

بررسی اثر Bevel و زوایای لبه ای حفره در توزیع استرس ترمیمهای کامپوزیتی غیرمستقیم به روش آنالیز اجزای محدود

عبدالرحیم داوری^۱، علیرضا دانش کاظمی^{۲*}، رضا کارگر بداف^۳

^۱استاد گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دهان و دندان، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

^۲دانشیار گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دهان و دندان، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

^۳دندانپزشک، یزد، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۹۶/۹/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۶

Evaluation of the Effects of Cavity-Margin-Angles on Stress Distribution of Indirect Resin Composite Restorations with Finite Element Analysis

Abdolrahim Davari¹, Alireza Daneshkazemi^{2*}, Reza Kargarbedaf³

¹Professor, Department of Operative Dentistry, Social Determinant of Oral Health Research Center, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

²Associate Professor, Department of Operative Dentistry, Social Determinant of Oral Health Research Center School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

³Dentist, Yazd, Iran

Received: 8 December 2017; Accepted: 15 April 2018

Introduction: This study was performed to investigate the distribution of stress in indirect resin restorations of class II MOD cavities for obtaining the optimum wall angle and also the effect of axiopulpal angle bevel using 3D finite element analysis (FEA).

Material & Methods: A three-dimensional model of normal mandibular first molar and three class II cavity models with different wall angles were created. Also, all models were examined with axiopulpal angle bevel. The vertical occlusal force of 100 N was applied. The characteristics of all materials were defined as isotropic and elastic and, with the aid of a linear analysis; the distribution of stress and the maximum stress created in each model were obtained in mega-Pascal scale. T test was used for statistical of data.

Results: The maximum stress in the simulated normal tooth was 24.63 MPa. Distribution of stress indicates the accumulation of pressure in the center and the furcal region of the first molar, as well as the cusps in the occlusal region. In beveled model of 95-degree angle, maximum stress was 24.90 MPa with a decrease of 0.05 maximum stress compared to the non-beveled model. In the cutting angle of 97.5, the maximum stress was 24.85 in the no-bevel model to the maximum stress of 24.80 in the model compared with axiopulpal angle bevel, which showed achieved a decrease of 0.05 in the maximum stress. At the cutting angle of 100, the maximum stress of 25.30 was in the no-beveled model comparing to maximum stress of 25.20 in the model with axiopulpal angle bevel, which showed red action of MPA.

Conclusion: Considering the limitations of such software studies, it seems that according to the results, the best treatment result is at angle of 97.5. Axiopulpal angle bevel reduces the maximum stress in the restoration and reduces the chance of failure.

Keywords: Finite element analysis, Restoration, Indirect composite, Stress, Bevel.

*Corresponding Author: adaneshkazemi@yahoo.com

J Mash Dent Sch 2018; 42(3): 201-9.

چکیده

مقدمه: از روش آنالیز اجزای محدود می توان برای نحوه توزیع استرس در دندان استفاده نمود. این مطالعه برای بررسی توزیع استرس در ترمیمهای غیرمستقیم رزینی حفره های مختلف کلاس II برای بدست آوردن زاویه بهینه تراش دیواره و همچنین بررسی تاثیر بول زاویه آگزوپالپال با استفاده از آنالیز اجزای محدود سه بعدی انجام شد.

مواد و روشها: یک مدل سه بعدی مولر اول مندیبل سالم و سه مدل حفره کلاس II میوکلوزودیستال با زاویه تراش لبه ای مختلف ایجاد شدند. همچنین همه مدل های تراش با بول در زاویه آگزوپالپال بررسی شدند. استرسهای مختلف بر دندان مولر اول مندیبل که با زوایای

تراش دیواره مختلف در محیط نرم افزار شبیه سازی شده بود، وارد گردید. نیروی اکلوزالی عمودی ۱۰۰ نیوتن اعمال شد. خصوصیات تمام مواد ایزوتروپیک و الاستیک تعریف شد و با کمک یک تحلیل خطی استاتیک توزیع تنش و حداکثر استرس ایجاد شده در هر مدل بر حسب مگا پاسکال بدست آمد. داده‌ها با استفاده از شاخصهای توصیفی ارائه شد.

