

تحلیل تنش دندان های قدامی ماگزایلا به هنگام اعمال نیروی اینتروزویو بین لترال و کانین

دکتر فرزین هروی*#، دکتر سید مصطفی ابطی**

* استادیار گروه ارتودانتیکس دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

** استادیار گروه ارتودانتیکس دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان

تاریخ ارائه مقاله: ۸۴/۶/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۱/۵

Title: Stress analysis of anterior maxillary teeth by applying intrusive forces between lateral and canine

Authors:

Heravi F. Assistant Professor*#, Abtahi M. Assistant Professor**

Address:

* Dept of Orthodontics, School of Dentistry and Dental Research Center of Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

** Dept of Orthodontics, Dental School, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.

Introduction:

One of the precise methods for evaluating periodontal responses to orthodontic forces is finite element method (FEM). In the following study PDL of anterior maxillary teeth (central, lateral, canine) has been analysed by FEM after applying intrusive forces. The Aim of this study was to evaluate induced stresses in PDL of anterior teeth by application of intrusive forces between lateral incisor and canine.

Materials & Methods:

Solid works software was used to translate bidimensional images of the maxillary anterior teeth (central, lateral, canine) into three dimensional images. PDL and alveolar bone around these teeth were simulated and anterior teeth were positioned in an ideal arch with appropriate tip and torque, and rectangular wire was stabilised rigidly on labial surfaces of the teeth. Models were modified to "Finite element model" by means of MSC-NASTRAN software. Intrusive forces (35 gr) were applied on the wire between lateral and canine and induced stresses was analyzed by means of MSC-PATRAN.

Results:

By delivery of intrusive forces between lateral and canine, maximum stresses were found in PDL of lateral incisor ($4.23 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$) and minimum stresses were observed in PDL of central incisor ($2.02 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^2$).

Conclusion:

By application of intrusive forces between lateral incisor and canine, maximum stresses were focused at the apex of lateral incisor and minimum stresses were in apical third of central's root.

Key words:

Maxillary anterior teeth, intrusion, finite element method.

Corresponding Author: Drheravi@yahoo.com

Journal of Dentistry. Mashhad University of Medical Sciences, 2006; 30: 141-150.

چکیده

مقدمه:

روش اجزاء محدود یکی از روش های دقیق جهت درک پاسخ های دندان به نیروهای ارتودنتیک است. در این مطالعه، بوسیله این روش PDL دندان های قدامی ماگزایلا (سانترال، لترال، کانین) به هنگام اعمال نیروی اینتروزویو مورد تحلیل قرار گرفت. هدف تحقیق حاضر تعیین تنش ایجاد شده در PDL دندان های قدامی هنگام اعمال نیروی اینتروزویو بین لترال و کانین ماگزایلا می باشد.

مواد و روش ها:

جهت این تحقیق توصیفی، تصاویر دو بعدی دندانهای مورد نظر (سانترال، لترال، کانین) از فک بالا توسط نرم افزار Solid works تبدیل به تصاویر سه بعدی گردید. سپس PDL و استخوان آلونول، اطراف دندانها ایجاد شد. دندانهای قدامی روی قوس ایده آل با Tip و Torque مناسب قرار گرفت و در سطح لیبال آنها سیم چهارگوش با اتصال Rigid به دندانها قرار داده شد. این مدلها توسط نرم افزار MSC-NASTRAN تبدیل به مدل اجزاء محدود گردید. سپس روی سیم متصل به دندانها بین لترال و کانین نیروی اینتروزیو ۳۵ گرمی اعمال گردید و نرم افزار MSC-PATRAN آن را تحلیل کرد.

یافته ها:

هنگام اعمال نیروی اینتروزیو بین لترال و کانین حداکثر استرس در PDL لترال ($1.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$) و حداقل آن در PDL سانترال ($1.0 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$) می باشد.

نتیجه گیری:

هنگام اعمال نیروی اینتروزیو بین لترال و کانین حداکثر تنش در PDL دندان لترال ناحیه آپکس و حداقل تنش در PDL دندان سانترال $1/3$ آبیگال دیده می شود.

واژه های کلیدی:

دندانهای قدامی ماگزایلا، اینتروژن، روش اجزاء محدود.

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد / سال ۱۳۸۵ جلد ۳۰ / شماره ۱ و ۲

مقدمه:

درمان Deep bite دندان عمده با Extrusion دندانهای خلفی، Intrusion دندانهای قدامی و یا ترکیبی از هر دو انجام می گیرد^(۱). با مروری بر روش های مختلف اینتروژن مشخص می شود که، اینتروژن به روش Burstone موثرترین روش اینتروژن واقعی است^(۲). در این روش اینتروژن آرچ را می توان به قسمتهای مختلف قوس در ناحیه قدامی متصل کرد، که هر نوع اتصال یک الگوی خاص تنش در PDL دندانهای قدامی ایجاد می کند. مطالعه حاضر قصد دارد الگوی توزیع تنش در PDL دندانهای قدامی هنگام اتصال اینتروژن آرچ در ناحیه بین لترال و کانین را بررسی کند.

