ผลของรูปร่างของรากเทียมและเกลียวชนิดต่างๆของรากเทียมต่อการกระจายความเค้นลงสู่กระดูกขากรรไกร : วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

นายธนา ธนผลิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1057-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 20434686 11 ก.พ. 2547

THE EFFECT OF DIFFERENT SHAPE AND THREAD DESIGNS OF IMPLANT FIXTURE ON STRESS DISTRIBUTION IN ALVEOLAR BONE : FINITE ELEMENT METHOD

THANA THANAPALIN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Prosthodontics

Department of prosthodontics

Faculty of dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1057-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของรูปร่างของรากเทียมและเกลียวชนิดต่างๆของรากเทียมต่อการกระจายความเค้นลงสู่กระดูกขากรรไกร : วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์
โดย	นายธนา ธนผลิน
ภาควิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)	ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เดชะอำไพ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง รำไพ โรจนกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เดชะอำไพ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. มโน คูรัตน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร. วีระ เลิศจิราการ)

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

นายธนา ธนผลิน : ผลของรูปร่างของรากเทียมและเกลียวชนิดต่างๆของรากเทียมต่อการกระจายความเค้นลงสู่กระดูกขากรรไกร:วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (THE EFFECT OF DIFFERENT SHAPE AND THREAD DESIGNS OF IMPLANT FIXTURE ON STRESS DISTRIBUTION IN ALVEOLAR BONE : FINITE ELEMENT METHOD)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร. ปรารมภ์ ซาลิมี, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ จำนวนหน้า 74 หน้า. ISBN 974-03-1057-5

วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมที่ได้รับการออกแบบด้วยปัจจัยต่างกันได้แก่ ความสอบ รูปร่างเกลียวสามชนิด ความยาวเกลียว และระยะระหว่างเกลียว โดยใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ในสองมิติเพื่อหารูปร่างของรากเทียมที่เหมาะสมในการใช้งาน

วัสดุและวิธีการศึกษา

ทำการวิเคราะห์การกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมที่มีความสอบแตกต่างกัน3แบบได้แก่ รากเทียมทรงกระบอก รากเทียมทรงสอบ 4 องศา และ 8 องศา เกลียว 3 ชนิดได้แก่ เกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส และ เกลียวแบบบัทเทรส บนรากเทียมทรงกระบอกและทรงสอบ 4 องศา ความยาวเกลียวสองขนาดคือ ความยาวเกลียวปกติ (0.4 มิลลิเมตร) และความยาวเกลียวเป็น 2 เท่า (0.8 มิลลิเมตร) และระยะระหว่างเกลียวได้แก่ ระยะระหว่างเกลียวปกติ (0.4 มิลลิเมตร) และระยะระหว่างเกลียวเป็น 4 เท่า (1.6 มิลลิเมตร) โดยการใช้โปรแกรม MSC/Nastran for Windows ในการวิเคราะห์การกระจายความเค้นในแบบจำลองกระดูกรอบรากเทียม

ผลการศึกษา

จากผลการทดลองพบว่ารากเทียมทุกแบบมีความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณกระดูกทึบรอบรากเทียม ความสอบของรากเทียมมีผลต่อการกระจายความเค้นในกระดูกทึบรอบรากเทียม โดยรากเทียมที่มีความสอบมากขึ้นจะมีการสะสมของความเค้นสูงสุดมากขึ้น การใส่เกลียวทำให้การกระจายความเค้นดีขึ้น โดยรูปร่างของเกลียวมีผลน้อยมากต่อการกระจายความเค้น ความยาวเกลียวที่มากขึ้นและระยะระหว่างเกลียวที่น้อยลงมีผลให้การกระจายความเค้นดีขึ้นในกระดูกรอบรากเทียม

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา/2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

AN ABSTRACT

4276108032 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEY WORD: IMPLANT / FINITE ELEMENT / STRESS DISTRIBUTION / IMPLANT DESIGN / THREAD DESIGN

THANA THANAPALIN : THESIS TITLE. (THE EFFECT OF DIFFERENT SHAPE AND THREAD DESIGNS OF IMPLANT FIXTURE ON STRESS DISTRIBUTION IN ALVEOLAR BONE : FINITE ELEMENT METHOD) THESIS ADVISOR : Dr.PRAROM SALIME, THESIS CO-ADVISOR : PROF. Dr.PRAMOTE DECHAUMPHAI, 74 pp. ISBN 974-03-1057-5.

