

# تحليل المان محدود برای بررسی توزیع تنش در پروتز کامل دندان (fixed prosthesis) جهت انتخاب مناسبترین ماده برای ایمپلنت و فریم

مهدی طالبی  
کارشناس ارشد

سیامک نجاریان  
دانشیار

گروه بیومکانیک، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## چکیده

در این مقاله يك آنالیز با روش المان محدود برای بررسی توزیع تنش سه بعدی در يك فیکس - پروتز (پروتز کامل دندانی) انجام شده است. این مدل شامل استخوان مندیبل، ۶ ایمپلنت کاشته شده به همراه فریم می باشد. در این بررسی، سه ماده مختلف برای ایمپلنت (تیتانیوم Ti - آلیاژ تیتانیوم Ti-Al-V = آلیاژ کرم کبالت Cr - Co، آلیاژ نقره پالادیوم Ag-Pd و آلیاژ طلا Au) تحلیل شده است. این مواد در مجموع ۱۲ ترکیب متفاوت را تشکیل می دهند که در ۱۲ مدل جداگانه تحلیل می شوند. يك نیروی عمودی ۱۵۰ N بر روی سطح دندان ها توزیع شده است و تنش های ایجاد شده بر روی ایمپلنت، فریم، پیچ های نگهدارنده و استخوان مندیبل محاسبه شده است. از نتایج بدست آمده و مقایسه آنها با یکدیگر يك مدل با ترکیب آلیاژ تیتانیوم برای ایمپلنت و آلیاژ کرم کبالت برای فریم بهترین ترکیب تشخیص داده شد.

## *Finite Element Analysis to investigate the stress distribution in the mandibulare fixed prosthesis for choose of optimam and best material for implant and frame*

S. Najarian  
Associate Professor

M. Talebi  
M. Sc

Bio Mechanic Division,  
Amirkabir University of Technology

## Abstract

*This study used three-dimensional finite element analysis to investigate the stress distribution in a mandibular fixed prosthesis with six implants. There are three different materials for implants (titanium alloy, pure titanium, chromium-cobalt alloy) and four different materials for frame (titanium alloys, chromium-cobalt alloys, palladium-silver alloys and gold alloy) that used in twelve models by different combination of materials. A total of 150 N vertical load is distributed over the teeth in the finite element model. The result shows that the concentrated stress in the screw will increase the risk of prosthesis failure. We obtained the best model with Cr-Co alloys for both implant and frame or for second choice Cr-Co alloys for frame and titanium alloy for implant.*

## لغات کلیدی

ایمپلنت دندانی، فریم، پروتز کامل دندانی، المان محدود

## مقدمه

در بخش انتخاب بیومتریال های دندانی ما با محدودیت هایی روبرو هستیم و محدوده انتخاب ما چندان وسیع نیست. چون علاوه بر خواصی که همچون سایر بیومتریال ها باید دارا باشند، باید دارای استحکام و مقاومت در مقابل بارهای کششی و فشاری بالا و تنش های خستگی باشند. این محدودیت زمانی تشدید می شود که بدانیم پروتزهای دندانی دارای ابعاد بسیار کوچکی هستند. از موارد ذکر شده می توان چنین نتیجه گیری نمود که مطالعات مکانیکی بر روی این اجزاء می تواند حائز اهمیت باشد. در این تحقیق یک پروتز دندان کامل fixed prosthesis که متشکل از ۶ ایمپلنت که در استخوان فک پایین کاشته شده اند به علاوه سایر اجزاء با روش المان محدود طراحی شده و تحلیل تنش شده است. در این مطالعه سه ماده متفاوت برای ایمپلنت و ۴ ماده برای فریم در نظر گرفته شده است و تلاش شده است تا بهترین ترکیب از این مواد باتوجه به حداکثر تنش در تمام اجزاء انتخاب گردد.

## مدلسازی کامپیوتری

مدل سازی در محیط نرم افزار ANSYS 5.4 انجام پذیرفت.

