

بررسی توزیع تنش در لیگامان پرئودنتال دندانهای قدامی فک بالا هنگام اعمال نیروی اینتروزیو در میدلاین

دکتر سید مصطفی ابطحی* - دکتر فرزین هروی**

* - استادیار گروه آموزشی ارتودنسی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان.
** - استادیار گروه آموزشی ارتودنسی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد.

چکیده

زمینه و هدف: روش اجزای محدود یکی از روشهای دقیق جهت درک پاسخهای دندان به نیروهای ارتودنتیک است. در این مطالعه، به وسیله این روش PDL دندانهای قدامی ماگزایلا (سانترال، لترال، کانین) در هنگام اعمال نیروی اینتروزیو مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: 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 واستخوان آلوئول، 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 اجزای محدود گردید، سپس روی سیم متصل به دندانها در مزیال مجموعه دندانی نیروی اینتروزیو ۳۵ گرمی اعمال شد و نرم افزار MSC-Patran جهت تجزیه و تحلیل تنش مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: هنگام اعمال نیرو در میدلاین حداکثر تنش در PDL لترال به میزان $2.5 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ و حداقل آن در PDL کانین به میزان $9.07 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2$ می باشد.

نتیجه گیری: هنگام اعمال نیروی اینتروزیو در مزیال مجموعه دندانی حداکثر تنش در PDL دندان لترال ناحیه آپکس و حداقل تنش در PDL دندان کانین $\frac{1}{3}$ آپیکال دیده می شود.

واژه‌های کلیدی: ارتودنسی - دندانهای قدامی ماگزایلا - اینتروژن - اجزای محدود

مقدمه

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 میدلاین را بررسی کند.

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

روشهای مختلفی جهت اینتروژن دندانهای قدامی ارائه گردیده از جمله تکنیکهای Begg (۱) تکنیک Edgewise (۱) تکنیک Bypass (۲) تکنیک Rickets (۳) تکنیک Burstone (۴). با مروری بر روشهای مختلف اینتروژن مشخص می شود که، اینتروژن به روش Burston مؤثرترین روش اینتروژن واقعی است (۵) در این

رخ داده بود. هدف از این مطالعه بررسی تنش ایجاد شده در PDL دندانهای قدامی ماگزیلا هنگام اعمال نیروی اینتروزویو در ناحیه میدلاین می‌باشد.

روش بررسی

این مطالعه توصیفی به کمک تکنیک اجزای محدود سه بُعدی و نرم افزار Patran و Nastran انجام شده است. جهت اجرای این مطالعه سه دندان قدامی ماگزیلا (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 نقشه‌های دو بعدی کامپیوتری، تهیه مدل‌های سه بعدی دندانها با استفاده از نقشه‌های دو بعدی به وسیله نرم افزار Solid works، مدل سازی PDL استخوان اطراف دندانها به وسیله نرم افزار Proengineer. در مرحله بعد دندانها روی یک قوس ایده‌آل با Tip و Torque (۹) مناسب قرار داده شدند و جهت یکپارچه سازی آنها یک سیم استنلس استیل چهار گوش با ابعاد $0.28 \times 0.22 \times 0.04$ اینچ به سطح لبیال دندانها متصل گردید. سپس کل مدل توسط نرم افزار Nastran تبدیل به مدل اجزای محدود سه بعدی گردید. کف استخوان آلوئول به عنوان تکیه گاه مدل در نظر گرفته شد. (شکل ۱)

۱. لاک الکل شکننده

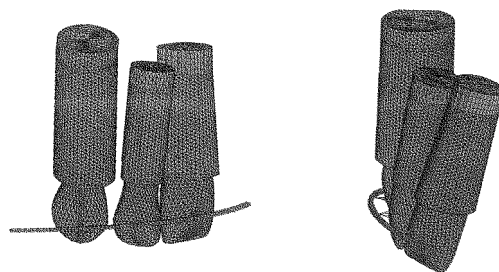
۲. روش فتوالاستیک

۳. روش اجزای محدود.