The purpose of this study was to compare the stress distribution in alveolar bone adjacent to dental implant fixture in different designs (degree of taper , thread design , pitch distance , thread depth) by using finite element method. This is to find an optimal dental implant fixture shape and thread design for clinical use.

Finite element analysis software (MSC/Nastran for Windows) was used for analyzing two-dimensional models of different shape and thread designs of dental implant fixture. Three models of fixture geometry (cylindrical fixture , 4 and 8 degree taper fixture), 3 types of thread designs (V-thread , reverse buttress and buttress thread) on cylindrical fixture and 4 degree taper fixture, two thread depths (0.4 mm, 0.8 mm) and two types of thread pitch distance (0.4 mm , 1.6 mm) were investigated. The solutions were presented in color contour of stress distribution in bone around dental implant fixture and the numerical data in terms of displacement and stresses of nodes and elements. The difference in stress contours and value of stresses in different models were compared for optimal shape of dental implant fixture, thread design, thread depth, and thread pitch.

The results found that maximum stress could be found in cortical bone around implant fixture in all models. Cylindrical fixture showed better stress distribution than taper fixture. Fixture with any thread designs showed the decreasing of maximum stress when compared to fixture without thread. Increasing the thread depth and decreasing the pitch distance would result in better stress distribution in bone around implant fixture.

Department: Prosthodontics Student's signature.....

Field of study: Prosthodontics Advisor's signature.....

Academic year: 2001 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เนื่องจากคำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เดชะอำไพ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมทั้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.มโน คูรัตน์ อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร.วีระ เลิศจิราการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ศุภบูรณ์ บุรณเวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันแพทย์ สรรพัชญ์ นามะโน อาจารย์ ทันตแพทย์รุจ จำเดิมเผด็จศึก และ อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยะมล อัลบูสทานี ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการปรับปรุงเนื้อหาวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร สุปรีชากร คุณเสฏฐวรรธ สุจริตภวัตสกุล คุณสุธี โอฬารฤทธินันต์ และ คณะนิสิตปริญญาโทวิศวกรรมศาสตร์สาขาเครื่องกล ที่ให้คำแนะนำวิธีการใช้งาน รวมถึงช่วยตอบข้อสงสัยในการใช้งานโปรแกรม MSC/Nastran for Windows รวมถึง ทันตแพทย์ณัฐวรรธน์ ปลื้มสำราญ ที่ให้คำแนะนำการใช้งานโปรแกรมสำหรับพิมพ์ และนำเสนอวิทยานิพนธ์นี้ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน และขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่าน มา ณ ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญรูป.....ฌ
สารบัญตาราง.....ฑ
สารบัญแผนภูมิ.....ณ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 คำถามของการวิจัย.....2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....2
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.5 ตัวแปร.....3
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....4
1.7 ข้อจำกัดของการวิจัย.....4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

2. ปริทัศน์วรรณกรรม.....5

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....12
3.2 การทดสอบ.....12
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....29
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. **ผลการวิจัย**.....30

5. **การอภิปราย**.....44

5.1 ผลจากความสอบของรากเทียมต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม.....45

5.2 ผลจากรูปร่างเกลียวของรากเทียมทรงกระบอกต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม.....48

5.3 ผลจากรูปร่างเกลียวของรากเทียมทรงสอบ 4 องศาต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม.....55

5.4 ผลของความยาวของเกลียวต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม.....61

5.5 ผลของระยะระหว่างเกลียวต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม.....64

6. **สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ**

6.1 สรุปผลการวิจัย.....67

6.2 ข้อเสนอแนะ.....68

7. **รายการอ้างอิง**.....69

8. **ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์**.....74

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1
ตัวอย่างการแบ่งปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยม.....8
รูปที่ 2
แบบจำลองรากเทียมความสอบแตกต่างกัน 3 ชนิด.....14
รูปที่ 2.1
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอก.....14
รูปที่ 2.2
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศา.....14
รูปที่ 2.3
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 8 องศา.....14
รูปที่ 3
เกลียวสามชนิดที่ใช้ศึกษา.....15
รูปที่ 3.1
เกลียวรูปตัววี.....15
รูปที่ 3.2
เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส.....15
รูปที่ 3.3
เกลียวแบบบัทเทรส.....15
รูปที่ 4
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวสามชนิด.....16
รูปที่ 4.1
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววี.....16
รูปที่ 4.2
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส.....16
รูปที่ 4.3
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวแบบบัทเทรส.....16
รูปที่ 5
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวสามชนิด.....17

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.1
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวรูปตัววี.....17
รูปที่ 5.2
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส.....17
รูปที่ 5.3
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวแบบบัทเทรส.....17
รูปที่ 6
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีความยาวเกลียวแตกต่างกัน.....18
รูปที่ 6.1
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีความยาวเกลียว 0.8 มิลลิเมตร.....18
รูปที่ 6.2
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีความยาวเกลียว 0.4 มิลลิเมตร.....18
รูปที่ 7
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีที่มีระยะระหว่างเกลียวแตกต่างกัน.....19
รูปที่ 7.1
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียว1.6 มิลลิเมตร.....19
รูปที่ 7.2
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียว 0.4 มิลลิเมตร.....19
รูปที่ 8.1
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกไม่มีเกลียว.....23
รูปที่ 8.2
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศาไม่มีเกลียว.....23
รูปที่ 8.3
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 8 องศาไม่มีเกลียว.....24
รูปที่ 8.4
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววี.....24
รูปที่ 8.5
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกเกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส.....25

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 8.6
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกเกลียวแบบบัทเทรส.....25
รูปที่ 8.7
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวรูปตัววี.....26
รูปที่ 8.8
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส.....26
รูปที่ 8.9
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวแบบบัทเทรส.....27
รูปที่ 8.10
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีความยาวเกลียว 0.8 มิลลิเมตร.....27
รูปที่ 8.11
แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียว 1.6 มิลลิเมตร..28
รูปที่ 9
แสดงตัวอย่างการแปลความหมายภาพแสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม.....30
รูปที่ 10
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอก.....32
รูปที่ 11
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 4 องศา.....33
รูปที่ 12
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 8 องศา.....34
รูปที่ 13
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววี.....35
รูปที่ 14
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกเกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส.....36
รูปที่ 15
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกเกลียวแบบบัทเทรส.....37

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 16
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวรูปตัววี.....38
รูปที่ 17
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส...39
รูปที่ 18
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 4 องศา เกลียวแบบบัทเทรส.....40
รูปที่ 19
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีความยาว 0.8
มิลลิเมตร.....41
รูปที่ 20
แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววี
ระยะระหว่างเกลียว 1.6มิลลิเมตร.....42
รูปที่ 21
แสดงการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอก
ทรงสอบ 4 องศา และ ทรงสอบ 8 องศา.....45
รูปที่ 22
แสดงการแตกแรงจากผิวของรากเทียม.....46
รูปที่ 23
แสดงการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอก
ที่มีเกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส และเกลียวแบบบัทเทรส.....48
รูปที่ 24แสดงการกระจายความเค้นในกระดูกรอบเกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส
และเกลียวแบบบัทเทรส ของรากเทียมทรงกระบอก.....50
รูปที่ 25
แสดงตำแหน่งของกระดูกรอบเกลียวแรกของรากเทียมสามแบบที่ใช้พิจารณา
ค่าความเค้นตั้งฉากแกนนอน ความเค้นตั้งฉากแกนตั้ง ความเค้นเฉือน และความเค้นฟอนมิสเซส..51

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 26
แสดงการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มี
เกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส เกลียวแบบบัทเทรส.....55
รูปที่ 27
แสดงความเค้นในกระดูกรอบเกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส
และเกลียวแบบบัทเทรส ของรากเทียมทรงสอบ 4 องศา.....56
รูปที่ 28
แสดงการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นฟอนมิสเซสในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอก
ที่มีเกลียวรูปตัววี ความยาวเกลียว 0.4 และ 0.8 มิลลิเมตร.....61
รูปที่ 29
แสดงการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอก
ที่มีเกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียว 0.4 และ 1.6 มิลลิเมตร.....64

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และ อัตราส่วนโพซองของกระดูกและTitanium.....20
ตารางที่ 2
แสดงค่าการเคลื่อนตัวบริเวณตำแหน่งที่เกิดค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูก
ค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียม
ค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวแรก.....31
ตารางที่ 3
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียม ทรงกระบอก, ทรงสอบ 4 องศา
และ ทรงสอบ 8 องศา.....45
ตารางที่ 4
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียม ของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส เกลียวแบบบัทเทรส.....48
ตารางที่ 5
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส เกลียวแบบบัทเทรส.....48
ตารางที่ 6
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มี
เกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส เกลียวแบบบัทเทรส.....55
ตารางที่ 7
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มี
เกลียวรูปตัววี เกลียวแบบรีเวอร์สบัทเทรส เกลียวแบบบัทเทรส.....55
ตารางที่ 8
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววีความยาว 0.4 และ 0.8 มิลลิเมตร.....61
ตารางที่ 9
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววี ความยาว 0.4 และ 0.8 มิลลิเมตร.....61

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 10
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียว 0.4 และ 1.6 มิลลิเมตร.....64
ตารางที่ 11
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียวเท่ากับ 0.4 และ 1.6 มิลลิเมตร.....64

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1
ค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบรากเทียมเปรียบเทียบระหว่าง
แบบจำลองรากเทียมทุกแบบ.....43
แผนภูมิที่ 2
ค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบปลายรากเทียมที่มีความสอบแตกต่างกัน.....47
แผนภูมิที่ 3
แสดงค่าความเค้นในกระดูกหกตำแหน่งรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวรูปตัววี.....52
แผนภูมิที่ 4
แสดงค่าความเค้นในกระดูกหกตำแหน่งรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวแบบบรีเวิร์สบัทเทรส.....52
แผนภูมิที่ 5
แสดงค่าความเค้นในกระดูกหกตำแหน่งรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงกระบอกที่มี
เกลียวแบบบัทเทรส.....53
แผนภูมิที่ 6
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวเปรียบเทียบระหว่าง
แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวแตกต่างกันสามชนิด.....54
แผนภูมิที่ 7
แสดงค่าความเค้นในกระดูกหกตำแหน่งรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงสอบ 4 องศา
ที่มีเกลียวรูปตัววี.....58
แผนภูมิที่ 8
แสดงค่าความเค้นในกระดูกหกตำแหน่งรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงสอบ 4 องศา
ที่มีเกลียวแบบบรีเวิร์สบัทเทรส.....58
แผนภูมิที่ 9
แสดงค่าความเค้นในกระดูกหกตำแหน่งรอบเกลียวแรกของรากเทียมทรงสอบ 4 องศา
ที่มีเกลียวแบบบัทเทรส.....59
แผนภูมิที่ 10
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวเปรียบเทียบระหว่าง
แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มีเกลียวแตกต่างกันสามชนิด.....59

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 11
แสดงค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีความยาวเกลียว 0.4 และ 0.8 มิลลิเมตร.....63
แผนภูมิที่ 12
ค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดในกระดูกรอบเกลียวเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีระยะระหว่างเกลียว 0.4 และ 1.6 มิลลิเมตร.....65