



Research Paper

The Effect of Brightness Filter Alterations for Detecting Internal Root Resorption in Single Root Teeth in Cone Beam Computed Tomography: An In-Vitro Study

Mansor Jafarzadeh Zafreh ¹, Ali Habibikia ², Samira SHahsiah ³, Mohammad Hosein Vahidi ⁴, Amir Danial Pourahmadiyeh⁵, Mehdi Sabaghian ⁶

1. Assistant Professor, Department of Endodontics, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
4. Dentist, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran .
6. Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Pathology, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Jafarzadeh Zafreh M, Habibikia A, SHahsiah S, Vahidi M H, Pourahmadiyeh A D, Sabaghian M [The Effect of Brightness Filter Alterations for Detecting Internal Root Resorption in Single Root Teeth in Cone Beam Computed Tomography: An In-Vitro Study (Persian)]. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2025; 23(6):535-548. 10.32592/jsmj.23.6.535

<https://doi.org/10.32592/jsmj.23.6.535>

ABSTRACT

Background and Objectives Diagnosis of internal root resorption in anterior teeth, which are important in terms of beauty and mental health, is of great importance. There are several processing algorithms to facilitate the interpretation of the images used to diagnose and treat internal analysis, one of which is brightness. The aim of this study was to investigate the effect of brightness changes on the diagnosis of endodontic resorption in single-rooted teeth in tomography.

Subjects and Methods Forty-five single root teeth with were splinted mesiodistally in this *in vitro* case-control study. Artificial internal resorption lesions were created in cervical, middle or apical areas. CBCT images were taken before and after cavity preparation. CBCT images was evaluated by Two radiologists in low, intermediate and high brightness value. The data were analyzed using Kappa and Mac-Nemar tests on SPSS software. Overall accuracy was evaluated with sub curve analysis of ROC.

Results Specificity, sensitivity and overall accuracy were calculated using Kappa statistical analysis test of all brightness images (low-medium-high) showed only for second observer between low brightness images and reality meaningful difference exist. Also, sensitivity, specificity and overall accuracy were high for both observers and also slightly higher in high brightness images.

Conclusion from present study we can conclude that in using of brightness filter in CBCT images, high brightness has more conformity with reality and can be useful.

Keywords Teeth, Cone Beam Computed Tomography, Brightness, Internal Root Resorption.

Received: 30 october 2021

Accepted: 04 August 2024

Available Online: 10 March 2025

* **Corresponding Author:** Amir Danial Pourahmadiyeh

Address: Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Tel: 09128800479

E Mail: dr.ad.pourahmadie@gmail.com

Introduction

Internal root resorption typically presents without symptoms, making early detection crucial for a favorable prognosis. Tooth resorption may occur as either a physiological or pathological process, impacting hard tissues such as bone and dental structures, as well as soft tissues and foreign materials. In cases where the internal root resorption lesion is not adequately addressed through endodontic treatment, complications such as pain, fistula formation, and potential perforation of the root or crown may arise. A significant challenge in diagnosing both external and internal root resorption lies in the limited diagnostic information provided by intraoral radiographs, which can be attributed to their two-dimensional nature, geometric distortions, and anatomical overlaps. Additionally, the effectiveness of this imaging technique is influenced by the size and location of the lesion, making small apical lesions particularly difficult to identify. Research has shown that cone beam computed tomography (CBCT) offers superior accuracy compared to traditional intraoral radiographic methods. CBCT technology provides a three-dimensional representation of the resorption lesion, allowing for detailed axial, coronal, and parasagittal views. The fundamental objective of image processing is to improve diagnostic signals and eliminate those that are non-diagnostic. Various software packages provide an array of filters for image processing, such as inverse contrast, noise reduction, magnification, contrast adjustment, and brightness modification. Among these, brightness adjustment serves as an algorithm aimed at refining the quality of digital radiography images by either increasing or decreasing their brightness levels. Accordingly, the current study aims to explore internal root resorption in cross-sectional images across three regions: cervical, middle, and apical, utilizing low, medium, and high brightness settings.

Methods

This investigation is an experimental *in vitro* study carried out at the Faculty of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, under the ethics code IR.AJUMS.REC.1399.390. The study utilizes 45 healthy single-rooted teeth, which are extracted and subsequently preserved in sampling containers filled with physiological

serum before undergoing sterilization. For the control group, images are prepared without analysis by rejoining the labial and lingual halves with a minimal application of adhesive. The teeth are then categorized into three groups of 15, arranged randomly, and placed in a mold composed of equal parts plaster and acrylic powder to simulate bone. The preparation of CBCT images for the group exhibiting resorption involved a meticulous process. Initially, the two bonded halves of the teeth were separated. To replicate internal root resorption lesions, a hole matching the diameter of the bur was created in the labial half of the teeth using a 1 mm bur attached to a turbine. For the evaluation of the images, two radiologists conducted assessments in two distinct sessions. The data obtained were subjected to both descriptive and analytical statistical analysis utilizing SPSS software and significance threshold of $P \leq 0.05$ was established for all statistical evaluations.

Results

Statistical evaluation of low-light images conducted by the first observer revealed sensitivity, specificity, and overall accuracy rates of 91.11%, 82.22%, and 87%, respectively. In contrast, the second observer recorded sensitivity, specificity, and overall accuracy rates of 100%, 57.78%, and 79%. The analysis of medium-light images demonstrated that the first observer achieved sensitivity, specificity, and overall accuracy rates of 93.33%, 84.44%, and 89%, whereas the second observer reported rates of 84.44%, 91.11%, and 88%. In the assessment of high-brightness images, the first observer's sensitivity, specificity, and overall accuracy were 93.33%, 91.11%, and 92%, while the second observer's rates were 33.93%, 91.11%. The observers rated the sensitivity and specificity of the images as high across low, medium, and high brightness levels, with the first observer showing superior performance in high brightness and the second observer excelling in low brightness. Specificity was greater for the first observer in high brightness and for the second observer in both high and medium brightness conditions.

Conclusion

Contemporary direct digital imaging systems provide a range of image processing techniques aimed at enhancing diagnostic signals while minimizing non-diagnostic noise. The primary objective of these image processing methods is to improve the clarity and utility of diagnostic images. Various software packages incorporate an array of filters for image enhancement, including inverse contrast, Hoile reduction, magnification, edge smoothing, and brightness enhancement. Brightness adjustment serves as one of the algorithms designed to enhance digital image quality by modifying the luminance levels. While this algorithm can render images more visually appealing, it also carries the risk of obscuring fine details, thereby necessitating careful application in clinical settings. In light of this findings, the current investigation focused on analyzing internal root structures in CBCT images across three distinct sections: cervical, middle, and apical, utilizing low, medium, and high illumination settings. The data revealed that, with the exception of the second observer's assessment under low illumination conditions, there were no significant discrepancies between the observers' evaluations and the actual images across all illumination levels. Consequently, it can be inferred from this study that the application of brightness filters in the examination of CBCT images demonstrates a strong correlation with reality, particularly for medium and high illumination filters, while the low illumination filter exhibits a notable limitation.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

It was an In-Vitro experimental study that reviewed laboratory data without disclosing patients' information after receiving the code of ethics (IR.AJUMS.REC .1399.390) from Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences.

