

## بررسی اثر طرح تراش بر توزیع تنش وارد بر روکش سانترال بالا به روش المان محدود

دکتر محمد امامیه\* - دکتر مانا جمالی به\*\*

\*دانشیار گروه آموزشی پروتز ثابت و اکلوزن دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران  
\*\*دندانپزشک

**Title:** A Study of Stress Distribution on Four Designs of Maxillary Central Crown by Means of Finite Element Analysis

**Authors:** Emamieh M. Associate Professor\*, Jamali-e- Beh M. Dentist

**Address:** \*Dept. of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

**Abstract:** During last three decade, the use of finite element method have received a keen interest through dental scientists and investigators especially orthodontics, prosthodontics, and restorative dentistry. The purpose of this study was to compare shear stress distribution in four designs of maxillary central ceramometal crown. Four different models of maxillary central crown were designed. Models were divided into 51 elements, which made 61 nodes. A load of 200 N was applied at two angles of 45° and 20° Supper Sap software was used for analyzing the shear stress distribution. The results indicated that higher shear stress was developed in the cervical area compared to incisal edge and middle portion of crowns. Also results of this study showed that distribution of shear stress in the cervical portion of the 135-shoulder preparation is milder than other finish lines preparation.

**Key words:** Finite element- Ceramometal crown- Finish line preparation

*Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 13, No:2, 2000)*

### چکیده

در طول سه دهه اخیر روش المان محدود در تحقیقات دندانپزشکی بخصوص در رشته‌هایی مانند ارتدنتسی، ایمپلنت، پروتز پارسیل، ترمیمی و پروتز ثابت جایگاه ویژه‌ای یافته است. هدف از این مطالعه بررسی توزیع تنش برشی (Shear Stress) روکش سرامومتال دندان سانترال بالا که با تراشهای مختلف شولدر بول، چمفر، شولدر و شولدر ۱۳۵ درجه طراحی شده بودند، به روش المان محدود بود. به همین منظور چهار مدل روکش دندان سانترال بالا طراحی گردید. مدل‌ها به ۵۱ المان به نحوی تقسیم شدند که ۶۱ گره را تشکیل دادند. نیروی ۲۰۰ نیوتن با دو راستای ۴۵ و ۲۰ درجه نسبت به محور طولی دندان اعمال گردید و از نرم‌افزار Supper Sap جهت تحلیل تنش استفاده گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که در هر چهار تراش، المان‌های پرسنی ناحیه طوق تنش بیشتری را در مقایسه با لبه انسیزالی و قسمت میانی روکش تحمل می‌کنند؛ همچنین تنش برشی در بیشتر المان‌های پرسنی ناحیه لینگوال از المان‌های باکالی بیشتر است. با بررسی یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که توزیع تنش در تراش شولدر ۱۳۵ درجه، بخصوص در ناحیه طوق، مناسبتر از سایر تراشها است.

کلید واژه‌ها: المان محدود- روکش سرامومتال- خط خاتمه تراش

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۳، شماره دوم، سال ۱۳۷۹)

## مقدمه

بررسی تنش و توزیع آن در مواد، همواره از روشهای ساده امکان پذیر نیست. در بیشتر موارد تحلیل تنش نیز به دلیل شکل و طراحی جسم، ترکیبات و ناهمجنس بودن قسمتهای مختلف آن و همچنین پیچیدگی جهات اعمال نیرو، به آسانی مقدور نیست. روش المان محدود با استفاده از رایانه امکان انجام محاسبات پیچیده ریاضی جهت تحلیل نیروها و تنش ایجادشده را فراهم می‌سازد. مزایای استفاده از این روش عبارتند از:

۱- امکان بررسی اشکال نامنظم و پیچیده (۱)

۲- عدم محدودیت در بکارگیری اندازه مشخصی از اجزا (۲)

۳- سهولت بررسی مواد غیرهموزن و غیرمتجانس

۴- بررسی دقیق تنش‌های به‌وجود آمده (۳، ۴)

۵- بدون خطر بودن و هزینه پایین آن

مطالعات زیادی جهت یافتن بهترین طرح تراش در روکش‌های دندانی انجام شده است. مطالعه Anusavice و همکاران نشان داد که در انواع مختلف کراون با ضخامتهای مختلف کپینگ (Copping) و نیز استفاده از آلیاژهای مختلف تفاوت عمده‌ای در میزان تنش ایجادشده مشاهده نمی‌شود (۵). مطالعه Ebrashi و همکاران با روش فتوالاستیک نشان داد شولدر با زاویه گردشده و چمفر حداقل تمرکز تنش را دارند و شولدر بول و Knife-Edge حداکثر تمرکز تنش را ایجاد می‌کنند (۶، ۷). Faucher و همکاران در سال ۱۹۸۰ اعوجاج (Distortion) سه نوع تراش شولدر، شولدر بول و چمفر روکشهای PFM را بررسی کردند و یادآور شدند که شولدر و شولدر بول تغییر شکل مارجین کمتری نسبت به چمفر دارند (۸).

