



The Effect of Ferrule on Stress distribution in a Two-Rooted Maxillary First Premolar with Cast post and core; A Finite Element Study

Shishesaz Mohammad^{1*}, Amirimoghdam Reza¹, Ahmadzadeh Asadallah²

1. Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Jondishapoor School of Medicine, Dentistry department, Ahvaz, Iran

*Corresponding author Email: mshishesaz@scu.ac.ir

Abstract

This research aims to investigate the stress distribution in the post and core set in the maxillary first premolar that has two roots. In such a tooth, the post and core will be united or separated. An orthodontic patient's extracted tooth was used to prepare the basic tooth model. Then, a basic tooth model was ready for 3D computer modelling using a 3D scanner. Then the computer model was completed in the SolidWorks engineering modelling software. Then, for stress analysis, the model was submitted to ANSYS software under two axial and 45 oblique loads at 400 N. The material chosen for the post and core in both united form and separated one was nickel-chromium alloy. Evaluation of the data revealed that the use of ferrule in all cases reduced stress in roots. It was also found that the use of von ferrule did not necessarily decrease the stress of post and core. The maximum equivalent von Mises stress in roots, independent of the load applied, was lower in the two pieces post and core than in the one-piece post and core; this was not generally seen in post and core. Under oblique load, more stress is observed on the components of the post and core.

Keywords: Post and core, ferrule, finite element.

Introduction

Human has found modern methods to repair his rotten teeth with the advancement of science and technology. For any reason, a large part of the tooth tissue is sometimes removed forcibly while repairing the rotten parts of a tooth. Therefore, the strength of the tooth decreases from the upper level of the tooth to the intended level in the final restoration due to the increase of the tooth preparation height. In this case, to maintain the tooth function, a post and core [1] crown is used. This system can be used when the least of tooth roots are healthy. The post and core crown consist of three parts. The first part is associated with the post which is located inside the root channel. In this case, its function is to create a connection for the core. The second part includes the core placed on the post; and finally, the crown, which is in the form of tooth



enamel and is placed on the core. To distribute the stress components inside the prosthesis more evenly, the crown. It is impossible to install an integrated post and core (inheriting two posts) in a two-rooted maxillary first premolar due to its two non-parallel roots. However, in this study, the distribution of von Mises stresses in the integrated and two-piece cast posts, and cores are investigated and compared in a two-rooted first maxillary premolar. Figure 1 shows the two prepared models; (a) of an integrated post and core with ferrule and (b) a two-piece post and core with ferrule [2]. It is noteworthy that in Fig. 1(a), the lower part of the post is not specified in the section shown due to the lack of symmetry. Gutta-percha is also invisible in both figures due to the same reason.]

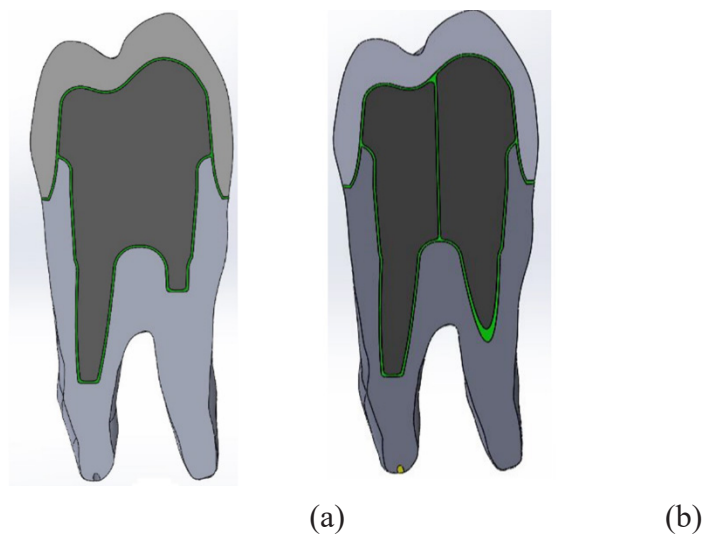


Figure 1: A view of a tooth model; (a) integrated post and core with a ferrule, and (b) two-piece post and core with ferrule.

Materials and Methods

A patient's extracted healthy premolar was used to conduct this research. A three-dimensional tooth model was prepared using a three-dimensional scanner with an accuracy of 1 micron, and then the tooth pulp chamber was determined using radiography. Next, SolidWorks and Ansys SpaceClaim software programs were used to prepare four post and core models; namely, (1) the integrated post and core with a ferrule, (2) the integrated post and core without a ferrule, (3) the two-piece post and core with a ferrule, and (4) the two-piece post and core without a ferrule. The tissue around the tooth, including PDL (Periodontal Ligament) layer and the compact bone tissue, were modelled according to the average anatomical sizes in the references. In this research, the average thicknesses of the PDL layer and the compact bone tissue were both considered to be 0.2 millimetres [3]. The spongy bone tissue was also modelled as a cylinder with a suitable radius which eliminated the effect of the cylinder walls on the tooth stress distribution.

The selected material for the post and core was nickel-chromium alloy in both integrated and two-piece models, while the crown was entirely made by porcelain.



Two different load types were applied separately to each model to investigate the effect of loading on stress distribution in each component. The first load was applied to the mesial cavity and the palatal root apex. It was approximately parallel to the tooth axis. The second load was applied to the buccal apex diagonally to the mesial-distal junction line at an angle of 45 degrees (perpendicular to the buccal apex). Both loads were considered to be equal to 400 N.