مدل ساخته شده متشکل از یک قوس استوانه ای که جایگزین استخوان فک شده است و دارای دو لایه است. یک لایه بیرونی به ضخامت  $5/0$  mm از جنس استخوان کورتیکال و بخش داخلی که همان استخوان اسفنجی (cancellous bone or spongy bone) است. شش ایمپلنت در فواصل مساوی داخل استخوان فک کاشته شده اند. قطر ایمپلنت ها  $4$  mm و ارتفاع آنها  $12$  mm در نظر گرفته شده است. پس از جایگذاری ایمپلنت ها، فریم بر روی این ایمپلنت ها قرار می گیرد که به وسیله شش پیچ به آنها پیچ می گردد و دندان ها در نهایت روی فریم چیده می شوند. این فریم در قسمت انتهایی استخوان فک به صورت cantilever می باشد و تنها بر روی بافت لثه می نشیند. نحوه اتصال فریم به ایمپلنت ها همانطور که در شکل (1-a) نشان داده شده است به گونه ای است که سر پیچ های داخل فریم قرار می گیرند. abutment ها که

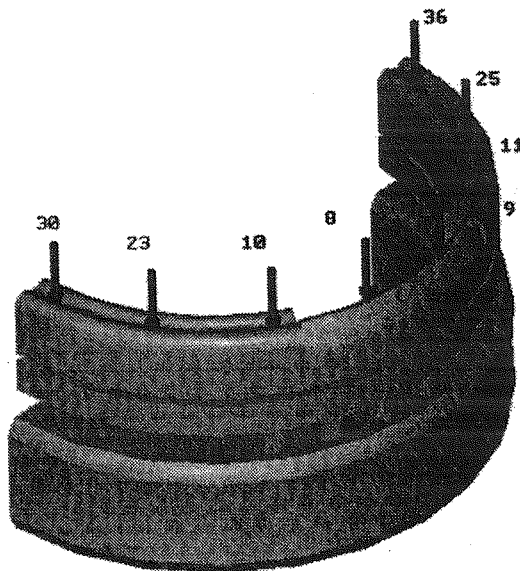
بر روی این پیچ ها متصل می شوند برای اتصال بهتر دندان ها به فریم می باشند. طول پیچ ها در حد  $5$  mm می باشد که از دندانه های آن برای دوری از پیچیده شدن مدل صرفنظر شده است. برای مدل کردن دندان همانطور که در شکل (1-a) دیده می شود، دندان ها به دو بخش دندان های انتهایی و دندان های پیشین تقسیم شده است. این مدل پس از مش بندی شامل  $25000$  المان و  $30000$  گره می گردد.

یک بار عمودی معادل  $150$  N بر روی مدل قرار داده می شود. نحوه توزیع آن در شکل (1-a) نشان داده شده است و به صورت زیر اعمال شده است:

۱- در بخش جلویی نیروی  $8$  N در سمت چپ و  $9$  N در سمت راست.

۲- در سمت دندان های پیشین یک نیروی  $10$  N در سمت چپ و  $11$  N در سمت راست.

۳- در سمت دندان های آسیای کوچک در سمت چپ  $23$  N و در سمت راست  $25$  N.



شکل (۱) نحوه توزیع بار بر روی مدل.

۴- در بخش انتهایی در سمت دندان های آسیای بزرگ نیروی  $20$  N در سمت چپ و  $36$  N در سمت راست.

## مواد بکار رفته در مدل ها

موادی که مدل ها از آن تشکیل شده اند بدین ترتیب می باشند:

برای بررسی تأثیر این مواد در نحوه توزیع تنش ۱۲ مدل متفاوت با ۱۲ نوع ترکیب مختلف از مواد تحلیل شده است. جدول (۱) وضعیت مواد به کار رفته در مدل‌ها را نشان می‌دهد.

جنس داندان‌ها از procelain و پیچ‌های نگهدارنده از آلیاژ طلا می‌باشد. مشخصات مکانیکی تمام مواد مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) مشخصات مکانیکی مواد.

Matrial	Modulus of Elasticity (E) MPa	Posson's Ratio (ν)
آلیاژ کرم کبالت	۲۳۵۰۰۰	۰/۳
تیتانیوم	۹۷۰۰۰	۰/۳
آلیاژ نقره پالادیوم	۹۵۰۰۰	۰/۳
آلیاژ طلا	۱۰۰۰۰۰	۰/۳
آلیاژ تیتانیوم	۱۱۷۰۰۰	۰/۳۵
پورسلین	۸۲۰۰۰	۰/۳
استخوان کورتیکال	۱۳۷۰۰	۰/۳
استخوان کانسولوس	۱۳۷۰	۰/۳

### توزیع تنش در مدل

در پیچ‌ها ماکزیم تنش در پیچ اول از سمت راست اتفاق می‌افتد که در شکل (۲) توزیع تنش و ناحیه بروز تنش ماکزیم نشان داده شده است. در ایمپلنت‌ها نیز ماکزیم تنش در ایمپلنت اول اتفاق می‌افتد که در شکل (۳) نحوه توزیع تنش نشان داده شده است.

شکل (۴) توزیع تنش در استخوان فک را نشان می‌دهد که در لایه کورتیکال مقدار آن بسیار بیشتر است. در شکل (۵) توزیع تنش در فریم مشاهده می‌شود که تمرکز تنش در سطح پایینی فریم دیده می‌شود و در نقطه نشستن فریم بر روی ایمپلنت این مقدار حداکثر است.

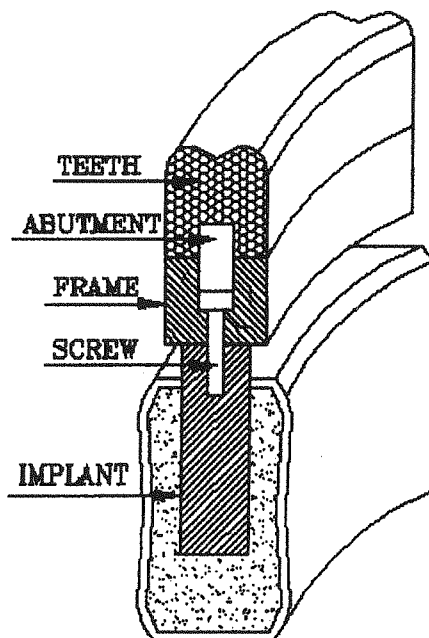
در شکل (۶) این نکته نمایان تر می‌باشد.

### نتایج و نمودارها

پس از انجام آنالیز، ماکزیم تنش در هر یک از اجزاء در ۱۲ مدل محاسبه شده و در نمودارهای ۱ تا ۶ با یکدیگر مقایسه شده است. با مقایسه این مقادیر در نمودار (۳) که مربوط به ماکزیم تنش در پیچ نگهدارنده است، مشاهده می‌شود که در مدل ۱، ۳، ۹، ۱۰ و ۱۱ بهترین شرایط از لحاظ پایین بودن تمرکز تنش، برقرار

استخوان فک از دو بخش تشکیل می‌شود، استخوان اسفنجی که بخش اصلی استخوان اصلی استخوان را تشکیل می‌دهد و استخوان کورتیکال که به صورت یک پوسته به ضخامت ۵/۰ mm بر روی استخوان اسفنجی قرار می‌گیرد. برای ایمپلنت از سه ماده تیتانیوم خالص (Pure Ti)، آلیاژ تیتانیوم (تیتانیوم - آلومینیم - وانادیوم (Ti-Al-V) آلیاژ کرم کبالت (کرم - کبالت - مولیبدن - Cr-Co-Mo) استفاده گردیده است.

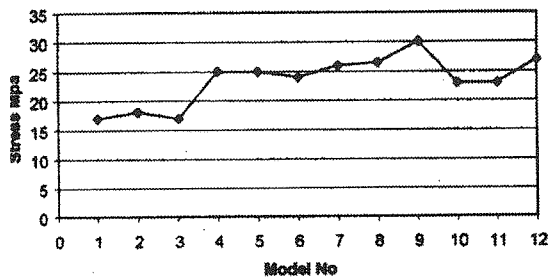
برای فریم از چهار ماده آلیاژ تیتانیوم (Ti-Al-V)، آلیاژ کرم کبالت، آلیاژ نقره پالادیوم (Ag-Pd) و طلا استفاده شده است.



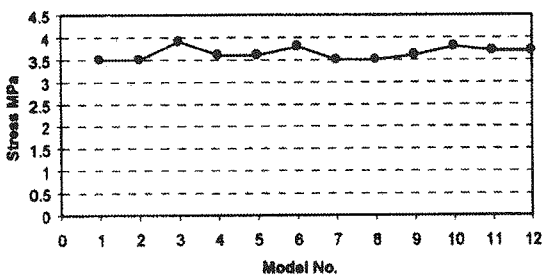
شکل (۲) مقطع پروتز و استخوان مندیبل.

جدول (۱) مشخصات مواد تشکیل دهنده مدل‌ها.

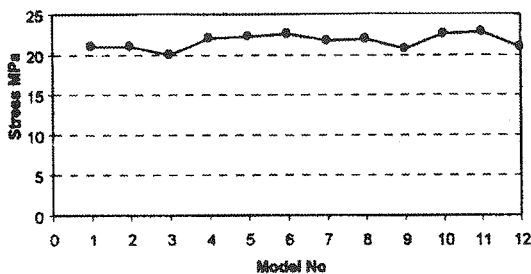
Mod No.	Implant	Fram Work
۱	آلیاژ تیتانیوم	آلیاژ کرم کبالت
۲	تیتانیوم	آلیاژ کرم کبالت
۳	آلیاژ کرم کبالت	آلیاژ کرم کبالت
۴	آلیاژ تیتانیوم	آلیاژ نقره پالادیوم
۵	تیتانیوم	آلیاژ نقره پالادیوم
۶	آلیاژ کرم کبالت	آلیاژ نقره پالادیوم
۷	آلیاژ تیتانیوم	آلیاژ طلا
۸	تیتانیوم	آلیاژ طلا
۹	آلیاژ کرم کبالت	آلیاژ طلا
۱۰	آلیاژ تیتانیوم	آلیاژ تیتانیوم
۱۱	تیتانیوم	آلیاژ تیتانیوم
۱۲	آلیاژ کرم کبالت	آلیاژ تیتانیوم



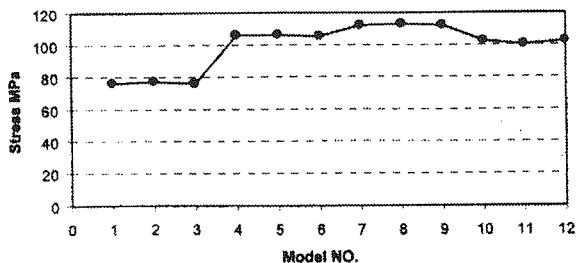
نمودار (۴) ماکزیم تنش در abutmnt.



نمودار (۵) ماکزیم تنش در استخوان کورتیکال.



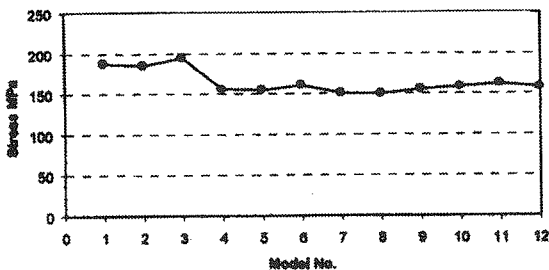
نمودار (۶) ماکزیم تنش در استخوان.



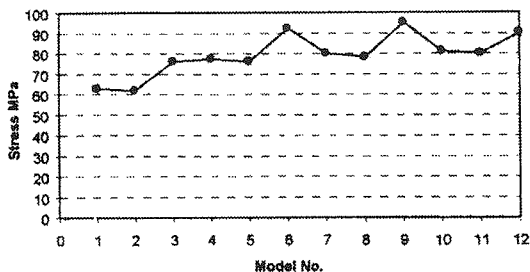
نمودار (۷) ماکزیم تنش در دندان.

می باشد. از آنجائیکه حساس ترین بخش مدل به دلیل کوچکی ابعاد، پیچ ها می باشند و بالاترین احتمال بروز شکست در آنها وجود دارد، انتخاب مدل مناسب را برپایه مقدار تنش این پیچ ها قرار می دهیم. در نمودار (۲) ماکزیم تنش در ایمپلنت ها در هر مدل ارائه شده است. بررسی تمرکز تنش در ایمپلنت ها نیز دارای اهمیت ویژه ای است، چرا که تعویض ایمپلنت ها در صورت بروز شکست برخلاف سایر اجزاء دارای دشواری های بیشتری است.

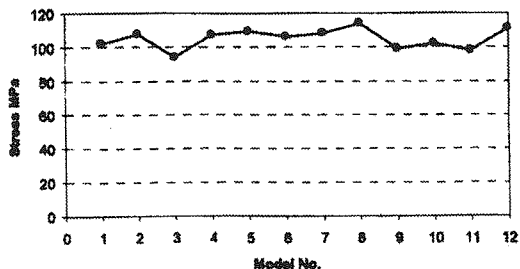
در مجموع باتوجه به نمودارها و استحکام مواد بکار رفته مدل شماره ۱ بهترین مدل معرفی می گردد و پس از آن مدل شماره ۳ از شرایط نسبتاً مناسبی برخوردار می باشد.



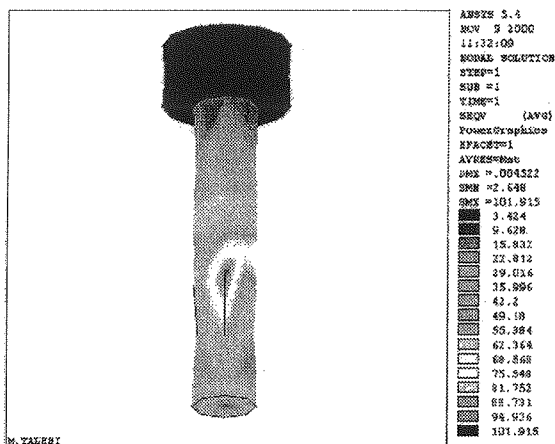
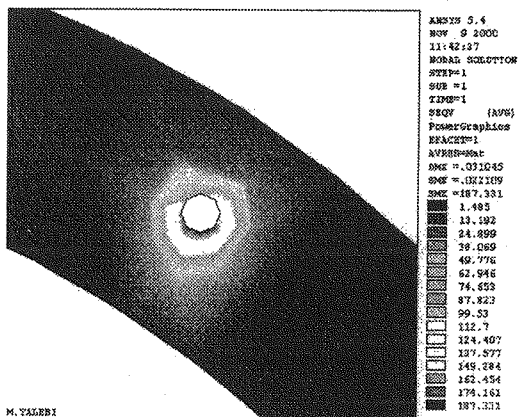
نمودار (۱) ماکزیم تنش در فریم.



نمودار (۲) ماکزیم تنش در ایمپلنت ها.

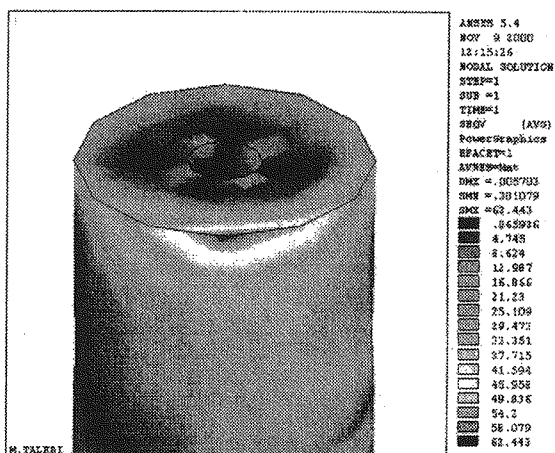
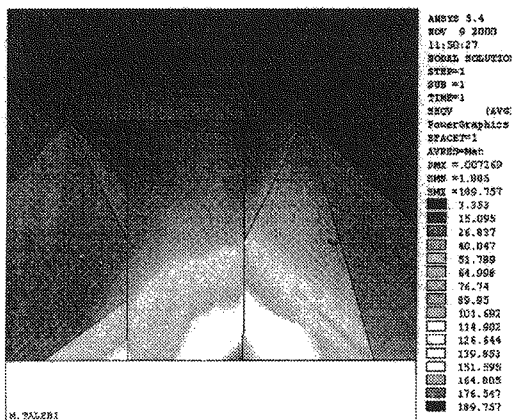


نمودار (۳) ماکزیم تنش در پیچها.



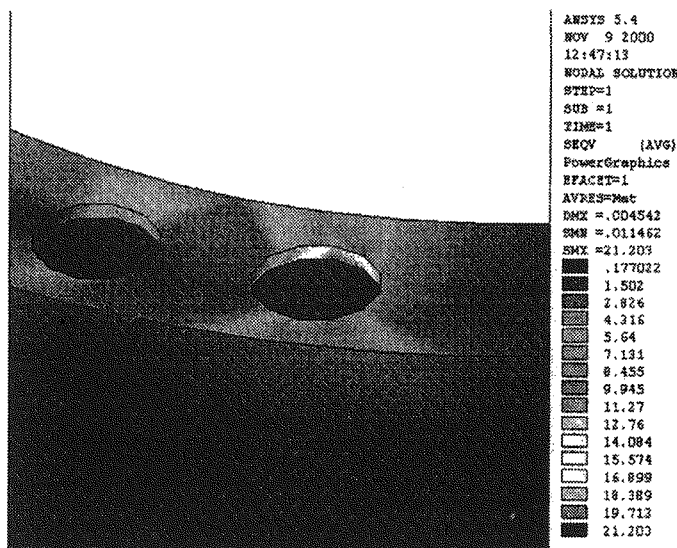
شکل (۴) توزیع تنش در محل سوراخ پیچ.

شکل (۲) توزیع تنش در پیچ نگهدارنده.



شکل (۵) توزیع تنش در محل قرار گرفتن پیچ در داخل فریم.

شکل (۳) توزیع تنش در ایمپلنت.



شکل (۶) توزیع تنش در استخوان فک.

- [1] A. Laszloffy, J. Long, A. Patra, "Simple Data Management, Scheduling and Solution Strategies for Managing the Irregularities in Parallel Adaptive hp finite Element Simulations" *Parallel Computing*, Vol. 26, 2000, (1765-1788).
- [2] Atilla Sertgoz, "Finite Element Analysis Study of the effect of superstructure material on stress distribution in an fixed prosthesis", *International J. of Prosthodontics*, 1997, Vol. 10 No. 1, (19-27).
- [3] skalak R., "Biomechanical considerations in osseointegrated prosthesis", *J. of prosth Dent.*, 1983; Vol. 49 (843-848).
- [4] Sertagoz A., Guvener S., "Finite Element Analysis of the effect of cantilever and implant length on stress distribution in an implant supported prosthesis",
- [5] Philips R. W., "Science of Dental Materials", Ed. 9, Philadelphia Saunders, 1991; 369.
- [6] Hart R. T., Henneblel VV, Thongpreda N, Van Buskirk WC, Anderson RC, "Modeling the biomechanics of the Mandible a three dimensional finite element study", *J. of Biomechanics* 1992; 25: (261-286).
- [7] Del Valle V, Faulkner G, Wolfaardt J. "Craniofacial osseointegrated implant-induced strain distribution: a numerical study" *Int. J. Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 200-210.
- [8] Benzing UR, Gall H, Weber H. Biomechanical aspects of two different implant-prosthetic concepts for edentulous maxillae. *Int J. Oral Maxillofac Implants* 1995; 10: (188-198).
- [9] Y. C. Yang, Edvard Chang, B. H. Hwang, S. Y. Lee. Biaxial residual stress states of plasma-sprayed hydroxyapatite coatings on titanium alloy substrate. *Biomaterials* 21, 2000; (1327-1337).
- Kamposiora P, Papavasiliou G, Bayne SC, Felton DA. Finite element anaestimates of cement microfracture under complete veneer crowns. *J of prosth Dent* 1994; 71: (435-441).