

INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DE IMPLANTES NA ENDOMASSA E EXOMASSA NO DIAGNÓSTICO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS EM UM DENTE ADJACENTE A ELAS EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

Palavras-Chave: Artefatos de Imagem; Fratura Radicular Vertical; Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

Autores(as):

Mateus da Silva Ponce, FOP-UNICAMP.

Me. Maria Fernanda da Silva Andrade Bortoletto (coorientadora), FOP/UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a). Deborah Queiroz de Freitas França (orientadora), FOP-UNICAMP

INTRODUÇÃO:

As fraturas radiculares verticais (FRV) são orientadas longitudinalmente em relação à raiz, e se originam do ápice e se propaga para a parte coronal (AAE, 1997). Elas podem acontecer em dentes vitais, mas são mais frequentes em dentes tratados endodonticamente por possuírem fragilidade frente às forças oclusais devido a diminuição da espessura dentinária durante o tratamento (Patel et al., 2022). Dentes que sofreram FRV não apresentam um prognóstico favorável, pois precisam ser extraídos no momento em que são diagnosticados (Rivera et al., 2008).

Para a identificação da FRV é indispensável analisar os sinais clínicos juntamente com os achados radiográficos. Nas radiografias periapicais pode-se observar o alargamento difuso do espaço do ligamento periodontal, perda óssea periodontal, perda óssea apical, separação de fragmentos radiculares e/ou deslocamento de porções apicais da raiz (Khasnis et al., 2014; PradeepKumar et al., 2016; Liao et al., 2017). Entretanto, os sinais e sintomas da FRV não ocorrem em todos os casos, fazendo com que o diagnóstico se torne desafiador. A utilização de radiografias periapicais para o diagnóstico da FRV é difícil, uma vez que, para a visualização da FRV, é necessário que o feixe de radiação fique paralelo ao plano da fratura, ou na presença de linhas radiolúcidas indicando a separação de fragmentos (PradeepKumar et al., 2016). Por esse motivo, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido uma alternativa promissora no diagnóstico da FRV, pois esse exame traz uma visão tridimensional das estruturas anatômicas, sem distorções e com ótima resolução espacial (Nasseh et al., 2018).

Entretanto, a presença de objetos de alto número atômico e densidade física, como implantes, pode ser prejudicial para a qualidade da imagem da TCFC, pois a interação dos raios X com esses materiais geram artefatos de endurecimento do feixe, que são caracterizadas por estrias hiperdensas e bandas hipodensas que provocam alterações na densidade da imagem e nos padrões de contraste, o que não representam informações úteis para o diagnóstico, tornando-o mais complexo (Bechara et al., 2012). Por conseguinte, os objetos localizados na exomassa também podem produzir artefatos de endurecimento do feixe, logo, quanto menor o campo de visão (FOV), menor a dose de radiação recebida pelo paciente, porém maior será a interferência da exomassa na imagem final (Candemil et al., 2018).

Tentativas de melhoramentos de imagem em TCFC tem sido buscadas para reduzir a influência dos artefatos provocados por materiais de alto número atômico e densidade física, como por exemplo, alterando os parâmetros de aquisição e o posicionamento dos implantes no campo de visão (Freitas et al., 2018; Andrade-Bortoletto et al., 2024). A utilização da ferramenta de redução de artefatos (FRA) disponibilizada por alguns aparelhos tem sido estudada para verificar sua eficácia na expressão dos artefatos gerados por implantes dentários, e elas evidenciaram que existe um melhoramento na imagem na presença de implantes quando esta

ferramenta é ativada juntamente com um aumento no kVp (Vasconcelos et al., 2017; Freitas et al., 2018), mA e reduzindo o tamanho do FOV (Kuzu et al., 2024).