یافته ها: حداکثر استرس در دندان سالم شبیه سازی شده برابر ۲۴/۶۳ مگا پاسکال بود. توزیع تنش مشخص کننده تجمع فشار در مرکز و ناحیه فورکای دندان مولر اول مندیبل و همچنین در کاسپها در ناحیه اکلوزال بود. در مدل با بوول زاویه آگزیوپالپال با زاویه لبه‌ای تراش ۹۵ درجه، حداکثر استرس ۲۴/۹۰ مگا پاسکال بود که کاهش ۰/۰۵ استرس نسبت به مدل بدون بوول آگزیوپالپال را نشان داد. همچنین در زاویه تراش لبه‌ای ۹۷/۵ درجه، حداکثر استرس ۲۴/۸۵ مگا پاسکال در مدل بدون بوول به حداکثر استرس ۲۴/۸۰ مگا پاسکال در مدل با بوول رسید که سبب کاهش ۰/۰۵ استرس گردید. در زاویه لبه ای ۱۰۰ درجه، از حداکثر استرس ۲۵/۳۰ مگا پاسکال در مدل بدون بوول به حداکثر استرس ۲۵/۲۰ مگا پاسکال در مدل با بوول آگزیوپالپال رسید که باعث کاهش ۰/۱ مگا پاسکال استرس شد.

نتیجه گیری: با توجه به محدودیتهای این قبیل مطالعات نرم افزاری، بهترین نتیجه درمانی بدست آمده در تراش دیواره‌ها با زاویه خطی ۹۷/۵ درجه می باشد. همچنین بوول آگزیوپالپال باعث کاهش حداکثر استرس در ترمیم شده و احتمال شکست آن را کاهش می دهد.

کلمات کلیدی: آنالیز اجزای محدود، ترمیم، کامپوزیت غیر مستقیم، استرس، بول. مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۷ دوره ۴۲ / شماره ۳: ۹-۲۰۱.

مقدمه

شده تا ۶۵٪ و استحکام بیشتر دندانهای سالم گردد^(۲). در تحقیق دیگری این افزایش استحکام در حدود ۷۶٪^(۳) و در یک مطالعه دیگر این تقویت نسج برای پره مولرها تا میزان ۵۰٪ گزارش شد^(۴)

در روش ترمیم غیرمستقیم، پلیمریزاسیون رزین کامپوزیت در کوره آزمایشگاهی و در خارج از حفره دهان رخ می دهد و در نتیجه بدلیل مطلوب بودن شرایط، پلیمریزاسیون نسبت به حالت مستقیم کاملتر می باشد. بنابراین، ترمیم غیرمستقیم رزینی دارای خواص مکانیکی بهبود یافته است. با این حال، با توجه به مواد ترمیمی، معایب قابل توجهی نیز گزارش شده است. اول اینکه، عدم تشابه بین خواص مکانیکی مواد ترمیمی با بافت دندان وجود دارد. علاوه بر این، فشار اکلوزالی در ترمیم کلاس II منجر به توزیع مساوی فشار شکننده و الگوی استرس همگن نمی شود.^(۵) پیچیدگی هندسی، رفتار پیچیده ماده و شرایط مرزی موجود در نسج واقعی دندان، رسیدن به حل دقیق نحوه توزیع استرس در بافت دندانی را با دشواری روبرو ساخته است.

تعمیم تحقیقات در این زمینه به دلیل محدودیتهای اخلاقی کار بر روی دندانهای انسان و حیوان و هزینه بر

در سالهای گذشته پیشرفتهای در زمینه باند کامپوزیت به دندان چشمگیر بوده است و بدلیل زیبایی، استفاده از آنها هم در دندانهای قدامی و خلفی چشمگیر است. کامپوزیت رزینها به صورت گسترده‌ای در ترمیمهای غیرمستقیم به ویژه در کلاس دو به صورت مزو اکلوزودیستالی (MOD) به کار می روند. از طرفی رویکرد استفاده از ترمیمهای غیرمستقیم کامپوزیتی می تواند باعث جلوگیری از مشکلاتی نظیر انقباض حین پلیمریزاسیون شود که خود یکی از دلایل اصلی ایجاد ریزش در ترمیمهای کامپوزیت مستقیم می باشد. همچنین تحت تاثیر فاکتورهایی مانند ویژگیهای مواد حفره (فاکتور C)، اندازه حفره، وجود یا عدم وجود مینا در زوایای مرزی، کیفیت عاج و مورفولوژی و محل قرارگیری حفره می باشد^(۱)