Funding

Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences (U-00074).

Authors contributions

All authors contributed equally to the writing of this article.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no competing interests.

Acknowledgements



This article is the result of the thesis entitled in the specialized doctoral course and code U-00074, which is supported by Deputy for Research, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences (AJUMS).

مقاله پژوهشی

تأثیر تغییرات فیلتر روشنایی در تشخیص تحلیل داخلی دندان‌های تک‌ریشه در توموگرافی کامپیوتری اشعه مخروطی: یک مطالعه آزمایشگاهی

منور جعفرزاده¹، علی حبیبی کیا²، سمیرا شاه سیاه³، محمدحسین وحیدی⁴، امیردانیال پوراحمدیه⁵، مهدی صباغیان⁶

1. استادیار بخش درمان ریشه، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
2. استادیار بخش رادیولوژی دهان و فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
3. استادیار، گروه اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
4. دندانپزشک، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
5. استادیار بخش جراحی فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
6. استادیار بخش آسیب شناسی دهان و فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

<p>Use your device to scan and read the article online</p> 	<p>Citation Jafarzadeh Zafreh M, Habibikia A, SHahsiah S, Vahidi M H, Pourahmadiyeh A D, Sabaghian M [The Effect of Brightness Filter Alterations for Detecting Internal Root Resorption in Single Root Teeth in Cone Beam Computed Tomography: An In-Vitro Study (Persian)]. <i>Jundishapur Scientific Medical Journal</i>. 2025; 23(6):535-548. 10.32592/jsmj.23.6.535</p> <p> https://doi.org/10.32592/jsmj.23.6.535</p>
--	--

چکیده

زمینه و هدف: تشخیص تحلیل داخلی در دندان‌های قدامی که دندان‌های مهمی از نظر زیبایی و سلامت روحی فرد هستند، اهمیت بسیار بالایی دارد. الگوریتم‌های پردازش مختلفی جهت آسان‌سازی تفسیر تصاویر وجود دارد که جهت تشخیص و درمان تحلیل داخلی استفاده می‌شوند و یکی از آن‌ها روشنایی است. هدف از مطالعه پیش رو، بررسی تأثیر تغییرات روشنایی در تعیین تحلیل داخلی ناحیه سرویکال، میانی و اپیکال در دندان‌های تک‌ریشه در توموگرافی کامپیوتری اشعه مخروطی (یک مطالعه آزمایشگاهی) است.

روش بررسی: این مطالعه آزمایشگاهی، بر 45 دندان تک‌ریشه با آتل مزیدویستال انجام شده است. ضایعات تحلیل داخلی مصنوعی در نواحی سرویکس، میانی یا اپیکال ایجاد شده است. تصاویر CBCT قبل و بعد از آماده‌سازی حفره گرفته شده است. تصاویر CBCT را دو رادیولوژیست در مقدار روشنایی کم، متوسط و بالا ارزیابی کرده‌اند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کاپا و مک نمار در نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شده است. دقت کلی با تحلیل زیر منحنی ROC ارزیابی شده است.

یافته‌ها: آنالیز همه تصاویر روشنایی نشان داده است که تنها در مشاهده تصویر با روشنایی کم و واقعیت با مشاهده‌گر دوم، تفاوت معنادار وجود دارد ($P=0/001$). حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی مشاهده تصاویر هر دو مشاهده‌گر، در تصاویر با روشنایی زیاد از بقیه بالاتر بوده است.

نتیجه‌گیری: از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که در استفاده از فیلتر روشنایی در مشاهده تصاویر CBCT، روشنایی زیاد قابلیت انطباق بیشتری با واقعیت داشته و از این نظر می‌توان به آن توجه کرد.

کلیدواژه‌ها: دندان، توموگرافی کامپیوتری اشعه مخروطی، روشنایی، تحلیل داخلی

تاریخ دریافت: 08 آبان 1400

تاریخ پذیرش: 14 مرداد 1403

تاریخ انتشار: 20 اسفند 1403

نویسنده مسئول:

امیردانیال پوراحمدیه

نشانی: دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تلفن: 09128800479

رایانامه: dr.ad.pourahmadi@gmail.com

مقدمه

اشاره کرد [13]. روشنایی یکی از الگوریتم‌های بهبود کیفیت تصاویر رادیوگرافی دیجیتال است که روشنایی تصاویر را کم و زیاد می‌کند. این فیلترها می‌توانند تصویر را از نظر بیننده خوشایندتر سازند؛ ولی تشخیص آن‌ها مورد بحث است و کاربرد آن‌ها ممکن است منجر به حذف جزئیات ظریف تصویر شود [14]. بررسی‌ها نشان داده است که قبل از مطالعه حاضر، مطالعات بسیار محدودی درباره تاثیر روشنایی بر روی تحلیل داخلی ریشه انجام گرفته است. با توجه به نقش مهم تشخیص زودرس تحلیل داخلی ریشه در پروگنوز و طرح درمان، محدودیت تکنیک داخل دهانی در کشف زودرس این ضایعات و ناکافی بودن مطالعات در زمینه تاثیر تغییرات روشنایی در تصاویر CBCT، در این مطالعه، تحلیل داخلی ریشه را در تصاویر کراس سکشنال در سه مقطع سرویکال، میانی و اپیکال و با روشنایی کم، متوسط و زیاد بررسی شده است.

روش بررسی

این پژوهش یک مطالعه از نوع تجربی آزمایشگاهی In-Vitro است که با شناسه اخلاق IR.AJUMS.REC. ۱۳۹۹/۳۹۰ در دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز انجام شده است. در این مطالعه از 45 دندان تک‌ریشه سالم استفاده می‌شود. دندان‌ها پس از کشیده شدن، در ظروف نمونه‌گیری حاوی سرم فیزیولوژیک نگهداری و سپس استریل می‌شوند. معیارهای انتخاب این دندان‌ها پوسیده نبودن مشخص، ترمیم و یا شکستگی نداشتن است. در ابتدا، رادیوگرافی اولیه جهت اثبات نبود تحلیل در ساختار ریشه تهیه می‌شود. نمونه‌گیری و حجم نمونه بر اساس بررسی‌های آماری و مطالعات معتبر انجام شده قبلی تعیین شده است [15].

برش دندان‌ها

هر دندان با استفاده از دیسک فلزی بسیار نازک (ضخامت یک میلی‌متر) در جهت مزودیستالی از میان کانال دندان برش داده می‌شود. پس از برش، دو نیمه لبیال و لینگوال از هر دندان ایجاد شده است.

