

ผลของแรงอัดซ้ำที่มีต่อแรงยึดของซีเมนต์ชั่วคราวที่ใช้กับรากเทียมระบบหนึ่ง



นายจักรี องค์กรเยี่ยมศักดิ์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

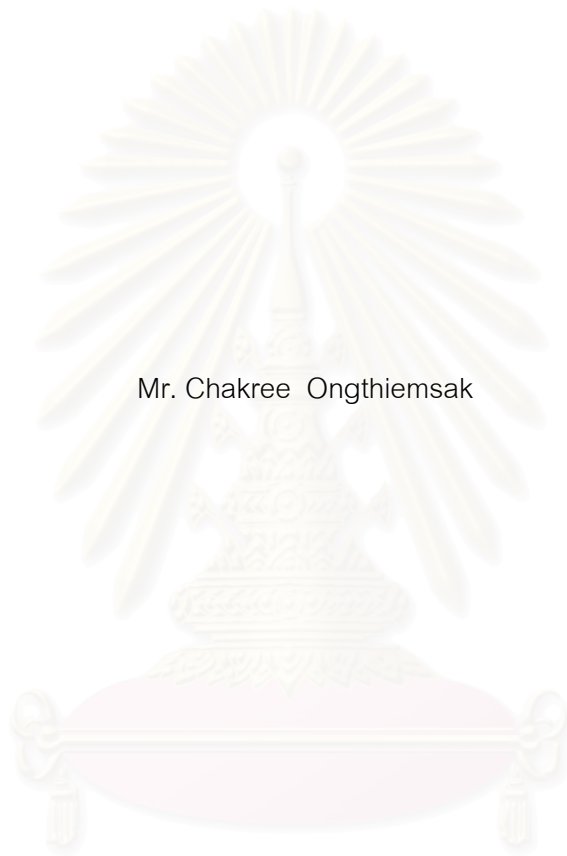
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3695-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF COMPRESSIVE CYCLIC LOADING ON THE RETENTIVE FORCES OF A TEMPORARY
CEMENT USED WITH AN IMPLANT SYSTEM



Mr. Chakree Ongthiemsak

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 2003

ISBN 974-17-3695-9

จักรี องค์เทียมศักดิ์ : ผลของแรงอัดซ้ำที่มีต่อแรงยึดของซีเมนต์ชั่วคราวที่ใช้กับรากเทียมระบบหนึ่ง. (THE EFFECT OF COMPRESSIVE CYCLIC LOADING ON THE RETENTIVE FORCES OF A TEMPORARY CEMENT USED WITH AN IMPLANT SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : อ.ทพ. ตระกล เมฆญารัตนนานนท์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.ทพ. บัณฑิต จิระจวิทยาเวช 75 หน้า. ISBN 974-17-3695-9.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของแรงอัดซ้ำซึ่งเป็นการเลียนแบบแรงกดเคี้ยวในช่องปากว่ามีผลต่อแรงยึดของซีเมนต์ชั่วคราวชนิดหนึ่ง(Temp-Bond[®])ที่ใช้ในการยึดครอบฟันกับหลักยึดของรากเทียมระบบพารากอนเพื่อหาความสัมพันธ์ของจำนวนแรงอัดซ้ำและแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทำการเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำในลักษณะเส้นโค้งรูปไซน์(Sine curve)ขนาด 20-130 N ซึ่งมีทิศทางของแรงขนานแต่อกนอกแนวแกนรากเทียม 3 มม. จำนวนรอบของแรงอัดซ้ำที่ให้กับขึ้นทดสอบแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ 500,000 รอบ 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบซึ่งเทียบเท่าการใช้งานในช่องปากเป็นเวลา 6 เดือน, 1 ปีและ 5 ปีตามลำดับ นำค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired sample t-test ($\alpha=0.05$) และนำค่าแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไปทั้ง 3 กลุ่มมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ One way ANOVA($\alpha=0.05$) และ Scheffe's multiple contrasts หาความสัมพันธ์ของจำนวนแรงอัดซ้ำและแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย Pearson Correlation coefficient ผลการทดลองพบว่าแรงอัดซ้ำมีผลทำให้แรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P=0.000$)ทั้ง 3 กลุ่ม โดยที่แรงยึดในกลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบมีค่าลดลงร้อยละ 16.75, 18.73 และ 19.68 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแรงยึดที่ลดลงทั้ง 3 กลุ่มกลับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P=0.792$)

ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆของการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลได้ว่า แม้แรงอัดซ้ำจะมีผลทำให้ค่าแรงยึดลดลงก็ตาม แต่จำนวนแรงอัดซ้ำที่เพิ่มขึ้นกลับมีความสัมพันธ์น้อยมากในรูปเชิงเส้น ($R=0.119$) ต่อค่าแรงยึดที่ลดลงของซีเมนต์ชั่วคราวที่ใช้ในการยึดครอบฟันโลหะกับหลักยึดรากเทียมระบบนี้

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อผู้นิพนธ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4376102332 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEY WORD: CYCLIC LOADING / RETENTIVE FORCES / TEMPORARY CEMENT / DENTAL IMPLANT

CHAKREE ONGTHIEMSAK : THESIS TITLE. (THE EFFECT OF COMPRESSIVE CYCLIC LOADING ON THE RETENTIVE FORCES OF A TEMPORARY CEMENT USED WITH AN IMPLANT SYSTEM) THESIS ADVISOR : TRAKOL MEKAYARAJJANANONTH, THESIS COADVISOR : BUNDHIT JIRAJARIYAVEJ , 75 pp. ISBN 974-17-3695-9.

This research studied the effect of compressive cyclic loading on the retentive forces of a temporary cement(Temp-Bond[®]) used to retain crowns and implant abutments(Paragon system) and studied the relation between the loading and the altered retentive forces. The methods were comparing the retentive forces of cement retained crowns (n=10) before and after applying an off-axis 3 mm. sinusoidal type compressive cyclic loading between 20-130 N for 500,000 cycles, 1,000,000 cycles and 5,000,000 cycles which were approximately equivalent of 6 months, 1 year and 5 years of in vivo mastication. The retentive forces before and after applied loading were compared with paired sample t-test ($\alpha=0.05$) and the altered retentive forces of 3 groups were analysed by one way analysis of variance and Post-hoc by Scheffe's multiple contrasts ($\alpha=0.05$). The relation of the loading and the altered retentive forces were analysed with Pearson correlation coefficient. The results showed that compressive cyclic loading reduced retentive forces significantly in all groups ($P=0.000$). The retentive forces were reduced 16.75, 18.73 and 19.68 percentages in the applied loading group of 500,000 cycles, 1,000,000 cycles and 5,000,000 cycles respectively. Nevertheless, the reduced retentive forces were not significantly different ($P=0.792$).

Within the limitations of this study, the conclusion is that although cyclic compressive loading could reduce the retentive forces but the increased loading had very little relation ($R=0.119$) to the decreased retentive forces of this temporary cement used to retain crowns and abutments of this implant system.

Department	Prosthodontics	Student's signature.....
Field of study	Prosthodontics	Advisor's signature.....
Academic year	2003	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์
ทันตแพทย์ ตระกล เมฆสุวรรณานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งท่านได้ให้คำชี้แนะต่างๆ
ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้โดยมีอาจารย์ทันตแพทย์ บัณฑิต จิรจรรยาเวช อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ร่วมคอยให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องทดสอบความล้ำแบบสากล

ผู้เขียนขอขอบคุณทันตแพทย์ สันห์ชัย จิรชาญชัย และ บริษัทอินฮาร์ทเด็นทัลอาร์ต
จำกัด ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำครอบโลหะและขอขอบคุณบริษัทอุดมเมดิ
คอล อีคิวไบนท์ จำกัด ที่ให้ส่วนลดหลักยึดรากเทียมระบบพาราگون

ขอขอบคุณ คุณอภิวัฒน์ ฤทธาภัย หัวหน้าหน่วยวิจัยทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดลที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องทดสอบความล้ำแบบสากลรวมถึงเจ้าหน้าที่
หน่วยวิจัยทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ
ในการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบชนิดต่างๆ

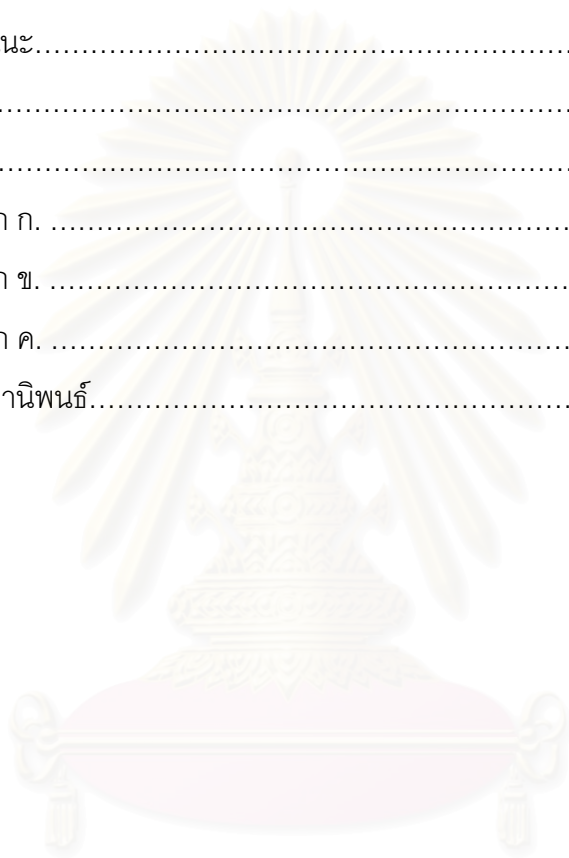
สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	19
การเตรียมแม่แบบ(Die)สำหรับทำกรอบ.....	20
การเตรียมต้นแบบกรอบฟัน.....	23
การเตรียมบ้ำหล่อซีเมนต์เพื่อใช้ทำกรอบ.....	25
การทำกรอบโลหะจากซีเมนต์.....	28
การเตรียมหลักยึดรากเทียม.....	31
การยึดขึ้นกรอบกับหลักยึด.....	34
การทดสอบแรงยึด.....	38
การให้แรงอัดซ้ำ (Compressive cyclic loading).....	40
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	44

	หน้า
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
5. อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	49
อภิปรายผลการวิจัย.....	49
สรุปผลการวิจัย.....	51
ข้อเสนอแนะ.....	52
รายการอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก.....	59
ภาคผนวก ก.	60
ภาคผนวก ข.	68
ภาคผนวก ค.	72
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	73



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. แสดงคุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์ถาวรและชั่วคราวชนิดต่างๆ.....	11
2. แสดงตัวอย่างระบบรากเทียมที่มีใช้ในเมืองไทย.....	14
3. แสดงค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ.....	61
4. แสดงค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบ.....	63
5. แสดงค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบ.....	65
6. แสดงค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังจากได้รับแรงอัดซ้ำที่จำนวนรอบต่างๆ.....	67
7. แสดงค่าแรงอัดในแต่ละตำแหน่งโดยคำนวณจากระยะสปริงที่เปลี่ยนแปลง.....	71
8. แสดงค่าแรงยึดเริ่มแรกและภายหลังจากการยึดซ้ำ.....	73



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1. แสดงแรงในแนวตั้ง(ลูกศรดำ)และแนวขวาง(ลูกศรขาว)ที่กระทำต่อพื้นปलอม.....7	7
2. แสดงแรงอัดที่ออกนอกแนวแกนรากเทียมทำให้เกิดโมเมนต์.....7	7
3. แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและจำนวนครั้งของแรงที่กระทำ.....8	8
4. แสดงหลักยึดรากเทียม,สกรูและตัวเลี่ยนแบบรากเทียมตามลำดับจากซ้ายไปขวา.....19	19
5. แสดงรูปร่างของครอบโลหะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้.....20	20
6. แสดงหลักยึดรากเทียมที่ยึดเข้ากับตัวเลี่ยนแบบรากเทียมด้วยสกรู.....21	21
7. แสดงการพิมพ์หลักยึดรากเทียมด้วยซิลิโคนโดยใช้ท่อพีวีซีเป็นภาคพิมพ์.....21	21
8. แสดงแม่แบบที่ได้จากการพิมพ์หลักยึดรากเทียม.....22	22
9. แสดงไดย์สเปสเซอร์ชนิดใส,สีแดงและสีเงินตามลำดับ.....23	23
10. แสดงแม่แบบผ่านการทาไดย์สเปสเซอร์แล้ว.....24	24
11. แสดงภาพถ่ายด้านบนของต้นแบบครอบฟันที่ยึดอยู่กับแม่แบบ.....24	24
12. แสดงภาพถ่ายด้านข้างของต้นแบบครอบฟันที่ยึดอยู่กับแม่แบบ.....25	25
13. แสดงกล่องพลาสติกสำหรับการเตรียมบ้ำหล่อซี่ผึ้ง.....26	26
14. แสดงการพิมพ์ต้นแบบครอบฟันที่ยึดอยู่บนแม่แบบด้วยซิลิโคน.....26	26
15. แสดงแผ่นพลาสติกใสที่ได้รับการเจาะส่วนที่คลุมเหนือต้นแบบครอบฟัน.....27	27
16. แสดงบ้ำหล่อซี่ผึ้งที่เตรียมสำเร็จ.....27	27
17. แสดงซี่ผึ้งบนแม่แบบที่นำออกจากบ้ำหล่อ.....29	29
18. ภายหลังการแต่งขอบใหม่ด้วยซี่ผึ้งแต่งขอบสีแดง.....29	29
19. แสดงกล่องจุลทรรศน์สเตอริโอ.....30	30
20. แสดงสารตรวจจุดค่า.....30	30
21. แสดงเครื่องเป่าทราย.....31	31
22. แสดงการยึดสกรูเข้ากับเครื่องสำรวจความขนาน.....32	32
23. แสดงการไขตัวเลี่ยนแบบรากเทียมเข้ากับสกรู.....32	32
24. แสดงการยึดตัวเลี่ยนแบบรากเทียมกับท่อพีวีซี.....33	33
25. แสดงหลักยึดรากเทียมที่ยึดกับตัวเลี่ยนแบบรากเทียม.....33	33
26. แสดงการปิดช่องบนหลักยึดด้วยซิลิโคน.....35	35
27. แสดงเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้า.....35	35

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
28. แสดงสารละลายกำจัดซีเมนต์ชั่วคราว.....	36
29. แสดงซีเมนต์ชั่วคราว, กระจกและพวยผสม.....	36
30. แสดงเครื่องซึ่งอิเล็กทรอนิกส์.....	37
31. แสดงเครื่องดูโรมิเตอร์ที่นำมาใช้แทนแท่นน้ำหนัก 6 กก.....	37
32. แสดงการยึดครอบกับหลักยึดด้วยน้ำหนัก 6 กก.....	38
33. แสดงเครื่องทดสอบแบบสากล.....	39
34. แสดงการตั้งครอบออกจากหลักยึด.....	39
35. แสดงเครื่องทดสอบความล้าแบบสากล.....	40
36. แสดงหัวกดที่สามารถกดลงบนชิ้นทดสอบได้ครั้งละ 10 ชิ้น.....	41
37. แสดงปลายหัวกดสัมผัสพอดีกับร่องบนครอบที่เตรียมไว้.....	41
38. แสดงแผงควบคุมเครื่องทดสอบความล้าแบบสากล.....	42
39. แสดงหน้าจอบนแผงควบคุมแสดงการตั้งเครื่องทดสอบ.....	42
40. แสดงรูปแบบแรงจำนวน 1 รอบที่ให้กับชิ้นทดสอบ.....	43
41. แสดงหน้าจอบนแผงควบคุมขณะให้แรงอัดซ้ำ.....	43
42. แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ.....	45
43. แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบ.....	46
44. แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบ.....	47
45. แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวนต่างๆ.....	48
46. แสดงการใช้สปริงในการวัดแรงกดในแต่ละตำแหน่งของหัวกด.....	69
47. เวย์รี่ย์แบบดิจิตอลซึ่งนำมาใช้เป็นเครื่องมือวัดความสูงสปริง.....	70
48. แสดงการวัดความสูงของสปริง.....	70

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รากเทียมสำหรับงานทันตกรรมคือวัสดุที่ใส่เข้าไปในกระดูกหรือวางเหนือกระดูกขากรรไกร เพื่อใช้ในการรองรับและให้การยึดอยู่สำหรับฟันปลอมชนิดติดแน่นหรือถอดได้ (GPT-7,1999) จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ของชนชาติจีนและอียิปต์โบราณพบว่าได้มีความพยายามนำหิน และงาช้างมาใส่ทดแทนฟันธรรมชาติที่หลุดไป แสดงให้เห็นว่าประวัติของทันตกรรมรากเทียมนั้นมีมานานนับพันปีแล้ว (Lemons และ Natiella,1986) ในช่วง ค.ศ.1950 ถึง ค.ศ.1980 รากเทียมชนิดได้เชื่อมกระดูกที่ทำจากโลหะผสมโคบอลท์-โครเมียม-โมลิบดีนัม (Cobalt-chromium-molybdenum subperiosteal implants) และรากเทียมชนิดใบมีดที่ทำจากโลหะไททาเนียม (Titanium blade implants) ได้รับความนิยมนอย่างมากในสมัยนั้น อย่างไรก็ตามอัตราความสำเร็จและผลการรักษายังไม่แน่นอนทำให้ไม่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางนัก (Shulman และ Driskell,1997) จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1982 ภายหลังจากประชุมเกี่ยวกับรากเทียม ที่เมืองโตรอนโต ประเทศแคนาดา ถือเป็นการเปลี่ยนโฉมหน้าของทันตกรรมรากเทียมโดยสิ้นเชิง ในการประชุมครั้งนั้นได้มีการเสนอผลการศึกษาทางทันตกรรมรากเทียมในระบบเบรเนมาร์ค (Brånemark system) และแนวคิดเกี่ยวกับการยึดเกาะโดยตรงระหว่างรากเทียมและกระดูกในลักษณะที่เรียกว่าออสติโออินทิเกรชัน(Osseointegration) ซึ่งใช้เวลาถึง 15 ปีก่อนหน้านั้นทำการศึกษาในประเทศสวีเดน ทำให้เห็นถึงอัตราความสำเร็จที่สูงของทันตกรรมรากเทียมระบบนี้ (Brånemark,1985)

ในยุคแรกที่มีการพัฒนารากเทียมนั้นอัตราความล้มเหลวค่อนข้างสูง ส่งผลต่อการออกแบบชิ้นฟันปลอมที่ต้องเน้นการถอดออกง่าย (Retrievability) เป็นสิ่งสำคัญ (Cranin, Rabkin และ Garfinkel, 1977) ทำให้นิยมใช้สกรูในการยึดชิ้นฟันปลอมกับรากเทียมเพื่อตอบสนองความต้องการนี้ ในระบบเบรเนมาร์คเองซึ่งประสบความสำเร็จจากการเริ่มรักษาคนไข้ที่สูญเสียฟันทั้งปาก ก็ยังคงนำแนวคิดของการใช้สกรูเพื่อยึดชิ้นฟันปลอมกับรากเทียมมาใช้ในกรณีอื่นๆด้วย ไม่ว่าจะในกรณีที่สูญเสียฟันบางส่วนหลายซี่หรือเพียงซี่เดียวก็ตาม (Adell และคณะ, 1990; Jemt, Lekholm และ Adell, 1989; Schmitt และ Zarb, 1993) อย่างไรก็ตามการนำซีเมนต์มาใช้ยึดชิ้นฟันปลอมที่รองรับด้วยรากเทียมเริ่มมีมากขึ้นภายหลังจากที่มีการนำรากเทียมระบบสวิสบอนฟิต (Swiss Bonefit) เข้าสู่ตลาดอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1989-1990 ต่อมาเรียกว่าระบบไอทีไอ (ITI) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ซีเมนต์ในการยึดครอบกับรากเทียมเป็นหลัก (Taylor และ Agar, 2002) และใน

เวลาใกล้เคียงกันนั้นบริษัทโนเบลไบโอแคร์ (Nobel Biocare) ได้แนะนำหลักยึดรากเทียม (Implant abutment) ระบบเบรเนมาร์คที่เรียกว่า “หลักยึดซีราวัน” (CeraOne abutment) ซึ่งเป็นหลักยึดที่ใช้ซีเมนต์ในการยึดครอบออกสู่ตลาดเช่นกัน (Andersson และคณะ, 1992) ทำให้การยึดขึ้นฟันปลอมกับรากเทียมสามารถทำได้ 4 วิธีคือ 1. ยึดกับรากเทียมโดยตรงด้วยสกรูสำหรับหลักยึด (Abutment screw) 2. ยึดหลักยึดกับรากเทียมด้วยสกรูสำหรับหลักยึดก่อนแล้วทำการยึดส่วนฟันปลอมกับหลักยึดอีกครั้งด้วยสกรูสำหรับฟันปลอม (Prosthesis screw) 3. ยึดหลักยึดกับรากเทียมด้วยสกรูสำหรับหลักยึดก่อนแล้วทำการยึดส่วนฟันปลอมกับหลักยึดอีกครั้งด้วยซีเมนต์ 4. ยึดหลักยึดกับรากเทียมด้วยซีเมนต์ก่อนแล้วทำการยึดส่วนฟันปลอมกับหลักยึดอีกครั้งด้วยซีเมนต์ ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่แนะนำ (McGlumphy, Mendel และ Holloway, 1998) ดังนั้นการยึดขึ้นฟันปลอมด้วยซีเมนต์ในระบบรากเทียมจึงหมายถึงการยึดขึ้นฟันปลอมกับหลักยึดรากเทียมเท่านั้น และการยึดด้วยสกรูหมายถึงวิธีที่ 1 หรือ 2