تحلیل تنش در دندانپزشکی به روشهای مختلفی قابل اجراء است. از جمله استفاده از:

۱- لاک الکل شکننده

۲- روش فتوالاستیک

۳- استفاده از مدل های ریاضی

۴- Laser holography

۵- کرنش سنج الکتریکی

۶- روش اجزاء محدود

روش اجزاء محدود (Finite element methode) یک روش دقیق تحلیل تنش با استفاده از کامپیوتر می باشد. از تکنیک اجزاء محدود در دندانپزشکی در موضوعات مختلف از جمله تحلیل تنش در ساختمان دندان، بیومتریال و ترمیم، ایمپلنت و معالجه عصب استفاده شده است^(۳).

در مطالعات ارتدسنسی، Moss و همکارانش در سال ۱۹۸۵ طی گزارشی به معرفی تکنیک اجزاء محدود (FEM) پرداخته، از آن برای شبیه سازی و تخمین رشد کرانیوفاسیال استفاده کردند^(۴).

Tanne و همکاران در سال ۱۹۸۸ با استفاده از مدل سه بعدی دندان سانترال به روش FEM به بررسی رابطه بین نسبت گشتاور به نیرو (M/F) و محل مرکز چرخش (CR) پرداختند. آنان دریافتند که با تغییر نسبت M/F حتی به مقدار کم، مرکز چرخش تغییر

Burstone مکانیسم اساسی جهت اینتروژن را بر مبنای سه قسمت معرفی می کند: ۱ - واحد انکورجیج خلفی ۲ - سگمنت قدامی ۳ - فنر اینترود کننده در نهایت مؤلف به تفصیل به معرفی ۶ اصل در رابطه با اینتروژن قدامی می پردازد که عبارتند از:

- ۱ - استفاده از مقدار مطلوب و دوام مناسب نیرو با مقدار Load/Deflection کم.
- ۲ - استفاده از تماس یک نقطه ای در ناحیه قدامی.
- ۳ - انتخاب دقیق محل اثر نیرو نسبت به مرکز مقاومت دندانهایی که باید اینترود شوند.
- ۴ - انتخاب اینتروژن براساس موقعیت فضایی دندانهای قدامی.
- ۵ - کنترل واکنش ایجاد شده با ایجاد تکیه گاه در دندانهای خلفی.
- ۶ - مهار اکستروژن دندانهای خلفی به علت اثرات جانبی مکانیک های داخل دهانی^(۸).

Bulcke و همکاران در سال ۱۹۸۶ مکانیک های اینترود کننده Segmented arch را بر روی ماکت مجسمه انسان با استفاده از انعکاس لیزر و هالوگرافی ارزیابی نمودند. در این مطالعه از Segmented arch بر ستون استفاده شد. هدف از این مطالعه تعیین محل مرکز مقاومت برای واحدهای متفاوت دندانهای قدامی بالا در حالی که نیروی Intrusive اعمال می شود، بود. نتیجه این مطالعه عبارت است از: (۱) هر چه تعداد دندانها در Segmented arch بیشتر باشد، کنترل ورتیکالی واحد قدامی بیشتر خواهد شد. (۲) مرکز مقاومت برای دو دندان سانترال روی خطی موازی با پلان Mid sagital در نقطه ای است که در نیمه دیستال کانین قرار می گیرد. (۳) مرکز مقاومت برای چهار دندان قدامی در محل تقاطع خط عمود بر پلان اکلوزال بین کانین و پرمولر اول قرار دارد. (۴) مرکز مقاومت برای شش دندان قدامی که به طور یکپارچه در آمده اند، در محل تقاطع خط عمود بر پلان اکلوزال

محل می دهد، بخصوص این نسبت به مقدار گشتاور بسیار حساس است. طبق یافته های آنان نسبت $M/F = -9/35$ برای حرکت ریشه (CR) در نوک انسیزال)، $M/F = -8/39$ برای حرکت بادیلی، $M/F = -6/52$ برای تیپینگ کنترل شده می باشد^(۵).