تهیه تصاویر CBCT گروه کنترل

جهت تهیه تصاویر بدون تحلیل (گروه کنترل) دو نیمه لبیال و لینگوال دندان‌ها با چسب قطره‌ای با ضخامت حداقل، دوباره به هم متصل شد. دندان‌ها در 3 گروه 15 تایی به تعداد مساوی و تصادفی تقسیم و برای شبیه‌سازی استخوان، درون قالبی از جنس گچ و پودر آکریل با نسبتی برابر قرار گرفتند [16]. کف بلوک‌ها با تریمر صاف شدند تا نمونه‌ها موازی شوند. بعد از ماندن دندان‌ها، برای تعیین موقعیت و ایجاد یک ترتیب مشخص در شماره‌گذاری دندان‌ها، یک سمت از هر قالب با گوتا پرکا (یک ماده رادیوپاک) نشانه‌گذاری شد. برای نام‌گذاری دندان‌های مانده در قالب،

تحلیل داخلی دندان‌ها معمولاً بدون علامت است [1]. تشخیص اولیه تحلیل داخلی ریشه (Internal Root Resorption (IRR) در پروگنوز آن موثر است؛ زیرا تشخیص ندادن و درمان نکردن، منجر به پیشرفت ضایعه و تضعیف دندان می‌شود و پروگنوز طولانی مدت دندان ضعیف خواهد شد [2]. تحلیل دندان‌ها می‌تواند یک حالت فیزیولوژیک یا پاتولوژیک باشد که بافت‌های سخت مثل استخوان یا بافت دندانی و همچنین بافت‌های نرم و مواد بیگانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد [3]. براساس موقعیت ضایعه تحلیل داخلی ریشه، اگر درمان مناسب اندودنتیک انجام نشود، ممکن است درد و فیستول، متعاقب پرفوریشن ریشه یا تاج ایجاد شود. حذف فوری بافت ملتهب و تکمیل درمان کانال ریشه توصیه می‌شود [4]. در ضایعات اولیه ممکن است نمای رادیوگرافی وجود نداشته باشد [5]. به منظور ارزیابی این ضایعه معمولاً از رادیوگراف‌های معمولی یا دیجیتال داخل دهانی پری اپیکال استفاده می‌شود [6].

یکی از مشکلات اصلی در تشخیص تحلیل خارجی و داخلی ریشه این است که رادیوگرافی‌های داخل دهانی فقط اطلاعات تشخیصی محدودی را فراهم می‌کنند [7]. این محدودیت می‌تواند به دلیل طبیعت دو بعدی تصاویر ایجادشده، دیستورشن‌های هندسی و روی هم افتادگی آناتومیکی و یا ترکیبی از این عوامل باشد [8]. همچنین، ارزش تشخیصی این تکنیک وابسته به اندازه و محل ضایعه است، به طوری که ضایعات کوچک اپیکالی به سختی تشخیص داده می‌شوند [9]. تحقیقات متعددی به بررسی دقت CBCT و مقایسه آن با سایر روش‌های رادیوگرافی داخل دهانی پرداخته‌اند. از جمع‌بندی این مطالعات می‌توان به این نتیجه رسید که با وجود ارزش بالای رادیوگرافی پری اپیکال در تشخیص تحلیل داخلی، اسکن‌های CBCT، در تشخیص تحلیل ریشه و تعیین نوع آن (داخلی یا خارجی)، موقعیت ضایعه (سرویکال، میانی، اپیکال)، اندازه و نزدیکی به کانال ریشه یا فضای پریدنتال نتایج بهتر و دقیق‌تری را ارائه داده است [10].

استفاده از CBCT، یک تصویر ۳ بعدی از ضایعه تحلیلی در نماهای آگزبال، کروئال و پاراساجیتال ارائه می‌دهد [11]. سیستم‌های تصویربرداری دیجیتال دارای این قابلیت ممتاز هستند که با کاربرد ابزار نرم‌افزار پردازش (پروسسینگ) تصویر، می‌توان اطلاعات با ارزش را بهبود بخشید و عوامل مخل در کیفیت تصویر را کاهش داد [12].

هدف اصلی پردازش تصویر، تقویت سیگنال‌های تشخیصی و حذف سیگنال‌های غیر تشخیصی است. بسته‌های نرم‌افزاری، فیلترهای مختلفی را برای پردازش تصاویر ارائه می‌کنند که از جمله می‌توان به کنتراست معکوس، کاهش Noise، بزرگ‌نمایی، کنتراست و روشنایی (Brightness)

جندی شاپور

اخباری مثبت (Positive Value Predictive) و ارزش اخباری منفی

(Negative Value Predictive) محاسبه و ارتباط معنادار بین

تشخیص‌های انجام‌شده با مشاهده‌گر و واقعیت موجود بررسی شد. حد

معنادار بودن برای همه آزمون‌های آماری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مقایسه اختصاصیت، حساسیت و صحت در تغییرات فیلتر

روشنایی

تحلیل آماری مشاهده تصاویر با روشنایی کم با مشاهده‌گر اول نشان داده است که حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی به ترتیب $91/11\%$ ، $82/22\%$ و 87% است و در مشاهده‌گر دوم حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی به ترتیب 100% ، $57/78\%$ و 79% است. آزمون مک نمار نشان داد برای مشاهده‌گر اول بین روش تصویربرداری با روشنایی کم و واقعیت تفاوت معنادار آماری وجود ندارد ($P=0/388$) (جدول 1)؛ ولی برای مشاهده‌گر دوم تفاوت معنادار با واقعیت وجود دارد ($P=0/001$). تحلیل آماری مشاهده تصاویر با روشنایی متوسط (جدول 2) با مشاهده‌گر اول نشان داد که حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی به ترتیب $93/33\%$ ، $84/44\%$ و 89% است و در مشاهده‌گر دوم به ترتیب $84/44\%$ ، $91/11\%$ و 88% است. آزمون مک نمار نشان داده است بین مشاهده‌گر اول ($P=0/344$) و دوم ($P=0/549$)، روش تصویربرداری روشنایی متوسط و واقعیت تفاوت معنادار آماری وجود ندارد. تحلیل آماری مشاهده تصاویر با روشنایی زیاد (جدول 3)، با مشاهده‌گر اول نشان داده است که حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی به ترتیب $93/33\%$ ، $91/11\%$ و 92% است و در مشاهده‌گر دوم به ترتیب $93/33\%$ ، $91/11\%$ و 92% است. آزمون مک نمار نشان داده است که در مشاهده‌گرهای اول ($P=0/999$) و دوم ($P=0/999$)، بین روش تصویربرداری با روشنایی زیاد و واقعیت تفاوت معنادار آماری وجود ندارد. در هر دو مشاهده‌گر بیشترین میزان پاسخ‌های مثبت واقعی و منفی واقعی مربوط به تصاویر روشنایی زیاد است. مشاهده‌گران حساسیت و اختصاصیت تصویر را در روشنایی کم، متوسط و زیاد، بالا ارزیابی کرده‌اند. برای مشاهده‌گر اول در تصاویر با روشنایی زیاد، بالاتر و برای مشاهده‌گر دوم در تصاویر با روشنایی کم، بالاتر بوده است. اختصاصیت برای مشاهده‌گر اول در روشنایی زیاد و برای مشاهده‌گر دوم در روشنایی زیاد و متوسط، بالاتر از بقیه بوده است. صحت کلی تصاویر در هر سه حالت بالا بوده و برای تصاویر با روشنایی زیاد، بالاتر از بقیه ارزیابی شده است (شکل 1، 2، و 3).

برای هر دندان یک کد در نظر گرفته شد و نقطه شروع شماره‌گذاری در هر قالب به ترتیب از علامت گوتاپرکا معین شد.