A pesquisa teve por finalidade buscar um método para aprimorar o diagnóstico de FRV em TCFC na presença de implantes, uma vez que esses materiais causam artefatos na imagem, dificultando a visualização desta condição clínica. Para isso, foi avaliada a influência de diferentes posicionamentos de implantes de titânio e zircônia no FOV, variando entre endomassa e exomassa (dentro e fora do FOV respectivamente), no diagnóstico de FRV em um dente adjacente a eles. Também buscou-se elucidar qual a influência da FRA nessas condições.

METODOLOGIA:

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba = UNICAMP através do número de protocolo CAAE71688523.8.0000.5418.

Preparação da amostra

Neste estudo, foi utilizada uma mandíbula seca, 10 dentes unirradiculares e 2 implantes, sendo um de zircônia e um de titânio.

Para a seleção dos dentes, foram adotados os seguintes critérios de inclusão: dentes que não apresentavam tratamento endodôntico, nódulos pulpare e reabsorção externa/interna e fratura radicular. Os dentes tiveram suas coroas removidas no nível da junção cimento-esmalte para evitar a possibilidade de identificação de fraturas coronárias.

As raízes foram preparadas endodônticamente utilizando-se o aparelho recíprocante “Motor Endodôntico Silver Reciproc- VDW” (tamanho da ponta 25, cone 0,07, 25 mm, Dentsply Maillefer).

Previamente à realização das fraturas, foram realizadas aquisições de TCFC para as 10 raízes para constituir o grupo controle. Após a aquisição das imagens do grupo sem fratura, as 10 raízes foram fraturadas para aquisição das imagens do grupo fraturado. As raízes foram fraturadas utilizando a máquina Instron (INSTRON 4411, Instron Corporation, Canton, MA, EUA), que introduzia uma ponta metálica no interior do canal radicular e gerava uma força até fraturá-la; por fim, as fraturas foram confirmadas utilizando a técnica de transluminação.

Aquisição das imagens

As aquisições das imagens foram realizadas posicionando-se as raízes, uma por vez, no alvéolo do dente 45 e os implantes, um por vez, no alvéolo do dente 46. O conjunto foi introduzido em um recipiente com água para simular a atenuação da radiação pelos tecidos moles de um paciente. Além disso, a mandíbula permaneceu fixa no aparelho e o posicionamento do FOV só foi alterado com o auxílio da ferramenta SCOUT do aparelho. Os parâmetros de aquisição utilizados foram: 5mA, 90 kVp, voxel de 0,085 mm e FOV de 5x5cm.

Foram realizadas 6 aquisições por dente, que ocorreram da seguinte forma:

- Grupo controle na endomassa: alvéolo do dente 46 dentro do FOV, sem nenhum implante;
- Grupo controle na exomassa: alvéolo do dente 46 fora do FOV, sem nenhum implante;
- Grupo titânio na endomassa: alvéolo do dente 46 dentro do FOV, com o implante de titânio;
- Grupo titânio na exomassa: alvéolo do dente 46 fora do FOV, com o implante de titânio;
- Grupo zircônia na endomassa: alvéolo do dente 46 dentro do FOV, com o implante de zircônia;
- Grupo zircônia na exomassa: alvéolo do dente 46 fora do FOV, com o implante de zircônia.

Foram adquiridos 120 exames de TCFC (20 dentes – 10 antes da indução da FRV e 10 após a indução x 6 protocolos) sem o acionamento da FRA. Após a aquisição de cada exame, foi realizada também a reconstrução com a FRA, totalizando 240 exames em formato DICOM.