ข้อดีของการยึดด้วยสกรูคือสามารถถอดออกได้ง่ายเมื่อมีปัญหาและยังสามารถให้การยึดอยู่ได้แม้ความสูงของซีฟันจำกัด (Misch, 1999) ในขณะที่การยึดด้วยซีเมนต์มีข้อดีคือ ได้ฟันปลอมที่มีความสวยงามและมีการสบฟันที่ดีกว่าเนื่องจากไม่ต้องมีรูเปิดของสกรูบนด้านบดเคี้ยวหรือด้านข้าง, ลดค่าใช้จ่ายในส่วนประกอบและลดขั้นตอนการทำ (Hebel และ Gajjar, 1997) ข้อดีอีกประการของการใช้ซีเมนต์คือสามารถทำหน้าที่ชดเชยส่วนบกพร่องที่เกิดจากการผลิตขึ้นฟันปลอมทำให้เกิดความแนบพอดี (passive fit) กับหลักยึดได้ เนื่องจากการทำขึ้นฟันปลอมเพื่อให้ได้ความแนบของชิ้นงานที่พอดีกับหลักยึดหรือรากเทียมนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากหรือแทบจะเป็นไปไม่ได้ (Jemt และ Book, 1996) ดังนั้นเมื่อยึดด้วยสกรูอาจทำให้เกิดความเครียดในชิ้นงานขณะทำการขันสกรูเพื่อยึดส่วนประกอบที่ไม่แนบของขึ้นฟันปลอมกับรากเทียมหรือหลักยึดเข้าด้วยกันและอาจก่อให้เกิดปัญหาเช่น สกรูสำหรับฟันปลอมหลวม (Kallus และ Bessing, 1994) เป็นต้น Misch(1999) อ้างว่ากว่าร้อยละ 85 ของฟันปลอมที่รองรับด้วยรากเทียมในอเมริกายึดอยู่ด้วยซีเมนต์ แสดงให้เห็นถึงความนิยมในการใช้ซีเมนต์ยึดขึ้นฟันปลอมในระบบรากเทียมนั้นมีสูงกว่าการใช้สกรู

ซีเมนต์เป็นหนึ่งในหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยึดอยู่ของฟันปลอมกับหลักยึด ซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดขึ้นฟันปลอมแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ 1. ซีเมนต์ชั่วคราว (Temporary cement) มีกำลังอัด (Compressive strength) ไม่เกิน 35 เมกาปาสคาล 2. ซีเมนต์ถาวร (Permanent cement) มีกำลังอัดอย่างน้อย 35 เมกาปาสคาล (Craig, 1997) การถอดฟันปลอมออกจากหลักยึดโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับฟันปลอมทำได้ยากถ้าหากยึดด้วยซีเมนต์ถาวร (Ekfeldt, Carlsson และ Börjesson, 1994) ซึ่งต่างจากการยึดด้วยซีเมนต์ชั่วคราวซึ่งให้แรงยึดที่น้อยกว่า (Breeding

และคณะ, 1992) Hebel และ Gajjar (1997) แนะนำให้ใช้ซีเมนต์ชั่วคราวในระบบรากเทียม โดยให้เหตุผลว่าความชอบและความสูงของหลักยึดที่ดีจะให้การยึดอยู่ที่เพียงพอแม้จะใช้ซีเมนต์ชั่วคราว นอกจากนี้การหลุดหรือการละลายของซีเมนต์ที่เกิดในระบบรากเทียมไม่ก่อให้เกิดการรบกวนเหมือนในฟันธรรมชาติ และถ้าต้องการเพิ่มการยึดก็สามารถเปลี่ยนไปใช้ซีเมนต์ที่ให้การยึดอยู่มากขึ้นในภายหลังได้

การหลุดของฟันปลอมที่ยึดด้วยซีเมนต์ชั่วคราวเป็นสิ่งที่พบได้ในทางคลินิก Singer และ Serfaty (1996) ทำการเก็บข้อมูลทั้งฟันปลอมบางส่วนหลายซี่และซี่เดี่ยวที่ยึดกับหลักยึดรากเทียมด้วยซีเมนต์ชั่วคราวชนิดหนึ่ง (Temp-Bond[®]) ให้กับผู้ป่วยเป็นเวลา 6 เดือนถึง 3 ปี พบว่าการหลุดของฟันปลอมเนื่องจากซีเมนต์ (Cement washout) เป็นปัญหาที่พบบ่อยที่สุดคือร้อยละ 9.8 โดยที่เป็นฟันปลอมซี่เดี่ยวร้อยละ 2.2 ซึ่งการหลุดทั้งหมดอยู่ในช่วงปีแรก ปัญหารองลงมาคือมีการแตกหักของพอร์สเลนร้อยละ 2.2 Carter, Hunter และ Herbison (1997) เก็บข้อมูลย้อนหลังเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยึดอยู่ของครอบฟันที่ยึดกับรากเทียมด้วยซีเมนต์ทั้งชนิดชั่วคราวและชนิดถาวรตั้งแต่ปี ค.ศ. 1991 ถึง ค.ศ. 1995 พบว่าการหลุดของครอบฟันเกือบทั้งหมดเกิดกับซีเมนต์ชนิดชั่วคราว และพบว่ามี การหลุดของครอบฟันที่อยู่บริเวณฟันกรามน้อยจำนวน 5 จาก 6 ซี่ ในขณะที่ยังมีฟันหน้ามีการหลุดจำนวน 5 จาก 30 ซี่ แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของรากเทียมที่อยู่ในช่องปากมีผลต่อการยึดอยู่ของฟันปลอมที่ยึดด้วยซีเมนต์เช่นกัน Carter และคณะ (1997) ให้เหตุผลว่าอาจเป็นเพราะบริเวณฟันกรามน้อยได้รับแรงจากการใช้งานมากกว่าฟันหน้า ส่งผลให้เกิดการหลุดของครอบฟันที่มากกว่านั่นเอง แรงบดเคี้ยวจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าจะมีผลต่อการยึดอยู่ของครอบฟันด้วยซีเมนต์ การศึกษาแรงยึดของครอบฟันด้วยซีเมนต์ภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำซึ่งเป็นการเลียนแบบแรงบดเคี้ยวจึงอาจทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของจำนวนแรงบดเคี้ยวที่เพิ่มขึ้นกับแรงยึดของครอบฟันที่ลดลง ซึ่งความสัมพันธ์นี้อาจนำไปสู่การประมาณช่วงเวลาที่ครอบฟันหลุดได้ การรู้ช่วงเวลาที่ยึดอยู่ของครอบฟันหลุดทำให้สามารถเรียกคนไข้กลับมาเพื่อทำการเปลี่ยนซีเมนต์ให้ใหม่ก่อนฟันปลอมหลุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบแรงยึดของซีเมนต์ชั่วคราวชนิดหนึ่งที่ใช้ยึดครอบฟันกับหลักยึดของรากเทียมระบบหนึ่งก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำ ขนาด 20-130 นิวตันโดยให้แรงในลักษณะเส้นโค้งรูปไซน์(Sine curve)จำนวน 500,000 รอบ 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบ
2. เปรียบเทียบแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไปหลังได้รับแรงอัดซ้ำขนาด 20-130 นิวตันจำนวน 500,000 รอบ 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบ
3. หาความสัมพันธ์ของแรงอัดซ้ำและแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาภายนอกช่องปาก(In Vitro)
2. ทำการทดสอบแรงยึดของซีเมนต์ชั่วคราวเพียง 1 ชนิดคือ ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ (Temp-Bond[®], Kerr corp., USA) กับหลักยึดชนิดเฮกซ์ล็อก(Hex-Lock abutment)สำหรับรากเทียมระบบสกรูเว้น (Screw-Vent implant systems, Paragon implant company, USA)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. แรงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ตลอดจนจังหวะในการให้แรงเป็นค่าที่อยู่ในช่วงปกติที่ได้จากผลการศึกษาในอดีต โดยแรงอัดซ้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 20-130 นิวตันให้แรงในลักษณะเส้นโค้งรูปไซน์ที่มีความถี่ 2 รอบ/วินาที และออกแบบให้แรงอัดในแนวตั้งออกนอกแนวแกนของรากเทียม 3 มม.
2. ทำการศึกษาภายหลังจากซีเมนต์ก่อตัวแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. กำหนดให้แรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบเทียบเท่ากับการใช้งานจริงในช่องปากเป็นเวลาประมาณ 1 ปี ดังนั้นที่จำนวน 500,000 รอบ 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบจึงเทียบได้กับการใช้งานจริงเป็นเวลาประมาณ 6 เดือน 1ปี และ 5ปี ตามลำดับ(Graf, 1969)

ข้อจำกัดของการวิจัย

ด้วยงบประมาณและเวลาที่จำกัดจึงออกแบบหัวข้อขึ้นทดสอบเพื่อให้แรงอัดซ้ำกับขึ้นทดสอบพร้อมๆกัน 10 ขึ้นโดยที่แรงอัดในแต่ละตำแหน่งต้องมีขนาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($\alpha=0.05$) นอกจากนี้ยังมีการนำขึ้นทดสอบจากกลุ่มแรกมาใช้ซ้ำในกลุ่มถัดไปกรณีที่ค่าแรงยึดซ้ำภายหลังการผ่านแรงอัดซ้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) จากค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เข้าใจพฤติกรรมการล้าของซีเมนต์ชั่วคราวที่ใช้ยึดขึ้นครอบฟันกับหลักยึดรากเทียมหลังได้รับแรงที่อยู่ในช่วงแรงบดเคี้ยว
2. ให้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการกำหนดระยะเวลาโดยเฉลี่ยของการใช้ซีเมนต์ชั่วคราวยึดครอบฟันกับหลักยึดรากเทียม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

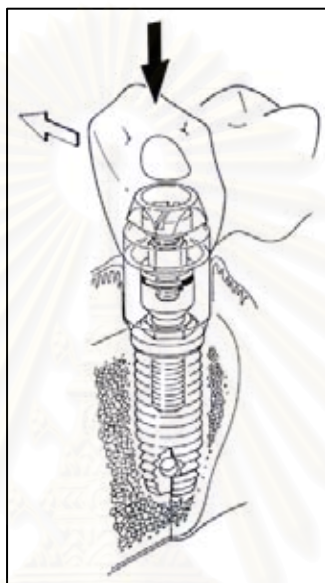
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แรง (Force) คือ การกระทำหรืออิทธิพลที่เกิดกับสิ่งใดย่อมมีแนวโน้มที่จะทำให้สิ่งนั้นเกิดการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุนั้น (GPT-7,1999) เมื่อเกิดแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุใดๆและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ก็ จะเกิดแรงต้านขึ้นภายในวัตถุต่อแรงกระทำนั้น ความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในวัตถุนี้เรียกว่า ความเค้น (stress) ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงภายนอกที่มากระทำแต่มีทิศทางตรงข้าม แรงที่ก่อให้เกิดความเค้นกับวัตถุจะกระจายไปทั่วพื้นที่ของวัตถุนั้น ดังนั้นความเค้นก็คือแรงต่อหน่วยพื้นที่นั่นเอง เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุมากกว่าหนึ่งแรงในทิศทางต่างกันจะทำให้เกิดความเค้นกับวัตถุได้หลายแบบ เช่น ความเค้นดึง (Tensile stress) เกิดจากแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันโดยมีทิศทางแยกออกจากกัน, ความเค้นอัด (Compressive stress) เกิดจากแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันโดยมีทิศทางเข้าหากัน, ความเค้นเฉือน (Shear stress) เกิดจากแรง 2 แรงที่ขนานกันกระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงข้ามกัน เป็นต้น (Craig,1997)

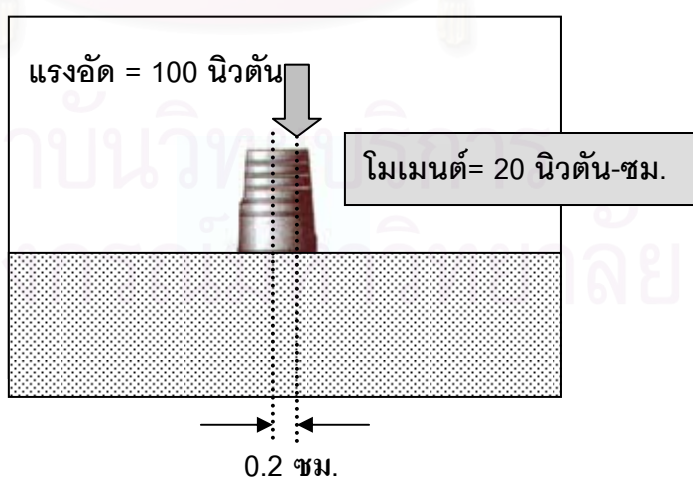
ในระหว่างการเคี้ยวมักก่อให้เกิดแรงที่ลงบนตัวฟันในแนวตั้ง (Vertical forces) เป็นส่วน ใหญ่ อย่างไรก็ตามแรงในแนวขวาง (Transverse forces) ก็สามารถเกิดได้เช่นกันเพราะการเคลื่อนที่ในแนวนอนของขากรรไกรล่างและพื้นเอียงของสันปุ่มฟัน (Rangert, Jemt และ Jörneus,1989) ดังรูปที่ 1 แรงบิดเคี้ยวส่วนใหญ่จึงเป็นแรงที่ก่อให้เกิดความเค้นอัดกับตัวฟัน (Craig,1997) วัสดุโดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็น ซีเมนต์, สกรู, ส่วนประกอบของรากเทียมและผิวยึดระหว่างกระดูกและรากเทียม (Bone-implant interface) มีความต้านทานต่อแรงอัดได้มากกว่าแรงดึงหรือแรงเฉือน (Craig, 1997) ดังนั้นในการออกแบบหรือในขั้นตอนการวางแผนเพื่อใส่รากเทียมสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ทิศทางของแรงและพื้นที่ผิว จึงควรออกแบบให้แนวแรงบิดเคี้ยวลงในลักษณะอัดและเพิ่มพื้นที่ผิวรากเทียมเพื่อลดความเค้น (Misch,1999)

ทิศทางของแรงที่ออกนอกแนวแกนจะก่อให้เกิดการหมุนหรือการบิดที่เรียกว่า โมเมนต์ ซึ่งคำนวณได้จากแรงคูณด้วยระยะทางจากจุดหมุนตั้งฉากกับแนวแรง (Rangert และคณะ, 1989) ตัวอย่างเช่น แรงขนาด 100 นิวตันกดลงบนหลักยึดรากเทียมที่ยึดติดกับฟันโดยห่างจากแนวแกนรากเทียม 0.2 ซม. จะทำให้เกิดโมเมนต์ดังนี้ $100 \times 0.2 = 20$ นิวตัน-ซม. (รูปที่ 2) โมเมนต์ที่มากเกินไปอาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆตามมาได้ เช่น เกิดการละลายของกระดูก,เกิดการหลวมของสกรู,เกิดการแตกหักของสะพานฟัน เป็นต้น (Misch,1999) ดังนั้นแรงที่ออกนอกแนวแกนเป็นสิ่งที่ต้อง

คำนี้ถึงเช่นกันในการออกแบบและวางแผนในทันตกรรมรากเทียม อย่างไรก็ตาม ด้วยขนาดของตัวฟันที่มักมีความกว้างมากกว่ารากฟันประกอบกับรูปร่างบนด้านบดเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นสันปุ่มที่มีความชันจึงเป็นเป็นการยากที่จะออกแบบให้แรงบดเคี้ยวลงในแนวแกนรากเทียมพอดี Balshi และคณะ (1996) กล่าวว่าเราสามารถลดโมเมนต์ที่อาจเกิดกับรากเทียมได้โดยการลดขนาดด้านบดเคี้ยวและความชันของปุ่มฟัน, การใช้รากเทียมที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือแม้แต่การเพิ่มจำนวนรากเทียม



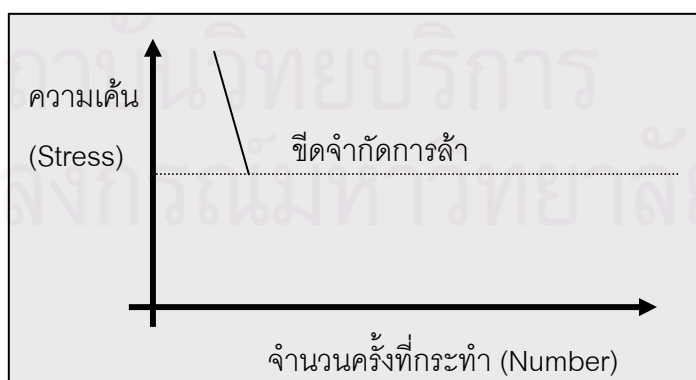
รูปที่ 1 แสดงแรงในแนวตั้ง (ลูกศรดำ) และแนวขวาง (ลูกศรขาว) ที่กระทำต่อฟันปลอมที่รองรับด้วยรากเทียม (Rangert และคณะ, 1989)



รูปที่ 2 แสดงแรงอัดที่ออกนอกแนวแกนรากเทียมทำให้เกิดโมเมนต์

มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาว่าผิวยืดระหว่างกระดูกและรากเทียมสามารถทนต่อโมเมนต์ได้มากน้อยแค่ไหน ซึ่งไม่สามารถหาข้อสรุปได้เนื่องจากมีปัจจัยต่างๆมากมายเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิดของแรงที่มากกระทำ, คุณภาพของกระดูก, ระยะเวลาในการหายของแผลผ่าตัด, ขนาด รูปร่าง และลักษณะพื้นผิวรากเทียม เป็นต้น (Brunski และ Skalak, 1998) อย่างไรก็ตามโมเมนต์ที่มากเกินไปมักส่งผลต่อกระดูกซึ่งเป็นส่วนประกอบที่อ่อนแอที่สุดในระบบรากเทียมก่อนเสมอ (Patterson และ Johns, 1992) Rangert, Gunne และ Sullivan(1991) รายงานว่าที่โมเมนต์ประมาณ 50-60 นิวตัน-ซม. จะเริ่มทำให้ส่วนของกระดูกสำหรับหลักยึดในระบบเบรเนมาร์กเกิดการยืดออก และที่โมเมนต์เกินกว่า 120 นิวตัน-ซม. อาจทำให้เกิดการหักของกระดูกได้

โดยปกติวัสดุใดก็ตามที่ได้รับแรงกระทำซึ่งต่ำกว่าค่าความเค้นคลาด (Yield stress) ของวัสดุนั้น จะเกิดการคืนรูปร่างเดิมโดยไม่มี การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือโครงสร้างภายในหลังจากที่เอาแรงกระทำออก อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อให้แรงกระทำขนาดเท่ากันนี้กับวัสดุเดิมที่มีความถี่ซ้ำๆ กัน ความแข็งแรงของวัสดุอาจลดลงอย่างรุนแรงและเกิดการแตกหักของวัสดุได้ในที่สุด สิ่งที่เกิดขึ้นกับวัสดุคือความล้า (fatigue) (Craig, 1997) วัสดุแต่ละชนิดมีความต้านทานต่อการล้าที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นกับความแข็งแรงของวัสดุนั้นๆ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงความล้าที่เกิดจากแรงกระทำซ้ำๆแล้วจะพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการล้าของวัสดุมีอยู่ด้วยกัน 2 ปัจจัย คือ ปริมาณความเค้นที่เกิดขึ้นและจำนวนครั้งของแรงที่กระทำ ดังนั้นข้อมูลการล้าของวัสดุหนึ่งๆจึงมักนำเสนอออกมาในรูปของกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและจำนวนครั้งของแรงที่กระทำและมักเรียกอย่างย่อว่าเส้นโค้งเอสเอ็น (S-N curve) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและจำนวนครั้งของแรงที่กระทำจนทำให้วัสดุเกิดการแตกหัก(ดัดแปลงจาก Craig,1997)

ในแผนภูมิจะบอกให้ทราบถึงจำนวนครั้งของแรงที่ทำให้ความเค้นต่างๆกันเพื่อทำให้วัสดุ นั้นเกิดการแตกหักหรือเสื่อมสภาพ จะเห็นได้ว่าที่ความเค้นสูงจำนวนครั้งที่ต้องใช้จะมีปริมาณ น้อยและที่ความเค้นต่ำต้องใช้จำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นเพื่อทำให้วัสดุเกิดการเสื่อมสภาพ ในบางครั้ง พบว่าวัสดุไม่เกิดการเสื่อมสภาพเลยแม้จะให้แรงกระทำซ้ำเป็นจำนวนครั้งเท่าใดก็ตาม ความเค้น สูงสุดที่ไม่ทำให้วัสดุเกิดการเสื่อมสภาพเลยแม้จะกระทำเป็นจำนวนครั้งเท่าใดก็ตามเรียกว่า ขีดจำกัดการล้า (Endurance limit) (Callister, 2000) แรงบิดเคี้ยวเป็นแรงที่เกิดซ้ำไปซ้ำมา ดังนั้น วัสดุที่อยู่ในช่องปากและได้รับแรงกระทำเหล่านี้อาจทำให้เกิดความล้าในตัววัสดุได้ อย่างไรก็ตาม สิ่งแวดล้อมต่างๆในช่องปากก็มีอิทธิพลต่อการล้าของวัสดุเช่นกัน สิ่งแวดล้อมในช่องปากบางอย่าง สามารถทำให้เกิดการเสื่อม (Degrade) ของทันตวัสดุซึ่งทำให้กำลังล้า (Fatigue strength) ของ วัสดุลดลงได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, สภาพความเป็นกรดต่าง เป็นต้น (Craig, 1997)

