

Vitor Correa Homse

***Análise por microCT da capacidade de
mineralização de cimentos endodônticos***

**Araçatuba – SP
2015**

Vitor Correa Homse

Análise por microCT da capacidade de mineralização de cimentos endodônticos

Trabalho de Conclusão de Curso como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP

Orientador: Prof.Adj. Eloi Dezan Jr

**Araçatuba – SP
2015**

Dedicatória

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus pais e meu irmão por todo suporte, por sempre estarem comigo em todos os momentos importantes da minha vida e acreditarem em mim.

Agradecimentos

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que meu sonho se tornasse realidade e só coisas boas acontecessem ao longo de minha vida, não somente nesses anos de universitário, mas sim sempre.

Aos meus pais Jose e Sílvia por todo amor, incentivo, orientações, e apoio incondicional que sempre me deram.

Ao meu irmão Lucas, que sempre me orientou, me motivou, e que pude contar em todos os momentos.

A Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP, incluindo todos os docentes e funcionários pelo acolhimento, conhecimentos e dedicação oferecidos durante minha jornada.

Em especial ao meu Orientador Professor Eloí Dezan Jr e ao Doutorando Diego Valentim, que me conduziram, se empenharam e me ajudaram durante minha fase de pesquisador, Obrigado por tudo, apoio, atenção, ensinamentos, paciência e amizade.

Aos meus amigos, Gino, Hideki, Hiram, Sinval, Luis Otavio, Paulo, Vinicius, que se tornaram mais que amigos durante meus anos de universitário.

A minha namorada Mariana, por sempre estar do meu lado em todos os momentos, sendo fáceis ou difíceis, me dando todo apoio, me ajudando em tudo que preciséi e ser minha melhor amiga, companheira, obrigado por tudo.

“Escolha uma ideia. Faça dessa ideia a sua vida. Pense nela, sonhe com ela, viva pensando nela. Deixe cérebro, músculos, nervos, todas as partes do seu corpo serem preenchidas com essa ideia. Esse é o caminho para o sucesso”.

Swami Vivekananda.

Resumo

HOMSE, VC. Análise por microCT da capacidade de mineralização de cimentos endodônticos. 2015, 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2015.

Resumo

O objetivo desse estudo foi avaliar a capacidade de mineralização dos materiais endodônticos, Biodentine™, MTA Branco Angelus®, quando comparados com hidróxido de cálcio. Quarenta e oito ratos Wistar foram submetidos à pulpotomia dos primeiros molares inferiores direito e esquerdo. O acesso coronário foi realizado com broca carbide haste longa 1/2 em alta velocidade sob irrigação contínua, com auxílio de microscópio operatório, o corte da polpa coronária foi realizado com uma cureta. Após a remoção da polpa coronária, a câmara pulpar foi irrigada com solução salina até hemostasia. O capeamento pulpar foi realizado com Biodentine™, MTA Branco Angelus® ou Hidróxido de Cálcio e a coroa restaurada com ionômero de vidro e seladas com selante de superfície (PermaSeal, Ultradent). O grupo controle não recebeu material capeador, e foi diretamente restaurado com ionômero de vidro. A análise microtomográfica foi realizada após 7, 15 e 30 dias por meio do microCT (SKY SCAN 1174). Cortes transversais foram utilizados para medir a maior área da ponte de tecido duro, por meio do software CTAN, após a obtenção das áreas os valores foram tabulados e submetidos ao teste estatístico ANOVA. Os resultados obtidos aos 7, 15 e 30 dias respectivamente, mostraram que o Biodentine™ induziu em média a formação de 65%, 71% e 68% de tecido duro, na área da secção analisada da luz do canal, enquanto o hidróxido de cálcio induziu 38%, 56% e 53%, e MTA Branco Angelus® induziu 27%, 21% e 41%. O Biodentine™ induziu a maior formação de mineralização seguido do hidróxido de cálcio e MTA Branco Angelus®.