Avaliação das imagens

Todos os exames foram exportados no formato DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine), renomeados e aleatorizados. Cinco radiologistas com mais de 4 anos de experiência foram calibrados para avaliar as TCFC de forma dinâmica quanto à presença ou ausência de fratura radicular vertical. A avaliação foi realizada utilizando-se uma escala de 5 pontos (1-Ausência de fratura radicular; 2- provável ausência de fratura radicular; 3 – incerteza; 4 – provável presença de fratura radicular e 5 – presença de fratura radicular). Para essa avaliação, o software OnDemand 3D (CyberMed, Seoul, Republic of Korea) foi utilizado, sendo que os avaliadores podiam alterar brilho e contraste e utilizar das ferramentas disponíveis no programa como preferissem. Foram avaliados

no máximo 10 exames por dia. Nas avaliações, 25% dos exames foram reavaliados para verificar a concordância intra-examinador.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS versão 23.0, com o nível de significância de 5%. Foram calculadas a sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC para cada avaliador dentro de cada condição estudada. A análise de variância (ANOVA multi-way) foi utilizada para verificar a influência dos fatores do estudo (posição no FOV, tipo do implante e FRA) no diagnóstico de FRV. As concordâncias intra e interexaminador foram avaliadas através do teste Kappa ponderado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A concordância inter-examinadores foi de insignificante (0,15) a substancial (0,61), e a intra-examinadores foi de moderado (0,45) a substancial (0,78) (Landis and Koch, 1977).

Tabela 1 – Média (DP) dos valores de área sob a curva ROC, sensibilidade e especificidade para o diagnóstico de fratura radicular vertical

	Grupos	AUC	Sensibilidad e	Especificidade	
Endomassa a	Controle	0.69 (0.16)	0.58 (0.24)	0.78 (0.16) a	
	Sem FRA	Titânio	0.62 (0.13)	0.46 (0.18)	0.78 (0.24) a
		Zircônia	0.67 (0.11)	0.66 (0.11)	0.62 (0.15) b
		Controle	0.68 (0.16)	0.62 (0.17)	0.76 (0.12) a
	Com FRA	Titânio	0.69 (0.18)	0.62 (0.24)	0.74 (0.18) a
		Zircônia	0.77 (0.12)	0.78 (0.16)	0.64 (0.23) b
Exomassa		Controle	0.78 (0.07)	0.72 (0.15)	0.78 (0.16) a
	Sem FRA	Titânio	0.79 (0.09)	0.74 (0.22)	0.78 (0.13) a
		Zircônia	0.64 (0.12)	0.76 (0.21)	0.46 (0.15) b
Com FRA	Controle	0.76 (0.05)	0.64 (0.09)	0.78 (0.15) a	
	Titânio	0.76 (0.08)	0.68 (0.18)	0.76 (0.17) a	
	Zircônia	0.68 (0.13)	0.72 (0.13)	0.51 (0.22) b	
	p valor posição	0.154	0.059	0.366	
	p valor FRA	0.455	0.611	0.974	
	p valor grupo	0.641	0.146	<0.001	

Letras diferentes indicam diferença significativa entre os grupos (na vertical), dentro da mesma condição de FRA

A tabela 1 mostra os valores de diagnóstico. A área sob a curva ROC não foi afetada pelos fatores estudados ($p > 0,05$). Os valores da média da área sob a curva ROC para o diagnóstico de fratura com os implantes na endomassa variaram de 0,62 a 0,67 sem FRA e de 0,69 a 0,77 com FRA. Com os implantes na exomassa, as médias variaram de 0,64 a 0,79 sem FRA e de 0,68 a 0,76 com FRA. Com isso, é possível afirmar que o teste apresentou acurácia de baixa a aceitável (Carter et al., 2016).

Segundo guidelines, quanto mais próxima de 1 for a média da área sob a curva ROC, melhor é considerado o desempenho do teste (Carter et al., 2016). Não obstante, médias que vão de 0,7 a 0,79 caracterizam o teste como aceitável. Esse resultado foi observado para o implante de zircônia na endomassa com a FRA ativada (0,77) e para o implante de titânio na exomassa com e sem a FRA ativada (0,76 e 0,79 respectivamente) (Carter et al., 2016). Portanto, houve uma discriminação aceitável entre dentes saudáveis e fraturados nessas condições, porém, por não ter apresentado diferença significativa, não é possível afirmar que influenciaram no diagnóstico. Esse resultado corrobora com estudos prévios no qual a ferramenta FRA não influenciou no diagnóstico de FRV em dentes posicionados ao lado de implantes de zircônia ao observar protocolos de aquisição semelhantes à atual pesquisa (Freitas DQ et al., 2018; Fontenele RC et al., 2021).

