadora incorporada en la máquina sobre un plano ortogonal proyectado (ejes X - Y) con escala de medición en milésimas de milímetro.



Figura 3: proyector digital de perfiles marca PRAZIS®, inset: detalle de la fijación de la muestra para ser medida.

De acuerdo a lo especificado por las Normas ISO, la máquina se controla y calibra de acuerdo al Plan de Control.

Las mediciones se realizaron en la empresa MatriMET SRL, con certificación ISO/TS 16949, donde se realizó el entrenamiento técnico bajo el control del responsable del departamento control de calidad en la máquina descrita. Responsable de control de calidad: Sr. Marcelo G. Infante

Análisis estadístico

Para realizar la descripción estadística de la anatomía del surco furcal de raíces vestibulares de primeros premolares superiores se utilizó la media y los valores mínimos y máximos para cada variable estudiada.

La comparación univariada de los grupos estudiados se realizó mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, fijando el p-valor <0.05 para indicar diferencias estadísticamente significativas.

La pertenencia a cada grupo estudiado teniendo en cuenta todas las mediciones realizadas fue evaluada mediante técnicas estadísticas multivariadas de análisis discriminante lineal y MANOVA con prueba pos hoc de Hotelling, fijando un valor $p <0.05$ para diferencias estadísticamente significativas (Johnson and Wichern 1998).

RESULTADOS

En el estudio macroscópico efectuado sobre los 141 primeros premolares superiores, se comprobó la presencia del surco palatino en la raíz vestibular en el 83% (n=117) de los casos.

En los 80 dientes seleccionados en forma aleatoria para estudiar la profundidad de surco se comprobó que según el grupo este fue detectado en la zona apical entre el 30 y 60 % de las muestras (media: 48,75%); en la zona cervical entre el 70 y 100% de los casos (media: 86,25%) y en el 100% de los cortes realizados en la zona media (Tabla 1).

Tabla 1: Frecuencia Absoluta (FA) y Relativa (FR) de la presencia de surco palatino en las zonas Apical, Medio y Cervical de los dientes estudiados (n=80). *Grupo 1:* Sin instrumentar
Grupo 2: Limas K-Fresas Gates-Glidden®.
Grupo 3: Sistema ProFile®. *Grupo 4:* Sistema HERO 642®

Corte	Grupo	Presencia de Surco FA	Presencia de Surco FR (%)
Apical	1	6	30
	2	12	60
	3	11	55
	4	10	50
Medio	1	20	100
	2	20	100
	3	20	100
	4	20	100
Cervical	1	14	70
	2	19	95
	3	20	100
	4	16	80

Los valores promedios de la profundidad de surco fueron: zona cervical: 0.36 mm; en la zona media; 0.34 mm; y en la zona apical 0.05 mm. En

el tercio cervical el valor máximo de profundidad de surco medido fue de 1.09 mm, de 0.94 mm en el tercio medio y 0.50 mm en el tercio apical (Tabla 2).

Las otras medidas, profundidad de surco, diámetro del conducto y espesor dentinario vestibular y palatino, se midieron en todos los cortes. Los valores promedios, máximos y mínimos para cada variable estudiada se muestran en la Tabla 2.

En la zona cervical el espesor dentinario palatino mostró en el grupo I un valor medio de 1,18 mm con un rango de variación de entre 0,35-1,82 mm (raíces sin instrumentar). Mientras que en los grupos II, III y IV, (raíces instrumentadas) los valores medios del espesor dentinario palatino fueron de 0,76 mm (rango 0,41-1,19 mm), 1,04 mm (rango 0,58-1,69 mm) y 1,00 mm (rango 0,75-1,40 mm), respectivamente

El valor medio de esta medida fue significativamente menor en el grupo II con instrumentación manual, limas K-Fresas de Gates-Glidden, en relación a los otros grupos (tabla 2; Figura 1 A, B, C, D).

Con respecto al diámetro del conducto, en la zona apical se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de los grupos I, II y IV. ($p=0.0182$). En esta zona los grupos I (sin instrumentar) y grupo III (Sistema Rotatorio ProFile®) presentaron valores medios similares en relación al diámetro de conducto. Los grupos II (instrumentación manual-fresas de Gates-Glidden®) y IV (Sistema rotatorio HERO®) mostraron valores medios mayores a los otros dos (Tabla 2).

Para las variables: diámetro del conducto, espesor dentinario de la pared palatina y de la pared vestibular se observaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre las zonas apical-media y apical-cervical.

En el corte medio ninguna de las medidas estudiadas (edp,edv y diámetro del conducto) en los diferentes grupos arrojaron diferencias significativas. ($p>0.05$). (Tabla 2)

Tabla 2: Valor medio (mediana), mínimo y máximo de las variables en cada grupo y zona estudiadas.

SECCIÓN	GRUPO	VARIABLES	VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	P-VALOR ⁽¹⁾
Apical	1	edp	0,81	0,33	1,35	>0.05
		edv	0,77	0,52	1,22	
		diam conducto	0,28(*)	0,11	0,54	0.0182
		prof surco	0,00	0,00	0,44	
	2	edp	0,75	0,10	1,12	>0.05
		edv	0,71	0,20	1,64	
		diam conducto	0,33(*)	0,18	0,55	0.0182
		prof surco	0,06	0,00	0,50	
	3	edp	0,82	0,45	1,30	>0.05
		edv	0,74	0,41	1,61	
		diam conducto	0,30	0,22	0,42	
		prof surco	0,03	0,00	0,50	
	4	edp	0,80	0,20	1,44	>0.05
		edv	0,72	0,10	1,13	
		diam conducto	0,35(*)	0,24	0,51	
		prof surco	0,11	0,08	0,27	
Medio	1	edp	1,01	0,54	1,62	>0.05
		edv	1,13	0,81	1,42	
		diam conducto	0,44	0,20	0,60	
		prof surco	0,31	0,13	0,89	
	2	edp	0,78	0,48	1,13	
		edv	1,09	0,68	1,48	
		diam conducto	0,48	0,31	0,80	
		prof surco	0,36	0,02	0,81	
	3	edp	0,93	0,37	1,49	
		edv	1,08	0,49	1,46	
		diam conducto	0,42	0,27	0,74	
		prof surco	0,39	0,12	0,94	
	4	edp	0,88	0,47	1,41	
		edv	1,06	0,45	1,45	
		diam conducto	0,51	0,35	0,78	
		prof surco	0,31	0,11	0,68	
Cervical	1	edp	1,18	0,37	1,82	>0.05
		edv	1,41	1,07	1,63	
		diam conducto	0,64	0,37	1,08	
		prof surco	0,23	0,00	0,83	
	2	edp	0,76(*)	0,41	1,19	0.0016
		edv	1,24	0,36	1,66	>0.05
		diam conducto	0,71	0,49	1,31	
		prof surco	0,41	0,00	0,93	
	3	edp	1,04	0,59	1,69	
		edv	1,39	0,90	1,98	
		diam conducto	0,54	0,37	0,91	
		prof surco	0,40	0,13	1,09	
	4	edp	1,00	0,75	1,40	
		edv	1,28	1,15	1,59	
		diam conducto	0,63	0,52	1,05	
		prof surco	0,40	0,06	0,94	

(1) p-valor para la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, (*) Indica diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de los grupos estudiados

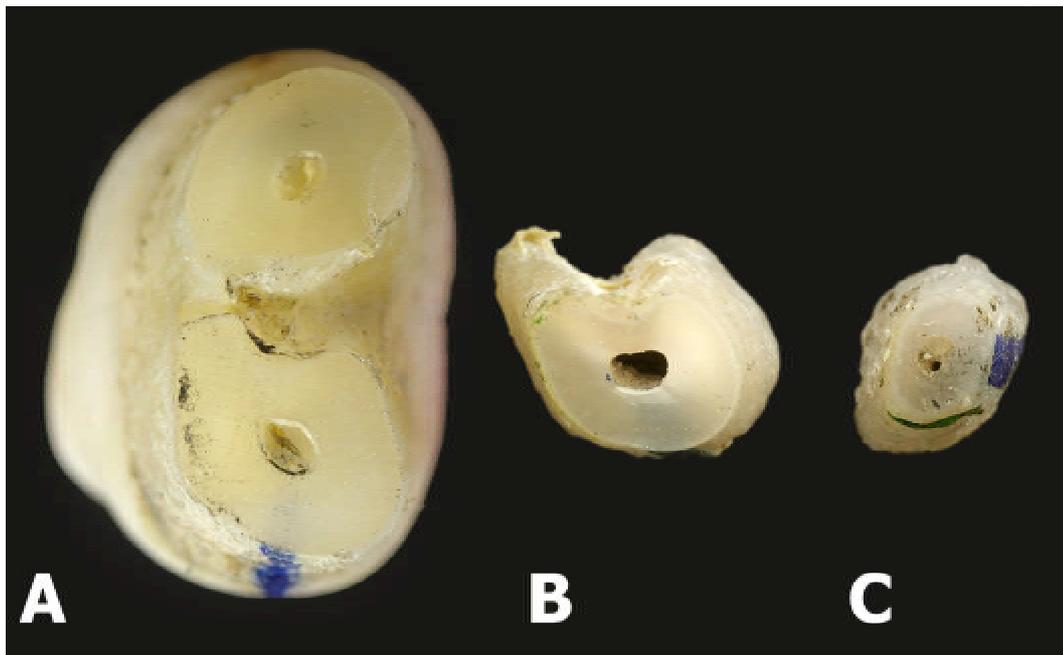


Figura 4: fotomacrografía que muestra los cortes realizados en un elemento dentario del grupo I sin instrumentar.



