

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE DIFERENTES PERNOS REFORZADOS CON FIBRA

Héctor F. Fernández Prato* • Sonia A. Miranda Montealegre** • Gladys A. Rojas Palaviccini**
• Andrea D. Sánchez Velasco*

*Especialista en rehabilitación bucal **Departamento de Odontología Restauradora.
Facultad de Odontología. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. E-mail: somimo@hotmail.com

RESUMEN

La reconstrucción de dientes con pernos intrarradiculares de resinas reforzados con fibra busca evitar la fractura de las raíces dentales y el oscurecimiento de los dientes restaurados, ocasionados por los pernos metálicos. Sus principales características son su potencial adhesivo y sus propiedades mecánicas similares a la dentina. En conductos delgados con poca estructura remanente coronal que garantice un efecto de ferulización es fundamental analizar el tipo de perno requerido. Se plantea evaluar las propiedades mecánicas de pernos delgados reforzados con fibras, mediante pruebas de resistencia mecánica y observaciones de microestructura interna. Se evalúan cinco tipos de pernos (Reforpost Rx fibra de vidrio, Reforpost Rx fibra de carbono, Reforpost mix Rx, Parapost fiber lux n°3 y Parapost fiber lux n° 4), sometiéndolos a pruebas de flexión sobre tres puntos y a observación con microscopía electrónica de barrido, determinándose la relación entre la integridad interna y la resistencia a la flexión. Los pernos Parapost fiber lux n°3 y Parapost fiber lux n°4 registran los valores más altos de resistencia a la flexión asociada a baja porosidad. El módulo de flexión mayor fue observado en los pernos Reforpost de fibra de carbono, con baja resistencia a la flexión. Los pernos Reforpost Rx fibra de vidrio, Reforpost Rx fibra de carbono, Reforpost mix Rx presentan más porosidades.

Palabras clave: pernos reforzados con fibras, resistencia a la flexión, módulo a flexión.

FLEXURAL STRENGTH OF DIFFERENT FIBER REINFORCED POST

ABSTRACT

The reconstruction of teeth with post intraradicular fiber reinforced resin seeks to avoid the fracture of the tooth roots and the darkening of the restored teeth, caused by metal posts. Its main features are its potential adhesive and mechanical properties similar to dentin. In thin root canal with little remaining coronal structure to ensure an ferrule is essential to assess the type of post required. Objective: to evaluate the mechanical properties of fiber reinforced thin post by mechanical strength tests and observations of internal microstructure. It assesses five types of bolts (Reforpost Rx fiberglass Reforpost Rx carbon fiber Reforpost mix Rx, ParaPost fiber lux 3 and ParaPost fiber lux No. 4), subjecting them to bending tests on three points and observation with

scanning electron microscopy , determining the relationship between the internal integrity and resistance to flexion. ParaPost bolts lux fiber 3 and fiber ParaPost lux No. 4 recorded the highest values of flexural strength associated with low porosity. The higher flexural modulus was observed in Reforpost bolts carbon fiber, with low resistance to bending. Reforpost Rx pins fiberglass, carbon fiber Reforpost Rx, Rx Reforpost have more porous mix.

Key words: Fiber reinforced post, bending strength, flexural modulus.

Introducción

Para restaurar dientes tratados endodónticamente se utilizan en muchos casos los postes intrarradiculares. El poste intrarradicular ideal proporciona retención y soporte al material rector del muñón coronal, de tal manera que la corona protésica cementada sobre este muñón coronal no se desprenda y pueda transferir las cargas funcionales, de forma adecuada, al remanente dental sin posibilidad de ocasionar la fractura radicular (1).

Actualmente entre los pernos intrarradiculares prefabricados se han desarrollado los pernos no metálicos o estéticos, destacando los pernos formados por resina que contienen diferentes tipos de fibra de refuerzo, denominados pernos de base orgánica reforzados con fibra. La microestructura de estos pernos se basa en el diámetro de las fibras individuales, en su densidad, en la calidad de la adhesión entre las fibras y la matriz de resina y en la calidad de la superficie externa del perno.

Estos pernos presentan ventajas clínicas: la técnica para su colocación es fácil y rápida, presentan reversibilidad a la hora de retirarlos, la preparación del conducto radicular para su colocación es más conservadora, elimina la necesidad de la fase en el laboratorio, presentan bajo costo , vienen disponible en varios formatos, tamaños y materiales, y quizás la más importante es que presentan propiedades mecánicas cercanas a la estructura dental proporcionando una mejor expectativa en cuanto

a la longevidad del diente y de la restauración (2,3). Constituyen la primera alternativa verdadera para sustituir a los pernos colados y a los prefabricados metálicos.