در سالهای اخیر تقاضا برای ترمیمهای غیرفلزی رشد قابل توجهی داشته است. راهکارهای متنوع برای کاهش یا حذف استرس وارده بر دندان درمان ریشه شده به کار گرفته می شود. یک مطالعه نشان داد که ترمیم کامپوزیت می تواند باعث تقویت نسج باقیمانده دندان درمان ریشه

مؤثرترند. نتایج نهایی کلیه مدل‌های اجزاء محدود، تعیین میزان استرس‌های نرمال و استرس‌های برشی پخش شده روی ساختارهای تحت اعمال بار می‌باشد. معیار شکست بوسیله استرس معادل فون میز سنجیده می‌شود^(۸) با توجه به همه موارد گفته شده، هدف از انجام این مطالعه، بررسی اثر زوایای مختلف تراش حفره در توزیع استرس در ترمیم‌های کلاس II کامپوزیتی غیرمستقیم به روش آنالیز اجزای محدود سه بعدی بود.

مواد و روشها

مطالعه حاضر از نوع آزمایشگاهی و آنالیز اجزای محدود سه بعدی بود. استرس‌های مختلف بر یک دندان مولر اول مندیبل با زوایای تراش دیواره مختلف که در محیط نرم‌افزار شبیه‌سازی شده، وارد گردیده است. با توجه به اینکه نمونه در رایانه شبیه‌سازی شد، نیازی به تعیین حجم نمونه نبود. داده‌ها با استفاده از شاخص‌های توصیفی ارائه شد.

در این پژوهش برای به دست آوردن نقشه سه بعدی دندان مورد نظر ابتدا دندان مولر اول مندیبول واقعی انسان تهیه و سپس با استفاده از اسکنر سه بعدی با دقت ۰/۸ میلیمتر ابرنقاط سطح دندان به دست آمد، سپس به کمک نرم افزار CATIA این ابرنقاط که مجموعه نقاطی با مختصات مشخص است، به هم متصل شده و سطوح بیرونی دندان شکل داده شدند و با اتصال این سطوح به یکدیگر مدل سه بعدی دندان ایجاد شد.

سپس مدل‌سازی با کمک تصاویر دندان از زوایا و ابعاد مختلف با استفاده از اطلس wheeler انجام شد. این کار توسط نرم افزار SRAC-USA Premium 2017 (SolidWorks SP4.0 x86 x64) انجام گردید. اندازه باکولینگوال ۱۰/۵ میلیمتر و اندازه مزیدیستال ۱۲/۴ میلیمتر بود. همچنین جهت بهبود آنالیز و محدود کردن

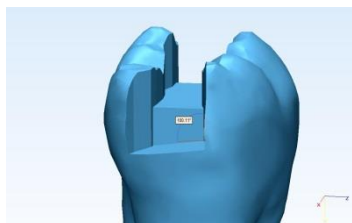
بودن آن دشوار می‌باشد. همچنین جمع‌آوری دندان‌های طبیعی استاندارد برای شبیه‌سازی زمان‌بر بوده و نیاز به معیارهای ورود و خروج خاصی دارد^(۹). استفاده از راه‌حلهای تقریبی قابل قبول که در زمان محدود بدست می‌آید اجتناب‌ناپذیر است. روش اجزای محدود یکی از این انتخابها است. روش اجزای محدود یک روش عادی برای رسیدن به حل تقریبی در بسیاری از مسائل فیزیکی و مهندسی پزشکی است که رفتار حاکم بر آنها توسط یک معادله دیفرانسیل بیان می‌شود. در این روش از توابع پیوسته چند تکه‌ای و هموار برای تقریب کمیت مجهول مورد نظر سود برده می‌شود. هدف اصلی در روش اجزای محدود، یافتن حل یک مسئله پیچیده از طریق جایگزینی آن با یک مدل ساده تر است^(۷)

