

بررسی بیومکانیکال نیروی جویدن پس از ریداکشن و ثابت سازی الگوهای مختلف شکستگی زاویه فک پایین با استفاده از روش‌های مختلف مینی پلیت گذاری توسط Finite Element Analysis

کازم خیابانی^۱، سیف اله همت^۲، روح اله رزم دیده^{۳*}، سید امید کیهان^۴، مجید احمد فر^۲

چکیده

زمینه و هدف: هدف ارزیابی بیومکانیکال نیروی جویدن با روش Finite Element Analysis در شکستگی ناحیه زاویه فک پائین پس از درمان با روش‌های مختلف مینی پلیت گذاری و مقایسه آن با مندبیل سالم و تعیین مطلوبترین روش مینی پلیت گذاری در شکستگی ناحیه زاویه فک پائین از نظر بدست آوردن بهترین نیروی جویدن می‌باشد.

روش بررسی: از تصاویر (cone beam computed tomography) CBCT تهیه شده از مندبیل انسان مدل سه بعدی جهت انجام Finite Element Analysis بازسازی گردید. چهار الگوی مختلف شکستگی بروی مدل‌ها ایجاد گردید. هر الگوی شکستگی توسط پنج روش مختلف پلیت گذاری ثابت شد پس از اعمال نیروهای عضلات نیروی جویدن برحسب نیوتن ثبت گردید.

یافته‌ها: بهترین نیروی جویدن متعلق به الگویی بود که در آن یک مینی پلیت بروی ریج مایل خارجی و یک مینی پلیت در بوردر تحتانی کورتکس طرفی مندبیل قرار داده شده بود. کمترین نیروی جویدن نیز مربوط به قرار دادن یک مینی پلیت بر روی بوردر فوقانی کورتکس طرفی بود.

نتیجه‌گیری: Finite Element Analysis روشی موثر در اندازه‌گیری غیر مستقیم نیروی جویدن می‌باشد. جهت بازسازی نیروی جویدن مطلوب از لحاظ بیومکانیکی در افراد دچار شکستگی ناحیه زاویه فک پائین توصیه می‌شود از دومینی پلیت در دو پلن مختلف استفاده شود.

کلید واژگان: نیروی جویدن، انالیز finite element، شکستگی زاویه مندبیل، مینی پلیت.

۱-استادیار گروه جراحی فک و صورت.

۲- جراح فک و صورت.

۳- دستیار جراحی فک و صورت.

۱ و ۲ و ۳- گروه جراحی فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران.

* نویسنده مسؤول:

روح اله رزم دیده؛ گروه جراحی فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران.

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۷۷۱۲۹۳۴۱

Email: R.Razmdideh@gmail.com

مقدمه

شکستگی‌های فک پائین بعلت بیرون زدگی این استخوان بسیار شایع است و در حدود ۲۳ تا ۹۷ درصد از کل شکستگی‌های صورت را در برمی‌گیرد (۱-۳). شایعترین علت‌های شکستگی استخوان فک پائین، تصادف با موتور، افتادن از ارتفاع، درگیری و آسیب دیدن در ورزش است. (۴) روش‌های بسیار متنوعی جهت ثابت نمودن قطعات استخوانی ارائه شده اند (۱۵-۱۳). از بین این روشها مناسبترین و استانداردترین روش، استفاده از فیکساسیون داخلی توسط مینی پلیت و پیچ می‌باشد (۱۸-۱۶) که در حال حاضر بصورت گسترده ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. (۲۰-۲۱) استفاده از پلیت‌ها علاوه بر اینکه می‌تواند سبب کاهش عوارض مذکور گردند به بازتوانی سریع بیمار و کاهش مدت زمان بستری در بیمارستان، از بین رفتن نیاز به فیکساسیون بین فک (IMF) و بهبود روابط بین فکی کمک می‌کند. اما از طرف دیگر محدودیت‌های آناتومیک و بیومکانیکال موجود در مند بیل استفاده از این مینی پلیت‌ها را در برخی نواحی فک پائین با مشکل مواجه می‌سازد. این مشکلات شامل شل شدن پیچ‌ها (۲۲-۲۴) خم شدن مینی پلیت (۲۵) و در برخی موارد شکستگی پلیت (۲۶) می‌باشند که در ۲۵-۲۰ درصد از بیماران مشاهده می‌گردد (۲۷).

برخی مطالعات نشان داده اند که فیکساسیون با استفاده از یک مینی پلیت که به توصیه *champhy* در بوردر فوقانی ناحیه زاویه فک پائین قرارداد می‌شود (۲۸) سبب حصول نتایج بهتر و عوارض کمتری نسبت به قرارداد دو مینی پلیت در ناحیه خواهد شد (۲۹) در حالیکه مطالعات دیگری نشان داده اند که استفاده از دو مینی پلیت در شکستگی‌های ناحیه زاویه فک پائین سبب ثبات بهتر و عوارض کمتر خواهد شد. (۳۰) و (۳۱) از طرف دیگر مطالعاتی نشان داده اند که جهت، طول، شکل، مطلوب و غیرمطلوب بودن شکستگی بر نحوه وارد