روش اجزای محدود (Finite Element Method)

(FEM) یک روش دقیق تحلیل تنش با استفاده از کامپیوتر می‌باشد. از تکنیک اجزای محدود در دندانپزشکی در موضوعات مختلف از جمله تنش در ساختمان دندان، بیومتریال و ترمیم، ایمپلنت و معالجه عصب استفاده شده است. (۶)

در زمینه ارتودنسی Wilson (۷) در سال ۱۹۹۴ با استفاده از تکنیک اجزای محدود سه بعدی دندان کانین را مدل سازی و نیروی اکستروزویو و اینتروزویو به دندان وارد کرد و PDL دندان را مورد تحلیل قرار داد. در مطالعه وی حداکثر تنش در PDL ناحیه آلوئولار کرسرست به مقدار 0.046 N/mm^2 بود در حالی که در ناحیه آپکس این مقدار 0.002 N/mm^2 محاسبه شد. وی به این نتیجه رسید، طی حرکات عمودی در دندان کانین، PDL ناحیه کرسرست فشار بیشتری نسبت به PDL آپکس تحمل می‌کند. Costopoulos (۸) در سال ۱۹۹۶ در زمینه میزان تحلیل ریشه در اینتروژن دندانهای قدامی تحقیقی انجام داد و به این نتیجه رسید که در گروه اینتروژن به‌طور متوسط تحلیل ریشه 0.4 میلی‌متر بیشتر از گروه کنترل



شکل ۱: مدل سه بُعدی دندانهای سانترال، لترال و کانین قرار داده شده در قوس ایده‌آل همراه با Tip و Torque ایده‌آل همراه با سیم چهارگوش در سمت باکال با اتصال Rigid به دندانها (مدل اجزای محدود)

خواص فیزیکی دندان، PDL و استخوان آلوئول که جهت تحلیل تنش لازم بود به کامپیوتر داده شد (۱۰-۱۱). سپس در مزیال دندان سانترال نیروی ۳۵ گرمی برای اینتروژن سه دندان اعمال گردید. در نهایت مدل توسط نرم افزار patran مورد بررسی قرار گرفت. (جدول ۱)

جدول ۱: خواص فیزیکی مواد به کار رفته در مدل اجزای محدود

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

یافته‌ها

شکل ۳ برای PDL دندان سانترال هنگام اعمال نیرو در مزیال مجموعه دندانی می‌باشد که در این تصاویر حداکثر تنش در ۱/۳ مارژینال ریشه سمت باکال و حداقل تنش در آپکس است. در شکل ۴ مشاهده می‌شود که در PDL لترال حداکثر فشار در آپکس و حداقل آن در انحنا دیستال ۱/۳ آپی‌کال قرار دارد. طبق شکل ۵ در مورد PDL دندان کانین، ناحیه مارژینال ریشه سمت مزیو باکال حداکثر فشار و ۱/۳ آپی‌کال و دیستال ریشه حداقل فشار دیده می‌شود. خلاصه تحلیل تنش درون PDL دندانهای قدامی هنگام اینتروژن در جدول ۲ آمده است.

وقتی که نیروی اینتروژن ۳۵ گرمی در ناحیه مزیال مجموعه دندانی سانترال، لترال و کانین وارد می‌آید. حداکثر تنش در PDL لترال و حداقل تنش در PDL کانین دیده می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص است هنگام اعمال نیرو در میدلاین حداکثر فشار در PDL لترال $2/53 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ و حداقل آن در PDL کانین $9/07 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2$ می‌باشد. چون PDL دندان کانین مورد تنش حداقل بود، کل آن به رنگ سیاه دیده می‌شود.