Tanne و Sakuela در سال ۱۹۹۶ با استفاده از تکنیک اجزاء محدود ۳ بعدی (نرم افزار ANSYS) به بررسی تنش در مفصل تمپورومندیبولار که توسط چین کپ در قسمتهای مختلف تحت تأثیر قرار گرفته بود پرداختند. راستای نیرو بین 50° تا 40° نسبت به خط Ar-Pog متغیر بود. هنگامی که نیرو بین صفر تا 50° اعمال می شد، استرس فشاری در نواحی خلفی کندیبل و گلوئیدفوسا و آرتیکولار دیسک نسبت به نواحی میانی و قدامی به طور چشمگیری بیشتر بود. هر چه زاویه به سمت 30° تا 40° تغییر می کرد توزیع استرس از لحاظ بالانس بیومکانیکال به سمت مطلوب پیش می رفت. نکته جالب این مطالعه این بود که، بدون توجه به جهت اعمال نیرو، استرس کششی در قسمت قدام دیسک مفصلی ایجاد می شد حتی اگر سایر مناطق تحت استرس فشاری بودند^(۶).

Jeon در سال ۲۰۰۱ به بررسی اثر تحلیل استخوان بر الگوی استرسی که در PDL ضمن اعمال نیرو ایجاد می شود پرداخت. وی با استفاده از تکنیک اجزاء محدود سه بعدی (نرم افزار NASTRAN) به این نتیجه رسید که هر چه تحلیل استخوان آلوئول بیشتر می شود نسبت به حالت بدون تحلیل، جهت ایجاد الگوی یکسان توزیع تنش باید مقدار نیرو کاهش یابد و M/F افزایش یابد^(۷).

کامل ترین روش در بین متدهای اینتروژن در سیستم اج وایز، روش Burstone می باشد. وی روش خود را برای اینتروژن ثنایا در سال ۱۹۷۷ طی مقاله ای توصیف کرد.

سپس کل مدل توسط نرم افزار Nastran تبدیل به مدل اجزاء محدود سه بعدی گردید. کف استخوان آلوئول به عنوان تکیه گاه مدل در نظر گرفته شد (تصویر ۱).

در ناحیه میدلاین درجه آزادی سیم در دو جهت Z و Y محدود گردید و سیم فقط در جهت X (اینترورژن) اجازه تغییر مکان داشت. این محدود کردن درجه آزادی از وارد آمدن نیروهای جانبی غیرواقعی به دندانها جلوگیری می کند. بعلاوه جهت ایجاد شرایط واقعی، در ناحیه میدلاین شرایط قرینه برای نرم افزار تعریف گردید.

خواص فیزیکی دندان، PDL، استخوان آلوئول و سیم استتلس استیل که جهت تحلیل تنش لازم بود بر اساس تحقیقات پیشین به کامپیوتر داده شد^(۱۲،۱۳) (جدول ۱).

جدول ۱: خواص فیزیکی مواد بکار رفته در مدل اجزاء محدود

خواص فیزیکی		نوع ماده
Poisson's ratio	Young's modulus (Mpa)	
۰/۳	$1/96 \times 10^4$	دندان
۰/۴۹	$6/66 \times 10^{-1}$	PDL
۰/۳	$1/37 \times 10^4$	استخوان آلوئول
۰/۳	20×10^4	استتلس استیل

سپس در مزیال دندان کانین نیروی ۳۵ گرمی برای اینترورژن سه دندان اعمال گردید. در نهایت مدل توسط نرم افزار Patran مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته ها:

همانگونه که در تصویر ۲ مشخص است هنگام اعمال نیروی اینترورژو بین لترال و کانین حداکثر استرس در PDL لترال ($4/23 \times 10^{-3}$ N/mm²) و حداقل آن در PDL سانترال ($2/02 \times 10^{-6}$ N/mm²)

در دیستال دندان پرمولر اول قرار دارد. ۵) مرکز مقاوت برای یک سیستم نیروی مشخص در زمانی که تعداد بیشتری از دندانها را شامل می شود در جهت آپیکالی حرکت می کند^(۹).

Cardaropoli در سال ۲۰۰۱ طی مطالعه ای به تأثیر اینترورژن در تغییر ضایعات استخوانی پریدونتال توجه کرد. وی نتیجه گرفت که در مریض های بالغ با مشکلات پریدونتال و نواقص استخوانی، بعد از جراحی پریدونتال مناسب، اعمال نیروی Intrusive باعث تغییر استخوان آلوئول و بافت پریدونتال در جهت بهبود ضایعات می شود^(۱۰).

هدف تحقیق حاضر تعیین تنش ایجاد شده در PDL دندان های قدامی هنگام اعمال نیروی اینترورژو بین لترال و کانین ماگزایلا می باشد.