تصاویر CBCT با استفاده از دستگاه NewTom designs X-ray (Quantitative Radiology, Verona, Italy) در پلن اگزیکال و مقاطع متعدد کراس سکشنال برای هر دندان به صورت مجزا برای مشاهده‌کننده فراهم می‌شود. تصاویر نمونه‌ها قبل و بعد از ایجاد تحلیل با هم ادغام شده و با سه حالت روشنایی کم شامل عدد 1، متوسط عدد 10 و زیاد عدد 20 با استفاده از نرم‌افزار NNT Viewer software (Verona, Italy) پردازش می‌شوند. در تهیه تصاویر، ضخامت مقاطع $1/5$ و فاصله (Step) نیز $1/5$ میلی‌متر اعمال شد. به همه تصاویر کد داده شد و در فرم ثبت شد. جهت تهیه تصاویر شرایط تصویربرداری به صورت $9 = T, 90 = Kvp, 3 = mA$: $8 \times 11 = FOV$ ، همچنین گیرنده از نوع CMOS با ابعاد 13×11 سانتی‌متر بوده است. تصاویر به صورت یک فایل DICOM در پلن اگزیکال برای دندان‌ها تهیه شد.

تهیه تصاویر CBCT گروه دارای تحلیل

دو نیمه چسبیده دندان‌ها از هم جدا شدند. برای شبیه‌سازی ضایعات تحلیل داخلی ریشه، با استفاده از یک فرز روند 1 میلی‌متری که درون توربین قرار داشت، حفره‌ای معادل با قطر فرز، در نیمه لیبال دندان‌ها ایجاد شد. این حفره در قالب شماره 1 در موقعیت سرویکالی، در قالب شماره 2 در موقعیت میانی و در قالب شماره 3 در موقعیت اپیکالی ایجاد شد. پس از ایجاد حفره‌ها، دو نیمه لیبال و لینگوال دندان‌ها با چسب با ضخامت حداقل، دوباره به هم متصل شدند و در قالب‌ها در همان موقعیت قبلی مانده شدند. دوباره تصاویر با همان شرایط قبلی تهیه شد.

ارزیابی تصاویر

تصاویر در دو جلسه به صورت جداگانه، با دو رادیولوژیست که از نحوه اجرای تحقیق مطلع بودند، ولی از وجود یا نبود تحلیل و محل آن اطلاعی نداشته‌اند، ارزیابی شدند. هر دو مشاهده‌گر، از یک مانیتور در یک اتاق بدون پنجره و نور کم و شرایط یکسان برای مشاهده تصاویر استفاده کردند. رادیوگرافی‌ها با کد نام‌گذاری شدند. مشاهده‌گرها با مشاهده رادیوگرافی‌ها به صورت Blind وجود یا نبود تحلیل را گزارش دادند.

روش تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های جمع‌آوری‌شده با نرم‌افزار SPSS (IBM Corp., Armonk, NY, USA) (نسخه 18) به طور توصیفی و تحلیلی بررسی شدند. با استفاده از آزمون‌های آماری مختلف، حساسیت (Sensitivity)، اختصاصیت (Specificity)، صحت کلی (Accuracy Overall)، ارزش

جدول 1. تحلیل آماری مشاهده تصاویر با روشی کم

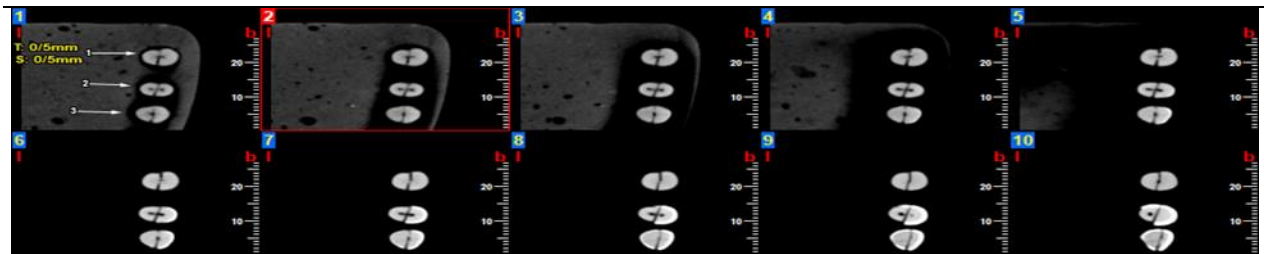
جدول 2. تحلیل آماری مشاهده تصاویر با روشی متوسط

جدول 3. تحلیل آماری مشاهده تصاویر با روشی زیاد

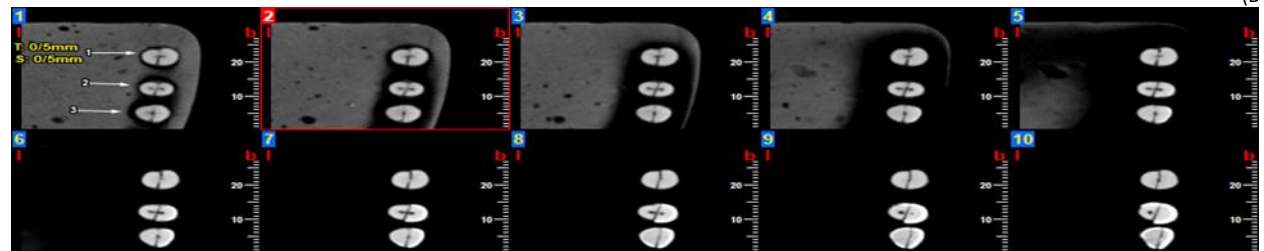
مساحت زیر منحنی ROC	ارزش اخباری منفی	ارزش اخباری مثبت	اختصاصیت	حساسیت	مساحت زیر منحنی ROC
0/87	% ۹۰/۲۴	% ۸۳/۶۷	% ۸۲/۲۲	% ۹۱/۱۱	مشاهده گر اول
۰/۷۸ ، ۰/۹۳ P<0/001	% ۷۶/۸۷ ، % ۹۷/۲۸	% ۷۰/۳۴ ، % ۹۲/۶۸	% ۶۷/۹۵ ، % ۹۲	% ۷۸/۷۸ ، % ۹۷/۵۲	مشاهده گر دوم
0/80	% 100	% ۷۱/۴۳	% 60	% ۱۰۰	مشاهده گر اول
۰/۷۱ ، ۰/۸۷ P<0/001	% ۸۸/۴۳ ، % ۱۰۰	% ۵۹/۳۸ ، % ۸۱/۶۰	% ۴۵/۱۸ ، % ۷۳/۵۹	% ۹۲/۸۹ ، % ۱۰۰	مشاهده گر دوم
مساحت زیر منحنی ROC	ارزش اخباری منفی	ارزش اخباری مثبت	اختصاصیت	حساسیت	مساحت زیر منحنی ROC
0/89	% ۹۲/۶۸	% ۸۵/۷۱	% 84/44	% 93/33	مشاهده گر اول
۰/۸۱ ، ۰/۹۵ P<0/001	% ۸۰/۰۸ ، % ۹۸/۴۶	% ۷۲/۷۶ ، % ۹۴/۰۶	% ۷۰/۵۴ ، % ۹۳/۵	% ۸۱/۷۳ ، % ۹۸/۶۰	مشاهده گر دوم
% ۸۸	% ۸۵/۴۲	% ۹۰/۴۸	% ۹۱/۱۱	% ۸۴/۴۴	مشاهده گر اول
% ۷۹ ، % ۹۴ P<0/001	% ۷۲/۲۴ ، % ۹۳/۹۳	% ۷۷/۳۸ ، % ۹۷/۳۴	% ۷۸/۷۸ ، % ۹۷/۵۲	% ۷۰/۵۴ ، % ۹۳/۵۱	مشاهده گر دوم