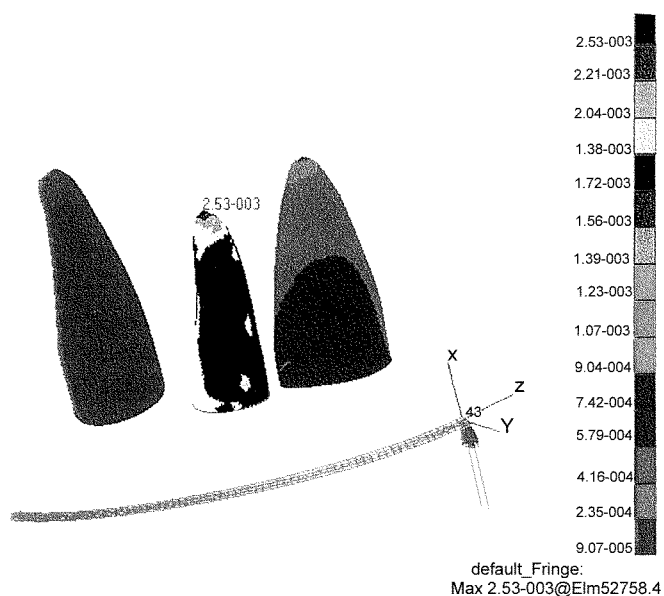
جدول ۲: نتایج تحلیل تنش در PDL دندانهای قدامی برای اعمال نیروی اینتروژن در میدلاین

ناحیه مورد بررسی	کل مجموعه دندانی	PDL دندان سانترال	PDL دندان لترال	PDL دندان کانین
میزان تنش	حداکثر تنش	حداکثر تنش	حداکثر تنش	حداکثر تنش
ناحیه مشاهده شده	آپکس لترال	۱/۳ مارژینال ریشه سمت باکال	انحنای دیستال ۱/۳ آپی‌کال ریشه باکال و مزیال	۱/۳ آپی‌کال ریشه سمت باکال و دیستال

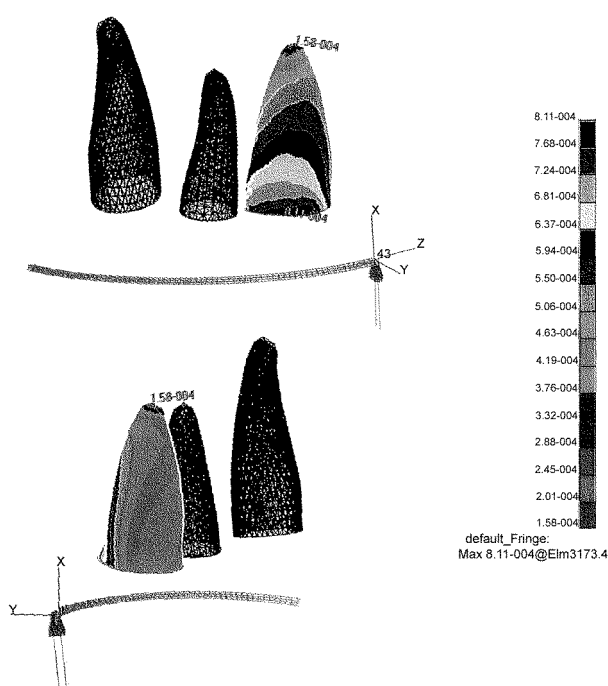
اینترودکننده مزیال دندان سانترال اعمال می‌شود، در کل مدل حداکثر تنش در آپکس لترال و حداقل تنش در ۱/۳ آپی‌کال سمت باکال و دیستال ریشه کانین می‌باشد. در

بحث

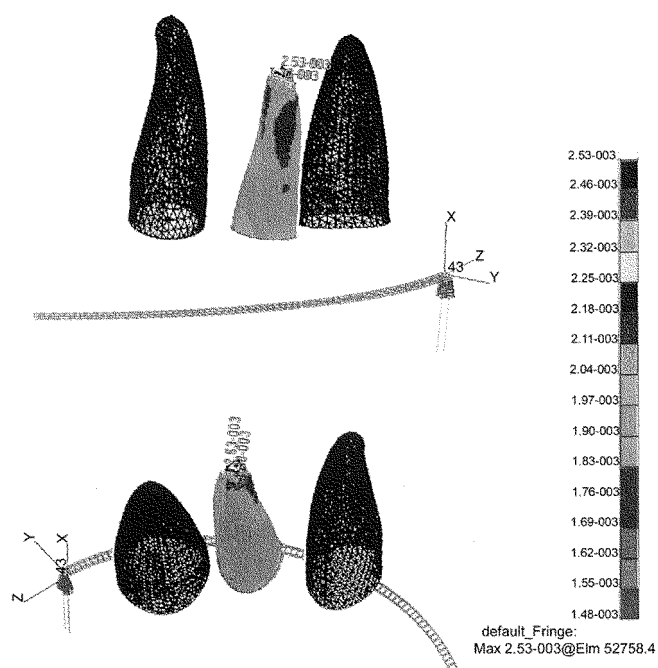
از لحاظ بررسی تنش PDL طی اینتروژن وقتی نیروی