Palavras-Chave: Biodentine™, Hidróxido de Cálcio, Mineralização

Abstract

HOMSE, VC. Microtomography analysis of endodontic sealers mineralization after pulpotomy. 2015. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2015.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the mineralization ability of the endodontic materials Biodentine™ and White Angelus® MTA when compared with calcium hydroxide. Pulpotomy was performed in 48 Wistar rats, on the first right and left lower molars. Access was made with 1/2 carbide bur at high speed, with continuous irrigation, and pulp cut with an adapted curette. After coronal pulp removal, the chamber was irrigated with saline until hemostasis. The pulp capping was performed with Biodentine, WMTA or Calcium Hydroxide and crown restored with glass ionomer and sealed with unfilled resin (Pemaseal, Ultradent). The control group did not receive capping material, and was directly sealed with glass ionomer. Microtomography analysis (SKY SCAN 1174) was performed after 7, 15 and 30 days. The area of hard tissue bridge formation was measured through CTAn software, and two way ANOVA was performed. At 7, 15 and 30 days Biodentine produced an average of 65%, 71% and 68% of hard tissues in the area of mineralization, respectively; calcium hydroxide produced 38%, 56% and 53%, while WMTA produced 27%, 21% and 41%. Biodentine™ induced the highest mineralization areas followed by calcium hydroxide and WMTA.

Keywords: Biodentine™, Mineralization, Calcium Hydroxide

Lista de Gráficos

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Representação gráfica da média da formação da ponte de tecido duro pelos cimentos ao longo do período de 7, 15, 30 e dias.

Página 28

Lista de Tabelas

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Média da formação da ponte de tecido duro pelos cimentos ao longo dos períodos de 7, 15 e 30 dias.

Página 28

Lista de figuras

Figura 1 – Cortes transversais e longitudinais das imagens tomográficas, mostrando a formação da ponte de tecido duro.

Página 26

Sumário

Sumário

1- Introdução	Página 20
2- Proposição	Página 22
3- Material e Método	Página 24
4- Resultados	Página 28
5- Discussão	Página 30
6- Conclusão	Página 33
Referências	Página 35

Introdução

1-Introdução

Diferentes materiais que induzem a formação da ponte de tecido duro têm sido testados como capeadores pulpares após a exposição da polpa. (Witherspoon, 2008).

A pulpotomia é uma técnica de tratamento endodôntico conservador, que consiste na remoção do tecido pulpar coronário inflamado, com consequente manutenção da integridade da polpa radicular (Sada Assed et al., 2007)

O hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂] é o padrão ouro em se tratando de biocompatibilidade como agente de proteção pulpar (Paranjpe et al., 2010), além de 90% dos tratamentos realizados ocorrer a formação total de uma ponte de tecido duro protegendo a polpa vital e não inflamada (Holland et al., 1981).

O agregado de trióxido mineral (MTA) pode ser empregado como alternativa ao Ca(OH)₂ para tratamento de injúrias pulpares, estimulando a formação de pontes de tecido duro mais rápido que o Ca(OH)₂ (Faraco et al., 2001, Accorinte et al., 2008; Min et al., 2008; Eskandarizadeh et al., 2011). O MTA é um material bioativo, biocompatível, antibacteriano, estável e alta capacidade de vedação (Iwamoto et al., 2006, Nair et al., 2008; Eskandarizadeh et al., 2011 Faraco et al., 2001, Accorinte et al., 2008; Zarrabi et al., 2010).

Outro material recentemente lançado no mercado é o Biodentine™ (Septodont, Saint Maur des Fossés, France), que é um cimento a base de silicato de cálcio, com propriedades mecânicas semelhantes a da dentina, podendo ser utilizado como um substituto da dentina na coroa e tem seu uso similar ao do MTA no canal radicular (Laurent et al., 2012; Zanini et al., 2012; Koubi et al., 2013; Raskin et al., 2012; Koubi et al., 2012; Laurent et al., 2008; Tran et al., 2012). Estudos *in vitro* mostraram que em contato com as células da polpa vital tem um efeito positivo estimulando a formação de dentina terciária (Laurent et al., 2012; Zanini et al., 2012; Peng et al., 2011).

Proposição

2- Proposição

O objetivo desse estudo foi avaliar por meio da microtomografia computadorizada o tamanho da área da ponte de tecido duro formada na raiz distal dos primeiros molares de ratos, após pulpotomia, utilizando como capeadores pulpaes o hidróxido de cálcio, o MTA branco Angelus® e o Biodentine™.