Conclusions

This work was concerned with reconstructing a two-rooted maxillary first premolar tooth using the post and core method. For this purpose, a patient's extracted healthy premolar tooth was used to conduct this research by preparing a three-dimensional tooth model by three-dimensional scanning of the tooth followed by some geometric operations in the SolidWorks and ANSYS Workbench software programs. The two types of post and core, namely the integrated and the two-piece models, were used for further examination of the ferrule effect on the overall stress distributions within the reconstructed tooth. Results show that although the presence of a ferrule reduces the peak stresses in the roots, it does not necessarily reduce the peak von Mises stress in the post and core. The reduction in the peak von Mises stresses in the roots, in the presence of a ferrule, was observed for the two types of axial and oblique loads of 400 N. However, if an integrated model is used, the presence of a ferrule increases the peak stresses in post and core while the opposite behavior is observed for a two-piece post and core under the action of an axial load. Additionally, for an oblique load of 400 N, the presence of a ferrule has considerably reduced the peak von Mises stress in the integrated post and core. At the same time, there is a slight increase in the similar stress in the two-piece model. Consequently, in this case, the integrated model benefits more from the presence of the ferrule.

Reference

1. Abduljabbar, T., Sherfudhin, H., Alsaleh, S. A., Al-helal, A. A., Al-orini, S. S., Al-aql, N. A., (2012), Fracture resistance of three post and core systems in endodontically treated teeth restored with all-ceramic crowns, King Saud Univ. J. Dent. Sci., 3(1), pp 33-38.
2. H. T. Shillingburg, (2012), fundamentals of fixed prosthodontics, Fourth. Hanover: Quintessence Publishing Co.
3. Newman, M., Takei, H., Klokkevold, P., Carranza, F., (2006), Carranza's Clinical Periodontology, 10th ed. Elsevier Inc.



تحلیل المان محدود دندان آسیاب کوچک دو ریشه فک بالا به کمک پست و کور ریخته گری شده و تاثیر وجود فرول

محمد شیشه ساز^{۱*}، رضا امیری مقدم^۱، اسدالله احمد زاده^۲

۱. گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲- گروه دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران.

نویسنده مسئول: mshishehsaz@scu.ac.ir

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی توزیع تنش در مجموعه پست و کور، در دندان آسیاب کوچک فک بالا با دو ریشه است. در چنین دندانی، پست و کور به صورت یک پارچه و دو تکه منظور شده اند. برای تهیه مدل پایه دندان، از دندان کشیده شده یک بیمار ارتودنسی استفاده گردید. سپس به منظور تهیه مدل سه بعدی رایانه ای، به کمک دستگاه اسکنر سه بعدی، مدل پایه دندان تهیه گردید. پس از آن در نرم افزار مدل سازی مهندسی سالدورک، مدل رایانه ای تکمیل و سپس برای تحلیل تنش در تحلیل گر انسیس، تحت دو بار محوری و مورب ۴۵ درجه با اندازه ۴۰۰ نیوتن قرار گرفت. جنس انتخاب شده برای پست و کور در هر دو حالت یک پارچه و دو تکه، آلیاژ نیکل-کروم منظور شد. نتایج نشان می دهند که استفاده از فرول در تمامی حالات، باعث کاهش تنش در ریشه ها می شود؛ هم چنین مشاهده گردید که استفاده از فرول، لزوماً باعث کاهش تنش در پست و کور نمی گردد. بیشینه تنش معادل فون مایرز در ریشه ها، مستقل از بار وارده، در حالت پست و کور دو تکه کم تر از حالت پست و کور یک پارچه بود. علاوه بر آن، مشخص شد که تحت بار مورب، تنش بیشتری در اجزای مجموعه پست و کور ایجاد می شود.

کلمات کلیدی: پست و کور، فرول، اجزای محدود.

مقدمه

با پیشرفت علم و تکنولوژی، انسان روش های نوینی را برای ترمیم دندان های پوسیده خویش یافته است. گاهی به هر دلیلی هنگام ترمیم بخش های پوسیده دندان، به اجبار بخش زیادی از بافت دندان برداشته می شود. بنابراین مقاومت دندان به دلیل افزایش ارتفاع آماده سازی دندان از سطح بالایی دندان تا سطح مورد نظر در ترمیم نهایی کاهش می یابد [۱]. در این حالت برای آن که کارکرد دندان حفظ شود از سیستم پست و کور^۱ استفاده می گردد [۲]؛ در واقع زمانی که حداقل ریشه های دندان سالم باشند می توان از این سیستم استفاده کرد. سیستم پست و کور از سه قسمت تشکیل شده است. بخش پست که درون کانال ریشه (که از قبل به میزان لازم تراشیده شده) قرار گرفته و وظیفه آن ایجاد اتصال برای کور است. با قرار گیری کور بر پست،

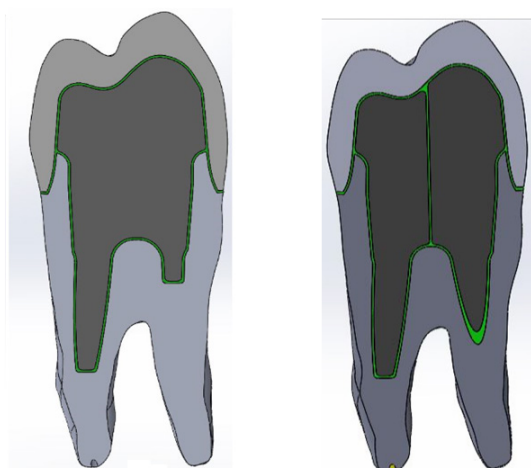


در نهایت تاج^۱ که به شکل مینای دندان است بر کور نصب می‌گردد [۳]. به منظور یکنواخت کردن هرچه بیشتر توزیع تنش درون پروتز، بخش تاج را به مقداری معین تا قسمت پست ادامه می‌دهند. به این قسمت اصطلاحاً فرول^۲ گفته می‌شود [۴].

محمودی و همکاران [۵] در دندان آسیاب کوچک تک ریشه‌ای به بررسی استفاده از مواد غیرهمگن^۳ در ساخت پست و تأثیرشان بر توزیع تنش در سیستم پست و کور پرداخته و تأثیر وجود فرول را نیز بررسی کردند. آپادهایایا و همکاران [۶] در یک دندان پیش مرکزی (که یک ریشه دارد) به بررسی تأثیر موازی یا مخروطی بودن پست و وجود فرول بر توزیع تنش پرداختند و نتایج نشان داد که تنش کمتری در حالت پست مخروطی نسبت به حالت پست موازی به وجود می‌آید. کاینوسی و همکاران [۷]. به بررسی رابطه بین توزیع تنش با طول پست و ارتفاع تاج در دندان آسیاب کوچک تک ریشه پرداختند.

