

بررسی تنش ایجاد شده در PDL دندان های قدامی مگزیلا به هنگام اعمال نیروی اینتروزیو در دیستال دندان نیش

دکتر سید مصطفی ابطاحی* دکتر فرزین هروی**

Evaluation of induced stress in PDL of anterior maxillary teeth by applying intrusive forces distal to the maxillary canine

SM Abtahi ❖

F Heravi

دریافت: ۸۴/۱۲/۲۴ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲

*Abstract

Background: One of the precise methods for evaluating periodontal responses to orthodontic forces is finite element method.

Objective: The aim of this study was to evaluate induced stresses in PDL of anterior teeth by application of intrusive forces distal to the canine.

Methods: Solid works software was used to translate bidimensional images of the maxillary teeth (central, lateral, canine) into tridimensional images. PDL and alveolar bone around 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. Intrusive forces (35gr) were applied on anterior wire distal to the canine and induced stresses were analyzed by means of MSC-PATRAN.

Findings: By delivery of intrusive forces between the lateral and canine teeth, the maximum stress was concentrated in PDL of canine (8.38×10^{-3} N/mm²) and the minimum stress was in PDL of central (7.6×10^{-6} N/mm²).

Conclusion: Application of intrusive forces on the distal of canine teeth lead to un homogenous stress distribution in anterior area due to intrusive and untended labiodistal movement. Therefore distal of canine is not an appropriate point for intrusive forces application.

Keywords: Maxilla, Orthodontics, Cuspid, Intrusive

* چکیده

زمینه: روش اجزای محدود یکی از روش‌های دقیق جهت بررسی پاسخ‌های دندان به نیروهای ارتودنسی است.

هدف: مطالعه به منظور تعیین تنش ایجاد شده در لیگامان پریودنتال (PDL) دندان‌های قدامی هنگام اعمال نیروی اینتروزیو در دیستال دندان نیش فک بالا انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی که در دانشکده دندان‌پزشکی مشهد انجام شد، تصاویر دو بعدی دندان‌های میانی، کناری و نیش فک بالا توسط نرم افزار Solid works به تصاویر سه بعدی تبدیل شدند. سپس PDL و استخوان آلوئول اطراف دندان‌ها ایجاد شد. دندان‌های قدامی روی قوس ایده‌آل با زاویه مناسب قرار گرفت و در سطح لیبال آنها سیم چهارگوش با اتصال سخت به دندان‌ها قرار داده شد. این مدل‌ها توسط نرم افزار MSC-NASTRAN به مدل اجزای محدود تبدیل شد. سپس روی سیم متصل به دندان‌ها در قسمت دیستال دندان نیش نیروی اینتروزیو ۳۵ گرمی اعمال شد و نرم افزار MSC-PATRAN آن را تحلیل کرد.

یافته‌ها: هنگام اعمال نیروی اینتروزیو در دیستال دندان نیش، حداکثر تنش (8.38×10^{-3} N/mm²) در PDL دندان نیش و حداقل تنش (7.6×10^{-6} N/mm²) در PDL دندان میانی دیده شد.

نتیجه‌گیری: اتصال نیروی اینتروزیو در دیستال دندان نیش به علت ایجاد حرکت اینتروزیو همراه با حرکت لیبودیستالی، توزیع تنش غیر یکنواختی را در ناحیه قدامی ایجاد می‌کند و نقطه مناسبی جهت اعمال نیروی اینتروزیو نیست.

کلید واژه‌ها: فک بالا، ارتودنسی، دندان نیش، اینتروزیو

* استادیار ارتودنسی دانشکده دندان‌پزشکی همدان

** استادیار ارتودنسی دانشکده دندان‌پزشکی مشهد

آدرس مکاتبه: همدان، میدان فلسطین، دانشکده دندان‌پزشکی، بخش ارتودنسی، تلفن: ۰۸۱۱-۲۵۱۶۰۶۰

* مقدمه:

درمان دیپ بایت (deep bite) دندان‌های به‌طور عمده با اکستروژن دندان‌های خلفی، اینتروژن دندان‌های قدامی یا ترکیبی از هر دو انجام می‌شود.^(۱) با مروری بر روش‌های مختلف اینتروژن مشخص می‌شود که اینتروژن به روش برستون مؤثرترین روش اینتروژن واقعی است.^(۲) در این روش، اینتروژن آرچ را می‌توان به قسمت‌های مختلف قوس در ناحیه قدامی متصل کرد که هر نوع اتصال، یک الگوی خاص تنش در PDL دندان‌های قدامی ایجاد می‌کند. تحلیل تنش در دندان‌های پیشکی با استفاده از لاک الکل شکننده، مدل‌های ریاضی، Laser holography، کرنش‌سنج الکتریکی و روش اجزای محدود قابل اجراست.^(۳) روش اجزای محدود یک روش دقیق تحلیل تنش با استفاده از رایانه است. از روش اجزای محدود در دندان‌های پیشکی در موضوع‌های مختلف از جمله تحلیل تنش در ساختمان دندان، بیومتریال، ترمیم، ایمپلنت دندان و معالجه عصب استفاده شده است.^(۳)

در مطالعه‌های ارتودنسی، موس و همکاران در سال ۱۹۸۵ طی گزارشی به معرفی روش اجزای محدود پرداختند و از آن برای شبیه‌سازی و تخمین رشد کرانیوفاسیال استفاده کردند.^(۴)

ویلسون در سال ۱۹۹۴ با استفاده از روش اجزای محدود سه بعدی دندان‌نیش را مدل‌سازی کرد. او نیروی اکستروزیو و اینتروزیو به دندان وارد نمود و لیگامان پریودنتال (PDL) دندان را مورد تحلیل قرار داد. در مطالعه وی حداکثر تنش در PDL ناحیه آلوئولار کرسرست به مقدار 0.0046 N/mm^2 بود در حالی که در ناحیه آپکس این مقدار 0.002 N/mm^2 محاسبه شد. وی به این نتیجه رسید که طی حرکات عمودی در دندان‌نیش، PDL ناحیه کرسرست فشار بیشتری نسبت به PDL آپکس تحمل می‌کند.^(۵)

تان و همکاران در سال ۱۹۸۸ با استفاده از مدل سه بعدی دندان میانی به روش اجزای محدود 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 محل می‌دهد و این نسبت به مقدار گشتاور بسیار حساس است. طبق یافته‌های آنان نسبت $M/F = -9/35$ برای حرکت ریشه (CR در نوک انسیزال)، $M/F = -8/39$ برای حرکت بادبلی، $M/F = -6/52$ برای تپینگ کنترل شده است.^(۶)

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

کارداروپول در سال ۲۰۰۱ طی مطالعه‌ای به تأثیر اینتروژن در تغییر ضایعه‌های استخوانی پریودنتال توجه کرد. وی نتیجه گرفت که در بیماران بالغ با مشکلات پریودنتال و نواقص استخوانی، اعمال نیروی اینتروزیو بعد از جراحی پریودنتال مناسب، باعث تغییر استخوان آلوئول و بافت پریودنتال در جهت بهبود ضایعه می‌شود.^(۸)

هدف مطالعه حاضر تعیین تنش ایجاد شده در PDL دندان‌های قدامی هنگام اعمال نیروی اینتروزیو در دیستال دندان‌نیش فک بالاست.

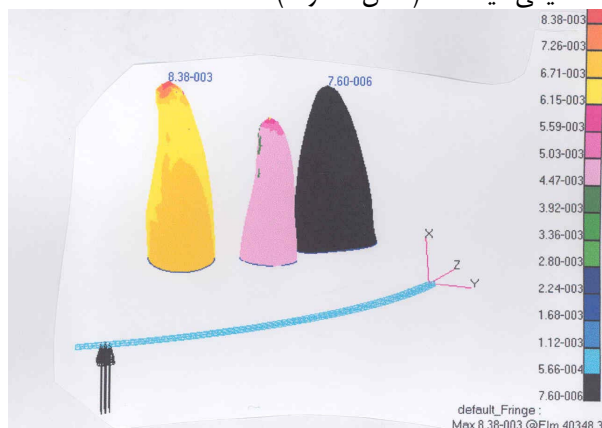
* مواد و روش‌ها:

این مطالعه تجربی در سال ۱۳۸۲ در دانشکده دندان‌پزشکی مشهد به وسیله روش اجزای محدود سه بعدی و نرم افزار Patran و Nastran انجام شد. جهت اجرای این مطالعه سه دندان قدامی فک بالا (میانی، کناری و نیش) به صورت سه بعدی مدل‌سازی شدند. مراحل سه بعدی سازی عبارت بودند از: اسکن تصاویر دو بعدی دندان‌ها از نمای مختلف، تبدیل تصاویر دو

سیم استیل زنگ نزن (Poisson's ratio=0.3,
Young's modulus (Mpa)= 20×10^4)
و استخوان آلوئول (Poisson's ratio=0.3,
Young's modulus (Mpa)= 1.37×10^4)
این خواص فیزیکی جهت تحلیل تنش به رایانه داده
شد.^(۱۱،۱۰) سپس در دیستال دندان نیش نیروی ۳۵ گرمی
برای اینترورژن سه دندان اعمال و در نهایت مدل توسط
نرم افزار Patran تحلیل شد.

* یافته‌ها :

هنگام اعمال نیروی اینترورژو در دیستال دندان نیش
حداکثر تنش ($8/38 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$) در PDL دندان
نیش و حداقل تنش ($7/60 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^2$) در PDL دندان
میانی دیده شد (شکل شماره ۲).



شکل ۲- نمای باکال تحلیل تنش در PDL دندان‌های
قدامی برای اعمال نیروی اینترورژو در دیستال دندان
نیش

در PDL سانتال حداکثر تنش در ثلث حاشیه‌ای سمت
لبیال و دیستال و حداقل آن در آپکس بود. در PDL
لترال حداکثر تنش در آپکس و حداقل آن به صورت
نوار در سطح لبیال در وسط ریشه (از لحاظ
مزبودیستالی) قرار داشت. در PDL نیش حداکثر تنش
در آپکس و حداقل تنش در ثلث حاشیه‌ای سمت میال
دیده شد. نتایج تحلیل تنش PDL دندان‌های قدامی
وقتی نیروی اینترورژو در دیستال دندان نیش اعمال
می‌شود در جدول شماره ۱ آمده است.

بعدی به نقشه‌های دو بعدی رایانه‌ای، تهیه مدل‌های سه
بعدی با استفاده از نقشه‌های دو بعدی به وسیله نرم
افزار solid work، مدل‌سازی PDL و استخوان اطراف
دندان‌ها به وسیله نرم افزار Proengineer. در مرحله بعد
دندان‌ها روی یک قوس ایده آل با tip و تورک
(torque)^(۹) مناسب قرار داده شدند و جهت
یکپارچه‌سازی آنها یک سیم از جنس استیل زنگ نزن
چهار گوش با ابعاد $0/022 \times 0/028$ اینچ به سطح لبیال
دندان‌ها متصل شد. سپس کل مدل توسط نرم افزار
Nastran به مدل اجزای محدود سه بعدی تبدیل شد.
کف استخوان آلوئول به عنوان تکیه گاه مدل در نظر
گرفته شد (شکل شماره ۱).



شکل ۱- مدل سه بعدی دندان‌های میانی، کناری و
نیش قرار داده شده در قوس ایده‌آل همراه با tip و
torque ایده‌آل همراه با سیم چهار گوش در سمت
لبیال با اتصال سخت به دندان‌ها (مدل اجزای محدود)
در خط وسط، درجه آزادی سیم در دو جهت Z و Y محدود
شد 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 می‌کرد. به علاوه جهت
ایجاد شرایط واقعی، در خط وسط شرایط قرینه برای نرم افزار
تعریف شد. بدین ترتیب با وجود این که مدل دارای سه دندان
بود ولی شرایط به نحوی تعریف شد که بتوان نتایج را برای
شش دندان قدامی تعمیم داد. خواص فیزیکی مواد به کار رفته
در این مطالعه عبارت بودند از:

دندان (Poisson's ratio=0.3,
Young's modulus (Mpa)= 1.96×10^4)
PDL (Poisson's ratio=0.46,
Young's modulus (Mpa)= 6.66×10^{-1})

