تأثير طول الزرعات في توزع الإجهادات العظمية باستخدام تحليل العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد

محمد لؤي مراد*

الملخص

خلفية البحث وهدفه: يعدُّ طول الزرعة وقطرها من أكثر الاعتبارات أهمية التي تؤثر في الثبات الأولي للزرعة، وتوزع الإجهادات حول العظم بعد إجراءات التحميل الوظيفي، ومن ثُمَّ تؤثر في نجاحها. تعدُّ طريقة تحليل العناصر المنتهية طريقة قيمة لتحليل الإجهادات حول الزرعات السنية؛ وذلك من خلال إجراء تحليل رقمي للإجهادات المتولدة في العظم السنخي. هَدَفَ دراسة حدوث الإجهادات العظمية ومكانها وشدتها حول الزرعات، ودراسة أثر طول الزرعة في توزع الإجهادات حول الزرعات ومقارنة قيمها بالقيم الطبيعية المقبولة لمقدار تحمل العظم السنخي للإجهادات.

مواد البحث وطرائقه: رسَمنا مجموعة أشكال هندسية تمثل الفك السفلي، والزرعة السنية، والدعامة، وبرغي التثبيت، بالمواصفات والقياسات الطبيعية بشكل مقاطع ثلاثية الأبعاد متناظرة محورياً، واستخدم برنامج Cosmos DesignSTAR 3.0 الخاص بتحليل العناصر المنتهية، وأنشئت النقاط الأساسية، وحددت المناطق، وأنشئت العقد، وقسم نموذج الفك السفلي إلى عدد كبير من العناصر، فبلغ عدد العقد 25767 عقدة، وعدد العناصر 142664 عنصراً هرمياً، وأعطيت الأشكال الممثلة للزرعة والدعامة والعظم القشري والاسفنجي الخصائص الميكانيكية الموافقة لكل مادة، وطبقت قوة ساكنة مفترضة تعادل 80 كغ، وكانت جهة القوة عمودية، وهكذا ظهرت قيم توزع الإجهادات في كل عنصر ضمن البنية، وقُورِنَتِ القيم الرقمية جميعها بالقيمة المعروفة لأعلى مقدار إجهاد قد يتحمله العظم.

النتائج: أظهرت نتائج تحاليل العناصر المنتهية تركز الإجهادات العظمى في منطقة تطبيق القوة، وفي منطقة قمة العظم السنخي وتمتد طولياً، أمَّا الإجهادات المتوسطة فتتوزع في منتصف طول الزرعات تقريباً، فيما تشغل الإجهادات الدنيا منطقة ذروة الزرعة. وقد تَبيَّن أنَّ أعلى قيمة إجهاد كانت في العقدة 3785 ذات الإحداثيات:

74.974، 15.791-، 381.26- ، وكان مقداره $418.31\ kg/cm^2$.

الاستنتاج: إنَّ دراسة تحاليل العناصر المنتهية طريقة فعَّالة لتحديد مكان الإجهادات ومقدارها في العظم السنخي حول الزرعات، وكانت دراستنا عبارة عن دراسة الإجهاد ضمن العظم القشري بحيث كان مقدار القوة المطبقه 80كغ؛ وهي تعادل مقدار القوة في منطقة الأرحاء عند البشر، وكانت زاوية القوة عمودية على سطح العظم والزرعة ، فأظهرت النتائج تركز الإجهادات العظمى في منطقة قمة العظم السنخي، وتتناقص الإجهادات على طول الزرعة حتى طول 7 مم تقريباً، وبمقارنة القيم الرقمية تبيَّنَ أَنَّ قيمة أعلى إجهاد كانت$418.31\ kg/cm^2$، وهي أدنى من القيمة المعروفة لأعلى مقدار إجهاد قد يتحمله العظم؛ وهو $750\text{-}1130\ kg/cm^2$ ، ومن ثَمَّ يمكن القول: إنَّه ضمن مواصفات الدراسة لا يوجد أي إجهاد زائد قد يسبب امتصاصاً للعظم على طول الزرعة .

كلمات المفتاحية: زرع الأسنان – تحاليل العناصر المنتهية – الإجهادات .