باکچی و همکاران [۸، ۹] تأثیر پست ریخته‌گری شده و پست الیاف شیشه‌ای، با و بدون وجود فرول را بر روی مقاومت نسبت به شکست و توزیع تنش دندان آسیاب کوچک تک ریشه بررسی نمودند. ایشان یافتند که وجود فرول، مستقل از نوع پست، باعث افزایش مقاومت نسبت به شکسته شد.

در یک دندان آسیاب کوچک دو ریشه، به دلیل غیر موازی بودن دو ریشه آن، امکان نصب پست و کور یک‌پارچه (که دارای دو پست باشد) وجود ندارد. در این تحقیق به بررسی توزیع تنش فون مایز در پست و کور ریخته‌گری شده یک‌پارچه و دوتکه و مقایسه آن‌ها در اولین دندان آسیاب کوچک دو ریشه فک بالا^۴ پرداخته می‌شود. شکل ۱ به طور نمونه نمایان‌گر مدل‌های کامل شده دو حالت یک‌پارچه با فرول و دوتکه با فرول را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که در شکل ۱-a به دلیل نبود تقارن، بخش پایینی پست در مقطع نشان داده شده مشخص نشده است. هم‌چنین گوتا پرکا نیز در هر دو شکل به دلیل یاد شده غیر قابل دیدن است.



(ب)

(الف)

شکل ۱: نمایی از مدل دندان. (الف) پست و کور دوتکه با فرول و (ب) پست و کور یک‌پارچه با فرول.

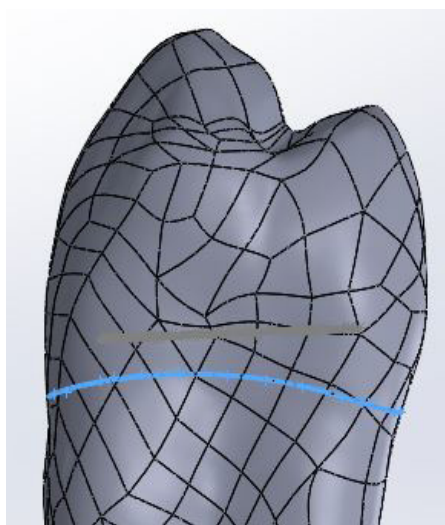
1. Crown
2. Ferrule
3. Inhomogeneous
4. First Maxillary Premolar with two roots



روش و مواد مورد استفاده

به منظور انجام تحقیقات از یک دندان آسیاب کوچک کشیده شده سالم یک بیمار استفاده گردید. با استفاده از دستگاه اسکنر سه بعدی با دقت یک میکرون، مدل سه بعدی دندان تهیه شده و سپس با استفاده از عکس رادیولوژی، کانال پالپ دندان تعیین شد. پس از آن با استفاده از نرم افزارهای سالیدورکس و انسیس، چهار مدل پست و کور به صورت یک پارچه با فرول، یک پارچه بدون فرول، دو تکه با فرول و دو تکه بدون فرول تهیه شد. بافت اطراف دندان شامل لایه PDL و بافت فشرده استخوان مطابق با اندازه های میانگین آناتومیکی از مراجع مدل سازی شد. در این تحقیق، ضخامت میانگین لایه PDL و بافت فشرده استخوان هر دو برابر با ۰/۲ میلی متر در نظر گرفته شده است [۱۰]. بافت اسفنجی استخوان نیز به صورت یک استوانه با شعاع مناسب (به گونه ای که اثر دیواره های استوانه بر توزیع تنش اندک باشد) مدل سازی شد.

ابتدا تاج دندان از محل CEJ (شکل ۲) جدا شد تا نشان دهنده آسیب دیده ترین حالت ممکن برای ترمیم با استفاده از پست و کور باشد. با در نظر گرفتن پست به صورت مخروطی، نقطه شروع پست به فاصله ۴/۵ میلی متر بالاتر از نوک ریشه دندان در نظر گرفته شد. هم چنین قطر پست یک سوم قطر پست ریشه دندان در آن مقطع در نظر گرفته شد [۴]. ضخامت فضای سمان برابر با ۱۰۰ میکرون و جنس آن به صورت فسفات روی در نظر گرفته شد. ارتفاع فرول نیز مطابق با مرجع [۴] برابر با ۲ میلی متر انتخاب شد. همچنین فرض شد که کانال دندان به کمک گوتا پراکا پُر شده است.



شکل ۲: مکان CEJ.

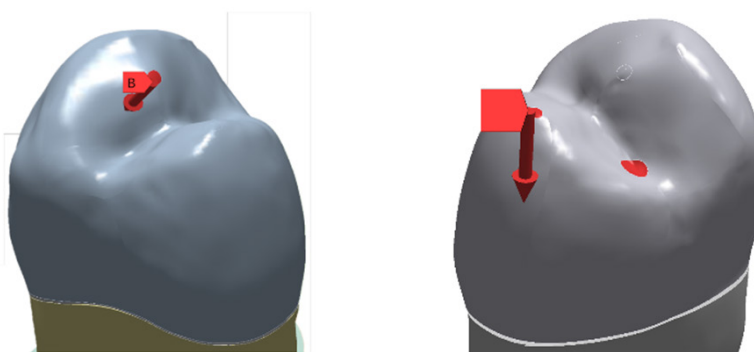
تحلیل مربوطه به کمک نرم افزار انسیس (R2-2019 Release 19.4) انجام شده و در آن از المان هرمی ۱۰ گره مرتبه دو استفاده شده است. تمامی سطوح بدون لغزش فرض شده که به طور کامل به هم چسبیده اند. برای تحقیق صحت داده ها از آزمون همگرایی، با در نظر گرفتن بیشینه اندازه مجاز المان ریشه ها و پست و کور به عنوان متغیر استفاده شده است. به دلیل شکل خاص نوک ریشه ها، با جداسازی انتهای ریشه ها، بیشینه اندازه مجاز تخصیص داده شده به آن ها برابر با ۰/۱ میلی متر در نظر گرفته شد. بیشینه اندازه مجاز المان سایر بخش ها نیز در جدول ۱ آورده شده است. جنس پست و کور در هر دو حالت یک پارچه و دو تکه از آلیاژ نیکل-کروم و جنس تاج به صورت کاملاً ساخته شده از پورسلین منظور گردید. خواص مواد به کار رفته در جدول ۲ آورده شده است.