مدل اجزاء محدود با تکیه بر خصوصیتی از مواد انجام می‌گیرد که یا آنها را (ایزوتروپیک) دارای خصوصیات مشابه یا (غیرایزوتروپیک) دارای خصوصیات متفاوت در نظر می‌گیرد. تمام مواد زیستی، غیرایزوتروپیک هستند، اما جهت ساده‌تر شدن محاسبات، ایزوتروپیک یا ارتوتروپیک (دارای خصوصیات متفاوت در طول سه محور Z,Y,X) در نظر گرفته می‌شوند. مدول الاستیسیته، نسبت پواسون (میزان استرس در جهت جانبی نسبت به جهت محوری هنگامی که شی تحت نیروهای کششی قرار می‌گیرد) و استحکام تسلیم برای مواد اعمال می‌شود. سپس آنالیز به صورت خطی و استاتیک یا به صورت غیرخطی، بسته به نحوه تخصیص خصوصیات فیزیکی مناسب به بخشهای مختلف جسم، انجام می‌شود. سیستم خطی پیچیدگی کمتری داشته و در تعیین تغییر شکل‌های الاستیک مؤثرتر است. بسیاری از سیستم‌های غیرخطی قابلیت تست مواد در تمام مسیرهای منتهی به شکستگی را داشته و در تعیین تغییر شکل‌های پلاستیک

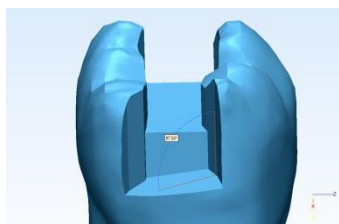
همچنین ضخامت مینا از $2/3$ میلیمتر در نوک کاسیها تا صفر در CEJ در نظر گرفته شد. زوایای لبه ای 95 ، $97/5$ و 100 درجه و مدل بول شده دیواره پالپال نیز شبیه سازی شد. ترمیم شامل کامپوزیت غیرمستقیم و همچنین سمان آن شبیه سازی گردید. (تصاویر ۲ تا ۶) نمایانگر مدل های طراحی شده با زوایای مختلف تراش هستند.



تصویر ۲. نمای شماتیک طراحی زاویه تراش و لایه های مدل شبیه سازی شده

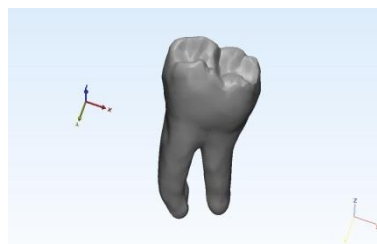


تصویر ۳. مدل شبیه سازی شده با زاویه تراش 100 درجه



تصویر ۴. مدل شبیه سازی شده با زاویه تراش $97/5$ درجه

آن به تاج دندانی که مورد مطالعه ما بود، طول سرویکواکلوزالی دندان $7/8$ میلیمتر در نظر گرفته شد. ضمناً توزیع استرس فقط در تاج دندان مورد مطالعه قرار گرفت. (تصویر ۱)



تصویر ۱. تصویر مدل شبیه سازی شده دندان سالم مولر اول مندیبل در محیط نرم افزار

همچنین ساختار دندانی به تفکیک طراحی شد که شامل مینا و عاج بود. خصوصیات مواد مدل سازی شده در (جدول ۱) آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات مواد مدل سازی شده

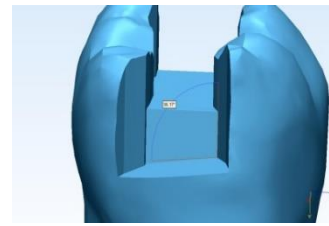
ماده تشکیل دهنده	ضریب پواسون	مدول یانگ (GPa)
مینا	$0/3$	80
عاج	$0/31$	18
کامپوزیت رزین (Filtek Z350 XT)	$0/24$	25
سمان (MetaCem)	$0/3$	6

تراش حفره کلاس II به صورت MOD بر روی دندان با زوایای مختلف تباعد دیواره های باکال و لینگوال دندان طراحی و شبیه سازی شد. عرض حفره برابر $2/3$ (دو سوم) فاصله بین کاسپی در نظر گرفته شد.

اکلوزال به صورت فشار و همگن و تکیه‌گاه دندان در مقطع سرویکال به صورت ایزومتریک و بدون پارامتر و صلب طراحی شد. توزیع استرس ایجاد شده به کمک نرم‌افزار Dassault Systèmes Société Abaqus CAE (Anonyme, France) پس از طراحی مش مدل و حذف پیکسل‌های خراب با دقت ۹۵٪ به کمک آمار توصیفی و فلودیاگرامها سنجیده شد.