Figura 5: fotomacrografía que muestra los cortes realizados en un elemento dentario del grupo II instrumentados con técnica manual con fresas de Gates-Glidden® y limas lisas tipo K®.

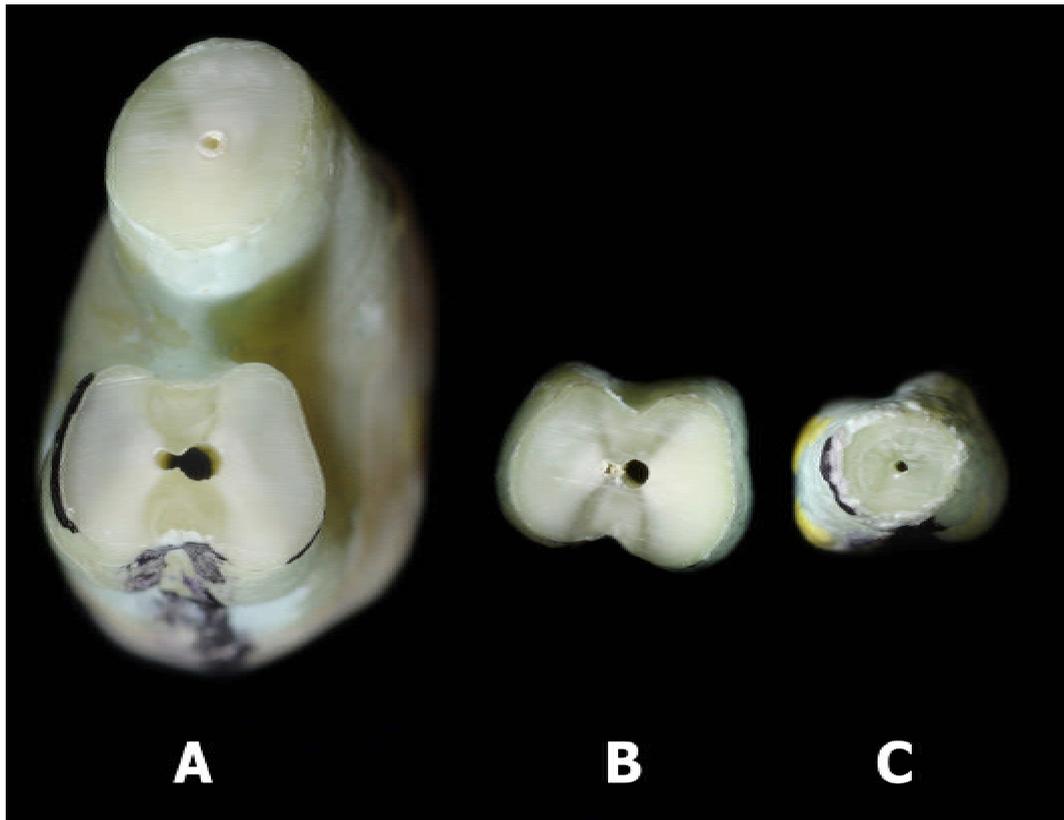


Figura 6: fotomacrografía que muestra los cortes realizados en un elemento dentario del grupo II instrumentados con sistema rotatorio ProFile®.

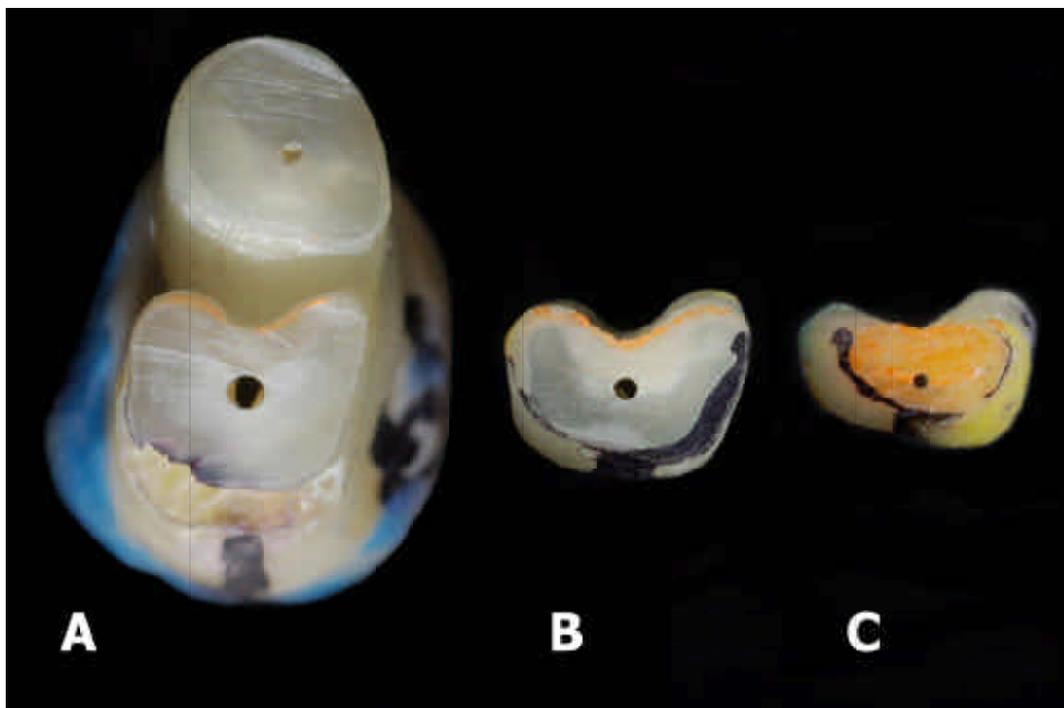
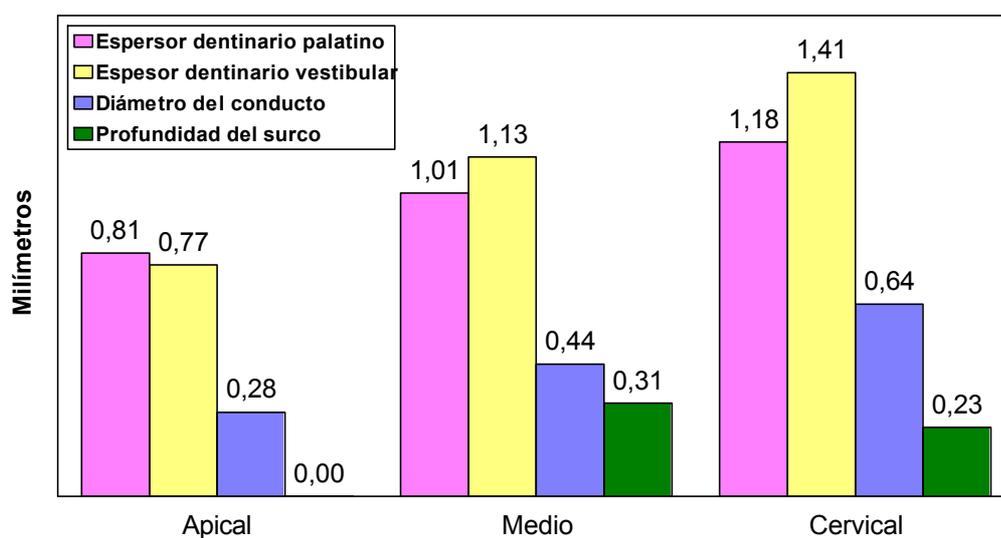


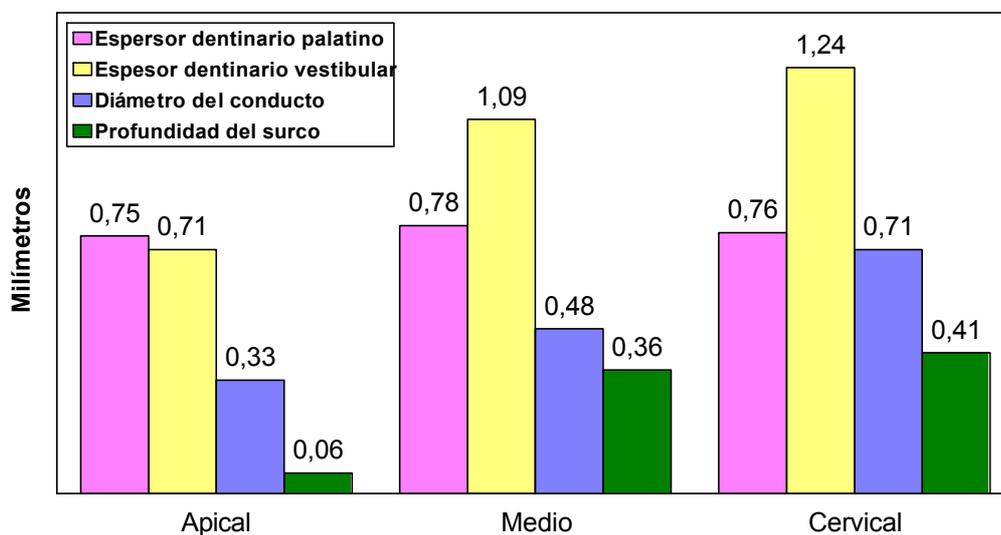
Figura 7: fotomacrografía que muestra los cortes realizados en un elemento dentario del grupo II instrumentados con sistema rotatorio HERO 642®.

Figura 8: Gráfico de barras donde la altura de la misma representa el valor medio (mm) de cada una de las mediciones realizadas en las zonas cervical, media y apical de los diferentes grupos. A) Grupo I; B) Grupo II; C) Grupo III; y D) Grupo IV.