آمدن نیرو توسط عضلات بر محل شکستگی تاثیر گذار است (۳۲). با توجه به وجود اختلاف نظر در زمینه استفاده از یک یا دو مینی پلیت و نحوه قرارگیری آن در محل شکستگی (۳۳) و نیز کاستی مطالعات گذشته نیروی جویدن در الگوهای مختلف شکستگی زاویه فک پائین پس از فیکساسیون با چندین روش پلیت گذاری توسط *finite element (FEA)* پردازیم. چون رابطه بین کارایی سیستم جویده و نیروی جویدن در مقالات ثابت شده است (۶). و حداکثر میزان نیروی جویدن یک پارامتر و شاخص از فانکشن و کارایی سیستم جویده محسوب میشود که به اسانی قابل اندازه گیری است (۶). این نیرو با فعالیت دینامیک سیستم جویده در طول عمل فیزیوژیک ایجاد میشود و یک پارامتر مهم در ارزیابی سلامتی سیستم جویده بشمار می‌رود (۶). به همین دلیل در این مطالعه به بررسی میزان نیروی جویدن در شکستگی‌های زاویه فک پائین پس از الگوهای مختلف مینی پلیت گذاری پرداخته می‌شود. نتیجه این تحقیق منجر به انتخاب بهترین روش مینی پلیت گذاری در هر یک از الگوهای شکستگی زاویه فک پائین از لحاظ باز گرداندن نیروی جویدن نزدیک به حالت طبیعی و در نهایت منجر به بازگشت سریعتر بیمار به فانکشن و تسریع فرایند التیام و کاهش عوارض پس از عمل می‌گردد. ضمنا با توجه به اینکه بررسی نیروی جویدن بصورت مستقیم بروی بیمار در بسیاری از موارد عملی نبوده و یا اینکه از نظر اخلاقی غیر قابل انجام است. (به دلیل شکستگی مندبیل و ترومای حین جراحی به عضلات جویده و سیستم حفاظتی نورو ماسکولار و فاکتورهای روانی، حداکثر نیروی عضلات جهت ثبت نیروی جویدن ممکن است توسط بیمار اعمال نشود (۹-۱۲). روش *FEA* از جمله روش‌هایی است که برای دستیابی به پاسخ سوالات بیومکانیک ابداع شده است. اولین بار در صنعت هوا و فضا مورد

پلیت ها بروی مدل های برش خورده و سایر قطعات مدل بروی هم توسط نرم افزار Solid works -cad ۲۰۱۲ صورت گرفت (۳۷). در این مطالعه پیچ و مینی پلت ساخت شرکت SYNTHESIS به عنوان الگو استفاده شد. پلیت از نوع باردار ۴ سوراخه با قطر ۱/۲۵ میلی متر و طول ۲۸ میلی متر و پیچ با قطر ۲ میلی متر و طول ۸ میلی متر در نظر گرفته شدند. (شکل ۳)

انواع شکستگی های استخوانی در فرم های مطلوب و غیر مطلوب عمودی و افقی به همراه مدل های مختلف پلیت گذاری که مجموعاً شامل ۲۰ حالت می شود. (شکل ۱)

(۴ نوع شکستگی هر کدام با ۵ نوع مختلف پلیت گذاری). در نرم افزار مدل سازی 3-matic ver 6.0. بروی مدل بازسازی شده ۳۶. جهت ایجاد شکستگی مطلوب و نامطلوب افقی خط شکستگی با زاویه ۲۰ درجه در جهت عقربه های ساعت و ۲۰ درجه خلاف جهت عقربه های ساعت در پلن ساجیتال ایجاد شد و جهت ایجاد فرم مطلوب و نامطلوب شکستگی در بعدی عمودی خط شکستگی با زاویه ۲۰ درجه در جهت عقربه های ساعت و ۲۰ درجه خلاف جهت عقربه های ساعت نسبت به خط عمود بر کورتکس باکال در پلن آگزیتال ایجاد گردید. فاصله بین دو قطعه پس از ایجاد شکستگی یک دهم میلی متر در نظر گرفته شد. سپس الگوهای مختلف پلیت گذاری بروی مدل های سه بعدی اعمال شد (شکل ۲).

این الگوها شامل موارد زیر می باشد: الگوی ۱ (یک مینی پلیت بروی ریح مایل خارجی) (۲۸). الگوی ۲ (یک مینی پلیت بروی بوردر فوقانی کورتکس طرفی) و الگوی ۳ (یک مینی پلیت بروی ریح مایل خارجی و یک مینی پلیت در بوردر فوقانی کورتکس طرفی). الگوی ۴ (یک مینی پلیت بروی ریح مایل خارجی و یک مینی پلیت در بوردر تحتانی کورتکس طرفی ۳۸. الگوی ۵ (یک مینی پلیت بروی بوردر فوقانی کورتکس طرفی و یک مینی پلیت در بوردر تحتانی کورتکس طرفی) (۳۹).

استفاده قرار گرفت. ولی سرعت توانست در علم بیولوژیک نیز وارد شود (۵). این روش کارایی خود را در حیطه وسیعی از علوم از جمله پزشکی و دندانپزشکی ثابت کرده است. امروزه در تمام علوم و صنایع در رفع بسیاری از مشکلات پیچیده بکار میرود و امکان مطالعه دقیق مسائل مختلف را فراهم می کند (۵).

روش بررسی

از ارشيو تصاویر CBCT (cone beam computed tomography) پائین بیماران مراجعه کننده به دانشکده دندانپزشکی اهواز که بصورت آگزیتال با مقاطعی با ضخامت سه دهم میلی متر و فواصل ۰/۳ میلی متر با محدوده تصویر برداری ۵۱۲ × ۵۱۲ پیکسل اسکن شده بودند و یک تصویر به صورت تصادفی با معیار های زیر انتخاب گردید: (دارا بودن اکلوژن نرمال، عدم وجود اختلالات کرانیو فاشیال و ضایعات پاتولوژیک و عدم وجود سابقه تروما. عدم وجود دندان عقل در ناحیه و سن بین ۲۰ تا ۳۰ سال) (۳۴).