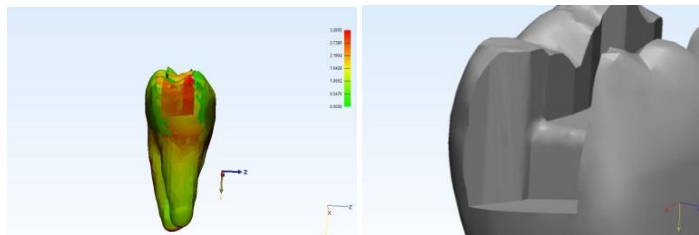
یافته‌ها

نتایج تحلیل استرس بر روی دندان مولر اول مندیبل ترمیم شده با و بدون بول در تصاویر ۶ و ۷ آمده است.

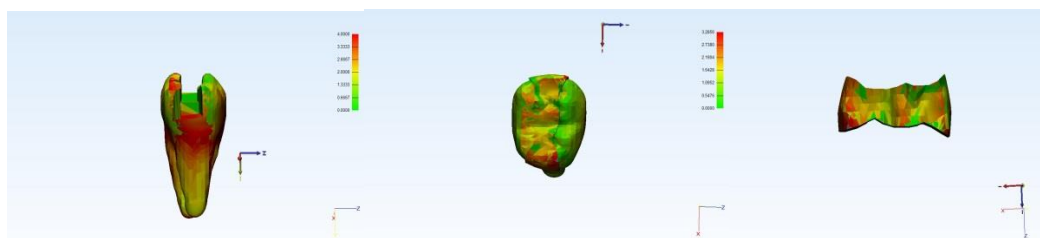


تصویر ۵. مدل شبیه‌سازی شده با زاویه تراش ۹۵ درجه

با توجه به مطالعه مشابه^(۹) نیروی استاندارد آستانه شکست دندان مولر مندیبل برابر ۱۰۰ نیوتون بر روی مدل‌های طراحی شده شبیه‌سازی شد. تکیه‌گاه نیروی سطح



تصویر ۶. الف) مدل تراش بول خورده در ناحیه آگزیوپالپال (ب) نتایج تحلیل استرس برای فشار وارد شده در مدل‌های ترمیم شده بدون بول



تصویر ۷. نتایج تحلیل استرس برای فشار وارد شده در مدل‌های ترمیم شده همراه با بول در زاویه آگزیوپالپال در نماهای مختلف

استرس مدل‌های شبیه‌سازی شده به صورت عددی از خروجی نرم‌افزار بدست آمد که در (جدول ۲) نشان داده شده است.

همچنین آنالیز مدل‌ها در دندان مولر اول مندیبل سالم و همچنین تراش خورده با زوایای دیواره عمودی ۹۵ و ۹۷/۵ و ۱۰۰ درجه با و بدون بول و میزان حداکثر

جدول ۲. نتایج حاصل از آنالیز مدلها و جزئیات تحلیل

مدل	زاویه تقارب دیوارهای طرفی با کف حفره تراش	مدولوس یانگ (Young Modulus)	تعداد المتهتا	استرس حداکثر برحسب مگا پاسکال در دندان
دندان سالم	-	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۴۵۶۰۷۱	۲۴/۶۳
بدون بوول آگزوپالپال	۹۵ درجه	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۴۷۴۱۲۵	۲۴/۹۵
بدون بوول آگزوپالپال	۹۷/۵ درجه	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۵۰۰۲۲۱	۲۴/۸۵
بدون بوول آگزوپالپال	۱۰۰ درجه	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۵۰۲۷۵۳	۲۵/۳۰
با بوول آگزوپالپال	۹۵ درجه	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۴۷۹۳۱۲	۲۴/۹
با بوول آگزوپالپال	۹۷/۵ درجه	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۵۰۲۵۴۵	۲۴
با بوول آگزوپالپال	۱۰۰ درجه	۱۸۰۰۰ / ۱۸۰۰۰۰	۵۰۳۸۹۹	۲۵

بحث

مناسب فرض می‌شود. با سوار نمودن این اجزاء شرایط تعادل کلی سیستم (مانند بافت دندان) استخراج می‌شود. با ارضای این شرایط جواب تقریبی برای کمیت مورد نظر بدست می‌آید^(۱۲). این مطالعه با هدف بررسی اثرات زوایای مختلف تراش لبه‌ای در دیواره های عمودی حفره دندان مولر مندیبل در دندان سالم و تراش خورده سه سطحی به منظور جایگزینی با کامپوزیت غیرمستقیم و نحوه توزیع استرس در آن به روش آنالیز اجزای محدود انجام شد. مطالعات مختلفی به منظور دستیابی به بهترین پروتکل درمانی برای دندانها انجام شده‌اند که روشهای مختلف درمانی و مواد مختلف را مورد بررسی قرار داده‌اند.