A hipótese nula é que os materiais capeadores não induzem mineralização, não formando ponte de tecido duro.

Material e Método

3- Material e Método

Animais

Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animal (CEUA) de Araçatuba, (Processo n° 07457/2014).

Foram utilizados os dois primeiros molares inferiores de 48 animais (N=96) divididos em 4 grupos experimentais: Ca(OH)₂ + água destilada (n=24), MTA Angelus® + água destilada n=24), Biodentine™ (n=24) e um grupo controle (n=24) capeado diretamente com Ionômero de vidro (Fuji IX, GC, Tokyo, Japan), sendo os períodos pós operatórios de 7, 15 e 30 dias. Inicialmente os animais foram submetidos à anestesia geral com xilazina (25mg/kg) e quetamina (50mg/kg) misturadas na mesma seringa, via intramuscular (região posterior da coxa do animal), em seguida foi realizada a limpeza e desinfecção dos primeiros molares superiores com 3% de peróxido de hidrogênio e 0,2% de gluconato de clorexidina.

Pulpotomia

A pulpotomia foi realizada, com auxílio de microscópio operatório, com uma broca de aço carbono esférica de 0,5mm de diâmetro em alta rotação. A

profundidade das cavidades foi de 1mm, sendo realizada a remoção do teto da câmara pulpar e a remoção da polpa com cureta (Dentsply Maillefer®) modificada para caber no interior da cavidade, até que fosse visualizada as embocaduras dos canais radiculares. Em seguida o sangramento foi controlado com irrigação com solução salina e a utilização de bolinhas de algodão estéreis. O tecido pulpar remanescente foi capeado com Biodentine™, MTA Branco Angelus® + água destilada, Ca(OH)₂ + água destilada, ou deixado sem capeamento. As cavidades foram restauradas com cimento de ionômero de vidro (Fuji IX, GC, Tokyo, Japan), e seladas com selante de superfície (PermaSeal, Ultradent)

Após 7, 15 e 30 dias os animais foram eutanasiados por overdose anestésica (cloridrato de quetamina). Em seguida foi realizada a remoção das mandíbulas e a separação das mesmas com auxílio de tesoura, outro corte foi feito de modo a tangenciar a face distal do terceiro molar. As peças foram colocadas em solução de formalina a 10%, tamponada com pH neutro e levadas para a Faculdade de Odontologia de Bauru – USP, Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, onde foi realizada a microtomografia computadorizada das peças.