(A)

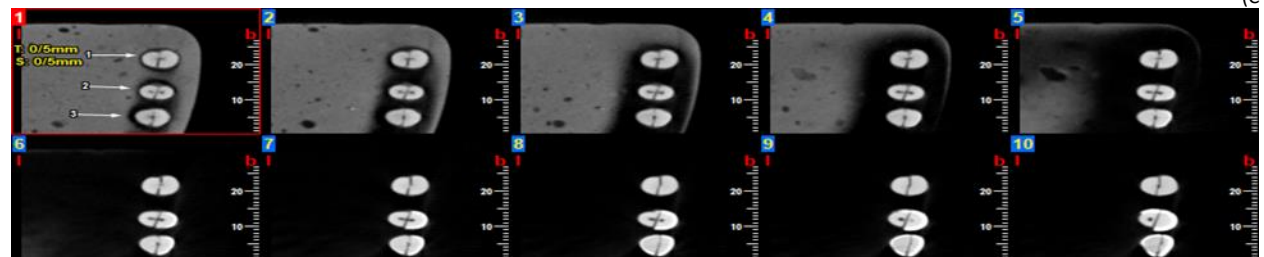
مساحت زیر منحنی ROC	ارزش اخباری منفی	ارزش اخباری مثبت	اختصاصیت	حساسیت	مشاهده گر
0/92	% ۹۳/۱۸	% ۹۱/۳۰	% ۹۱/۱۱	% ۹۳/۳۳	مشاهده گر اول
۰/۱۸۵، ۰/۹۷	% ۱۸/۳۴، % ۹۸/۵۷	% ۷۹/۲۱، % ۹۷/۵۸	% ۷۸/۷۸، % ۹۷/۵۲	% ۸۱/۷۳، % ۹۸/۶۰	
P<0/001					
0/92	% ۹۳/۱۸	% ۹۱/۳۰	% ۹۱/۱۱	% ۹۳/۳۳	مشاهده گر دوم
۰/۱۸۵، ۰/۹۷	% ۱۸/۳۴، % ۹۸/۵۷	% ۷۹/۲۱، % ۹۷/۵۸	% ۷۸/۷۸، % ۹۷/۵۲	% ۸۱/۷۳، % ۹۸/۶۰	
P<0/001					



(B)

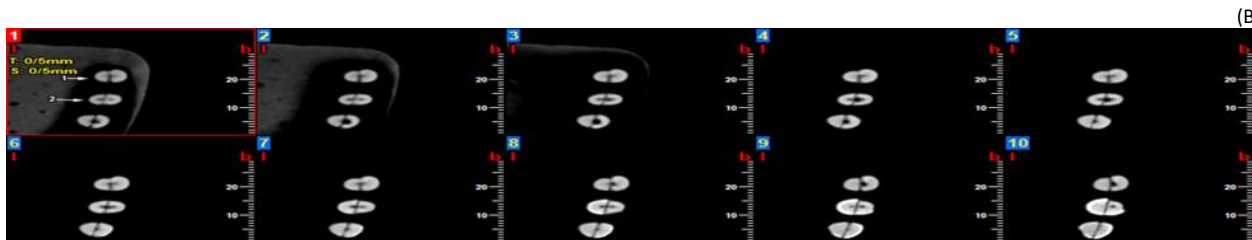
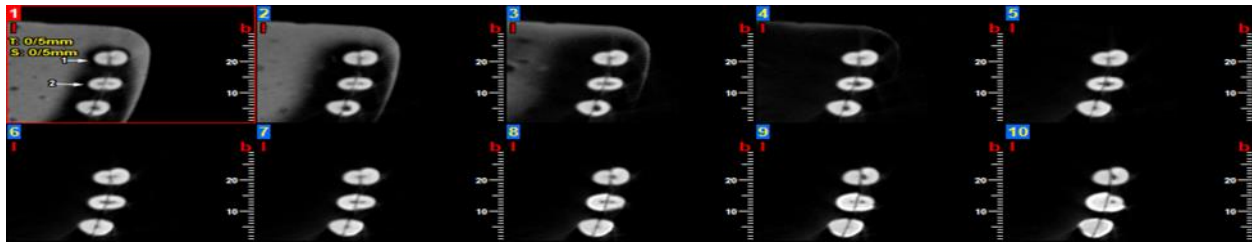


(C)



شکل ۱. مقطع آگزیکال نمونه‌های کنترل، نمونه‌های 1 تا 3 از قالب 1، A: روشنایی کم؛ B: روشنایی متوسط؛ C: روشنایی زیاد.

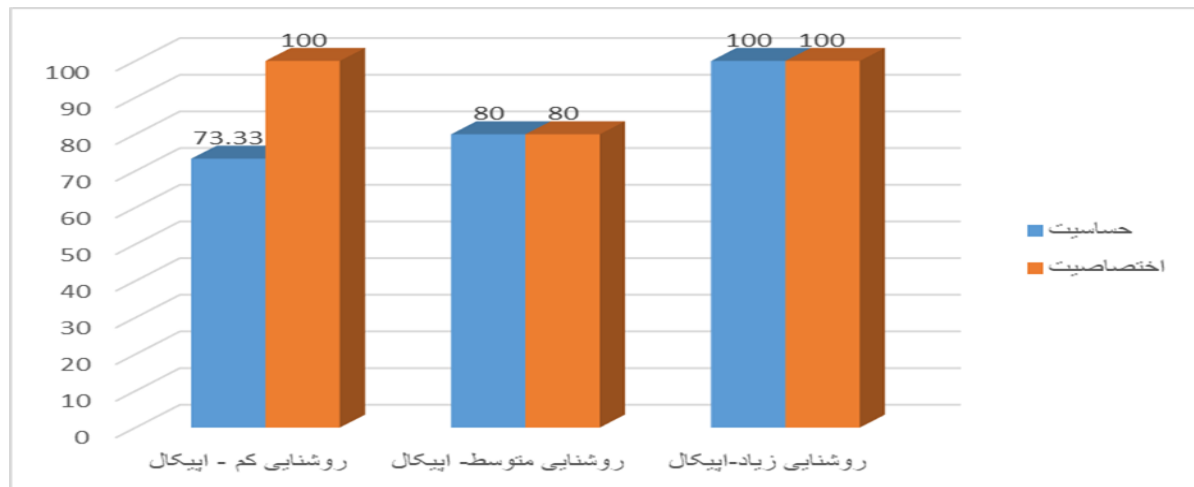
(A)