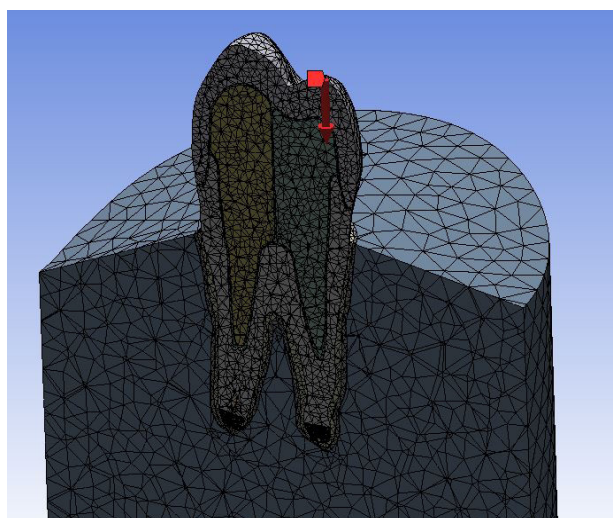
جدول ۱: بیشینه اندازه‌های مجاز تخصیص داده شده به المان بخش‌های مختلف مدل.

اندازه المان (میلی‌متر)	نام بخش
۱/۵	استخوان اسفنجی
۰/۱	نوک ریشه‌ها
۰/۵	سایر بخش‌ها غیر از موارد ذکر شده

به منظور اعمال بارگذاری از دو نیروی متفاوت به صورت جداگانه استفاده شده است (شکل ۳). اولین نیرو به گودی مزیال و در قله پالاتال وارد شده و تقریباً در راستای محور دندان است. دومین نیرو به صورت مورب نسبت به خط واصل دیستال و مزیال با زاویه ۴۵ درجه (عمود نسبت به قله باکال)، به قله باکال وارد می‌شود. اندازه هر دو نیرو برابر با ۴۰۰ نیوتن در نظر گرفته می‌شود [۴، ۱۱-۱۳]. سطوح خارجی استوانه اسفنجی به صورت تکیه‌گاه ثابت در نظر گرفته شده و سپس بیشینه تنش فون‌مایز برای حالت‌های مختلف محاسبه شده است. در شکل ۴ برای نمونه، مدل کامل شده در حالت پست و کور دوتکه با فرول تحت بار محوری آورده شده است.



شکل ۳: مکان اعمال نیرو. (الف) نیروی محوری و (ب) نیروی مورب.



شکل ۴: شبکه مش مدل کامل شده پست و کور دوتکه با فرول تحت بار محوری.



جدول ۲: ویژگی های مکانیکی مواد [۴۱]، [۵۱].

ماده	مدول یانگ (گیگاپاسکال)	ضریب انبساط حجمی
آلیاژ نیکل-کروم	۱۸۸	۰/۲۷
روی فسفات	۶۹	۰/۳
پورسلین	۷۰	۰/۱۹
گوتا پرکا	۰/۱۴	۰/۴۹
دنتین	۱۴/۷	۰/۳۱
استخوان فشرده	۱۴/۷	۰/۳
استخوان اسفنجی	۰/۴۹	۰/۳
پی دی ال	۰/۰۰۶۹	۰/۴۵

نتایج

در آزمون همگرایی، در همسایگی ۴۸۰۰۰۰ المان، مدل ها به همگرایی رسیدند. در جداول ۳ الی ۶ مقدار نهایی بیشینه تنش فون مایز همگرا شده در پست و کور و در ریشه ها آورده شده است. هم چنین در شکل های ۵ الی ۱۲ کانتور تنش فون مایز مربوط به این حالات آورده شده است.

جدول ۳: بیشینه تنش فون مایز در ریشه ها تحت بار محوری ۰۰-۴ نیوتن.

حالت	ریشه - محوری	با فرول (مگاپاسکال)	بدون فرول (مگاپاسکال)
۱-الف	یک پارچه	۹۴/۴۴۵	۹۶/۳۶۴
۲-الف	دو تکه	۹۱/۸۸۶	۹۴/۹۳۳

جدول ۴: بیشینه تنش فون مایز در ریشه ها تحت بار مورب ۵۴ درجه ۰۰-۴ نیوتن.