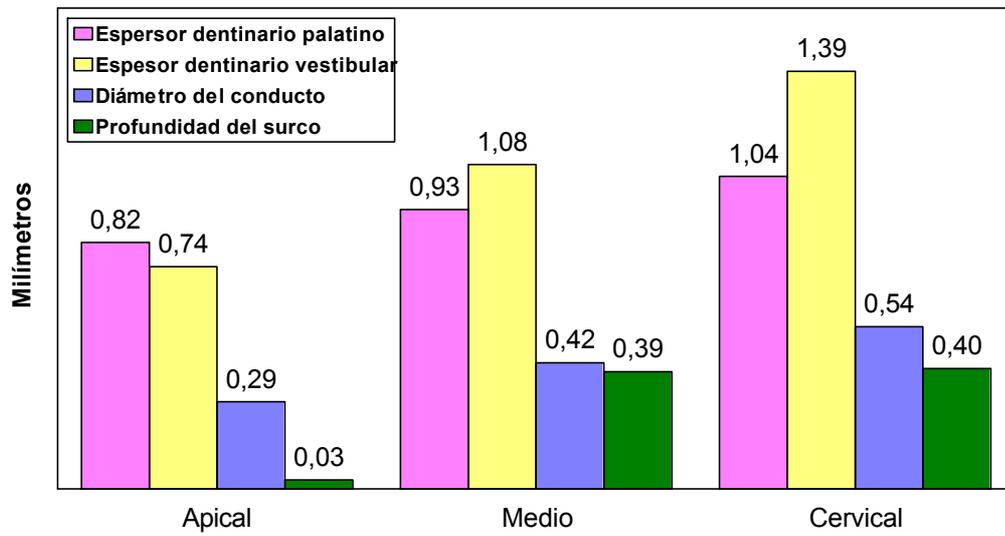
A)



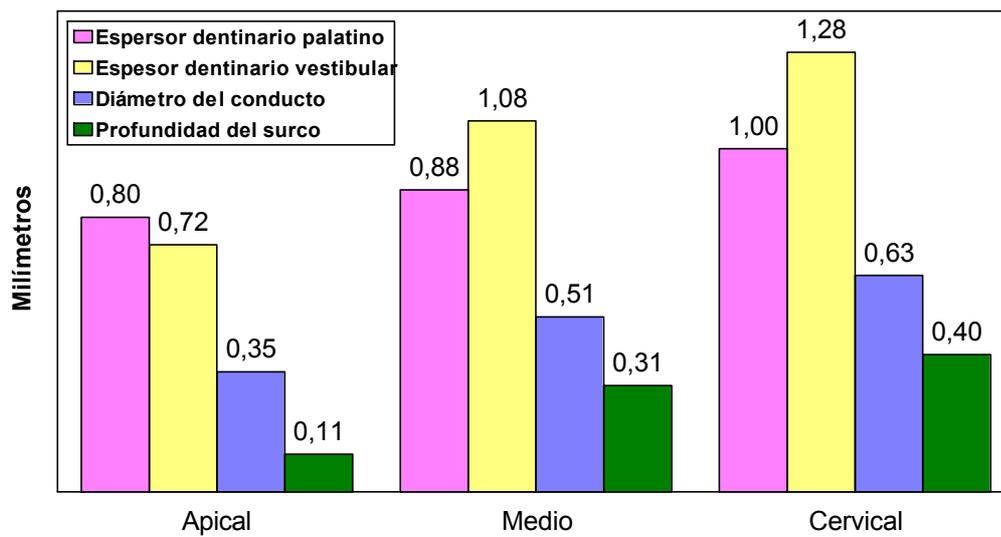
B)



C)

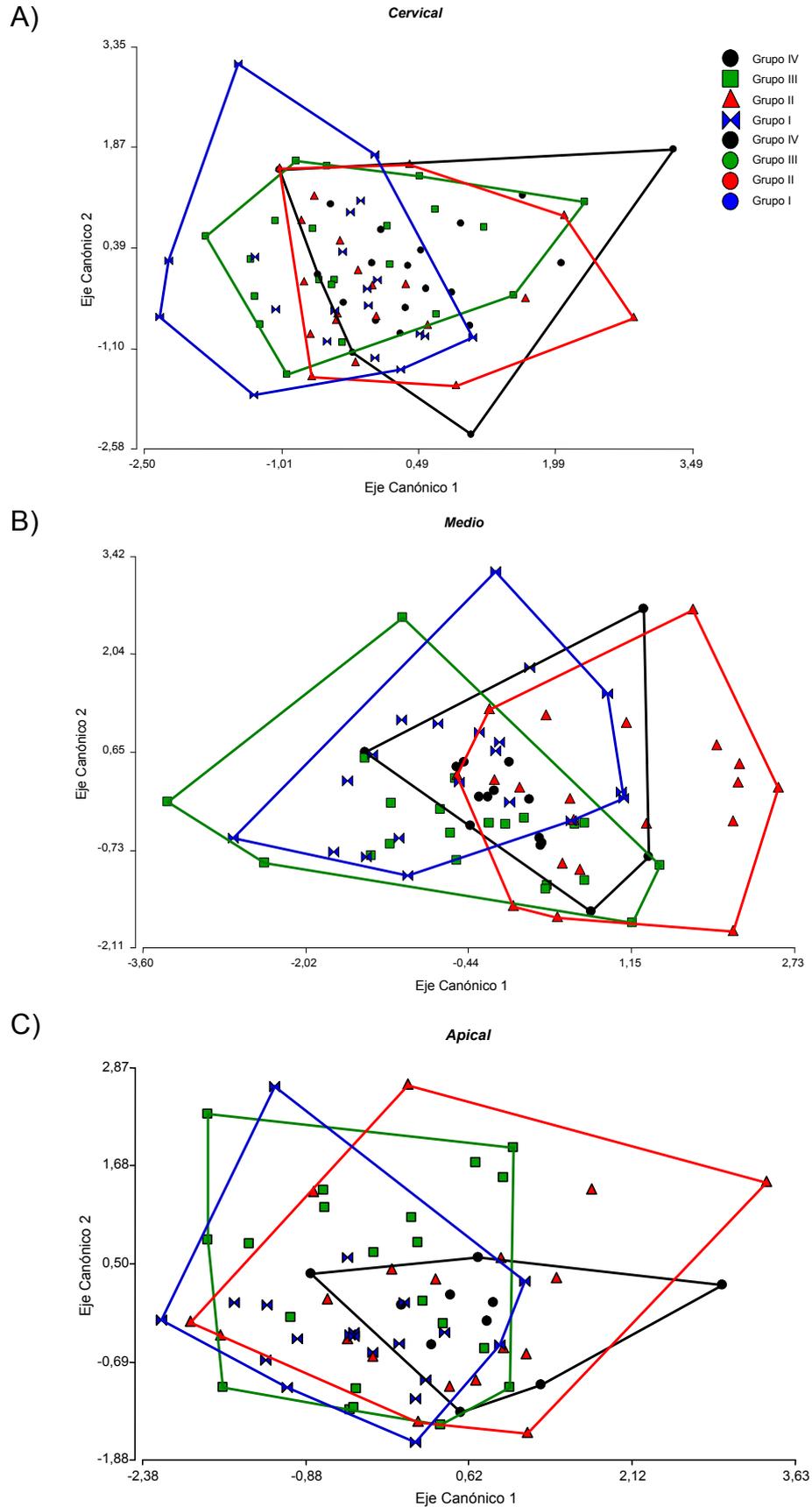


D)



En la evaluación conjunta de las variables, mediante el análisis discriminante lineal en cada una de las zonas estudiadas se observó que los grupos I y III difirieron significativamente de los grupos II y IV ($p < 0.0001$) (Figura 9).

Figura 9 Grupos establecidos mediante análisis discriminante lineal. A) Cervical B) Medio C) Apical



En relación a los valores medios observados de profundidad de surco y el espesor dentinario palatino se observa que en la zona apical, en todos los grupos estudiados, la profundidad de surco siempre fue menor que en la zona media y cervical. No se encontró correlación entre los valores del espesor dentinario palatino y la profundidad de surco en ninguno de los grupos estudiados (Coeficiente de Spearman < 0.60) (Figura 10).

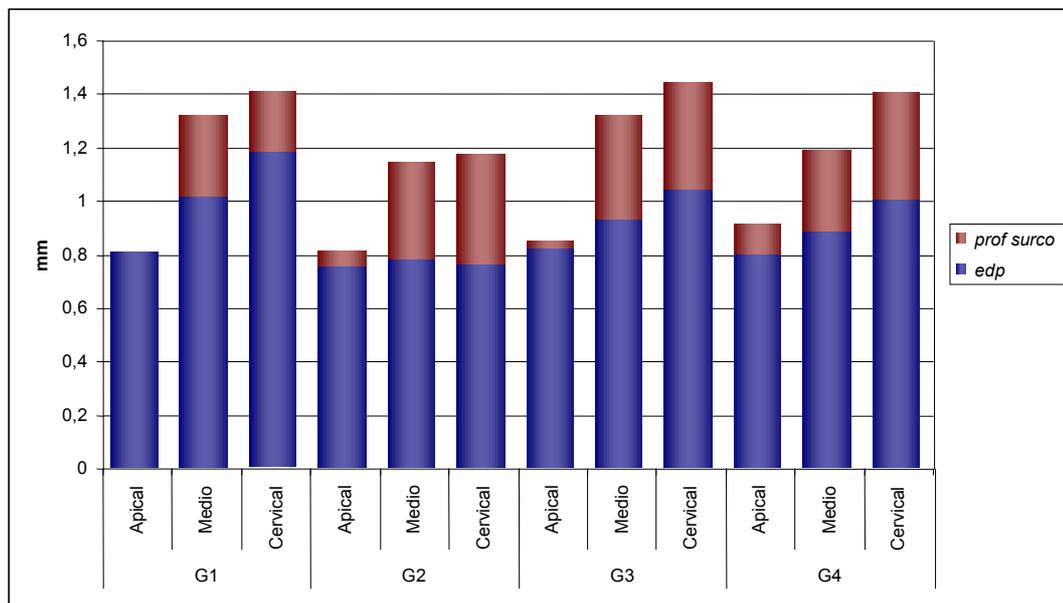


Figura 10: gráfica de barras apiladas donde se muestra los valores medios de la profundidad de surco y el espesor dentinario en cada una de las zonas en los diferentes grupos estudiados.