* مدرس – قسم تعويضات الأسنان الثابتة– كلية طب الأسنان– جامعة دمشق.

Effect of Implant Length on Bone Stresses Using 3D Finite Element Analysis

Mhd Luai Morad*

Abstract

Introduction: Occlusion and biomechanics are very important considerations , which affect implant-supported prosthetics design . Finite Elements Analysis is a valuable method to analyze stresses around implants. The purpose of this research is to study the effect of implant length on bone stresses around implants, and and to comparing their values with the maximum bone-accepted values .

Materials & Methods: geometric data for lower jaw, dental implant, abutment, and the screw wrer inserted to a computer. Cosmos software was used in order to conduct finite element analysis. Then we applied a static force, which was 80 Kg vertically.

Results: The results of this research are as follows:

1. The stresses were concentrated in the crest of alveolar bone, and they were decreased along the implant length.

2. The highest stress value was in the node 3785 (74.974 ،-15.791 ، -381.26), which was 418.31 kg/cm^2.

Conclusion: We studied stresses in the bone around implants by finite element analysis. we applied a static force 80 Kg vertically which represented the avarege bite force value in human . The results showed that stresses were concentrated around the implants in the crest of alveolar bone. And The results showed that most stress value was kg/cm^2 418.31, which was less than the value accepted kg/cm^2 750-1130 . Therefore, we can use dental implants safely if we apply the protocols correctly.

Key Words: Dental implants – Finite Element Analysis – Stresses.

* Fixed Prosthodontics Department, Faculty of Dentistry, Damascus University.

المقدمة:

يمثل زرع الأسنان الحل الأفضل، وفي بعض الحالات الحل الوحيد لمعالجة مشكلات فقد الأسنان جزئياً أو كلياً، بحيث توضع الزرعات ضمن عظام الفكين في مكان الأسنان المفقودة . يتصف زرع الأسنان بميزات استثنائية عند التعويض عن الأسنان المفقودة مقارنة بالطرائق الأخرى جميعها[1]. فالتعويضات المحمولة على الزرعات تعدُّ بدائل جمالية ووظيفية ومريحة، وتتمثل الميزة الرئيسة لها في أنها لاتؤثر في الأسنان الأخرى، كما يحدث عند تركيب الجسور الثابتة، أو التعويضات المتحركة التي تؤثر حتماً في الأسنان المجاورة[1] كما أنَّه يُلحَظُ فقدان للعظم مع مرور الوقت في المكان المتضرر عند وضع جسر، أو تعويض سني بعد فقدان سن، أو أكثر، في حين لا تحدث مثل هذه العملية في حال زراعة الأسنان[2].

من المهم جداً تحديد الخيارات التعويضية المدعومة بالزرعات قبل تحديد مكان الزرعات أو اختيارها، أوعددها أو نموذجها، ويؤكد الباحثون جميعهم أنه يجب وضع الزرعة في المكان المناسب، وحسب المواصفات المناسبة للتعويض اللاحق، وليس حسب وضع العظم وحالته لمنع حدوث أية إجهادات في العظم حول الزرعات، وهذا ما يسمى بفلسفة الزرعات الموجهة تعويضياً[1] إنَّ الوظيفة الأولى للزرعة هي أن تعمل كأساس حامل للتعويض، وبشكل مشابه لجذر السن الطبيعية والتاج، ولكن هناك اختلافات عدَّة في النظام الداعم بين الزرعة والسن الطبيعي؛ أهمها غياب الرباط حول الزرعات. تؤدي الألياف الرباطية دوراً مهماً في إعطاء مرونة وثبات وتوعية دموية، وللألياف وظيفة تنظيمية ميكانيكية من خلال آلية عصبية تتحكم بقوى الإطباق، ووظيفة مولدة تشكيلية للأنسجة الداعمة كلَّها، ويؤدي الرباط دوراً مهماً في نقل القوى الإطباقية وتوزيعها حول الأسنان[3].