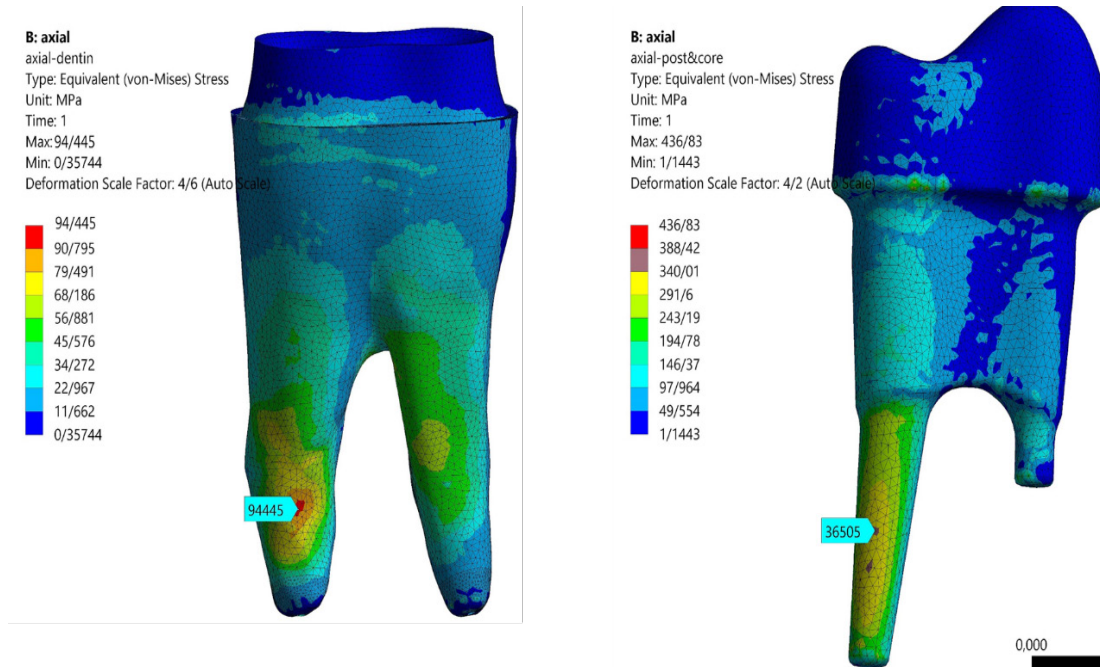
حالت	ریشه - مورب	با فرول (مگاپاسکال)	بدون فرول (مگاپاسکال)
۳-الف	یک پارچه	۳۲۲/۹	۳۲۵/۷
۴-الف	دو تکه	۳۰۶/۷۳	۳۱۳/۱۷

جدول ۵: بیشینه تنش فون مایز در پست و کور تحت بار محوری ۰۰-۴ نیوتن.

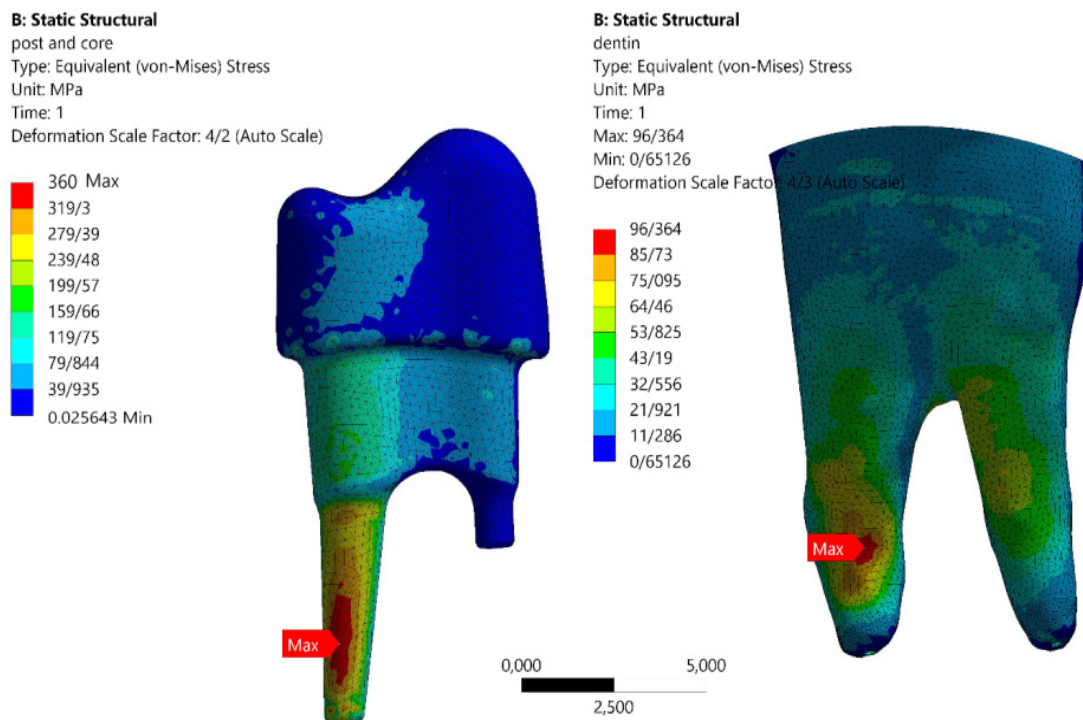
حالت	پست و کور - محوری	با فرول (مگاپاسکال)	بدون فرول (مگاپاسکال)
۱-ب	یک پارچه	۳۶۵/۰۵	۳۶۰
۲-ب	دو تکه	۳۴۴/۰۷	۳۵۳/۸۸

جدول ۶: بیشینه تنش فون مایز در پست و کور تحت بار مورب ۵۴ درجه ۰۰-۴ نیوتن.

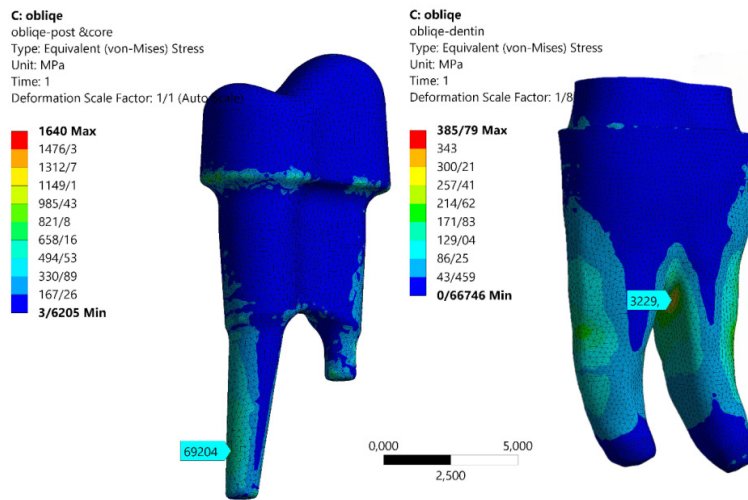
حالت	پست و کور - مورب	با فرول (مگاپاسکال)	بدون فرول (مگاپاسکال)
۳-ب	یک پارچه	۶۹۲/۰۴	۸۵۱/۲۵
۴-ب	دو تکه	۱۰۹۳/۳	۱۰۴۷/۹