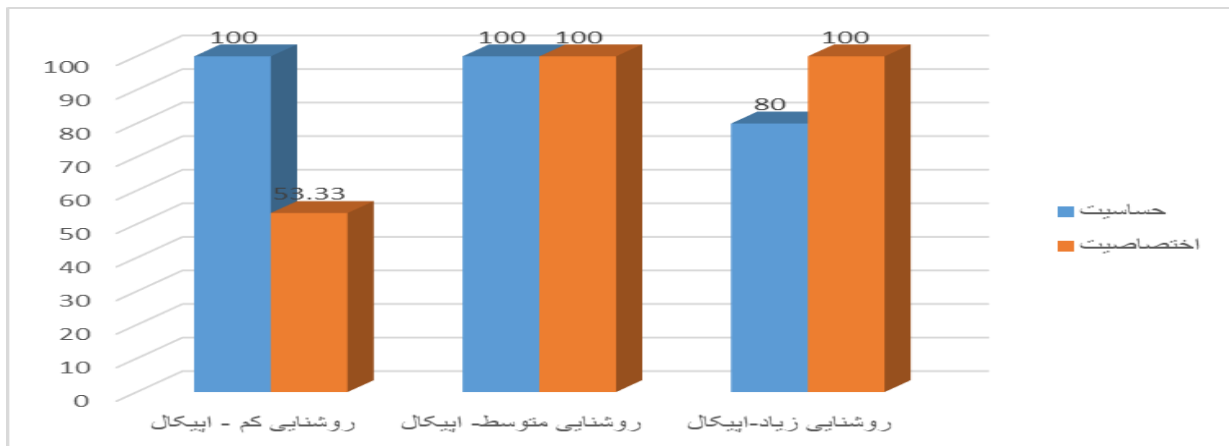
شکل ۲. مقطع آگزیمال نمونه‌های دارای تحلیل، نمونه‌های 1 تا 3 از قالب 2، A: روشنایی کم؛ B: روشنایی متوسط؛ C: روشنایی زیاد.

بررسی تصاویر در نواحی اپیکال، میانی و سرویکال با تغییرات روشنایی

آزمون مک نمار نشان داد در مشاهده‌گر اول در همه روشنایی‌ها (کم، متوسط و زیاد) و در هر سه ناحیه (اپیکال، میانی و سرویکال) تفاوت معناداری با واقعیت وجود نداشته است. در مشاهده‌گر دوم در روشنایی متوسط و زیاد تفاوت معناداری با واقعیت وجود نداشته است و تنها در مشاهده تصویر در حالت تصویربرداری با روشنایی کم و واقعیت تفاوت معنادار وجود داشته است. بررسی جزئی‌تر تصاویر با روشنایی کم در ناحیه اپیکال، میانی و سرویکال نشان داده است که مشاهده تصاویر با مشاهده‌گر دوم تنها در ناحیه اپیکال ($P < 0/05$) و سرویکال ($P < 0/05$) با واقعیت تفاوت معنادار داشته و در قسمت میانی تفاوت معناداری مشاهده نشده است. در مشاهده‌گر اول در هر سه ناحیه همه تشخیص‌ها منطبق با واقعیت است و بیشترین میزان منفی کاذب مربوط به تصاویر با روشنایی متوسط-سرویکال است (شکل ۳). در مشاهده‌گر دوم در حالت میانی همه تشخیص‌ها منطبق با واقعیت است و در تصاویر ناحیه سرویکال، بیشترین میزان مثبت واقعی به تصاویر با روشنایی زیاد و بیشترین میزان مثبت کاذب به تصاویر با روشنایی کم تعلق دارد (شکل ۴).



شکل ۳. مقایسه اختصاصیت و حساسیت در روش‌های مختلف پردازش تصویر در در ناحیه اپیکال در تشخیص تحلیل در مشاهده گر اول



شکل ۴. مقایسه اختصاصیت و حساسیت در روش‌های مختلف پردازش تصویر در در ناحیه اپیکال در تشخیص تحلیل در مشاهده گر دوم

وجود نداشته باشد [19]. تحلیل داخلی یک فرایند التهای است که با از دست رفتن دنتین و تهاجم احتمالی به سمتموم همراه است. بیشتر مقالات درباره تحلیل خارجی بوده‌اند؛ در حالی که تشخیص تحلیل داخلی در دندان‌های قدامی که دندان‌های مهمی از نظر زیبایی و سلامت روحی فرد هستند، اهمیت بسیار بالایی دارد. از نظر رادیوگرافی، تحلیل داخلی به صورت وسیع‌شدگی رادیولوست، یکنواخت، گرد یا بیضی بوده است که در کانال ریشه یا پالپ چمبر دیده می‌شود. حدود آن شارپ و صاف و کاملاً ضخیم است و همراه با تغییر شکل و پهن‌شدگی حدود کانال ریشه است. اندازه و محل ضایعه تحلیلی متغیر است [20].

بحث

مشاهده رادیوگرافیک ابزار گمراه‌کننده‌ای برای تشخیص ناهنجاری‌های دندانی بوده است که در کنار معاینات بالینی و تاریخچه پزشکی در ارائه تشخیصی و طرح درمان نقش دارد. اصولاً هر روش تشخیصی برای ضایعات تحلیل داخلی دندان باید توانایی تشخیص صحیح و دقیق داشته باشد [17]. تحلیل داخلی ریشه یک مسئله چالش‌برانگیز در اندودنتیکس است و تشخیص اولیه در پروگنوز آن بسیار موثر است [18]. تحلیل داخلی ریشه، یک ضایعه پاتولوژیک و معمولاً بدون علامت است و در ضایعات اولیه ممکن است نمای رادیوگرافیک

تحلیل شبیه‌سازی‌شده ریشه خارجی ERR تاثیر می‌گذارد یا خیر، نشان داده است که تاثیر فیلترهای CBCT در تشخیص ERR اندک است. فیلتر Sharpen 3x3 بهترین نتایج و فیلتر Shadow بدترین نتایج را به همراه داشته است [26]. اما اثر سایر فیلترها مانند کنتراست در مطالعه حبیبی کیا و همکاران در سال 2020 بر روی تحلیل داخلی بررسی شده است. آن‌ها نشان داده‌اند که تنها بین حالت تصویربرداری با درجه کنتراست زیاد و متوسط با واقعیت تفاوت معناداری وجود دارد که از این نظر با پژوهش حاضر مطابقت ندارد [27].

مشاهده‌گران حساسیت و اختصاصیت تصویر را در روشنایی کم، متوسط و زیاد، بالا ارزیابی کرده‌اند. برای مشاهده‌گر اول در تصاویر با روشنایی زیاد، بالاتر و برای مشاهده‌گر دوم در تصاویر با روشنایی کم، بالاتر بوده است. اختصاصیت برای مشاهده‌گر اول در روشنایی زیاد و برای مشاهده‌گر دوم در روشنایی زیاد و متوسط، بالاتر از بقیه بوده است. صحت کلی تصاویر در هر سه حالت بالا بوده و برای تصاویر با روشنایی زیاد، بالاتر از بقیه ارزیابی شده است.

حبیبی کیا و همکاران بیشترین حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی را در تصاویر با کنتراست کم ارزیابی کرده‌اند که از این نظر با پژوهش پیش رو مطابقت نداشته است [25]. همان‌طور که گفته شد تنها در مشاهده تصویر در مشاهده‌گر دوم در حالت تصویربرداری با روشنایی کم و واقعیت تفاوت معنادار وجود داشته است. بررسی جزئی‌تر تصاویر با روشنایی کم در ناحیه اپیکال، میانی و سرویکال نشان داده است که مشاهده تصاویر با مشاهده‌گر دوم تنها در ناحیه اپیکال و سرویکال با واقعیت تفاوت معنادار داشته و در قسمت میانی تفاوت معناداری مشاهده نشده است.