DISCUSIÓN

La finalidad de la instrumentación e irrigación es remover del conducto todo tejido orgánico, vital o necrótico, así como parte del tejido dentinario, de manera de lograr adecuada limpieza y conformación además de una obturación de alta calidad técnica (Haapasalo 2005). Para ello es fundamental el conocimiento exhaustivo de la anatomía dentaria.

La bibliografía endodóntica ha descrito en numerosos trabajos la particular e intrincada anatomía del sistema de conductos radiculares. (Booker 1985, Calişçan 1995, Gher 1980).

En el ejercicio clínico de la endodoncia, el profesional debe considerar no solo la configuración anatómica interna sino la pieza dentaria en su totalidad. Por lo tanto, aspectos de la conformación externa también deben ser tenidos en cuenta, ya que pueden influir en el pronóstico a largo plazo de los tratamientos odontológicos.

Así pues, el primer premolar superior presenta con frecuencia en la cara palatina de la raíz vestibular un surco o hendidura que se extiende en forma longitudinal en sentido ocluso-apical.

Entre los estudios anatómicos encontrados en la literatura, pocos mencionan la presencia de este aspecto anatómico. Los únicos autores que lo describen y se ocuparon de realizar estudios morfométricos, son Gher y Vernino (1980); Booker (1985); Joseph (1996); Tamse (2000) y Katz (2006).

Otros autores como Walton y Torabinejad (2000), si bien no realizaron estudios anatómicos, mencionan este surco furcal como un “hallazgo corriente”, también es citado por Mattheuws & Tabesh (2004).

Gher y Vernino (1980) describen el surco como una depresión de desarrollo de la superficie palatina de la raíz vestibular que se inicia en la furcación y se extiende hacia ápice radicular. En una muestra de 35 casos (n=35) encontraron el surco en el 78% de ellos. También menciona la presencia de una depresión similar en la superficie vestibular de esta raíz.

Booker (1985) coincide en describirla como una depresión de desarrollo y la encuentra en el 100% de los premolares de dos raíces estudiados (n=25).

En un estudio biométrico sobre la anatomía furcal de primeros premolares superiores, Joseph (1996) ubica el surco furcal en el 62 % de 37 premolares de dos raíces, no así en la cara vestibular. Mediante mediciones realizadas con un calibre, encontraron que la profundidad media era de 0.46 mm.

Tamse y cols (2000) realizaron el primer estudio morfométrico para describir el surco furcal. Efectuaron cortes horizontales y luego los midieron con un microscopio Toolmaker. En 35 casos (n=35) lo encuentran en el 97% de las muestras. Lo describen como una concavidad que comienza en la zona de la furcación, alcanza una profundidad máxima de 0.40 mm a una distancia promedio de 1.18 mm de la división de la raíz.

La gran variación en los porcentajes encontrados por diferentes autores puede deberse a que se tomaron muestras con escaso número de especímenes. En nuestro estudio, utilizamos una muestra de 141 primeros premolares de raíces bifurcadas, encontrando el surco en el 83% (n=117) de los casos. Con respecto a los valores promedios de la profundidad de surco fueron: zona cervical 0,36 mm; en la zona media 0,34 mm; y en la zona apical 0,05 mm. Los valores máximos de profundidad de surco medido fueron: en el tercio cervical 1,09 mm; en el tercio medio 0,94 mm y en el tercio apical 0,50 mm.

Si bien los espesores promedios obtenidos en la pared vestibular del conducto en los tercios cervical y medio eran mayores que los obtenidos en la pared palatina, en la que se encuentra el surco furcal no se encontró correlación entre estos valores.

Para las mediciones efectuadas en nuestro trabajo se utilizó un proyector de perfiles digital (PRAZIS®) el cual ha sido empleado previamente en estudios semejantes a éste en odontología y medicina. Se ha utilizado para realizar mediciones en investigación en ortodoncia (Pus 1980), prótesis (Adabo 1999), radiología (Heding 1975) y laboratorio de prótesis (Byrne 1992, Harper 1979). En periodoncia para el estudio de la anatomía furcal (Romito 2004) y en endodoncia para medición de conos de gutapercha (Briseño 2001) y filtración de obturaciones (Hata 1992).

Acordamos con el trabajo de Tamse y Katz (2000) en que el surco furcal sería un aspecto morfológico y no embriológico. Estos autores se fundamentan en el hecho que ellos no encontraron depresión en la cara vestibular.

No obstante, Gher y Vernino (1980) señalan que esta fisura, presente en la mayoría de primeros premolares con raíces vestibulares y palatinas bien formadas, representaría la formación parcial de dos raíces vestibulares durante el desarrollo del diente. Para llegar a esta conclusión se basan en el hecho de que en los premolares en los cuales la bifurcación está localizada en el tercio apical de la raíz, no se encuentran surcos furcales.

Para poder asegurar que se trata de hechos biológicos que ocurren durante el desarrollo del diente, debería efectuarse un estudio de la embriología secuencial de esta pieza dentaria.

Tamse (2000) señala como hecho interesante que en la zona del conducto correspondiente al surco furcal, se encuentran una invaginación de idéntica forma, mucho más pequeña. Si bien este punto no fue motivo de nuestro trabajo en algunos cortes se observó una modificación en la pared palatina del conducto que se correspondía con la invaginación del surco furcal.

Mattuella (2005) realizó un análisis radiográfico de primeros premolares superiores que presentaban un surco longitudinal en la cara vestibular de la raíz del mismo nombre. Si bien no reportan la presencia del surco furcal de la raíz vestibular, concluyen que mientras mayor sea el número de surcos en la superficie externa de la raíz, cuanto más profundos y extensos sean, mayores serán las variaciones en la anatomía interna de dichos dientes. En nuestro estudio observamos que con frecuencia la anatomía externa produce variaciones en la conformación interna del conducto.

Con respecto a espesores radiculares, son pocos los estudios que realizaron mediciones.

Tamse (2000) determinó el espesor dentinario de la pared palatina en la zona del surco furcal y encontró un promedio de 0.81 mm,

Bellucci y cols (2002) realizaron mediciones de espesores radiculares en dientes anteriores y premolares con el objetivo de desarrollar modelos geométricos promedios, a partir de cortes efectuados con un disco siliconado de carburo en forma perpendicular al eje largo del diente, ayudados por un microscopio óptico para medir espesor de dentina-cemento a distintas alturas de la raíz. El primer corte se efectuó a la altura de la unión amelo-cementaria, el segundo a 4 mm coronario al ápice y el tercero en un punto equidistante entre ambos. A diferencia de otros estudios de espesores dentinarios, Bellucci tomó en cuenta la edad del paciente del cual se extrajo el diente, ubicando el rango etario en pacientes comprendidos entre 35-55 años.

Ello los llevó a observar que los primeros premolares superiores de dos raíces presentaban una gran cámara pulpar en la sección correspondiente a la unión amelo-cementaria y que el resto de las raíces tenían sección circular. No mencionan la presencia del surco furcal de la raíz vestibular. En las mediciones de espesores dentinarios que realizaron en el corte medio de la raíz vestibular encontraron los siguientes espesores promedios: espesor pared vestibular 1,45 mm; espesor pared palatina 1,31 mm.

En cambio, en nuestro estudio encontramos en promedio: espesor pared vestibular 1,41 mm; espesor pared palatina 1,18 mm. Es menester destacar que al igual que lo referido por Tamse, todas las raíces medidas presentaban surco furcal. Por el contrario, Bellucci si bien mide espesores radiculares de raíces vestibulares no hace una selección con respecto a la presencia o ausencia de surco.

Refiriéndose a otro aspecto, el mismo autor, en el trabajo citado, aplicando el test de Student para muestras apareadas encontró que en la raíz vestibular de los premolares superiores de dos raíces, el espesor dentinario de la pared vestibular era mayor que el espesor de la pared palatina ($P < 0.05$). En nuestro trabajo también se observó que en los tercios cervical y medio los espesores dentinarios de la pared vestibular eran mayores que los de la pared palatina, tanto en el grupo de dientes no instrumentados como en el grupo de dientes instrumentados.

Con respecto a la selección de las muestras utilizadas en el presente estudio, al igual que este autor, tuvimos en cuenta que los premolares presentaran dos raíces bien formadas. Además, consideramos la edad del paciente en más de 35 años, a los efectos de sumar los cambios dimensionales que ello implica. La importancia de este detalle radica en que el volumen de la cavidad pulpar y el diámetro de los conductos, así como el de los orificios apicales decrecen progresivamente con la edad a causa de la aposición de dentina secundaria. Sin embargo, este cambio no es gradual, ya que en un estudio comparativo entre diferentes grupos etarios, se advierte que los mayores cambios volumétricos se dan entre los 20 y los 40 años, en comparación a los valores observados entre los 40 y los 60 años. (Oj 2004)

En el área protésica existen numerosos trabajos publicados con el fin de determinar los calibres ideales para el ensanche de los conductos en la preparación para perno en premolares superiores de dos raíces.