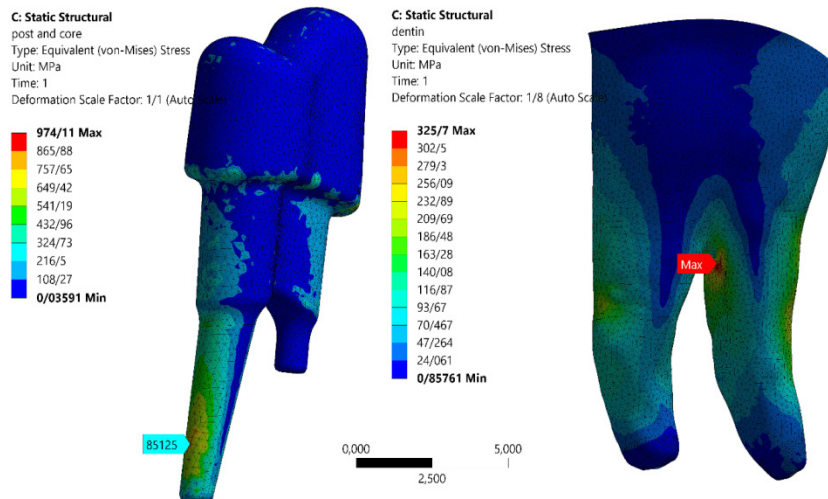
شکل ۵: پست و کور یکپارچه با فرول تحت بار محوری.



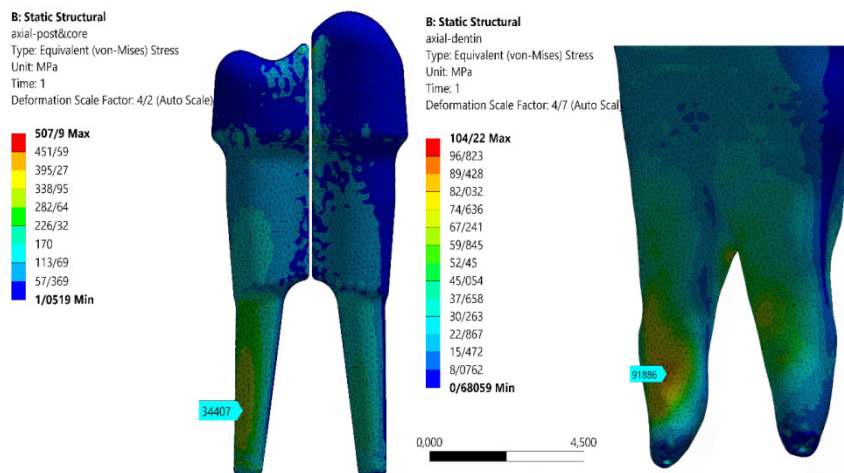
شکل ۶: پست و کور یک پارچه بدون فرول تحت بار محوری.



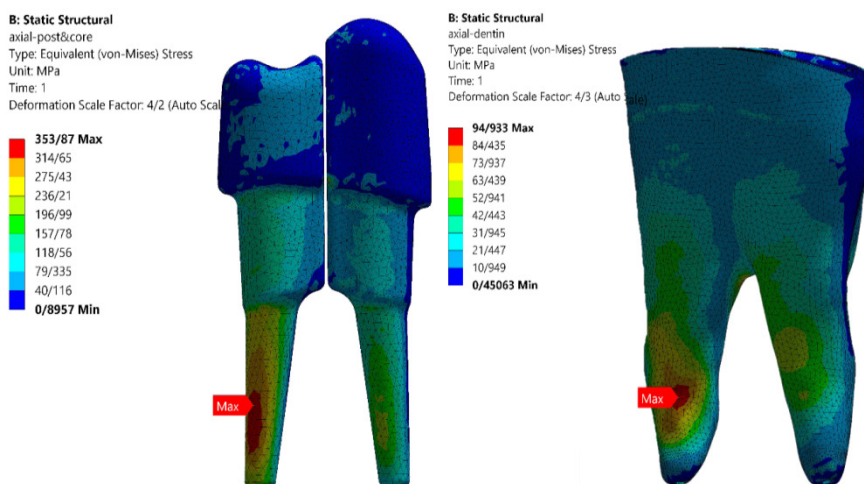
شکل ۷: پست و کور یک پارچه با فرول تحت بار مورب.



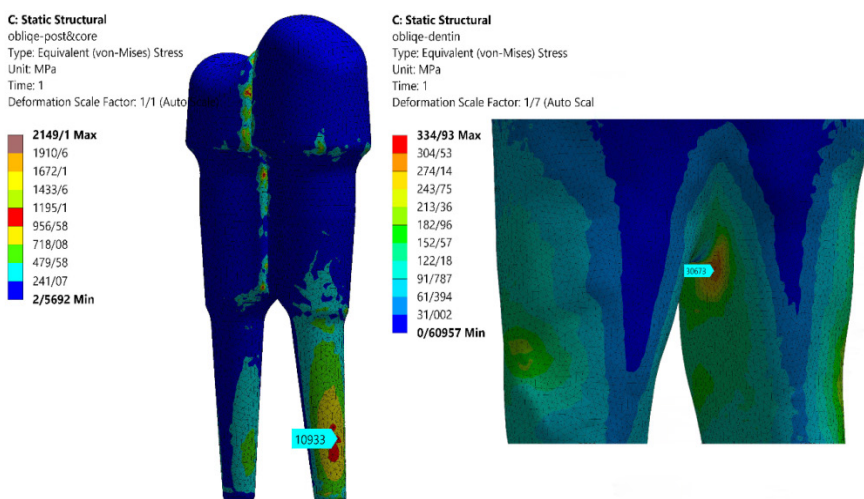
شکل ۸: پست و کور یک پارچه بدون فرول تحت بار مورب.



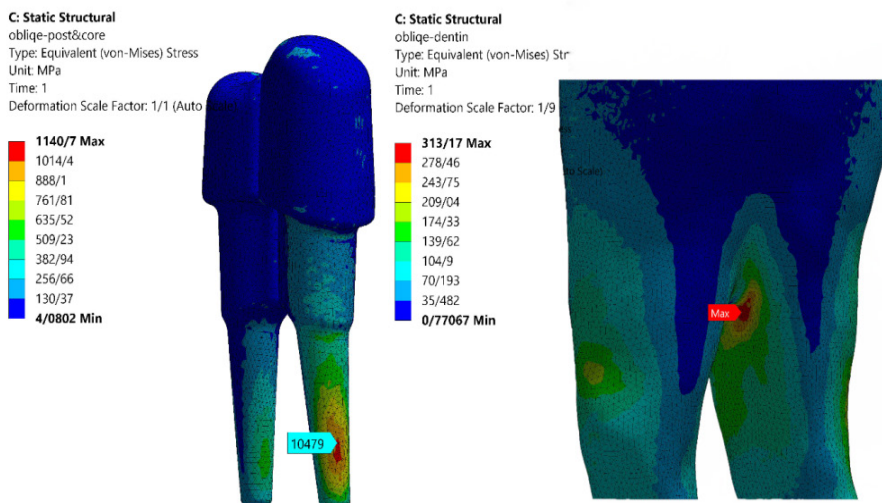
شکل ۹: پست و کور دوتکه با فرول تحت بار موری.



شکل ۱۰: پست و کور دوتکه بدون فرول تحت بار محوری.



شکل ۱۱: پست و کور دوتکه با فرول تحت بار مورب.



شکل ۱۲: پست و کور دوتکه بدون فرول تحت بار مورب.



بحث در نتایج

در این تحقیق سعی شده است که ابعاد مدل رایانه‌ای تهیه شده تا حد امکان معرف دندان واقعی باشد. احیا و بازسازی دندان به کمک پست و کور، یک سیستم چند جزیی و پیچیده است که توزیع تنش در آن به صورت چند محوری، غیر یکنواخت و وابسته به جهت و مقدار نیروی خارجی وارد بر دندان است. یک روش شناخته شده برای انجام محاسبات در چنین سیستم‌های پیچیده‌ای، روش اجزای محدود است که محققین را قادر به سنجیدن کمیت‌های مهمی نظیر تنش و کرنش می‌کند [۶]. از کانتورهای توزیع تنش فون‌مایز، مکان‌های بیشینه تنش فون‌مایز هر کانتور قابل مشاهده هستند. در کانتورها ناحیه‌های متمرکزی (مانند یک نقطه) وجود دارد که در آن‌ها بیشینه تنش به وجود آمده است. از آن‌جا که دلیل وقوع چنین حالتی نه بخاطر هندسه مدل، بلکه صرفاً به دلیل نحوه شبکه بندی است، لذا توپولوژی مدل ارائه شده در چندین نوبت اصلاح گردید تا توزیع تنش یکنواخت‌تری در مدل حاصل شود.

با توجه به داده‌های جداول ۴ تا ۴، مشخص می‌شود که استفاده از فرول باعث کاهش تنش در ریشه‌ها شده است. این نتیجه در تحقیقات مشابه انجام شده بر دندان‌های تک ریشه، به دست آمده است [۶، ۱۶]. دلیل این امر را می‌توان در چگونگی انتقال بار وارد شده از تاج به ریشه با توجه به حضور یا عدم حضور فرول دانست. در صورت عدم وجود فرول، بار اعمال شده به ریشه‌ها به صورت برشی و در سطح جدایش ریشه‌ها از تاج صورت گرفته است، در حالی که در صورت وجود فرول، بار به صورت فشاری و به دیواره مشرف به فرول به صورت گسترده اعمال می‌شود. نکته قابل توجه آن است که در برخی از حالت‌ها تنش بیشینه فون‌مایز در پست و کور پس از استفاده از فرول افزایش یافته است (حالت‌های ۱-ب و ۴-ب در جدول‌های ۳-۶). همانطور که در مطالعات هم آمده است، در دندان‌های تک ریشه چنانچه جنس پست و کور ریخته‌گری شده از آلیاژ نیکل-کروم باشد، استفاده از فرول در برخی حالات باعث افزایش تنش در پست و کور می‌شود [۶]. در حالی که دلیل استفاده از فرول، کاهش تنش در ریشه‌ها است. همچنین گزارش شده است که در برخی حالت‌ها در دندان‌های تک‌ریشه استفاده از فرول باعث می‌شود که بخش بیشتری از دندان تحت تنش قرار گیرد که این باعث ایجاد موقعیت مناسبی برای رشد ترک می‌شود [۱۷].

تحت هر دو بار محوری و مورب، میزان بیشینه تنش در ریشه‌ها در حالت دوتکه کمتر از حالت یک‌پارچه است. این نتیجه مستقل از وجود فرول است. برای مثال، میزان بیشینه تنش فون‌مایز در حالت دوتکه با فرول از حالت یک‌پارچه با فرول کمتر است. دلیل این امر کرنش بیشتر ریشه‌ها در حالت یک‌پارچه در مقایسه با حالت دوتکه است. چرا که در حالت دوتکه هر دو ریشه دارای پست هستند. بنابراین با توجه به قانون هوک، تنش در حالت یک‌پارچه بیشتر از حالت دوتکه خواهد بود.

در صورت اعمال بار مورب، تنش کمتری در پست و کور در حالت یک‌پارچه نسبت به حالت دوتکه رخ می‌دهد. برای مثال، اندازه تنش در پست و کور تحت بار مورب در حالت یک‌پارچه با فرول، کمتر از حالت دوتکه با فرول است. این به دلیل آن است که ضخامت کل پست و کور در حالت یک‌پارچه بیش از حالت دوتکه بوده و در نتیجه گشتاور دوم سطح در حالت یک‌پارچه بیش از حالت دوتکه است. این امر منجر به ایجاد تنش کمتر در حالت یک‌پارچه می‌شود.

با توجه به شکل‌های ۵ الی ۱۲، صرف نظر از یک‌پارچه یا دوتکه بودن پست و کور و وجود فرول، بیشینه تنش فون‌مایز در ریشه‌ها تحت بار مورب در محل جدایش ریشه‌ها و در سمت ریشه زیر بخش باکال و تحت بار محوری، در رویه ریشه زیر بخش پالاتال ایجاد می‌شود. همچنین، بیشینه تنش فون‌مایز در پست و کور تحت بار محوری، صرف نظر از یک‌پارچه یا دوتکه بودن پست و وجود فرول، در پست درون ریشه‌ی زیر بخش پالاتال ایجاد شده است. در صورت اعمال بار مورب و در حالت یک‌پارچه، این تنش در پست پالاتال رخ می‌دهد، در حالی که در حالت دوتکه این بیشینه تنش در پست زیر بخش باکال قرار دارد.



نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان نتایج زیر را بیان کرد:
فروپوش باعث کاهش تنش در ریشه‌ها می‌شود.
استفاده از فروپوش باعث کاهش تنش در پست و کور نمی‌شود.
تنش در ریشه‌ها در حالت پست و کور یک‌پارچه از پست و کور در حالت دوتکه بیشتر است.
تحت بار مورب در پست و کور، در حالت یک‌پارچه تنش کمتری نسبت به حالت دوتکه اتفاق می‌افتد.

مراجع

1. Walmsley, A. D., (2007), Restorative Dentistry, 2th ed. Elsevier Ltd.
2. Abduljabbar, T., Sherfudhin, H., Alsaleh, S. A., Al-helal, A. A., Al-orini, S. S., Al-aql, N. A., (2012), Fracture resistance of three post and core systems in endodontically treated teeth restored with all-ceramic crowns, King Saud Univ. J. Dent. Sci., 3(1), pp 33–38.
3. Dejak, B., Młotkowski, A., (2013), 3D-Finite element analysis of molars restored with endocrowns and posts during masticatory simulation, Dent. Mater., 29(10), pp 202–206.
4. H. T. Shillingburg, (2012), fundamentals of fixed prosthodontics, Fourth. Hanover: Quintessence Publishing Co.
5. Mahmoudi, M., Saidi, A. R., Amini, P., Hashemipour, M. A., (2017), Influence of inhomogeneous dental posts on stress distribution in tooth root and interfaces: Three-dimensional finite element analysis, J. Prosthet. Dent., 118(6), pp 742–751.
6. Upadhyaya, V., Bhargava, A., Parkash, H., (2016), Chittaranjan, B., Kumar, V., A finite element study of teeth restored with post and core : Effect of design, material, and ferrule, Dent. Res. J. (Isfahan), 13(3), pp 233–238.
7. Kainose, K. Nakajima, M., Foxton, R., Wakabayashi, N., Tagami, J., (2015), Stress distribution in root filled teeth restored with various post and core techniques: Effect of post length and crown height, Int. Endod. J., 48(11), pp 1023–1032.
8. Fokkinga, W. A., Kreulen, C. M., Le Bell-Rönnlöf, A. M., Lassila, L. V. J., Vallittu, P. K., Creugers, N. H. J., (2006), In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems, Eur. J. Oral Sci., 114(3), pp 250–256.
9. Bacchi, A., Caldas, R. A., Schmidt, D., Detoni, M., Souza, M. A., Cecchin, D., Farina, A. P., (2019), Fracture Strength and Stress Distribution in Premolars Restored with Cast Post-and-Cores or Glass-Fiber Posts Considering the Influence of Ferrule, BioMed Research Int, 2019.
10. Newman, M., Takei, H., Klokkevold, P., Carranza, F., (2006), Carranza's Clinical Periodontology, 10th ed. Elsevier Inc.
11. Nelson, S. J., (2014), Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion-e-book, Elsevier Health Sciences.
12. Sathyanarayana, H. P., Premkumar, S., Manjula, W. S., (2012), Assessment of maximum voluntary bite force in adults with normal occlusion and different types of malocclusions, J. Contemp. Dent. Pract., 13(4), pp 534–538.
13. Maceri, F., Martignoni, M., Vairo, G., (2007), Mechanical behaviour of endodontic



- restorations with multiple prefabricated posts: A finite-element approach, *J. Biomech.*, 40(11), pp 2386–2398.
14. Durmuş, G., Oyar, P., (2014), Effects of post core materials on stress distribution in the restoration of mandibular second premolars: A finite element analysis, *J. Prosthet. Dent.*, 112(3), pp547–554.
15. Ona, M., Wakabayashi, N., Yamazaki, T., Takaichi, A., Igarashi, Y., (2013), The influence of elastic modulus mismatch between tooth and post and core restorations on root fracture, *Int. Endod. J.*, 46(1), pp 47–52.
16. Sreedevi, S., Sanjeev, R., Raghavan, R., Abraham, A., Rajamani, T., Govind, G. K., (2015), An In Vitro Study on the Effects of Post-Core Design and Ferrule on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Maxillary Central Incisors., *J. Int. oral Heal. JIOH*, 7(8), pp 37–41.
17. Ichim, I., Kuzmanovic, D. V., Love, R. M., (2006), A finite element analysis of ferrule design on restoration resistance and distribution of stress within a root, *Int. Endod. J.*, 39(6), pp 443–452.