Los pernos de resina reforzados con fibras presentan su máxima resistencia a la tensión, cuando ésta sólo se encuentra soportada por las fibras, es por esto que el tipo de fibra es muy importante (4), además de la cantidad de las mismas. Las fibras, con un elevado módulo elástico, son más rígidas y por lo tanto se oponen con eficacia a las fuerzas que podrían deformar la resina de la matriz y causar fallas en el perno.

El diámetro del conducto de una raíz determina el diámetro del perno. El diámetro del conducto se puede ensanchar eliminando dentina intrarradicular, lo que debilita estructuralmente el diente. De aquí la importancia del empleo de pernos delgados pero de alta resistencia. Un perno flexible puede ceder y crear problemas de microfiltración en las restauraciones, especialmente cuando el ferrule es mínimo.

Un diente con tratamiento de conducto, restaurado con un perno intrarradicular, reconstrucción de muñón y corona protésica no está a salvo de que se fatiguen y fracturen sus componentes. Las causas son múltiples y entre ellas se puede nombrar: la ubicación del diente en la arcada, la magnitud y la frecuencia de las cargas oclusales, la dirección de las fuerzas, la dimensión y tamaño de la estructura remanente y de los materiales restauradores (5).

Mentink en 1993 referido por Torbjörner (5) afirma que un diente comprometido estructuralmente con una corona protésica total y con un buen efecto ferrule puede soportar fuerzas compresivas dirigidas a través de su eje longitudinal ya que las fuerzas son distribuidas sobre la estructura que lo soporta. En contraste si las fuerzas se dirigen en dirección transversal el estrés tensional desarrolla fuerzas horizontales y éstas son las más riesgosas para la resistencia del diente. En la región antero-superior de la boca es donde ocurren frecuentemente las fallas de las coronas retenidas por postes debido a que las fuerzas horizontales son mayores.

Un perno intrarradicular debe tener resistencia a la fractura, el material del poste de alta resistencia puede soportar alto estrés sin riesgo a fracturarse. Con respecto a la resistencia flexural, algunos autores defienden que las propiedades mecánicas de los postes deben ser similares a la de la dentina (1); otros enfatizan la necesidad de postes rígidos (6).

Existe un gran inconveniente biomecánico en situaciones de mínima estructura coronal remanente. Con un poste muy elástico, el diente, el cemento y el poste se deformarán durante la función. Las fallas aparecerán en el punto más débil, este parece ser la unión adhesiva entre la dentina y el material restructor del muñón y las interfases poste-cemento-dentina. El modo de falla será la pérdida del sellado marginal, la fractura del muñón, la fractura del poste o la pérdida de retención (5). A menor remanente dental mayor será el estrés en la unión adhesiva. Estudios in vitro referidos por Torbjörner, han mostrado que los postes más elásticos tienen menor tendencia a causar la fractura radicular en comparación con los postes de alta resistencia a la flexión. El efecto ferrule hace que la diferencia entre un poste más o menos flexible sea menos obvio.

Un poste con alta resistencia a la flexión en un caso de mínima dentina coronal distribu-

ye las fuerzas a lo largo del poste dentro de la raíz. La fatiga puede causar la fractura radicular por los altos niveles de estrés después de un tiempo considerable (5).

Por lo tanto, un poste de bajo módulo elástico provocará una falla temprana pero “reparable”, un poste de alto módulo va a fallar después de un largo tiempo en función y/o un alto nivel de estrés y producirá con mayor probabilidad una falla “irreparable”.

Realmente es complicado restaurar dientes con poca estructura remanente, aunque se deben considerar otros factores clínicos, se puede especular que la alternativa más conservadora es la utilización de pernos de fibra de vidrio, pero dentro de estos pernos hay diferencias en cuanto a sus propiedades mecánicas. Para los dientes que han perdido por completo la parte coronaria y sólo pueden contar con un débil efecto de ferulización por la restauración definitiva, es preferible utilizar los pernos con mejores propiedades mecánicas con mayor rigidez, resistencia a la flexión y una alta resistencia a la fractura. Por este motivo este estudio pretende conocer que tipo de perno prefabricado reforzado con fibra, ofrece la mejor resistencia a la flexión, módulo a la flexión y rigidez para ser utilizado en situaciones clínicas en presencia de conductos delgados y con poca estructura remanente.

