

วิเคราะห์การกระจายของแรงเค้นจากการเคลื่อนพื้นเชิง
โดยวิธีไฟโตรีลาสติก



นางสาว หัสณีย์ บัณฑิตราภิวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต

ภาควิชาทัศนกรรมจัดพิมพ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530


ISBN 974-567-427-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012386

I 10300122

Analysis of Stress due to Canine Retraction by
Photoelastic Technic



Miss Tasanee Bantrapiwat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Dental Science

Department of Orthodontics
Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-567-427-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ วิเคราะห์การกระจายของแรง เค้นจากการ เคลื่อน
 พิน เชี่ยวโดยวิธีไฟรคอีลาสติก
 วิทย นางสาว ทศนีย์ บัณฑิตราภิวัฒน์
 ภาควิชา หันตกรรมจัดฟัน
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ทันตแพทย์หญิง สมรศรี วิถีพร
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุทธิพันธุ์ ประชดพถธี



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้
 เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชภัฏ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิง พรรณี สุ่มสวัสดิ์)

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ทันตแพทย์ วัชระ มธุราสัย)

..... กรรมการ
 (อาจารย์ทันตแพทย์หญิง สมรศรี วิถีพร)

..... กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุทธิพันธุ์ ประชดพถธี)

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา หงเจริญ)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ วิเคราะห์การกระจายของแรงเค้นจากการเคลื่อน
 ฟันเขี้ยว วัสดุวิธีไฟเรซินอีลาสติก
 ชื่อนิสิต นางสาว ทศนีย์ บัณฑิตธาภิวัฒน์
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ทันตแพทย์หญิง สมรศรี วิถีพร
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุทธิพันธุ์ ปรัชญพฤทธิ์
 ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน
 ปีการศึกษา 2529

บทคัดย่อ



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนฟันเขี้ยว
 ด้วยวิธีการและขนาดแรงต่างกัน และศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเคลื่อน
 ฟันเขี้ยวทั้งซี่ฟัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยกระทำในแบบจำลองฟันซึ่งจำลองลักษณะการเรียงตัวของฟัน
 ในขากรรไกรล่าง เมื่อถอนฟันกรามน้อยซี่ที่หนึ่งไปเพื่อการจัดฟัน ประกอบด้วย
 ฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อยซี่ที่สอง ฟันกรามซี่ที่หนึ่งฝังอยู่ในสารไบรฟรินเจน การ
 กระจายของความเค้นซึ่งเกิดขึ้นจากเครื่องมือเคลื่อนฟันเขี้ยว 5 ชนิด ได้แก่
 ฮิวเจอร์ สปริง ขนาด 0.016×0.016 นิ้ว เกเบอร์ แองเกิล 45 องศา
 วัสดุสังเคราะห์ ลูบ ขนาด 0.016×0.016 นิ้ว เกเบอร์ แองเกิล 22.5 องศา
 รทอิน 15 องศา สปริงชนิดเกลียวปิดขนาด 0.009×0.030 นิ้ว ยาง

ขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ และยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ ร่วมกับเคาน์เตอร์ แคม ศึกษาด้วยวิธีโพลาไรสติก

สรุปผลการวิจัย

1. การกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนฟันเขี้ยวปรากฏผลดังนี้

1.1 ฮิลเจอร์ สปริง และโคลสซิง ระบุ ให้การกระจายของความเค้นคล้ายคลึงกัน คือการทาเกเบอร์ แองเกิล ทำให้เกิดริมนั้นเคลื่อนปลายรากฟันเขี้ยวไปทางด้านไกลกลาง เพื่อเตรียมรากฟันก่อนการตั้งฟันเขี้ยวให้เคลื่อนที่ไป สำหรับการเคลื่อนที่เฉพาะส่วนตัวฟันเกิดขึ้นเมื่อกระตุ้นฮิลเจอร์สปริงและโคลสซิง ระบุ ด้วยแรง 100 กรัม และ 300 กรัมขึ้นไป ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียหลักยึดเกิดขึ้นเมื่อใช้สปริงทั้งสองด้วยแรง 150 กรัม และ 300 กรัมขึ้นไปตามลำดับ