هدف از این مطالعه بررسی توزیع تنش برشی در چهار نوع طرح تراش شولدر بول، شولدر، چمفر و شولدر ۱۳۵ درجه در روکش سرامومتال سانترال بالا با استفاده از آنالیز المان محدود است.

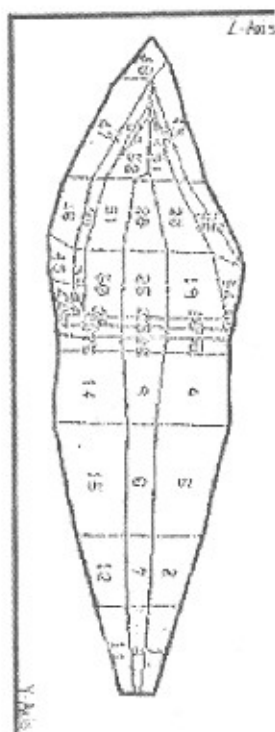
## روش بررسی

با در نظر گرفتن ملاحظات آناتومیکی که در کتب و مقالات مرجع ذکر شده است (۹، ۱۰، ۱۱) مدل دندان سانترال بالا توسط رایانه طراحی شد. جدول شماره ۱ مشخصات در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد.

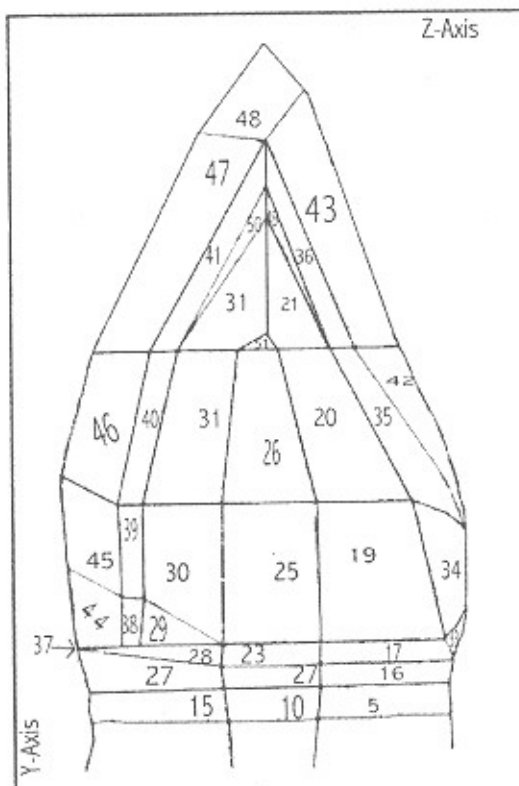
جدول شماره ۱- مشخصات آناتومیکی دندان سانترال بالا

اندازه (میلی‌متر)	شاخص آناتومیکی
۱۰/۵	طول تاج
۱۳	طول ریشه
۸/۵	عرض مزبودیستال تاج
۷	عرض مزبودیستال تاج در ناحیه طوق
۷	عرض لیبولینگوال تاج
۶	عرض لیبولینگوال تاج در ناحیه طوق
۳/۵	انحنای طوق در مزبال
۲/۵	انحنای طوق در دیستال
۶/۴	پهنای ریشه در طوق
۶/۴	قطر لیبولینگوال ریشه در طوق

در این بررسی ضخامت لیگامان پیوندت برابر  $0.1 \pm 0.25$  در نظر گرفته شد (۱۲، ۱۳، ۱۴). با در نظر گرفتن شرایط مناسب یک روکش Porcelain Fused to Metal (PFM) و طرح تراشهای مختلف شولدر پرسنل Full Facial Porcelain (FFP)، شولدر بول، چمفر و شولدر ۱۳۵ درجه (۱۵، ۱۶) طراحی این چهار نوع تراش بر روی مدل دندان انجام شد. در این بررسی فلز کپینگ از آلیاژ پالادیوم- نقره انتخاب شد. ضرایب پواسون و مدول