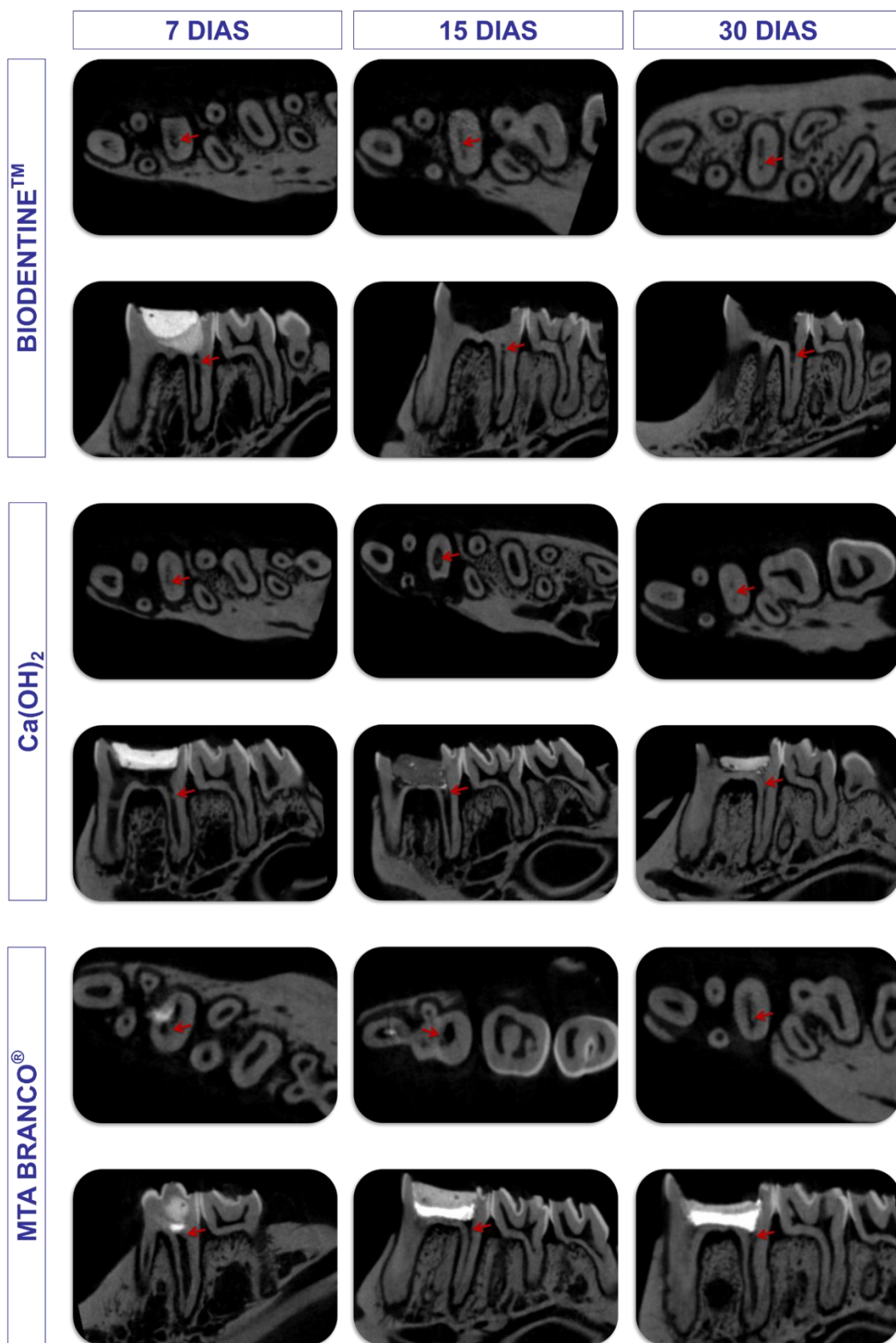
Microtomografia (Micro-CT)

A área da ponte de tecido duro formada no canal distal foi avaliada usando imagens Micro-CT. Cada espécime foi colocado em eppendorf contendo formol 10% para serem fixados e foram escaneados usando um computador de mesa acoplado ao microtomógrafo (SkyScan 1174v2; SkyScan, Kontich, Belgium). O processo de escaneamento procedeu-se utilizando 50kV de voltagem e 800µA de corrente. Uma amostra foi digitalizada por vez. Os parâmetros de captura de imagem utilizados foram: tamanho do Vox El de 14.1µm com 1.1° de rotação por imagem capturada num total de 180°. Foi obtida 367 imagens.tif com 652X652 pixels. Em seguida os dados foram inseridos em software para reconstrução das imagens (NRecon v1.6.4.8, SkyScan), e CTan software (CTan v1.11.10.0, SkyScan) foi utilizado para a mensuração das áreas de mineralização.

Análise estatística

Os valores da área encontrada foram submetidos ao teste estatístico ANOVA e teste de Tukey. O nível de significância foi de 5%. Para aplicação dos

testes foi utilizado o software SigmaPlot 12.1 (Systat Software Inc 1735 Technology Drive Suite 430 San Jose, CA 95110 U.S.A.).



Cortes transversais e longitudinais das imagens tomográficas, mostrando a formação da ponte de tecido duro.

*Setas vermelhas indicam a área mineralizada.

Resultados

4- Resultados

A hipótese nula foi rejeitada para Os três materiais.

Os resultados da mineralização são mostrados na **Tabela 1 e Gráfico 1**.

Tabela 1 – Média da formação da ponte de tecido duro pelos cimentos ao longo dos períodos de 7, 15 e 30 dias.

	7 days	15 days	30 days
Biodentine	0,656 ^a	0,705 ^a	0,675 ^a
White MTA	0,269 ^b	0,205 ^b	0,41 ^b
Ca(OH)₂	0,383 ^{ab}	0,556 ^a	0,533 ^{ab}

*Letras diferentes indicam haver diferença estatística entre os grupos (P<0,05).