Materiales y métodos

Se utilizaron 55 pernos prefabricados, los cuales fueron divididos en cinco grupos: (Grupo 1: pernos de fibra de carbono n°1 (diámetro: 1.1 mm) Reforpost Rx Angelus®; Grupo 2: pernos de fibra de vidrio n°3 (diámetro: 0.9 mm) Parapost Fiber Lux Coltene Whaledent®; Grupo 3: pernos de fibra de vidrio n°4 (diámetro: 1.0 mm) Parapost Fiber Lux Coltene Whaledent®; Grupo 4: pernos de fibra de carbono revestido por fibra de vidrio Refor-

post-Mix Rx nº1 (diámetro: 1.1 mm) Angelus®; Grupo 5: pernos de fibra de vidrio nº1 (diámetro: 1.1 mm) Reforpost Rx Angelus®.

Nueve pernos de cada grupo fueron evaluados con la prueba de flexión sobre tres puntos, para determinar resistencia a la flexión y el módulo a flexión. Los otros dos pernos restantes fueron observados con microscopía electrónica de barrido con la finalidad de evaluar su integridad interna.

La prueba de flexión sobre los tres puntos fue realizada en el laboratorio de biomateriales dentales (BIOMAT) de la Facultad de Odontología de la Universidad de Los Andes. Para esta prueba de resistencia se confeccionó una base de soporte sobre la cual se colocaron los pernos y la punta de carga que aplica la fuerza (Figura 1). La prueba mecánica se realizó en una máquina de prueba universal Instron (Shimadzu Autograph AGS - J series), la cual consistió en colocar los pernos sobre los dos puntos fijos de la base para luego aplicar una carga sobre el perno, con la punta de carga bajando a una velocidad de progresión establecida de 1.0 mm/min hasta completar los requerimientos de la norma ISO 10477.

La máquina registró, la máxima fuerza soportada por el perno en Newton (N), y el desplazamiento, extensión o deformación del mismo en milímetros (mm).

A cada perno se le midió la resistencia a la flexión (δ_f) la rigidez (S) y el módulo de flexión (E_f).

La resistencia a la flexión (δ_f) se calculó por la siguiente fórmula:

$$\delta_f = 8 \cdot F \cdot L / (\pi \cdot \pi \cdot d^3) \text{ (Mpa)}$$

donde: F= máxima fuerza aplicada para fracturar el perno (N)

L= espacio entre los soportes fijos (10mm)

d= diámetro de cada perno (mm)

La rigidez (R) fue calculada por la si-

guiente fórmula para poder calcular el módulo de flexión, $R = F/D$

donde: F= la máxima fuerza aplicada para fracturar el perno

D= deformación que presentaba cada perno (mm)

Por último el módulo a la flexión fue calculado por la siguiente fórmula:

$$E_f = R \cdot 4 \cdot L^3 / (3 \cdot \pi \cdot d^4) \text{ (Gpa)}$$

donde: R= la rigidez calculada para cada perno.

F= la máxima fuerza aplicada para fracturar el perno(N).

L= espacio entre los soportes fijos (10mm).

d= diámetro de cada perno (mm).

La observación de la integridad interna de los pernos restantes de cada grupo se realizó en las instalaciones del centro de microscopía electrónica de la Universidad de Los Andes (ULA). Cada perno se cortó perpendicular al eje mayor del mismo, con un disco de diamante de doble superficie (KG Sorensen), a baja velocidad y con irrigación. Las superficies a examinar fueron tratadas con lijas de agua número 200, limpieza ultrasónica y se colocaron en la campana de vacío para su secado.

Posteriormente se fijaron en una base de aluminio con pintura de emulsión de plata y se introdujeron en un ionizador (coater) marca Engineering durante 5 minutos para el sombreado o metalizado con iones de oro.

Luego se introdujeron dentro del microscopio electrónico de barrido (SEM Hitachi S-2500) y se observaron a diferentes aumentos (X 80.0, 1.30K). Las imágenes observadas fueron registradas en fotografías tomadas con una cámara de película 135 mm incorporada al microscopio. Se tomaron de 3 a 4 fotografía para cada perno.

Estas fotografías fueron escaneadas y con el programa Image Tool se observó el diámetro, área total del perno, número de fibras

en un área de 1042,85 μm^2 , el área de las fibras y el diámetro de las fibras presentes en la zona estudiada en los grupos 1, 4 y 5. En los grupos 2 y 3 sólo se observó su integridad interna. Los pernos Angelus® presentan un núcleo metálico de acero inoxidable a los cuales se les determinó el diámetro y el área de este núcleo.

Resultados

Con los datos obtenidos en la prueba de flexión sobre los tres puntos (máxima fuerza soportada por el perno, y el desplazamiento del mismo) registrados en la máquina Instron, más la medida entre los soportes fijos y el diámetro del perno se calculó la resistencia a flexión, la rigidez y el módulo a flexión de cada perno y posteriormente el promedio para cada grupo (Tabla 1).

Tabla 1. Resistencia a flexión y módulo elástico de los pernos reforzados con fibra.

	Resistencia a flexión (Mpa)	Módulo a flexión (Gpa)
Reforpost pernos de fibra de carbono (Grupo 1)	1207,65	45,62
Pernos n° 3 Parapost Fiber Lux (Grupo 2)	1541,23	29,60
Pernos n° 4 Parapost Fiber lux (Grupo 3)	1530,71	29,21
Reforpost mix (Grupo 4)	1046,09	26,25
Reforpost pernos de fibra de vidrio (Grupo 5)	971,69	21,95

El software estadístico empleado para el análisis de los datos fue el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 9.0 estudiantil, aplicando el análisis de varianza en una sola vía el cual reflejó que hay diferencias

estadísticamente significativas ya que $p=0.05 > 0.00$, por lo que se aplicó la prueba Tukey HSD para determinar donde están las diferencias (Tabla 2).

Tabla 2: Análisis estadístico

ANOVA de una sola vía

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Resistencia Flexural	Between Groups	2555929	4	638982,224	66,533	,000
	Within Groups	384160,5	40	9604,013		
	Total	2940089	44			
Rigidez	Between Groups	64111,873	4	16027,968	76,205	,000
	Within Groups	8413,048	40	210,326		
	Total	72524,921	44			
Modulo Flexural	Between Groups	2901,116	4	725,279	37,468	,000
	Within Groups	774,285	40	19,357		
	Total	3675,401	44			

Los resultados de este estudio se observan en los gráficos 1 y 2. En cuanto a la resistencia a flexión, los valores más altos fueron obtenidos por los pernos del grupo 2 y 3. Los valores más bajos de módulo a flexión fueron registrados para los pernos del grupo 5 seguidos por los del grupo 4 y los valores más altos para los pernos del grupo 1.

Gráfico 1. Resistencia a flexión de los pernos reforzados con fibra

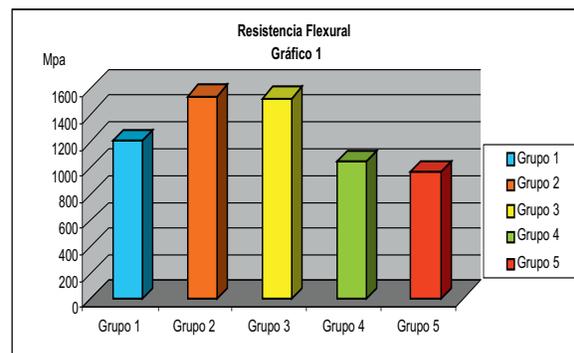
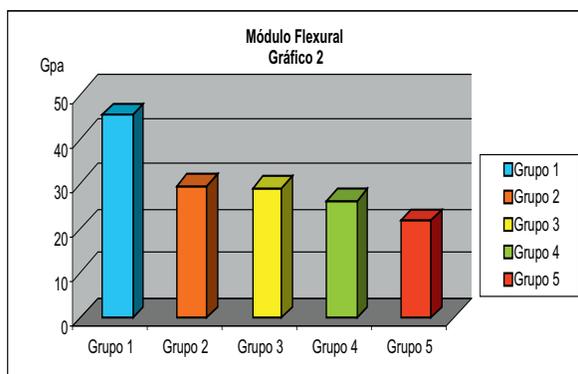


Gráfico 2. Módulo a flexión de los diferentes pernos reforzados con fibra



Con respecto a la integridad interna de los grupos de pernos, se pudo observar que los pernos del grupo 1, 4 y 5 presentaron mayor cantidad de porosidades, además de espacios vacíos alrededor del elemento metálico que conforma su estructura. (Figura 2).

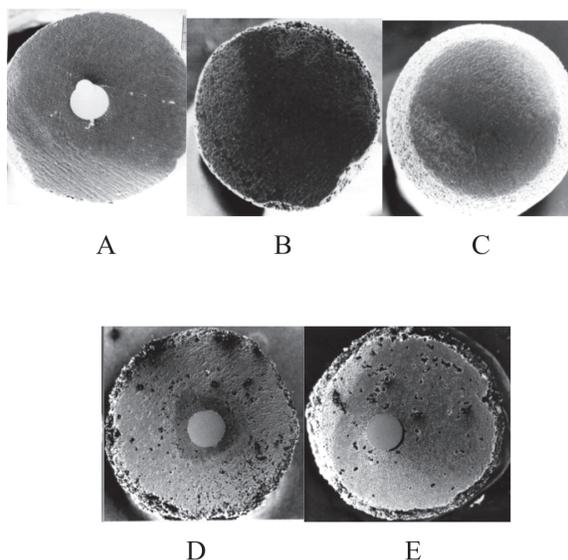


Figura 2: Integridad interna de los pernos. A: Reforpost fibra de carbono. B: Parapost n°3 Fiber lux. C: Parapost n°4 Fiber lux. D: Reforpost mix. E: Reforpost pernos de fibra de vidrio.



Figura 1: Base de soporte para la prueba de flexión sobre tres puntos. La base posee soportes fijos separados a 10 mm sobre los cuales descansan los pernos y punta de carga con un diámetro transversal de 2mm

Discusión

En el presente estudio, se evaluaron a través de la prueba de flexión sobre los tres puntos, los pernos más delgados disponibles en el mercado de cada tipo, sin embargo, entre ellos diferían en los diámetros.

Para esta prueba, no se sometieron los pernos a ningún tipo de envejecimiento ya que según Galbano et al. (7) y Manocci et al. (2) determinaron que una vez el perno es cementado y realizado el munón, éste queda protegido del medio bucal por lo cual no se vería afectada las propiedades mecánicas de los mismos.

Los pernos de los grupos 1 (Reforpost pernos de fibra de carbono), grupo 4 (Reforpost mix) y grupo 5 (Reforpost pernos de fibra de vidrio) a pesar de ser de un mayor diámetro que los pernos del grupo 2 (Parapost Fiber lux n°3) y grupo 3 (Parapost Fiber lux n°4), mostraron los valores más bajos de resistencia a flexión similar a lo encontrado por Lassila et

al. (2004)(8), quienes reportaron en los pernos estudiados (Snowpost, Carbopost, Parapost Fiber White, C-post, Glassix, Carbonite), pernos delgados con una resistencia a flexión mayor que pernos más gruesos.

Los valores más bajos de resistencia a flexión fueron registrados para los pernos de fibra de vidrio Reforpost Rx (Grupo 5) similar a lo obtenido por Galbano et al. (7), en donde este mismo perno obtuvo los resultados más bajos diferenciándose estadísticamente de los demás grupos evaluados por ellos: uno de fibra de carbono (C-Post), un perno híbrido de carbono y cuarzo (Aesthetic-Post), uno de fibra de cuarzo opaco (Aesthetic-Plus), dos de fibra de cuarzo translúcido (D.T Light-Post) y dos de fibra de vidrio (Parapost White, Fibrekort).

Además de las diferencias en el diámetro los pernos evaluados presentaban diferencia en cuanto al diseño o forma de los mismos. Los pernos del grupo 2 (Parapost nº3 Fiber lux) y del grupo 3 (Parapost nº4 Fiber lux), (de diámetro menor) son lisos y los pernos de los otros grupos de mayor diámetro, son dentados, considerando que el verdadero grosor del perno en el área de la fractura es más delgado de lo que es en su superficie por las dentaciones que presentan. Desde este punto de vista, los mejores resultados de resistencia a flexión fueron obtenidos por los pernos lisos, al igual que los resultados obtenidos por Morgano et al. (9) en donde determinaron que un perno liso reforzado con fibra tenía una menor flexibilidad que un perno dentado.

Todos los pernos evaluados eran radiopacos. Sin embargo, la radiopacidad de los pernos del grupo 1 (Reforpost pernos de fibra de carbono), grupo 4 (Reforpost mix) y grupo 5 (Reforpost pernos de fibra de vidrio), es obtenida por la incorporación de un elemento metálico y no por la incorporación de alguna sustancia dentro de la matriz de resina. Al análisis con microscopía electrónica, estos pernos

mostraron mayor deterioro de su integridad interna, presentando mayores espacios vacíos que los pernos del grupo 2 (Parapost nº3 Fiber lux) y del grupo 3 (Parapost nº4 Fiber lux). Si comparamos esta característica con los resultados de resistencia a flexión, los pernos que presentaron mayores defectos dentro de su estructura interna, registraron los valores más bajos de resistencia a flexión, resultado que se asemeja al obtenido por Grandini et al (10).

Además del diámetro del perno, y del diseño del perno, muchos otros factores pueden influir en las propiedades mecánicas, tales como: el diámetro de las fibras, el número de fibras (densidad de la fibra), orientación de las fibras, longitud de las fibras embebidas en la matriz de resina, tipo de polímero que constituye la matriz y resistencia de la adhesión en la interfase entre la fibra y la matriz de resina (11), parámetros que no fueron analizados en este estudio.

Galbano et al. (7) afirman que el tipo de matriz de resina y el proceso de fabricación usado para promover la adhesión entre la fibra y la resina puede ser el factor más importante en la resistencia de los pernos reforzados con fibras. Sin embargo mucha de esta información se mantiene bajo secreto industrial.

Dentro de los pernos de la misma casa comercial, Reforpost pernos de fibra de carbono (grupo 1), Reforpost mix (grupo 4) y Reforpost pernos de fibra de vidrio (grupo 5), los que mejor se comportaron fueron los pernos de fibra de carbono, cuando se compararon con los pernos del grupo 2 (Parapost Fiber lux nº 3) y del grupo 3 (Parapost Fiber lux nº 4), aún siendo de mayor diámetro, no presentaron una resistencia a flexión mayor, ya que los valores más altos fueron obtenidos por los pernos de fibra de vidrio Parapost fiber lux nº 3 (grupo 2) y Parapost nº 4 fiber lux nº 4 (grupo 3).

Estos valores demuestran que entre los pernos estudiados, los pernos de fibra de vidrio

del grupo 2 (Parapost Fiber lux nº3) y del grupo 3 (Parapost Fiber lux nº 4), presentan las mejores propiedades mecánicas, resultando en una mejor resistencia a la flexión por lo que estarían indicados en conductos delgados donde se cuente con poca estructura dental remanente y con poco efecto de ferulización por parte de la corona.

Conclusiones

1. Los pernos de menor diámetro disponibles en el mercado nacional, sin elemento metálico y de superficie lisa estudiados en este trabajo (Coltene Whaledent®) fueron los más resistentes a la flexión.
2. La incorporación de elementos metálicos dentro de la estructura interna del perno Angelus®, debilita la solidez estructural de los mismos ya que se dificulta la unión entre los distintos elementos, comprometiendo así su integridad interna.
3. Los pernos de la casa Coltene Whaledent® mostraron una microestructura más compacta, uniforme y libre de defectos.

Referencias

1. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *Journal of Dentistry*. 1999;27:275-278
2. Mannocci F, Sheriff M, Watson, T. Three point bending test of fiber posts. *JOE*. 2001;27(12):758-761.
3. Alves, R, Nogueira E. *Estética dental nueva generación*. Artes Médicas Latinoamericanas, 2003.
4. Baldisarra P. Composición, microestructura y morfología de los pernos. En R, Scotti y M, Ferrari. (Eds), *Pernos de fibra. Bases teóricas y aplicaciones clínicas*. España: Editorial Masson, 2004; Cap 5:39-51.
5. Torbjörner A. A literature review on the prosthetic treatment of structurally compromised teeth. *The Int. J. Journal of Prosthodontics* 2004; 17(3):135-141.
6. Lambjerg-Hansen H, Asmussen E. Mechanical properties of endodontic posts. *J. Oral Rehabilitation* 1997; 24:882-887.
7. Galbano G., Valandro L., Marques R., Scotti R., Bottino M. Evaluation of the flexural strength of carbon fiber, quartz fiber, and glass fiber – based posts. *JOE*2005;31 (3):209-211.
8. Lassila L., Tanner J., Le Bell A., Narva K., Vallittu, P. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dental Materials* 2004;20:29-36.
9. Morgano, S. Rodrigues, A. y Sabrosa C. Restoration of endodontically treated teeth. *Dental Clinics of North America* 2004;48(2):397-416.
10. Grandini S., Goracci C., Monticelli F, Tay F, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. *Dental Materials* 2005;21(2):75-82.
11. Seefeld F, Wenz H., Ludwig K., Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dental Materials* 2007;23(3):265–271.