نتایج پژوهش پیش رو با مطالعه حبیبی کیا و همکاران که بیشترین تفاوت کنتراست با واقعیت را در تصاویر با کنتراست زیاد - سرویکال و واقعیت ارزیابی کرده بودند، متفاوت بوده است [25]. همچنین در مطالعه‌ای دیگر که حبیبی کیا و همکاران در سال 2016 تاثیر فیلتر روشنایی در تحلیل خارجی ناحیه میانی ریشه بررسی کرده‌اند، نشان داده‌اند که در مشاهده تصویر با روشنایی کم، متوسط و زیاد با مشاهده‌گر اول و دوم با واقعیت تفاوت معناداری وجود نداشته است و بیشترین تطابق با واقعیت در تصویر با روشنایی زیاد مشاهده شده است [28]. در مطالعه حاضر نیز در مشاهده تصویر با روشنایی کم با مشاهده‌گر اول و دوم در ناحیه میانی ریشه با واقعیت تفاوت معناداری مشاهده نشده است که از این رو نتایج مطالعه را تایید کرد.

نتیجه‌گیری

از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که در استفاده از فیلتر روشنایی در مشاهده تصاویر CBCT، همه فیلترها به جز فیلتر با روشنایی کم قابلیت تطابق بالایی با واقعیت دارد و می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

تحلیل داخلی ریشه با رادیوگرافی اشعه X معمول به سختی تشخیص داده می‌شوند. روش CBCT ابزار قدرتمندی است که امکان تشخیص زودرس و دقیق‌تر این ضایعات را فراهم می‌کند. ویژگی اصلی آن استفاده از نماهای متعدد در چند پلان با یک اسکن چرخشی برای تهیه داده‌های حجمی و تصاویر مرتبط به هم است.

مطالعات گوناگون ارزش CBCT در تشخیص تحلیل داخلی را نشان داده و آن را تکیه‌گاهی با ارزش جهت کشف زودرس و ارائه طرح درمان مناسب بیان کرده‌اند [21].

امروزه تمام سیستم‌های تصویربرداری دیجیتال مستقیم انواع مختلف تکنیک‌های پردازش تصویر را در دسترس قرار می‌دهند. هدف اصلی پردازش تصویر با تقویت سیگنال‌های تشخیصی و حذف سیگنال‌های غیر تشخیصی است. بسته‌های نرم‌افزاری فیلترهای مختلفی برای پردازش تصویر ارائه می‌کنند که از جمله می‌توان به کنتراست معکوس، کاهش Hoile، بزرگ‌نمایی، یکنواختی لبه‌ها، افزایش صافی و روشنایی اشاره کرد [22].

مطالعات گوناگون اثر فاکتورهایی مانند اندازه voxel و نوع فیلتر به‌کاررفته در دستگاه‌های CBCT را بررسی کرده و قابلیت تشخیص این فاکتورها را از دید مشاهده‌گرهای مختلف بیان کرده‌اند [23]. روشنایی (Brightness) یکی از الگوریتم‌های بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال است که روشنایی تصاویر را کم و زیاد می‌کند، این الگوریتم از طرفی می‌تواند تصاویر را خوشایندتر سازد و از طرفی دیگر ممکن است منجر به حذف جزئیات ظریف شود [24].

با توجه به این مسئله، در مطالعه آزمایشگاهی حاضر به بررسی تحلیل داخلی ریشه در تصاویر CBCT در سه مقطع سرویکال و میانی و اپیکال با روشنایی کم، متوسط و زیاد پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نشان داده است که در مشاهده تصویر با مشاهده‌گران در حالت تصویربرداری با روشنایی کم، متوسط و زیاد و واقعیت تفاوت معناداری وجود ندارد به جز مشاهده تصویر با مشاهده‌گر دوم در حالت تصویربرداری با روشنایی کم با واقعیت که تفاوت معناداری را نشان داده است. بررسی‌ها نشان داده است قبل از مطالعه حاضر، مطالعات بسیار کمی درباره تاثیر روشنایی بر روی تحلیل داخلی ریشه انجام گرفته است. مطالعه فرهادی و همکاران در سال 2015 به منظور بررسی دقت اندازه‌گیری طول فایبل ریشه در رادیوگرافی پری اپیکال دیجیتال پس از اعمال تقویت دیجیتال وارونگی کنتراست نشان داده است ابزار وارونگی کنتراست برنامه نرم افزاری اسکانورا دقت اندازه‌گیری طول فایبل‌های اندودنتیک کوچک را در رادیوگرافی پری اپیکال دیجیتال کاهش می‌دهد. نتایج این مطالعه پیشنهاد داده است که از وارونگی کنتراست در تعیین طول فایبل‌های ریشه کوچک استفاده نشود [25]. همچنین مطالعه Azevedo و همکاران درباره اینکه آیا فیلترهای افزایش‌دهنده توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروطی بر تشخیص

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز با شماره IR.AJUMS.REC. 1399/390 ثبت شده است.

حامی مالی

دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز (U-00074)

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در نوشتن این مقاله به صورت یکسان همکاری کرده‌اند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

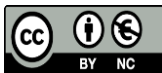
تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه دوره‌ی دکتری تخصصی با کد U-00074 است که معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز از آن پشتیبانی کرد.

References

- [1] Tsai KZ, Tsai SC, Lin KH, Chang YC, Lin YP, Lin GM. Associations of decayed teeth and localized periodontitis with mental stress in young adults: CHIEF oral health study. *Scientific Reports*. 2022 Nov 9;12(1):19139. [[10.1038/s41598-022-23958-4](https://doi.org/10.1038/s41598-022-23958-4)] [PMID]
- [2] Patel S, Saberi N, Pimental T, Teng PH. Present status and future directions: Root resorption. *International Endodontic Journal*. 2022 Oct;55:892-921. [[10.1111/iej.13715](https://doi.org/10.1111/iej.13715)] [PMID]
- [3] Baranova J, Büchner D, Götz W, Schulze M, Tobiasch E. Tooth formation: are the hardest tissues of human body hard to regenerate?. *International journal of molecular sciences*. 2020 Jan;21(11):4031. [[10.3390/ijms21114031](https://doi.org/10.3390/ijms21114031)] [PMID]
- [4] Agrawal V, Shah A, Kapoor S. Non-perforating internal resorption-diagnosis and endodontic management in maxillary lateral incisor. *Clinical Dentistry (0974-3979)*. 2020 Aug 1;14.(8)
- [5] Cantu AG, Gehrung S, Krois J, Chaurasia A, Rossi JG, Gaudin R, Elhennawy K, Schwendicke F. Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. *Journal of dentistry*. 2020 Sep 1;100:103425. [[10.1016/j.jdent.2020.103425](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103425)] [PMID]
- [6] Cotti E, Schirru E. Present status and future directions: Imaging techniques for the detection of periapical lesions. *International Endodontic Journal*. 2022 Oct;55:1085-99. [[10.1111/iej.13828](https://doi.org/10.1111/iej.13828)] [PMID] Ylli D, Sidhu S, Parikh T, Burman KD. Endocrine changes in obesity. *Endotext [Internet]*. 2022. [[10.1111/iej.13828](https://doi.org/10.1111/iej.13828)] [PMID]
- [7] Singh N, Yadav R, Duhan J, Tewari S, Gupta A, Sangwan P, Mittal S. Comparative analysis of the accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography for diagnosing complex endodontic pathoses using a gold standard reference—A prospective clinical study. *International endodontic journal*. 2021 Sep 1;54(9). [[10.1111/iej.13535](https://doi.org/10.1111/iej.13535)] [PMID]
- [8] Rodríguez-López S, Escobedo Martínez MF, Junquera L, García-Pola M. Two-dimensional analysis of digital images through vector graphic editors in dentistry: new calibration and analysis protocol based on a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 Apr 23;18(9):4497. [[10.3390/ijerph18094497](https://doi.org/10.3390/ijerph18094497)] [PMID]
- [9] Cotti E, Schirru E. Present status and future directions: Imaging techniques for the detection of periapical lesions. *International Endodontic Journal*. 2022 Oct;55:1085-99. [[10.1111/iej.13828](https://doi.org/10.1111/iej.13828)] [PMID]
- [10] Bakry AM, Mahmoud EF, Sayed MM. Diagnostic Accuracy of Digital Periapical Radiography and Cone-beam Computed Tomography in Detection of Simulated External Root Resorption. *Al-Azhar Assiut Dental Journal*. 2022 Oct 1;5(2):209-14. Lin D, Liu T, Chen L, Chen Z. Body mass index in relation to prostate-specific antigen-related parameters. *BMC Urol*. 2021; 21(1):130. [DOI: [10.1186/s12894-020-00746-8](https://doi.org/10.1186/s12894-020-00746-8)] [PMID] [PMCID]
- [11] Hou Y, Feng G, Lin W, Wang R, Yuan H. Observation of retromolar canals on cone beam computed tomography. *Oral Radiology*. 2020 Oct;36:365-70. [[10.1007/s11282-019-00414-0](https://doi.org/10.1007/s11282-019-00414-0)] [PMID]
- [12] Hussain S, Mubeen I, Ullah N, Shah SS, Khan BA, Zahoor M, Ullah R, Khan FA, Sultan MA. Modern diagnostic imaging technique applications and risk factors in the medical field: a review. *BioMed research international*. 2022;2022(1):5164970. [[10.1155/2022/5164970](https://doi.org/10.1155/2022/5164970)] [PMID]
- [13] Umbaugh SE. Digital image processing and analysis: digital image enhancement, restoration and compression. Crc Press; 2022 Dec 30.
- [14] Qassim HM, Basheer NM, Farhan MN. Brightness preserving enhancement for dental digital X-ray images based on entropy and histogram analysis. *Journal of Applied Science and Engineering*. 2019 Mar;22(1):187-94.
- [15] MehrAli Zadeh S, Talayi poor A, Mehrvarzfar P, Edalat M, SHarifi SHoushtari S. Comparison between digital intraoral radiography (PSP) and Cone Beam CT images in detection internal root resorption (in-vitro study). *J Res Dent Sci*. 2016;13(2) :102-8.
- [16] White SC, Pharoah MJ. Oral radiology: principles and interpretation. St. Louis, MO: Mosby. Elsevier. 2009;6:70-3.
- [17] Kumari M. New Caries Diagnostic Methods-A Review. *Clinical Dentistry (0974-3979)*. 2022 Jul 1;16(7).
- [18] Zehnder M, Belibasakis GN. A critical analysis of research methods to study clinical molecular biomarkers in Endodontic research. *International Endodontic Journal*. 2022 Mar;55:37-45. [[10.1111/iej.13647](https://doi.org/10.1111/iej.13647)] [PMID]
- [19] Singh N, Yadav R, Duhan J, Tewari S, Gupta A, Sangwan P, Mittal S. Comparative analysis of the accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography for diagnosing complex endodontic pathoses using a gold standard reference—A prospective clinical study. *International endodontic journal*. 2021 Sep 1;54(9). [[10.1111/iej.13535](https://doi.org/10.1111/iej.13535)] [PMID]
- [20] Heboyan A, Avetisyan A, Karobari MI, Marya A, Khurshid Z, Rokaya D, Zafar MS, Fernandes GV. Tooth root resorption: A review. *Science Progress*. 2022 Jul;105(3):00368504221109217. [[10.1177/00368504221109217](https://doi.org/10.1177/00368504221109217)] [PMID]
- [21] Pereira SA, Corte-Real A, Melo A, Magalhães L, Lavado N, Santos JM. Diagnostic Accuracy of Cone Beam Computed Tomography and Periapical Radiography for Detecting Apical Root Resorption in Retention Phase of Orthodontic Patients: A Cross-Sectional Study. *Journal of Clinical Medicine*. 2024 Feb 22;13(5):1248. [[10.3390/jcm13051248](https://doi.org/10.3390/jcm13051248)] [PMID]
- [22] Archana R, Jeevaraj PE. Deep learning models for digital image processing: a review. *Artificial Intelligence Review*. 2024 Jan;57(1):11.
- [23] Wanderley VA, Leite AF, de Faria Vasconcelos K, Pauwels R, Müller-García F, Becker K, Oliveira ML,

- Jacobs R. Impact of metal artefacts on subjective perception of image quality of 13 CBCT devices. *Clinical oral investigations*. 2022 Jun;26(6):4457-66. [\[10.1007/s00784-022-04409-w \]](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39812345/)[PMID]
- [24] Wang Y, Xie W, Liu H. Low-light image enhancement based on deep learning: a survey. *Optical Engineering*. 2022 Apr 1;61(4):040901-.
- [25] Farhadi N, Shokraneh A, Mehdizadeh M. Effect of contrast inversion enhancement on the accuracy of endodontic file length determination in digital radiography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*. 2015 May;9(5):ZC102. [\[10.7860/JCDR/2015/11767.5988 \]](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26112345/)[PMID]
- [26] de Azevedo Vaz SL, Vasconcelos TV, Neves FS, de Freitas DQ, Haiteir-Neto F. Influence of cone-beam computed tomography enhancement filters on diagnosis of simulated external root resorption. *Journal of endodontics*. 2012 Mar 1;38(3):305-8. [\[10.1016/j.joen.2011.10.012 \]](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21110012/)[PMID]
- [27] Habibi Kia A, Dabaghi A, Javaheri M, Sabaghian M. Evaluation of Contrast Alternation Efficacy in Diagnosis of Vertical Root Fracture in Conventional Digital Radiography (An Ex-vivo Study). *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2022 Feb 20;20:680-9.
- [28] Kia AH, Dabaghi A, Javaheri MA, Sabaghian M. Research Paper Evaluation of Contrast Alternation Efficacy in Diagnosis of Vertical Root Fracture in Conventional Digital Radiography (An Ex-vivo Study). 2016 Apr 7;11:230-4.



©2025 by the authors. Licensee AJUMS, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).