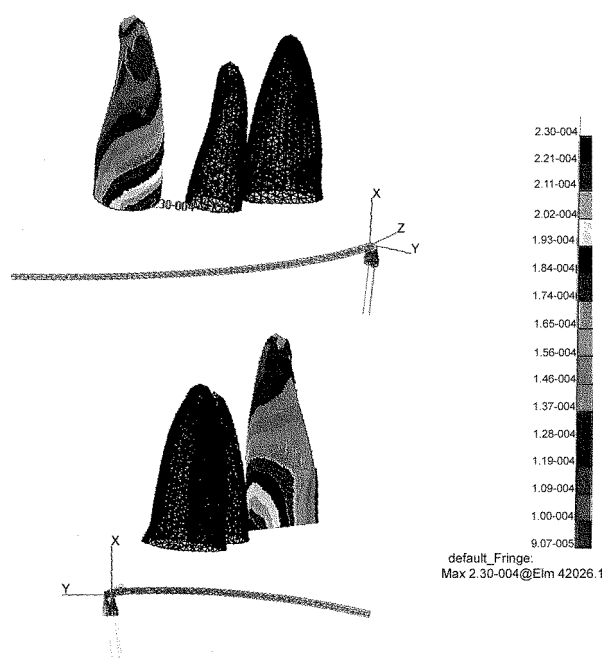
شکل ۲: تحلیل تنش در PDL دندانهای قدامی برای اعمال نیروی اینتروزیزو در میدلاین، نمای باکال.



شکل ۳: تصویر تحلیل تنش در PDL دندان سانترال برای اعمال نیروی اینتروزیزو در میدلاین، نمای باکال و پالاتال.



شکل ۴: تحلیل تنش در PDL دندان لترال برای اعمال نیروی اینتروزو در میدلاین، نمای باکال و پالاتال.



شکل ۵: تحلیل تنش در PDL دندان کانین برای اعمال نیروی اینتروزو در میدلاین، نمای باکال و پالاتال.

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 کانین اعمال شده بود). همچنین نحوه قرارگیری دندانها در مطالعه Wilson یک دندان کانین به صورت مستقیم درون استخوان آلوئول قرار داده شده بود در حالی که در مطالعه سه دندان قدامی سانترال و کانین با Tip و Torque ایده آل درون قوسی قرار داده شده بود با مطالعه Wilson متفاوت است. Halazonetis (۱۲) بر اساس FEM دو بعدی به این نتیجه رسید که حرکت Tipping فشار بیشتری نسبت به حرکت Bodily در PDL ایجاد می کند. این نتیجه بدست آمد که وقتی دندانی صرفاً اینترود می شود (مثل دندان لترال در این مطالعه)، تمرکز تنش در آپکس حداکثر خواهد بود، که این خود عاملی جهت تحلیل ریشه ضمن اینترودن می تواند باشد.

نتیجه گیری

هنگام اعمال نیروی اینترودیو برای شش دندان قدامی فک بالا در ناحیه میدلاین، حداکثر تنش در PDL دندان لترال ناحیه آپکس و حداقل تنش در PDL دندان کانین ۱/۳ آپیکال ریشه دیده می شود. در این مطالعه ابعاد دندانی نرمال و نحوه قرارگیری ایده آل دندانها در قوس فکی بررسی گردید که در این حالت ضمن اینترودن تجمع فشار در لترال بیشتر از سایر دندانها بود.