مواد و روش ها:

این مطالعه توصیفی به کمک تکنیک اجزاء محدود سه بعدی و نرم افزار Nastran و Patran انجام شده است. جهت اجرای این مطالعه سه دندان قدامی مگزایلا (سانترال، لترال و کانین) به صورت سه بعدی مدل سازی گردید. مراحل سه بعدی سازی عبارت بودند از: اسکن تصاویر دو بعدی دندانها از نماهای مختلف، تبدیل تصاویر دو بعدی دندانها به نقشه های دو بعدی کامپیوتری، تهیه مدل های سه بعدی دندانها با استفاده از نقشه های دو بعدی به وسیله نرم افزار Solid work، مدل سازی PDL و استخوان اطراف دندانها به وسیله نرم افزار Proengineer. در مرحله بعد دندانها روی یک قوس ایده آل با Tip torque^(۱۱) مناسب قرار داده شدند و جهت یکپارچه سازی آنها یک سیم استتلس استیل چهار گوش با ابعاد $0/022 \times 0/028$ Inch به سطح لیپال دندانها متصل گردید. اتصال توسط مش به شکل هرم که ارتفاع آن معادل ضخامت برکت می باشد انجام شد. این مش به تاج دندان و سیم به صورت Rigid متصل گردید.

آپکس و حداقل آن در $1/3$ مارژینال ریشه سمت پالاتال می باشد. در تصویر ۵ مشخص است که در این حالت بارگذاری PDL کانین در آپکس حداکثر استرس و $1/3$ مارژینال ریشه سمت پالاتال حداقل استرس را نشان می دهد.

نتایج تحلیل تنش درون PDL دندانهای قدامی وقتی نیروی اینتروزیو بین لترال و کانین اعمال می شود در جدول ۲ آمده است.

می باشد. در این تصویر به علت اینکه PDL دندان سانترال مورد حداقل استرس قرار گرفته به رنگ تیره تر نشان داده شده است.

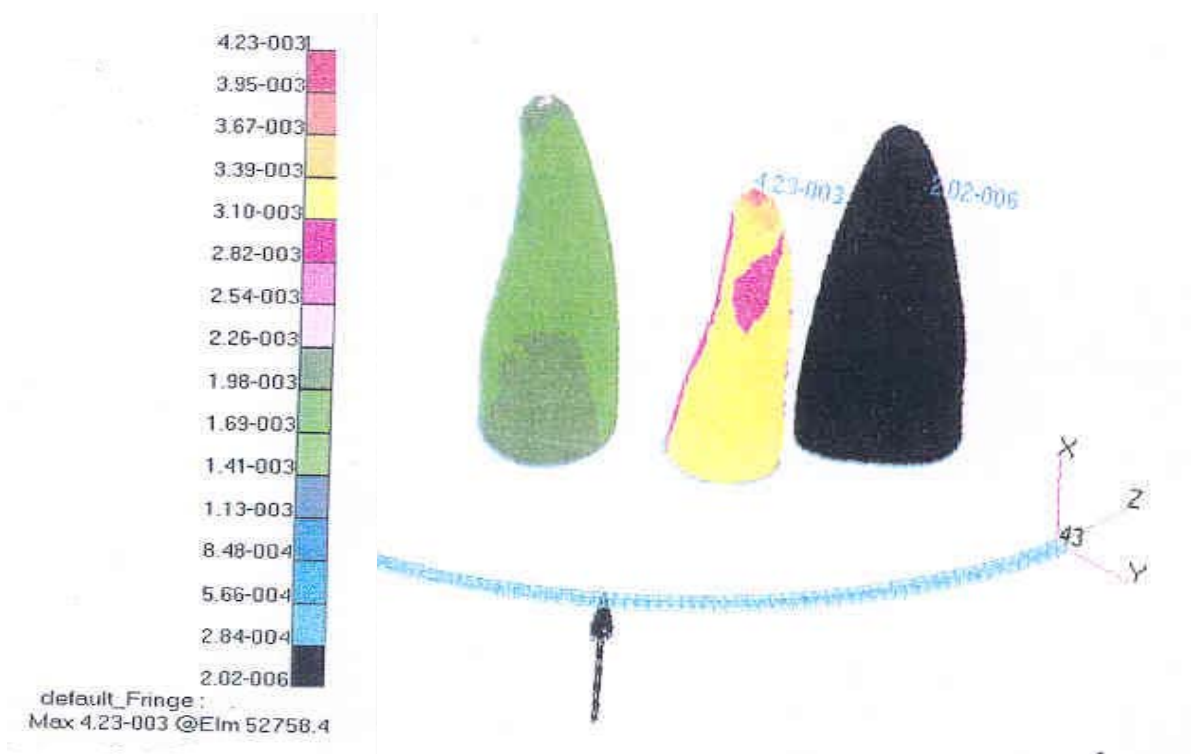
در تصویر ۳ مشخص شده که هنگام اعمال نیرو بین لترال و کانین در PDL سانترال حداکثر استرس در $1/3$ مارژینال ریشه، بخصوص مزیوپاکال و مزیوپالاتال است و حداقل استرس در $1/3$ آپکس سمت باکال می باشد. تصویر ۴ نشان می دهد که در این حالت بارگذاری در PDL لترال حداکثر تنش در

جدول ۲: نتایج تحلیل تنش در PDL دندانهای قدامی برای اعمال نیروی اینتروزیو بین لترال و کانین

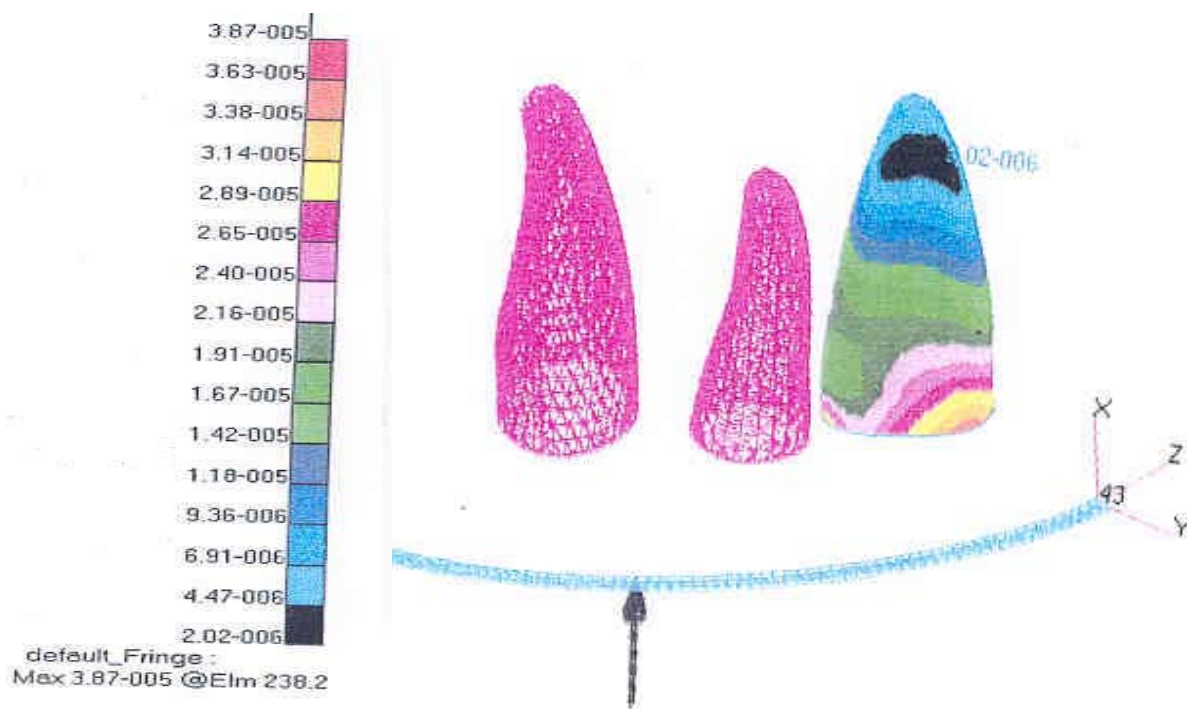
PDL دندان کانین		PDL دندان لترال		PDL دندان سانترال		کل مجموعه دندانی		ناحیه مورد بررسی
حداقل تنش	حداکثر تنش	حداقل تنش	حداکثر تنش	حداقل تنش	حداکثر تنش	حداقل تنش	حداکثر تنش	میزان تنش
$1/3$ مارژینال	آپکس	$1/3$ مارژینال	آپکس	$1/3$ آپکس	$1/3$ مارژینال ریشه	سانترال	لترال	ناحیه مشاهده شده
ریشه سمت پالاتال		ریشه سمت پالاتال		سمت باکال	سمت مزیو باکال و مزیوپالاتال			