ويسبب غياب الرباط حول السني في الزرعات تدني عمليات الترميم لغياب الخلايا المولدة، كما يسبب عدم التحكم بالقوى الإطباقية؛ لذلك فالمشكلات الإطباقية أشد تأثيراً حول الزرعات. لذلك يعدُّ الإطباق والميكانيك الحيوي أحد أكثر الاعتبارات أهمية التي تؤثر في تصميم التعويض المحمول على الزرعة ومن ثَمَّ في نجاحها[4]. لكن هل يؤثر طول الزرعة في العظم المحيط وتوزيع الإجهادات ؟ وما الطول الذي تبقى تتوزع فيه الإجهادات حول الزرعة بحكم غياب الرباط حول السني ؟

بالحقيقة تعدُّ طريقة تحليل العناصر المنتهية طريقة قيمة لتحليل الإجهادات في أي شكل هندسي سواء أكانت الإجهادات ثنائية الأبعاد أو ثلاثية الأبعاد؟ وذلك من خلال إجراء تحليل رقمي للإجهادات المتولدة في الأجسام الصلبة بتحويل شكل البنية الحقيقية إلى أنموذج بسيط، ثم تجزأ البنية المفترضة إلى عدد كبير من العناصر الهندسية البسيطة التي يوصل فيما بينها بخطوط وهمية تشكل حدود تلك العناصر، وتشكل نقاط التقاء هذه الخطوط ما يسمى عقد الشبكة .

وهَدَفَ هذا البحث إلى:

–دراسة حدوث الإجهادات العظمية ومكانها وشدتها حول الزرعات.

–دراسة أثر طول الزرعة في توزُّع الإجهادات حول الزرعات، ومقارنة قيمها بالقيم الطبيعية المقبولة لمقدار تحمل العظم السنخي للإجهادات .

مواد البحث وطرائقه:

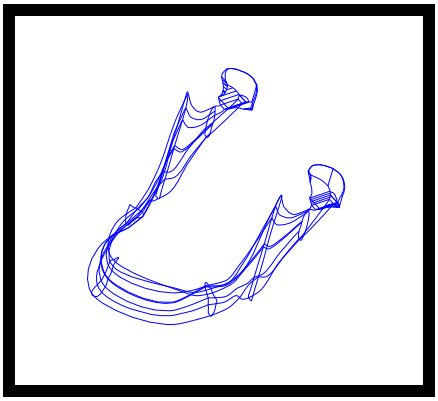
رُسِمَتْ مجموعة أشكال تمثل :

– الفك السفلي بحجمه الطبيعي، إذْ تم نسخه من فك سفلي بشري للحصول على الأبعاد الحقيقية .

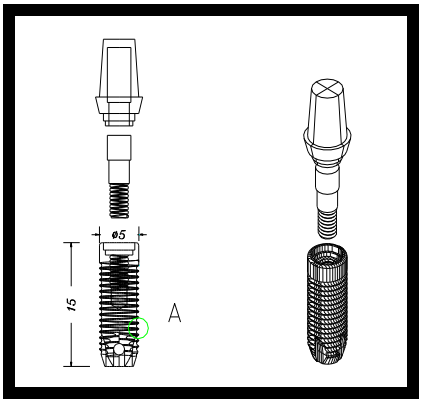
– زرعة سنية اسطوانية بطول 9 مم وقطر 5 مم، وأُخِذَ هذا القياس تحديداً لأنَّه القياس الأكثر استخداماً في منطقة الأرحاء السفلية.

– الدعامة وبرغي التثبيت الموافقان للزرعة السابقة. أُجْرِيَ الرسم على الحاسب بشكل مقاطع ثلاثية الأبعاد متناظرة محورياً ، واِسْتُخْدِمَ برنامجCOSMOS Design STAR 3.0

الخاص بتحليل العناصر المنتهية ثلاثية الابعاد، وأنشئت النقاط الأساسية، وحددت المناطق، وأنشئت العقد، وقسم نموذج الفك السفلي إلى عدد كبير من العناصر فبلغ عدد العقد 25767 عقدة، وعدد العناصر 142664 عنصراً هرمياً، وأعطيت الأشكال الممثلة للزرعة والدعامة والعظم القشري الخصائص الميكانيكية الموافقة لكل مادة من معامل المرونة، ونسبة بواسون وفق الجدول المرفق، وطبقت قوة ساكنة مفترضة تعادل 80 كغ؛ وهي تساوي متوسط قوى العض عند الإنسان في منطقة الأرحاء[5]. كانت جهة القوة عمودية على الدعامة مباشرة، وهكذا ظهرت قيم توزع الاجهادات في كل عنصر ضمن البنية، وقُورِنَتِ القيم الرقمية جميعها بالقيمة المعروفة لأعلى مقدار، اجهاد قد يتحمله العظم؛ وهو 750-1130 kg/cm^2 [1].



الشكل (1) : نموذج الفك السفلي



الشكل (2) : نموذج الزرعة السنية والدعامة وبرغي التثبيت

خواص المواد Material Characteristics

الجدول (1) : الخواص الفيزيائية لزرعات التيتانيوم

Component Name:	الزرعة
Material Name:	Titanium
Property Name	Value
Elastic modulus (Kg/cm^2)	107873150000.000000
Poisson's ratio	0.350000
Shear modulus (Kg/cm^2)	79000000171.365005

الجدول (2): الخواص الفيزيائية للعظم القشري

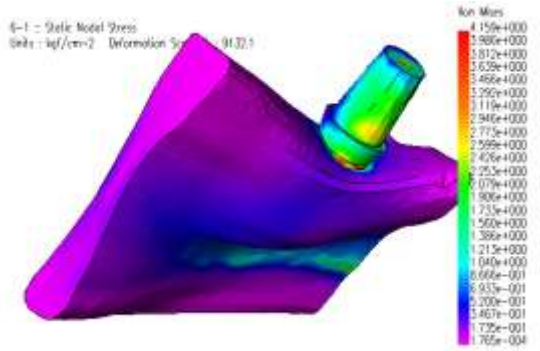
Material Name:	العظم القشري
Property Name	Value
Elastic modulus (Kg/cm^2)	13140911000.000000
Poisson's ratio	0.300000
Shear modulus (Kg/cm^2)	79000000171.365005

النتائج:

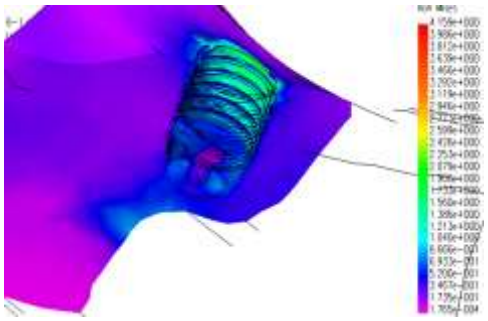
أظهرت نتائج تحليل العناصر المنتهية تركز الإجهادات العظمى نحو 400kg/cm2 في منطقة تطبيق القوة، وفي منطقة قمة العظم السنخي؛ وتمتد طولياً، أمَّا الإجهادات المتوسطة بنحو 150-220kg/cm^2فتتوزع حول نقاط الإجهاد العظمى، فيما تشغل الإجهادات الدنيا حوالي 20- 40 kg/cm2 بقية مناطق العظم، ونظراً إلى أنَّ النتائج تكون عبارة عن قيمٍ رقمية ناجمة عن معادلات رياضية فلا معنى من إجراء دراسات إحصائية، ونقدم في الجدول الآتي ملخصاً للنتائج:

الجدول (3): دراسة الإجهاد ضمن العظم القشري – القوة المطبقه80كغ – بزاوية90

إحداثيات العقد			الإجهاد kg/cm^2	العقد
P3:	P2:	P1:	Von Mises	Node
أخفض إجهاد				
-24.229	-12.191	3.3421	23.941	22291
أعلى إجهاد				
-381.26	-15.791	74.974	418.31	3785



الشكل (3) : يوضّح تركز الإجهادات على الدعامات



الشكل (4) : تركز الإجهادات عند العنق، وتناقصها التدريجي على طول الزرعة

نَلْحَظْ من أشكال تحليل العناصر المنتهية، ومن القيم الرقمية للجداول ما يأتي :

- كانت أعلى قيم رقمية للإجهاد في منطقة العنق، والقيمة الأعلى هي 418.31 kg/cm^2 .
- كانت أخفض قيم رقمية للإجهاد في منطقة من ذروة الزرعة، والقيمة الدنيا هي 23.491 kg/cm^2 .
- تتناقص قيم الإجهاد تدريجياً على طول الزرعة، حتى تكاد تصبح متقاربة في قيمها بعد طول 7 مم من طول الزرعة .

1- المناقشة :

إنَّ دراسة تحليل العناصر المنتهية طريقة فعَّالة لتحديد مكان الإجهادات ومقدارها في العظم السنخي حول الزرعات، وكانت دراستنا عبارة عن دراسة الإجهاد ضمن العظم السنخي إذْ كانت القوة المطبقة 80كغ ؛ وهي تعادل مقدار القوة في منطقة الأرحاء، وكانت زاوية القوة عمودية على سطح العظم والزرعة، فأظهرت النتائج تركز الإجهادات العظمى في منطقة تطبيق القوة، وفي منطقة قمة العظم السنخي؛ أي في منطقة عنق الزرعة، وقد توافقنا في ذلك مع Eskitascioglu, G وEazhil R ومساعديهم الذين أكدوا أنَّ الحد الأقصى من الإجهادات تقع حول عنق الزرعة [6, 4] . أمَّا الإجهادات المتوسطة فتتوزع في منتصف طول الزرعة تقريباً، فيما تشغل الإجهادات الدنيا فتتركز في ذروة الزرعة، وقد تناقصت قيم الإجهاد على طول الزرعة حتى تكاد تصبح متقاربة بعد طول 7 مم من طول الزرعة؛ وهذا ما يتوافق مع Eazhil R و Mohamed I ومساعديهم الذي أشارت دراسات FEA إلى أنَّ زيادة طول الزرعة قد يؤدي إلى إنقاص الإجهادات، وفقاً ل Choun وزملائه لم يؤدِ طول الزرعة دورًا مهمًا في الحد من الإجهاد الفعَّال الأقصى المتولد في عظم الفك المحيط عندما كان يتجاوز طولًا معينًا [6] [7]. كذلك توافقت مع دراسات Himmlová L, ومساعديهم الذين أكدوا أنَّ الزيادة في طول الزرعة يؤدي إلى انخفاض في قيم الضغط القصوى على طول العظم[8].

كما اتفقنا مع دراسات Eduardo وزملائه،[9] ودراسات Jui-Ting Hsu وزملائه[10] في أنَّ قيم الإجهادات تتناقص مع الزيادة في طول الزرعة . فيما اختلفت دراستنا عن دراسة S. Vidya Bhat الذي أكد أنَّ تركيز الإجهاد وتوزيعه لا يتأثر بتغير طول الزرعات [11]، وربما يعود الاختلاف إلى اختلاف نمط الزرعة بين مخروطي واسطواني، واختلاف الفك المستخدم بين علوي في دراسته، وسفلي في دراستنا.

كما اختلفت مع دراسة N Dias FJ, et al. التي أثبتت أنَّ قطر الزرعة هو العامل المسيطر على توزيع الإجهادات على العظم، وليس طولها[12]. وبمقارنة القيم الرقمية في الجدول تبيَّنَ أنَّ أعلى إجهاد كان في العقدة 3785 ذات الإحداثيات: 74.974، 15.791- ، 381.26- ، وكان مقدار الإجهاد 418.31 kg/cm^2 ؛ وهي أدنى من القيمة المعروفة لأعلى مقدار إجهاد قد يتحمله العظم، وهو 750- 1130 kg/cm^2 [1]، ومن ثَمَّ يمكن القول إنَّهُ ضمن مواصفات دراستنا، وضمن الحدود والمعايير المتبعة لا يوجد أي إجهاد زائد قد يسبب امتصاصاً للعظم .

الاستنتاجات والتوصيات:

ضمن حدود هذه الدراسة نستنتج أنَّ قيمة 7 مم بطول الزرعة هي قيمة حدية تتوزع قيم الإجهادات قبلها، وتكون مركزة في قمة العظم السنخي، وتتناقص القيم تدريجياً حتى الوصول إلى طول 7 مم ، فيما تصبح قيم الإجهادات بعد قيمة 7 قيم متقاربة فيما بينها ، ممَّا يجعلنا نوصي بعدم المبالغة باجراء زرعات طويلة بهدف توزيع الإجهادات في العظم على طول الزرعة .

الخلاصة:

يعدُّ تحليل العناصر المنتهية تقانة تحليلية علمية حديثة، لها العديد من الاستخدامات والتطبيقات العملية العلمية، وقد استخدمناها لدراسة تأثير طول الزرعة في تركز الإجهادات في العظم السنخي حول الزرعات، وتبيَّنَ بوضوح أنَّ قيم الإجهادات المتركزة حول الزرعة كانت عند العنق بالقيم العليا وتنافصت على طول الزرعة حتى حدود طول 7 مم، وبعد ال 7 مم كانت قيم الإجهاد متقاربة وقليلة؛ ممَّا يعني أنَّه بعد قيمة 7 مم بطول الزرعة لايوجد فرق في توزع الإجهادات مهما كان طول الزرعة، لأنَّ قيمة 7 مم قيمة حدية كما تبيَّنَ في دراستنا، وبالمجمل كانت القيم العظمى للإجهادات ضمن الحدود المقبولة التي لاتسبّب أيّ امتصاص للعظم في حال كانت القوى عمودية على المحور الطولي للزرعة، ويمكننا استخدام الزرعات السنية بمأمن في حال اتبعت الإجراءات العلمية الدقيقة.

المراجع References

1. Misch, C.E. Dental Implant Prosthetics. ELSEVIER MOSBY. (2015)
2. Simon, U. ; Augat, P. ; Ignatius, A. ; Claes, L. Influence of the stiffness of bone defect implants on the mechanical conditions at the interface — a finite element analysis with contact. Journal of Biomechanics , 2003 , 36 , 1079–1086 .
3. Ishigaki, S. ; Nakano, T. ;Yamada, SH. ; Nakamura, T. ; Takashima, F. Biomechanical stress in bone surrounding an implant under simulated chewing .
4. Clin. Oral Impl. Res, 2003 , 14 , 97–102.
5. Eskitascioglu, G. ; Usumez, A. ; Sevimay, M. ;Soykan, E. ;and Unsal, E. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: A three dimensional finite element study . J Prosthet Dent, 2004 , 91 , 144-150 .
6. John M.Powers , John C. Wataha Dental materials properties and manipulation
7. ELSEVIER MOSBY. (2016)
8. Eazhil R, Swaminathan SV, Gunaseelan M , Kannan GV , Alagesan C. Impact of implant diameter and length on stress distribution in osseointegrated implants: A 3D FEA study J Int Soc Prev Community Dent. 2016 Nov-Dec
9. Mohamed I.El-AnwaraMohamed M.El-Zawahryb A three dimensional finite element study on dental implant design Journal of Genetic Engineering and Biotechnology Volume 9, Issue 1, 2011, Pages 77-82
10. Himmlová L, et al. Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. J Prosthet Dent. 2004.
11. Eduardo Anitua, , Raul Tapia, Felipe Luzuriaga. Influence of Implant Length, Diameter, and Geometry on Stress Distribution: A Finite Element Analysis Volume 30 , Issue 1 ,January/February 2010 ,Pages 89-95
12. The international journal of periodontics & restorative dentistry.
13. Jui-Ting Hsu, Aaron Yu-Jen Wu, Lih-Jyh Fuh and Heng-Li HuangEmail
14. Effects of implant length and 3D bone-to-implant contact on initial stabilities of dental implant: a microcomputed tomography study BMC Oral HealthBMC series – open, inclusive and trusted 201717:132
15. S. Vidya Bhat, Priyanka Premkumar, and K. Kamalakanth Shenoy Stress Distribution Around Single Short Dental Implants: A Finite Element Study J Indian Prosthodont Soc. 2014 Dec; 14(Suppl 1): 161–167.
16. N Dias FJ, et al. Short implants versus bone augmentation in combination with standard-length implants in posterior atrophic partially edentulous mandibles: systematic review and meta-analysis with the Bayesian approach. Int J Oral Maxillofac Surg. 2018.

تاريخ ورود البحث: 2018/07/08.

تاريخ قبوله للنشر: 2018/09/30.