مسلماً ابعاد دندانی مختلف و قرارگیری متفاوت تمایل محوری دندانها نسبت به حالت نرمال، الگوی متفاوتی برای توزیع تنش و حداکثر تنشها و نقاط مستعد تحلیل ایجاد خواهد کرد که در تفسیر نتایج این مطالعه در حالات مختلف بالینی بایستی مدنظر باشد.

ناحیه سانترال کانتورهای تنش هر چه به سمت آپکس نزدیک شده، کمتر می شود و هر چه به سمت تاج نزدیک شده، بیشتر می شوند، به نحوی که حداقل فشار در آپکس و حداکثر فشار در مارژین ریشه سمت باکال می باشد. حرکت پیش بینی شده طبق این نوع الگوی تنش به سمت حرکت لبیالی تاج و Flar شدن سانترال ضمن اینترودن می باشد. در دندان سانترال نیرو نسبت به مرکز مقاومت دندان به صورت باکالی اعمال می شود که نتیجه آن ایجاد یک گشتاور در جهت Flaring لبیالی تاج ضمن اینترودن می باشد.

در ناحیه لترال یک الگوی توزیع تنش تقریباً یکنواخت در دو سمت لبیال و پالاتال دیده می شود، البته حداکثر تنش در آپکس می باشد. طبق این مدل توزیع تنش حرکت پیش بینی شده، اینترودن خالص خواهد بود. در ناحیه کانین الگوی توزیع تنش متفاوت با سانترال می باشد و نشان دهنده حداکثر کانتورتنش در ۱/۳ مارژینال ریشه سمت باکال و مزیال، همراه با حداقل تنش در ۱/۳ آپیکال است، هر چند که ناحیه آپکس کمی افزایش تنش را نشان می دهد. طبق این مدل کانتورتنش و حرکت پیش بینی شده به صورت Tipping تاج به سمت باکال و مزیال ضمن اینترودن این دندان خواهد بود، به نحوی که آپکس در جهت مخالف حرکت تاج حرکت خواهد کرد. در این ناحیه نیز نیرو چون در سمت مزیال دندان اعمال می شود، با توجه به Tip و Torque آن و مرکز مقاومت دندان، گشتاوری در جهت تیپ مزو باکال به دندان اعمال می گردد.

طبق مطالعه Wilson (۷) که به روش اجزای محدود سه بعدی الگوی تنش PDL را طی حرکات عمودی دندان کانین بررسی کرد، حداکثر تنش در ناحیه کرسنال PDL دیده شد. ولی طبق مطالعه حداکثر تنش در آپکس متمرکز

REFERENCES

1. Barton K. Overbite changes in the begg and edgewise techniques. Am J Orthod 1972; 62: 48-55.
2. Eganhouse G. Treatment of severe overbite malocclusion. Am J Orthod 1976; 70: 428-434.
3. Bench R, Gugino C, Hilgers J. Bioprogressive therapy. J Clin Orthod 1978; 12: 192-207.
4. Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion. Am J Orthod 1977; 72: 1-22.
5. Profit WR. Contemporary orthodontics, 3th ed. St Louis: Mosby; 2000, 546-550.
6. Rudolph D, Willes MG, Sameshima G. A finite element of apical force distribution from orthodontic tooth movement. Angle Orthod 2001; 71: 127-131.
7. Wilson N, Middleton B. The finite element analysis of stress in the periodontal ligament when subject to vertical orthodontic forces. Br J Orthod 1994; 21: 161-167.
8. Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996; 109: 543-548.
9. Andrews LF. The Diagnostic system: Occlusal analysis. Dent Clin North Am 1976; 20: 671-690.
10. Bobak V, Christansen R, Hollister S. Stress-related molar responses to the transpalatal arch: A finite element analysis. Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; 112: 512-518.
11. 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. Br J Orthod 1998; 25: 109-115.
12. Halazonetis DJ. Computer experiments using a 2-D model of tooth support. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996; 109: 598-606.