Aos 7, 15 e 30 dias o Biodentine™ mostrou maior área mineralizada que o MTA Branco Angelus® (p<0,05), entretanto se mostrou semelhante ao Ca(OH)₂, esse por sua vez aos 15 dias mostrou maior área mineralizada que o MTA Branco Angelus®. Apesar de não significante o Biodentine™ aos 7 dias mostrou maior área de mineralização que o MTA branco Angelus® e o Ca(OH)₂ aos 7, 15 e 30 dias, Após 7 dias o Biodentine™ induziu em média a formação de 65% de tecido duro, na área da secção analisada da luz do canal, aos 15 dias 71% e aos 30 dias 68%, enquanto o hidróxido de cálcio induziu aos 7 dias 38%, aos 15 dias 56% e aos 30 dias 53%, e o MTA Branco Angelus® induziu aos 7 dias 27%, aos 15 dias 21% e aos 30 dias 41%.

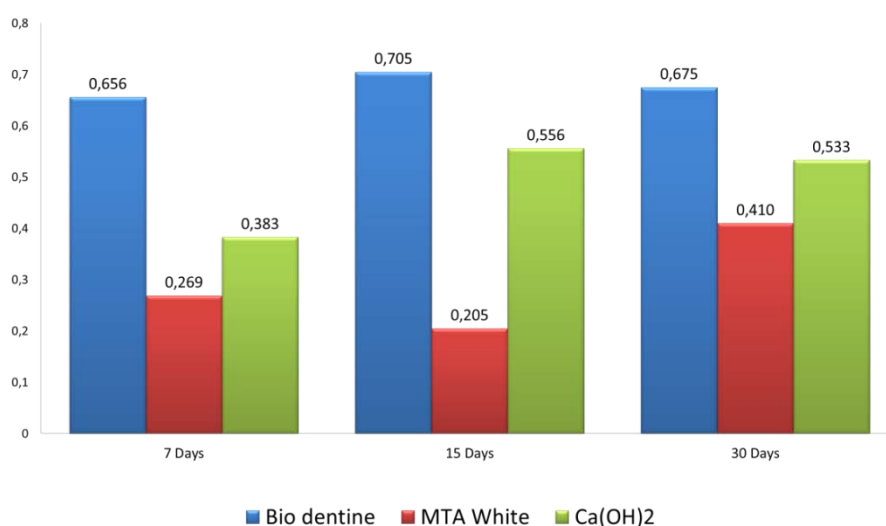


Gráfico 1 – Representação gráfica da media da formação da ponte de tecido duro pelos cimentos ao longo do período de 7, 15, 30 e dias.

Discussão

5- Discussão

O presente estudo avaliou a área formada da ponte de tecido duro após pulpotomias por meio da microCT (Microtomógrafo Skyscan 1174) em canais distais

de primeiros molares inferiores de ratos, que viabiliza ter uma visão tridimensional em um mesmo espécime, diferentemente de estudos histológicos que apesar de serem padrão ouro para visualização da ponte de tecido duro, não torna possível a análise de secções diferentes em um mesmo espécime. (Maret et al., 2007; Maret et al., 2014; Scarfe et al., 2006; Nowicka et al., 2015), além de poder ser visualizada toda área mineralizada já que a microtomografia foi realizada antes da desmineralização (Al-Hezaimi et al., 2011).

Todos os espécimes apresentaram ponte de tecido duro, portanto, a hipótese nula de que não haveria a formação da ponte de tecido duro após a proteção direta dos remanescentes pulparem com estes diferentes materiais em contato com a polpa é rejeitada.

O hidróxido de cálcio tem sido comumente utilizado para capeamento pulpar direto, neste trabalho podemos observar que juntamente com o Biodentine™ obteve-se uma maior área de mineralização em relação ao MTA Branco Angelus®, aos 15 dias, entretanto aos 7 e 30 dias não houve diferença entre o Ca(OH)_2 e o MTA Branco Angelus®. Nowicka et al 2015 obteve resultados semelhantes avaliando o volume de mineralização formada pelo Biodentine™, MTA, Ca(OH)_2 e o Single Bond Universal, em dentes humanos, após 45 dias, onde obteve que a melhor ponte de dentina formada com maior volume e homogeneidade foi a promovida pelo Biodentine™ e MTA, não tendo diferença em relação ao Ca(OH)_2 , mas sim em relação ao Single Bond Universal.