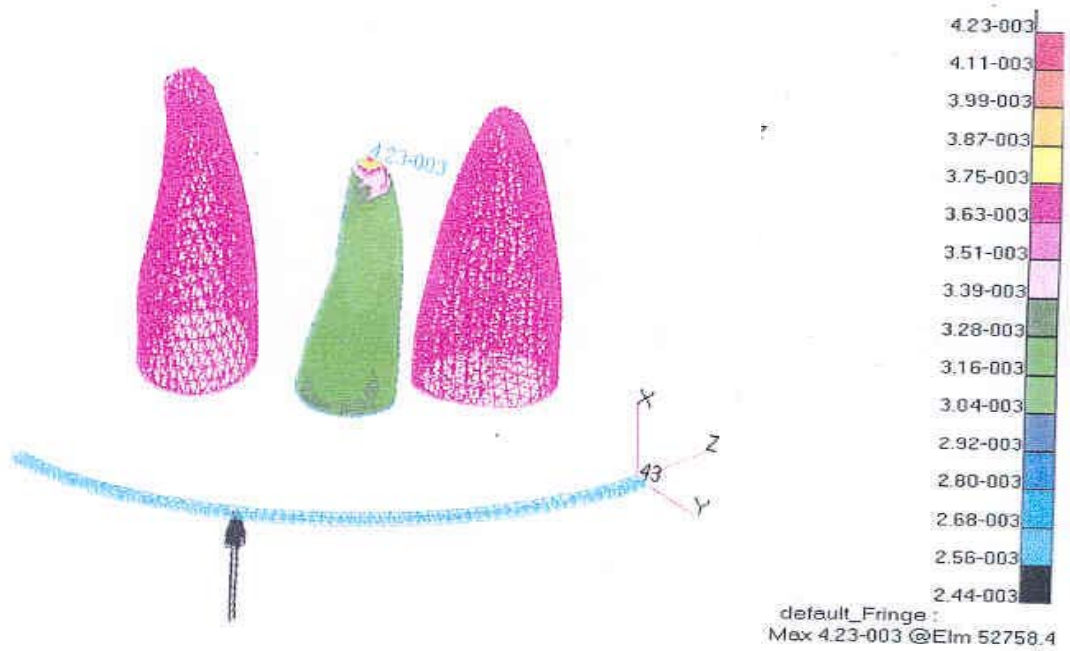
تصویر ۱: مدل سه بعدی دندانهای سانترال، لترال و کانین قرار داده شده در قوس ایده آل همراه با **tip** و **torque** ایده آل همراه با سیم چهار گوش در سمت باکال با اتصال **rigid** به دندانها (مدل اجزاء محدود)



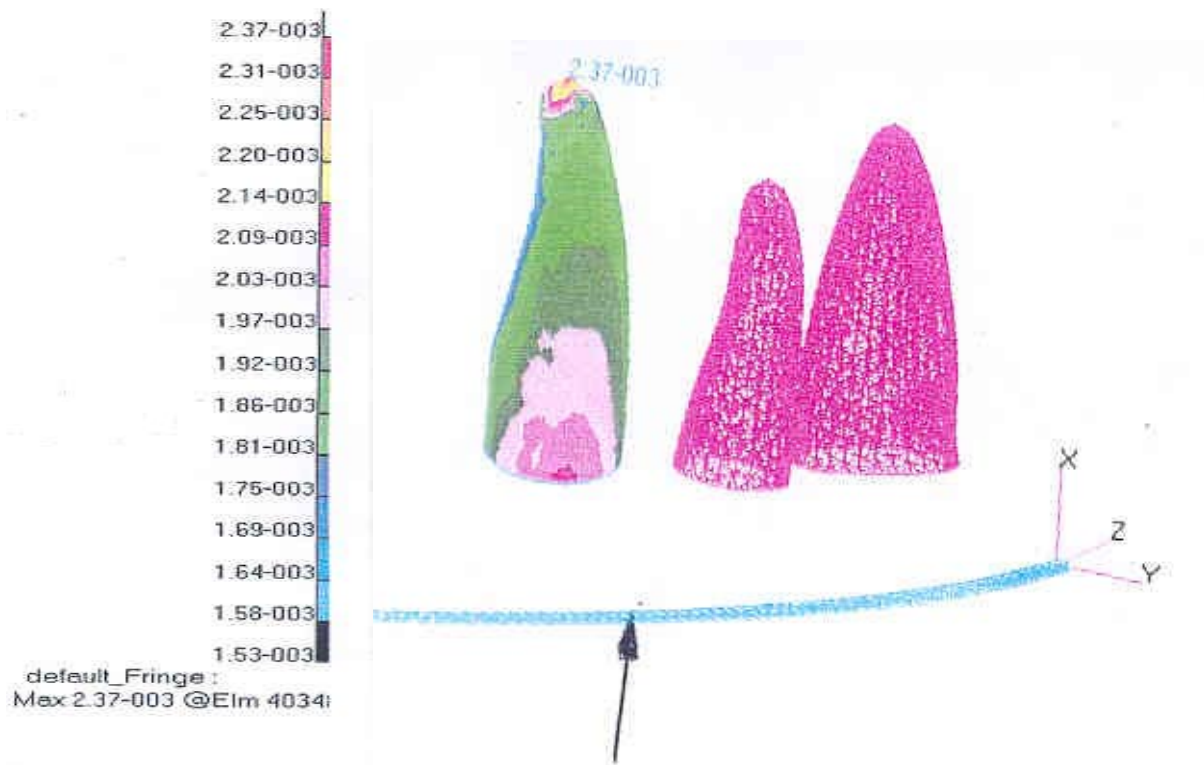
تصویر ۲: تصویر تحلیل تنش در PDL دندانهای قدامی برای اعمال نیروی اینترزیو بین لترال و کانین نمای باکال



تصویر ۳: تصویر تحلیل تنش در PDL دندان سانترال برای اعمال نیروی اینترزیو بین لترال و کانین. نمای باکال