در مطالعه Dejak و همکاران^(۱۳) که به منظور مقایسه تنش در کامپوزیت غیرمستقیم با ترمیمهای مستقیم انجام شد، اینگونه نتیجه‌گیری شد که تنش معادل در ساختار دندان ترمیم شده با کامپوزیت غیرمستقیم کمتر از دندانهای با ترمیمهای کامپوزیتی مستقیم است. دندانها با ترمیمهای غیرمستقیم به طور بالقوه در مقایسه با ترمیمهای مستقیم کمتر در معرض آسیب قرار داشتند.

نوع و روش ترمیم نقش بسیار مهمی در تعیین میزان موفقیت دندان ترمیم شده دارد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که روش ترمیمی ایده آل باعث افزایش مقاومت به شکست بافت باقیمانده دندانی بعد از درمان می‌شود^(۱۰) در این مطالعه میزان توزیع استرس در دندانهای مولر اول مندیبول ترمیم شده، مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بررسی و آنالیز نیروهای وارده بر سیستم دندانی روشهای متعددی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از این روشها آنالیز اجزاء محدود است. استفاده از آنالیز اجزاء محدود فواید بسیاری نسبت به سایر روشها در شبیه‌سازی شرایط کلینیکی پیچیده دارد، هرچند به دلیل خاصیت ساده سازی ذاتی این روش، باید تمرکز عمدتاً بر روی نتایج کیفی باشد تا نتایج کمی و عددی^(۱۱)

در روش اجزای محدود ناحیه بافتی مورد نظر بصورت یک مجموعه‌ای از زیر ناحیه های کوچک متصل بهم بنام المان و یا اجزای محدود در نظر گرفته می‌شود. در ادامه برای هر قطعه بافت یک حل تقریبی

دو زاویه دیگر حداکثر استرس کمتری را داشت. توزیع تنش در دندانهای ترمیم شده علاوه بر فورکا مشابه با دندان سالم به سمت لبه‌های ترمیم در قسمت تراش خورده دندان متمایل بود. این توزیع اهمیت طراحی حفره ترمیم بهینه و همچنین استفاده از مواد ترمیمی با توانایی تحمل حداکثر استرس بالا را نشان می‌دهد.

در مطالعه Ausiello و همکاران^(۱۵)، به منظور بررسی، تاثیر ترمیم‌های کلاس II (MOD) و شکل‌های مختلف تراش حفره بر توزیع تنش و کرنش در ترمیم‌های غیرمستقیم چسبنده، با استفاده از آنالیز اجزاء محدود، یک مدل سه بعدی از دندان مولر پایین سالم و سه ترمیم کلاس II MOD با شکل‌های مختلف ایجاد شد. برای شبیه سازی اثر پلیمریزاسیون انقباض، که اساساً به لایه سمان کامپوزیت نازک محدود می‌شود، عناصر پوسته به کار گرفته شد و رویکرد انبساط حرارتی استفاده شد. یک بار اکلوزالی عمودی ۶۰۰ N، استفاده شد در حالیکه ثابت صفر جابجایی در سطوح برش زیر شکاف در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که سفتی غذا تاثیر کمی بر توزیع تنش در دندان ترمیمی و سالم داشت. همچنین دندانهای ترمیم شده به طور بالقوه استعداد ابتلا به آسیب بیشتری داشتند که این مساله در زاویه‌های تراش لبه ای دیواره بالاتر از ۹۵ درجه بیشتر بود.

نتایج مطالعه ما مشابه با مطالعه ذکر شده بود، اما بهترین زاویه تراش در مطالعه حاضر در زاویه ۹۷/۵ درجه بدست آمد.

توزیع تنش در مدل سالم از گروه‌های بازسازی متفاوت بود. به دلیل تعداد کمی از رابطه‌ای موجود در دندان طبیعی، بار بطور مساوی در کنار مینا و عاج توزیع گردید و بدون غلظت شدید استرس کاملاً جذب شوک از مدل دندان صحیح را تأیید می‌کند. به طور خاص،

Jeong و همکاران^(۱۴) تاثیر انواع ترمیم‌های دندانی بر توزیع استرس در دندانهای پرمولر درمان ریشه شده ماگزیلا را بررسی کردند. حفرات دسترسی بعد از درمان ریشه با آمالگام، رزین، سرامیک و طلا ترمیم شده و نیروی ۵۰۰N روی کاسپهای باکال و لینگوال، همچنین نیرویی معادل ۱۷۰N روی مارژینال ریج مزیالی و کاسپ پالاتالی بصورت همزمان اعمال شد و به روش آنالیز اجزاء محدود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از بررسی نتایج، تفاوتی در بزرگی میزان استرس در رابطه با انواع مواد ترمیمی مشاهده نشد.

نتایج این مطالعه با مشاهدات سایر پژوهشگران تطابق داشت و می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که در شرایط یکسان، مواد مختلف تفاوتی در مقاومت دندان ترمیم شده ایجاد نمی‌کنند. با این حال مطالعات دیگر، خصوصیات حفره ترمیم را فاکتور مهمتری برای پیش‌بینی مقاومت دندان درمان شده می‌دانند.

در مطالعه حاضر زوایای تراش مختلف دیواره و همچنین بول زاویه آگزیوپالپال مورد بررسی قرار گرفت. حداکثر استرس در دندان سالم شبیه‌سازی شده برابر ۲۴/۶۳ مگاپاسکال بود. توزیع تنش مشخص‌کننده تجمع فشار در مرکز و ناحیه فورکای دندان مولر اول مندیبل و همچنین در کاسپها در ناحیه اکلوزال بود. حداکثر استرس در دندان ترمیم شده با زاویه تراش دیواره ای ۹۵ درجه، ۲۴/۹۵ مگاپاسکال و در زوایای ۹۷/۵ و ۱۰۰ درجه به ترتیب ۲۴/۸۵ و ۲۵/۳۰ مگاپاسکال بود. اما بررسی تفاوت عددی این نتایج نشان می‌دهد که به طور کل دندان ترمیم شده حداکثر استرس بیشتری را تحمل می‌کند و مستعد شکست می‌شود. از سویی در زوایای مختلف تراش دیواره با توجه به نزدیکی نتایج برای زوایای مختلف، زاویه تراش ۹۷/۵ درجه نسبت به

مؤید این فرضیه بودند که بوول زاویه آگزیوپالپال با کاهش حداکثر استرس در حفظ سلامت ترمیم موثر خواهد بود. این نتایج نشان می دهد که بطور کل دندان ترمیم شده ماکزیمم استرس بیشتری را نسبت به دندان سالم تحمل می کند و مستعد شکست می شود. از سویی در زوایای مختلف تراش دیواره با توجه به نزدیکی نتایج برای زوایای مختلف، زاویه خطی تراش ۹۷/۵ نسبت به دو زاویه دیگر حداکثر استرس کمتری را ایجاد می کند.

نتیجه گیری

با توجه به محدودیتهای این قبیل مطالعات نرم افزاری، به نظر می رسد حداقل استرس در تراش لبه ای دیوارهها با زاویه ۹۷/۵ درجه ای بدست می آید. همچنین بوول آگزیوپالپال باعث کاهش حداکثر استرس در ترمیم شده و احتمال شکست آن را کاهش می دهد. مسلماً برای تایید نتایج چنین مطالعاتی نیاز به مطالعات کلینیکی طولانی مدت می باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل از پایان نامه تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به شماره ثبت ۵۵۷۶ می باشد که بدینوسیله قدردانی می گردد.

تنشهایی که از دندان سالم بدست می آید، دارای رفتار کاملاً یکنواخت است. در عوض، نوسانات شدید در دندانهای درمان شده مشاهده شد. همه اینها می تواند مربوط به زاویه حاشیه حفره در سیستم بازسازی شده باشد. بوول آگزیوپالپال به طور شایع در ترمیمهای کلاس دو آمالگام به کار می روند که باعث جلوگیری از شکست ترمیم و کاهش استرس وارده بر دندان و ترمیم میشود^(۱۶) در مطالعه حاضر نقش بوول بر روی ترمیمهای کامپوزیت غیرمستقیم مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج در مدل های شبیه سازی شده با بوول زاویه آگزیوپالپال در مدل های مختلف حاکی از کاهش استرس در مجموع مدلهاست. به صورت تکی در مدل با بوول زاویه آگزیوپالپال با زاویه لبه ای تراش ۹۵ درجه حداکثر استرس ۲۴/۹۰ مگاپاسکال بود که کاهش ۰/۰۵ استرس نسبت به مدل بدون بوول آگزیوپالپال را نشان داد. همچنین در زاویه تراش لبه ای ۹۷/۵ درجه، از حداکثر استرس ۲۴/۸۵ مگاپاسکال در مدل بدون بوول، به حداکثر استرس ۲۴/۸۰ در مدل با بوول رسید. در زاویه لبه ای ۱۰۰ درجه از حداکثر استرس ۲۵/۳۰ مگاپاسکال در مدل بدون بوول، به حداکثر استرس ۲۵/۲۰ مگاپاسکال در مدل با بوول آگزیوپالپال رسید. نتایج بدست آمده

منابع

1. Scotti N, Scansetti M, Rota R, Pera F, Pasqualini D, Berutti E. The effect of the post length and cusp coverage on the cycling and static load of endodontically treated maxillary premolars. Clin Oral Investig 2011; 15(6):923-9.
2. Ausiello P, Ciaramella S, Fabianelli A, Gloriad A, Martorelli M, Lanzotti A, et al. Mechanical behaviors of bulk direct composite versus block composite and lithium disilicate indirect Class II restorations by CAD-FEM modeling. Dent Mater 2017; 33(6):690-701.
3. Oskoe PA, Ajami AA, Navimipour EJ, Oskoe SS, Sadjadi J. The effect of three composite fiber insertion techniques on fracture resistance of root-filled teeth. J Endod 2009; 35(3):413-6.

4. Mei ML, Chen YM, Li H, Chu CH. Influence of the indirect restoration design on the fracture resistance: a finite element study. *Biomed Eng Online* 2016; 15:3.
5. Sengun A, Cobankara FK, Orucoglu H. Effect of a new restoration technique on fracture resistance of endodontically treated teeth. *Dent Traumatol* 2008; 24(2):214-9.
6. Ingraham R. The application of sound biomechanical principles in the design of inlay, amalgam and gold foil restorations. *J Am Dent Assoc* 1950; 40(4):402-13.
7. Cobankara FK, Unlu N, Cetin AR, Ozkan HB. The effect of different restoration techniques on the fracture resistance of endodontically-treated molars. *Oper Dent* 2008; 33(5):526-33.
8. Calheiros FC, Pfeifer CS, Brandão LL, Agra CM, Ballester RY. Flexural properties of resin composites: influence of specimen dimensions and storage conditions. *Dent Mater J* 2013; 32(2):228-32.
9. Yikilgan I, Bala O. How can stress be controlled in endodontically treated teeth? A 3D finite element analysis. *ScientificWorldJournal* 2013; 2013:426134.
10. Rodrigues FB, Paranhos MP, Spohr AM, Oshima HM, Carlini B, Burnett LH Jr. Fracture resistance of root filled molar teeth restored with glass fibre bundles. *Int Endod J* 2010; 43(5):356-62.
11. Hughes TJ. *The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis*. 1st ed. Mineola, NewYork: Dover Publications, Inc; 2012. P. 363-9.
12. Jiang W, Bo H, Yongchun G, LongXing N. Stress distribution in molars restored with inlays or onlays with or without endodontic treatment: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2010; 103(1):6-12.
13. Dejak B, Mlotkowski A. A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. *Dent Mater* 2015; 31(3):e77-87.
14. Jeong GM, Sung SJ, Lee KJ, Chun YS, Mo SS. Finite-element investigation of the center of resistance of the maxillary dentition. *Korean J Orthod* 2009; 39(2):83-94.
15. Ausiello P, Ciaramella S, Garcia-Godoy F, Gloria A, Lanzotti A, Maietta S, et al. The effects of cavity-margin-angles and bolus stiffness on the mechanical behavior of indirect resin composite class II restorations. *Dent Mater* 2017; 33(1):e39-47.