Com relação às médias de sensibilidade, não foi observado diferença significativa dentre os fatores estudados ($p > 0,05$). Os valores de sensibilidade dos implantes na endomassa variaram de 0,46 a 0,66 sem FRA e de 0,62 a 0,78 com FRA. Com os implantes na exomassa, os valores variaram de 0,74 a 0,76 sem FRA e de 0,68 a 0,72 com FRA. Apesar dos fatores estudados não terem influenciado significativamente na detecção de fratura, pôde-se observar uma tendência de valores maiores quando o implante de titânio foi posicionado na exomassa (com e sem FRA) e o de zircônia na exomassa sem FRA e na endomassa com a FRA, já que o valor de p ficou no limite de ser significativo (0,059). Esse resultado concorda com o que foi encontrado em estudo prévio no qual implante de titânio, quando posicionado na exomassa em comparação à endomassa, não apresentou influência significativa no diagnóstico de FRV (Candemil AP et al., 2021).

Quanto à média da especificidade, houve diferença significativa entre os diferentes grupos, sendo que para o grupo zircônia a média foi significativamente menor do que a média dos grupos titânio e controle ($p < 0,05$). Já os demais fatores estudados não influenciaram significativamente os valores de especificidade ($p > 0,05$). Quando os implantes foram posicionados na endomassa, a média da especificidade variou de 0,62 a 0,78 sem FRA, e de 0,64 a 0,74 com FRA. Na exomassa, as médias da especificidade variaram de 0,46 a 0,78 sem FRA, e de 0,51 a 0,76 com FRA. Dentre as diferentes condições do estudo, a presença do implante de zircônia dificultou a identificação de dentes saudáveis. Isso pode ser explicado pelo fato de o número atômico da zircônia ser maior ($Z=40$) em comparação ao do titânio ($Z=22$). Com isso, esse implante provoca maior quantidade de artefatos do tipo beam hardening, e as bandas hipodensas podem simular fraturas, levando os avaliadores ao erro de diagnóstico. Resultado semelhante foi encontrado em um estudo prévio que avaliou a influência dos parâmetros de exposição no diagnóstico de FRV e observou que a presença de um implante de zircônia adjacente ao dente avaliado diminuiu a especificidade (Freitas DQ et al., 2018). No entanto, no estudo citado, o conjunto foi posicionado na endomassa; dessa forma, a influência do posicionamento da exomassa não foi avaliada.

É considerado que a soma da sensibilidade e da especificidade de um teste de diagnóstico deve ser de pelo menos 1,5 para considerar que ele tem potencial de distinguir adequadamente entre resultados anormais e normais, e isso foi atingido apenas quando o implante de titânio foi posicionado na exomassa e sem FRA, somando 1,52 (Power M et al., 2013).

CONCLUSÕES:

O posicionamento dos implantes na endomassa e na exomassa, bem como a utilização da ferramenta FRA não influenciaram no diagnóstico da FRV. A presença do implante de zircônia prejudicou sua identificação, e os fatores estudados não foram capazes de melhorá-la.

BIBLIOGRAFIA:

1. American Association of Endodontists. Cracking the cracked tooth code; Endodontics. AAE Colleagues for Excellence. 1997; 1–13.
2. Patel S, Bhuvra B, Bose R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth.