تصویر ۴: تصویر تحلیل تنش در PDL دندان لترال برای اعمال نیروی اینترزیو بین لترال و کانین، نمای باکال



تصویر ۵: تصویر تحلیل تنش در PDL دندان کانین برای اعمال نیروی اینترزیو بین لترال و کانین، نمای باکال

بحث:

در این مطالعه سه دندان قدامی مدل سازی گردید، در حالی که در کلینیک برخی مواقع احتیاج به اینترورژن شش دندان قدامی می شود (حالت کلاسیک اینترورژن آرچ برستون) علت این که شش دندان قدامی مورد تحلیل قرار نگرفت این است که مدل دارای شش دندان حجم بالایی دارد و نرم افزارهای تحلیل کننده قادر به پردازش اطلاعات مربوطه نمی باشند. البته در این مطالعه سعی گردید با محدود کردن درجه آزادی سیم در ناحیه میدلاین از ایجاد نیروهای جانبی غیرواقعی در این ناحیه جلوگیری شود و در ضمن شرایط قرینه در ناحیه میدلاین برای نرم افزار تعریف گردید بدین ترتیب با وجود این که مدل دارای سه دندان می باشد ولی شرایط به نحوی تعریف گردید که می توان نتایج آن را برای شش دندان قدامی تعمیم داد.

از لحاظ تحلیل تنش PDL دندانهای قدامی طی اینترورژن وقتی که نیرو بین کاین و لترال اعمال شده است در کل مدل حداکثر کانتور تنش در آپکس لترال و حداقل آن در $\frac{1}{3}$ آپیکال سانترال سمت لیبال می باشد. در این حالت در PDL سانترال حداکثر تنش در $\frac{1}{3}$ مارژینال ریشه سمت مزیولیبال و مزیوپالاتال بوده و حداقل تنش در $\frac{1}{3}$ آپیکال سمت باکال دیده می شود. طبق این مدل کانتور تنش حرکت احتمالی سانترال به سمت مزیال و پالاتال تاج حول $\frac{1}{3}$ آپیکالی دندان می باشد.

در PDL لترال حداکثر استرس در آپکس و حداقل استرس در $\frac{1}{3}$ مارژینال ریشه سمت پالاتال دیده می شود. سمت باکال در کل نسبت به سمت پالاتال کانتور تنش بیشتری را نشان می دهد. پیش بینی حرکت احتمالی اینترورژن همراه با کمی Labial tipping می باشد.

در PDL کاین ماکزیم تنش در آپکس مشاهده می شود همراه با یک افزایش نسبی کانتور تنش در $\frac{1}{3}$ مارژینال ریشه سمت لیبال. حداقل تنش در $\frac{1}{3}$ مارژینال ریشه سمت پالاتال دیده می شود. طبق این مدل توزیع تنش حرکت احتمالی اینترورژن همراه با Labial tipping بیشتر از لترال می باشد.

طبق مطالعه Wilson^(۴) که به روش اجزاء محدود سه بعدی الگوی تنش PDL را طی حرکات ورتیکالی دندان کاین بررسی کرد، حداکثر تنش در ناحیه کرسنال PDL دیده شد. ولی طبق مطالعه ما حداکثر تنش در آپکس متمرکز بود. البته این مطالعه از لحاظ تعداد دندان، نحوه اعمال نیرو (نحوه اعمال نیرو در این مطالعه به سیم Rigid ناحیه باکال دندانها بود، در حالی که مطالعه Wilson به صورت موازی با محور طولی دندان در نوک کاسپ دندان کاین اعمال شده بود، همچنین نحوه قرارگیری دندانها (در مطالعه Wilson یک دندان کاین به صورت مستقیم درون استخوان آلونول قرار داده شده بود در حالی که در مطالعه ما سه دندان قدامی سانترال و کاین با Tip و Torque ایده آل درون قوسی قرار داده شده بود) با مطالعه Wilson متفاوت است.

اصل سوم Burston برای اینترورژن انتخاب دقیق محل اثر نیرو نسبت به مرکز مقاومت دندان هایی که باید اینترود شوند می باشد^(۸). طبق این مطالعه به شرطی که تمایل محوری دندانها نرمال باشد، اتصال بین لترال و کاین به علت توزیع تنش یکنواخت و مطلوب تر و همینطور پیش بینی حداقل تیپینگ ناخواسته و اینترورژن واقعی بیشتر، به مرکز مقاومت سگمنت قدامی (شامل ۶ دندان قدامی) نزدیک تر می باشد. برخلاف این نظر، Bulcke براساس Halography technique معتقد است وقتی ۶ دندان قدامی به عنوان سگمنت قدامی در نظر گرفته شود مرکز مقاومت باید نزدیک ۷mm دیستال کاین باشد^(۹).