ปริมาณแรงบิดเคี้ยวและจำนวนครั้งของการเคี้ยวจึงมีบทบาทสำคัญต่อความล้าของวัสดุ ในช่องปากที่ได้รับแรงกระทำ อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณแรงบิดเคี้ยวยังไม่มีข้อสรุปที่ แน่ชัด ในแต่ละรายงานมีค่าที่แตกต่างกันออกไป Anderson (1956) ทำการวัดแรงบิดเคี้ยวโดยฝัง สเตรนเกจ (Strain gauge) ไว้ในอุดฝัง (inlays) ในอาสาสมัคร 2 คนและให้ทำการเคี้ยวอาหาร 3 ชนิดคือ เนื้อ, แครอทและขนมปังกรอบพบว่าค่าแรงบิดเคี้ยวมีค่าอยู่ในช่วง 70-146 นิวตัน Anderson และ Picton (1958) ใช้เทคนิคเดียวกันในการวัดแรงบิดเคี้ยวและพบว่าแรงบิดเคี้ยว สูงสุดมีค่าประมาณ 137 นิวตัน ในขณะที่การศึกษาของ Helkimo และ Ingervall (1978) ได้ ค่าแรงบิดเคี้ยวซึ่งในช่วง 67-532 นิวตันสำหรับฟันกรามและ 20-294 นิวตันสำหรับฟันตัด จะเห็น ได้ว่าขนาดแรงบิดเคี้ยวในคนปกติทั่วไปจะมีช่วงที่ค่อนข้างกว้างซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากปัจจัย ต่างๆ เช่น อายุ, เพศและสุขภาพ เป็นต้น (Okeson, 1998) สำหรับอัตราการบิดเคี้ยวในคนปกติที่ ใช้ฟันธรรมชาติในการเคี้ยวอยู่ในช่วงประมาณ 49-120 ครั้ง/นาที (Bates, Stafford และ Harrison, 1976) Anderson และ Picton (1957) รายงานว่าในระหว่างการบิดเคี้ยวฟันมีการสัมผัส กัน โดยเริ่มแรกเมื่อมีอาหารอยู่ในปากฟันมีการสัมผัสกันน้อย แต่เมื่อก่อนอาหารมีขนาดเล็กลงฟัน จะมีการสัมผัสกันถี่ขึ้นและก่อนที่จะกลืนอาหารฟันจะมีการสัมผัสกันทุกช่วงของการเคี้ยว โดย ระยะเวลาที่ฟันสัมผัสกันประมาณ 0.19 วินาที (Suit, Gibbs และ Benz, 1975) จากรายงานของ Graf (1969) พบว่าในแต่ละมื้ออาหารใช้เวลาเคี้ยวประมาณ 450 วินาที ดังนั้นถ้ารับประทาน อาหาร 3 มื้อต่อวัน ต้องใช้เวลาเคี้ยวประมาณ 1,350 วินาที/วัน คิดเป็น 494,100 วินาที/ปี และถ้า อัตราการเคี้ยวเท่ากับ 2 ครั้ง/วินาที ดังนั้นใน 1 ปีต้องเคี้ยวเท่ากับ 988,200 ครั้ง หรือเฉลี่ยเท่ากับ 10^6 ครั้ง/ปี

การยึดอยู่ของครอบฟันด้วยซีเมนต์

เมื่อนำวัตถุแข็งสองอันที่มีผิวแบนเรียบมาประกบกันและพิจารณาพื้นผิวสัมผัสของวัตถุทั้งสองในระดับจุลทรรศน์จะพบว่า มีเพียงบางตำแหน่งที่สัมผัสกันและจะเกิดเป็นช่องว่างระหว่างวัตถุทั้งสองในบริเวณที่ไม่สัมผัสกัน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นผิวของวัตถุไม่ได้มีความเรียบอย่างแท้จริงแต่ยังคงมีความหยาบซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ครอบฟันและหลักยึดก็เช่นกันเมื่อนำมาสวมเข้าด้วยกันย่อมมีช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างครอบฟันและหลักยึดเสมอ (Anusavice, 1996) ช่องว่างนี้ถ้าเกิดขึ้นในช่องปากจะทำให้เป็นที่สะสมของเชื้อแบคทีเรียและมีการแทรกซึมของของเหลวในช่องปาก ดังนั้นจึงได้มีการใช้ซีเมนต์ในการปิดช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างครอบและหลักยึดเพื่อป้องกันไม่ให้อสิ่งแปลกปลอมต่างๆเข้าไป (GPT-7, 1999) โดยซีเมนต์สามารถไหลและแทรกเข้าไปตามผิวที่ขรุขระของครอบและหลักยึดในลักษณะฟิล์มบางๆก่อนที่จะก่อตัวเป็นของแข็ง นอกจากนี้จะช่วยปิดช่องว่างระหว่างครอบและหลักยึดแล้ว ซีเมนต์ยังช่วยในการยึดอยู่ของครอบได้อีกด้วย (Anusavice, 1996) การยึดอยู่ (Retention) คือ การต้านทานการหลุดในแนวการใส่ (GPT-7, 1999) ดังนั้นถ้าผนังด้านข้างของหลักยึดมีความขนานกับแนวการใส่และหลุดจะมีได้แนวเดียว กลไกการยึดอยู่ของครอบฟันด้วยซีเมนต์สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ (Shillingburg และคณะ, 1997)

1. การยึดอยู่เชิงกล (Nonadhesive luting, Mechanical luting) ซีเมนต์ไม่มีการยึดติด (Adhesive) กับหลักยึดในระดับโมเลกุล แต่จะยึดครอบฟันไว้โดยแทรกไปตามผิวที่ขรุขระของหลักยึดและครอบฟัน ซึ่งซีเมนต์ทุกชนิดสามารถให้การยึดอยู่เชิงกลนี้ได้
2. การยึดอยู่เชิงกลในระดับจุลภาค (Micromechanical bonding) เพื่อให้เกิดการยึดอยู่ในระดับนี้ต้องมีการเตรียมสภาพพื้นผิวของหลักยึดและครอบฟัน เช่นการใช้กรดกัดร่วมกับการใช้สารยึด (Adhesive) ซีเมนต์ที่สามารถให้การยึดด้วยวิธีนี้คือเรซินคอมโพสิตที่ใช้ร่วมกับสารยึด
3. การยึดติดในระดับโมเลกุล (Molecular adhesion) เป็นแรงยึดที่เกิดจากขั้วคู่ (Bipolar) หรือแรงวันเดอวาล์ส (Van der Waals' force) และพันธะเคมี เช่น อิออนิก (Ionic) และโควาเลนต์ (Covalent) ซีเมนต์ที่สามารถให้การยึดติดได้ด้วยแรงเหล่านี้ เช่น ซิงค์โพลีอะคริเลตและกลาสไอโอโนเมอร์

จะเห็นว่าซีเมนต์แต่ละชนิดมีความสามารถในการยึดแตกต่างกัน ซีเมนต์สามารถยึดครอบฟันกับหลักยึดได้โดยวิธีทางเชิงกลหรืออาศัยพันธะเคมีหรือทั้งสองอย่างร่วมกันขึ้นกับคุณสมบัติของซีเมนต์นั้น ความล้มเหลวที่เกิดจากการยึดของซีเมนต์สามารถเกิดได้ 2 แบบ คือ

เกิดการแตกหักในชั้นซีเมนต์ (Cohesive failure) หรือเกิดระหว่างผิวสัมผัส (Adhesive failure) ซีเมนต์ที่ให้การยึดอยู่ด้วยวิธีเชิงกลมักเกิดความล้มเหลวระหว่างผิวสัมผัสในขณะที่ซีเมนต์ที่ให้การยึดทางเคมีร่วมด้วยความล้มเหลวมักเกิดในชั้นของซีเมนต์ (Anusavice, 1996)

ซีเมนต์แต่ละชนิดมีกำลังความแข็งแรงแตกต่างกันไป (ตารางที่ 1) ซีเมนต์ที่มีกำลังความแข็งแรงสูงมักให้แรงยึดอยู่ของครอบฟันที่สูงตามไปด้วย (Anusavice, 1996) Clayton และคณะ (1997) ทำการศึกษาผลของซีเมนต์ชนิดต่างๆต่อการยึดอยู่ของครอบฟันกับหลักยึดซีร่าวัน พบว่า ซีเมนต์ที่ให้การยึดอยู่ดีที่สุดเรียงตามลำดับดังนี้ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์, เรซินซีเมนต์ (Panavia[®]), ไฮบริดจ์ไอโอไอโนเมอร์, กลาสไอโอไอโนเมอร์ และ ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์ถาวรและชั่วคราวชนิดต่างๆ
(ดัดแปลงจาก Craig, 1997)

	ซีเมนต์	กำลังอัด (MPa)	กำลังดึง (MPa)
ซีเมนต์ถาวร	เรซินคอมโพสิต	180-265	34-37
	กลาสไอโอไอโนเมอร์	93-226	4.2-5.3
	ไฮบริดจ์ไอโอไอโนเมอร์	85-126	13-24
	ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์	96-133	3.1-4.5
	ซิงค์โพลีอะคริเลต	57-99	3.6-6.3
	ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลชนิดที่ 2	37-64	3.8-6.9
ซีเมนต์ชั่วคราว	ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลชนิดที่ 1	2.0-14	0.32-2.1
	นอนยูจีนอลซิงค์ออกไซด์ซีเมนต์	2.7-4.8	0.39-0.94
	เรซินคอมโพสิตชนิดที่มีกำลังอัดต่ำ	25-70	-

ดังได้กล่าวไปแล้วในบทนำถึงที่มาและเหตุผลในการนำซีเมนต์ชั่วคราวมาใช้ยึดครอบฟันกับหลักยึดของรากเทียม ในบรรดาซีเมนต์ชั่วคราวพบว่าซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์เป็นซีเมนต์ชั่วคราวที่มีประวัติการนำมาใช้งานอันยาวนานและได้รับความนิยมนอย่างสูง แม้กระทั่งการนำมาใช้ในระบบรากเทียม (Misch, 1999) ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์เริ่มมีการนำมาใช้ในทางทันตกรรม

ในปี ค.ศ.1890 เนื่องจากมีข้อดีที่สามารถลดอาการปวดและใช้เป็นวัสดุอุดฟันได้ดี ตามข้อกำหนดของ ADA No.30 (ISO 3107,1988) แบ่งซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลออกเป็น 4 ชนิดตามการใช้งานคือ 1. ซีเมนต์ชั่วคราว 2.ซีเมนต์ถาวร 3.วัสดุอุดและรองฟัน 4.วัสดุฉาบโพรงฟัน ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลที่ใช้เป็นซีเมนต์ชั่วคราวมีส่วนประกอบหลักคือซิงค์ออกไซด์ในส่วนผงและยูจีนอลในส่วนเหลว (Craig,1997) เมื่อส่วนของซิงค์ออกไซด์ผสมกับส่วนของยูจีนอลจะเกิดปฏิกิริยาคีเลชัน (Chelation reaction) ทำให้เกิดซิงค์ยูจีนโนเลต (Zinc eugenolate) เมื่อซิงค์ยูจีนโนเลตสัมผัสกับน้ำหรือน้ำลายในช่องปากจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ทำให้ได้สาร 2 ตัวคือ ยูจีนอลและซิงค์ไฮดรอกไซด์ (Zinc hydroxide) ยูจีนอลที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้สามารถแพร่กระจายในน้ำลายได้จึงทำให้ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์เป็นซีเมนต์ที่มีการละลายสูง (Markowitz และคณะ,1992) ตัวอย่างของซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ ได้แก่ Temp-Bond[®] สำหรับนอนยูจีนอลซิงค์ออกไซด์ซีเมนต์มีการผลิตออกมาใช้เป็นซีเมนต์ชั่วคราวในผู้ป่วยที่แพ้ยูจีนอล โดยมีส่วนประกอบหลักคือ น้ำมันออโลมา (Aromatic oil) และซิงค์ออกไซด์ (Craig, 1997) ตัวอย่างนอนยูจีนอลซิงค์ออกไซด์ซีเมนต์ ได้แก่ Temp Bond NE[®] (Kerr Corp, USA) และ Nogenol[®] (GC America Inc.) เนื่องจากทั้งซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์และนอนยูจีนอลซิงค์ออกไซด์ซีเมนต์มีการละลายสูง จึงได้มีการพัฒนาเรซินคอมโพสิตซีเมนต์ชนิดชั่วคราวออกมาเพื่อลดปัญหาในส่วนนี้ อย่างไรก็ตามในระบบรากเทียมนั้นไม่มีการผูกหมิ่นในฟันธรรมชาติ ดังนั้นความกังวลว่าซีเมนต์ที่ละลายไปจะทำให้เกิดปัญหาต่อรากเทียมจึงหมดไป

ความหนาของฟิล์มซีเมนต์ถือเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของซีเมนต์ หาได้โดยใช้แผ่นกระจกขนาดพื้นที่ 2 ตารางเซนติเมตร 2 อัน กดซีเมนต์ที่ยังไม่ก่อตัวด้วยแรง 147 นิวตันจนกระทั่งแข็งตัวแล้ววัดความหนาของฟิล์ม (ADA, 1978) ความหนาของฟิล์มที่ยอมรับได้สำหรับซีเมนต์ถาวรที่ใช้ในการยึดครอบคือไม่เกิน 25 ไมครอน ในขณะที่ความหนาของฟิล์มซีเมนต์ของซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลชนิดที่ 1 ซึ่งกำหนดโดยสมาคมทันตแพทย์อเมริกันไม่ควรหนาเกิน 40 ไมครอนเมื่อทดสอบด้วยวิธีนี้ อย่างไรก็ตามพบว่ามียุคต่างๆ ที่มีผลต่อความหนาของฟิล์ม เช่น พื้นผิวเอียงที่มีขนาดพื้นที่เท่ากัน (2 ตารางเซนติเมตร) จะให้ฟิล์มซีเมนต์ที่บางกว่า (Jorgensen and Petersen, 1963; Windeler, 1979) Windeler (1979) รายงานว่าอุณหภูมิขณะผสมมีผลต่อความหนาของซีเมนต์ นอกจากนี้ ระยะเวลาตั้งแต่ผสมจนถึงเริ่มทดสอบมีผลต่อความหนาของซีเมนต์เช่นกัน (Oilo และ Evje, 1986) อย่างไรก็ตามความหนาของฟิล์มซีเมนต์ที่ใช้ยึดครอบย่อมขึ้นกับช่องว่างระหว่างครอบและหลักยึดเป็นสำคัญ

ในการทำครอบนิยมเตรียมช่องว่างเอาไว้เพื่อเป็นที่อยู่ของซีเมนต์ เทคนิคที่นิยมคือการใช้ ไดร์สเปสเซอร์ (Die spacer) ทำให้เกิดช่องว่างเพื่อเป็นที่ว่างสำหรับซีเมนต์ ซึ่งช่วยให้ครอบลอย ขึ้นน้อยลงหลังจากที่ยึดด้วยซีเมนต์ (Grajower และคณะ, 1989) นอกจากนี้การเตรียมช่องว่าง สำหรับซีเมนต์ยังช่วยลดเวลาในการกดครอบให้เข้าที่ ช่วยให้ซีเมนต์ส่วนเกินไหลออกมาได้สะดวก โดยไม่ทำให้ครอบเสียหาย (Wilson, 1993) ความหนาของช่องว่างที่แนะนำอยู่ในช่วง 20-40 ไมครอน (Eames และคณะ, 1978; Campagni และคณะ, 1982; Pilo และคณะ, 1988) Eames และคณะ (1978) พบว่าครอบฟันที่เตรียมพื้นที่ไว้ 25 ไมครอนสำหรับซีเมนต์มีการยึดอยู่ที่มากกว่า ครอบฟันที่ไม่ได้เตรียมพื้นที่ไว้ร้อยละ 25 Carter และ Wilson (1996) พบว่าการทาไดร์สเปสเซอร์ เพื่อเตรียมช่องว่างไว้สำหรับซีเมนต์จะทำให้การยึดอยู่ของครอบก่อนยึดด้วยซีเมนต์ลดลงแต่สิ่งที ตามมาคือครอบจะลอยสูงขึ้นน้อยลงและให้แรงยึดที่มากขึ้นหลังยึดด้วยซีเมนต์ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Dixon และคณะ (1992) ที่พบว่าการใช้ไดร์สเปสเซอร์ ขนาด 25, 50 และ 100 ไมครอนจะช่วยให้ครอบยึดติดกับหลักยึดของรากเทียมได้ดีกว่าการไม่ใช้ไดร์สเปสเซอร์ เมื่อ ทดสอบกับซีเมนต์ 2 ชนิด คือ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และเรซินซีเมนต์ 2 ยี่ห้อคือ Resiment[®] (AGUDA North America) และ Core Paste[®] (Den-Mat Corp) โดยไดร์สเปสเซอร์ที่ใช้ใน การศึกษานี้จะทำให้เกิดช่องว่างตลอดผิวสัมผัสของหลักยึด อย่างไรก็ตามมีนักวิจัยบางกลุ่มได้ผล การทดลองที่ขัดแย้ง Vermilyea และคณะ (1983), Gegauff และ Rosenstiel (1989) พบว่าการ ทาไดร์สเปสเซอร์ จะทำให้แรงยึดของครอบน้อยลง ในขณะที่ Hembree และ Cooper (1979) , Passon และคณะ (1992) ไม่พบความแตกต่าง

นอกจากชนิดของซีเมนต์และขนาดช่องว่างระหว่างครอบฟันกับหลักยึดแล้วปัจจัยที่ สำคัญอีกอย่างที่มีผลต่อแรงยึดของครอบคือ ขนาด, รูปร่างและชนิดของหลักยึด รากเทียมทุก ระบบ (ตารางที่ 2) ที่มีใช้ในเมืองไทยล้วนแล้วแต่นำเข้ามาจากต่างประเทศแทบทั้งสิ้น หลักยึดราก เทียมแต่ละระบบก็มีรูปร่างแตกต่างกันออกไปทั้งขนาดและรูปร่าง ซึ่งในอดีตมีผู้ศึกษาปัจจัย เหล่านี้ไว้มาก Jorgensen(1955) พบว่าหลักยึดที่มีมุมสอบ (convergence angle) ขนาด 15 องศา ให้การยึดอยู่ของครอบฟันประมาณ 1/3 และมุมสอบขนาด 25 องศาให้การอยู่ประมาณ 1/4 เมื่อเปรียบเทียบกับมุมสอบขนาด 6 องศา ดังนั้นหลักยึดที่มีมุมสอบขนาด 6 องศาจึงเหมาะ สำหรับฟันที่ต้องการได้การยึดอยู่ของครอบที่ดี มีรายงานว่าทันตแพทย์ส่วนใหญ่มักกรอแต่งฟัน ธรรมชาติจนได้ความสอบอยู่ในช่วง 15 และ 25 องศา ดังนั้นครอบที่ยึดกับฟันธรรมชาติโดยทั่วไป จึงมีการยึดอยู่ประมาณ 1/3 ถึง 1/4 ของมุมสอบขนาด 6 องศา (Eamesและคณะ ,1978) บริษัทผู้ผลิตรากเทียมส่วนใหญ่ออกแบบหลักยึดให้มีความสอบประมาณ 6 องศา ดังนั้นจึงอาจ

กล่าวได้ว่าหลักยึดจากโรงงานผลิตซึ่งมีความสอประมาณ 6 องศาจะให้การยึดอยู่ประมาณ 3-4 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรยึดอยู่ที่ได้รับจากการรอฟันธรรมชาติ (Hebel และ Gajjar, 1997)

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างระบบรากเทียมที่มีใช้ในเมืองไทย
(บริษัทต่างๆในเมืองไทยที่นำเข้ารากเทียม, สอภณ, 2546)

ระบบรากเทียม	บริษัทผู้ผลิต	
Brånemark System [®] Replace [®] Replace [®] Select	Nobel Biocare	
Ankylos [®] Frialit [®] -2 XiVE [®]	Dentsply Friadent	
Advent [™] Screw-Vent [®] Tapered Screw-Vent [®]	Paragon implant Company	Centerpulse Dental Inc.
Calcitek [®]	Sulzer Medica	
ITI [®]	Institut Straumann AG	
3i [®]	3i implant innovation, Inc.	
Maestro [®]	Biohorizons implant system, Inc.	