- Int Endod J.* 2022;55 Suppl 3(Suppl 3):804-826. <https://doi.org/10.1111/iej.13737>.
3. Rivera EM, Walton RE. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. *Am Assoc Endodontists Colleagues for Excellence News Lett.* 2008;2:1-9.
 4. PradeepKumar AR, Shemesh H, Jothilatha S, Vijayabharathi R, Jayalakshmi S, Kishen A. Diagnosis of Vertical Root Fractures in Restored Endodontically Treated Teeth: A Time-dependent Retrospective Cohort Study. *J Endod.* 2016;42(8):1175-1180. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.012>.
 5. Khasnis SA, Kidiyoor KH, Patil AB, Kenganal SB. Vertical root fractures and their management. *J Conserv Dent.* 2014;17(2):103-110. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.128034>.
 6. Liao WC, Tsai YL, Wang CY, et al. Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth. *J Endod.* 2017;43(5):687-693. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.009>.
 7. Nasseh I, Al-Rawi W. Cone Beam Computed Tomography. *Dent Clin North Am.* 2018;62(3):361-391. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>.
 8. Bechara BB, Moore WS, McMahan CA, Noujeim M. Metal artefact reduction with cone beam CT: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(3):248-253. <https://doi.org/10.1259/dmfr/80899839>.
 9. Candemil AP, Salmon B, Freitas DQ, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Are metal artefact reduction algorithms effective to correct cone beam CT artefacts arising from the exomass?. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48(3):20180290. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180290>.
 10. Freitas DQ, Vasconcelos TV, Noujeim M. Diagnosis of vertical root fracture in teeth close and distant to implant: an in vitro study to assess the influence of artefacts produced in cone beam computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2019;23(3):1263- 1270. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2558-z>.
 11. Andrade-Bortoletto, M. F. S., Fontenele, R. C., Farias-Gomes, A., & Freitas, D. Q. (2024). Mapping artifacts generated in a tooth adjacent to titanium and zirconia implants located in the endomass and exomass in cone beam computed tomography: an ex vivo study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 137(1), 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2023.08.002>
 12. Kuzu, T. E., & Kiş, H. C. (2024). Effect of different cone beam computed tomography settings on artifact production in titanium and zirconia dental implants: An in vitro study. *Dental and medical problems*, 61(2), 233–239. <https://doi.org/10.17219/dmp/157233>
 13. Vasconcelos TV, Bechara BB, McMahan CA, Freitas DQ, Noujeim M. Evaluation of artifacts generated by zirconium implants in cone-beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017 Feb;123(2):265-272. doi: 10.1016/j.oooo.2016.10.021. Epub 2016 Nov 1. PMID: 28086998.
 14. Farman AG, Scarfe WC. The basics of maxillofacial cone beam computed tomography. *Semin Orthod.* 2009;15:2-13. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2008.09.001>.
 15. Candemil AP, Salmon B, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Distribution of metal artifacts arising from the exomass in small field-of-view cone beam computed tomography scans. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2020;130(1):116- 125. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.01.002>.
 16. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J.* 2019;52(12):1675-1678. <https://doi.org/10.1111/iej.13187>.
 17. Carter, J. V., Pan, J., Rai, S. N., & Galandiuk, S. (2016). ROC-ing along: Evaluation and interpretation of receiver operating characteristic curves. *Surgeries*, 159(6), 1638–1645. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.12.029>
 18. Fontenele, R. C., Farias Gomes, A., Nejaim, Y., & Freitas, D. Q. (2021). Do the tube current and metal artifact reduction influence the diagnosis of vertical root fracture in a tooth positioned in the vicinity of a zirconium implant? A CBCT study. *Clinical oral investigations*, 25(4), 2229–2235. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03538-4>
 19. Candemil AP, Mangione F, Vasconcelos KF, et al. Influence of the exomass on the detection of simulated root fracture in cone- beam CT - an ex-vivo study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2021;50(4):20200450. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200450>.
 20. Power, M., Fell, G., & Wright, M. (2013). Principles for high-quality, high-value testing. *Evidence-based medicine*, 18(1), 5–10. <https://doi.org/10.1136/eb-2012-100645>