Así pues, Tilk y cols (1979) realizaron un estudio anatómico midiendo espesores radiculares para establecer el tamaño ideal del perno. En primeros premolares de dos raíces encontraron en la raíz vestibular espesores

de 3,80 a 5,40 mm con un promedio de 4,63 mm. Basándose en la teoría protésica de uso en la práctica profesional, que establece que el ancho del perno no debe superar un tercio del ancho radicular, sugieren que el diámetro de la preparación del conducto debería medir entre 0,70 y 1,20 mm.

En cambio, Shilingburg (1982) determinó que en dicha preparación, debería usarse un diámetro de 0,90 mm como máximo tanto para la raíz vestibular como para la lingual.

Raiden (1999) realizó un estudio en primeros premolares superiores de una raíz con uno y dos conductos, con el objetivo de determinar el diámetro de instrumento que no deja espesores menores a un milímetro. Para ello utilizó fresas de Peeso de diferentes calibres. Encontró que en primeros premolares superiores de una raíz y dos conductos no debe usarse un instrumento mayor a 1.10 mm para garantizar un espesor mayor a 1 mm.

Hay que destacar el hecho de que Tilk (1979) y Shilingburg (1982) trabajaron sobre primeros premolares de dos raíces bien diferenciadas, a diferencia de Raiden que realizó las mediciones en primeros premolares de dos conductos en una raíz.

En el estudio de Raiden (1999) se destaca, como dato interesante que con el mismo diámetro de instrumento, el espesor de dentina residual es menor en dientes de un conducto que en dientes de dos conductos. Esto se explica por la ubicación de los mismos en cada caso. Así pues, en raíces de premolares de conducto único, éste se ubica en el centro de la raíz que es aplanada en sentido mesio-distal, adelgazándose las paredes en la zona donde externamente, están los surcos longitudinales mesiales y distales.

Estos surcos, al igual que el surco furcal de la raíz vestibular, contribuyen al adelgazamiento de la dentina radicular. En las mediciones efectuadas en nuestro estudio, en el cual todas las raíces estudiadas presentaban surco, se observó como tendencia que en los tercios cervical y medio el espesor dentinario vestibular siempre era mayor que el espesor dentinario palatino. En cambio en el tercio apical; el cual presenta menor porcentaje de cortes con surco y en el caso de tenerlo la profundidad es escasa; la media del espesor dentinario palatino superaba al espesor dentinario vestibular.

Barroso y cols (2005) realizaron un estudio en raíces vestibulares de primeros premolares superiores para establecer la influencia de la preparación de accesos previos con diferentes instrumentos en la determinación de la lima apical inicial (primera lima que ajusta en el ápice). Para ello utilizaron diferentes instrumentos rotatorios de níquel titanio y también, al igual que en nuestro trabajo, en uno de los grupos se prepararon los accesos con fresas de Gates-Glidden® número 2 y 3 (calibre 0,70 y 0,90 mm) estableciendo diferencias significativas entre los grupos de dientes con acceso previo y el grupo control (sin preparación de accesos). Ellos concluyen que la preparación temprana del tercio cervical y medio del conducto debe hacerse para optimizar la determinación del diámetro del conducto en la constricción apical. Una medida más precisa del diámetro apical permite mejor instrumentación y evitaría dejar áreas del conducto sin instrumentar.

Katz y Wasenstein (2006) a su vez, estudiaron el espesor dentinario en 25 premolares superiores de raíces bifurcadas antes y después de la instrumentación endodóntica y luego de la preparación para pernos Parapost® (Whaledent). Al igual que en nuestro trabajo; todas las piezas dentarias utilizadas en este estudio presentaban el surco furcal en la pared palatina de la

raíz vestibular. Los conductos fueron preparados con técnica de fuerza balanceada con limas K conicidad 0.02 hasta calibre 45. Luego se prepararon sucesivamente con fresas de Gates-Glidden® (Maillefer- Suiza) N° 2 y 3; fresas de Largo® (Maillefer- Suiza) N° 2 y 3 y fresas Para-Post® (Whaledent Internacional-Nueva York). El método consistía en realizar cortes horizontales en la raíz a 2, 4, y 6 mm del ápice y fotografiar con una cámara montada en un microscopio para medir el espesor dentinario original, luego de la instrumentación y una posterior medición después de la preparación para perno.

Estos autores encuentran como hecho sorprendente que el espesor dentinario de la pared palatina (pared del surco furcal) de la raíz vestibular previo a la instrumentación era en promedio menor a 1 mm (0,99 en el corte coronal y 0,78 en el corte medio). Luego de la instrumentación y de la preparación para perno repitieron estas mediciones obteniendo como promedio 0,68 mm para el corte cervical y 0,66 mm para el corte medio.

Nosotros encontramos que el espesor dentinario de la pared palatina previo a la instrumentación en el tercio cervical fue en promedio de 1,18 mm, con rangos entre 0,37 mm y 1,82 mm. En el corte medio obtuvimos un promedio de 1,01 mm variando entre 0,54 mm y 1,62 mm. Entre los grupos instrumentados el menor promedio de espesor dentinario de pared palatina se encontró en el grupo 2 (instrumentación manual-fresas de Gates-Glidden®) con un valor de 0,76 mm con valores entre 0,41 y 1,19 mm en corte cervical y una media de 0,74 mm con un rango entre 0,48 y 1,13 en el corte medio.

Cuando se comparan las mediciones obtenidas en nuestro trabajo con el de Katz y Wasenstein (2006) se observa una situación similar en la pared vestibular. Ellos obtuvieron como promedio para la pared vestibular 1,16

mm en cervical y 0,91 mm en corte medio. Luego de la instrumentación, las medidas fueron: 0,96 mm y 0,78 mm respectivamente.

En esta pared nosotros obtuvimos: 1,41 mm y 1,13 mm en cervical y medio, grupo I (sin instrumentar) y 1,24 mm y 1,09 mm respectivamente en grupo 2 (instrumentación manual-fresas de Gates-Glidden®).

Al comparar los valores de nuestro estudio con el de Katz y Wasenstein, observamos que los espesores dentinarios obtenidos por estos autores son menores a los hallados por nosotros, tanto en las raíces instrumentadas como en las no instrumentadas. Este resultado podría deberse a que en nuestro trabajo se tomó en consideración la edad del paciente al momento de la extracción. Esta variable es importante ya que la edad produce cambios significativos en los espesores dentinarios por la aposición continua de dentina y cemento que se produce a lo largo de la vida del diente (Oli 2004).

Estos autores también encontraron luego de la instrumentación, espesores medios menores que nosotros. Al realizar la preparación para perno, además de usar fresas de Gates-Glidden® (Maillefer) N° 2 (calibre 0,70 mm) y 3 (calibre 0,90 mm), ellos utilizaron fresas Largo® (Maillefer) N° 2 (calibre 0,90 mm) y 3 (calibre 1,10 mm) que producen un ensanchamiento del conducto significativamente mayor.

Como dato interesante, observaron que al instrumentar y preparar para perno el desgaste del conducto, no es uniforme en todo el perímetro del conducto. La mayor parte de dentina se removió en la pared palatina (31,3% en corte coronario y 15,3% en el corte medio para pared lingual en comparación con 17,2% y 14,3% respectivamente para pared vestibular). A partir de

allí, los autores concluyen que debe evitarse la colocación de pernos en la raíz vestibular de premolares superiores.

Pilo y cols (1998) analizaron el efecto de aplicación de diferentes técnicas de instrumentación en la pérdida de dentina en premolares inferiores de una raíz. Comparan los espesores obtenidos antes y después de la instrumentación con limas manuales y luego de preparar con instrumental rotatorio. Para ello prepararon los conductos con técnica de “step-back” y luego con fresas de Gates-Glidden® N° 2 y 4. Mediante la utilización de un microscopio, midieron los espesores radiculares a 1,3 y 5 milímetros hacia apical del límite amelo-cementario. Al comparar la disminución del espesor dentinario en relación a los instrumentos usados, concluyeron que la mayor reducción se producía entre las mediciones efectuadas previas y posteriores a la instrumentación y una reducción menos marcada con el uso de las fresas de Gates-Glidden®. También observaron que el desgaste producido por estas fresas no se produce en forma uniforme, sino principalmente en las paredes mesiales y distales. Al tener los premolares inferiores raíces aplanadas en este sentido y adelgazarse significativamente esas paredes, aumenta el riesgo de que se originen fisuras que comprometan la integridad dentaria.

En nuestro trabajo, en el cual las raíces eran aplanadas en sentido vestibulo-lingual, se observó también que el mayor desgaste se producía en las paredes más delgadas, especialmente en el lado palatino del conducto. Estas observaciones con respecto a la preparación irregular en raíces aplanadas coinciden con los resultados de Katz (2006) y Pilo (1998).

Bryant y cols (1999) evaluaron la capacidad de conformación de las limas rotatorias ProFile® 0.04 y 0.06 en conductos de diferente curvatura si-

mulados en resina. Los conductos se prepararon en una secuencia similar a la realizada en nuestro estudio, aunque Bryant no usó los conformadores de orificio. Evaluaron los conductos en dos etapas: luego de prepararlos hasta la lima 25/0.04 como lima apical maestra y luego de prepararlos hasta una lima 35/0.04.

En nuestro estudio, al igual que en el de Bryant, no hubo deformación o fractura de instrumentos. Los autores lo atribuyen al uso previo de limas de mayor conicidad en la zona coronaria, lo que permitiría el trabajo de las limas de conicidad 0.04 en la zona apical con menor stress. En los conductos preparados hasta una lima 25/0.04 no se produjeron accidentes como cambios en longitud de trabajo, bloqueos o escalones. En cambio, se observó que en los conductos preparados hasta la lima 35/0.04 el instrumento removió más material de la zona externa de las curvas y se encontraron mayor número de aberraciones. Los autores lo atribuyen al incremento de la rigidez de los instrumentos al aumentar el calibre y la conicidad.

Si bien existen diferencias en el diseño experimental en el trabajo de Bryant, porque éste utiliza conductos simulados en resina, los resultados de la instrumentación -tomando como lima apical maestra (última lima que trabaja en toda la longitud del conducto) al calibre 25/0.04- coinciden con nuestro estudio en que no tuvieron accidentes operatorios como fractura de instrumentos, pérdida de longitud de trabajo, bloqueos o escalones.

La secuencia de instrumentación del trabajo de Bryant es similar a nuestro diseño, con la diferencia que nosotros realizamos preparación de accesos radiculares previos utilizando abridores de orificio 3 y 2 y la lima apical maestra fue la 30/0.04. Aún con este calibre final de preparación, no observa-

mos accidentes, probablemente debido a la preparación temprana del tercio cervical. Esta maniobra operatoria permite un acceso más directo del instrumento a la zona apical y hace que éste trabaje menos tensionado haciendo contacto en un solo tercio del conducto.

Garala y Kuttler (2003) compararon el mínimo espesor dentario remanente en raíces mesiales de molares inferiores luego de la instrumentación con sistema ProFile® y HERO 642®. Utilizaron primeros y segundos molares inferiores con configuración tipo IV de Vertucci (dos conductos separados con forámenes individuales) (Vertucci 2005), siguiendo las indicaciones dadas por los fabricantes. En los conductos trabajados con ProFile® la lima apical maestra (última lima que trabaja en toda la longitud del conducto) fue calibre ISO 30 conicidad 0.04; cuando se utilizó HERO 642® el calibre fue ISO 30, conicidad 0.02.

Los espesores radiculares se midieron antes y después de la preparación en secciones transversales a distintas alturas de la raíz. Así, observaron diferencias significativas en dichos espesores en la zona coronal con respecto a la zona apical, tanto antes como después de la instrumentación. ($P=0.0001$). Sin embargo, no encontraron diferencias estadísticas entre ninguno de los dos sistemas de instrumentación usados. Sí en cambio en el espesor de pared del conducto, antes de la preparación al igual que en el análisis post-instrumentación.

En nuestro estudio, si bien se hizo en primeros premolares superiores a diferencia de Garala que trabajó sobre raíces mesiales de molares inferiores; observamos resultados similares en la comparación de sistema ProFile® con HERO 642®. Encontramos también, mayores espesores

dentinarios en el tercio coronario con respecto al tercio apical, relación que se mantuvo luego de la instrumentación.

Garala, comparando sistema ProFile® con HERO 642®, llegó a la conclusión que el espesor dentinario mínimo radicular no se altera significativamente con ninguno de estos dos sistemas antes y después de la instrumentación y que la anatomía original es el factor más importante para determinar el espesor dentinario post-instrumentación.

En nuestro trabajo, al comparar estos sistemas, tampoco encontramos diferencias en espesores dentinarios, excepto en la zona apical con sistema HERO 642® para la variable diámetro de conducto ($p=0.0182$).

Por lo tanto coincidimos con McCann (1990) y Garala (2003) en que ninguno de los sistemas evaluados para la instrumentación de conductos compromete la integridad de la raíz por excesivo adelgazamiento de la pared radicular.

Sin embargo, al evaluar conjuntamente las variables, mediante análisis discriminante lineal, se observó que los grupos I (conductos sin instrumentar) y III (sistema rotatorio ProFile®) difirieron significativamente de los grupos II (instrumentación manual-fresas de Gates-Glidden) y grupo IV (sistema HERO 642®). En estos dos últimos grupos obtuvieron conductos de mayor calibre y paredes más delgadas (Figura 9).

El sistema ProFile®, bajo las condiciones de nuestro estudio, es el que produce menos variaciones en diámetro del conducto y espesores dentinarios, con respecto a las mediciones del conducto sin instrumentar.

En el grupo II, con el uso de limas manuales y fresas de Gates-Glidden®, se produjo un adelgazamiento significativo en la pared furcal del conducto ($p=0.0016$).

Este dato es un hecho de significación clínica que coincide con las observaciones de otros autores en que el desgaste producido por instrumentos rotatorios de acero inoxidable del tipo de las fresas Gates-Glidden® es siempre mayor sobre la cara furcal, lo cual genera un riesgo operatorio, ya que anatómicamente es la pared más delgada (Pilo 1998; Katz 2006).

Con respecto al diámetro del conducto, obtuvimos con instrumentación manual-fresas de Gates-Glidden® (grupo II) y con el sistema HERO 642® (grupo IV) preparaciones de calibre significativamente mayor en la zona apical, en cambio con el sistema ProFile® (grupo III) el diámetro de conducto logrado no presentó diferencias significativas con el original. Probablemente ello sea consecuencia de que las fresas de Gates-Glidden® y el sistema HERO 642® trabajan a una velocidad mucho mayor que ProFile®, lo que les otorga mayor agresividad en el corte.

Esta observación es compartida por Thompson (2000a) quien sostiene que al usar HERO 642® con menor velocidad que la recomendada por el fabricante disminuían las dificultades y el instrumento no se atornillaba en el conducto.

Pautas de aplicación clínica

Las características anatómicas de la raíz vestibular analizadas en este estudio y en los anteriores deben ser evaluadas al momento de planear

cualquier tratamiento odontológico en los primeros premolares superiores.

Esta pieza dentaria se caracteriza por la presencia de concavidades en las caras mesiales y distales del tronco radicular, siendo la más profunda la de la cara mesial. Estas depresiones proximales junto a la existente en la zona furcal actúan como factores retentivos de placa bacteriana y cálculo dental

Desde el punto de vista periodontal, cuando se pierde un 50% de hueso interproximal, estos aspectos anatómicos quedan involucrados en la patología. Durante el tratamiento periodontal, esas áreas no son alcanzadas por la instrumentación. El ancho promedio de la entrada furcal es de 0,71 mm, menor que el diámetro de una cureta de Gracey standard. Con frecuencia los surcos persisten hacia el ápice radicular y están asociados con mayor pérdida de inserción que la que se encuentra en raíces sin concavidades.

El mantenimiento periodontal post- tratamiento también es complicado por las dificultades para la higiene. Por lo tanto, la presencia de concavidades en piezas dentarias con involucración periodontal puede empeorar el pronóstico de tratamiento.

Desde el punto de vista endodóntico, debe tenerse en cuenta que la forma del conducto generalmente reproduce la anatomía externa de la raíz, presentando en su pared palatina una concavidad opuesta al surco furcal, por lo tanto en muchos casos la sección transversal es de forma arriñonada. Si bien es cierto que la elección de la técnica de instrumentación para la preparación de los conductos debe tener como objetivo optimizar la limpieza de conducto y neutralizar o eliminar patógenos endodónticos o sus produc-

tos, la búsqueda de estos objetivos no debe llevar a preparaciones con conicidades excesivas o adelgazamientos radiculares que pongan en riesgo la integridad dentaria.

Aunque en el patrón de distribución de las fuerzas parece más importante la forma de la raíz obtenida en un corte horizontal que el espesor dentinario, debe minimizarse la remoción de dentina ya que la posibilidad de que un diente endodónticamente tratado se fracture aumenta en forma proporcional a la cantidad de dentina removida. Para preservar las estructuras dentarias debería mantenerse al menos 1 mm de espesor dentinario en toda la raíz luego de todos los procedimientos intrarradiculares (Katz 2006).

El hecho de mantener el espesor dentinario tanto como sea posible, especialmente en las áreas proximales o en las partes delgadas de la dentina -como la pared furcal- minimiza el stress adicional de las fuerzas de flexión. Por lo tanto, cobran importancia los resultados de nuestro trabajo y de otros mencionados anteriormente que indican que en algunas raíces dicho espesor dentinario es menor a 1 mm previo a la instrumentación.

En nuestro estudio, así como en otros anteriores encontramos que el espesor dentinario original en la pared palatina de la cara vestibular es en muchos casos menor a 1 mm. Al preparar estos conductos, los instrumentos tienden a producir mayor desgaste en la pared furcal adelgazándola aún más.

En la preparación de accesos o durante la instrumentación de los conductos se puede producir una apreciable pérdida de dentina según la técnica elegida y el espesor radicular puede adelgazarse especialmente si existen fisuras. Los espesores promedios de las paredes radiculares indican

las áreas de riesgo de perforaciones, fisuras, o fracturas radiculares durante el tratamiento endodóntico o la preparación para perno.

Teniendo en cuenta los espesores radiculares originales y los obtenidos luego de la instrumentación, coincidimos con Katz (2006) en que la raíz vestibular del primer premolar no debería ser usada como anclaje de pernos intrarradiculares.

La introducción de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio ha marcado un punto de inflexión en la terapia endodóntica y a pesar de que la anatomía es un factor determinante en el resultado final, coincidimos con otros autores en que la instrumentación con instrumentos rotatorios es altamente predecible.

La evidencia actual indica que con el uso de estos instrumentos y la elección de técnicas corono-apicales se logra buena preparación en el tercio apical, probablemente mejor irrigación y calidad de obturación.

El conocimiento de la anatomía y espesores promedios de las paredes radiculares permite tener en cuenta las áreas de riesgo de producir fisuras, perforaciones o fracturas radiculares durante el tratamiento endodóntico o en la preparación para pernos que comprometan el pronóstico de la pieza dentaria.

Conclusiones

- 1- El 83% (n=117) de los dientes estudiados (n=141) presentaban surco furcal en la raíz vestibular.
- 2- La profundidad media de este surco fue: 0.05 mm en el tercio apical, 0.34 mm en el tercio medio y 0.36 mm en el tercio cervical.
- 3- En muchos casos el espesor dentinario en la pared furcal de raíces sin instrumentar fue menor a 1 mm.
- 4- No hubo correlación entre valores de espesor dentinario palatino y profundidad de surco en ningún grupo.
- 5- Al comparar la influencia de diferentes técnicas de instrumentación sobre los espesores dentinarios, el mayor desgaste se produjo en el tercio cervical sobre pared furcal con el uso de la fresa de Gates-Glidden® (Grupo II).
- 6- En los grupos instrumentados con técnica manual-fresas de Gates-Glidden® (grupo II) y sistema rotatorio HERO 642® (grupo IV) se obtuvieron conductos más anchos y paredes más delgadas que en el grupo instrumentado con sistema rotatorio ProFile®.

Por lo enunciado, el tratamiento del primer premolar superior constituye un desafío terapéutico por sus características anatómicas particulares. Aspectos anatómicos como el surco furcal de la raíz vestibular, surcos

proximales y espesores dentinarios deben ser tenidos en cuenta al planificar tratamientos endodónticos, periodontales o protésicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abou-Rass Marwan, Jastrab Robert J(1982). *The use of rotatory instruments as auxiliary aids to root canals preparation of molars. J Endod* 8: 78-82.
- Adabo GL, Zanarotti E, García Fonseca R, dos Santos Cruz CA (1999). *Effect of disinfectant agents on dimensional stability of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent* 81: 621-24.
- Al-Omari MA, Dummer PM, Newcombe RG (1992). *Comparison of six files to prepare simulated root canals 1. Int Endod J* 25: 57-66.
- Al-Omari MA, Dummer PM, Newcombe RG (1992). *Comparison of six files to prepare simulated root canals. 2. Int Endod J* 2:67-81.
- Aquilino SA, Caplan DJ (2002). *Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth J Prosthet Dent* 87:256-63.
- Assif D, Aviv I, Himmel R (1989). *A rapid dowel construction technique. J Prosthet Dent* 61:16-71.
- Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E (1993). *Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. J Prosthet Dent* 69:36-40.
- Assif D, Gorfil C(1994). *Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent* 71:565-7.
- Barroso JM, Guerisoli DZ, Capelli A, Saquiy PC, Pécora JD (2005). *Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary premolars: SEM analysis. Braz Dent J* 16:30-4.
- Bellizzi BS, Hartwell G (1985). *Radiografic evaluation of root canal antoly of in vivo endodontically treated maxillary premolars. J Endod* 11:37-9.
- Bellucci C, Perrini N (2002). *A study on the thickness of radicular dentine and cementum in anterior and premolar teeth. Int Endod J* 35: 594-606.
- Bertrand MF, Lupi-Pégurier L, Médioni E, Muller M, Bolla M (2001). *Curved molar root canal preparation using Hero 642 rotary nickel-titanium instruments. Int Endod J* 34:631-36.
- Bischof K, Drummer PM (1997). *A comparison of stainless steel Flexofiles and Nickel titanium NiTiFlex files during the shaping of simulated canals. Int Endod J* 30: 25-34.
- Booker BW 3rd, Loughlin DM (1985). *A morphologic study of the mesial root surface of the adolescent maxillary first bicuspid. J Periodontol* 56: 666-70.
- Briseno Marroquin B, Wolter D, Willershausen-Zonnchen B (2001). *Dimensional variability of nonstandardized greater taper finger spreaders with matching gutta-percha points. Int Endod J* 34:23-8.
- Bryant S, Dummer P M, Pitoni C, Bourba M, Moghal S (1999). *Shaping ability of .04 and .06 ProFile rotary nickel-titanium instruments ins simulated root canals. Int Endod J* 32:155-64.

- Bryant ST, Thompson SA, Al-Omari MA (1998). Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO tips simulated root canals. Part 1 *Int Endod J*. 31: 275-81.
- Bryant ST, Thompson SA, Al-Omari MA (1998). Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO tips simulated root canals. Part 1 *Int Endod J*. 31: 282-89.
- Buchanan LS (2000). The standarized-taper root canal preparation-Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. *Int Endod J* 33: 516-29.
- Byrne G, Laub LW, Hu JY, Land MF (1992) The fit of fixed partial dentures joined by infrared soldering. *J Prosthet Dent* 68: 591-6. Review.
- Çalışkan MK, Pehlivan Y, Septcioglu F, Turkun M, Tuncer S S (1995). Root canal morphology of human permanet teeth in a turkish population. *J Endod* 21: 200-04.
- Caputo AA, Standlee JP (1976). Pins and posts- why, when and how. *Dental clinics of North America* 20: 299-311.
- Cheung GS, Chan TK (2003). Long-term survival of primary root canal treatment carried out in a dental teaching hospital. *Int Endod J* 36:117-28.
- Cohen S, Burns R. Sistema de limpieza y conformación de los canales radiculares. En: *Vías de la Pulpa. Séptima Edición* . Ed. Harcourt España 1999, pp203-257.
- Cohen S, Hargreaves, K. Clearing and shaping of the root canal system. En: *Pathways of the pulp*. Ed. Keiser K Editorial Mosby Elsevier Ninth Edition. Canada ,2006, pp290-357.
- Contreras MAL, Zinman E, Kuttler Kaplan S (2001). Comparison of the first file that fits at the apex before and after early flaring *J Endod* 27:113-16.
- Davis D, Marshall G, Baumgartner C (2002). Effect of Early Coronal Flaring on Working Length Change in Curved Canals Using Rotatory Nickel-Titanium Versus Stainless Steel Instruments. *J Endod* 28: 438- 42.
- Dean D, Gordon M, Baumgartner J (2002). Effect of early coronal flaring on working length *J Endod* 28: 438-442.
- DeCleen M J (1993). The relationship between the root canal filling and post space preparation. *Int Endod J* 26: 53-58.
- Deutsch A, Musikant BL, Gu S, Isidro M (2005). Morphological measurements of anatomic landmarks in pulp chambers of human maxillary furcated bicuspids. *J Endod* 31: 570-73.
- Esposito PT, Cunningham CJ (1995). A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *Int Endod J* 21:173-6.
- Frajlich S, Goldberg F, Roitman, M (2001). Estudio comparativo entre tres sistemas mecanizados de instrumentación endodóntica. *Rev Asoc Odontol Argent* 89: 236-40.
- Fennis WM, Kuijs RH, Kreulen CM (2002). A survey of cusp fractures in a population of general dental practices. *Int J Prosthodont* 15: 559-63.
- Garala M, Kuttler S, Hardigan P, Steiner-Carmi R & Dorn S (2003). A comparison of the minimum canal wall thickness remaining following preparation using two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J* 36: 636-42.

- Gher M, Vernino A (1980). Root morphology- clinical significance in pathogenesis and treatment of periodontal disease. *JADA* 101: 627-33.
- Glosson CR, Haller RH, Dove SB, Del Rio CE (1995). A comparison of root canal preparation using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine driven and K-Flex endodontic instruments. *J Endod* 21:146-51.
- Griffiths IT, Chassot AL, Nascimento MF, Bryant ST, Dummer PMH (2001). Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec SC rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *Int Endod J* 34:107-12.
- Goodacre C J, Spolnik K J (1995). The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. *J Prosthodont*; 4: 122-128.
- Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa A (2005). Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J* 38 :743-52.
- Gutman J (1992). The dentin root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 67: 458-67.
- Guzy G, Nicholls J (1979). In vitro compariso of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *J Prosthet Dent* 42(1): 39-44.
- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J (2005). Erradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics* 10:77-102.
- Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS (1992). Sealing ability of Thermafil with and without sealer. *J Endod* 18:322-6.
- Harper RJ, Nicholls JI (1979). Distortions in indexing methods and investing media for soldering remount procedures. *J Prosthet Dent* 42: 172-9.
- Heding M (1975). Measurement of fine structures in roengenograms. III Studies on root canals of teeth. *Act Odontol Scand* 33: 5-15.
- Helfer AR, Meinik S, Schilder H (1972). Determination of moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 34: 661-70.
- Huang TJ, Schilder H, Nathanson D (1991). Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *J Endodon* 18:209-15
- Hülsmann M, Schade M, Schäfers F. (2001). A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 34: 538-46.
- Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH (1999). Effect of Preflaring on Root ZX Apex Locators. *J Endod* 25: 625-6.
- Ingle J, Bakland L. *Endodontic cavity preparation. En: Endodontics, Fourth Edition, Eds Williams & Wilkins USA 1994 pp92-227.*
- Johnson RA and Wichern DW. *Applied multivariaded stadistical analysis. 4th Ed. Trentise Hall, New Jersey USA 1998.*