Covey และคณะ (2000) ทำการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการยึดอยู่ของครอบฟันที่ยึดติดกับหลักยึดรากเทียมด้วยซีเมนต์ 2 ชนิด โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักยึดซีร่าวัน 3 ขนาด พบว่าชนิดของซีเมนต์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการยึดอยู่ของหลักยึดทุกขนาด โดยที่ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ให้ค่าแรงยึดมากกว่าซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลประมาณ 2.5-4.7 เท่า อย่างไรก็ตาม ขนาดของหลักยึดมีผลต่อการยึดเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตเป็นซีเมนต์ยึดเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความกว้างของหลักยึดมีความสำคัญต่อการยึดอยู่ของครอบฟันมากกว่าพื้นที่ผิวรวมทั้งหมด ความกว้างของหลักยึดที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลให้การยึดอยู่เพิ่มตามไปด้วย Kent และคณะ (1996) ทำการทดสอบแรงยึดของครอบและหลักยึดซีร่าวัน โดยใช้หลักยึด สูง 3.7 และ 5.0 มม.

กับซีเมนต์ 3 ชนิดคือ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์, Temp-Bond[®] และ Temp-Bond NE[®] พบว่าขนาดของหลักยึดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้แรงยึดเพิ่มเฉพาะในกลุ่มที่ใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดเท่านั้น ในการทดลองนี้ทำการทดสอบแรงยึดหลังซีเมนต์ก่อตัวเพียง 2 ชั่วโมง

Øilo และ Jorgensen (1978) ทำการทดสอบการยึดอยู่ของครอบฟันโดยใช้หลักยึดที่ทำจากพลาสติกและทองเหลืองซึ่งมีความหยابของผิวที่ต่างกัน พบว่าหลักยึดที่มีความหยابมากกว่าจะทำให้การยึดอยู่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Breeding และคณะ (1992) ทำการทดสอบแรงยึดของครอบฟันที่ยึดติดกับฟันธรรมชาติซึ่งมีมุมสอบ 9 องศาและครอบฟันที่ยึดติดกับหลักยึดของรากเทียมซึ่งมีมุมสอบเท่ากันโดยใช้ซีเมนต์ 3 ชนิด พบว่าค่าแรงยึดที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มฟันธรรมชาติและหลักยึดของรากเทียมเมื่อใช้ซีเมนต์ชนิดเดียวกัน

การปิดและเปิดช่องสกรูสำหรับหลักยึดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจในการศึกษา Koka และคณะ (1995) ทดสอบการยึดอยู่ของครอบฟันกับหลักยึดซีราวัน โดยใช้ซีเมนต์ 2 ชนิด คือ Temp-Bond NE[®] และ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์โดยทดสอบการยึดหลังซีเมนต์ก่อตัว 2 ชั่วโมง พบว่าซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิดมีการยึดติดเพิ่มขึ้นเมื่อเปิดช่องสกรู ขณะที่ Kent และคณะ (1997) ทดสอบการยึดหลังซีเมนต์ก่อตัว 24 ชั่วโมงพบว่า การปิดช่องสกรูช่วยให้การยึดติดเพิ่มขึ้นเมื่อยึดครอบฟันกับหลักยึดซีราวัน(ความสูง 5 มม.) ด้วย Temp-Bond[®] แต่ไม่มีผลกับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และ Temp-Bond NE[®]

ในการยึดครอบฟันกับหลักยึดด้วยซีเมนต์จำเป็นต้องมีการออกแรงกดครอบฟันเพื่อให้ครอบฟันไปอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องโดยมีความหนืดของซีเมนต์เป็นตัวต้านแรงกดนี้ Jorgensen (1960) แสดงให้เห็นว่าความแนบของครอบฟันเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แรงกดครอบมากขึ้นจาก 0.5 กก. (5N) ถึง 10 กก. (98N) อย่างไรก็ตามความแนบจะเพิ่มน้อยมากเมื่อใช้แรงกดตั้งแต่ 5 กก. (49N) ขึ้นไป

วัสดุที่ใช้ทำครอบฟันในระบบรากเทียม

หลังจากที่มีการเสนอแนวคิดออสติโออินทิเกรชันเมื่อ ค.ศ. 1982 พบว่าช่วงแรกของทันตกรรมรากเทียมถูกนำมาใช้ในการบูรณะขากรรไกรล่างที่ไม่มีฟันเหลืออยู่ โดยใช้ฟันปลอมที่ทำจากเรซินยึดติดกับโครงโลหะและรองรับโดยรากเทียมซึ่งฝังอยู่บริเวณด้านหน้าขากรรไกรล่างโดยมีคู่สบเป็นฟันปลอมทั้งปาก เรียกฟันปลอมชนิดนี้ว่าฟันปลอมไฮบริด (Hybrid denture) หรือ (Fixed -detachable denture) เหตุผลที่ใช้ฟันปลอมชนิดเรซินเนื่องจากรากเทียมไม่มีเอ็นยึด

ปริทัศน์เหมือนในพันธระรรมชาติ ดังนั้นการใช้ฟันปลอมชนิดเรซินสามารถลดการถ่ายทอดแรงจาก ผิวด้านบดเคี้ยวลงสู่กระดูกรอบรากเทียมได้ โดยSkalak (1985) ได้โน้มน้าวให้เห็นว่า ผิวด้านบดเคี้ยวชนิดเรซินสามารถป้องกันแรงกระแทกจากการบดเคี้ยวซึ่งอาจทำอันตรายต่อส่วนประกอบต่างๆของรากเทียมและกระดูกรอบรากเทียม ทำให้มีการตั้งสมมติฐานกันว่า ผิวด้านบดเคี้ยวที่เป็นโลหะหรือเซรามิกนั้นอาจทำให้เกิดการถ่ายทอดแรงส่วนใหญ่ไปยังผิวรากเทียมที่ยึดติดกับกระดูก ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการถูกทำลายและเกิดความล้มเหลว จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดการคัดค้านการใช้เซรามิกและโลหะเพื่อทำเป็นผิวด้านบดเคี้ยวสำหรับฟันปลอมที่รองรับด้วยรากเทียมในเวลานั้น

ในระยะเวลาต่อมาเมื่อมีการใช้รากเทียมมากขึ้นเพื่อทดแทนฟันที่สูญเสียไปเพียงซี่เดียวหรือหลายซี่ ฟันปลอมชนิดเรซินซึ่งให้ผลที่น่าพอใจเมื่อใช้กับคู่สบที่เป็นฟันปลอมชนิดเดียวกันกลับมีความแข็งแรงไม่เพียงพอเมื่อสบกับฟันธรรมชาติ ความจำเป็นในการซ่อมและเปลี่ยนฟันปลอมชนิดเรซินบ่อยครั้งเนื่องจากอัตราการสึกที่สูง หรือมีการแตกหักของซี่ฟันปลอมเรซิน (Lekholm และคณะ, 1994; Van Steenberghe และคณะ, 1990; Adell และคณะ, 1981; Lindquist และคณะ, 1987; Carlson และ Carlsson, 1994) ทำให้ทันตแพทย์ส่วนใหญ่ยอมเสี่ยงใช้ฟันปลอมชนิดเซรามิกและโลหะกันมากขึ้นเพื่อลดปัญหาในการซ่อมและเปลี่ยนฟันชนิดเรซิน นอกจากนี้ความคาดหวังของผู้ป่วยในด้านความสวยงามของฟันปลอมที่รองรับด้วยรากเทียมเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้มีความจำเป็นต้องบูรณะด้วยวัสดุที่ดูเป็นธรรมชาติและคงทนกว่า ดังนั้นการเปลี่ยนจากวัสดุเรซินไปเป็นโลหะและเซรามิกจึงใช้เวลาอันสั้น นอกจากนี้จะพบปัญหาเกี่ยวกับฟันปลอมน้อยแล้ว ยังพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการละลายของกระดูก (Naert และคณะ, 1992) โลหะผสมมีค่า (Precious metal alloys) ยังคงเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นครอบสำหรับรากเทียม การใช้โลหะผสมไร้ค่า (Base metal alloys) ยังไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความกังวลในเรื่องของการสึกกร่อนของโลหะ มีการตั้งสมมติฐานกันว่า การสึกกร่อนที่เกิดจากโลหะมีค่าน่าจะน้อยกว่าโลหะไร้ค่าเมื่อใช้ร่วมกับรากเทียมซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากโลหะหรือโลหะผสมไททาเนียม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ (Byproduct) ที่เกิดจากกระบวนการสึกกร่อนมีความเป็นพิษและทำให้เกิดการแพ้บ่อยกว่าการใช้โลหะไร้ค่า (Anusavice, 1996)

ครอบฟันที่ทำจากวัสดุและวิธีการผลิตที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อการยึดอยู่ของครอบได้เช่นกัน Carter และคณะ (1997) ทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังเพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดซีเมนต์, ชนิดของครอบ และตำแหน่งรากเทียมว่ามีผลต่อการยึดอยู่ของครอบฟันอย่างไร โดยได้เลือกศึกษาเฉพาะหลักยึดซีเมนต์ที่ทำมาจากไททาเนียม สำหรับครอบฟันมี 3 กลุ่มคือ ครอบชนิดที่ได้จากการหล่อโดยใช้แบบพลาสติกจากบริษัทผู้ผลิต, ครอบเซรามิกสำเร็จรูป และ ครอบทองที่ได้

จากการกลึง(Milling) โดยซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดครอบฟันกับหลักยึด คือ Temp-Bond[®] และ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ พบว่า ครอบทองที่ได้จากการกลึงมีการสูญเสียการยึดติดมากกว่าครอบเซรามิก และครอบที่ได้จากการหล่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ยึดด้วย Temp-Bond[®] ทั้งนี้เนื่องจากครอบที่ได้จากการกลึงมีผิวที่หยาบน้อยกว่าจึงทำให้เกิดการยึดเกาะกับซีเมนต์ได้น้อย

การยึดครอบซ้ำ

ในงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับแรงยึดของครอบฟันมักมีการนำครอบฟันกลับมาทดสอบซ้ำใหม่เนื่องจากเหตุผลหลักคือความประหยัดและเป็นการลดความแปรปรวนของขั้นตอนทดสอบ อย่างไรก็ตามการนำครอบฟันมายึดซ้ำอาจส่งผลกระทบต่อแรงยึดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ซึ่งได้มีผู้ศึกษาเรื่องนี้ไว้เช่นกัน Felton และคณะ (1987) พบว่าการยึดครอบฟันใหม่อีกครั้งด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่ทำให้แรงยึดของครอบฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากทำความสะอาดซีเมนต์ที่ติดอยู่โดยใช้เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้า (Ultrasonic cleaner) ซึ่งมีสารละลายสำหรับกำจัดซีเมนต์ (Removalon-1, Premier Dental Co.) จากนั้นทำการเป่าด้วยอุณหภูมิห้องขนาด 25 ไมครอน Ayad, Rosenstiel และ Woelfel (1998) ทำการทดสอบเช่นเดียวกันพบว่าการยึดครอบฟันซ้ำใหม่ด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จะให้แรงยึดที่ต่ำกว่าการยึดในครั้งแรก แต่ไม่มีผลกับเรซินซีเมนต์และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่เป็นการนำครอบกลับมาทดสอบซ้ำ โดยพยายามคงสภาพผิวภายในของครอบเอาไว้ให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดสำหรับการทดสอบในแต่ละครั้ง ในแต่ละงานวิจัยอาจมีวิธีการกำจัดซีเมนต์ที่ตกค้างภายหลังการทดสอบที่แตกต่างกัน เช่น ในงานวิจัยของ Ramp และคณะ (1999) จะนำครอบเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ½ ชั่วโมงและปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปแช่ในสารละลาย Removalon-1 ซึ่งอยู่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าเป็นเวลา 30 นาที และนำไปแช่ในน้ำกลั่นซึ่งอยู่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าเป็นเวลา 30 นาที สำหรับหลักยึดนั้นจะนำไปแช่ในน้ำกลั่นซึ่งอยู่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าเป็นเวลา 30 นาที และเช็ดออกด้วยสำลี ซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ Temp-Bond[®], Provilink[®], ImProv[®], IRM[®] และ Neo-Temp[®] โลหะที่ใช้ทำครอบของการทดลองครั้งนี้คือโลหะผสมพาราเดียม (Spartan Plus, William Gold Co., Buffalo, N.Y.)

Covey และคณะ (2000) กำจัดซีเมนต์โดยนำไปแช่ในสารละลาย Removalon-1 ซึ่งอยู่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำและเช็ดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ในงานวิจัยนี้ศึกษาซีเมนต์ 2 ชนิดคือ Temp-Bond[®] และซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

ในขณะที่ Michalakis และคณะ (2000) เชนในสารละลายสำหรับกำจัดซีเมนต์ (L&R Manufacturing Co, Brussels, Belgium) ซึ่งอยู่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าเป็นเวลา 15 นาที โดยซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ImProv[®] Nogenol[®] Temp Bond NE[®] และ Temp Bond[®]



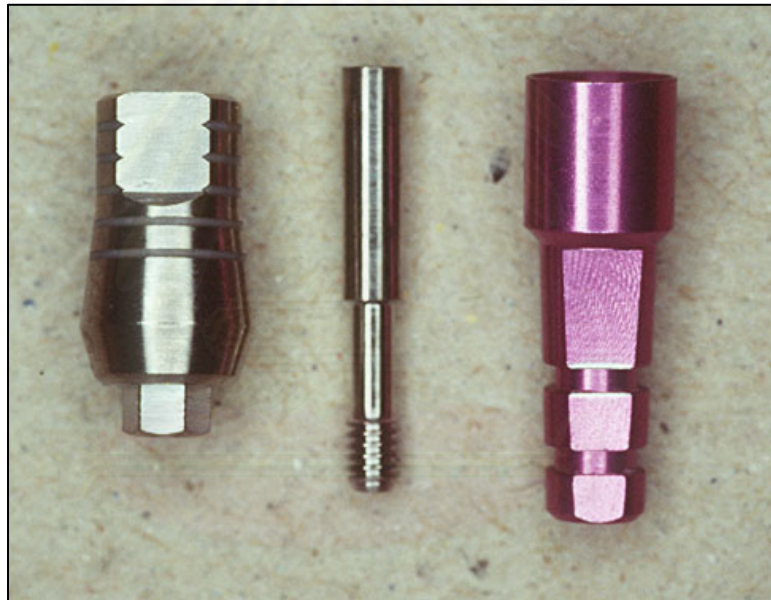
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้หลักยึดรากเทียมชนิดเฮกซ์ล็อก¹ สำหรับรากเทียมระบบสกรูเว้น ขนาด 4.5 มม.(Lot. 0206292), ตัวเลียนแบบรากเทียม² (Implant analogue) ขนาด 4.5 มม.ดังรูปที่ 4 และครอบโลหะซึ่งได้จากเทคนิคการหึงโลหะแทนที่ขี้ผึ้ง(Lost wax technique)ดังรูปที่ 5 เป็นจำนวนอย่างละ 10 ชิ้น โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4 แสดงหลักยึดรากเทียม,สกรูสำหรับหลักยึดและตัวเลียนแบบรากเทียมตามลำดับ จากซ้ายไปขวา

¹ HLA4/5 , Paragon implant company , USA

² IA4 , Paragon implant company , USA



รูปที่ 5 แสดงรูปร่างของกรอบโลหะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

การเตรียมแม่แบบ(Die)สำหรับทำครอบ

สุ่มเลือกหลักยึดรากเทียมและตัวเลียนแบบรากเทียมอย่างละคู่ ทำการยึดด้วยสกรูดังรูปที่ 6 โดยใช้ไขควงชนิด 6 แฉก³ ปิดแนวร่องด้านข้างและช่องสำหรับสกรูของหลักยึดรากเทียมด้วยซีเมนต์ ทำการพิมพ์หลักยึดรากเทียมด้วยซิลิโคน⁴ โดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 22 มม. สูง 20 มม. เป็นเสมือนถาดพิมพ์ดังรูปที่ 7 หลังจากนั้น 10 นาที นำหลักยึดรากเทียมออกจากแบบพิมพ์ ทิ้งแบบพิมพ์ไว้ 30 นาทีก่อนนำไปเทแบบด้วยพลาสติกความแข็งสูง⁵ อัตราส่วนผสม 50 กรัมต่อน้ำ 20 มล. โดยใช้เครื่องผสมชนิดสุญญากาศ(Vacuum mixer)⁶ ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงก่อนนำแม่แบบออกจากแบบพิมพ์ ใช้หัวกรอโลหะรูปกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. ทำหลุมอย่างน้อยจำนวน 3 หลุมโดยรอบด้ามจับของแม่แบบดังรูปที่ 8

³ HX1.25 , Paragon implant company, USA

⁴ Reprosil[®] , Densply Caulk, USA

⁵ Velmix[®] , Kerr Corp., USA

⁶ VM-112, J.morita corporation, Japan



รูปที่ 6 แสดงหลักยึดรอกเทียมที่ยึดเข้ากับตัวเลียนแบบรอกเทียมด้วยสกรู



รูปที่ 7 แสดงการพิมพ์หลักยึดรอกเทียมด้วยซิลิโคนโดยใช้ท่อพีวีซีเป็นถาดพิมพ์



รูปที่ 8 แสดงแม่แบบที่ได้จากการพิมพ์หลักยึดรากเทียม

ทาไดร์สเปสเซอร์ (รูปที่ 9) บนแม่แบบตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตโดยขั้นแรกทาด้วยไดร์สเปสเซอร์ชนิดใส⁷ (3 ไมครอน) โดยทำให้เลยขอบของแม่แบบลงมา ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วทาทับด้วยไดร์สเปสเซอร์สีแดง⁸ (7 ไมครอน) และสีเงิน⁹ (13 ไมครอน) อย่างละหนึ่งชั้นตามลำดับ โดยทาเหนือขอบ (Margin) ของแม่แบบประมาณ 1 มม. ดังรูปที่ 10 ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำแม่แบบดังกล่าวไปพิมพ์ด้วยซิลิโคนโดยพิมพ์ให้ถึงด้ามจับที่ได้ทำหลุมไว้ ทำการพิมพ์จำนวน 11 ชุด จากนั้นนำแบบพิมพ์ที่ได้ไปเทแบบด้วยพลาสติกที่มีความแข็งสูงเช่นเดียวกับตอนแรก ก็จะได้แม่แบบสุดท้ายจำนวน 11 ชิ้นที่ได้เตรียมพื้นที่ไว้สำหรับซีเมนต์และพร้อมที่จะนำไปทำต้นแบบครอบฟันและครอบฟันในขั้นตอนต่อไป เขียนตัวเลขต่างกันตั้งแต่ 1-11 บริเวณด้ามจับของแม่แบบทุกอัน

⁷ Clear spacer, Yeti dental, Germany

⁸ Color spacer red, Yeti dental, Germany

⁹ Die spacer silver, Yeti dental, Germany

การเตรียมต้นแบบครอบฟัน

นำแม่แบบสุดท้ายที่เตรียมไว้จำนวน 1 ชิ้นมาใช้เตรียมต้นแบบครอบฟัน โดยทาสารแยก¹⁰ (Isolating agent) ก่อนใช้แพทเทินเรซิน¹¹ ทำเป็นแบบด้านข้าง กรอแต่งโดยใช้หัวกรอโลหะก้านยาว รูปทรงกระบอกจนได้ความหนาด้านข้างของครอบฟันประมาณ 1 มม. โดยรอบ ส่วนบนทำจากพลาสติกใสหนา 1.5 มม. ขนาดกว้างxยาว = 7x10 มม. ยึดติดกับแบบด้านข้างด้วยแพทเทินเรซิน ทำหลุมสำหรับวางหัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ลึก 0.5 มม. ห่างจากแนวแกนกลาง แม่แบบ 3 มม. ดังรูปที่ 11 โดยใช้หัวกรอโลหะก้านยาวรูปทรงกระบอกตัดขอบด้านล่างของครอบให้ ล้นประมาณ 1 มม. โดยรอบ จากนั้นทำการแต่งขอบของครอบใหม่ด้วยขี้ผึ้งสำหรับแต่งขอบ¹² (Cervical wax) จนได้ขอบที่แนบสนิทกับแม่แบบดังรูปที่ 12 ต้นแบบครอบฟันที่ได้จะนำไปใช้ในการเตรียมบ้ำหล่อขี้ผึ้งในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 9 แสดงไดร์สเปซเซอร์ชนิดใส,สีแดงและสีเงินตามลำดับ