نمونه انتخاب شده دارای ۴۱۹ مقطع بود. در ۴۱۹ فایل جداگانه با پسوند dicom ذخیره شد سپس فایل ها به نرم افزار minicsver.16.0 منتقل گردید (۳۷). ساخت هر سه پلن فضایی آگزیتال و کروئال و ساجیتال به روش جداسازی بصورت دستی جهت افزایش دقت مدل صورت گرفت و جداسازی هر تصویر بوسیله بخش بندی تصویر به مناطق پیوسته و بدون مرز مشترک انجام شد. بدین ترتیب استخوان کورتیکال و استخوان اسفنجی و دندان ها از هم مجزا گردیدند. دندان ها متصل به استخوان کورتیکال در نظر گرفته شدند (۳۷). پس از قرار گیری مقاطع در کنار یکدیگر مدل با پسوند STL بازسازی شد. مدل کامل شده فک پائین به نرم افزار 3.Maticver .6.0 برای ساخت سطوح هندسی سه بعدی توپر وارد گردید. مدل سازی پیچ ها و مینی پلیت ها ایجاد برش استخوانی و مونتاژ کردن پیچ ها و مینی

این الگو بعنوان شکستگی عمودی نامطلوب و جابجایی در بعد فوقانی به عنوان شکستگی افقی نامطلوب تلقی شد.

بنابراین چهار مدل شکستگی ایجاد شده :

* **Mode1**: شکستگی مطلوب افقی و مطلوب عمودی

* **Mode2**: شکستگی مطلوب افقی و نامطلوب عمودی

* **Mode3**: شکستگی نامطلوب افقی و نامطلوب عمودی

* **Mode4**: شکستگی نامطلوب افقی و مطلوب عمودی

در هر مدل با الگوهای مختلف پلیت گذاری نیروی جویدن بدست آمد.

نیروی جویدن در مندیبل سالم بدون شکستگی در الگوی جویدن 83، ICP نیوتن ثبت شد. مقدار نیروی جویدن در الگوهای مختلف پلیت گذاری در مدل‌های مختلف شکستگی (20 مدل) در جدول و نمودار ۱ نشان داده شده است. بررسی این جدول نشان می‌دهد که در همه مدل‌های شکستگی مندیبل پس از درمان با مینی پلیت نیروی جویدن کاهش می‌یابد. از میان الگوهای مختلف پلیت‌گذاری بیشترین نیروی جویدن مربوط به الگوی پلیت‌گذاری 4 و کمترین نیروی جویدن در الگوی 2 پلیت‌گذاری بدست آمد و در همه مدل‌ها در روش دو مینی پلیت‌گذاری نسبت به یک مینی پلیت نیروی جویدن بیشتر بود. در مدل‌های **Mode 1** و **Mode 3** و **Mode 4** بعد از الگوی 4، الگوی 3 در رتبه دوم، الگوی 5 در رتبه سوم و الگوی 1 در رتبه چهارم و الگوی 2 در رتبه آخر قرار گرفت. در این میان در **Mode2** استثناء وجود دارد. در این مدل مانند مدل‌های قبلی الگوی 4 در رتبه اول بود ولی الگوی 5 در رتبه دوم، الگوی 3 در رتبه سوم، الگوی 2 در رتبه چهارم و الگوی 1 در رتبه پنجم قرار می‌گیرد. این استثناء بیانگر آن است که علاوه بر الگوی الگوی پلیت‌گذاری

هرمینی پلیت با چهار عدد پیچ بصورت مونو کورتیکال در تماس مستقیم با استخوان در دو طرف خط شکستگی ثابت شد. جهت بازسازی نیروی جویدن در نرم افزار **Abaqus ver. 6.12** قسمت فوقانی کندیل‌های دوسمت در فضا ثابت نگه داشته شد و فقط اجازه حرکت چرخشی به آنها داده شد محل اتصال و بردار اعمال نیروی عضلات جویده با توجه به پیشینه تحقیقاتی تعیین گردید. 40

جهت بدست آوردن حداکثر نیروی جویدن، از حرکت دندان‌های کانین پرمولرها و مولر‌های دو سمت در بعد عمودی ممانعت به عمل آمد و پس از اعمال نیروی‌های عضلات جویده، حداکثر نیروی واکنشی وارد شده بر سطح اکلوزال دندان‌های مذکور برحسب نیوتن بعنوان نیروی جویدن در **ICP) Clenching in the intercuspal position** ثبت شد (۱۹) (شکل ۴).

پس از مراحل فوق بارگذاری توسط نرم افزار **Abaqus ver. 6.12** در مندیبل سالم و الگوهای مختلف شکستگی و مینی پلیت گذاری صورت گرفت و نیروی جویدن در هر الگو بدست آمد.

از آنجا که این یک مطالعه شبیه سازی می‌باشد و روی یک نمونه کار می‌کند. ملاحظات اماری و اخلاقی ندارد.

یافته‌ها

در این مطالعه پس از اعمال الگوهای جویدن بروی مدل‌ها، در بعد فوقانی - تحتانی کشش عضلات ماستر و تمپورالیس و تریگوئید داخلی بر روی قطعه پروگزیمال به سمت بالا بود.

در بعد داخلی - خارجی در الگوی جویدن **ICP** تقابل عضلات ماستر و تمپورالیس و تریگوئید داخلی و خارجی به نفع عضله ماستر و تمپورالیس بوده و برابند کشش عضلات بروی قطعه پروگزیمال به سمت خارج بود.

در Mode2 که جزء افقی شکستگی مطلوب و جزء عمودی نامطلوب است نیروی جویدن بیشتر از Mode4 می‌باشد که در آن جزء افقی نامطلوب و جزء عمودی مطلوب است. بنابراین در موارد مشابه 'شکستگی افقی باعث نیروی جویدن کمتری نسبت به عمودی می‌شود.

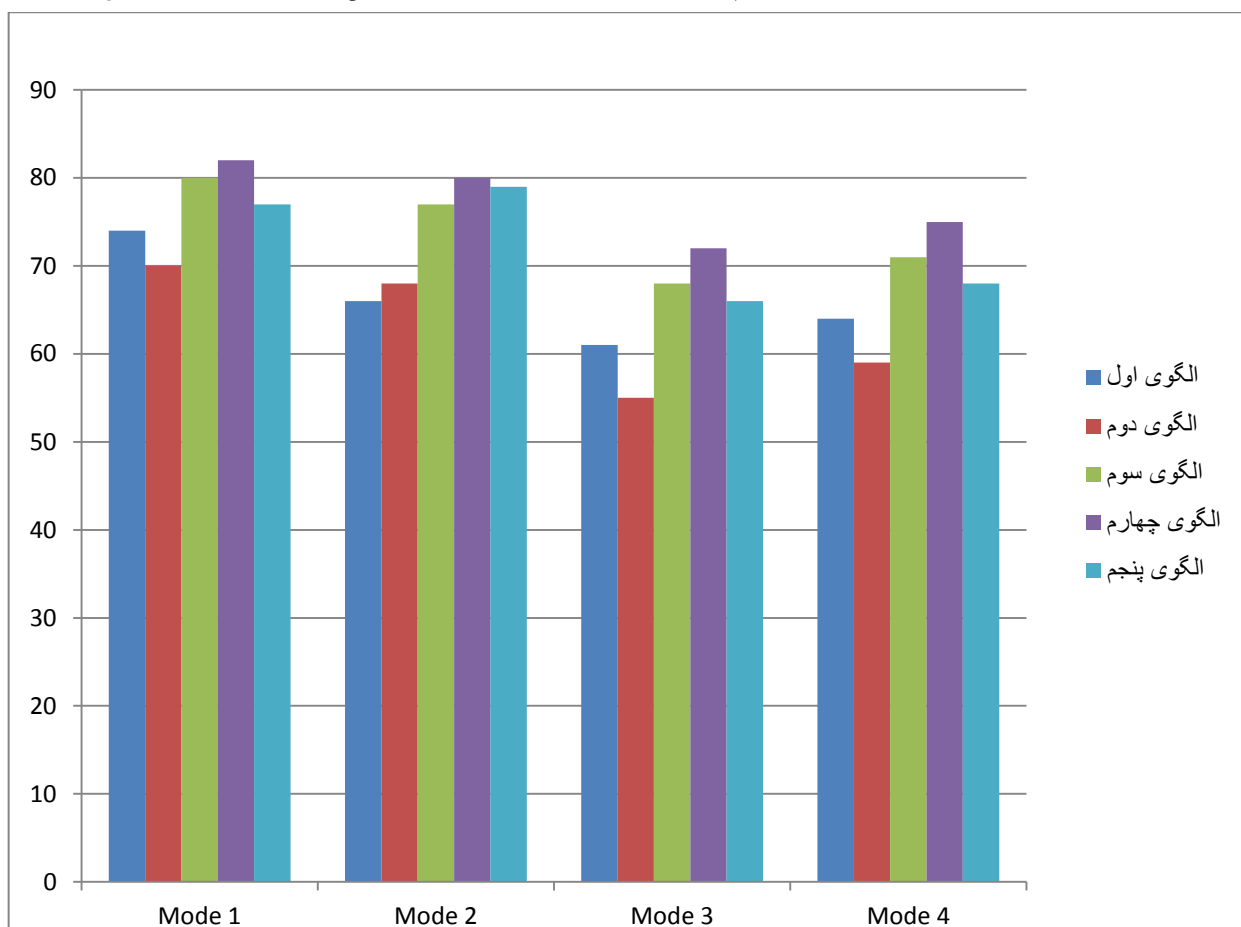
نحوه شکستگی مثل مطلوب یا نامطلوب و یا افقی و یا عمودی بودن نیز بر میزان نیروی جویدن تاثیر می‌گذارد.

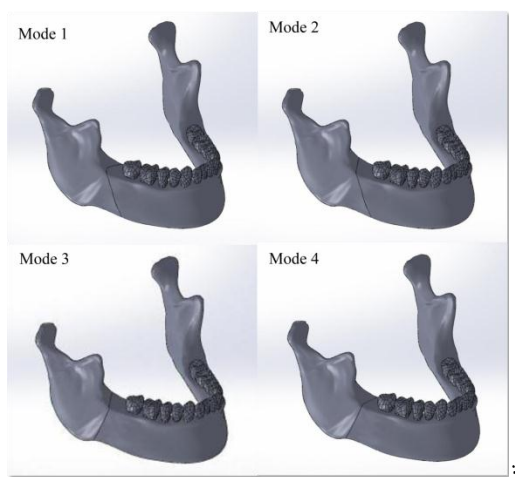
بطوری که در Mode1 که هر دو جزء شکستگی در بعد عمودی و افقی مطلوب است، نیروی جویدن بیشتر از سایر مدلها و در Mode3 که هر دو جزء شکستگی نامطلوب است نیروی جویدن از سایر مدلها کمتر است.

جدول ۱: میزان نیروی جویدن در الگوهای مختلف پلیت گذاری در مدل های مختلف شکستگی (20 مدل) بر حسب نیوتن

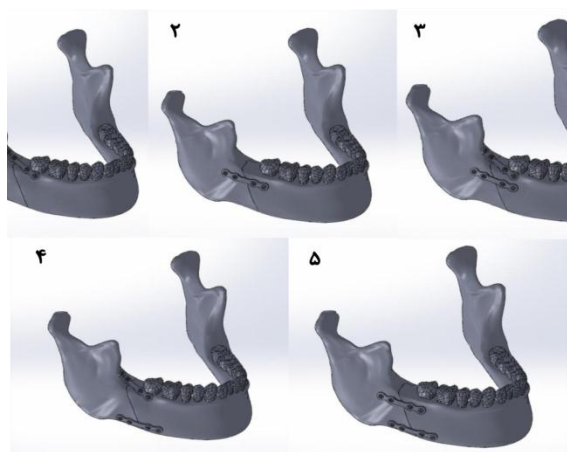
ICP	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	الگوی چهارم	الگوی پنجم
Mode 1	۷۴	۷۰	۸۰	۸۲	۷۷
Mode 2	۶۶	۶۸	۷۷	۸۰	۷۹
Mode 3	۶۱	۵۵	۶۸	۷۲	۶۶
Mode 4	۶۴	۵۹	۷۱	۷۵	۶۸

نمودار ۱: میزان نیروی جویدن در الگوهای مختلف پلیت گذاری در مدل های مختلف شکستگی (20 مدل) بر حسب نیوتن

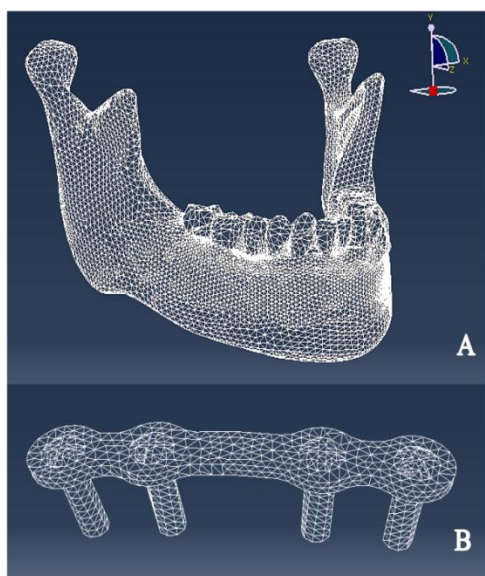




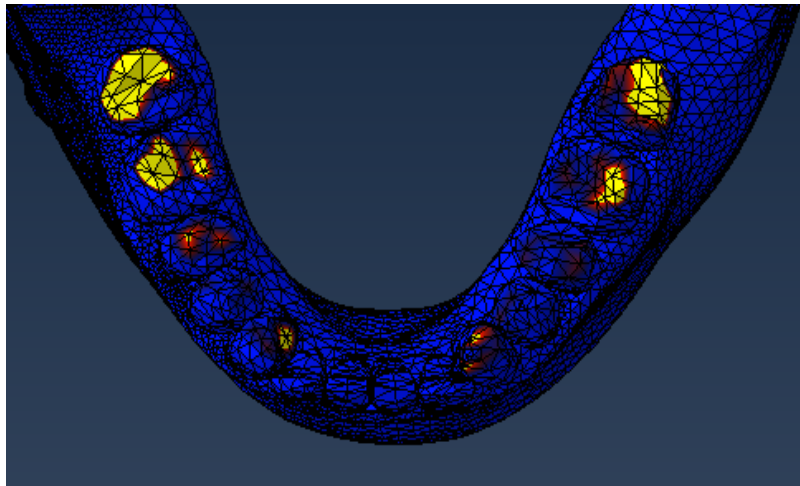
شکل ۱: الگوهای مختلف شکستگی



شکل ۲: الگوهای مختلف مینی پلیت گذاری



شکل ۳: مدل ساخته شده فک پایین و مینی پلیت به همراه پیچ ها



تصویر ۴: نیروی وارد شده به سطح اکلوزال دندانها پس از اعمال نیروی عضلات جونده

بحث

در حال حاضر استانداردترین روش درمان شکستگی زاویه مندیبل استفاده از فیکساسیون داخلی با پیچ و مینی پلیت است (۱۶). علی رغم این همواره بین تعداد مینی پلیت ها، محل و نحوه و مینی پلیت گذاری اختلاف نظر وجود دارد (۳۳). پارامترهای زیادی جهت مقایسه الگوهای مختلف مینی پلیت گذاری بلافاصله بعد از عمل وجود ندارد. یکی از پارامترهای که در مقالات مختلف جهت ارزیابی سیستم جونده بکار می رود اندازه گیری میزان نیروی جویدن است (۶) چون رابطه بین کارایی سیستم جونده و نیروی جویدن ثابت شده است، می تواند به عنوان یک شاخص کلینیکی برای ارزیابی سیستم جونده بکار رود (۶). اندازه گیری کلینیکی نیروی جویدن در بیماران دچار شکستگی مندیبل که تحت عمل جراحی نیز قرار گرفته اند خیلی قابل اعتماد نمی باشد. چون بطور قابل ملاحظه ای بدلیل مکانیسم حفاظتی نورو ماسکولار کاهش می یابد (۳۴).

به همین دلیل و همچنین مسائل اخلاقی در این مطالعه با استفاده از FEA به بررسی نیروی جویدن پرداخته شد (۵). مطالعات حاکی از دقت بالای FEA در

ارزیابی رفتار شکستگی استخوانی پس از اعمال نیرو می باشد. ارتباط بین نتایج این آنالیز با مطالعات *invitro* تا ۹۹٪ بیان شده است. که نشان دهنده شبیه سازی دقیق شرایط توسط نرم افزار می باشد (۵). مطالعات ارزشمند زیادی در سالهای اخیر صورت گرفته که به بررسی میزان نیروهای وارده به پیچ ها و مینی پلیت ها با استفاده از FEA پرداخته است. (۵) مروری بر مقالات نشان می دهد که مطالعات زیادی بر مبنای FEA جهت ارزیابی نیروی جویدن در شکستگی مندیبل وجود ندارد. در سال ۲۰۱۰ آقای Wang و همکاران در مطالعه ای با استفاده از FEA به بررسی بیومکانیکال استرس های وارد شده به مینی پلیت ها و نیروی جویدن در شکستگی سمفیز مندیبل که با دو روش مینی پلیت گذاری ریداکت شده بودند پرداختند (۳۸). آنها نشان دادند که نیروی جویدن در مندیبل ریداکت شده با دو مینی پلیت در مقایسه با روش یک مینی پلیت گذاری به مندیبل سالم نزدیکتر است که این نتایج با مطالعه ما همخوانی دارد. در مروری بر مقالات تا به امروز هیچ مطالعه ای که در آن با استفاده از FEA به بررسی نیروهای جویدن در الگوهای مختلف شکستگی زاویه مندیبل پس از مینی پلیت گذاری پرداخته شده باشد، یافت نشد. (مشابه مطالعه حاضر) به

نتیجه گیری

این مطالعه نشان از کارایی روش FEA در ارزیابی و اندازه گیری نیروی جویدن می باشد. از این علم در رشته جراحی فک و صورت می توان بطور کارآمد در تحقیقات استفاده کرد و بر محدودیت های اخلاقی و تکنیکی در مطالعات بالینی فائق آمد.

نتیجه ی تحقیق نشان می دهد علاوه بر سایر فاکتورهایی که در طرح درمان و نحوه مینی پلیت گذاری قبلا دخیل بودند، باید میزان نیروی جویدن نیز مد نظر قرار گیرد. چون در روش های مختلف مینی پلیت گذاری میزان نیروی جویدن با هم فرق دارند و باید الگویی از پلیت گذاری انتخاب شود که ضمن استحکام کافی نیروی جویدن بهتری برای بیمار فراهم کند. بدین منظور توصیه میشود تیم جراحی از الگوهایی که در آن ازدومینی پلیت استفاده می شود، بهره گیرد. همچنین در هنگام استفاده از دو مینی پلیت، مطلوبترین الگو، استفاده از یک مینی پلیت در ریج مایل خارجی و یک مینی پلیت در کورتکس طرفی در بوردر تحتانی می باشد. اگر تصمیم جراح مینی برگذاشتن یک مینی پلیت باشد ترجیحا بر روی ریج مایل خارجی گذاشته شود چون نسبت به بوردر فوقانی کورتکس طرفی، علاوه بردسترسی بهتر و راحت تر بودن برای جراح، نیروی جویدن بهتری هم برای بیمار فراهم می کند. همچنین در این مطالعه نشان داده شد که شکستگی افقی نامطلوب نسبت به شکستگی عمودی در موارد مشابه پلیت گذاری باعث کاهش بیشتری در نیروی جویدن می شود و بهتر است این نکته نیز حین درمان مد نظر جراح باشد.

یعنی پس از ریداکشن با مینی پلیت نیروی جویدن در الگوهای مینی پلیت گذاری مشابه، در شکستگی عمودی بیشتر از افقی و در شکستگی مطلوب بیشتر از نا مطلوب است.

همین دلیل مطالعه ای مشابه جهت بررسی و مقایسه با نتایج مطالعه ما وجود ندارد. در مطالعه ای آقای H. Arbag در سال ۲۰۰۸ به بررسی بیومکانیکال الگوهای مختلف پلیت گذاری در ناحیه بادی مندیبل پرداخت و نشان داد که قرار گرفتن یک مینی پلیت در بوردر فوقانی کورتکس طرفی سبب ایجاد بیشترین استرس در مینی پلیت در الگوهای مختلف می شود. که این نتایج در جهت تأیید نتایج مطالعه ما می باشد. ۳۵

آقای H. Korkmaz و همکارانش در سال ۲۰۰۷ نشان دادند در صورتی که تنها از یک مینی پلیت در شکستگی زاویه مندیبل استفاده شود. بهتر است که در بالاترین نقطه ممکن در ناحیه قرار گیرد (۷). که در مطالعه ما نیز در الگوی تک مینی پلیت گذاری در الگوی 1 نیروی جویدن بیشتر از الگوی ۲ بود که این نتایج باهم همخوانی دارند.

آقای A.J.gear و همکاران در سال ۲۰۰۵ در مطالعه ای نشان دادند که ۵۱ درصد جراحان تمایل به قرار دادن یک مینی پلیت بر روی ریج مایل خارجی و ۱۳ درصد تمایل به قرار دادن یک مینی پلیت در ناحیه بوردر فوقانی کورتکس طرفی و تنها ۱۰ درصد از جراحان از دو مینی پلیت در شکستگی زاویه مندیبل استفاده می کنند (۸).

ولی نتایج مطالعه ما نشان می دهد که با استفاده از دو مینی پلیت نیروی جویدن به مراتب بهتری حاصل می شود و توصیه به گذاشتن دو مینی پلیت یکی در ریج مایل خارجی و یکی در بوردر تحتانی کورتکس طرفی می کند.

از جنبه های بارزش این تحقیق می توان به دقت بالای آن در مدل سازی مندیبل استفاده از تراکم مش بندی بالا جهت افزایش دقت، نسبت به مطالعات مشابه، شبیه سازی نیروهای عضلات جونده و از همه مهمتر بررسی تاثیر الگوهای مختلف شکستگی و مینی پلیت گذاری بر میزان نیروی جویدن برای اولین بار اشاره کرد.

قدردانی

مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی
شاپور اهواز، در دانشکده دندانپزشکی اهواز صورت
گرفته است.

این مطالعه در چارچوب طرح مصوب شماره-U
92157 مورخه ۹۲/۱۱/۲۴ (پایان نامه) و با حمایت

منابع

- 1-Fernandez R, Gallas M, Viano Jm. A three dimensional numerical simulation of mandibular fracture reduction with screwed miniplates. *J biomechanics*. 2003; 36: 329-37.
- 2-Vetter JD, Topazian RG, Goldberg MH, Smith DG. Facial fractures occurring in a medium sized metropolitan area: recent trends. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1991; 20: 214-16.
- 3-Haug RH, Prather J, Indersano AT. An epidemiologic survey of facial fractures and concomitant injuries. *J Oral Maxillofac Surg*. 1990; 48: 926-32.
- 4-Libersa P, Roze D, Dumousseau T. Spontaneous mandibular fracture in a partially edentulous patient: case report. *J Can Dent Assoc*. 2003; 69: 428-30.
- 5-A. Shalleve, C, V. Huempfer. Transient finite element analysis of traumatic fracture of the Zygomatic bone caused by a head collision. *Int J oralmaxillofacial surg*: 2012; 41: 66-73.
- 6-S. Tharani, Kumar. Evaluation of bite force after open reduction and internal fixation using microplates. *J of dentistry Tehran uni*. 2013; vol. 10, No. 5. 475-485.
- 7-Korkmaz H. Evaluation of different miniplates in fixation of fractured human mandible with FEA. *Oral surg oral med oral path oral Rad Endod*. 2007 Jun; 103(6): 11-13.
- 8-Gear AJ, APasova E. Treatment modalities for mandibular angle fractures. *Journal Maxillofac Surg*. 2005; 63(5): 655-630.
- 9-Wagner WF, Neal DC, Alpert B. Morbidity associated with extraoral open reduction of mandibular fractures. *J Oral Surg*. 1979; 37: 97-100.
- 10-James RB, Fredrickson C, Kent JN. Prospective study of mandibular fractures. *J Oral surg*. 1981; 39: 275-81.
- 11-Chuong R, Donoff RB, Guralnick WC. A retrospective analysis of 327 mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 1983; 41: 305-9.
- 12-Lizuka T, Lindqvist c, Hallikainen D. Infection after rigid internal fixation of mandibular angle fractures: a clinical and radiologic study. *J Oral Maxillofac Surg*. 1991; 49: 585-93.
- 13-Dichard A, Klotch DW. Testing biomechanical strength of repairs for the mandibular angle fracture. *Laryngoscope* 1994; 104: 201-8.
- 14-Dana Ak. Comparison of a single non compression miniplate versus 2 noncompression miniplates in the treatment of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010; 68: 1565-7.
- 15-Ellis III E. Treatment methods for fractures of the mandibular angle. *J Craniomaxillofac Trauma* 1996; 2: 28-36.
- 16-Amstrong JEA, Lapointe HJ, Hogg NJV, Kwok AD. Preliminary investigation of the biomechanics of internal fixation of sagittal split osteotomies with miniplates using a newly designed in vitro testing model. *J Oral Maxillofac Surg*. 2001; 59: 191-5.
- 17-Crofts CE, Trowbridge A, Aung TM. A comparative in vitro study of fixation of mandibular fractures with parskeletal clamps or screw plates. *J Oral Maxillofac Surg*. 1990; 48: 461.
- 18-Haug RH. The effects of screw number and length on two methods of tension band plating. *J Oral Maxillofac Surg*. 1993; 51: 159.
- 19-Korioth TW, Hannam AG. Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. *J Dent Res*. 1994; 73(1): 56-66.
- 20-Hegtedth AK, Michaels GC, Beals DW. Comparison of the resistance of miniplates and microplates to various in vitro forces. *J Oral Maxillofac Surg*. 1994; 52: 251-7.
- 21-Dolanmaz D, Uckan S, Isik K, Saglam H. Comparison of stability of absorbable and titanium plate and screw fixation for sagittal split ramus osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2004; 42: 127-32.
- 22-Hammer B, Schier P, Prein J. Osteosynthesis of condyla neck fractures: a review of 30 patients. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1997; 35: 288-91.
- 23-Choi BH, Yoo JH. Clinical evaluation of 3 type of plate osteosynthesis for fixation of condylar neck fractures. *J Oral maxillofac Surg*. 2001; 59: 734-7.
- 24-Sugiura T, Yamamoto K, Murakami K, Sugimura M. A comparative evaluation of osteosynthesis with lag screws, miniplates, or Kirschner wires for mandibular condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 2001; 59: 1161-8.
- 25-Undt G, Kermer C, Rasse M, Sinko K, Evers R. Transoral miniplate osteosynthesis of condylar neck fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999; 88: 534-43.

- 26-Ellis E, Dean J. Rigid fixation of mandibular condyle fractures. *Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1993; 76: 6 – 15.
27. Wagner A, Krach W, Schicho k, Undt G, Ploder O, Ewers R. A 3- dimensional finite – element analysis investigating the biomechanical behavior of the mandible and plate osteosynthesis in cases of fractures of the condylar process. *Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 94: 678-86.
- 28-Champy M, Loddé JP, Schmitt R, Jaeger JH, Muster D. mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. *J Maxillofac Surg.* 1978 Feb; 6(1): 14-21.
- 29-Ellis E 3rd, Walker LR. Treatment of mandibular angle fractures using one noncompression miniplate. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996; 54(7): 864-71.
- 30-Choi BH, Kim Kn, Kang HS: Clinical and in vitro evaluation of mandibular angle fracture fixation with two – miniplate system . *Oral Surg Oral Med Oral Pathol oral Radiol Endod.* 79: 692, 1995.
- 31-Shetty V, McBreaty D, Fourny M, et al: Fracture line stability as a function of the internal fixation system: An in vitro comparison using a mandibular angle fracture model. *J Oral Maxillofac Surg.* 53: 791, 1995.
- 33-Bayram B , Araz K, Uckan S, Balcik C. Comparison of fixation stability of resorbable versus titanium plate and screws in mandibular angle fractures . *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67: 1644 – 8.
- 34-Wang H, Ji B, Jiang w, Liu L, Zhang P, Tang W, Tian W, Fan Y. Three – dimensional finite element analysis of mechanical stress in symphyseal fractured human mandible reduced with miniplates during mastication. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 67(7): 1585-92.
- 35-Arbag H, Korkmaz HH, Ozturk K, Uyar Y. Comparative evaluation of different miniplates for internal fixation of mandible fractures using finite element analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66(6): 1225 – 32.
- 36-Auto CAD 2013-3D CAD Design Software. 2012. Autodesk. Available at : URL: <http://usa . autodesk. Com/ autocad>. Accessed nov. 10, 2012.
- 37-Dicom Homepage. 2012 . Nema. Available at: URL: <http:// dicom. Nema. Org>. Accessed nov. 15, 2012.
- 38-Marentette L. miniplate osteosynthesis of mandible fractures. *Open Tech Otolaryngol Head Neck Surg.* 1995; 6(2): 86-88.
- 39-Kumar S, Prabhakar V, Rao K, Brar r. A comparative review of treatment of 80 mandibular angle fracture fixation with miniplates using three different techniques . *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011; 63(2): 190-2.

Biomechanical Evaluation of Bite Force after Reduction and Fixation of Different Mandibular Angle Fracture Patterns with Different Miniplate Osteosynthesis Using the Finite Element Analysis

Kazem Khiabani¹, Seifollah Hemmat², Roohollah Razmdideh^{2*}, Seyed Omid Keyhan²,
Majid Ahmadfar³

1-Assistant Professor of Oral and Maxillofacial Surgery.

2-Oral and Maxillofacial Surgeon.

3-Resident of Oral and

Maxillofacial Surgery.

1,2,3-Department of Oral and Maxillofacial surgery., Faculty of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3-Dentist.

*Corresponding Author:

Roohollah Razmdideh;
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Tel: +989177129341

Email: R.Razmdideh@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The aim of this study was to compare bite force in different mandibular angle fracture patterns after reduction and fixation with miniplate osteosynthesis with intact mandibles using finite element analysis (FEA).

Subject and Methods: Three-dimensional finite element models of human mandible was prepared using CBCT. Simulated intact mandible and 4 different types of angle fractures were fixed with 5 different fixation methods of titanium miniplates. The finite element analysis was performed to determine bite force during clenching in the intercuspal position under loading with full masticatory forces.

Results: Bite force in the mandible reduced with 2 miniplates were closer that in the intact mandible. The use of double miniplates on the inferior border of the lateral cortex and external oblique ridge showed the best bite force and the single plate on superior border of the lateral cortex pattern was the worst.

Conclusion: This study presented a FEA based indirect method to estimate bite force. Finite element method can be effective tool in maxillofacial researches. Double miniplate fixation method for patients with mandibular angle fracture have a biomechanical advantage over 1 miniplate on the restoration of bite force.

Keywords: Bite force, Finite Element Analysis, Mandibular angle fracture, Miniplate osteosynthesis .

► Please cite this paper as:

Khiabani K, Hemmat S, Razmdideh R, Keyhan SO, Ahmadfar M. Biomechanical Evaluation of Bite Force after Reduction and Fixation of Different Mandibular Angle Fracture Patterns with Different Miniplate Osteosynthesis Using the Finite Element Analysis. *Jundishapur Sci Med J* 2015;14(3):323-332.

Received: Feb 1, 2015

Revised: Feb 12, 2015

Accepted: Mar 16, 2015