متفاوتی برای توزیع تنش و حداکثر تنش ها و نقاط مستعد تحلیل ایجاد خواهد کرد که در تفسیر نتایج این مطالعه در حالات مختلف بالینی بایستی مدنظر باشد.

نتیجه گیری:

۱. هنگام اعمال نیروی اینتروزیو بین لترال و کانین حداکثر تنش در PDL دندان لترال ناحیه آپکس و حداقل تنش در PDL دندان سانترال $\frac{1}{3}$ آپیکال دیده می شود.
۲. اتصال نیروی اینتروزیو بین لترال و کانین به علت توزیع تنش یکنواخت و مطلوب تر و همینطور پیش بینی حداقل تیپینگ ناخواسته و اینتروژن واقعی بیشتر، به مرکز مقاومت سگمنت قدامی (شامل ۶ دندان قدامی) نزدیک تر می باشد.

Burstone برای اتصال اینتروژن آرچ به ۴ دندان قدامی دیستال لترال را انتخاب کرده است^(۱۵). Melsen نیز این انتخاب را تایید کرد^(۱۶).

طبق این مطالعه مشخص شد که آپکس دندان های لترال و کانین در معرض تنش زیادی هستند که آنها را مستعد تحلیل خواهد کرد. Costopoulos طی مطالعه خود به این نتیجه رسید که هر چه حرکت آپکس طی اینتروژن بیشتر باشد تحلیل ریشه هم بیشتر خواهد بود^(۱۷). این مطلب در مورد لترال و کانین در مطالعه ما صدق می کند.

در این مطالعه، ما ابعاد دندانهای نرمال و نحوه قرارگیری ایده آل دندانها را در قوس فکی بررسی کردیم که در این حالت ضمن اینتروژن تجمع استرس در لترال بیشتر از سایر دندانها بود.

مسلماً ابعاد دندانهای مختلف و قرارگیری متفاوت تمایل محوری دندانها نسبت به حالت نرمال، الگوی

منابع:

1. Dermaut DP. Biomechanical aspects of cl II mechanics with special emphasis on deep bite correction as a part of the treatment goal, in "Biomechanic in clinical orthodontics" by Nanda R. Philadelphia: Saunders comp 1997. P. 86.
2. Itoh T, Chaconas SJ. Photoelastic effect of maxillary protraction on the craniofacial complex. Am J Orthod 1985; 88: 117-24.
3. Rudolph D, Willes MG, Sameshima G. A finite element of apical force distribution from orthodontic tooth movement. Angle Orthod 2001; 71: 127-31.
4. Moss ML, Skalak R, Patel H, Sen K, Moss-salentijn L, Shinozuka M, et al. Finite element method modeling of craniofacial growth. Am J Orthod 1985; 87: 453-72.
5. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ. Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod Dentofac Orthop 1988; 94: 426-31.
6. Tanne K, Tanaka E, Sakuda M. Stress distribution in the temporomandibular joint produced by orthodontic chincap forces applied in varying direction: A three-dimensional analytic approach with the finite element method. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996; 110: 502-7.
7. Jeon O, Turley PK, Ting K. Three-dimensional finite element analysis of stress in the periodontal ligament of the mxillary first molar with simulated bone loss. Am J Orthod Dentofac Orthop 2001; 119: 498-503.
8. Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion. Am J Orthod 1977; 72: 1-22.
9. Blucke MM, Bermaut LR, Sachdeva RCL, Burstone CJ. The center of resistance of anterior teeth during intrusion using the laser reflection technique and holographic interferometry. Am J Orthod Dentofac Orthop 1986; 90: 211-20.
10. Cardaropoli D, Corrente G, Abondo R. Intrusion of migrated incisor with infrabony defects in adult periodontal patients. Am J Orthod Dentofac Orthop 2001; 120: 671-75.
11. Andrews LF. The Diagnostic system: Occlusal analysis. The Dent Clin of North Am 1976; 20: 671-90.

12. Bobak V, Christansen R. Stress-related molar responses to the transpalatal arch: A finite element analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997; 112: 512-18.
13. Tanne K, Yoshida S, Kawata T, Sasaki A. An evaluation of the Biomechanical Response of the tooth and periodontium to orthodontic forces in adolescent and adult subjects. *Brit J Orthod* 1998; 25: 109-15.
14. Wilson N, Middleton B. The finite element analysis of stress in the periodontal ligament when subject to vertical orthodontic forces. *Brit J Orthod* 1994; 21: 161-67.
15. Shroff B, Yoon WM, Lindauer SJ, Burston CJ. Simultaneous intrusion and retraction using a three-piece base arch. *Angle Orthod* 1997; 67: 455-62.
16. Melsen B, Agerbaek N, Erikson J, Terp S. New attachment through periodontal treatment and orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988; 94: 104-16.
17. Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 109: 543-48.