- Joseph I, Varma B.B.R., Mahalinga Bhat K (1996). *Clinical significance of Furcation Anatomy of the Maxillary First Premolar: A biometric Study on extracted Teeth. J Periodontol* 67:386-89.
- Kartal N, Ösçelik B, Cimilli H (1998). *Root canal morphology of maxillary Premolars. J Endod* 24: 417-19.
- Katz A, Wasenstein-Kohn S, Tamse A, Zuckerman O (2006). *Residual dentin thickness in bifurcated maxillary premolars after root canal and dowel space preparation. J Endod* 32:202-05.
- Kishen A (2006). *Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. Endod Topics* 13:57-83.
- Leeb J (1983). *Canal Orifice Enlargement as related to Biomechanical Preparation. J Endod* 9: 463-470.
- Lertchirakarm V, Palamara J, Messer HH (2003). *Patterns of vertical root fractures: factors affecting stress distribution in the root canal. J Endod* 29: 523-528.
- Lertchirakarm V, Palamara J, Messer HH (2003). *Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. J Endod* 29:529-534.
- Leseburg DA, Montgomery S (1991). *The effects of Canal Master, Flex-R, and K-Flex instrumentation on root canal configuration. J Endod* 17: 59-65.
- Lloyd PM, Palik JF (1993). *The philosophies of dowel diameter preparation: a literature review. J Prosthet Dent* 69: 32-6.
- Luiten DJ, Morgan LA, Baumgartner JC, Marshall JG (1995). *A comparison of four instrumentation techniques on apical canal transportation. J Endodon* 21:36-32.
- McCann J, Keller D, Labounty G (1990). *Remaining dentine cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation. J Endod* 16: 109-13.
- Manocci F, Bertelelli E, Sheriff M, Watson TF (2002). *Three year clinical comparison of survival of endodontically treated teeth restored with either full cast coverage or with direct composite restoration. J Prosthet Dent* 88: 297-301.
- Matthews D, Tabesh M (2004). *Detection of localized tooth-related factors that predispose to periodontal infections. Periodontol* 2000 34: 136-50. Review.
- Marshall FJ, Pappin JA (1982). *Endodontic Laboratory Manual Oregon Health Science University.*
- Mattuella LG, Mazzocato G, Vier FV, Só MV (2005). *Root canals and apical foramina of the buccal root of maxillary first premolars with longitudinal sulcus. Braz Dent* 16(1): 23-29.
- Mondelli J, Steagal IL, Ishikiriama A, Navaro M, Soares FB (1980). *Fracture strength of human teeth with cavity preparation. J Prosthet Dent* 43: 419-22.
- Morfis AS (1990). *Vertical root fractures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 69: 631-5.
- Morgan L, Montgomery S (1984). *An evaluation of the Crown-down pressureless technique. J Endod* 10: 491-98.

- Nagy CD, Bartha K, Berna THM, Verde E, Szabo J(1997). *The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. Int Endod J 30: 133-40.*
- Oi T, Saka H, Ide Y (2004). *Three dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-TC. Int Endod J 37: 46-51.*
- Panitvisai P, Messer HH(1995). *Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. J Endod 21: 57-61.*
- Peters O, Schonenberger K, Laib A (2001). *Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. Int Endod J 34: 221-30.*
- Peters O, Laib A, Goring TN, Barbakow F (2001). *Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. J Endod 27: 1-6.*
- Peters O (2004). *Current Challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A Review. J Endod 30: 559-66.*
- Pettiette M, Phillips C, Trope M (2003). *Effect of endodontic instrument taper on post retention. J Endod 29: 65-68.*
- Pilo R, Corcino G, Tamse A (1998). *Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with hand and rotary instruments. J Endod 24:401-4.*
- Pucci F, Reig R (1944). *Conductos radiculares: Anatomía, Patología y Terapia. Vol 1, 1ª parte. Ed. Médico Quirúrgica pp. totales.*
- Pus M, Way D. (1980) *Enamel loss due to orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. Am J Orthod 77: 269-83.*
- Raiden G, Costa L. (1999) *Residual thickness of root in first maxillary premolars with post space preparation. J Endod 25: 502-05.*
- Raiden G C, Gendelman H (1994). *Effect of dowel space preparation on the apical seal of root canal fillings. Endod Dent Traumatol 10: 109-12.*
- Reeh ES (1989). *Reduction en tooth stiffness as a result of endodontic restaurative procedure. J Endodon 15: 512-6.*
- Ricketts D, Tait C, Higgins A (2005). *Tooth preparation for post retained restorations. Br Dent J 198: 463-70.*
- Roane JB, Sabala CL (1985). *The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. J Endod 11: 203-11.*
- Robbins J (1990). *Guidelines for the restoration of endodontically treated teeth. JADA 120: 558-64.*
- Romito GA, Pustiglioni FE (2004). *Biometric study of furcation area of first maxillary molars. Braz Dent J. 15: 155-8.*
- Roland D, Andelin W, Browning D, Robert Hsu G, Torabinejad M (2002). *The effect of preflaring on the rates of separation for 0.04 taper nickel titanium rotary instruments. J Endod 28: 543-45.*

- Rundquist BD, Versluis A (2006). *How does canal taper affect root stresses. Int Endod J* 39: 226-37.
- Sanchez Mercant H, Mangarelli Vence A (1989). *Pemolares superiores: estudio del número de raíces y sus conductos. An. Fac. Odont.* 25: 69-90.
- Schilder H (1974). *Cleaning and shaping the root canal. Dental Clinics of North America* 18: 269-96.
- Sedgley CM, Messer HH (1992). *Are endodontically treated teeth more brittle? J Endodon;* 18: 332-5.
- Simon J, Dogan H, Ceresa L, Silver G (2000). *The Radicular Groove: Its Potential Clinical Significance. J Endod* 26: 295-98.
- Stabholz A, Rostein I, Torabinejad M. (1995) *Effect of Preflaring on Tactile Detection of The Apical Constriction. J Endod* 21: 92-94.
- Schafer E (2001). *Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments and stainless steel hand K-Flexofiles in simulated curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 92: 215-20.
- Schäfer E, Fritzenschaft B (1999). *Vergleichende Untersuchung zweier permanent rotierender Wurzelkanalaufbereitungssysteme auf Nickel-Titan-Basis. Endodontie* 8: 213–26.
- Schwartz R, Robbins JW (2004). *Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. J Endod* 30: 289-301.
- Shankar P, Parameswaran A, Lakshminarayanan L (1993). *Apical third instrumentation of curved canals with K-type and Canal Master instruments. J Endod* 19: 224–7.
- Shillimburg HT, Kessler JC, Wilson EL (1982). *Root dimensions and dowel size. Calif Dent Assoc J* 10:43-9
- Shillimburg H Kessler J (1982). *Restoration of the endodontically treated tooth. Chicago: Quintessence Publ* 1982:25-8
- Siqueira JF (2001). *Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. Int Endod J* 34: 1-10.
- Sorensen JA, Martinoff JT (1984). *Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent* 51;780-784.
- Sorensen J A, Martinoff J T (1984). *Clinically significant factors in dowel design. J Prosthet Dent* 52: 28–35.
- Tait C, Ricketts D, Higgins A (2005). *Restoration of the root-filled tooth : preoperative assessment. Br Dent J* 198: 395-404.
- Tamse A (2006). *Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. Endod Topics* 13: 84-94.
- Tamse A, Fuss Z, Lusting J, Kaplavi J (1999). *An evaluation of endodontically treated vertically fracture teeth. J Endod* 25:506-8.

- Tamse A, Fuss Z., Lustig J (1999). Radiographic features of vertically fractured, endodontically treated maxillary premolars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 88: 348-52.
- Tamse A, Katz A (2000). Furcation groove of Buccal root of maxillary first premolars –A Morphometric study. *J Endod* 26: 87-90.
- Tamse A, Zilburg I, Halpern J (1998). Vertical root fractures in adjacent maxillary premolars: an endodontic-prosthetic perplexity *Int Endod J* 31: 127-32.
- Tan BT, Messer HH (2002). The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. *Int Endod J* 35:752-8.
- Tan BT, Messer HH (2002). The quality of apical preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod* 28: 658-64.
- Testori T, Badino M, Castagnola M (1993). Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod* 19 (2): 87-90.
- Tilk MA, Lommel MS, Gerstein H (1979). A study of mandibular and maxillary root widths to determine dowel size. *J Endod* 5: 79-82.
- Travert IS, Caput AA, Alon-Rass M (1978). Root fracture: a comparison of endodontic and restorative treatments *J Endod* 4: 341-4.
- Trope M, Maltz M, Tronstad L (1985). Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1: 108-11.
- Thompson SA, Dummer PM (1997). Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endodon* 23: 698-702.
- Thompson SA, Dummer PM (1997). Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *J Endodon*;23:742-7.
- Thompson SA, Dummer PM (2000a). Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part I. *Int Endod J*; 33: 248-54.
- Thompson SA, Dummer PM (2000b). Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part II. *Int Endod J* 33: 255-61.
- Veres EM, Wolfaardt JF, Becker PJ (1990). An evaluation of the surface characteristics of a facial prosthetic elastomer. Part III: Wettability and hardness. *J Prosthet Dent.* 63: 466-71.
- Versumer J, Hulsmann & Schafers F (2002). A comparative study of root canal preparation using Profile .04 and Lightspeed rotary NI-TI instruments. *Int Endod J* 35: 37-46.
- Vertucci FJ (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 10:3-29.
- Vertucci FJ, Gergauff A (1979). Root canal morphology of the maxillary first premolar. *J Am Dent Assoc* 99: 194-8.
- Walton RE, Torabinejad M. *Principles and Practice of Endodontics*. Philadelphia PA WB Saunders Co, (2002) pp totales.

Weine FS. Intracanal treatment procedures, basic and advanced topics. En: Endodontic Therapy. Fifth Edition Ed. Mosby-Year Book, Inc 1996, pp 305-394.

Wu M K, Pehlivan Y, Kontakiotis E G, Wesselink P R (1998). Microleakage along apical root fillings and cemented posts. J Prosthet Dent 79: 264-69.