No presente estudo o Biodentine™ obteve a maior área de mineralização com diferença significativa em relação ao MTA Branco Angelus®, em todos os tempos experimentais ($p < 0,05$). O que difere de Nowicka et al 2015, que mostrou que os dois materiais não diferem quanto ao seu volume. Essa divergência de resultados pode ser devido ao tempo experimental, já que no presente estudo foram realizados 3 períodos mais curtos de tempo (7, 15, 30 dias) enquanto o outro estudo foi realizado em um período de 6 semanas.

Salako et al. 2003 e Hadeer et al 2004 mostraram que o MTA Cinza e o MTA Branco formam por completo sua ponte a partir dos 28 dias, aos 14 o MTA Branco possui um início de mineralização, apesar destes outros 2 artigos serem análises histológicas o resultado do presente estudo está de acordo, visto que aos 15 dias o MTA Branco possuía menor área de mineralização em relação a ele mesmo aos 30

dias, apesar de não ser significativa, foi notado o aumento no percentual da área ocupada pela ponte de dentina na luz do canal, podendo em períodos maiores chegar a completa formação da ponte de tecido duro, como é relatado em casos onde a preservação vai além dos 30 dias (Eidelman et al 2001, Holan et al 2005).

Quanto a escolha da Micro-CT, é devido que os exames tomográficos produzem imagens a partir de secção da estrutura de interesse e possuem três vantagens básicas em relação às radiografias convencionais: apresenta exame tridimensional em uma sequência de cortes finos, com ausência de sobreposição (Patel et al 2007) possui sensibilidade acurada na identificação de tecidos (Cheng et al 2009) e facilita a manipulação de imagem após tomada, permitindo aumento de brilho, nitidez, realce de bordos e contraste. O volume de imagens captadas pelo aparelho e transportadas para o software permite uma completa visualização da anatomia de cada elemento dentário e área circundante, capacitando a quantificação do tamanho real (Durack e Patel 2012; Cheng et al; Cotti 2010; Tachibana e Matsumoto 1990; Siotia et al 2014).

A mensuração da área da ponte de dentina e a visão tridimensional do tratamento realizado neste estudo mostra que a utilização do micro-CT foi eficaz e esse tipo de estudo é de grande ajuda para o auxílio em diagnóstico ou para confirmação do tratamento realizado. Nowicka et al 2015 analisaram, com auxílio de um tomógrafo cone beam, dentes humanos onde foram realizadas pulpotomias e capeados com Biodentine™, MTA Branco e Ca(OH)_2 , com isso foi possível constatar o local exato e a quantidade de ponte de tecido formada com esses materiais, estando de acordo com o presente estudo.

Conclusão

6- Conclusão

Conclui-se que: O Biodentine™, o Hidróxido de Cálcio e o MTA Branco Angelus® induzem a formação da ponte de tecido duro. O Biodentine™ induz em maior quantidade a mineralização que o Hidróxido de Cálcio e o MTA Branco Angelus® em todos os períodos analisados (7, 15, 30 dias); Os três materiais se mostraram eficientes para proteção do remanescente pulpar.

Referências

Referências

1. Accorinte ML, Loguercio AD, Reis A, et al. Response of human dental pulp capped with MTA and calcium hydroxide powder. *Oper Dent* 2008;33:488–95.
2. Agamy HA, Bakry NS, Mounir MM, Avery DR. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent*. 2004 Jul-Aug;26(4):302-9.
3. Al-Hezaimi K, Al-Tayar BA, Bajuaifer YS, et al. A hybrid approach to direct pulp capping by using emdogain with a capping material. *J Endod* 2011;37:667–72.

4. Assed S, Leonardo MR, de Paula e Silva FW, da Silva LA. Pulpal and periapical response of dogs' teeth after pulpotomy and use of recombinant human bone morphogenetic protein-7 as a capping agent. *J Dent Child (Chic)*. 2007 May-Aug;74(2):79-84.
5. Cheng L, Zhang R, Yu X, Tian Y, Wang H, Zheng G, Hu T. A comparative analysis of periapical radiography and cone-beam computerized tomography for the evaluation of endodontic obturation length. *Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod*. 2011 Sep;112(3):383-9.
6. Cotti E. Advanced techniques for detecting lesions in bone. *Dent Clin North Am* 2010;54:215-35
7. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J* 2012;23:179-91.
8. Eidelman E, Holan G, Fuks AB. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatric Dentistry* 2001;23:15-18.
9. Eskandarizadeh A, Shahpasandzadeh MH, Shahpasandzadeh M, et al. A comparative study on dental pulp response to calcium hydroxide, white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents. *J Conserv Dent* 2011;14:351–5.
10. Faraco IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol* 2001;17: 163–6.
11. Holan G, Eidelman E, Fuks AB. Long-term Evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. *Pediatric Dentistry* 2005; 27:2;129-129-136.
12. Holland R, de Mello W, Nery MJ, de Souza V, Bernabe PF, Otoboni Filho JA. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with calcium hydroxide in powder or paste form. *Acta Odontol Pediatr*.1981 Dec;2(2):47-51.
13. Koubi G, Colon P, Franquin JC, et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth: a prospective study. *Clin Oral Investig* 2013;17:243–9.

14. Koubi S, Elmerini H, Koubi G, et al. Quantitative evaluation by glucose diffusion of microleakage in aged calcium silicate-based open-sandwich restorations. *Int J Dent* 2012;2012:105863. [Epub 2011 Dec 12].
15. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induces TGF- β 1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J*. 2012 May;45(5):439-48.
16. Laurent P, Camps J, De Meo M, et al. Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅-based posterior restorative material. *Dent Mater* 2008;24:1486–94.
17. Maret D, Molinier F, Braga J, et al. Accuracy of 3D reconstructions based on one beam computed tomography. *J Dent Res* 2010;89:1465–9.
18. Maret D, Peters OA, Galibourg A, et al. Comparison of the accuracy of 3-dimensional cone-beam computed tomography and micro-computed tomography reconstructions by using different voxel sizes. *J Endod* 2014;40:1321–6.
19. Medina VO 3rd, Shinkai K, Shirono M, et al. Histopathologic study on pulp response to single-bottle and self-etching adhesive systems. *Oper Dent* 2002;27:330–42.
20. Min KS, Park HJ, Lee SK, et al. Effect of mineral trioxide aggregate on dentin bridge formation and expression of dentin sialoprotein and heme oxygenase-1 in human dental pulp. *J Endod* 2008;34:666–70.
21. Paranjpe A, Zhang H, Johnson JD. Effects of mineral trioxide aggregate on human dental pulp cells after pulp-capping procedures. *J Endod* 2010;36:1042–7.
22. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818-30.
23. Peng W, Liu W, Zhai W, et al. Effect of tricalcium silicate on the proliferation and odontogenic differentiation of human dental pulp cells. *J Endod* 2011;37:1260–6.
24. Raskin A, Eschrich G, Dejoux J, About I. In vitro microleakage of Biodentine as a dentin substitute compared to Fuji II LC in cervical lining restorations. *J Adhes Dent* 2012;14:535–42.

25. Salako N, Joseph B, Ritwik P, Salonem J, John P, Junaid TA Comparasion of bioactive glass, mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol as pulpotomy agents in rat molar. *Dent Traumatol* 2003;19:314-320.
26. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75–80.
27. Siotia J, Gupta SK, Acharya SR, Saraswathi V. Diagnostic ability of computed tomography using DentaScan software in endodontics: case reports. *Int J Comput Dent* 2011;14:321-34.
28. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:16-20.
29. Tran XV, Gorin C, Willig C, et al. Effect of a calcium-silicate-based restorative cement on pulp repair. *J Dent Res* 2012;91:1166–71.
30. Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives—permanent teeth. *J Endod* 2008; 34(Suppl):S25–8.
31. Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S. Biodentine induces immortalized murine pulp cell differentiation into odontoblast-like cells and stimulates biomineralization. *J Endod* 2012; 38:1220–6.
32. Zarrabi MH, Javidi M, Jafarian AH, Joushan B. Histologic assessment of human pulp response to capping with mineral trioxide aggregate and a novel endodontic cement. *J Endod* 2010; 36:1778–81.