تصویر شماره ۱- نمای کلی المان بندی دندان



تصویر شماره ۲- المان بندی تاج در تراش شولدر

الاستیک قسمتهای مختلف کراون، دندان، استخوان آئوتول و لیگامان پیوندت که برای آنالیز المان محدود لازم است با توجه به کتب مرجع و مقالات مختلف، انتخاب و اطلاعات مذکور وارد رایانه شد (۱۷، ۱۶، ۱۵). جدول شماره ۲ این اطلاعات را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲- خصوصیات مکانیکی مواد

نوع ماده	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	ضریب پواسون
پرسن	$6/9 \times 10^4$	۰/۲۸
اپک (Opaque)	$6/9 \times 10^4$	۰/۲۸
کپینگ	$0/97 - 1/17 \times 10^5$	۰/۱۳
عاج	$1/86 \times 10^4$	۰/۳۱
لیگامان پیوندت	$6/89 \times 10^0$	۰/۴۵
استخوان آئوتولار	$4 \times 10^4$	۰/۱۳

بعد از تکمیل طراحی، هر یک از مدل‌ها به ۵۱ المان چهارگوش تقسیم شدند به نحوی که ۶۱ گره را تشکیل دادند. شرایط این بررسی به صورت دوبعدی تعیین گردید.

تصویر شماره ۱ نمای کلی المان بندی دندان و تصویر شماره ۲ المان بندی تاج در تراش شولدر پرسن را نمایش می‌دهد. وضعیت المان بندی در تمام تراشها به صورت مشابه در نظر گرفته شد.

در این مطالعه ابتدا توزیع تنش برشی در حالت وارد شدن نیروی ۲۰۰ نیوتن با زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور طولی دندان به  $1/3$  لبه انسیزالی سطح لینگوال دندان بررسی گردید (بارگذاری اول)؛ سپس راستا و محل اعمال نیرو به صورت زاویه ۲۰ درجه نسبت به محور طولی دندان به لبه انسیزال از سمت لینگوال تغییر داده شد (بارگذاری دوم) و توزیع تنش بررسی شد.

بول بیشترین تنش در ناحیه طوق فلزی باکال کراون ایجاد شد. در تراشهای چمفر و شولدر ۱۳۵ درجه تنش ایجادشده در ناحیه طوق فلزی باکال اختلاف بسیار کمی با بیشترین میزان تنش که در لبه انسيزال ایجاد شده بود، داشت.

جدولهای شماره ۳ و ۴ میزان تنش ایجاد شده در نواحی طوق باکال (قسمت فلزی و پرسن)، طوق لینگوال و لبه انسيزال را به ترتیب در بارگذاری اول و دوم نشان می‌دهد.

با نگاه کلی به نتایج و الگوی تنش ایجادشده می‌توان دریافت که تمرکز تنش در تمامی تراشها در بارگذاری اول در نواحی لینگوال کپینگ و سپس ناحیه طوق باکال کپینگ و پرسن بود؛ درحالی که در بارگذاری دوم بیشترین میزان تنش به ترتیب در نواحی لبه انسيزال کراون (پرسن)، طوق باکال، طوق لینگوال و لبه انسيزال کپینگ بود. تمرکز تنش در تراش FFP به صورتی بود که بیشترین تنش در ناحیه طوق باکال در قسمت شولدر پرسن و سپس در لبه انسيزال ایجاد می‌شد.

جهت تجزیه و تحلیل (آنالیز) تنش برشی از نرم‌افزار Supper Sap استفاده شد.

### یافته‌ها

در همه تراشها کمترین میزان تنش در ناحیه آپکس (Apex) ملاحظه شد. در طول ریشه با نزدیک شدن به طوق به طور نسبی میزان تنش برشی افزایش یافت. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان تنش در ریشه در قسمت لینگوال کمتر از میزان تنش ایجادشده در سمت باکال بوده است.

توزیع تنش در سه تراش چمفر، شولدر بول و شولدر ۱۳۵ درجه مشابه هم بود و حداکثر تنش در بارگذاری اول در ناحیه طوق لینگوال ایجاد شد. در تراش شولدر پرسن در هر دو بارگذاری بیشترین حد تنش در ناحیه طوق لبیالی در قسمت پرسن ناحیه شولدر ایجاد شد. در بارگذاری دوم در تراشهای چمفر و شولدر ۱۳۵ درجه بیشترین تنش در لبه انسيزال کراون به وجود آمد؛ در حالی که در تراش شولدر

جدول شماره ۳- تنش ایجاد شده به دنبال اعمال نیروی با زاویه ۲۰ درجه با محور طولی دندان در لبه انسيزال (بار گذاری اول)

نوع تراش	طوق باکال پرسن	طوق باکال فلز	طوق لینگوال	لبه انسيزال
شولدر (FFP)	۱۴/۹۶۳۵	۱۱۱/۷۶	۲۲/۱۳	۲۵/۳۱۱
شولدر بول	۱۷/۲۹۷۵	۲۹/۷۳۵	۱۷/۴۱۵	۲۵/۴۲۸۵
چمفر	۱۷/۳۴۸۵	۲۰/۵۱۷	۱۹/۸۷۱۵	۲۵/۴۲۹
شولدر ۱۳۵	۱۸/۹۱۵۵	۲۱/۰۱۷	۱۸/۶۴۲	۲۵/۴۲۵

جدول شماره ۴- تنش ایجاد شده به دنبال اعمال نیروی با زاویه ۴۵ درجه در ۱/۳ با محور طولی دندان در لبه انسيزال (بارگذاری دوم)

نوع تراش	طوق باکال پرسن	طوق باکال فلز	طوق لینگوال	لبه انسيزال
شولدر (FFP)	۱۴/۵۴۳	۱۰۱/۹۲۵	۳۶/۳۲۵	۳/۷۶۸
شولدر بول	۱۷/۰۹۹	۳۰/۱۶۵	۳۲/۳۰۷	۳/۷۵
چمفر	۱۶/۸۷۷	۲۰/۷۳۹۵	۳۴/۲۶	۳/۷۷۳۵
شولدر ۱۳۵	۱۸/۳۲۸۵	۲۲/۵۵۶۵	۳۳/۱۸	۳/۷۵۷۵

کششی اندکی (۶/۲ مگاپاسکال) در پرسنل باکالی ایجاد شد. با افزایش زاویه از صفر به ۳۰ درجه تنش کششی در محل اتصال دندان و کپینگ برابر ۱۶/۳ مگاپاسکال بود که خطر از بین رفتن Integrity سمان را به دنبال دارد (۱۷).

در سال ۱۹۸۶ Anusavice و همکاران از روش المان محدود جهت مقایسه توزیع تنش بر روی طرحهای مختلف روکش سانترال بالا استفاده کردند (۵). کپینگ با ضخامت ۰/۱ تا ۰/۳ مورد بررسی قرار گرفت و آلیاژهای انتخاب شده، طلا- پالادیوم و نیکل- کروم بود. این مطالعه تأثیر ضخامت کپینگ و اثر مدول الاستیسیته آلیاژ را در توزیع تنش مورد بررسی قرار داد.

بررسی توزیع تنش در شرایطی انجام شد که نیروی ۲۰۰ نیوتن در جهت محور طولی دندان اعمال گردید. نتایج حاکی از این بود که تنش کششی، فشاری و برشی در تمام موارد از میزان مجاز برای پرسنل کمتر بود. در مطالعه حاضر نیز تنش برشی ایجاد شده در کپینگ، اپک و پرسنل از مقاومت برشی این مواد کمتر بود و با نتایج به دست آمده از بررسی Anusavice و همکاران مطابقت دارد (۵).

به طور کلی تنش برشی حاصل از بارگذاری اول بیشتر از بارگذاری دوم بود و المانهای پرسنلی ناحیه لینگوال در هر دو بارگذاری تنش بیشتری را نسبت به المانهای پرسنلی ناحیه باکال متحمل شدند؛ همچنین المانهای پرسنلی ناحیه طوق تنش بیشتری را در مقایسه با لبه انسیزالی و نیمه میانی روکش تحمل کردند. همان طور که قبلاً ذکر شد، تنش ایجاد شده در این المانهای پرسنلی از مقاومت برشی پرسنل که برابر ۱۱۷/۲ مگاپاسکال است، کمتر بود.

بیشترین تنش ایجاد شده در سمان در بارگذاری اول در تراشهای چمفر و شولدر ۱۳۵ درجه در ناحیه طوق لینگوال به وجود آمد. میزان تنش ایجاد شده در ناحیه طوق باکال اختلاف کمی با ناحیه لینگوال داشت؛ در حالی که بیشترین تنش در تراش شولدر بول و شولدر پرسنل در ناحیه طوق باکال بود. در این تراش تنش ایجاد شده در ناحیه طوق لینگوال رتبه بعد از طوق باکال را داشت. در بارگذاری دوم بیشترین تنش در تمامی تراشها در ناحیه طوق باکال ایجاد شد. در همه تراشها به جز FFP ناحیه بعدی که بیشترین تنش را تحمل می کرد، لبه انسیزال بود؛ این در حالی است که بیشترین تنش بعد از طوق باکال، طوق لینگوال برای تراش FFP بود.

## بحث

بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می شود که مقدار تنش ایجاد شده در بارگذاری اول بیشتر از بارگذاری دوم است و المانهای باکالی در مجموع بیشتر از المانهای لینگوالی دچار تنش می شوند؛ همچنین در بارگذاری اول المانهای عاجی نیمه انسیزالی دچار تنش بیشتری شدند؛ در حالی که در بارگذاری دوم المانهای عاجی نیمه ژنژیوالی متحمل تنش بیشتری شدند.

در سال ۱۹۷۵ Craig و Farah و با روش المان محدود به طریق دوبعدی، توزیع تنش در انواع مختلف کراون سانترال بالا را مورد بررسی قرار دادند (۱۷). ضخامت کپینگ انتخابی آنها ۰/۳-۰/۵ میلی متر بود و از آلیاژهای طلا و نیکل- کروم ساخته شده بود. با اعمال نیروی ۴۴۵ نیوتن با زاویه صفر درجه نسبت به محور طولی دندان تنش

پرسن می‌باشد. در مجموع، توزیع تنش برشی به ترتیب در تراشهای شولدر ۱۳۵ درجه و چمفر مناسب‌تر بود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از سرکار خانم دکتر فرزانه آقاجانی که در تنظیم این مقاله همکاری نموده‌اند، تشکر می‌گردد.

مقایسه توزیع تنش در چهار نوع کرآون سانترال بالا با استفاده از روش المان محدود به طریق دوبعدی نشان می‌دهد که میزان تنش در طوق ناحیه لینگوال به ترتیب در تراشهای شولدر بول، شولدر ۱۳۵ درجه، چمفر و شولدر پرسن افزایش می‌یابد ولی این ترتیب در طوق ناحیه باکال به صورت شولدر ۱۳۵ درجه، چمفر، شولدر بول و شولدر

### منابع:

- 1- Stasta FL. Applied Finite Element Analysis for Engineering. Japan: C.B.C. Ltd; 1986: 1-18.
- 2- Asgar k. Restorative Dental Materials. 8<sup>th</sup> ed. St. Louis: Mosby; 1989: 65-86, 486-487, 499-502.
- 3- Pao YC, Reinhardt RA, Krejci RF. Root stresses with tapered- end post design in periodontally compromised teeth. J Prosthet Dent 1987; 57(3): 281-286.
- 4- Cook SD, Weinstein AM, Klawitter JJ. A three-dimensional finite element analysis of a porous rooted Co-Cr- Mo alloy dental implant. J Dent Res 1982; 61(1): 25-29.
- 5- Anusavice KJ, Houatie B, Dehoff PH. Influence of metal thickness on stress distribution in metal ceramic crowns. J Dent Res 1986; 65(9): 1173-78.
- 6- el-Ebrashi MK, Craig RG, Peyton FA. Experimental stress analysis of dental restorations. VII. Structural design and stress analysis of fixed partial dentures. J Prosthet Dent 1970 Feb; 23(2): 177-86.
- 7- Craig RG, el- Ebrashi MK, Peyton FA. Experimental stress analysis of dental restorations. I. Two- dimensional photoelastic stress analysis of crowns. J Prosthet Dent 1967 Mar; 17(3): 292-302.
- 8- Faucher RR, Nichollos TL. Distortion related to margin design in PFM. restoration. J Prosthet Dent 1980; 43(2): 149-55.
- 9- Tylman SD, Malone WFD. Theory and Practice of Fixed Prosthodontics. 7<sup>th</sup> ed. St. Louis: Mosby; 1978: 150-56.
- 10- Brand RW, Isselhard DE. Anatomy of Orofacial Structures. St. Louis: Mosby; 1986: 304-11.
- 11- Dunn MJ, Zionshapiro C. Dental Anatomy, Head and Neck Anatomy. Baltimore: Williams & Wilkins; 1975: 8-11.
- 12- Fuller J, Denehy GE. Concise Dental Anatomy and Morphology. Chicago: Year book Medical Pub; 1997: 77-84.
- 13- Kraus BS, Jordan RE, Abrams L. A Study of Masticatory System, Dental Anatomy and Occlusion. Baltimore: Williams & Wilkins; 1986: 5-22.
- 14- Grand DK, Stern IB, Listgarten MA. Periodontics. 6<sup>th</sup> ed. St. Louis: Mosby; 1988: 61-65.
- 15- Gavelis JR, Morency JD, Riley ED, Sozio RB. The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparation. J Prosthet Dent 1981; 45(2): 138-45.
- 16- Thayer KE. Fixed Prosthodontic. Chicago: Year book Medical Pub; 1984: 53-57.
- 17- Farah JW, Craig RG. Distribution of stresses in Porcelain- Fused- to- Metal and Porcelain Jacket crowns. J Dent Res 1975; 54(2): 255-61.