1.2 สปริงเกลียวบิด และยาง ให้ผลการกระจายของความเค้นคล้ายคลึงกัน คือ เครื่องมือทั้งสองชนิดไม่สามารถทำให้เกิดริมนั้นเพื่อเคลื่อนปลายรากฟันเขี้ยวไปทางด้านไกลกลางก่อนการตั้งฟันเขี้ยวให้เคลื่อนที่ไปจึงพบการเคลื่อนที่เฉพาะส่วนตัวฟันเพียงอย่างเดียว การสูญเสียหลักยึดเกิดขึ้นเมื่อกระตุ้นสปริงเกลียวบิดและยางด้วยแรง 250 กรัม และ 331.29 กรัมขึ้นไปตามลำดับ

1.3 ยางร่วมกับเคาน์เตอร์ แคม พบว่าการใช้เคาน์เตอร์ แคม เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อฟันเขี้ยวให้เข้าใกล้กับจุดศูนย์กลางความต้านทานของฟันมากขึ้น การเคลื่อนเฉพาะส่วนตัวฟันเกิดขึ้นเมื่อใช้แรง 112.06 กรัมขึ้นไป ขณะเดียวกันการสูญเสียหลักยึดเกิดขึ้นเมื่อใช้ยางด้วยแรง 336.18 กรัมขึ้นไป

1.4 การผูกพันกรามน้อยและพันกรามเข้าด้วยกัน ทำให้การกระจายของความเค้นที่ฟันทั้งสองซี่ลดลง ช่วยเพิ่มหลักยึดขณะเคลื่อนฟันเขี้ยว

2. วิธีการที่เหมาะสมในการเคลื่อนฟันเขี้ยวทั้งซี่ฟัน ควรทำให้เกิดสัดส่วนของโมเมนต์ต่อแรงเท่ากับ 8:1 ซึ่งได้แก่ ฮิลเจอร์ สปริง โคลสซิง ลูบ และยางร่วมกับเคโนน แคป ขนาดแรงอยู่ในช่วง 50-100 กรัม 200-300 กรัม และ 50-100 กรัม ตามลำดับ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Analysis of Stress due to Canine
Retraction by Photoelastic Technic

Name Miss Tasanee Bantrapiwat

Thesis Advisor Miss Smorntree Viteporn D.D.S.(Hons),
M.D.Sc

Thesis Co-Advisor Assistant Professor Wudhibhan
Prachyabrued B.Sc.(Queensland);
M.Sc., Ph.D.(Birmingham)

Department Orthodontics

Academic Year 1986

Abstract



Purpose of the study

The purposes of this research were to study stress distribution from various methods of canine retraction at different levels of force, and to investigate various methods for suitable bodily movement of the canine tooth.

Methods of the study

The study was performed on the birefringent model of the mandibular tooth alignment, when the first premolar was extracted. The model was composed of canine, second

premolar and first molar teeth. Stress Distribution caused by 5 canine retractors was studied by the photoelastic technic. The five retractors were Hilger spring of size 0.016 x 0.016 inch with gable angle 45 degree, closing loop spring of size 0.016 x 0.016 inch with gable angle 22.5 degree and toe in 15 degree, closed coil spring of size 0.009 x 0.030 inch, elastic of size 1/4 inch 3(1/2) ounce and elastic of size 1/4 inch 3(1/2) ounce with canine cap.

Research results

1. Stress distributions due to Canine Retraction were as follows:

1.1 Stress patterns resulting from Hilger spring and closing loop spring were similar. The gable angle gave rise to moment which tended to the apex of the canine tooth distally before the whole tooth was retracted. Crown tipping would occur when the applied forces of Hilger spring and closing loop spring were at and above 100 grams and 300 grams, respectively. Meanwhile the anchorage loss would set in when the applied forces of the two springs were at and above 150 grams and 300 grams, respectively.

1.2 Stress patterns resulting from closed coil

spring and elastic were similar. Both methods were unable to induce distal movement of the canine apex before the whole tooth was retracted. Therefore, they could only induce the tipping movement. Meanwhile the anchorage loss would happen when the applied forces of closed coil spring and elastic were at and above 250 grams and 331.29 grams, respectively.

1.3 By using elastic with canine cap, the applied force would be closer to the center of resistance of the tooth. The tipping movement occurred when the applied force was at and above 112.06 grams. Meanwhile, the anchorage loss would happen when the force was at and above 336.18 grams.

1.4 The enmassed procedure between second premolar and first molar reduced the stress distribution between these teeth and resulted in stronger anchorages.

2. Suitable methods for inducing bodily movement of the canine tooth should have the moment to force ratio =8:1. The result indicated that: Hilger spring, closing loop spring and elastic with canine cap with the forces of 50-100 grams, 200-300 grams and 50-100 grams respectively, were the suitable methods for canine retraction.



ญ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือทางด้านวิชาการจาก
อาจารย์ทันตแพทย์หญิง สมรศรี วิถีพร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุทธิพันธุ์
ปรัชญพฤทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ รองศาสตราจารย์
ทันตแพทย์ วัณณะ มธูราสัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงพรณี สุ่มสวัสดิ์
ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ในด้านการรวบรวมข้อมูลและการจัดเตรียมเครื่องมือเพื่อการทดลอง
ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ ภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.
วุทธิพันธุ์ ปรัชญพฤทธิ์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดล ตลอดจนข้าราชการที่
เกี่ยวข้องของภาควิชาทั้งสอง

ขอขอบคุณ นางจันทนา และนายปรีดา ธนานุกูล ที่ให้ความช่วยเหลือ
ในการสั่งซื้อวัสดุที่ใช้ในการทดลอง จนทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อการสนับสนุน
ด้านเงินอุดหนุนการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ ทันตแพทย์ ทวีชัย วังศรีมงคล ที่กรุณาพิมพ์
วิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ประโยชน์ที่พึงได้รับจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแก่ผู้มี
พระคุณทุกท่าน

ทัศนีย์ บัณฑิตราภิวัฒน์



สารบัญ

๘

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
กิตติกรรมประกาศ	ญ
สารบัญตารางประกอบ	ฉ
สารบัญรูปประกอบ	ค
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ข้อตกลงเบื้องต้น	4
ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย	6
คำจำกัดความ	7
2. ทฤษฎีบทและวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง	13
ทฤษฎีบทของไฟโรตอีลาสติกซิตี	13
ทฤษฎีของแสงซึ่งเกี่ยวข้องกับไฟโรตอีลาสติก	15
Polarized light	16
Plane polarizer	18
Wave plate	19
การวางตัวของระนาบการสั่นของแสงในเครื่องมือ	
โพลาริซโคป	22

เครื่องมือรูปหลาริสโคป	23
ผลของแบบจำลองที่มีความเค้นจากเครื่องมือ รูปหลาริสโคป	27
ความเข้มของแสงที่ผ่านแบบจำลองในคาร์ค ฟิล.	28
ความเข้มของแสงที่ผ่านแบบจำลองในโลท์ ฟิล..	32
รูปโคอีลาสติกซีทีในงานทันตกรรม	34
Canine Retraction	61
ธรรมชาติของการเคลื่อนฟัน	61
กลไกในการเคลื่อนฟันเขี้ยว	63
หลักทั่วไปที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเขี้ยวไปตาม	
Arch wire	66
กลไกการเคลื่อนฟันเขี้ยวด้วย	
Sectional arch	72
แรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเขี้ยว	87
3. ระเบียบวิธีวิจัย	94
กลุ่มตัวอย่าง	94
การรวบรวมข้อมูล	99
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	99
วิธีการรวบรวมข้อมูล	104
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	106
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	149
เอกสารอ้างอิง	162
ภาคผนวก	167
ประวัติผู้เขียน	182

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1. แสดงการเรียงตัวทั้ง 4 ระบบของอนุภาคทางแสง บนเครื่องมือเซอร์คิวลาร์ โพลาริสโคป	24
2. แสดงถึงขนาดของลาวก ลักษณะของสปริง และขนาด ของเกเบอร์ แองเกิล	85
3. แสดงการประเมินค่าต่างๆของเครื่องมือที่ใช้ในการ คึงฟันเขี้ยว	102
4. แสดงการหาค่าแห่งจุดศูนย์กลางการหมุนของฟันเขี้ยว ของสปริงชนิด ฮิลเจอร์ สปริง เกเบอร์ แองเกิล 45 องศา และ ใกล้เคียง ลูป เกเบอร์ แองเกิล 22.5 องศา ๖ หอนัน 15 องศา	134
5. แสดงการหาค่าแห่งจุดศูนย์กลางการหมุนของฟันเขี้ยว ของสปริงชนิดเกลียวบิด ขนาด 0.009 x 0.030 นิ้ว และยาวขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์	135
6. แสดงการหาค่าแห่งจุดศูนย์กลางการหมุนของฟันเขี้ยว ของยาวขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์ ร่วมกับ เคาน์เตอร์ แคลบ	136
7. แสดงการทดสอบคุณสมบัติของ ฮิลเจอร์ สปริง เกเบอร์ แองเกิล 45 องศา	167
8. แสดงการทดสอบคุณสมบัติของ ใกล้เคียง ลูป เกเบอร์ แองเกิล 22.5 องศา ๖ หอนัน 15 องศา	169
9. แสดงการทดสอบคุณสมบัติของสปริงชนิดเกลียวบิด ขนาด 0.009 x 0.030 นิ้ว	169

10.	แสดงการทดสอบคุณสมบัติของยางขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์	170
11.	แสดงการทดสอบคุณสมบัติของยางขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์ ร่วมกับเคไนน์ แคม	170
12.	แสดงการวัดและคำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในการหา ค่า เอฟ แวลยู	176
13.	แสดงการหาค่า เอฟ แวลยู ของแบบจำลอง ขณะทำการทดลอง	177
14.	แสดงการวัดค่าของแรงดึงที่ใช้ในการยึดแบบจำลอง ให้ตารางความสัมพันธ์ระหว่าง F/A และ $\Delta L/L$	179

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1. แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางความต้านทานของพื้นเขียว ...	10
2. แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของการหมุนในแนวตามขวาง หรือใกล้กลาง-ไกลกลาง (Transverse or Mesiodistal)	12
3. แสดงลักษณะการกระจายของความเค้น เป็นแถบมืดแบบ Isochromatic fringes	14
4. แสดง Amplitude ของแสงในรูปของฟังก์ชัน Sine ความถี่สททาง การเคลื่อนที่ของแสง	15
5. แสดง Vector ของ Plane-polarized light	17
6. แสดง Vector ของ Circularly-polarized light..	17
7. แสดงถึงการถูกคลื่น และการยอมให้แสงผ่าน Plane-polarizer	18
8. แสดงลักษณะแสง Polarized เมื่อผ่านเข้าสู่ Wave plate	19
9. แสดง Retardation ของแสง ซึ่งถูกสร้างโดย Wave plate	20
10. ก. แสดงการวางตัวของระนาบการสั่นของแสงใน เครื่องมือ	22
ข. แสดง เครื่องมือโพลาไรสโคปที่ใช้ในการทดลอง.....	22
11. แสดงแบบจำลองเมื่อไม่ได้รับแรงกระทำ (ก)แถบสว่างใน ฟิล์ม ฟิล และ (ข)แถบมืดในคาร์ด ฟิล จะไม่ถูกรบกวน...	25

12. แสดงแบบจำลอง เมื่อได้รับแรงกระทำจาก เครื่องมือ
ในการค้ำพื้น เขี้ยว จะปรากฏรูปแบบแถบมืด ค้างรูป
(ก) ในไลท์ ฟิล (ข) ในคาร์ค ฟิล 26
13. แสดงลักษณะของแบบจำลองใน เซอร์คูลาร์ โพลาริซโคป
ในลักษณะ A 29
14. แสดงผลลัพธ์ของทิศทางและขนาดของแสง เมื่อผ่านเข้าสู่
แบบจำลองที่ได้รับแรงกระทำ 29
15. ผลลัพธ์ของทิศทางและขนาดของแสง เมื่อผ่านเข้า
ควอเตอร์ เวบ เพลก ที่ 2 30
16. แสดงผลลัพธ์ของทิศทางและขนาดของแสง เมื่อผ่านเข้า
อะนาไลเซอร์ ในคาร์ค ฟิล 31
17. แสดงผลลัพธ์ของทิศทางและขนาดของแสง เมื่อผ่านเข้า
อะนาไลเซอร์ ในไลท์ ฟิล 32
- 18-21 แสดงลักษณะการกระจายของแรง เมื่อกระทำค้ำพื้น เขี้ยว
ทางด้านใกล้กลาง ใกล้กลาง ค้างฉากกับอะริโวลาร์ เครส
แต่ไม่ผ่านแนวแกนของพื้น เขี้ยว และไปคามแนวแกนของ
พื้น เขี้ยว คามลำดับ 35-37
- 22-25 แสดงลักษณะการกระจายของแรง เมื่อกระทำทางด้าน
ใกล้กลาง ใกล้กลาง ทิศทางค้างฉากกับอะริโวลาร์ เครส
ค้างฉากกับอะริโวลาร์ เครส และผ่านแนวแกนของพื้นกราม
คามลำดับ 38-40
26. แสดงแบบจำลองพื้นซึ่งหล่อด้วยสารไบรฟรินเจน
ชนิด 2 มิติ 41

27.	แสดงลักษณะของสปริงประเภท แชนชันแนล อาร์ช สปริง ชนิด Closed vertical loop ที่มีเกเบอร์ แองเกิล ขนาดต่างๆกัน	42
28.	แสดงผลของเกเบอร์ แองเกิล ที่เกิดขึ้นก่อนการกระตุ้น สปริงขนาด 0.016 x 0.022 นิ้ว	43
29.	เปรียบเทียบลักษณะของความเค้นซึ่งเกิดจากการใช้ แชนชันแนล อาร์ช สปริง ลักษณะต่างๆกัน	44
30.	แสดงแรงดึงและแรงอัด ที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนฟัน เขี้ยว ค่ายเทคนิคที่ 1-4	46
31.	แสดงการทดลองดึงฟัน เขี้ยวค่ายสปริงชนิด เกลิยาบิคินแมว..	47
32.	แสดงลักษณะของรากฟันที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสีกะโหลก ศีรษะด้านข้าง	48
33.	แสดงแบบจำลองซากกรรไกรบนชนิดโรทีลาสติก	49
34.	ก. ชิ้นส่วนภาคตัดขวางของแบบจำลองโรทีลาสติก	50
	ข. แสดงถึงลักษณะทางจุลกายวิภาคของกระดูกซากกรรไกร.	50
35.	ก. ด้านใกล้กลางของฟัน เขี้ยวบริเวณขอกกระดูก เบ้าฟัน ซึ่งมีแรงอัดสูง	51
	ข. พบว่าเกิด Hyalinization	51
36.	ก. แสดงลักษณะของเนื้อ เยื่อปริทันต์ทางด้านใกล้กลางของ บลาयरาก ซึ่งมีแรงอัดสูง	52
	ข,ค. พบว่ามี Hyalinization (H) ในบริเวณบลาयरากทางด้านใกล้กลาง	52
37.	ก. ภาพถ่ายโรทีลาสติก บริเวณฟันกราม	53
	ข. ลักษณะทางจุลกายวิภาค	53

38.	แสดงลักษณะของ J-Hooks ที่ใช้ในการศึกษาของ Perez และคณะ	54
39.	แสดงแบบจำลองกะโหลกศีรษะ และกรอบอลูมิเนียมที่ยึด J-Hook	55
40.	แสดงทิศทางของแรงที่เกิดจาก J-Hook 3 ระดับ	56
41-43.	แสดงพื้นที่ที่ได้รับความเค้น เมื่อใช้ J-Hook headgear ซึ่งให้แรงท่ามุม 40 องศา 20 องศา และขนานกับระนาบ บดเคี้ยว ความลาดับ	57-58
44.	แสดงลักษณะในแนวด้านหน้า-ใกล้กลางของ Frontozygomatic suture เมื่อได้รับแรง	58
45.	แสดงความเค้นที่เกิดบริเวณ Zygomatic arch เมื่อใช้ แรงท่ามุม 20 องศาที่ระนาบบดเคี้ยว	59
46.	แสดงถึงความแตกต่างบนด้าน Pressure	62
47.	ก. แสดงถึงระบบของแรงที่ระดับแบรคเกต	64
	ข. แสดงถึงระบบของแรงที่สมมูล ณ จุดศูนย์กลาง ความต้านทาน	64
48.	แสดงทิศทางของแรงสุทธิบนฟันเขี้ยวและฟันหลัง	65
49.	แสดงลักษณะของ Intra หรือ Intermaxillary Elastics ที่คล้องจากฟันหลักไปยังฟันเขี้ยวที่มี Kobayashi ligature	68
50.	แสดงลักษณะของสปริงชนิดเกลียวบิด ขณะยึดออกเพื่อใช้ ในการเคลื่อนฟันเขี้ยว	69
51.	แสดงลักษณะของ Vertical spur ที่ใช้คล้องขาง ในการดึงฟันเขี้ยว	70

52.	แสดงสปริงค้ำฟันเขี้ยว ออกแบบโดย Burstone	75
53.	แสดงผลข้างเคียงจากการเคลื่อนฟันเขี้ยวไปตาม Arch wire	77
54.	ก. แสดงผลของแรงในแนวระนาบ เมื่อมีแรงเคี้ยวกระทำ ค้ำฟันเขี้ยว	78
	ข. แสดงถึงการทำ Antitip ภัยมี $M_1/F = 11$ และ Antirotation ภัยมี $M_2/F = 4$	78
55.	แสดงเครื่องมือซึ่งใช้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ต่อ แรงที่เกิดจากการใช้ Retraction springs	79
56.	แสดงเครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ของ Antitip จากอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ต่อแรง	80
57.	ก. กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ load-deflection หรือ F/Δ ของสปริง	82
	ข. กราฟแสดงถึงคุณสมบัติของสปริงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ของ Alpha moment to force ต่อระยะทางหลัง จากการกระตุ้นสิ้นสุดลง (Deactivation)	82
58.	กราฟแสดงถึง Beta moment to force ซึ่งวัดในแนว sagittal ที่ฟันกรามน้อยซึ่งเป็นหลักยึดต่อระยะทางหลังจาก การกระตุ้นสิ้นสุดลง	83
59.	แสดงขนาดของเกเบอ์ แองเกิล ในสปริงชนิด Closed vertical loop	86
60.	แสดง เครื่องมือที่ใช้ทดสอบสปริงแบบต่างๆ	86
61.	แสดงผลของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเขี้ยว	88
62.	กราฟแสดงอัตราการเคลื่อนที่ของฟันเขี้ยว เมื่อได้รับแรง ขนาดต่างๆกัน	89

63.	รูปร่างของฟันเขี้ยวทางด้านริมฝีปาก และด้านใกล้กลาง และแรงที่กระทำกับฟันเขี้ยว	91
64.	เปรียบเทียบการกระจายของแรงซึ่งทำให้ฟันเขี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Tipping และบอคิส	92
65.	แสดงแบบจำลองฟัน ซึ่งหล่อด้วยสารไบรฟรินเจน	95
66.	แสดงเครื่องมือเคลื่อนฟันเขี้ยวแบบค่างวที่ใช้ในการทดลอง.	98
67.	แสดงเครื่องมือเฉพาะกิจที่ใช้ในการตรวจสอบค่าระยะทางที่ถูกกระตุ้น แรงที่ใช้กระตุ้น แรงที่ทำให้เกิดริมนเม้นท์ของเครื่องมือเคลื่อนฟันเขี้ยว	101
68.	แสดงเครื่องมือดิจิทัล แคลลิเปอร์ อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มม.	103
69.	แสดงลำดับของแถบมิดและตำแหน่งที่ใช้วัดความลึกของแถบมิด	107
70.	แสดงการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นในฟันเขี้ยวของ ฮิลเจอร์ สปริง เกเบอร์ แองเกิล 45 องศา ในอัลท์ ฟิล	109
71.	แสดงการกระจายของความเค้น เปรียบเทียบกรณีไม่มีค้ำฟันหลัก (ก) กับกรณีมีค้ำฟันหลัก (ข)	113
72.	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการกระจายของความเค้น กรณีไม่มีค้ำฟันหลัก และค้ำฟันหลักของฮิลเจอร์ สปริง ตำแหน่งที่ 3	115
73-76	แสดงการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นในฟันเขี้ยวของ รอลสวิง ลูบ สปริงชนิดเกลียวบิด ยางและยางร่วมกับ เคาน์น์ แคบ ความลึกในอัลท์ ฟิล	118-131

- 77-81 กราฟแสดงการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางการหมุนของ
 ฟันเขี้ยวของฮิลเจอร์ สปริง วัสดุชิ่ง ลูบ สปริง
 ชนิดเกลียวบิด ยาง และยางร่วมกับเคาน์เตอร์ แคลบ
 ขนาดแรงที่ใช้ในการกระตุ้น 250 กรัม 100 กรัม
 250 กรัม 331.29 กรัม และ 448.24 กรัม
 ตามลำดับ ณ ตำแหน่ง 0 1 2 3 137-141
- 82ก. แสดงแบบจำลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แสดงความสัมพันธ์ของ
 ระยะที่คืบ (d) แรงที่คืบ (F) แรงที่เกิดจากโมเมนต์ (M)
 แรงลัพท์ที่เกิดจาก M+F 143
- 82ข. แสดงแบบจำลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ค่อ) 144
83. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่คืบ กับระยะลิกของ
 แรงลัพท์ ($F_M + F$) 0 2 4 6 หน่วยแรง เมื่อแรงที่ใช้
 ในการคืบ F 145
84. แสดงวิธีหาจุดศูนย์กลางความต้านทาน เมื่อใช้น้ำหนัก
 ในการคืบ 200 กรัม 146
85. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่คืบ กับระยะลิกของ
 แถบมิกที่ลำดับของแถบมิกที่ 1/2 เมื่อใช้น้ำหนักหรือแรงคืบ
 ที่ 100 200 300 กรัม 147
- 86-88 ผลของ ฮิลเจอร์ สปริง สปริงชนิดเกลียวบิด และยาง
 ร่วมกับเคาน์เตอร์ แคลบ ตามลำดับ เมื่อศึกษาในโลห์ ฟิล และ
 คาร์ค ฟิล 152-154
89. เปรียบเทียบผลของการงัดผูกพันกรามน้อยและพันกราม
 เข้าด้วยกัน (รูป ก) กับการผูกพันกรามน้อยและพันกราม
 (รูป ข) 155

90. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กระตุ้น (F) มีหน่วยเป็นกรัม กับระยะทางที่ใช้กระตุ้น (d) มีหน่วยเป็น มม. 168
91. แรงของยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ กับเคาน์เตอร์แคบ ทิศทางของแรงในแนวเดียวกับระนาบอ้างอิง 171
92. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการกระตุ้น (F) กับระยะทางที่ย่างยึก (ΔL) เมื่อลักษณะการกระตุ้นโดยยัก ยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ 172
- 93-94 การหาแรงที่เกิดขึ้นในยางขดเคียว เป็นระยะทางตั้งแต่ รีมลาร์ ชูค มายังแบรคเกตของฟันเขี้ยว และมายังเคาน์เตอร์แคบของฟันเขี้ยว ความลาดชัน เมื่อใช้ยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ 1 เส้น 173-174
95. วิธีหาค่าเอฟ แวลยู ของแบบจำลองเริ่มต้นหากการทดลอง... 175
96. กราฟแสดงการหาค่าเอฟ แวลยู 177
97. แสดงการถ่วงน้ำหนักต่อวัตถุที่ถูกต้อง ในการหาค่า รีมคูลิสซิคหุ่ม 178
98. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F/A กับ $\Delta L/L$ เพื่อหาค่า รีมคูลิสซิคหุ่ม 181

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย