

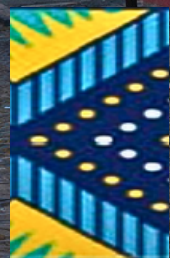
ENDO SELA

REVISTA I NÚMERO 01

NOVIEMBRE
2023



XIII CUMBRE
SELA
2,3 Y 4 NOV. 2023



Efecto de la cinemática ultrasónica y rotatoria para la preparación de espacio para poste intrarradicular en la temperatura radicular externa medida por termografía infrarroja

AUTORES

Jose Edgar Valdivia¹, Marco Antonio Castro¹, Daísa Lima Pereira², Denise Maria Zezell² y Manoel Eduardo de Lima Machado¹

1 Departamento de Odontología Restaurativa, Facultad de Odontología, Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil.

2 Laboratorio de biofotónica, Instituto de investigaciones Energéticas y Nucleares (IPEN), São Paulo, Brasil

RELEVANCIA CLÍNICA

La búsqueda de técnicas de preparación de espacio para postes intrarradicales que generen el menor calentamiento de la dentina es importante para evitar daños a las células del ligamento periodontal y al tejido óseo, lo que podría favorecer menos dolor postoperatorio.

PALABRAS CLAVE

Endodoncia, preparación de espacio para poste intrarradicular, cambios de temperatura, termografía infrarroja.

CORRESPONDENCIA

Manoel Eduardo de Lima Machado, R. Guarará, 350 – apto 121 – Jd. Paulista, São Paulo – SP, 01425-000
E-mail: professormachado@hotmail.com

RESUMEN

Objetivo

Este estudio in vitro evaluó los aumentos de temperatura en la superficie radicular externa luego de la preparación de espacio para poste intrarradicular con diferentes cinemáticas ultrasónica y rotatoria con y sin irrigación.

Materiales y Métodos

Premolares unirradiculares fueron previamente instrumentados y obturados. Mediante CBCT se determinó el grosor dentinario de cada raíz. Luego, los especímenes fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos (n=10): grupos de preparación ultrasónica sin irrigación (USD) y con irrigación (USW), preparación rotatoria sin irrigación (WPD) y con irrigación (WPW). Los cambios de temperatura en la superficie radicular mesial externa fueron medidos en intervalos usando una cámara de imagen térmica infrarroja.

Resultados

Las temperaturas registradas en la superficie radicular externa fueron significativamente mayores en los canales preparados sin irrigación ($p<0.0001$), sin diferencia estadística entre las dos cinemáticas. En los grupos de preparación con irrigación, se observó que los dientes preparados con ultrasonido registraron menores aumentos de temperatura comparados con los preparados rotatoriamente ($p<0.0001$). Adicionalmente, el aumento máximo de temperatura se registró entre los 11 a 17 segundos durante la preparación.

Conclusión

Se concluye que las preparaciones de espacio para poste sin irrigación generan mayores aumentos de temperatura en la superficie radicular externa y que la irrigación reduce significativamente la temperatura durante la preparación ultrasónica.

INTRODUCCIÓN

La restauración de dientes endodónticamente tratados permite restablecer el elemento dental al sistema estomatognático y puede favorecer el éxito del tratamiento endodóntico (1-3). El enfoque restaurador del tratamiento endodóntico abarca la preparación del espacio y la cementación del poste intrarradicular siempre y cuando estén indicados (4-6). Diferentes técnicas e instrumentos han sido propuestos para la remoción parcial del material obturador y para la preparación del espacio para el poste intrarradicular. Esta preparación puede requerir la remoción de dentina radicular con la finalidad de encajar el poste en el espacio preparado, lo que podría debilitar la estructura radicular remanente (7-9). Por otra parte, algunos autores reportaron que durante la preparación del espacio para el poste intrarradicular hay un aumento de temperatura en la superficie radicular externa (10-15). En vista de eso, Eriksson y Albrektsson (16) demostraron que las alteraciones de temperatura intrarradiculares causan lesiones irreversibles en los tejidos óseos de conejos posterior a 1 minuto de exposición a 47°C. Otros estudios, confirmaron que el incremento de temperatura causa daños en las células del ligamento periodontal (17, 18) y en el tejido óseo (19-21). La fricción constante durante la rotación de las fresas para la preparación generan aumentos en los grados de temperatura sobre la dentina radicular, siendo el calor directamente proporcional a la velocidad. Weller et al. (11) evaluaron la temperatura en la superficie radicular externa en las preparaciones con fresas sin irrigación, variando la velocidad de rotación (fresas GPX a 6500, 8000, 9500, 11000 y 15000 rpm), concluyendo que los mayores aumentos de temperatura se registran a partir de las 8000 rpm. En un estudio mediante termografía infrarroja, Hussey et al. (14) evaluaron los aumentos de temperatura generados por instrumentos accionados a motor (Peeso 2, Peeso 3 y ParaPost) en rotación continua, encontrando variaciones de aumentos de temperatura entre 33.4 °C y 102.9 °C. El aumento más alto de temperatura fue observado cuando se utilizó la fresa Parapost, debido a una mayor fricción con la dentina. Evaluando el efecto de la irrigación, Lipski et al. (22) midieron los aumentos de temperatura en la superficie radicular externa durante la preparación del espacio para poste con fresas de cinemática rotacional. Concluyeron que se generan menores aumentos de temperatura (6.86 ± 1.18 °C) con las preparaciones para poste con irrigación en comparación con el grupo sin irrigación (53.75 ± 8.19 °C). Con foco en la cinemática de preparación para poste intrarradicular con irrigación, Kilic et al. (23) evaluarán aumentos de temperatura en

canales ovals después de la preparación con fresas de sección circular rotatoria y punta ultrasónica diamantada oval (Ellipson tip; RTD/Satelec, Merigac, France), observando que en ambos sistemas se registraron aumentos de temperatura entre 63.5° C y 47.6° C respectivamente, siendo significativamente menores los valores de temperatura en preparaciones ultrasónicas y esa diferencia se atribuye a la cinemática. Todavía, su estudio tenía como albo canales ovals e insertos ultrasónicos diamantados ovals. Ninguno de estos estudios evaluó el aumento de temperatura en la superficie radicular externa variando la cinemática de preparación para poste intrarradicular con o sin irrigación. Por lo tanto, el objetivo de este estudio in vitro, fue medir el aumento de temperatura en la superficie radicular externa durante la preparación del espacio para poste intrarradicular empleando cinemática ultrasónica y rotatoria con o sin irrigación por medio de termografía infrarroja. La hipótesis nula fue que la cinemática de preparación no influye en el aumento de temperatura en la superficie radicular externa con o sin irrigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de la muestra

El presente trabajo contó con la aprobación de un comité de ética en investigación (Resolución 90164418.4.0000.0075). Premolares inferiores recién extraídos fueron radiografiados para una primera selección. En seguida, sometidos a un análisis tomográfico (Prexion 3D, TeraRecon, San Mateo, California, USA) evaluando el corte a 5 mm del ápice radicular (24). Los dientes que tuvieran 2 conductos o mas en la proporción mesio-distal y vestibulo-lingual fueron excluidos de esta investigación (25). Para el cálculo de tamaño muestra, un test t de Student con un efecto muestra de Cohen d= 1.06, nivel de significancia de 5% y un poder de 80%, resultaron en un tamaño de muestra de n=10 dientes en cada grupo. Finalmente seleccionados, cuarenta dientes fueron decoronados, estandarizados en 15 mm y almacenados en agua destilada a 37 °C (Quimis, Diadema, SP, Brazil).

Preparación y obturación del conducto radicular

La longitud de trabajo (LT) fue establecida a 1 mm del ápice anatómico, por lo que se estandarizó en 14 mm. Instrumentos del sistema Waveone Gold Primary (25/07; Dentsply Sirona) y Medium (35/06) fueron utilizados para la preparación. Las soluciones irrigadoras usadas fueron

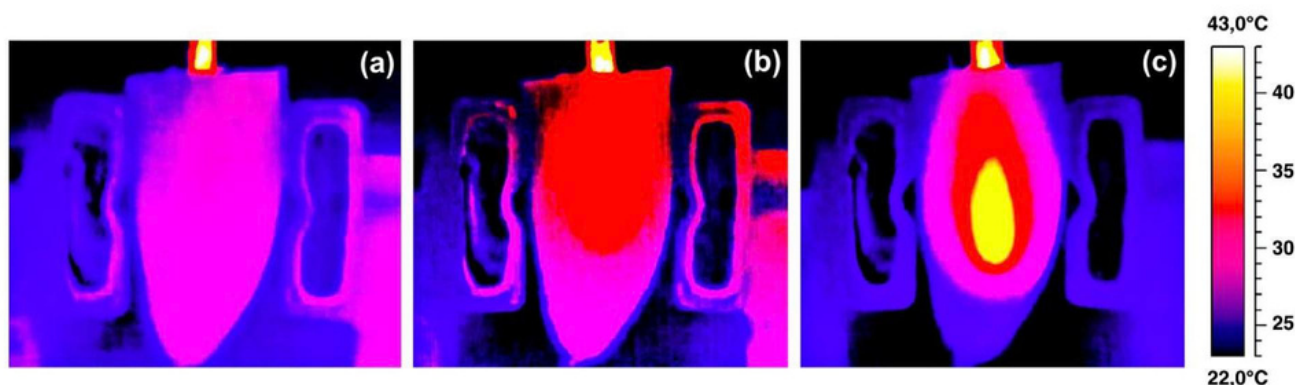


Figura 1. Evaluación termográfica de los especímenes durante la preparación de espacio para poste, donde los colores en la regla termográfica (derecha) representan el aumento de grados de temperatura (a) antes de la preparación; (b) inicio de la preparación, colores en rojo mostrando el aumento de temperatura durante la preparación (c) posterior a la preparación, colores en amarillo representan el aumento máximo de temperatura en la superficie radicular.

NaOCl 1% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brasil) y EDTA 17% (Fórmula e Ação) seguido de irrigación abundante con agua destilada. Los conductos fueron secados con puntas de papel y obturados con la técnica de cono único apical termoplastificado (26) utilizando solo los 4 mm apicales del cono de gutapercha Waveone Gold Medium (Dentsply, Sirona) con cemento AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany). Finalmente, la entrada del conducto fue sellada con cemento de ionómero de vidrio (Maxxion R, FGM) y llevados a incubar a 37 °C en 100% de humedad. En seguida, un segundo análisis tomográfico fue realizado para estandarizar el grosor dentinario remanente después de la preparación, para poder medir en un mismo punto las diferencias térmicas durante la preparación del espacio para el poste intrarradicular.

Preparación del espacio para poste intrarradicular

Los dientes fueron aleatoriamente distribuidos en 4 grupos de 10 dientes cada uno (Tabla 1), estableciendo

en 10mm la distancia de preparación del espacio para poste (PSWL). Grupo USD (preparación ultrasónica sin irrigación): El inserto ultrasónico PostPrep DC 0.5 (Trinks, São Paulo, Brasil) montado en el dispositivo ultrasónico ENAC OE-5 (Osada Electric, Nakatsu, Japan) fue accionado en potencia media sin irrigación hasta alcanzar la PSWL. Grupo WPD (preparación rotatoria sin irrigación): La fresa WhitePost DC 0.5 (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) fue usada a una velocidad continua de 8000 rpm accionada sin irrigación en un motor para implante dental (Kavo Intrasept 905; Kavo, Amersham, Bucks, Reino Unido) hasta alcanzar la PSWL. Grupo USW (preparación ultrasónica con irrigación): La punta ultrasónica PostPrep DC 0.5 (Trinks) empleando los parámetros anteriormente descritos, fue accionada con irrigación continua (25 mL/min) hasta alcanzar el PSWL. Grupo WPW (preparación rotatoria con irrigación): La fresa WhitePost DC 0.5 (FGM) empleando los parámetros anteriormente descritos, fue accionada con irrigación continua (25 mL/min) hasta alcanzar el PSWL.

Grupos y dispositivos usados en la preparación		Diámetros de los dispositivos (mm)		Cinemática de preparación
Sin irrigación (D)	Con irrigación (W)	Cervical	Apical	
Grupo USD Inserto ultrasónico PostPrep DC 0.5 (Trinks).	Grupo USW Inserto ultrasónico PostPrep DC 0.5 (Trinks).	1.4	0.65	Ultrasónica
Grupo WPD Fresa WhitePost DC 0.5 (FGM)	Grupo WPW Fresa WhitePost DC 0.5 (FGM)	1.4	0.65	Rotación continua

Tabla 1. Grupos experimentales y características de los dispositivos usados durante la preparación del espacio para poste.

Medición térmica

Los cambios de temperatura durante la preparación del espacio para poste fueron medidos con una cámara de imagen térmica por infrarrojo (ThermaCAM SC3000, FLIR Thermal Infrared Camera Systems, USA). Durante la lectura de la temperatura, las coronas de los dientes fueron fijadas a un aparato que cubre toda la superficie radicular. La cámara fue posicionada en un soporte perpendicular a la superficie mesial de cada espécimen como descrito en la literatura (22, 23) y calibrada a una distancia de 15 cm del espécimen. Las condiciones ambientales también fueron controladas (temperatura ambiente ~25.0 °C, humedad del ambiente ~50%, flujo de aire <0.5 ms⁻¹). La emisividad de los tejidos fue calculada en 0,91 usando el método descrito por Kells et al. (27).

Los termogramas fueron iniciados 2 segundos antes de la preparación para poste y continuaron durante

intervalos de 2 segundos después de la preparación por un tiempo total de 90 segundos. Las imágenes térmicas fueron posteriormente analizadas en el programa ThermaCAM Research (FLIR Systems Inc) para determinar el aumento máximo de la temperatura (ΔT) en los tercios cervical y medio de la superficie radicular mesial de las muestras (Figura 1).

Análisis estadístico

Todos los conjuntos de datos fueron sometidos al test de normalidad de Shapiro-Wilk, encontrando que los datos tuvieron una distribución normal. Para la comparación estadística inter grupo se utilizaron el test de varianza unidireccional (ANOVA) y el test t para muestras apareadas con una significancia de 95%, además del test de Tukey como prueba post hoc (SPSS, SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Los análisis estadísticos fueron realizados usando el software SigmaPlot 12.0 (Systat Software, San Jose, CA).

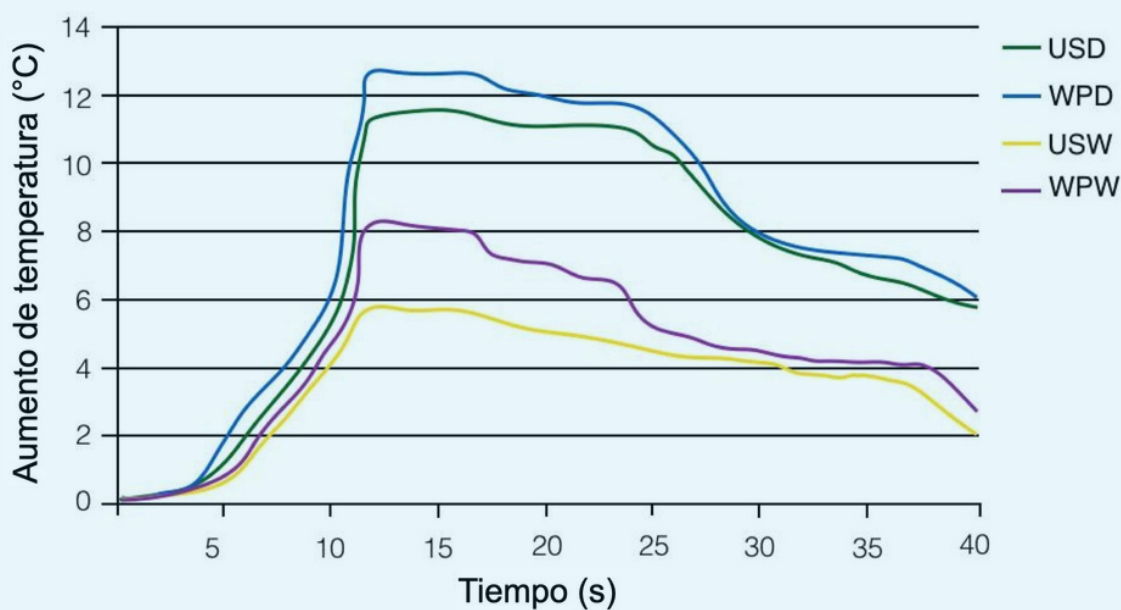


Figura 2. Curvas representativas de los aumentos medios de temperatura en relación con los períodos de tiempo en los diferentes grupos de preparación.

RESULTADOS

El análisis estadístico reveló diferencia en el aumento medio de la temperatura entre los grupos de preparación sin irrigación y con irrigación independiente de la cinemática de preparación. Los aumentos máximos de temperatura fueron observados en los grupos de preparación sin irrigación (USD e

WPD) sin diferencia entre sí, mientras que cuando fueron comparados con la preparación con irrigación (USW e WPW) sí hubo diferencia ($p < 0.001$). En el grupo ultrasónico (USW) el aumento medio de la temperatura fue significativamente menor en comparación con el grupo rotatorio (WPW), encontrado diferencias significativas entre ellos ($p < 0.001$).

Cinemática	Grupo sin irrigación			Grupo con irrigación			p
	Promedio $\pm$ SD	Med.	(min-max)	Promedio $\pm$ SD	Med.	(min-max)	
Preparación Ultrasónica	11.69 $\pm$ 5.50 **	11.15	5.3-22.30	5.96 $\pm$ 2.28 *a	6.10	2.1-9.1	< 0.0001
Preparación Rotatoria	12.35 $\pm$ 5.06 **	11.35	7.1-21.70	8.23 $\pm$ 1.63 *b	8.65	5.4-10.5	< 0.0001

*Diferentes letras y símbolos indican diferencia estadística entre columnas y filas respectivamente ($p < 0,001$). SD, desviación estándar; Med, mediana

Tabla 2. Media, desviación estándar, valored mínimo y máximo de temperatura de los grupos.

Considerando el aumento medio de temperatura en relación a los intervalos de tiempo, independiente de la cinemática y el uso de refrigeración, no reveló diferencias significativas en el período de 0 a 4 segundos y fue observado que el aumento máximo y pico constante de temperatura para cada grupo fue registrado en el período de 11 a 17 segundos en comparación a otros períodos ($p < 0.001$) observados en la Figura 2.

DISCUSIÓN

Independiente de la cinemática de preparación, sea ultrasónica o por rotación continua, estos instrumentos generan aumentos de temperatura durante la preparación del espacio para poste intrarradicular (10-15, 23). El calor generado por la fricción entre el instrumento con la superficie dentinaria, dependerá de la intensidad, de los tipos de instrumentos, velocidad de rotación y el tiempo de contacto entre ellos.

Otros estudios sugieren que el aumento de la temperatura por encima de 10 °C durante 1 minuto puede causar lesiones en los tejidos circundantes (16-21). Brown et al. (28) estudiaron la conductividad térmica (en relación a la temperatura y el tiempo) y difusividad térmica (entre el grosor dentinario y el tiempo) de la dentina y del esmalte, concluyendo que la dentina es un pésimo conductor y aislante térmico, por tanto, cuanto los aumentos en la superficie radicular externa durante la preparación para poste intrarradicular empleando la cinemática ultrasónica y rotatoria con y sin irrigación. Los resultados demostraron que independiente de la cinemática no había diferencia significativa en los aumentos de temperatura entre los grupos de preparación sin irrigación (USD e WPD). Estos resultados pueden ser explicados por la fricción de los instrumentos de preparación en contacto con la dentina radicular en un período de tiempo similar, lo cual ha sido corroborado por Hussey (14). Cuando se comparan los grupos de preparación sin irrigación (USD e WPD) con los

grupos con irrigación (USW e WPW) se registran valores menores de aumento de temperatura. Estos hallazgos refuerzan que el uso de irrigación durante la preparación influye en el aumento temperatura en la superficie radicular externa, lo cual también ha sido demostrado por Lipski et al. (22) que observaron que el aumento de temperatura fue más bajo cuando la preparación para el poste fue realizado con irrigación (6.86 ± 1.18 °C) en comparación con las preparaciones sin irrigación (53.75 ± 8.19 °C). Estos valores son similares a los hallazgos del presente estudio, en los grupos con irrigación (USW e WPW) el aumento fue inferior a 10 °C, entre 6.10 °C y 8.65 °C, mientras que en los grupos sin mayor es el grosor dentinario, menor el calor transferido para la superficie radicular externa. En el presente estudio se optó por el CBCT para obtener un grosor dentinario semejante entre los especímenes, resultando en una mayor precisión en la medición de temperatura.

Estudios empleando termocuplas han evaluado la temperatura durante la preparación del espacio para poste intrarradicular. Eriksson y Sundström (18) encontraron aumentos de temperatura entre 31°C a 57°C, por otro lado, Saunders y Saunders (10) registraron temperaturas de 5.13°C a 18.8°C, Tjan e Abbate (12) observaron variaciones de temperatura entre 2.3-15.5°C, en contraste con Weller et al. (11) de 0.66 a 4.81°C. Por tanto, esta metodología presenta limitaciones, no permitiendo registrar el cambio global de temperatura en toda la superficie radicular. La termografía infrarroja es capaz de producir imágenes precisas, permitiendo mediciones de alta resolución cuando la temperatura ambiente se mantiene constante y con parámetros previamente establecidos (20, 29). Las cámaras térmicas infrarrojas ofrecen una gran ventaja de visualización de flujo de calor espacio-tiempo y de la distribución de temperatura durante la preparación para el espacio del poste en tiempo real (14, 15, 22, 23). En este estudio, la termografía fue usada para analizar irrigación (USD e WPD) el

iaumento fue de 11.15°C y 11.35°C respectivamente (Tabla 1).

Considerando la cinemática de preparación para poste, Killic et al. (23) evaluaron los cambios de temperatura con insertos ultrasónicos ovales y fresas circulares con irrigación en canales ovales y observaron aumentos de 47°C, siendo significativamente menor en las preparaciones con el inserto ultrasónico oval. En el presente estudio, los aumentos de temperatura fueron significativamente menores para el grupo ultrasónico comparado con el grupo rotatorio ($p < 0,001$). Esto puede ser explicado posiblemente debido a la cinemática y acción cortante menos agresiva producida por el ultrasonido. Considerando el aumento medio de la temperatura en relación a los intervalos de tiempo, independiente de la cinemática y el uso de irrigación, no se detectaron diferencias significativas en período de 0 a 4 segundos y fue observado que el aumento máximo y pico constante de temperatura para cada grupo fue registrado en el período de 11 a 17 segundos en comparación a los otros períodos ($p < 0,001$) ilustrados en la Figura 2.

En el presente trabajo adicionalmente fue observado el aumento de temperatura en relación al intervalo de tiempo, en el período de 4 a 10 segundos durante la fase inicial de la preparación, hubo una elevación de temperatura (Figura 1), debido a que los instrumentos aun alcanzaban el PSL.

A partir de los 11 hasta los 17 segundos se registro el máximo aumento constante de temperatura en los tercios cervical y medio, debido al mayor contacto del instrumento con la superficie dentinaria.

En seguida, un descenso significativo de temperatura después de la preparación. Estos aumentos de temperatura duraban apenas algunos segundos y estuvieron abajo del aumento crítico relatado por Eriksson y Albrektsson (16).

El presente trabajo in vitro presenta limitaciones, pese a los esfuerzos realizados para simular las condiciones clínicas, por lo que los hallazgos deben ser extrapolados con cautela. Fue demostrado que la preparación sin irrigación genera aumentos de temperatura relativamente altas en la superficie radicular externa. El uso de irrigación durante la preparación reduce significativamente estos aumentos. En este contexto, el riesgo de lesiones térmicas en el periodonto y hueso circundante son potencialmente minimizados cuando se utilizan instrumentos ultrasónicos.

CONCLUSIÓN

En las condiciones de este estudio in vitro, el análisis termográfico infrarrojo demostró que independientemente de la cinemática, las preparaciones de espacio para poste sin irrigación generan mayores aumentos de temperatura en la superficie radicular externa.

En tanto que, las preparaciones con instrumentos ultrasónicos con irrigación redujeron los aumentos de temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (17/50332-0; 13/26113-6; 17/07519-2), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/ Programa de Cooperação Acadêmica em Defesa Nacional (CAPES/PROCAD) (88881.068505/2014-01) y Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (INTC-465763/2014-6, PQ-309902/2017-7).

REFERENCIAS

1. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011;7:895-902.
2. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod* 2004;30:289-301.
3. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 1995;28:12-8.
4. Carvalho MA, Lazari PC, Gresnigt M, Del Bel Cury AA, Magne P. Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Braz Oral Res* 2018;32(supl 1):e74.
5. Valdivia JE, Machado MEL. Concepts and current techniques in post space preparation for fiberglass posts. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 2018;2:164-70.

6. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:77-83.
7. Souza EM, do Nascimento LM, Maia Filho EM, Alves CM. The impact of post preparation on the residual dentin thickness of maxillary molars. *J Prosthet Dent* 2011;3:184-190.
8. Kuttler S, McLean A, Dorn S, Fischzang A. The impact of post space preparation with Gates-Glidden drills on residual dentin thickness in distal roots of mandibular molars. *J Am Dent Assoc* 2004;135:903-9.
9. Katz A, Wasenstein-Kohn S, Tamse A, Zuckerman O. Residual dentin thickness in bifurcated maxillary premolars after root canal and dowel space preparation. *J Endod* 2006;32:202-5.
10. Saunders FM, Saunders WP. The heat generated on the external root surface during post space preparation. *Int Endod J* 1989;22:169-73.
11. Weller RN, Kimbrough WF, Anderson RW. Root surface temperatures produced during post space preparation. *J Endod* 1996;22:304-6.
12. Tjan AH, Abbate MF. Temperature rise at root surface during post space preparation. *J Prosthet Dent* 1993;69:41-5.
13. Gokturk H, Ozkocak I, Taskan M M, Aytac F, Karaarslan E S. In vitro evaluation of temperature rise during different post space preparations. *Eur J Dent* 2015;04:535-41.
14. Hussey DL, Biagioni PA, Mc Cullagh JJP, Lamey PJ. Thermographic assessment of the heat generated on the root surface during post space preparation. *Int Endod J* 1997;30:187-90.
15. Lipski M, Deboa D, Lichota D. Thermographic assessment of the temperature rise of the dental root surface during preparation of the post space in teeth filled with Thermafil and laterally condensed gutta-percha. *Thermol Int* 2000;10:196-200.
16. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50:101-7.
17. Sauk JJ, Norris K, Foster R, et al. Expression of heat stress proteins by human periodontal ligament cells. *J Oral Pathol* 1988;17:496-9.
18. Eriksson JH, Sundstrom F. Temperature rise during root canal preparation: a possible cause of damage to tooth and periodontal tissue. *Swed Dent* 1984;8:217-23.
19. Matthews LS, Hirsch C: Temperatures measured in human cortical bone when drilling. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54:297-308.
20. Atrizadeh F, Kennedy J, Zander H: Ankylosis of teeth following thermal injury. *J Periodontal Res* 1971;6:159-67.
21. Kwon SJ, Park YJ, Jun SH, Ahn JS, Lee IB, Cho BH, et al. Thermal irritation of teeth during dental treatment procedures. *Restor Dent Endod* 2013;38:105-12.
22. Lipski M, Mrozek J, Drozdziak A. Influence of water cooling on root surface temperature generated during post space preparation. *J Endod* 2010;36:713-6.
23. Kilic K, Er O, Kilinc HI, Aslan T, Bendes E, Sekerci AE, et al. Infrared thermographic comparison of temperature increases on the root surface during dowel space preparations using circular versus oval fiber dowel systems. *J Prosthodont* 2013;22:203-7.
24. Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89:739-43.
25. Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am* 2004;48:323-35.
26. Valdivia JE, Machado MEL. Ultrasonic wave of obturation by segmented technique. *Full Dent. Sci* 2018;35:135-43.
27. Kells BE, Kennedy JG, Biagioni PA, Lamey PJ. Computerized infrared thermographic imaging and pulpal blood flow: part 1 a protocol for thermal imaging of human teeth. *Int Endod J* 2000;33:442-7.
28. Brown WS, Dewey WA, Jacobs HR. Thermal properties of teeth. *J Dent Res* 1970;49:752-5.
29. Mc Cullagh JJ, Setchell DJ, Gulabivala K, Hussey DL, Biagioni P, Lamey PJ, et al. A comparison of thermocouple and infrared thermographic analysis of temperature rise on the root surface during the continuous wave of condensation technique. *Int Endod J* 2000;33:326-32.