جدول ۱- نتایج تحلیل تنش در PDL دندان های قدامی برای اعمال نیروی اینتروزیو دیستال دندان نیش

| PDL دندان نیش | | PDL دندان کناری | | PDL دندان میانی | | بررسی کلی در ناحیه قدامی | |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| حداقل تنش | حداکثر تنش | حداقل تنش | حداکثر تنش | حداقل تنش | حداکثر تنش | حداقل تنش | حداکثر تنش |
| ثلث حاشیه‌ای سمت پالات و مزیال | انتهای ریشه | $\frac{3}{4}$ طول ریشه وسط سمت لیبال | انتهای ریشه | انتهای ریشه | ثلث حاشیه‌ای سمت دیستال | دندان میانی | دندان نیش |

* بحث و نتیجه‌گیری:

بود. نحوه اعمال نیرو در این مطالعه به سیم متصل به ناحیه لیبال دندان‌ها بود، در حالی که در مطالعه ویلسون به صورت موازی با محور طولی دندان در نوک کاسپ دندان نیش اعمال شده بود. همچنین نحوه قرارگیری دندان‌ها در مطالعه ویلسون یک دندان نیش به صورت مستقیم درون استخوان آلوئول قرار داده شده بود، در حالی که در مطالعه حاضر سه دندان قدامی میانی و نیش و کناری با torque و tip ایده آل درون قوس قرار داده شده بودند.

اصل سوم برستون برای اینتروزن انتخاب دقیق محل اثر نیرو نسبت به مرکز مقاومت دندان‌هایی است که باید اینترود شوند.^(۱۳) طبق این مطالعه به شرطی که تمایل محوری دندان‌ها طبیعی باشد، اتصال نیروی اینتروزیو در دیستال دندان نیش به علت ایجاد حرکت اینتروزیو همراه با حرکت لیبودیستالی، باعث توزیع تنش غیر یکنواختی می‌شود که به نظر می‌رسد جهت اینتروزن دندان‌های قدامی نقطه مناسبی جهت اعمال نیروی اینتروزیو نباشد. برخلاف این نظر، بالکز با استفاده از روش هالوگرافی نشان داد که وقتی ۶ دندان قدامی به عنوان سگمنت قدامی در نظر گرفته شود، مرکز مقاومت باید نزدیک ۷ میلی‌متر دیستال نیش باشد.^(۱۲) برستون برای اتصال

در این مطالعه در کل مدل، حداکثر تنش در آپکس دندان نیش و حداقل آن در آپکس دندان میانی بود. در این حالت در ناحیه میانی حداکثر تنش در ثلث حاشیه‌ای سمت لیبال و دیستال و حداقل آن در آپکس بود که احتمالاً نوع حرکت ایجاد شده اینتروزن همراه با تیپینگ به سمت لیبودیستال است. در ناحیه لترال حداکثر تنش در آپکس و حداقل آن به صورت نواری در سطح لیبال در وسط ریشه (از لحاظ مزبودیستالی) بود که حرکت احتمالی اینتروزن همراه با تیپینگ کامی است. PDL نیش در این حالت حداکثر تنش را در آپکس و حداقل تنش را در ثلث حاشیه‌ای سمت مزیال نشان می‌دهد. کانتور تنش در سمت لیبال و دیستال قوی‌تر از سمت کامی و مزیال است. حرکت احتمالی اینتروزن همراه با تیپینگ به سمت لیبال و دیستال است.

ویلسون به روش اجزای محدود سه بعدی الگوی تنش PDL را طی حرکات عمودی دندان نیش بررسی کرد که حداکثر تنش در ناحیه کرسنال PDL دیده شد.^(۵) ولی در مطالعه حاضر حداکثر تنش در آپکس متمرکز بود. البته این مطالعه از لحاظ تعداد دندان، نحوه اعمال نیرو و همچنین نحوه قرارگیری دندان‌ها با مطالعه ویلسون متفاوت

نیروی اینتروژن در دیستال دندان نیش اعمال می‌شود، حداکثر تنش در PDL دندان نیش ناحیه آپکس و حداقل تنش در PDL دندان میانی ناحیه آپکس دیده می‌شود. اتصال نیروی اینتروژن در دیستال دندان نیش به علت ایجاد حرکت اینتروژن همراه با حرکت لیویدیستالی، توزیع تنش غیر یکنواختی را در سگمنت قدامی ایجاد می‌کند که به نظر می‌رسد جهت اینتروژن دندان‌های قدامی، نقطه مناسبی جهت اعمال نیروی اینتروژن نمی‌باشد.

* مراجع :

1. Dermaut De Pauw. Biomechanical aspects of cl II mechanics with special emphasis on deep bite correction as a part of the treatment goal. In: Nada R. Biomechanic in clinical orthodontics. Philadelphia: Saunders Co; 1997. 86
2. Itoh T, Chaconas SJ. Photoelastic effect of maxillary protraction on the craniofacial complex. Am J Orthod Dentofacial Orthop 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, et al. Finite element method modeling of craniofacial growth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1985; 87: 453-72
5. 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: 161-7
6. Tanne K, Koenig HA, et al. Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988; 94: 426-31
7. Jeon O, Turley PK, Ting K. Three-dimensional finite element analysis of stress in the periodontal ligament of the maxillary first molar with simulated bone loss. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001; 119: 498-503
8. Cardaropoli D, Corrente G, Abondo R. Intrusion of migrated incisor with infrabony

اینتروژن آرچ به ۴ دندان قدامی، دیستال لترال را انتخاب و ملسن نیز این انتخاب را تایید کرده است. (۱۵و۱۴)

طبق این مطالعه مشخص شد که آپکس دندان‌های کناری و نیش در معرض تنش زیادی هستند که آنها را مستعد تحلیل خواهد کرد. کاستوپولوس طی مطالعه خود به این نتیجه رسید که هر چه حرکت آپکس طی اینتروژن بیشتر باشد تحلیل ریشه هم بیشتر خواهد بود. (۱۶) این مطلب در مورد دندان‌های کناری و نیش در مطالعه ما صدق می‌کند.

در این مطالعه ابعاد دندانی طبیعی و نحوه قرارگیری ایده آل دندان‌ها در قوس فکی بررسی شد که در این حالت ضمن اینتروژن، تجمع تنش در دندان نیش بیشتر از سایر دندان‌ها بود. مسلماً ابعاد دندانی مختلف و قرارگیری متفاوت محور دندان‌ها نسبت به حالت طبیعی، الگوی متفاوتی برای توزیع تنش و حداکثر تنش‌ها و نقاط مستعد تحلیل ایجاد خواهد کرد که در تفسیر نتایج این مطالعه در حالت‌های مختلف بالینی باید مدنظر باشد. در این مطالعه سه دندان قدامی مدل‌سازی شد، در حالی که گاهی اینتروژن شش دندان قدامی لازم است (حالت کلاسیک اینتروژن آرچ برستون). علت این‌که شش دندان قدامی مورد تحلیل قرار نگرفت این است که مدل دارای شش دندان، حجم بالایی دارد و نرم افزار تحلیل کننده که در این مطالعه استفاده شد، قادر به پردازش اطلاعات مربوطه نبود. البته در این مطالعه سعی شد با محدود کردن درجه آزادی سیم در ناحیه خط وسط، از ایجاد نیروهای جانبی غیر واقعی در این ناحیه جلوگیری شود و در ضمن شرایط قرینه در ناحیه خط وسط برای نرم افزار تعریف شد. بدین ترتیب با وجود این که مدل دارای سه دندان بود، ولی شرایط به نحوی تعریف شد که بتوان نتایج آن را برای شش دندان قدامی تعمیم داد.

به‌طور کلی بر اساس مدل اجزای محدود سه بعدی، وقتی شش دندان قدامی به‌صورت یکپارچه در می‌آیند و

intrusion using the laser reflection technique and holographic interferometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90: 211-20

13. Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1977; 72: 1-22

14. Burston CJ, Shroff B, et al. Simultaneous intrusion and retraction using a three-piece base arch. *Angle Orthod* 1997; 67: 455- 62

15. Melsen B, Agerbaek N, et al. New attachment through periodontal treatment and orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988; 94: 104-16

16. Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109: 543-8

defects in adult periodontal patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120: 671-5

9. Andrews LF. The Diagnostic system: Occlusal analysis. *Dent Clin North Am* 1976; 20: 671-90

10. Bobak V, Christansen R, et al. Stress-related molar responses to the transpalatal arch: A finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112: 512-8

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: 109-15

12. Blucke MM, Bermaut LR, et al. The center of resistance of anterior teeth during