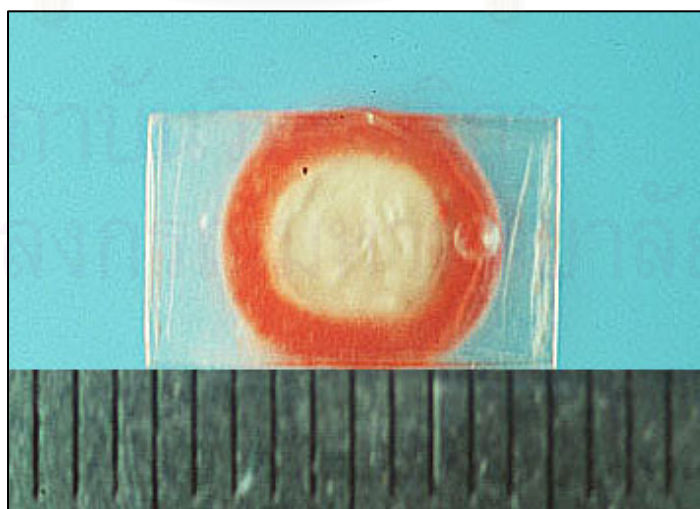
¹⁰ Yeti lube, Yeti dental, Germany

¹¹ Duraray[®], Kerr Corp., USA

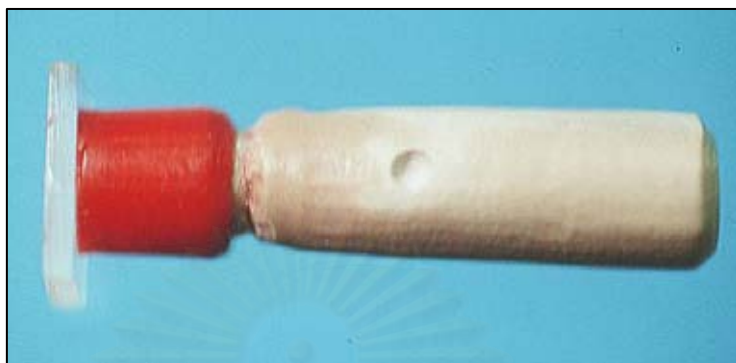
¹² Pico cervical wax, Renfert, Germany



รูปที่ 10 แสดงแม่แบบผ่านการทำไดรฟ์สเปซเซอร์แล้ว



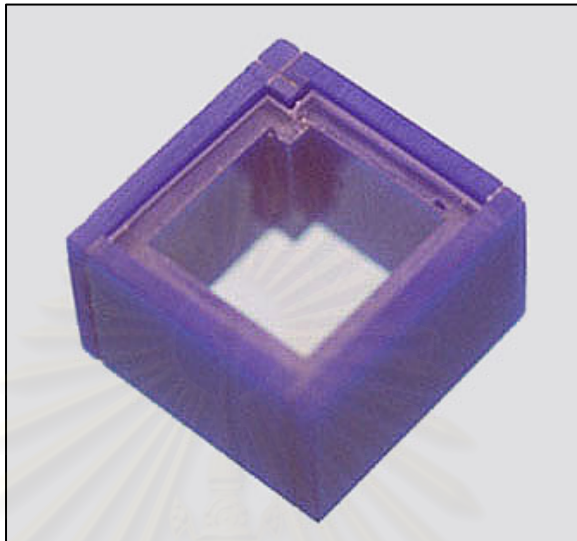
รูปที่ 11 แสดงภาพถ่ายด้านบนของต้นแบบครอบฟันที่ยึดอยู่กับแม่แบบ
ปลายศรชี้คือหลุมสำหรับหัวกด



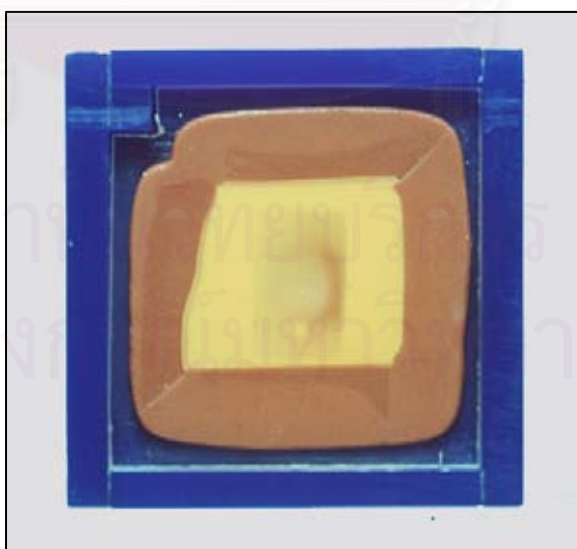
รูปที่ 12 แสดงภาพถ่ายด้านข้างของต้นแบบครอบพื้นที่ยึดอยู่กับแม่แบบ

การเตรียมเบ้าหล่อซีเมนต์เพื่อใช้ทำครอบ

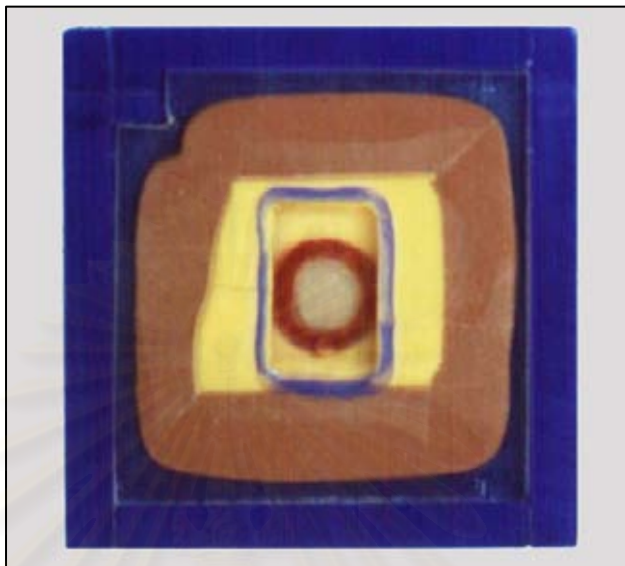
เบ้าหล่อซีเมนต์ทำจากซิลิโคนและมีกล่องพลาสติกขนาดกว้าง x ยาว x สูง = 3.5x3.5x3 ซม. เป็นโครงดังรูปที่ 13 ด้านบนของกล่องพลาสติกเป็นแผ่นพลาสติกใสที่สามารถถอดออกได้ ด้านล่างเป็นช่องเปิด ทำการพิมพ์ต้นแบบครอบพื้นที่ยึดอยู่บนแม่แบบด้วยซิลิโคนโดยใช้กล่องพลาสติกเป็นโครงสำหรับแบบพิมพ์ วางส่วนบนของครอบให้ติดกับแผ่นพลาสติกและพิมพ์ด้วยซิลิโคนดังรูปที่ 14 โดยให้ครอบคลุมหลุมที่อยู่บนด้ามจับของแม่แบบเพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการวางแม่แบบให้อยู่ตำแหน่งเดิมทุกครั้งขณะหล่อแบบซีเมนต์ รอจนซิลิโคนแข็งตัวจึงทำการเจาะแผ่นพลาสติกใสด้วยหัวกรรไกรหะก้านยาวรูปทรงระบอกขนาด 2 มม. และตัดแผ่นซิลิโคนบางส่วนที่คลุมส่วนบนของต้นแบบครอบพื้นที่ยึดออกด้วยมีดปลายแหลม(รูปที่ 15) จากนั้นจึงแทนที่ด้วยซิลิโคนพัตตีอีกครั้งเพื่อให้ได้รายละเอียดของส่วนบนของครอบและยึดติดกับแผ่นพลาสติกใสด้วย นำแบบซิลิโคนออกจากกล่องพลาสติกและตัดแบบซิลิโคนออกเป็น 2 ส่วน นำต้นแบบครอบพื้นที่ยึดอยู่บนแม่แบบออก ก็จะได้เบ้าหล่อซีเมนต์ซึ่งพร้อมสำหรับหล่อแบบซีเมนต์ทำครอบดังรูปที่ 16



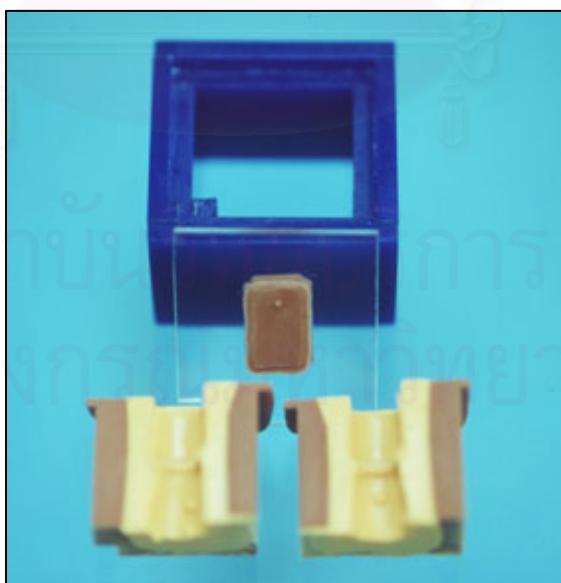
รูปที่ 13 แสดงกล่องพลาสติกสำหรับการเตรียมแผ่นขี้ผึ้ง



รูปที่ 14 แสดงการพิมพ์ต้นแบบครอบพื้นที่ยึดอยู่บนแม่แบบด้วยซิลิโคน



รูปที่ 15 แสดงแผ่นพลาสติกใสที่ได้รับการเจาะส่วนที่คลุมเหนือต้นแบบครอบฟัน



รูปที่ 16 แสดงเบ้าหล่อซี่ฟันที่เตรียมสำเร็จ

การทำครอบโลหะจากขี้ผึ้ง

ทาสารแยกบนผิวแม่แบบที่เตรียมไว้ในตอนแรกทั้ง 10 ชั้น โดยทาบริเวณที่จะสัมผัสกับขี้ผึ้งทั้งหมดเพื่อไม่ให้ขี้ผึ้งยึดติดกับแม่แบบ ทำการเตรียมขี้ผึ้งที่ละชั้นโดยเคลือบขี้ผึ้งสิ่งข้าง¹³ บางบนผิวแม่แบบบริเวณส่วนที่เป็นครอบทั้งหมด นำแม่แบบใส่ในเบ้าหล่อให้ตรงกับร่องที่เตรียมไว้ประกบให้เข้าซิไลโคนทั้งสองชั้นแนบก่อนนำไปใส่ในกล่องพลาสติก นำขี้ผึ้งสิ่งข้างไปลงไฟและทำการหยดขี้ผึ้งขณะกำลังเหลวจนเต็มเบ้าหล่อ ปิดแผ่นพลาสติกในส่วนบนกดจนแนบกับกล่องพลาสติก รอจนขี้ผึ้งเย็นตัวลงจึงนำแม่แบบออกจากเบ้าหล่อ(รูปที่ 17) ทำการตัดแต่งขี้ผึ้งบริเวณขอบให้เส้นประมาณ 1 มม. ดึงขี้ผึ้งออกจากแม่แบบสำรวจผิวด้านในว่ามีความเรียบดีไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น นำครอบกลับไปใส่ในแม่แบบตามเดิม เติมขี้ผึ้งใหม่ด้วยขี้ผึ้งสำหรับแต่งขอบเพื่อให้ได้ขอบที่แนบสนิทดังรูปที่ 18 ใช้เครื่องมือปลายแหลมเขียนตัวเลข 1-10 ลงบนผิวด้านข้างขี้ผึ้งโดยเป็นตัวเลขเดียวกับด้ามจับแม่แบบ ยึดแกนค้ำรูปเท(Sprue) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มม. ติดกับส่วนมุมบนของครอบและครุชีเบิลฟอร์มเมอร์(Crucible former) นำไปลงอินเวสเมนต์¹⁴ ทำการเผาไล้ขี้ผึ้งในเตาเผา¹⁵ ที่อุณหภูมิ 900 องศาฟาเรนไฮน์ และแทนที่ด้วยโลหะผสมทองชนิดที่สาม¹⁶ (Type III gold alloy) ซึ่งมีอัตราส่วนของ : พาราเดียม : เงิน : ทองแดง เท่ากับร้อยละ 40.0 : 4.0 : 47.0 : 7.5 โดยใช้เครื่องเหวี่ยงชนิดหนีศูนย์กลาง¹⁷ หลังจากนำขึ้นครอบออกจากอินเวสเมนต์และตัดส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว นำครอบโลหะที่ได้กลับมาใส่ในแม่แบบเพื่อดูความแนบสนิทบริเวณขอบของครอบด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ¹⁸ (รูปที่ 19) ตรวจจุดค้ำภายในของครอบด้วยสารตรวจจุดค้ำ¹⁹ (รูปที่ 20) กรอส่วนค้ำภายในออกด้วยหัวกรอกากเพชรก้านยาวชนิดกลมจนได้ขอบของครอบที่แนบสนิทพอดีกับแม่แบบ ทำการปรับสภาพผิวภายในขึ้นครอบทุกชั้นโดยใช้ด้วยเครื่องเป่าทราย²⁰ (รูปที่ 21) ฟันผงอลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน บริเวณผิวด้านในของขึ้นครอบภายใต้ความดัน 3.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะห่าง 20 มม. หลังจากได้ครอบครบ 10 ชั้น ทำการสุ่มอย่างอิสระเพื่อจับคู่ครอบและหลักยึด

¹³ Ivory wax, Kerr Corp., USA

¹⁴ High Span II, Jelenko, USA

¹⁵ Dental farm, Italy

¹⁶ Minigold, Williams Ivoclar, USA

¹⁷ Centrifugal casting machine, Kerr Corp., USA

¹⁸ ML 9300, Meiji Techno Co. Ltd., Tokyo, Japan

¹⁹ Fit checker, GC corporation, Tokyo, Japan

²⁰ Penblaster II, Shofu, Japan



รูปที่ 17 แสดงขี้ผึ้งบนแม่แบบที่นำออกจากเบ้าหล่อ



รูปที่ 18 ภายหลังการแต่งขอบใหม่ด้วยขี้ผึ้งแต่งขอบสีแดง



รูปที่ 19 แสดงกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ



รูปที่ 20 แสดงสารตรวจจุดค้ำ



รูปที่ 21 แสดงเครื่องเป่าทราย

การเตรียมหลักยึดรากเทียม

ยึดสกรูสำหรับหลักยึดเข้ากับเครื่องสำรวจความขนาน²¹ (Surveyor) ดังรูปที่ 22 ทำการไขตัวเลี่ยนแบบรากเทียมเข้ากับสกรูดังรูปที่ 23 ซึ่งทำให้ได้ตัวเลี่ยนแบบรากเทียมที่ขนานกับแนวตั้ง จากนั้นทำการยึดตัวเลี่ยนแบบรากเทียมกับท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. สูง 20 มม. (ดังรูปที่ 24) ในตำแหน่งกลางท่อด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง²² โดยให้ขอบบนสุดของตัวเลี่ยนแบบรากเทียมลอยอยู่เหนืออะคริลิกเรซินประมาณ 1 มม. รอจนอะคริลิกแข็งตัวเต็มที่ จึงนำตัวเลี่ยนแบบรากเทียมที่ยึดติดกับท่อพีวีซีออกจากสกรู เขียนหมายเลขที่ด้านข้างของท่อพีวีซี ทำซ้ำจนได้ชิ้นทดสอบ 10 ชิ้น นำหลักยึดรากเทียมจำนวน 10 ตัวซึ่งได้จับคู่กับครอบแล้วก่อนหน้านี้มายึดกับตัวเลี่ยนแบบรากเทียมที่เตรียมไว้แล้วด้วยสกรู(รูปที่ 25) โดยให้หมายเลขบนท่อและครอบตรงกัน โดยใช้เครื่องมือควบคุมแรงบิด²³ (Torque wrench) ร่วมกับไขควงชนิด 6 แฉกด้วยแรงบิดขนาด 30 นิวตัน-เซนติเมตร

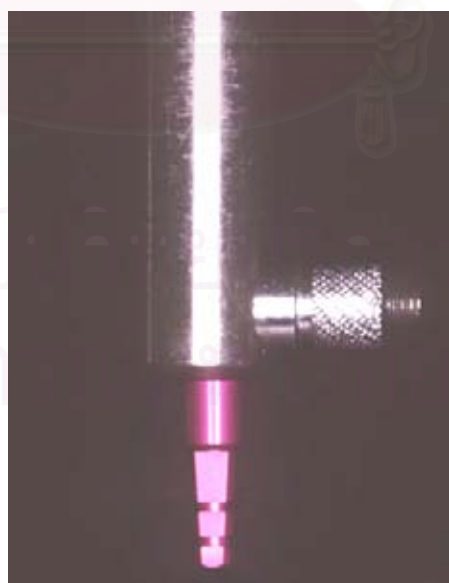
²¹ Ney, USA

²² Bosworth orthodontic resin, USA

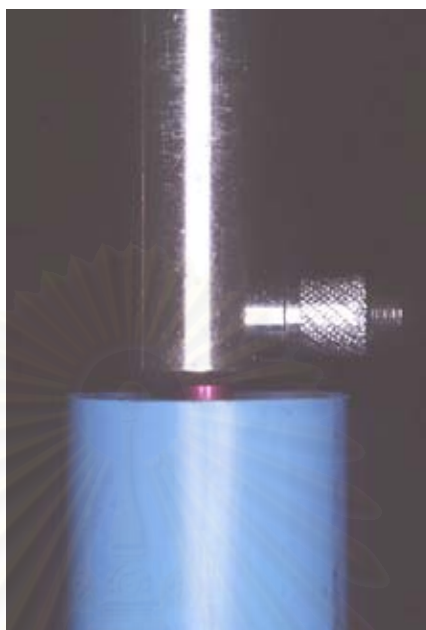
²³ TW 30, Paragon implant company, USA



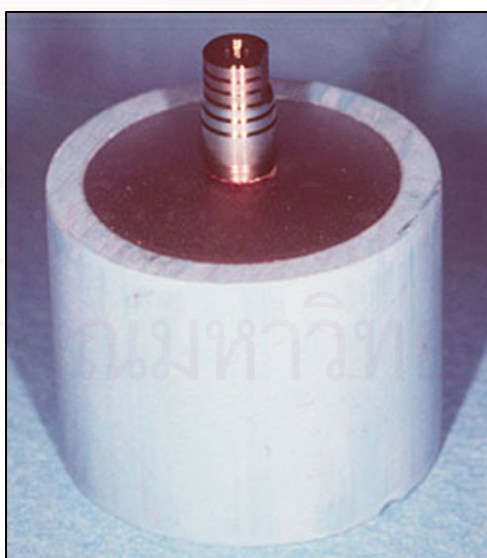
รูปที่ 22 แสดงการยัดสกรูเข้ากับเครื่องสำรวจความขนาน



รูปที่ 23 แสดงการไขตัวเลี่ยนแบบรากเทียมเข้ากับสกรู



รูปที่ 24 แสดงการยึดตัวเส้นแบบรากเทียมกับท่อพีวีซี



รูปที่ 25 แสดงหลักยึดรากเทียมที่ยึดกับตัวเส้นแบบรากเทียม

การยึดขึ้นครอบกับหลักยึด

ปิดช่องสำหรับใส่สกรูบนหลักยึดทั้งหมดด้วยซิลิโคนดังรูปที่ 26 ในการทดลองครั้งนี้มีการนำชิ้นงานกลับมาทดสอบซ้ำโดยนำชิ้นงานที่ทดสอบแล้วมาทำความสะอาดใหม่ ดังนั้นเพื่อให้เกิดสภาพที่ใกล้เคียงกันในแต่ละครั้งที่ทดสอบจึงต้องนำชิ้นงานมาผ่านการทำความสะอาดแบบเดียวกันก่อน โดยนำเฉพาะครอบโลหะไปแช่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้า²⁴(รูปที่ 27) ซึ่งมีสารละลายกำจัดซีเมนต์ชั่วคราว²⁵(รูปที่ 28) เป็นเวลา 30 นาทีจากนั้นนำทั้งครอบและหลักยึดไปใส่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่เป็นเวลา 30 นาที เป่าลมให้แห้งก่อนนำไปยึดด้วยซีเมนต์²⁶(รูปที่ 29) โดยใช้เครื่องซั่งอิเล็กทรอนิกส์²⁷(รูปที่ 30) ซั่งซีเมนต์ส่วนเบสและแอกสิเลอเรเตอร์ในอัตราส่วน 0.15 : 0.045 กรัมตามลำดับ²⁸ ทำการผสมภายใต้อุณหภูมิห้องด้วยพายโลหะโดยผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันภายในเวลา 30 วินาที นำซีเมนต์ทั้งหมดใส่ในครอบโดยรอบยึดครอบกับหลักยึดเข้าด้วยกันใช้นิ้วกดขึ้นครอบให้แนบกับหลักยึด จากนั้นนำไปกดด้วยแท่นน้ำหนัก 6 กก.²⁹(รูปที่ 31) เป็นเวลา 10 นาทีดังรูปที่ 32 กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกด้วยเครื่องมือตรวจ(Explorer) นำชิ้นงานที่ยึดซีเมนต์เสร็จแล้วไปไว้ในภาชนะความชื้น 100 เปอร์เซ็นต์และเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ³⁰ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบแรงยึด

²⁴ Branson[®] รุ่น 5210, Branson ultrasonics Corp., Connecticut, USA

²⁵ Advanced formula temporary cement remover, L&R manufacturing com., USA

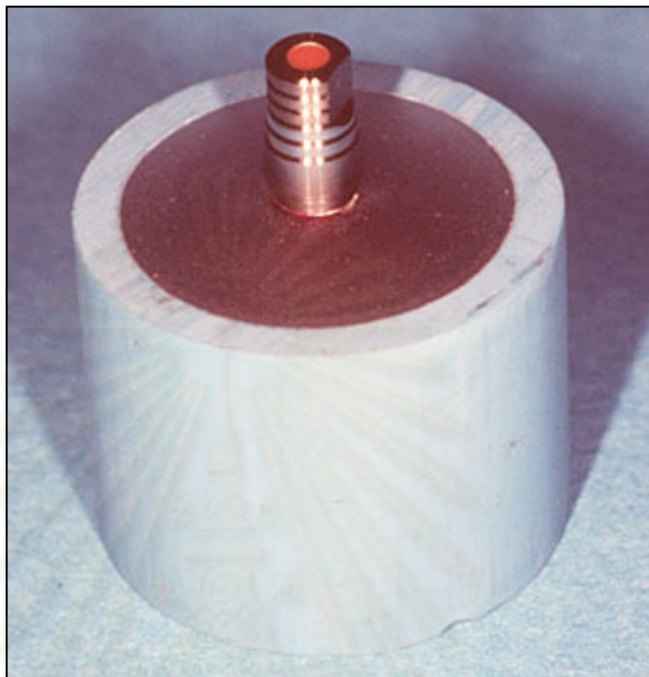
²⁶ Temp-Bond[®] , Kerr Corp., USA

²⁷ FA-200, A&D Com. Ltd., Japan

²⁸ ทำให้ได้ปริมาตร 1 : 1

²⁹ PTC[®] แบบ ASTM type C-D-DO , Pacific transducer Corp., CA, USA (ตม้น้ำหนัก 5 กก. + 1 กก.)

³⁰ 160 MRCD, Contherm scientific Ltd., Lower Hutt, New Zealand



รูปที่ 26 แสดงการปิดช่องบนหลักยึดด้วยซิลิโคน



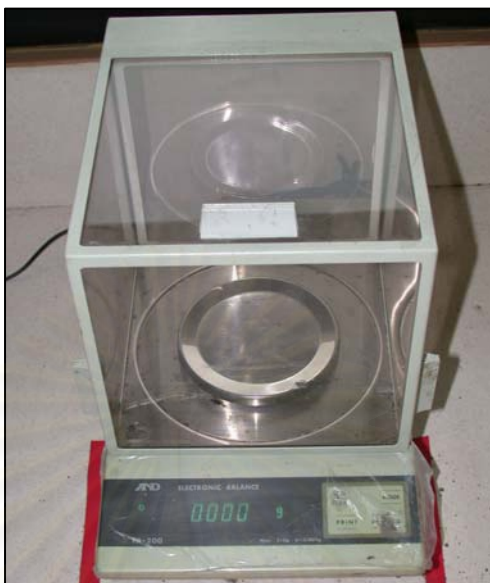
รูปที่ 27 แสดงเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้า



รูปที่ 28 แสดงสารละลายกำจัดซีเมนต์ชั่วคราว



รูปที่ 29 แสดงซีเมนต์ชั่วคราว, กระจกและพายผสม



รูปที่ 30 แสดงเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 31 แสดงเครื่องดิวโรมิเตอร์ที่นำมาใช้แทนน้ำหนัก 6 กก.



รูปที่ 32 แสดงการยึดครอบกับหลักยึดด้วยน้ำหนัก 6 กก.

การทดสอบแรงยึด

นำชิ้นทดสอบทั้ง 10 ชิ้นที่ผ่านการยึดด้วยซีเมนต์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงมาทำการทดสอบแรงยึดระหว่างชิ้นครอบกับหลักยึดโดยใช้เครื่องทดสอบแบบสากล³¹ ดังรูปที่ 33 ใช้หัววัด (Load cell) ขนาด 1000 นิวตันดึงชิ้นครอบออกจากหลักยึดด้วยอัตราเร็ว 0.5 มม./นาที (รูปที่ 34) วัดแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นครอบหลุดจากหลักยึดซึ่งมีหน่วยเป็นนิวตัน ภายหลังจากวัดแรงยึดนำชิ้นงานมาทำความสะอาดโดยนำครอบโลหะไปแช่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้า ซึ่งมีสารละลายกำจัดซีเมนต์ชั่วคราวเป็นเวลา 30 นาที สำหรับซีเมนต์ที่ติดบริเวณร่องของหลักยึดให้ใช้ปลายแหลมของเครื่องมือตรวจเชี่ยออกและขีดด้วยสำลี จากนั้นนำทั้งครอบและหลักยึดไปใส่ในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้าซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่เป็นเวลา 30 นาที เป่าลมให้แห้ง ตรวจดูว่าไม่มีซีเมนต์หลงเหลืออยู่ก่อนนำไปยึดด้วยซีเมนต์เหมือนในตอนแรก

³¹ LR 10K, Lloyd instrument Ltd., Segensworth, Fareham



รูปที่ 33 แสดงเครื่องทดสอบแบบสากล



รูปที่ 34 แสดงการดึงกรอบออกจากหลักยึด

การให้แรงอัดซ้ำ (Compressive cyclic loading)

เครื่องทดสอบความล้าแบบสากล³² (รูปที่ 35) เป็นเครื่องที่นำมาใช้เพื่อให้แรงอัดชนิดต่อเนื่องกับชิ้นทดสอบ และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบจึงได้ทำการออกแบบหัวกดให้สามารถกดลงบนชิ้นทดสอบได้ครั้งละ 10 ชิ้นดังรูปที่ 36 ดังนั้นแรงอัดรวมที่ต้องใช้จึงเท่ากับ 200-1300 นิวตันเพื่อให้ได้แรงอัดในแต่ละตำแหน่งอยู่ในช่วง 20-130 นิวตัน³³ โดยก่อนให้แรงอัดทำการจัดตำแหน่งชิ้นงานที่ละชิ้นเพื่อให้ปลายหัวกดซึ่งมีขนาดพอดีกับหลุมบนครอบที่เตรียมไว้สัมผัสกันพอดีดังรูปที่ 37 ทำการปรับสกรูที่ใช้ยึดหัวกดจนแน่นและทำให้เกิดแรงอัดบนชิ้นทดสอบ 20 นิวตันต่อชิ้นโดยดูจากหน้าจอบนแผงควบคุม (รูปที่ 38) ซึ่งใช้โหลดเซลล์ (Load cell) ในการวัดค่าแรงที่เกิดขึ้น หลังจากตั้งหัวกดและชิ้นทดสอบจนครบจะมีแรงอัดรวม 200 นิวตัน ตั้งคำสั่งให้เพิ่มแรงอัดเป็น 750 นิวตันซึ่งเป็นค่ากลาง (Mean) ระหว่าง 200 และ 1300 นิวตัน จากนั้นตั้งให้เครื่องทำงานอยู่ในช่วงแอมพลิจูด 550 นิวตันที่ความถี่ 2 รอบต่อวินาทีดังรูปที่ 39 โดยให้แรงในลักษณะส่วนโค้งรูปไซน์ดังรูปที่ 40 และตั้งจำนวนรอบสำหรับกลุ่มแรกที่ 500,000 รอบ



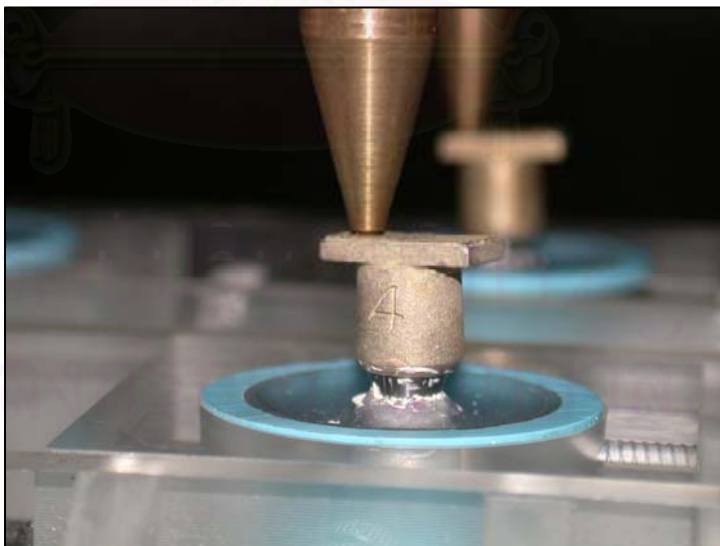
รูปที่ 35 แสดงเครื่องทดสอบความล้าแบบสากล

³² Instron รุ่น 8516, USA

³³ ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ข., หน้า 69



รูปที่ 36 แสดงหัวกดที่สามารถกดลงบนชิ้นทดสอบได้ครั้งละ 10 ชิ้น



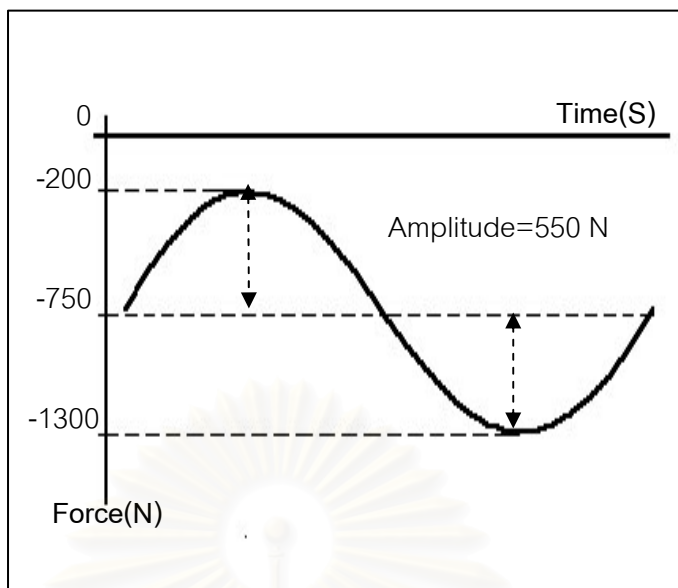
รูปที่ 37 แสดงปลายหัวกดสัมผัสพอดีกับหลุมบนกรอบที่เตรียมไว้



รูปที่ 38 แสดงแผงควบคุมเครื่องทดสอบความล้าแบบสากล



รูปที่ 39 แสดงหน้าจอบนแผงควบคุมแสดงการตั้งเครื่องทดสอบ



รูปที่ 40 แสดงรูปแบบแรงจำนวน 1 รอบที่ให้กับขึ้นทดสอบ



รูปที่ 41 แสดงหน้าจอบนแผงควบคุมขณะให้แรงอัดซ้ำ

ภายหลังการให้แรงอัดจนครบ นำชิ้นทดสอบมาหาแรงยึดอีกครั้งหนึ่ง(ทำซ้ำขั้นตอนเดิม)
สำหรับกลุ่มที่ 2 และ 3 ให้ตั้งจำนวนรอบที่ 1,000,000 และ 5,000,000 รอบตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษานำร่อง³⁴ เปรียบเทียบแรงยึดเพื่อดูว่าภายหลังจากการนำครอบไปทำความสะอาดด้วยวิธีที่กล่าวมาแล้วและนำมายึดซ้ำจะให้ค่าแรงยึดที่ต่างจากแรงยึดครั้งแรกหรือไม่ ซึ่งผลการศึกษานำร่องพบว่าค่าแรงยึดไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P=0.926$) อย่างไรก็ตามภายหลังจากให้แรงอัดซ้ำอาจทำให้ค่าแรงยึดของครอบมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ เพื่อเป็นการควบคุมไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในส่วนนี้ ดังนั้นภายหลังจากให้แรงอัดซ้ำและวัดแรงยึดแล้วจึงได้มีการวัดค่าแรงยึดของครอบซ้ำอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันว่าสามารถนำชิ้นทดสอบกลับมาใช้ซ้ำในกลุ่มถัดไปได้อีก และค่าที่ได้นี้จะถือเป็นค่าแรงยึดของชิ้นทดสอบก่อนได้รับแรงอัดซ้ำของชุดต่อไปถ้าหากค่าแรงยึดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($\alpha=0.05$)กับค่าแรงยึดครั้งแรก แต่ถ้าหากค่าแรงยึดครั้งหลังนี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่าแรงยึดครั้งแรกก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ ต้องมีการเปลี่ยนชิ้นทดสอบใหม่(เฉพาะครอบโลหะ)เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจแฝงมาภายหลังจากให้แรงอัดซ้ำ ดังนั้นในการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละกลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำจะได้ค่าแรงยึด 3 ค่าคือ 1. แรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ 2. แรงยึดหลังได้รับแรงอัดซ้ำ 3. แรงยึดซ้ำหลังได้รับแรงอัดซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูล

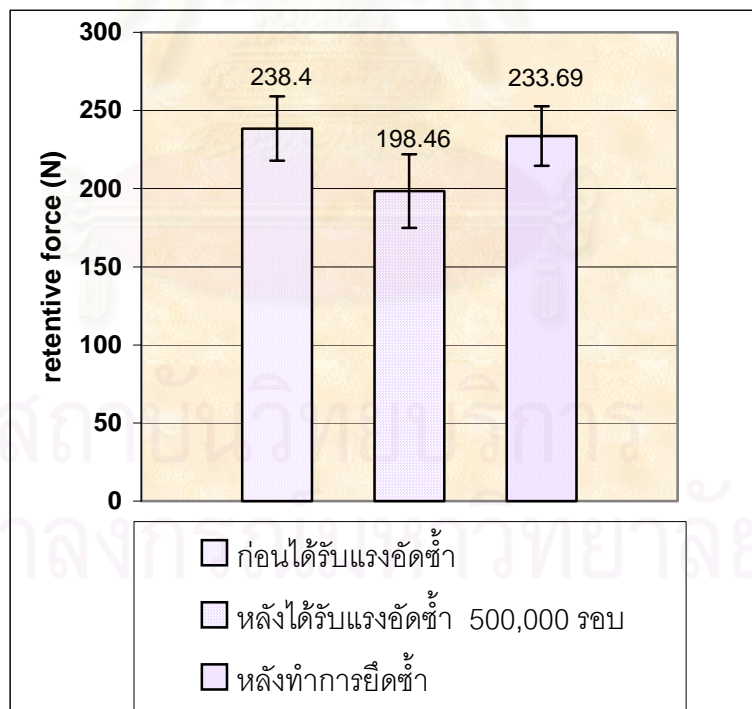
หลังจากได้ข้อมูลในแต่ละกลุ่มและก่อนที่จะทำการทดสอบในกลุ่มถัดไปให้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ, หลังได้รับแรงอัดซ้ำและค่าแรงยึดซ้ำหลังได้รับแรงอัดซ้ำโดยใช้สถิติ Paired sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อได้ข้อมูลครบทุกกลุ่มให้นำค่าแรงยึดหลังได้รับแรงอัดซ้ำลบออกจากค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำก็จะได้ค่าแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากได้รับแรงอัดซ้ำจำนวนรอบต่างๆ นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ One way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในกรณีที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญให้ทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Scheffe's multiple contrasts จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์ของแรงอัดซ้ำและแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) โดยวิเคราะห์บนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม SPSS version 10.0

³⁴ ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ค., หน้า 73

บทที่ 4

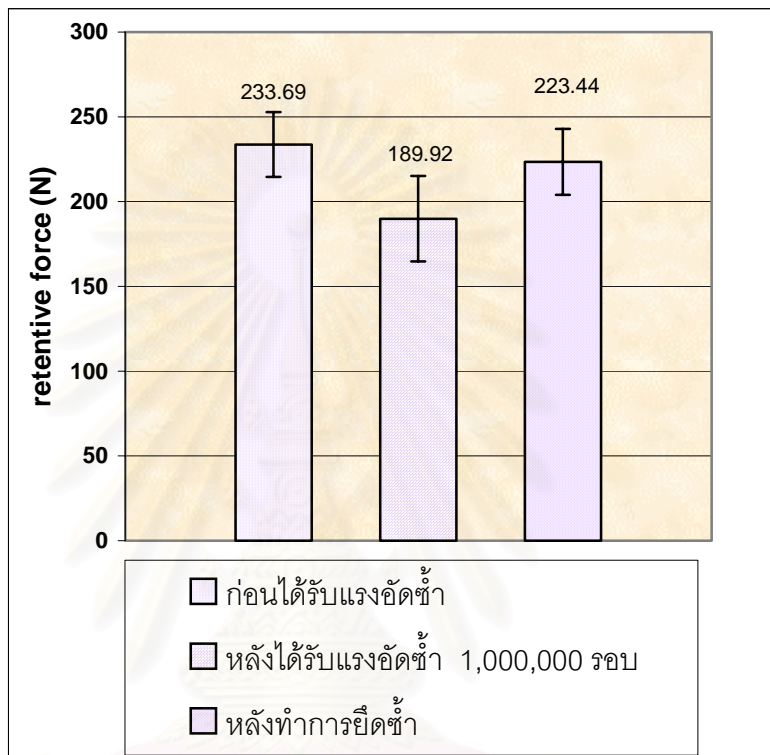
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาผลของแรงอัดซ้ำซึ่งเป็นการเลียนแบบแรงบิดเคี้ยวในช่องปากว่ามีผลต่อแรงยึดของซีเมนต์ชนิดชั่วคราวที่ใช้ในการยึดครอบฟันกับหลักยึดรากเทียมอย่างไร ซึ่งผลการทดลองพบว่าภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำจะทำให้แรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.000$) ในทุกกลุ่ม โดยในกลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ (รูปที่ 42) พบว่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำมีค่าเท่ากับ 238.4 ± 20.58 N ในขณะที่ภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำแรงยึดมีค่าลดลงเหลือ 198.46 ± 23.60 N อย่างไรก็ตามภายหลังทำการยึดซ้ำพบว่าค่าแรงยึดมีค่าเท่ากับ 233.69 ± 19.02 N ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.409$) กับค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ ดังนั้นค่าแรงยึดที่ได้ภายหลังการยึดซ้ำนี้จึงนำไปใช้เป็นค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบและสามารถนำขึ้นทดสอบไปทำการทดสอบในกลุ่มถัดไป



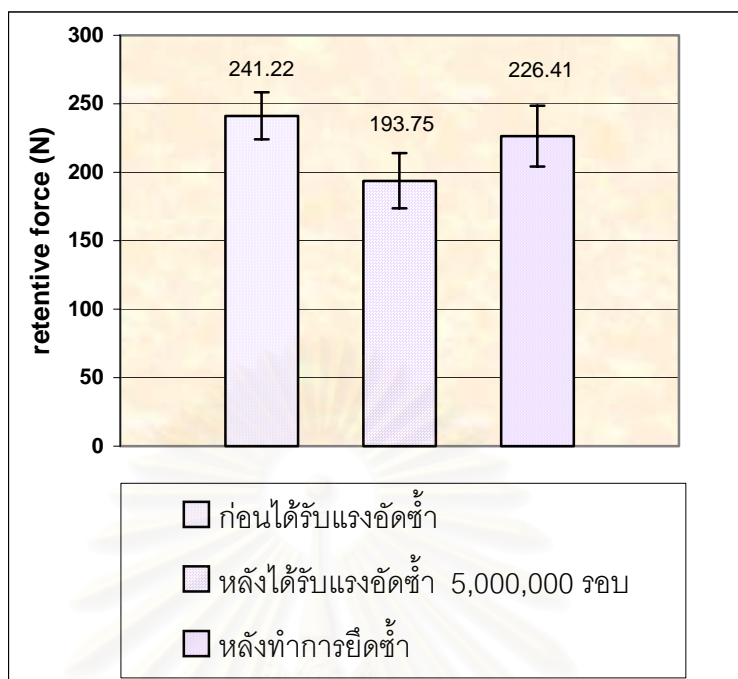
รูปที่ 42 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ

ในกลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบ (รูปที่ 43) พบว่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำมีค่าเท่ากับ 233.69 ± 19.02 N ในขณะที่ภายหลังจากได้รับแรงอัดซ้ำแรงยึดมีค่าลดลงเหลือ 189.92 ± 25.20 N และภายหลังจากการยึดซ้ำพบว่าค่าแรงยึดมีค่าเท่ากับ 223.44 ± 19.45 N ซึ่งน้อยกว่ากับค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.009$)



รูปที่ 43 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบ

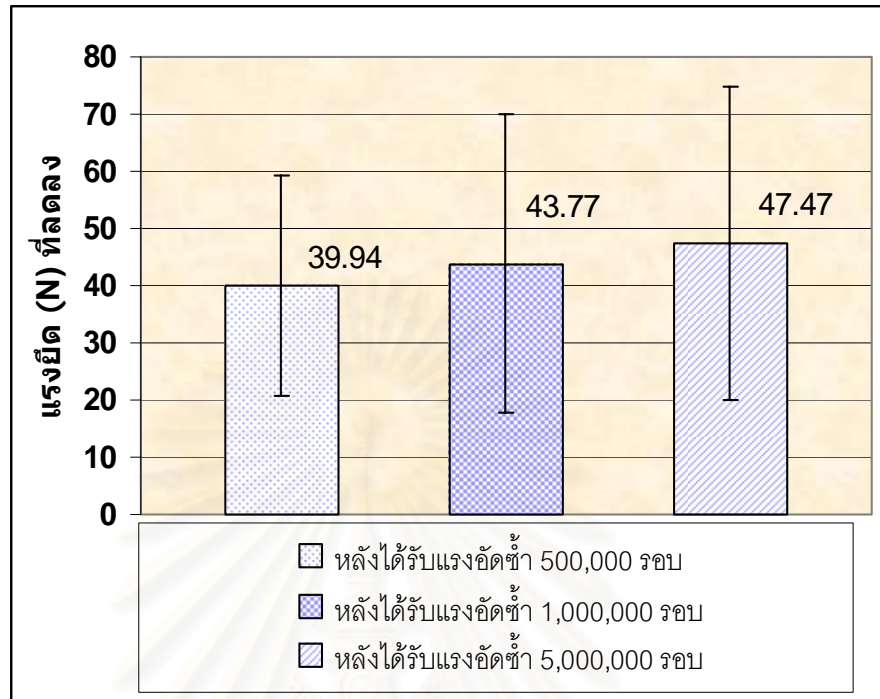
ในกลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบ (รูปที่ 44) พบว่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำมีค่าเท่ากับ 241.22 ± 17.15 N ภายหลังจากได้รับแรงอัดซ้ำแรงยึดมีค่าลดลงเหลือ 193.75 ± 20.16 N และภายหลังจากการยึดซ้ำพบว่าค่าแรงยึดมีค่าเท่ากับ 226.41 ± 22.12 N ซึ่งน้อยกว่าค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.067$)



รูปที่ 44 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบ

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำทั้ง 3 กลุ่ม (รูปที่ 45) พบว่าเมื่อให้แรงอัดซ้ำมากขึ้นแรงยึดก็จะลดลงมากขึ้นตามไปด้วย โดยที่ภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบค่าแรงยึดจะลดลง 39.94 ± 19.24 N หรือคิดเป็นร้อยละ 16.75 เมื่อได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบค่าแรงยึดจะลดลง 43.77 ± 26.07 N หรือคิดเป็นร้อยละ 18.73 และเมื่อได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบค่าแรงยึดจะลดลง 47.47 ± 27.44 N หรือคิดเป็นร้อยละ 19.68 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าแรงยึดที่ลดลงทั้ง 3 กลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.792$) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดซ้ำและแรงยึดที่ลดลงพบว่า $R = 0.119$ แสดงว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างแรงอัดซ้ำและแรงยึดที่ลดลงมีค่าต่ำมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 45 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวนต่างๆ

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การหลวมหลุดของครอบฟันที่ยึดด้วยซีเมนต์ชนิดชั่วคราวในระบบรากเทียมมักพบได้บ่อยในทางคลินิก ซึ่งแรงบดเคี้ยวเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่อาจส่งผลกระทบต่อการลดลงของแรงยึดดังกล่าวในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเลียนแบบแรงบดเคี้ยวโดยใช้แรงอัดซ้ำขนาด 20-130 นิวตันออกนอกแนวแกนรากเทียม 3 มม. แต่ยังคงขนานกับแนวแกนและให้แรงในลักษณะรูปไซน์กระทำต่อครอบฟันที่ยึดกับหลักยึดของรากเทียมด้วยซีเมนต์ชั่วคราว ทำการเปรียบเทียบแรงยึดของครอบฟันก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบซึ่งเทียบเท่ากับการใช้งานจริงในช่องปากเป็นเวลา 6 เดือน, 1 ปีและ 5 ปีตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าแรงยึดภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำทั้ง 3 กลุ่มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.000$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ ซึ่งอธิบายได้ว่าแรงอัดที่กระทำซ้ำๆต่อครอบฟันส่งผลต่อซีเมนต์ซึ่งอาจทำให้ซีเมนต์เกิดการความล้าหรือมีการแตกหักไปและทำให้แรงยึดลดลง

เมื่อพิจารณาค่าแรงยึดที่ไม่มีแรงอัดซ้ำมากระทำในงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตซึ่งใช้ซีเมนต์ชนิดเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้แต่ใช้หลักยึดที่ต่างกันพบว่าค่าแรงยึดเฉลี่ยในแต่ละการศึกษามีดังนี้คือ 75.56 นิวตัน (Kent และคณะ,1996) 110.74 นิวตัน (Kent และคณะ,1997) 67.13 นิวตัน (Clayton และคณะ, 1997) 138.87 นิวตัน (Ramp และคณะ,1999) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าแม้ค่าแรงยึดภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำจะมีค่าน้อยกว่าค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตามแต่ยังคงมีค่าที่สูงคือประมาณ 190 นิวตันในทุกกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในอดีต จึงอาจกล่าวได้ว่าแรงยึดภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำในการศึกษาครั้งนี้แม้จะมีค่าลดลงในทางสถิติแต่ถือว่ยังเป็นค่าที่สูงในทางคลินิก ปัจจัยที่ทำให้ค่าแรงยึดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมาในอดีตมากน่าจะเป็นเพราะขนาดของหลักยึดรากเทียมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งมีความสูงประมาณ 7 มม. ประกอบกับรูปร่างของหลักยึดซึ่งมีร่องในแนวขวางจำนวน 5 แนวและผนังด้านข้างกว่า 1 ใน 3 ของความสูงมีความขนานกันมากทำให้ช่วยเพิ่มการยึดอยู่ของซีเมนต์ให้ติดกับหลักยึดมากขึ้นนั่นเอง ในขณะที่หลักยึดที่ใช้ในการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นหลักยึดชนิดซีราวันในระบบเบรเนมาร์ค (Kent และคณะ,1996; Kent และคณะ,1997; Clayton และคณะ, 1997) ซึ่งมีความสูงของหลักยึดไม่เกิน 5 มม. และมีพื้นผิวเรียบ

เมื่อพิจารณาค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำทั้ง 3 กลุ่มคือ 500,000 รอบ, 1,000,000 รอบและ 5,000,000 รอบ พบว่าค่าแรงยึดลดลงร้อยละ 16.75 ,18.73 และ 19.68 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าแรงยึดที่ลดลงทั้ง 3 กลุ่มกลับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.792$) ค่าแรงยึดภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบมีค่าลดลงถึงร้อยละ 16.75 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ เมื่อเพิ่มจำนวนรอบอีก 500,000 รอบเป็น 1,000,000 รอบในกลุ่มที่สองค่าแรงยึดกลับลดลงมากขึ้นเพียงแค่อ้อยละ 1.98 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงยึดที่ลดลงในกลุ่มที่หนึ่ง (18.73 - 16.75) ขณะที่ในกลุ่มที่สามจำนวนรอบเพิ่มอีก 4,500,000 รอบเป็น 5,000,000 รอบแต่แรงยึดลดลงมากขึ้นเพียงแค่อ้อยละ 2.93 (19.68 - 16.75) แสดงให้เห็นว่าแรงยึดที่ลดลงอย่างมากภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำน่าจะเป็นผลเนื่องมาจากแรงอัดซ้ำในช่วงแรก (500,000 รอบ) ที่ให้กับชิ้นงาน หรืออาจกล่าวได้ว่าจำนวนรอบของแรงอัดซ้ำภายหลังผ่านจำนวน 500,000 รอบไปแล้ว (แต่ไม่เกิน 5,000,000 รอบ) ไม่สามารถทำให้ค่าแรงยึดลดลงได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสภาพความเป็นจริงในช่องปากยังมีปัจจัยภายนอกอื่นๆที่อาจส่งผลร่วมกันทำให้แรงยึดของซีเมนต์ลดลงได้มากกว่านี้ เช่น ความชื้นซึ่ง Millstein และคณะ (1991) พบว่ามีผลทำให้แรงยึดของซีเมนต์ชนิดนี้ (Temp-Bond[®]) ลดลงอย่างมากถ้าเก็บไว้ในภาชนะที่มีความชื้น 100 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามซีเมนต์ชนิดนี้มีการละลายสูงเมื่อสัมผัสกับความชื้นโดยตรง (Markowitz และคณะ, 1992) ดังนั้นขนาดของช่องว่าง (Gap) บริเวณขอบของครอบฟันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อการละลายของซีเมนต์ชนิดนี้เช่นกัน นอกจากนี้ภายใต้อุณหภูมิที่สูงขึ้นก็อาจทำให้ซีเมนต์มีกำลังความแข็งแรงที่ลดลงได้เช่นกัน (Mesu,1983)

ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อสังเกตคือเมื่อนำครอบฟันมายึดซ้ำพบว่าในกลุ่มที่สองค่าแรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงกลุ่มเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ แสดงให้เห็นว่ามีปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อแรงยึดที่ลดลงนี้ จากการศึกษาของ Yamashita และคณะ (1998) พบว่าแรงบิดเคี้ยวทำให้ครอบฟันเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (Deformation) และซีเมนต์ซึ่งกั้นระหว่างหลักยึดและครอบฟันจะทำหน้าที่ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำ อย่างไรก็ตามบางส่วนของครอบฟันอาจมีการสัมผัสกับหลักยึดโดยตรงโดยเฉพาะส่วนที่อยู่เหนือขอบของหลักยึดขึ้นไป 1 มม.ซึ่งไม่มีการทาไดยส์เพลเซอร์ ซึ่งในบริเวณนี้ซีเมนต์ที่กั้นระหว่างครอบฟันและหลักยึดจะมีความบางมาก นอกจากนี้ความหนาของโลหะในบริเวณนี้ก็ยิ่งน้อยกว่าในบริเวณอื่น ดังนั้นโอกาสที่ส่วนของครอบฟันในบริเวณนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดการบิดเบี้ยวจึงเป็นไปได้สูง รูปร่างของครอบฟันที่มีการเปลี่ยนแปลงไปภายหลังได้รับแรงจาก

การบดเคี้ยวนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แรงยึดภายหลังทำการยึดซ้ำมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าในกลุ่มที่สามซึ่งได้รับจำนวนแรงอัดซ้ำที่มากกว่ากลับมีค่าแรงยึดซ้ำที่ไม่แตกต่างจากค่าแรงยึดก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้กลับมีความขัดแย้งกับคำอธิบายนี้ อย่างไรก็ตามมีข้อที่น่าสังเกตคือ ในกลุ่มที่สองขึ้นครอบโลหะได้ผ่านการทดสอบมาแล้วในกลุ่มที่หนึ่ง ก่อนที่จะนำมาทดสอบต่อในกลุ่มที่สอง โดยก่อนทำการยึดซ้ำในกลุ่มที่สองพบว่าขึ้นทดสอบได้ผ่านการทดสอบแรงดึงมาแล้ว 5 ครั้ง ในขณะที่ขึ้นครอบโลหะในกลุ่มที่สามซึ่งเป็นขึ้นใหม่ โดยก่อนทำการยึดซ้ำในกลุ่มที่สาม ขึ้นทดสอบได้ผ่านการดึงมาแล้วเพียงแค่ 2 ครั้งซึ่งน้อยกว่าในกลุ่มที่สอง การนำขึ้นทดสอบมาทดสอบแรงดึงซ้ำๆหลายๆครั้งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าแรงยึดซ้ำที่ลดลงนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาค่าแรงยึดของแรงอัดซ้ำซึ่งเป็นการเลียนแบบแรงบิดเคี้ยวที่มีต่อค่าแรงยึดของซีเมนต์ชั่วคราวที่ใช้ในการยึดครอบกับหลักยึดของรากเทียมในครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ, 1,000,000 รอบ และ 5,000,000 รอบซึ่งเทียบเท่ากับการใช้งานในช่องปากประมาณ 6 เดือน, 1 ปี และ 5 ปีตามลำดับ โดยทำการวัดค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวนต่างๆ และนำค่าแรงยึดที่ได้มาเปรียบเทียบกัน นอกจากนี้ยังได้นำค่าแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไปทั้ง 3 กลุ่มมาเปรียบเทียบกันและหาความสัมพันธ์ของแรงอัดซ้ำกับค่าแรงยึดที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งได้ผลสรุปดังนี้

1. แรงอัดซ้ำขนาด 20-130 นิวตันที่ความถี่ 2 รอบ/วินาที ในลักษณะโค้งรูปไซน์แนวแรงออกนอกแกนรากเทียม 3 มม. แต่ยังคงขนานกับแนวแกนรากเทียม จำนวน 500,000 รอบ, 1,000,000 รอบ และ 5,000,000 รอบมีผลทำให้ค่าแรงยึดของซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ (Temp-Bond[®]) ที่ใช้ยึดครอบฟันโลหะกับหลักยึดรากเทียมชนิดเฮกซ์ลิ๊กในระบบพารากอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.000$)

2. ค่าแรงยึดลดลงคิดเป็นร้อยละ 16.75 , 18.73 และ 19.68 ภายหลังจากได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ, 1,000,000 รอบ และ 5,000,000 รอบตามลำดับแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.792$) เมื่อเปรียบเทียบกันในกลุ่มที่ได้รับแรงอัดซ้ำ

3. จำนวนแรงอัดซ้ำที่เพิ่มขึ้นและค่าแรงยึดที่ลดลงมีความสัมพันธ์กันน้อยมากในรูปเชิงเส้น ($R=0.119$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยภายนอกอย่างอื่นที่อาจมีผลต่อแรงยึดซีเมนต์ควบคู่ไปกับการศึกษาครั้งนี้ เช่น ความชื้นและอุณหภูมิ หรืออาจมีการทดสอบเพิ่มเติมภายใต้สภาวะที่ใกล้เคียงกับในช่องปาก ซึ่งจะทำได้ผลที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในช่องปาก

2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับหลักยึดระบบอื่นหรือหลักยึดขนาดต่างๆกัน หรือมีการเปรียบเทียบกับซีเมนต์ชนิดอื่น

3. ควรมีการเก็บข้อมูลจากการใช้งานจริงในคนไข้เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับการศึกษาครั้งนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- Adell, R., Eriksson, B., Lekholm, U., Brånemark, P. I., and Jemt, T. 1990. A long term follow up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 5: 347-359.
- Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., and Brånemark, P. I. 1981. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int. J. Oral Surg.* 10:387-416.
- ADA. 1978. *J. Am. Dent. Assoc.* 57:121-123.
- Anderson, D. J. 1956. Measurement of stress in mastication II. *J. Dent. Res.* 35: 671-674.
- Anderson, D. J., and Picton, D. C. A. 1957. Tooth contact during chewing. *J. Dent. Res.* 36:21-26.
- Anderson, D. J., and Picton, D. C. A. 1958. Masticatory stresses in normal and modified occlusion. *J. Dent. Res.* 37: 312-317.
- Andersson, B., Ödman, P., Carlsson, L., and Brånemark, P. I. 1992. A new Brånemark single tooth abutment: Handling and early clinical experiences. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 7: 105-111.
- Anusavice, K. J. 1996. *Phillips' science of dental materials*. 10th ed. Philadelphia: W.B. Saunders company.
- Ayad, M. F., Rosenstiel, S. F., and Woelfel, J. B. 1998. The effect of recementation on crown retention. *Int. J. Prosthodont.* 11: 177-182.
- Balshi, T. J., Hernandez, R. E., Pyszlak, M. C., and Rangert, B. 1996. A comparative study of one implant versus two replacing a single molar. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 11:372-378.
- Bates, J. F., Stafford, G. D., and Harrison, A. 1976. Masticatory function- A review of the literature III. Masticatory performance and efficiency. *J. Oral Rehabil.* 3: 57-67.
- Brånemark, P. I. 1985. Introduction to osseointegration. In P. I. Brånemark, G. A. Zarb, and T. Albrektsson (eds), *Tissue integrated prostheses*, pp. 11-76. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.

- Breeding, L. C., Dixon, D. L., Bogacki, M. T., and Tietge, J. D. 1992. Use of luting agents with an implant system: Part I. **J. Prosthet. Dent.** 68: 737-41.
- Brunski, J. B., and Skalak, R. 1998. Biomechanical considerations for craniofacial implants. In P. I. Brånemark, and D. E. Tolman (eds), **Osseointegration in craniofacial reconstruction**, pp. 25-35. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Callister, W. D. 2000. **Materials science and engineering : an introduction.** 5th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Campagni, W. V., Preston, J. D., and Reisback, M. H. 1982. Measurement of paint on die spacers for casting relief. **J. Prosthet. Dent.** 47: 606-611.
- Carlson, B., and Carlsson, G. E. 1994. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants** 9:90-94.
- Carter, G. M., Hunter, K. M., and Herbison, P. 1997. Factors influencing the retention of cemented implant-supported crowns. **New Zealand Dent. J.** 93:36-38.
- Clayton, G. H., Dricoll, C. F., and Hondrum, S. O. 1997. The effect of luting agents on the retention and marginal adaptation of the CeraOne implant system. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants** 12: 660-665.
- Covey, D. A., Kent, D. K., Germain, H. A., and Koka, S. 2000. Effect of abutment size and luting cement type on the uniaxial retention force of implant-supported crowns. **J. Prosthet. Dent.** 83: 344-348.
- Craig, R. G. 1997. **Restorative dental materials.** 10th edition. St. Louis: Mosby Year Book, Inc.
- Cranin, A. N., Rabkin, M. F., and Garfinkel, L. 1977. A statistical evaluation of 952 endosteal implants in humans. **J. Am. Dent. Assoc.** 94:315-20.
- Dixon, D. L., Breeding, L. C., and Lilly, K. R. 1992. Use of luting agents with an implant system: Part II. **J. Prosthet. Dent.** 68 :885-90.
- Eames, W. B., O'Neal, S. J., Monteiro, J., Miller, C., Roan, J. D., and Cohen, K. S. 1978. Techniques to improve the seating of castings. **J. Am. Dent. Assoc.** 96: 432-7.

- Ekfeldt, A., Carlsson, G. E., and Börjesson, G. 1994. Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: A retrospective study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 9:179-183.
- Felton, D. A., Kanoy, B. E., and White, J. T. 1987. Recementation of dental castings with zinc phosphate cement: effect on cement bond strength. *J. Prosthet. Dent.* 58: 579-83.
- Gegauff, A. G., and Rosenstiel, S. F. 1989. Reassessment of die spacer with dynamic loading during cementation. *J. Prosthet. Dent.* 61: 655-658.
- GPT-7. 1999. The glossary of prosthodontic terms. *J. Prosthet. Dent.* 81:48-110.
- Graf, H. 1969. Bruxism. *Dent. Clin. North Am.* 13: 659-665.
- Grajower, R., Zuberi, Y., and Lewinstien I. 1989. Improving the fit of crowns with die spacers. *J. Prosthet. Dent.* 61:555-563.
- Hebel, K. S., and Gajjar, R. C. 1997. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *J. Prosthet. Dent.* 77:28-35.
- Helkimo, E., and Ingervall, B. 1978. Bite force and functional state of the masticatory system in young men. *Swed. Dent. J.* 2:167-175.
- Hembree, J. H. Jr., and Cooper, E. W. Jr. 1979. Effect of die relief on retention of cast crowns and inlays. *Oper. Dent.* 4:104-107.
- ISO 3107. 1988. Dental zinc oxide/eugenol cements and zinc oxide non-eugenol cements.
- Jemt, T., Book, K. 1996. Prosthesis misfit and marginal bone loss in edentulous implant patients. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 11:413-422.
- Jemt, T., Lekholm, U., and Adell, R. 1989. Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous patients: A preliminary study on 876 consecutively placed fixtures. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 4:211-217.
- Jorgensen, K. D. 1955. The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontol. Scand.* 13: 35-40.
- Jorgensen, K. D. 1960. Factors affecting the film thickness of zinc phosphate cements. *Acta Odontol. Scand.* 18: 479--490.

- Jorgensen, K. D., and Petersen, G. F. 1963. The grain size of zinc phosphate cements. *Acta Odontol. Scand.* 21: 255-270.
- Kallus, T., and Bessing, C. 1994. Loose gold screws frequently occur in full-arch prostheses supported by osseointegrated implants after 5 years. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 9:169-178.
- Kent, D. K., KoKa, S., Banks, S. B., and Beatty, M. W. 1996. Factors influencing retention of a CeraOne gold cylinder. *Implant Dent.* 5: 96-99.
- Kent, D. K., Koka, S., and Froeschle, M. L. 1997. Retention of cemented implant-supported restorations . *J. Prosthodont.* 6: 193-196.
- Koka, S., Ewoldsen, N. O., Dana, C. L., and Beatty, M. W. 1995. The effect of cementing agent and technique on the retention of a CeraOne gold cylinder: a pilot study. *Implant Dent.* 4: 32-35.
- Lekholm, U., Gunne, J., Henry, P., Higuchi, K., Linden, U., Bergstrom, C., and Van Steenberghe, D. 1999. Survival of the Branemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 14:639-645.
- Lemons, J., and Natiella, J. 1986. Biomaterials, biocompatibility and peri-implant considerations. *Dent. Clin. North Am.* 30:4.
- Lindquist, L. W., Carisson, G. E., and Glanz, P. O. 1987. Rehabilitation of the edentulous mandible with a tissue-integrated fixed prosthesis: a six-year longitudinal study. *Quintessence Int.* 18:89-96.
- Markowitz, K., Moynihan, M., Liu, M., and Kim, S. 1992. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 73:729-737.
- McGlumphy, E. A., Mendel, D. A., and Holloway, J. A. 1998. Implant screw mechanics. *Dent. Clin. North Am.* 42:71-89.
- Mesu, F. P. 1983. The effect of temperature on the compressive and tensile strengths of cements. *J. Prosthet. Dent.* 49:59-62.
- Michalakis, K. X., Pissiotis, A. L., and Hirayama, H. 2000. Cement failure loads of 4 provisional luting agents used for the cementation of implant-supported fixed partial dentures. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 15:545-549.

- Millstein, P. L., Hazan, E., and Nathanson, D. 1991. Effect of aging on temporary cement retention in vitro. **J. Prosthet. Dent.** 65:768-771.
- Misch, C. E. 1999. **Contemporary implant dentistry**. 2nd ed. St. Louis: Mosby, Inc.
- Naert, I., Quirynen, M., Van Steenberghe, D., and Darius, P. 1992. A six years prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. **J. Prosthet. Dent.** 67:236-245.
- Øilo, G., and Evje, D. M. 1986. Film thickness of dental luting cements. **Dent. Mater.** 2:85-89.
- Øilo, G., and Jorgensen, K. D. 1978. The influence of surface roughness on the retentive ability of two dental luting cements. **J. Oral Rehabil.** 5: 377-89.
- Okeson, J. P. 1998. **Management of temporomandibular disorders and occlusion**. 4th edition. St. Louis: Mosby Year Book, Inc.
- Patterson, E. A., and Johns, R. B. 1992. Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants** 7:26-34.
- Passon, C., Lambert, R. H., Lambert, R. L., and Newman, S. 1992. The effect of multiple layers of die spacer on crown retention. **Oper. Dent.** 17:42-9.
- Pilo, R., Cardash, H. S., Baharav, H., and Helft, M. 1988. Incomplete seating of cemented crowns: a literature review. **J. Prosthet. Dent.** 59:429-433.
- Ramp, M. H., Dixon, D. L., Ramp, L. C., Breeding, L. C., and Barber, L. L. 1999. Tensile bond strengths of provisional luting agents used with an implant system. **J. Prosthet. Dent.** 81: 510-4.
- Rangert, B., Gunne, J., and Sullivan, D. Y. 1991. Mechanical aspects of a Brånemark implant connected to a natural tooth: an in vivo study. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants** 6:177-186.
- Rangert, B., Jemt, T., and Jörneus, L. 1989. Forces and moments on Brånemark implants. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants** 4:241-247.
- Schmitt, A., and Zarb, G. A. 1993. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants for single-tooth replacement. **Int. J. Prosthodont.** 6:197-202.

- Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., and Brackett, S. E. 1997. **Fundamentals of fixed prosthodontics**. 3th edition. Chicago: Quintessence Publishing Co., Inc.
- Shulman, L. B., and Driskell, T. D. 1997. Dental implants: A historical perspective. In M. S. Block, J. N. Kent, and L. R. Guerra (eds), **Implants in dentistry: Essentials of endosseous implants for maxillofacial reconstruction**, pp. 2-9. Philadelphia: W.B. Saunders Co.
- Singer, A., and Serfaty, V. 1996. Cement-retained implant-supported fixed partial dentures: A 6-month to 3-year follow up. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**. 11:645-649.
- Skalak, R. 1985. Aspects of biomechanical considerations. In P. I. Brånemark, G. A. Zarb, and T. Albrektsson (eds), **Tissue integrated prostheses**, pp. 117-128. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Suit, S. R., Gibbs, C. H., and Benz, S. T. 1975. Study of gliding tooth contacts during mastication. **J. Periodontol**. 47:331-334.
- Taylor, T. D., and Agar, J. R. 2002. Twenty years of progress in implant prosthodontics. **J. Prosthet. Dent**. 88:89-95.
- Van Steenberghe, D., Lekholm, U., Bolender, C., Folmer, T., Henry, P., Herrmann, I., Higuchi, K., Laney, W., Linden, U., and Astrand, D. 1990. Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants** 5:272-281.
- Vermilyea, S. G., Kuffler, M. J., and Huget, E. F. 1983. The effects of die relief agent on the retention of full-coverage castings. **J. Prosthet. Dent**. 50: 207-10.
- Wilson, P. R. 1993. The effect of die spacing on crown deformation and seating time. **Int. J. Prosthodont**. 6:397-401.
- Windeler, A. S. 1979. Powder enrichment effects on film thickness of zinc phosphate cement. **J. Prosthet. Dent**. 42: 299-304.
- Yamashita, J., Shiozawa, I., Takakuda, K., and Miyairi, H. 1998. Deformation of restoration and fracture of luting cement film. **J. Dent**. 26:459-466.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3 แสดงค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ

Specimen No.	Retentive force (N)		
	ก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ	หลังได้รับแรงอัดซ้ำ 500,000 รอบ	หลังทำการยึดซ้ำ
1	230.8	175.2	232.4
2	227.5	201.9	219.3
3	210.5	177.2	210.0
4	255.1	219.4	257.9
5	218.2	173.2	209.7
6	228.0	199.9	258.6
7	225.8	203.5	229.2
8	257.0	171.7	221.9
9	259.0	235.3	242.6
10	272.1	227.3	255.3
Mean	238.40	198.46	233.69
±	±	±	±
SD	20.5881	23.6030	19.0253

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ	หลังได้รับแรงอัดซ้ำ 500,000 รอบ	หลังทำการยึดซ้ำ
N		10	10	10
Normal Parameters	Mean	238.4000	198.4600	233.6900
	Std. Deviation	20.5881	23.6030	19.0253
Most Extreme Differences	Absolute	.244	.216	.172
	Positive	.244	.216	.132
	Negative	-.191	-.128	-.172
Kolmogorov-Smirnov Z		.772	.683	.544
Asymp. Sig. (2-tailed)		.591	.739	.929

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

สถิติทดสอบ Paired samples t-test (SPSS 10.0)

เปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 500,000 รอบ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	before 500,000	238.4000	10	20.5881	6.5105
	after 500,000	198.4600	10	23.6030	7.4639
Pair 2	before 500,000	238.4000	10	20.5881	6.5105
	recementation	233.6900	10	19.0253	6.0163
Pair 3	after 500,000	198.4600	10	23.6030	7.4639
	recementation	233.6900	10	19.0253	6.0163

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	before 500,000 & after 500,000	10	.628	.052
Pair 2	before 500,000 & recementation	10	.626	.053
Pair 3	after 500,000 & recementation	10	.712	.021

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before 500,000 - after 500,000	39.9400	19.2492	6.0871	26.1700	53.7100	6.561	9	.000
Pair 2	before 500,000 - recementation	4.7100	17.1899	5.4359	-7.5869	17.0069	.866	9	.409
Pair 3	after 500,000 - recementation	-35.2300	16.7230	5.2883	-47.1929	-23.2671	-6.662	9	.000

ตารางที่ 4 แสดงค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบ

Specimen No.	Retentive force (N)		
	ก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ	หลังได้รับแรงอัดซ้ำ 1,000,000 รอบ	หลังทำการยึดซ้ำ
1	232.4	221.7	229.0
2	219.3	195.8	213.4
3	210.0	176.8	209.3
4	257.9	221.9	248.4
5	209.7	153.6	199.5
6	258.6	167.3	229.3
7	229.2	194.6	215.8
8	221.9	170.8	201.8
9	242.6	222.0	228.5
10	255.3	174.7	259.4
Mean	233.69	189.92	223.44
± SD	± 19.0253	± 25.2068	± 19.4580

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ	หลังได้รับแรงอัดซ้ำ 1,000,000 รอบ	หลังทำการยึดซ้ำ
N		10	10	10
Normal Parameters	Mean	233.6900	189.9200	223.4400
	Std. Deviation	19.0253	25.2068	19.4579
Most Extreme Differences	Absolute	.172	.199	.182
	Positive	.132	.199	.182
	Negative	-.172	-.196	-.109
Kolmogorov-Smirnov Z		.544	.628	.574
Asymp. Sig. (2-tailed)		.929	.825	.896

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

สถิติทดสอบ Paired samples t-test (SPSS 10.0)

เปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 1,000,000 รอบ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	before 1,000,000	233.6900	10	19.0253	6.0163
	after 1,000,000	189.9200	10	25.2068	7.9711
Pair 2	before 1,000,000	233.6900	10	19.0253	6.0163
	recementation	223.4400	10	19.4579	6.1531
Pair 3	after 1,000,000	189.9200	10	25.2068	7.9711
	recementation	223.4400	10	19.4579	6.1531

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	before 1,000,000 & after 1,000,000	10	.331	.350
Pair 2	before 1,000,000 & recementation	10	.873	.001
Pair 3	after 1,000,000 & recementation	10	.415	.233

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before 1,000,000 - after 1,000,000	43.7700	26.0743	8.2454	25.1175	62.4225	5.308	9	.000
Pair 2	before 1,000,000 - recementation	10.2500	9.7080	3.0699	3.3053	17.1947	3.339	9	.009
Pair 3	after 1,000,000 - recementation	-33.5200	24.6379	7.7912	-51.1449	-15.8951	-4.302	9	.002

ตารางที่ 5 แสดงค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบ

Specimen No.	Retentive force (N)		
	ก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ	หลังได้รับแรงอัดซ้ำ 5,000,000 รอบ	หลังทำการยึดซ้ำ
11	266.4	205.0	219.8
12	223.8	170.1	204.3
13	229.6	211.6	192.1
14	242.4	234.1	250.2
15	242.0	194.9	207.1
16	255.7	187.4	226.6
17	254.0	176.1	240.6
18	209.8	204.3	216.7
19	254.1	175.9	251.2
20	234.4	178.1	255.5
Mean	241.22	193.75	226.41
±	±	±	±
SD	17.1501	20.1678	22.1234

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ก่อนได้รับแรงอัดซ้ำ	หลังได้รับแรงอัดซ้ำ 5,000,000 รอบ	หลังทำการยึดซ้ำ
N		10	10	10
Normal Parameters	Mean	241.2200	193.7500	226.4100
	Std. Deviation	17.1501	20.1678	22.1234
Most Extreme Differences	Absolute	.172	.181	.159
	Positive	.099	.181	.117
	Negative	-.172	-.120	-.159
Kolmogorov-Smirnov Z		.544	.573	.502
Asymp. Sig. (2-tailed)		.929	.898	.962

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

สถิติทดสอบ Paired samples t-test (SPSS 10.0)

เปรียบเทียบค่าแรงยึดก่อนและหลังได้รับแรงอัดซ้ำจำนวน 5,000,000 รอบ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	before 5,000,000	241.2200	10	17.1501	5.4233
	after 5,000,000	193.7500	10	20.1678	6.3776
Pair 2	before 5,000,000	241.2200	10	17.1501	5.4233
	recementation	226.4100	10	22.1234	6.9960
Pair 3	after 5,000,000	193.7500	10	20.1678	6.3776
	recementation	226.4100	10	22.1234	6.9960

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	before 5,000,000 & after 5,000,000	10	-.076	.835
Pair 2	before 5,000,000 & recementation	10	.363	.302
Pair 3	after 5,000,000 & recementation	10	-.119	.743

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before 5,000,000 - after 5,000,000	47.4700	27.4457	8.6791	27.8365	67.1035	5.469	9	.000
Pair 2	before 5,000,000 - recementation	14.8100	22.5368	7.1267	-1.3118	30.9318	2.078	9	.067
Pair 3	after 5,000,000 - recementation	-32.6600	31.6609	10.0121	-55.3089	-10.0111	-3.262	9	.010

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำที่จำนวนรอบต่างๆ

Specimen No.	ปริมาณแรงยึด(N) ที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำ		
	500,000 รอบ	1,000,000 รอบ	5,000,000 รอบ
1	55.60	10.70	61.40
2	25.60	23.50	53.70
3	33.30	33.20	18.00
4	35.70	36.00	8.30
5	45.00	56.10	47.10
6	28.10	91.30	68.30
7	22.30	34.60	77.90
8	85.30	51.10	5.50
9	23.70	20.60	78.20
10	44.80	80.60	56.30
Mean	39.94	43.77	47.47
±	±	±	±
SD	19.2492	26.0743	27.4458

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		500,000 รอบ	1,000,000 รอบ	5,000,000 รอบ
N		10	10	10
Normal Parameters	Mean	39.9400	43.7700	47.4700
	Std. Deviation	19.2492	26.0743	27.4457
Most Extreme	Absolute	.196	.217	.195
Differences	Positive	.196	.217	.159
	Negative	-.180	-.121	-.195
Kolmogorov-Smirnov Z		.621	.687	.615
Asymp. Sig. (2-tailed)		.836	.733	.843

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

สถิติทดสอบ One way ANOVA (SPSS 10.0)

เปรียบเทียบค่าแรงยึดที่ลดลงภายหลังได้รับแรงอัดซ้ำที่จำนวนรอบต่างๆ

Test of Homogeneity of Variances

แรงยึดที่ลดลง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.995	2	27	.383

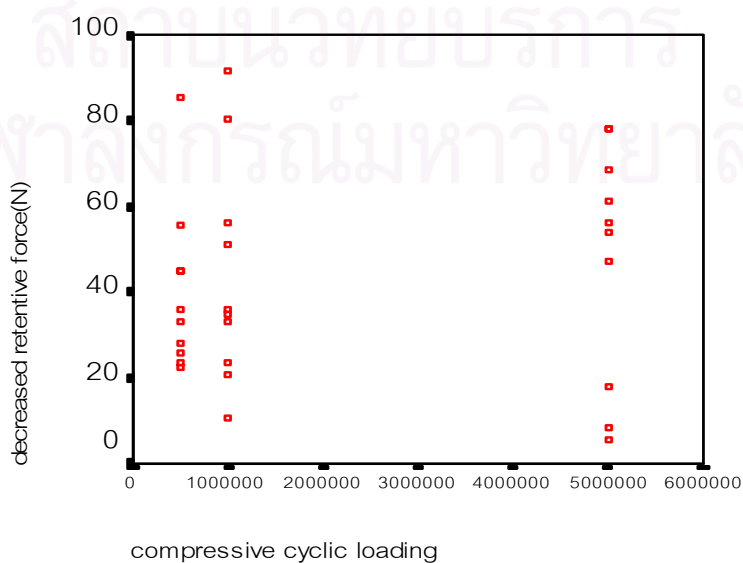
ANOVA

แรงยึดที่ลดลง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	283.533	2	141.766	.236	.792
Within Groups	16233.046	27	601.224		
Total	16516.579	29			

สถิติทดสอบ Pearson Correlation Coefficient (SPSS 10.0)

		จำนวนรอบของแรงอัดซ้ำ	แรงยึดที่ลดลง(N)
จำนวนรอบของแรงอัดซ้ำ	Pearson Correlation	1.000	.119
	Sig. (2-tailed)	.	.531
	N	30	30
แรงยึดที่ลดลง(N)	Pearson Correlation	.119	1.000
	Sig. (2-tailed)	.531	.
	N	30	30



ภาคผนวก ข.

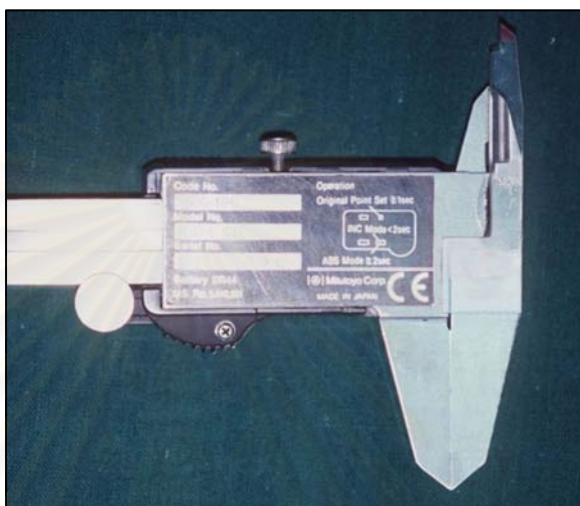
การตรวจทาน(Calibration)เครื่องมือให้แรงอัดซ้ำ

ในการทดลองครั้งนี้มีการออกแบบเครื่องมือเพื่อให้สามารถให้แรงอัดซ้ำกับชิ้นทดสอบได้พร้อมๆกันครั้งละ 10 ชิ้นโดยให้แรงอัดรวมเท่ากับ 200-1,300 N เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าแรงอัดทั้ง 10 ตำแหน่งจึงได้มีการหาขนาดแรงในแต่ละตำแหน่งของหัวกดโดยวัดความสูงของสปริงที่หดสั้นลงเมื่อให้แรงอัดรวมที่ 200 N และ 1,300 N(รูปที่ 46) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสูงของสปริงคือเวอร์เนียแบบดิจิตอล³⁵ซึ่งทำการดัดแปลงเพื่อให้สามารถเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความสูง(Height gauge)ได้ (รูปที่47) ทำการวัดความสูงของสปริงทุกตัวก่อนให้แรงอัด จากนั้นทำการวัดความสูงของสปริงอีกครั้งเมื่อให้แรงอัดขนาด 200 N และ 1,300 N(รูปที่ 48)ตามลำดับ นำค่าความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปของสปริงแต่ละตัวมาคำนวณหาค่าแรงจากสูตร $F = ks$ โดยที่ F = แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน(N), k = ค่าคงที่ของสปริงมีหน่วยเป็นนิวตันต่อมิลลิเมตร(N/mm.) และ s = ระยะของสปริงที่เปลี่ยนแปลงไปมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร(mm.)



รูปที่ 46 แสดงการใช้สปริงในการวัดแรงอัดในแต่ละตำแหน่งของหัวกด

ผลจากการวัดและคำนวณทำให้ทราบแรงอัดในแต่ละตำแหน่ง(ตารางที่ 7) เมื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ One sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าแรงอัดในแต่ละตำแหน่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่ 20 N ($P=0.244$) และ 130 N($P=0.863$) เมื่อให้แรงอัดรวม 200 N และ 1,300 N ตามลำดับ



รูปที่ 47 เวอร์เนียแบบดิจิตอลซึ่งนำมาใช้เป็นเครื่องมือวัดความสูงสปริง



รูปที่ 48 แสดงการวัดความสูงของสปริง

ตารางที่ 7 แสดงค่าแรงอัดในแต่ละตำแหน่งโดยคำนวณจากระยะสปริงที่เปลี่ยนแปลง

ตำแหน่ง ที่	ค่าคงที่ ของสปริง (N/mm)	ความสูงของ สปริงก่อน ให้แรงกด (mm)	ความสูงของ สปริงหลังกด ด้วยแรง 200 N (mm)	ความสูงของ สปริงหลังกด ด้วยแรง 1300 N (mm)	ปริมาณ แรงแต่ละ ตำแหน่ง เมื่อกด 200 N (N)	ปริมาณ แรงแต่ละ ตำแหน่ง เมื่อกด 1300 N (N)
1	10.12	35.66	33.69	22.91	19.94	129.03
2	10.12	35.47	33.41	22.62	20.85	130.04
3	10.12	35.20	33.10	22.26	21.25	130.95
4	10.12	35.55	33.51	22.60	20.64	131.05
5	10.12	34.70	32.72	21.94	20.04	129.13
6	10.12	34.75	32.70	21.82	20.75	130.85
7	10.12	34.82	32.90	22.08	19.43	128.93
8	10.12	35.11	33.18	22.34	19.53	129.23
9	10.12	36.55	34.47	23.51	21.05	131.96
10	10.12	34.38	32.47	21.59	19.33	129.43

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	ปริมาณแรงแต่ละตำแหน่ง เมื่อกด 200 N	ปริมาณแรงแต่ละตำแหน่ง เมื่อกด 1300 N
N	10	10
Normal Parameters	Mean	20.2810
	Std. Deviation	.7126
Most Extreme Differences	Absolute	.193
	Positive	.154
	Negative	-.193
Kolmogorov-Smirnov Z	.610	.702
Asymp. Sig. (2-tailed)	.851	.707

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

สถิติทดสอบ One samples t-test (SPSS 10.0)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ปริมาณแรงแต่ละตำแหน่ง เมื่อกด 200 N	10	20.2810	.7126	.2253

One-Sample Test

	Test Value = 20					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ปริมาณแรงแต่ละ ตำแหน่งเมื่อกด 200 N	1.247	9	.244	.2810	-.2287	.7907

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ปริมาณแรงแต่ละตำแหน่ง เมื่อกด 1300 N	10	130.0600	1.0695	.3382

One-Sample Test

	Test Value = 130					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ปริมาณแรงแต่ละ ตำแหน่งเมื่อกด 1300 N	.177	9	.863	6.000E-02	-.7051	.8251

ภาคผนวก ค.

ผลการศึกษานำร่อง(Pilot study)

ในการทดลองครั้งนี้ได้มีการศึกษานำร่องเพื่อพิสูจน์ว่าการนำชิ้นงานมาทำความสะอาดด้วยวิธีที่กล่าวไปแล้วในวิธีการทดลองจะให้ค่าแรงยึดที่แตกต่างกันจากการยึดในครั้งแรกหรือไม่ ซึ่งจากการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 8 หลังจากทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired samples t-test พบว่าการนำชิ้นงานมาทำความสะอาดและทำการยึดซ้ำใหม่ให้แรงยึดที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเดิม($P=0.926$)

ตารางที่ 8 แสดงค่าแรงยึดเริ่มแรกและภายหลังการยึดซ้ำ

Specimen No.	Retentive force (N)	
	แรงยึดเริ่มแรก	ภายหลังการยึดซ้ำ
1	249.8	230.8
2	252.2	227.5
3	210.4	210.5
4	242.2	255.1
5	201.6	218.2
6	246.5	228.0
7	245.9	225.8
8	243.6	257.0
9	246.2	259.0
10	239.6	272.1
Mean	237.80	238.40
± SD	± 17.2584	± 20.5881

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		แรงยึดเริ่มแรก	ภายหลังการยึดซ้ำ
N		10	10
Normal Parameters	Mean	237.8000	238.4000
	Std. Deviation	17.2584	20.5881
Most Extreme Differences	Absolute	.342	.244
	Positive	.202	.244
	Negative	-.342	-.191
Kolmogorov-Smirnov Z		1.080	.772
Asymp. Sig. (2-tailed)		.194	.591

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

สถิติทดสอบ Paired samples t-test (SPSS 10.0)

เปรียบเทียบค่าแรงยึดเริ่มแรกและภายหลังการยึดซ้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	0 cycle	237.8000	10	17.2584	5.4576
	recementation	238.4000	10	20.5881	6.5105

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	0 cycle & recementation	10	.460	.181

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 0 cycle - recementation	-.6000	19.8757	6.2852	-14.8182	13.6182	-.095	9	.926

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจักรี องค์กรเยี่ยมศักดิ์ เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อ พ.ศ. 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2543 ปัจจุบันรับราชการที่ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย