

ผลของความหนาของซีเมนต์ต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบพื้นบน
รากเทียมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึดหลังการให้แรงความล้า



นางสาว สุนีย์ วงศาศิรินาท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาลัทธิสุตรวินยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3097-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF CEMENT THICKNESS ON RETENTIVE STRENGTH OF CEMENT-RETAINED
IMPLANT SUPPORTED RESTORATION AFTER CYCLIC LOADING

Miss Sunee Wongsasirinat

สถาบันวิทยบริการ

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 2002

ISBN 974-17-3097-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของความหนาของซีเมนต์ต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบ พื้นบนรากเทียมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึดหลังการให้แรงความล้า
โดย	นางสาว สุนีย์ วงศาศิรินาท
ภาควิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ทันตแพทย์ รุจ จำเดิมแผด็จศึก
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ สถาพร สุปรีชากร

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบุญ บุรณเวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ทันตแพทย์ รุจ จำเดิมแผด็จศึก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ สถาพร สุปรีชากร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุนทรา พันธุ์เกียรติ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สรรพพัชญ์ นามะโน)

สุนีย์ วงศาศิรินาท : ผลของความหนาของซีเมนต์ต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันบนราก
เทียมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึดหลังการให้แรงความล้า (THE EFFECT OF CEMENT THICKNESS ON
RETENTIVE STRENGTH OF CEMENT-RETAINED IMPLANT SUPPORTED RESTORATION
AFTER CYCLIC LOADING)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ทันตแพทย์ รุจ จำเดิมแผด็จศึก , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์
สถาพร สุปรีชากร, 78 หน้า.

ISBN 974-17-3097-7

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมเมื่อใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ระดับต่างๆ(25, 50, 75 และ 100 ไมโครเมตร) และศึกษาผลของการให้แรงความล้าที่มีต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟัน โดยทำการวัดขนาดฟันหลักรากเทียมระบบแองโกลอสด้วยเครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ จำลองและออกแบบฟันหลักและครอบฟันด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วทำการกลึงฟันหลักจำลองและครอบฟันจำนวนกลุ่มละ 10 ซีน กำหนดขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ภายในครอบฟันด้วยการกัดกร่อนผิวภายในด้วยไฟฟ้า ทำให้เกิดความแม่นยำในการเตรียมช่องว่าง ทำความสะอาดครอบฟันและฟันหลักที่ยึดในกล่องอะคริลิกในลักษณะตั้งฉากในน้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์และน้ำกลั่นในเครื่องอัลตราโซนิกแล้วเป่าแห้ง ทำการยึดครอบฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ตามอัตราส่วนบริษัทผู้ผลิตทั้ง 10 คู่ จากนั้นแช่ชิ้นงานในน้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ด้วยเครื่องลดยืดอินสตรูเมนต์ ทดสอบข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว พบว่ากลุ่มช่องว่างขนาด 25 ไมโครเมตรให้แรงยึดอยู่สูงสุดคือ 1334.1 นิวตัน กลุ่มช่องว่างขนาด 100 ไมโครเมตรให้แรงยึดอยู่ต่ำสุดคือ 1303 นิวตัน แต่ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างของค่าแรงยึดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นนำฟันหลักและครอบฟันมาทำความสะอาดและยึดด้วยซีเมนต์ซ้ำเก็บในน้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำเข้าเครื่องให้แรงความล้า ขนาดแรง 288 นิวตัน ความถี่ 0.5 รอบต่อวินาที จำนวน 750,000 รอบ ทุกกลุ่ม แล้วทำการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่ากลุ่มช่องว่างขนาด 100 ไมโครเมตรให้แรงยึดอยู่ต่ำสุดและต่ำกว่าขนาดช่องว่าง 25, 50 และ 75 ไมโครเมตร อย่างมีนัยสำคัญ และเปรียบเทียบค่าแรงยึดกับก่อนรับแรงระหว่างกลุ่มขนาดช่องว่างเดียวกัน พบว่ากลุ่มขนาดช่องว่าง 100 ไมโครเมตร มีค่าแรงยึดอยู่ลดน้อยลงกว่าก่อนรับแรงอย่างมีนัยสำคัญเพียงกลุ่มเดียว

ภาควิชา.....ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ.....
สาขาวิชา.....ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4376117832 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORD : CEMENT THICKNESS / RETENTIVE STRENGTH / CEMENT-RETAINED IMPLANTED
 SUNEI WONGSASIRINAT: THE EFFECT OF CEMENT THICKNESS ON RETENTIVE
 STRENGTH OF CEMENT-RETAINED IMPLANT SUPPORTED RESTORATION AFTER
 CYCLIC LOADING
 THESIS ADVISOR:ROOT CHUMDERMPAETSUK
 THESIS COADVISOR:ASSOCIATE PROFESSOR SATAPORN SUPRECHAKORN, 78pp.
 ISBN 974-17-3097-7

The purpose of this study was to evaluate the effect of cement thickness on retentive strength of cement-retained implant supported restoration before and after cyclic loading. Duplicated abutments (Ankylos Balance Suprastructure System; Straight posterior version) were fabricated using the Computer Numerical Control machine. Different internal space (representing four cement thickness of 25,50,75 and 100 micron) was prepared inside each crown by method of spark EDM for the accuracy of cement space. All specimens were luted with zinc phosphate cement and then stored in distilled water 37 °c for 24 hours prior to testing. The retentive bond strength (RBS) was determined using Lloyd testing instrument. ANOVA and Turkey's statistical analysis were performed at $p < 0.05$. The result indicated that there was no significant difference in RBS in any tested group. In the second part of the experiment, specimens were subjected to cyclic load with loading force of 288 N, frequency 0.5 HZ. for 750,000 cycles. Specimens in each group were cleaned, recemented with zinc phosphate cement and stored in distilled water 37 °c for 24 hours prior to testing. Specimens were then installed in customized cyclic loading machine. The RBS was determined and analyzed at $p < 0.05$. The result indicated that only Group 4 (100 micron) showed significantly lower RBS than other groups after receiving cyclic load. When non-cyclic and cyclic RBS was analyzed, group 4 was the only group that showed significantly lower cyclic RBS than non-cyclic RBS.

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

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

Academic year.....2002.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จากความช่วยเหลือ คุณดูแลเอาใจใส่และให้กำลังใจ เป็นอย่างดีจากอาจารย์ ทันตแพทย์ รุจ จำเดิมแผด็จศึก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ สถาพร สุปรีชากร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านที่ได้กรุณาสละเวลาอัน มีค่าในการให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ทำให้การดำเนินงานในขั้นตอนต่าง ๆ มีความสะดวกราบรื่นและมีประสิทธิภาพตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมและพัฒนาการผลิตอุตสาหกรรม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ในศูนย์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวก และช่วยขึ้นรูปกลึงชิ้นงานครอบฟันและฟันหลักรากเทียมให้ ขอขอบคุณบริษัททันตสยาม จำกัด ที่ช่วยนำเข้าและเอื้อเฟื้อน้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์ บริษัทยูนิดีเด็นทัล จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุ อะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ รวมถึงอาจารย์ ไพพรรณ วิทยานนท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางสถิติ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์ทันตวัสดุและศูนย์วิจัยชีววิทยาช่อง ปากที่ได้อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและสำเร็จลุล่วง

สุนีย์ วงศาศิรินาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ข้อจำกัดการวิจัย.....	5
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
สมมุติฐานการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
ปัญหาการวิจัย.....	7
การออกแบบการวิจัย.....	7
2. ปรัชญาทฤษฎี.....	8
กลไกการยึดติดด้วยซีเมนต์.....	8
กลไกการยึดติดด้วยสกรู.....	13
คุณสมบัติของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์.....	17
การศึกษาถึงผลของสารคั่นแบบ.....	19
แรงจากการบิดเคี้ยว.....	24
การทดสอบความล้าโดยการให้แรงเป็นรอบ.....	26
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	28
การเตรียมชิ้นงานในการทดสอบ.....	29
ขั้นตอนการเตรียมพื้นหลักรากเทียมจำลอง.....	29
ขั้นตอนการเตรียมครอบฟันจำลอง.....	30
ขั้นตอนการฝังยึดรากเทียมจำลองในกล่องอะคริลิก.....	32
ขั้นตอนการทำความสะอาด การยึดครอบฟันบนพื้นหลักจำลองด้วยซีเมนต์...34	34
ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของการยึดอยู่.....	37
ขั้นตอนการทดสอบด้วยการให้แรงความล้า.....	38
ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4. ผลการทดลอง.....	44
ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ก่อนผ่านการรับแรงความล้า.....	44
ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่หลังผ่านการรับแรงความล้า.....	46
5. บทวิจารณ์ และข้อเสนอแนะ.....	52
วิจารณ์วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	52
วิจารณ์ผลการทดลอง.....	54
ข้อเสนอแนะ.....	59
6. สรุปผลการวิจัย.....	61
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	78

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์.....	17
ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์.....	18
ตารางที่ 3 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆก่อนผ่านการรับแรงความล้า.....	44
ตารางที่ 4 แสดงการแบ่งกลุ่มการเปรียบเทียบเชิงซ้อนปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับ ซีเมนต์ก่อนผ่านการรับแรงความล้า.....	46
ตารางที่ 5 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆหลังผ่านการรับแรงความล้า.....	46
ตารางที่ 6 แสดงการแบ่งกลุ่มการเปรียบเทียบเชิงซ้อนปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับ ซีเมนต์หลังผ่านการรับแรงความล้า.....	48
ตารางที่ 7 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากขนาด ช่องว่างสำหรับซีเมนต์ต่างๆ ก่อนผ่านการรับแรงความล้า.....	70
ตารางที่ 8 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากขนาด ช่องว่างสำหรับซีเมนต์ต่างๆ หลังผ่านการรับแรงความล้า.....	71
ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลค่าความแข็งแรงในการ ยึดอยู่ก่อนผ่านการรับแรงความล้า.....	72
ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.....	72
ตารางที่ 11 แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว.....	72
ตารางที่ 12 แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลค่าความแข็งแรงในการ ยึดอยู่หลังผ่านการรับแรงความล้า.....	73
ตารางที่ 13 แสดงการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.....	73
ตารางที่ 14 แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว.....	73
ตารางที่ 15 แสดงการทดสอบข้อมูลหลังการรับแรงความล้าด้วยการเปรียบเทียบ เชิงซ้อนแบบทูกี.....	74

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่16 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้า ด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร แบบจับคู่ กลุ่ม 25 ไมโครเมตร.....	75
ตารางที่17 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้า ด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร แบบจับคู่ กลุ่ม 50 ไมโครเมตร.....	75
ตารางที่18 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้า ด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร แบบจับคู่ กลุ่ม 75 ไมโครเมตร.....	76
ตารางที่19 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้า ด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร แบบจับคู่ กลุ่ม 100 ไมโครเมตร.....	76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ผกผันระหว่างการยึดอยู่และความสอของพื้นหลัก.....	9
รูปที่ 2 กลศาสตร์ของการยึดติดด้วยสกรู แสดงถึงแรงและแขนของโมเมนต์.....	13
รูปที่ 3 แสดงช่องว่างบริเวณชิ้นงานโลหะเหวี่ยงและรากเทียมชนิดยึดด้วยสกรูหลายซี่...	14
รูปที่ 4 ชิ้นงานโลหะเหวี่ยงแบบสนิทบนพื้นหลักชนิดยึดด้วยซีเมนต์หลายซี่.....	15
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มซีเมนต์และการยึดอยู่.....	21
รูปที่ 6 แสดงความแตกต่างทางสถิติของค่าแรงยึดที่สัมพันธ์กับขนาดช่องว่าง สำหรับซีเมนต์และการทำเทอร์โมไซคลิง.....	22
รูปที่ 7 เครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจคเตอร์.....	29
รูปที่ 8 รูปร่างและขนาดของแบบจำลองพื้นหลักรากเทียมต่อเนื่องไปกับรากเทียม จำลองเป็นชิ้นเดียวกัน.....	30
รูปที่ 9 รูปร่างและขนาดของแบบจำลองครอบฟันบนพื้นหลักรากเทียม.....	31
รูปที่ 10 แสดงการสวมครอบฟันได้สนิทบนพื้นหลักรากเทียมจำลอง.....	31
รูปที่ 11 แสดงแท่นฐานของเบ้าโลหะสำหรับหล่อกล่องอะคริลิก มีช่องสำหรับ ส่วนหัวของพื้นหลักรากเทียมจำลองฝังอยู่บริเวณฐาน.....	32
รูปที่ 12 เบ้าโลหะสำหรับหล่อยึดรากเทียมจำลองให้ฝังอยู่ในกล่องอะคริลิก ในลักษณะถอดชิ้นส่วนประกอบได้ มีส่วนหัวของพื้นหลักรากเทียมจำลอง ฝังอยู่บริเวณฐาน.....	32
รูปที่ 13 เบ้าโลหะสำหรับหล่อยึดรากเทียมจำลองให้ฝังอยู่ในกล่องอะคริลิก ในลักษณะประกอบแล้ว.....	33
รูปที่ 14 หม้ออัดความดัน.....	33
รูปที่ 15 กล่องอะคริลิกในหม้ออัดความดัน.....	33
รูปที่ 16 กล่องอะคริลิกที่โพลีเมอร์ไรเซชันสมบูรณ์แล้วสามารถถอดออกได้จาก แบบหล่อ.....	34
รูปที่ 17 กล่องอะคริลิกที่ฝังรากเทียมจำลองทั้ง 10 ชิ้นในลักษณะตั้งฉาก.....	34
รูปที่ 18 เครื่องอัลตราโซนิก.....	35
รูปที่ 19 น้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์.....	35
รูปที่ 20 ชั่งปริมาณผงซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์บนเครื่องชั่งดิจิตอล.....	36
รูปที่ 21 กดชิ้นงานที่ยึดติดด้วยซีเมนต์แล้วด้วยแรง 5 กิโลกรัมบนเครื่องดูโรมิเตอร์.....	36

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 22 ชิ้นงานที่ยึดติดด้วยซีเมนต์แล้ว.....	36
รูปที่ 23 ทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ด้วยเครื่องลอยดีอินสตรูเมนต์.....	37
รูปที่ 24 หัวจับยึดกล่องอะคริลิกและครอบฟันในแนวตั้งฉากเพื่อทดสอบใน เครื่องลอยดีอินสตรูเมนต์.....	37
รูปที่ 25 เครื่องให้แรงความล้มแสดงการขับสปริงด้วยลูกเบี้ยวและตัวตามลูกเบี้ยว.....	39
รูปที่ 26 แผนภาพและเครื่องให้แรงความล้มให้แรงกระทำต่อชิ้นงานพร้อมกัน ทั้ง 8 ชิ้นจากหัวกด.....	39
รูปที่ 27 แสดงการถ่ายทอดแรงจากสปริงผ่านหัวกดสู่ครอบฟันที่ยึดกับฟันหลัก บนกล่องอะคริลิก.....	40
รูปที่ 28 แสดงระยะกวดของสปริงที่ให้แรงคงที่ 288 นิวตัน.....	40
รูปที่ 29 แสดงการติดของซีเมนต์รอบฟันหลักกำลังขยาย 10 เท่าจากกล้อง จุลทรรศน์สเตอริโอ.....	41
รูปที่ 30 แสดงการตรวจสอบขนาดขึ้นความหนาของซีเมนต์โดยใช้เครื่องวัด ความแข็งผิวชนิดละเอียดกำลังขยาย 100 เท่า.....	42
รูปที่ 31 ภาพขยายแสดงขึ้นความหนาของซีเมนต์จากจอแสดงผล.....	42
รูปที่ 33 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆ ก่อนผ่านการรับแรงความล้ม.....	45
รูปที่ 34 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆ หลังผ่านการรับแรงความล้ม.....	47
รูปที่ 35 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ ที่ระดับต่างๆเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านการรับแรงความล้ม.....	49
รูปที่ 36 แสดงการแตกของซีเมนต์บริเวณรอยต่อของชั้นซีเมนต์กับผิวโลหะของ ครอบฟันหรือฟันหลัก.....	49
รูปที่ 37 แสดงขนาดความหนาระดับต่างๆของช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่วัดจาก เครื่องทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค กำลังขยาย 100 เท่า.....	51
รูปที่ 38 แสดงการตรวจสอบแรงจากระยะกวดของสปริงด้วยเครื่องทดสอบ การยุบตัวของสปริง.....	77
รูปที่ 39 แสดงระยะยุบตัวของสปริงที่ให้แรงคงที่ขนาด 288 นิวตัน.....	77

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีการสูญเสียฟันธรรมชาติในช่องปากเพียงหนึ่งซี่หรือหลายซี่ จำเป็นต้องได้รับการใส่ฟันปลอมทดแทนเพื่อการบูรณะให้กลับคืนสู่สภาพปกติทั้งด้านการทำงานในระบบบดเคี้ยวและความสวยงาม ปัจจุบันการรักษาทางทันตกรรมประดิษฐ์มีวิธีการในการใส่ฟันปลอมเพื่อทดแทนฟันที่สูญเสียไปจำแนกตามวิธีหลักในการใส่ได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. การใส่ฟันปลอมชนิดถอดได้ (Removable Prosthodontics) คือ การใช้ฟันธรรมชาติและสันเหงือกเป็นหลักยึดในการทำฟันปลอมบางส่วนหรือทั้งปากชนิดถอดได้ ทำได้ทั้งในกรณีที่เหลือฟันธรรมชาติอยู่หัวและท้ายช่องว่างหรือในกรณีที่ไม่มีฟันธรรมชาติอยู่บริเวณด้านท้ายของสันเหงือกว่างเลย มีข้อดีคือ กรอฟันธรรมชาติน้อย แต่มีข้อเสียในด้านการยึดของฟันปลอมที่ต่ำและเกิดความรำคาญจากการใส่
2. การใส่ฟันปลอมชนิดติดแน่น (Fixed Prosthodontics) คือ การใช้ฟันธรรมชาติที่เหลือเป็นหลักยึดในการทำสะพานฟันติดแน่น ทำได้เฉพาะในกรณีที่เหลือฟันธรรมชาติอยู่หัวและท้ายช่องว่างบริเวณที่จะใส่ฟันเท่านั้น มีข้อดีคือมีการยึดของฟันปลอมที่แน่นบนฟันธรรมชาติ ไม่เกิดความรำคาญมาก แต่มีข้อเสียคือต้องกรอเนื้อฟันธรรมชาติเป็นปริมาณมาก
3. การฝังรากเทียม (Implant Prosthodontics) คือ การฝังส่วนของรากเทียมลงในเบ้ากระดูกขากรรไกรบริเวณที่จะใส่ฟันโดยวิธีการทางศัลยกรรมแล้วจึงทำการใส่ฟันปลอมทดแทนบนรากเทียม มีข้อดีคือมีการยึดของฟันปลอมที่แน่นบนรากเทียม ไม่เกิดความรำคาญ ให้ความสวยงามและไม่มีการสูญเสียเนื้อฟันธรรมชาติ แบ่งการใส่ฟันได้เป็น
 - 3.1 การใส่ฟันปลอมชนิดถอดได้บนรากเทียม
 - 3.2 การใส่ฟันปลอมชนิดติดแน่นบนรากเทียม ซึ่งชนิดของฟันปลอมยังสามารถจำแนกได้ตามวิธีในการยึดบนฟันหลักได้เป็น
 - ฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยสกรู (Screw-retained prostheses)
 - ฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์ (Cement-retained prostheses)

ปัจจุบันมีการใช้รากเทียมเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาเพื่อทดแทนการสูญเสียฟันที่เดียวเพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องจากข้อดีดังกล่าว Laney และคณะปี1994 รายงานความสำเร็จถึง 97.2 เปอร์เซ็นต์ ของรากเทียมและฟันปลอมในผู้ป่วย 92 รายในระยะเวลา 3 ปีที่ใช้รากเทียมหนึ่งซี่ระบบเบรเนมาร์ค(Brånemark) Countและคณะปี 1993 รายงานความสำเร็จถึง 98.5 เปอร์เซ็นต์ ของรากเทียมหนึ่งซี่ในระยะเวลา 3 ปี จะเห็นได้ว่ามีความสำเร็จค่อนข้างสูงในการรักษาด้วยทันตกรรมรากเทียม ผู้ป่วยจึงมีความสนใจการทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไปด้วยรากเทียมและฟันปลอมบนรากเทียม โดยเฉพาะในกรณีที่สูญเสียฟันซี่เดียวหรือไม่มีฟันหลักด้านท้ายบางส่วน

การเลือกชนิดฟันปลอมติดแน่นบนรากเทียมสามารถเลือกเป็นชนิดยึดด้วยซีเมนต์หรือสกรูซึ่งอาจพิจารณาจากข้อดีข้อเสีย และจะเห็นว่าฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์มีข้อได้เปรียบหลายประการได้แก่การเกิดความแนบแบบไม่เกิดแรงกระทำ(Passive fit) เนื่องจากมีการยึดครอบฟันบนฟันหลักที่กลึงมาอย่างแนบสนิทและสามารถใช้ซีเมนต์ลดความคลาดเคลื่อนด้านความแนบของครอบฟัน(Chiche และ Pinault ,1991) สามารถทำการรื้อปรับโครงโลหะและใส่โดยวิธีการตามปกติในคลินิก การไม่มีรูของสกรูบนชิ้นงานฟันปลอมเป็นการส่งเสริมความแข็งแรงทางกายภาพของพอร์ซเลนและอคริลิกเรซิน ทำให้โอกาสการแตกหักน้อยลง และทำให้สามารถสร้างการสบฟันให้แรงลงตามแนวแกนได้ นอกจากนี้ฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์ยังสามารถทำงานง่ายในตำแหน่งฟันหลังในช่องปาก ประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า ลดขั้นตอนความยุ่งยากของส่วนประกอบ และที่สำคัญลดความซับซ้อนในขั้นตอนทางห้องปฏิบัติการและคลินิกโดยใช้วิธีการเดียวกับการทำครอบฟันในฟันธรรมชาติ ลดระยะเวลาการทำงานในคลินิกและสามารถใช้ช่วยแก้ไขการเอียงของครอบฟันในกรณีที่มุมการเอียงตัวของรากเทียมไม่เหมาะสมด้วยวิธีการเหวี่ยงฟันหลักเฉพาะซี่ได้(Hebel และGajjar ,1997) ได้รับความสวยงามที่มากกว่าชนิดใช้สกรูยึด ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ป่วยสามารถสังเกตเห็นได้ นอกจากนี้การใช้ซีเมนต์ยึดยังเป็นเสมือนตัวดูดซับแรง(Shock absorber) และการเลือกใช้ชนิดซีเมนต์ในการยึดติดจะบอกถึงค่าการยึดอยู่(Breeding และคณะ,1992) ในฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์มีความนิยมใช้ซีเมนต์ชนิดชั่วคราวยึดติดเนื่องจากมีการถอดกลับได้(Retrievability) เช่นเดียวกับชนิดยึดด้วยสกรูและมีข้อดีมากกว่า แต่อาจใช้การยึดติดด้วยซีเมนต์ชนิดถาวรเมื่อไม่ต้องการการถอดกลับของชิ้นครอบฟันเพื่อการซ่อมแซมหรือดัดแปลง หรือไม่มีการผ่าตัดแก้ไขการอักเสบรอบรากเทียม(Chiche และ Pinault ,1991) ในบางครั้งอาจยึดชิ้นครอบฟันโลหะเหวี่ยงด้วยซีเมนต์ชนิดชั่วคราวเพื่อประเมินการบดเคี้ยวและสภาพเนื้อเยื่อรอบๆก่อน ซึ่งจะใช้เวลาในการยึดติดนาน 2 เดือนขึ้นไป(Rosenberg และคณะ,1988) ซีเมนต์ชนิดชั่วคราวที่ใช้จึงควรมีค่าแรงในการยึดที่มากพอสำหรับต้านแรงบดเคี้ยวแต่นิมพอสำหรับการถอดโดยไม่เป็นอันตรายต่อฟันหลักและรากเทียมแล้วจึงค่อยเปลี่ยนเป็นซีเมนต์ชนิดถาวรที่มีค่าการยึดอยู่มากพอยึดติด ในปัจจุบันมีความนิยมใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรมากขึ้นในการยึด

ครอบฟันบนรากเทียมจำนวนหนึ่งซี่หรือจำนวนน้อยซี่ เพื่อให้เกิดเสถียรภาพต่อครอบฟันและรอยต่อระหว่างฟันหลักกับรากเทียม และส่งผลให้การติดตามการดูแลรักษาน้อยลง เพิ่มอัตราความสำเร็จในการให้การรักษาด้วยรากเทียม(Hebel และGajjar ,1997) จึงทำให้มีการศึกษาถึงค่าแรงยึดจากซีเมนต์ชนิดถาวรเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อมูลการศึกษาถึงแรงยึดของซีเมนต์ชนิดถาวรที่ใช้ในงานทันตกรรมรากเทียมไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งยังไม่มีผู้ใดศึกษาค่าแรงยึดของซีเมนต์ที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาดต่างๆในงานทันตกรรมรากเทียมหลังผ่านการรับแรงความล้าเลย

ในงานครอบและสะพานฟันติดแน่นในฟันธรรมชาติมีการศึกษาถึงขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ว่ามีผลกระทบต่อแรงยึดอยู่ระหว่างครอบฟันกับฟันหลักหลายวรรณกรรม แต่ยังไม่สามารถหาค่ามาตรฐานของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่เหมาะสมที่ให้ค่าแรงยึดสูงสุด และยังไม่ทราบถึงผลของการเพิ่มหรือลดขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มีต่อค่าแรงยึดของครอบฟันอย่างแน่ชัด (Eames และคณะ, 1978 ; Hembreeและ Cooper, 1979 ; Vermilyea, 1983) นอกจากนี้ Wilson ปี1994 ศึกษาพบว่า การเพิ่มของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ช่วยให้ครอบฟันมีการใส่ได้ง่ายและสนิทมากขึ้น ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่(Seating discrepancy) ซึ่งทำได้โดยวิธีการใช้สารคั่นแบบ(Die spacer) เพื่อเตรียมขนาดช่องว่างสำหรับเป็นที่อยู่ของซีเมนต์ และการใช้สารคั่นแบบยังส่งผลให้ลดการอ้าตามขอบของครอบฟัน ลดความคลาดเคลื่อนจากการสบฟันหลังยึดขึ้นงาน(Eames และคณะ,1978 ; Grajower และคณะ,1989 ; Hembreeและ Cooper ,1979) ปัจจุบันยังไม่ทราบถึงขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ให้ค่าแรงยึดอยู่มากที่สุด Eamesและคณะปี 1978 แนะนำให้ใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 25 ไมครอน ส่วน Fusayamaและคณะปี1964 พบว่าไม่ควรใช้ขนาดน้อยกว่า 30 ไมครอน และแนะนำให้ใช้ขนาด 40 ไมครอน ซึ่งขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เหล่านี้ใช้สำหรับครอบฟันธรรมชาติ ในส่วนงานครอบฟันชนิดติดแน่นบนรากเทียมซึ่งฟันผิวสัมผัสเป็นโลหะอาจมีความแตกต่างไป Dixon ปี1992 ได้ศึกษาพบว่า การใช้สารคั่นแบบเพื่อเตรียมขนาดช่องว่างสำหรับเป็นที่อยู่ของซีเมนต์ สามารถลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ได้ และยังสามารถช่วยเพิ่มค่าแรงยึดของครอบฟันบนรากเทียมด้วย ดังนั้นจึงควรศึกษาผลของการเพิ่มขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่จะทำให้เกิดความแนบแบบไม่เกิดแรงกระทำต่อฟันหลักซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์บนรากเทียมโดยไม่ทำให้ค่าแรงยึดของครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมน้อยลงไป ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงการเลือกใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่เหมาะสมอันส่งผลถึงการให้ค่าแรงยึดที่ดีที่สุดและลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ได้

รากเทียมบางระบบเช่น ระบบรากเทียมเซอราวัน(Ceraone implant system, Nobel Biocare) แนะนำให้ใช้ครอบฟันสำเร็จรูปทรงกระบอก(Prefabricated cylinder) ที่อ้างว่าลึงมาให้มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ทุกชนิดอย่างเหมาะสม คือ 30 ไมโครเมตร ระหว่างฟันครอบ

สำเร็จรูปทรงกระบอกกับพื้นหลักรากเทียม(Clayton , 1997 ; Kent , 1997 ; Koka ,1995) หรือในระบบไอทีไอ(ITI implant system, Straumann) อ้างว่ามีครอบฟันพลาสติกสำเร็จรูปเช่นเดียวกัน โดยมีขนาดที่ตรงกับข้อกำหนดของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกาลำดับที่ 96 (ADA specification no. 96) คือมีขนาด 20 ไมโครเมตร แต่ในระบบรากเทียมส่วนมากไม่มีฟันครอบสำเร็จรูปทรงกระบอก ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการพิมพ์ปากและการเหวี่ยงโลหะทำครอบฟัน ในลักษณะการทำครอบฟันปกติ ดังนั้นการเตรียมขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เพื่อให้มีความหนาของซีเมนต์ที่เหมาะสม เพื่อให้มีค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟันต่อพื้นหลักให้มากที่สุดที่จะเพียงพอต่อการต้านแรงจากการบดเคี้ยวและลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ได้ จึงเป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องศึกษา ซึ่งในการทดลองวิจัยนี้เลือกทดสอบขนาดช่องว่างที่เหมาะสมสำหรับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ซึ่งเป็นซีเมนต์ที่มีการยอมรับการใช้งานทางทันตกรรมมานานแต่ยังไม่มีการศึกษาค่าแรงการยึดอยู่ของซีเมนต์ชนิดนี้บนพื้นหลักรากเทียมซึ่งมีรูปร่างแตกต่างจากพื้นธรรมชาติอย่างมากและยึดด้วยครอบฟันซึ่งมีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ต่างๆหลังจากการให้แรงเป็นรอบ เพื่อทดสอบผลของการเพิ่มขนาดช่องว่างของซีเมนต์และผลของความล้าจากการรับแรง(Fatigue loading) ในปริมาณ 750,000 รอบ ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้งานทางคลินิกเป็นระยะเวลา 9 เดือน(Gibbsและคณะ,1986) ซึ่งการทดสอบทางกลศาสตร์นี้สามารถบอกข้อมูลเพิ่มเติมถึงค่าแรงยึดอยู่ของซีเมนต์ที่ระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ต่างๆและการเปลี่ยนแปลงค่าแรงยึดหลังจากการใช้งานระยะเวลาดังกล่าวและเป็นวิธีการที่ช่วยให้ทราบถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเตรียมการสร้างครอบฟันชนิดยึดด้วยซีเมนต์ให้มีขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่เหมาะสมทางห้องปฏิบัติการ และสามารถทำนายผลการใช้งานทางคลินิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าแรงการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมเมื่อใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ระดับต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังรับแรงความล้าจำนวน 750,000 รอบ

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยเป็นการทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันบนรากเทียมจำลองชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด โดยการเตรียมขนาดช่องว่างสำหรับความหนาของซีเมนต์ไว้ที่ระดับต่างกันคือ 25, 50, 75 และ 100 ไมโครเมตร โดยทดสอบทั้งก่อนและหลังผ่านการรับแรงขนาด 288 นิวตัน ความถี่ 0.5 รอบต่อวินาที จำนวน 750,000 รอบ มุ่งเน้นเปรียบเทียบผลของค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่เกิดจากการใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ต่างกันและผลการให้แรงความล้าต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟัน

ข้อจำกัดการวิจัย

1. เป็นการทดลองทางห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสิ่งแวดล้อมในช่องปากมาเกี่ยวข้อง ลอกเลียนแบบลักษณะการบดเคี้ยวโดยให้แรงจากทิศทางเดียว
2. ใช้ระบบรากเทียมเพียงระบบเดียวเป็นต้นแบบในการวิจัยคือ ระบบรากเทียมแองไคโลสขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร(Ankylos Balance Suprastructure System ; Straight posterior version, Degussa Dental GmbH & Co, KG) ทดสอบชิ้นงานที่เตรียมขนาดของช่องว่างสำหรับซีเมนต์ไว้ต่างกันคือ 25, 50, 75 และ 100 ไมโครเมตร
3. ทดสอบโดยใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เพียงหนึ่งชนิด(PhosphaCEM PL, Vivadent Liechtenstein, Germany)
4. ตัวแปรของการวิจัย ได้แก่
 - ตัวแปรอิสระ(Independent variable) คือ ระดับขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์และการทดสอบผ่านการรับแรงความล้าจำนวน 750,000 รอบ
 - ตัวแปรตาม(Dependent variable) คือ ค่าแรงยึดอยู่ของซีเมนต์(Retentive strength)
5. การทดสอบผ่านการรับแรงความล้าจำนวน 750,000 รอบเป็นรูปแบบเดียวกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ชิ้นงานครอบฟันที่ใช้ในการทดสอบประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้การกลึง(Machined)ร่วมกับการกัดกร่อนพื้นผิวภายในด้วยไฟฟ้า(Spark EDM) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนและให้เกิดความแม่นยำของขนาดช่องว่างที่เตรียมสำหรับซีเมนต์ให้มากที่สุด
2. ใช้ฟันหลักรากเทียมชุดเดียวกันในการทดสอบกับครอบฟันแต่ละกลุ่ม เนื่องจากกระบวนการในการทดสอบไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุที่ใช้จำลองฟันหลักรากเทียม

สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าแรงการยึดอยู่ที่เกิดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมไม่แตกต่างกัน
2. หลังผ่านการทดสอบด้วยการให้แรงความล้าจำนวน 750,000 รอบ ค่าแรงการยึดอยู่ที่เกิดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆสำหรับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมไม่แตกต่างกัน
3. ค่าแรงการยึดอยู่ที่เกิดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมหลังผ่านการทดสอบด้วยการให้แรงความล้าจำนวน 750,000 รอบเปรียบเทียบกับไม่ผ่านการรับแรง ให้ผลค่าแรงการยึดอยู่ไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ที่เกิดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียม
2. ทราบถึงค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ที่เกิดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมหลังผ่านการทดสอบด้วยการให้แรงความล้าจำนวน 750,000 รอบ
3. ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ที่เกิดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมหลังผ่านการทดสอบด้วยการให้แรงเปรียบเทียบกับก่อนผ่านการรับแรง

ปัญหาการวิจัย

1. ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ระดับต่างๆให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ที่เท่ากันหรือไม่
2. หลังผ่านการให้แรงความล้า ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ระดับต่างๆให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ที่เท่ากันหรือไม่
3. การให้แรงความล้ามีผลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอปพื้นแตกต่างจากเมื่อไม่ผ่านการรับแรงหรือไม่

การออกแบบการวิจัย

งานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimental research)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรม

ปัจจุบันมีผู้ป่วยที่ไม่มีฟันบางส่วนหรือไม่มีฟันทั้งปากได้รับการรักษาด้วยทันตกรรมรากเทียมมากขึ้น ซึ่งมีทั้งการใส่ฟันแบบติดแน่นบนรากเทียมและการใส่ฟันแบบถอดได้ ในส่วนการใส่ฟันแบบติดแน่นบนรากเทียมอาจเป็นชนิดฟันปลอมที่ใช้สกรูยึด หรือชนิดฟันปลอมที่ใช้ซีเมนต์ยึด ทันตแพทย์บางส่วนไม่นิยมเลือกฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์ในการบูรณะเพราะเชื่อว่าไม่สามารถถอดกลับคืนได้ แต่หากใช้อย่างเหมาะสมแล้วก็สามารถทำให้เกิดการถอดกลับได้ (Breeding, Dixon และคณะ, 1992) ซึ่งสามารถลดปริมาณการยึดอยู่โดยการใส่ซีเมนต์ชนิดชั่วคราว ตัวอย่างเช่นใช้เทมบอนด์ซีเมนต์ (Tempbond®) สำหรับยึดครอบฟันติดแน่นบนฟันหลักรากเทียม หรือผสมปิโตรเลียมเจลลี่ (Vaselin®) เพื่อลดความแข็งแรงลงสำหรับสะพานฟันหลายชั้นบนฟันหลักรากเทียม นอกจากนี้ฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์ยังให้การบดเคี้ยวที่ดีกว่า ให้ความสวยงามมากกว่า รวมถึงมีความง่ายในการใส่และลักษณะการรับแรงที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดใช้สกรู (Misch, 1993) การเลือกชนิดฟันปลอมติดแน่นเป็นชนิดยึดด้วยซีเมนต์หรือสกรู จะส่งผลต่อการออกแบบด้านบดเคี้ยว และยังคงผลโดยตรงต่อแรงที่ส่งผ่านไปยังบริเวณผิวสัมผัสระหว่างกระดูกและผิวรากเทียมด้วย ซึ่งกลไกการติดของฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์และสกรูมีการยึดติดที่แตกต่างกันไป (Hebel และ Gajjar, 1997)

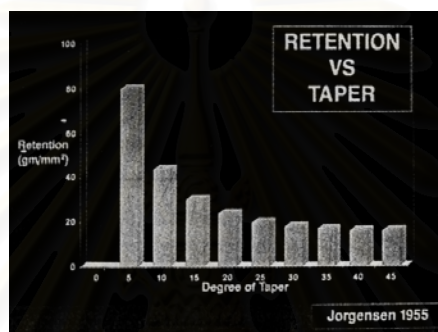
กลไกการยึดติดด้วยซีเมนต์ (Cement Retention)

มีหลายวรรณกรรมแสดงให้เห็นถึงปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อขนาดการยึดอยู่ของฟันปลอมติดแน่นชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด (Hebel และ Gajjar, 1997) ทั้งชนิดที่ยึดกับฟันธรรมชาติหรือยึดกับฟันหลักของรากเทียม ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

1. ความสอบหรือ ความขนาบของฟันหลัก
2. พื้นที่ผิวและความสูงของฟันหลัก
3. ความเรียบหรือความขรุขระของพื้นผิวของฟันหลัก
4. ชนิดของซีเมนต์
5. ความหนาของฟิล์มซีเมนต์

1. ปัจจัยด้านความสอของฟันหลัก

มีอิทธิพลต่อฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์เป็นอย่างมาก Jorgensen ปี 1955 ได้กำหนดให้องศาความสอในอุดมคติของรูปร่างฟันหลักที่ถูกกรอ มีค่าเท่ากับ 6 องศา นอกจากนี้ยังแสดงความสัมพันธ์ของค่าการยึดอยู่กับองศาความสออื่นๆของฟันหลักที่ถูกกรอ และกำหนดค่าความสัมพันธ์แปรผกผันระหว่างองศาความสอและการยึดอยู่ ข้อมูลจากการศึกษานี้พบว่า ความสอ 15 องศา ให้ค่าการยึดอยู่เพียงหนึ่งในสามของค่าการยึดอยู่ที่ความสออุดมคติคือ 6 องศา และความสอ 25 องศา ให้ค่าการยึดอยู่ประมาณหนึ่งในสี่ของความสอในอุดมคติ (รูป 1)



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ผกผันระหว่างการยึดอยู่และความสอของฟันหลัก (Jorgensen, 1955. Acta Odontol Scand.13:35-40)

สำหรับงานฟันปลอมติดแน่นมีการทบทวนวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่าทันตแพทย์ส่วนใหญ่มีการกรอฟันธรรมชาติได้ความสอในช่วง 15-25 องศา จึงเป็นผลให้ค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟันที่ยึดติดกับฟันธรรมชาติมีค่าเพียงหนึ่งในสามถึงหนึ่งในสี่เมื่อเทียบกับค่าแรงยึดอยู่ที่ได้จากองศาความสอในอุดมคติ (6องศา) มีหลายบริษัทผู้ผลิตสร้างฟันหลักที่ใช้กับรากเทียมขนาดมาตรฐานที่มีความสอ 6 องศา จึงกล่าวได้ว่าฟันหลักที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในงานทันตกรรมรากเทียมให้ค่าการยึดอยู่สมบูรณ์กว่าการกรอฟันธรรมชาติสามถึงสี่เท่า (Hebel และ Gajjar , 1997)

2. ปัจจัยด้านพื้นที่ผิวและความสูงของฟันหลัก

Kaufman และ Coelho ปี 1961 พบว่าการเพิ่มพื้นที่ผิวและความสูงของฟันหลักจะเพิ่มค่าการยึดอยู่และการต้านอยู่ ในด้านกายวิภาคของรูปร่างฟันธรรมชาติ ฟันหน้าบนมักมีผนังด้านลิ้น (Lingual walls) ในส่วนของความยาวตัวฟัน (Clinical crown) สั้น ดังนั้นการกรอแต่งฟันหน้าบนเพื่อทำครอบฟันจะได้รูปร่างผนังด้านเพดานที่สั้น ส่วนใหญ่จะได้ความสูงเพียง 0.5-1 มม. ซึ่ง

ให้ค่าการยึดอยู่และการต้านอยู่น้อยมาก พื้นหลักที่ได้จากการกลึง(Machined) เพื่อใช้กับรากเทียมในการทดแทนฟันหน้าบนหรือฟันเขี้ยวให้พื้นที่ผิวและความสูงที่ดีกว่าพื้นธรรมชาติมาก ขอบของพื้นหลักที่ผลิตขึ้นจะอยู่ได้เหนืออก 2-3 มม. ส่งผลให้ความสูงของผนังด้านลิ้น ใกล้กลาง ใกล้กลาง มีมากกว่าที่ได้จากการหล่อพื้นธรรมชาติที่บูรณะด้วยครอบฟัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า พื้นหลักที่ใช้ในงานทันตกรรมรากเทียมให้ความสูงและพื้นที่ผิวมากกว่าที่ได้จากการหล่อพื้นธรรมชาติ และกล่าวได้ว่าพื้นหลักรากเทียมที่ผลิตขึ้นให้ค่าการยึดอยู่มากกว่าพื้นธรรมชาติเมื่อเปรียบเทียบด้านความสูงและพื้นที่ผิว (Hebel และ Gajjar , 1997) ยกเว้นพื้นกรามหลักรากเทียมที่อาจมีพื้นที่ผิวน้อยกว่าพื้นกรามธรรมชาติแต่ก็มีผนังโดยรอบที่สูงกว่าซึ่งในงานรากเทียม Kivanc และคณะปี 2002 พบว่าการเพิ่มความสูงของพื้นหลักส่งผลให้ค่าแรงยึดอยู่ของซีเมนต์ทุกชนิดได้แก่เทมบอนด์ ซีเมนต์ โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีค่าสูงขึ้น Kent และคณะปี 1996 พบว่าความสูงของพื้นหลักรากเทียมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าแรงยึดอยู่ของซีเมนต์มากกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นหลัก ดังนั้นพื้นกรามหลักรากเทียมจึงให้ค่าการยึดอยู่ไม่น้อยไปกว่าพื้นธรรมชาติ

3. ปัจจัยด้านความเรียบของพื้นผิว

มีข้อเสนอแนะให้ทำการกรอพื้นหลักธรรมชาติโดยมีความขรุขระของพื้นผิวน้อย เพื่อเพิ่มการยึดติดทางกลศาสตร์ให้กับซีเมนต์และไม่เกิดขบวนการใส่เมื่อใช้สารคั่นแบบสำหรับเตรียมช่องว่างของซีเมนต์ร่วมด้วย (Felton และคณะ, 1987) ซึ่งพื้นหลักสำหรับรากเทียมก็สามารถเตรียมผิวให้ขรุขระได้ ถ้าต้องการเพิ่มการยึดอยู่ของซีเมนต์โดยการใช้น้ำหรือการเป่าทราย (Grit blasting) แต่อย่างไรก็ตามการใช้น้ำความสบ 6 องศา และใช้ความสูงของพื้นหลักที่เหมาะสม ก็เพียงพอแก่การยึดอยู่โดยไม่ต้องใช้การยึดอยู่อื่นๆช่วย ดังนั้นหากเปรียบเทียบระหว่างพื้นธรรมชาติและพื้นหลักที่กลึงขึ้น การใช้พื้นหลักที่กลึงขึ้นจะให้การยึดอยู่ที่ดีกว่าพื้นธรรมชาติโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มความขรุขระของพื้นผิว (Hebel และ Gajjar , 1997)

4. ปัจจัยด้านชนิดของซีเมนต์

มีซีเมนต์มากมายหลายชนิดที่ให้ความแข็งแรงในการยึดติดต่าง ๆ กัน แบ่งแยกได้เป็น 2 ชนิดหลักในงานทันตกรรมบูรณะ คือ ซีเมนต์ชนิดชั่วคราวและชนิดถาวร

4.1 **ซีเมนต์ชนิดชั่วคราว**(Provisional cement) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ยึดครอบและสะพานฟันเป็นระยะเวลาสั้น ๆ มีลักษณะนิ่มกว่าซีเมนต์ชนิดถาวร ตัวอย่าง ได้แก่ เทมบอนด์ซีเมนต์ (Tempbond®, Kerr Mfg. Co)

4.2 **ซีเมนต์ชนิดถาวร**(Permanent cement) ได้รับการพัฒนามาเพื่อให้มีความแข็งแรงและคงชิ้นงานบูรณะไว้ได้นาน ตัวอย่างได้แก่ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และเรซินซีเมนต์

ในงานทันตกรรมบูรณะแบบปกติจะใช้ซีเมนต์ชนิดที่แข็งแรงในการยึดแบบถาวรในกรณีที่ต้องการการยึดอยู่และเกิดการแนบสนิทตามขอบ ความล้มเหลวของการยึดด้วยซีเมนต์ในฟันธรรมชาติส่งผลให้ครอบฟันหลุดหรือฟันปลอมติดแน่นหลวม ความเสียหายมากที่สุดที่เกิดคือการที่ซีเมนต์ละลายและเกิดฟันผุซ้ำบริเวณเนื้อฟันเกิดการสูญเสียฟันตามมา ชิ้นงานบูรณะที่ใช้ฟันหลักบนรากเทียมอาจเกิดปัญหาลักษณะการหลุดเช่นเดียวกันแต่ฟันหลักที่เป็นโลหะไม่เกิดการผุเหมือนในฟันธรรมชาติ

ในกรณีที่ต้องการการถอดคืนกลับได้มักจะไม่แนะนำให้ใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรในการยึดครอบฟันบนรากเทียม การที่มีความชอบที่เหมาะสมและมีความสูงที่มากพอของฟันหลัก ทำให้มีการยึดอยู่เพียงพอในระยะยาวเมื่อใช้ซีเมนต์ชนิดชั่วคราว นอกจากนี้ทันตแพทย์ยังสามารถควบคุมปริมาณการยึดอยู่โดยการเลือกใช้ซีเมนต์ชนิดอ่อนกว่า เพื่อลดการยึดอยู่ได้ซึ่งใช้ได้ทั้งเทมบอนด์ซีเมนต์ สำหรับครอบฟันติดแน่นบนฟันหลักรากเทียม หรือผสมปิโตรเลียมเจลลี่เพื่อลดความแข็งแรงลง สำหรับสะพานฟันหลายชั้นบนฟันหลักรากเทียม ซึ่งการถอดกลับได้จากการควบคุมการใช้ซีเมนต์เป็นสิ่งที่ทำให้ฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์มีข้อเสียน้อยกว่าชนิดยึดด้วยสกรู ในกรณีที่การยึดอยู่ด้วยซีเมนต์ชนิดชั่วคราวไม่เพียงพอ สามารถเลือกใช้ซีเมนต์ที่แข็งแรงและให้การยึดอยู่มากกว่า แทนที่จนกว่าจะได้รับการยึดติดที่เพียงพอเหมาะสม ซึ่งซีเมนต์ชนิดถาวรจะให้ค่าการยึดอยู่สูงกว่าซีเมนต์ชนิดชั่วคราว ดังเช่น Sreenivas และคณะปี1995 พบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ให้ค่าการยึดอยู่มากกว่าเทมบอนด์นอนยูจินอล 38 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

ดังจะเห็นว่าชนิดของซีเมนต์ที่ใช้มีความสำคัญเนื่องจากผลของการยึดอยู่ที่มีต่อชิ้นงานที่บูรณะการเลือกชนิดซีเมนต์ขึ้นอยู่กับทันตแพทย์เป็นผู้ตัดสินใจว่าจะใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรเช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ เรซินซีเมนต์ เป็นต้น หรือจะใช้ซีเมนต์ชนิดชั่วคราวเช่น เทมบอนด์ หรือเทมบอนด์นอนยูจินอล เป็นต้น Herbal และ Gajjar ปี1997 กล่าวว่าเทมบอนด์ให้การยึดอยู่เพียงพอแก่หนึ่งหน่วยชิ้นงานที่บูรณะด้วยรากเทียม (Single-unit implant restoration) แต่อาจค่อยๆเปลี่ยนใช้ซีเมนต์ที่แข็งแรงเพิ่มขึ้นได้จนกระทั่งได้รับการยึดอยู่เพียงพอ วิธีการนี้ทำให้สามารถประเมินการสบฟันและสภาพเนื้อเยื่อรอบซี่ฟันได้ดี และปัจจุบันพบว่ามีค่านิยมใน

การใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรสูงขึ้นไปเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของพื้นหลักและรากเทียมซึ่งมีผลต่อการเพิ่มอัตราการอยู่รอดของรากเทียม

ในงานฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์บนรากเทียม Ahmed และคณะปี 2002 พบว่าค่าแรงการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์สูงกว่าเทมบอนด์ซีเมนต์มาก ส่วนค่าแรงการยึดอยู่ของไออาร์เอ็มซีเมนต์ (IRM® cement) มีค่าใกล้เคียงกับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซึ่งแตกต่างไปจากค่าแรงการยึดอยู่ของซีเมนต์ในฟันธรรมชาติที่ Jorgensen และ Holst ปี 1967 รายงานไว้ Kivanc และคณะปี 2002 แนะนำให้ใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในการเพิ่มการยึดอยู่และลดการดูแลรักษาโดยเฉพาะในฟันปลอมติดแน่นที่มีความสูงของพื้นหลักบนรากเทียมขึ้น เนื่องจากรากซีเมนต์ชนิดชั่วคราวมีคุณสมบัติทางกลต่ำเช่นค่าแรงในการยึดอยู่ต่ำ การละลายตัวสูง

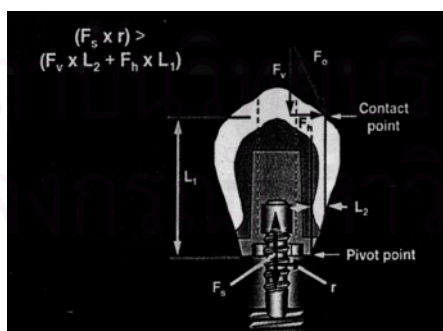
5. ปัจจัยด้านความหนาของฟิล์มซีเมนต์

ยังเป็นที่โต้แย้งกันอยู่ถึงผลของการเพิ่มความหนาของฟิล์มซีเมนต์ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้สารคั่นแบบ ที่มีต่อค่าแรงยึดครอบฟันบนฟันธรรมชาติ (Jorgensen และ Esbensen, 1968 ; Hembree และ Cooper , 1979 ; Huget และคณะ, 1980) Jorgensen และ Esbensen ปี 1968 รายงานว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มซีเมนต์และค่าแรงยึดขึ้นงาน Eames และคณะปี 1978 รายงานว่ามีการเพิ่มขึ้นของการยึดอยู่ 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีการใช้สารคั่นแบบที่ขนาดความหนา 25 ไมโครเมตรเทียบกับไม่ได้ใช้สารคั่นแบบ เมื่อใช้ซีเมนต์ยึดติดชนิดซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เช่นเดียวกับ Hembree และ Cooper ในปี 1979 พบว่ามีการเพิ่มค่าแรงยึดเมื่อใช้สารคั่นแบบเทียบกับไม่ได้ใช้

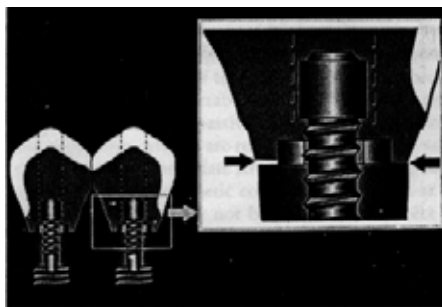
ในงานรากทันตกรรมเทียม Dixon และคณะปี 1992 ศึกษาผลของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มีต่อค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟัน พบว่าการเตรียมให้มีขนาดช่องว่างของซีเมนต์จะลดความไม่แนบสนิทขณะใส่ขึ้นงานบนพื้นหลักรากเทียมและเพิ่มค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟัน โดยความหนาของขนาดช่องว่างของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ขนาด 0.000 นิ้ว (0 ไมโครเมตร) มีค่าแรงยึดอยู่ที่ต่ำที่สุดและต่ำกว่าขนาดช่องว่าง 0.001-0.003 นิ้ว (25-75 ไมโครเมตร) อย่างมีนัยสำคัญ และค่าแรงยึดอยู่จากขนาดช่องว่าง 0.003 นิ้ว มีค่ามากที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากขนาดช่องว่าง 0.001 และ 0.002 นิ้ว

กลไกการยึดติดด้วยสกรู

บางครั้งมีการใช้สกรูในการยึดฟันหลักเข้ากับรากเทียมชั้นหลักที่ฝังอยู่ สิ่งสำคัญคือการขันสกรูต้องขันตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ การออกแบบสกรูมีมากมายหลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันในการใช้งาน จึงมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่ต่างกันไปตามขนาด รูปแบบ และองค์ประกอบของโลหะที่ใช้การขันสกรูจะขันให้แน่นถึง 50-70 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรง (Yield strength) เพื่อให้ได้แรงจับยึดที่เหมาะสม (Shigley ,1987) แรงขันที่ให้แก่สกรูจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงดึง (Tensile force) ในตัวสกรู ซึ่งเป็นแรงเริ่มต้น (Preload) และภายใต้แรงดึงนี้สกรูจะยึดส่วนประกอบ 2 ส่วนเข้าด้วยกัน คือส่วนซี่ฟันปลอมที่บูรณะกับฟันหลัก หรือฟันหลักกับรากเทียม จุดพัลครัมจะเกิดขึ้นที่ขอบของฟันหลักรากเทียมที่บรรจบบริเวณส่วนบนของรากเทียม (รูป 2) ในสถานการณ์ที่มีความแนบสนิทอย่างเที่ยงตรงระหว่างรากเทียมและฟันหลัก จุดหมุนจะอยู่ต่อเนืองบริเวณขอบรอบ ๆ ในสภาวะที่คงที่นี้ แรงจากการบิดเคี้ยวในแนวตั้งที่เกิดขึ้นที่ซี่ฟันปลอมบนรากเทียมจะเป็นแรงในแนวตั้งที่ไม่ก่อให้เกิดความเค้น (Stress) ต่อสกรูหรือทำให้สกรูหลวม แต่ในกรณีที่ซี่ฟันหลักโลหะเหวี่ยงฟันหลักไม่แนบกับรากเทียมและเกิดช่องว่างเล็ก ๆ ขึ้น (รูป 3) แรงในแนวตั้งที่กระทำตัวส่วนบนของรากเทียม จะกดขึ้นโลหะเหวี่ยงและทำให้เกิดการหลวมของสกรูขึ้น ในสถานการณ์ใด ๆ ก็ตามที่เกิดแรงขึ้นนอกจุดหมุนหรือออกนอกแนวแกน (Offset loading) จะถูกเปลี่ยนเป็นแรงบีบ (Clamping force) ต่อสกรู ทำให้สกรูยึดออก แตกหัก หรือหลุดเนื่องจากแรงโยก แรงที่เกิดขึ้นนี้ (F_o) สามารถแตกแรงเป็นแนวตั้งและแนวนอน เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลโมเมนต์ด้านของสกรู ($F_s \times r$) จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดจากแรงที่กระทำ ($F_v \times L_2$) + ($F_h \times L_1$) ตามรูป 2 (Hurson , 1995)

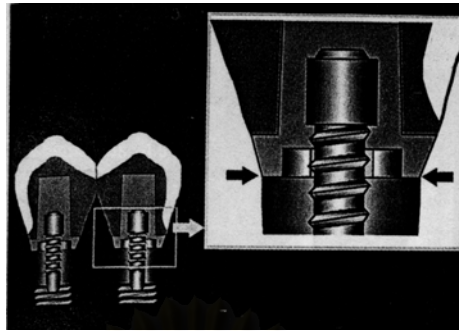


รูปที่ 2 กลศาสตร์ของการยึดติดด้วยสกรู แสดงถึงแรงและแขนของโมเมนต์ (Hebel และ Gajjar, 1997. J Prosthet Dent.. 77:28-35)



รูปที่ 3 แสดงช่องว่างบริเวณขึ้นงานโลหะเหวี่ยงและรากเทียมชนิดยึดด้วยสกรูหลายซี่
(Hebel และ Gajjar, 1997. J Prosthet Dent . 77:28-35)

การใช้ฟันหลักรากเทียมที่กึ่งขึ้นมาจะให้ความแนบสนิทที่เหมาะสม และมีพื้นผิวสัมผัสที่แนบสนิทระหว่างส่วนยอดของรากเทียมกับส่วนฟันหลัก (รูป 4) ดังนั้นจุดหมุนจึงเกิดบริเวณรอบ ๆ ตามอุดมคติ เมื่อยึดส่วนบูรณะด้านบนด้วยฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์บนฟันหลักบนรากเทียม กลไกการยึดติดนั้นก็ยังคงความแนบสนิทของส่วนฟันหลักไว้ และเกิดความแนบแบบที่ไม่เกิดแรงกระทำจากส่วนบูรณะด้านบน ในทางตรงข้ามหากขึ้นงานบูรณะเป็นโลหะเหวี่ยงแบบยึดติดด้วยสกรูหลายซี่จะประเมินความแนบของขึ้นงานต่อฟันหลักยาก Kallus และ Bessing ปี 1994 กล่าวว่า การเกิดความแนบแบบที่ไม่เกิดแรงกระทำจะเกิดขึ้นได้ยากในทางคลินิก แท้จริงแล้วจะเกิดแรงกระทำต่อขึ้นโลหะเหวี่ยงขึ้น เกิดแรงหมุนในตำแหน่งที่ใส่เป็นแรงค้ำที่ไม่เหมาะสมต่อพื้นผิวสัมผัสระหว่างกระดูกและรากเทียมและส่วนประกอบของขึ้นงานบูรณะ Jemt และคณะปี 1991 กล่าวว่า เป็นสิ่งที่เกือบเป็นไปได้ที่จะเชื่อมต่อส่วนขึ้นงานบูรณะของรากเทียมด้วยการเกิดความแนบแบบที่ไม่เกิดแรงกระทำอย่างสมบูรณ์ในสถานการณ์ทางคลินิก ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างบริเวณรอยต่อ เป็นผลให้ไม่เกิดความแนบสนิทระหว่างขึ้นโลหะเหวี่ยงและรากเทียมขึ้น รูปที่ 3 แสดงถึงขึ้นงานครอบฟันโลหะเหวี่ยงที่ยึดด้วยสกรู 2 หน่วย และความไม่แนบของพื้นผิวของรากเทียมบริเวณรอยต่อ แรงกระทำในแนวตั้งบนส่วนยอดของรากเทียมที่มีช่องว่างนี้ทำให้เกิดแรงกดต่อขึ้นงานและโยกส่วนโครง ทำให้เกิดแรงกระทำนอกแนวแกนอย่างมาก จึงเป็นการสรุปได้ว่าขึ้นงานครอบฟันที่ยึดด้วยซีเมนต์บนฟันหลักรากเทียมที่กึ่งมาอย่างเที่ยงตรง จะให้สภาวะที่คงตัวและไม่เกิดแรงกระทำต่อสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ มากกว่าฟันปลอมชนิดยึดด้วยสกรูที่เหวี่ยงมาแล้วเกิดช่องว่างเล็กๆขึ้นอันเป็นผลให้เกิดลักษณะแรงลงที่ไม่เหมาะสมขึ้น (Hurson , 1995) ซึ่งมีรายงานทางคลินิกมากมายที่แสดงถึงสภาวะสกรูหลวมที่เกิดขึ้นอันเป็นปัญหาหลักในงานฟันปลอมติดแน่นที่ยึดด้วยสกรู (Carlson และ Carlsson ,1994)



รูปที่ 4 ชิ้นงานโลหะเหวี่ยงแบบสนิทบนพื้นหลักชนิดยึดด้วยซีเมนต์หลายซี่ (Hebel และ Gajjar, 1997. J Prosthet Dent . 77:28-35)

เมื่อเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์บนรากเทียมเทียบกับชนิดยึดด้วยสกรู แล้วจะเห็นว่าหากข้อดีในสถานการณ์ถอดกลับได้ถูกตัดออกไป ฟันปลอมชนิดยึดด้วยสกรูแทบจะไม่ถูกเลือกใช้เลย นอกจากในกรณีที่มีข้อจำกัดของความสูงของฟันหลัก ในบริเวณที่มีเนื้อที่ระหว่างสันเหงือกน้อย การใช้สกรูยึดจะได้ประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ซีเมนต์ยึด เนื่องจากฟันหลักชนิดยึดด้วยซีเมนต์ขาดคุณสมบัติสำคัญดังกล่าวข้างต้นไป จะเห็นได้ว่าฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์มีข้อได้เปรียบหลายประการดังกล่าว ได้แก่การให้ความแนบแบบไม่เกิดแรงกระทำและเกิดสภาวะที่คงตัว เนื่องจากการยึดบนพื้นหลักที่กลึงมาอย่างแนบสนิทและสามารถใช้ซีเมนต์ลดความคลาดเคลื่อนในด้านความแนบจากครอบฟัน โครงโลหะที่มีแรงกระทำก็สามารถกรอปรับและใส่ด้วยวิธีการตามปกติในคลินิก การไม่มีรูของสกรูบนชิ้นงานฟันปลอมเป็นการส่งเสริมความแข็งแรงทางกายภาพของพอร์ซเลนและอคริลิกเรซิน ทำให้โอกาสการแตกหักน้อยลง และเนื่องจากไม่มีรูของสกรูทำให้สามารถสร้างการสบฟันให้แรงลงตามแนวแกนได้ (Hebel และ Gajjar , 1997) อาจแบ่งแยกข้อได้เปรียบ ข้อเสียเปรียบของฟันปลอมชนิดที่ใช้สกรูยึดและฟันปลอมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด ดังนี้

ฟันปลอมชนิดที่ใช้สกรูยึด

ข้อดีของฟันปลอมชนิดที่ใช้สกรูยึด (Chiche และคณะ,1991)

1. สามารถทำให้คืนสู่สภาพเดิมหรือมีการใส่กลับ (Replacement) ในกรณีที่
 - มีการแตกหักหรือหลวมของสกรู
 - มีการแตกหักของฟันหลัก

- มีการปรับปรุงส่วนของ ฟันปลอมที่บูรณะหลังการสูญเสียรากเทียม
 - มีการผ่าตัดซ้ำใหม่
2. สามารถใช้ในบริเวณที่มีระยะห่างระหว่างสันเหงือกน้อย
 3. ไม่มีการตกค้างของซีเมนต์ในร่องเหงือก

ข้อเสียของฟันปลอมชนิดที่ใช้สกรูยึด

1. เนื่องจากเป็นส่วนโครงสร้างด้านบนที่เกิดแรงกระทำบนชิ้นงานที่บูรณะทำให้เกิดการหลวมหรือการแตกหักของสกรูได้ และเกิดแรงกระทำอย่างรวดเร็วต่อพื้นผิวของรากเทียม (Zarb และคณะ ,1990)
2. ต้องการการดูแลรักษามากกว่าเนื่องจากสกรูอาจหลวมหรือแตกหัก
3. ความสวยงามอาจน้อยกว่าถ้าตำแหน่งของการฝังรากเทียมค่อนข้างมาทางด้านหน้ามากเกินไป
4. ไม่สามารถสร้างจุดสบได้ครบทุกตำแหน่งบนด้านบดเคี้ยวในบริเวณที่เป็นรูของสกรู

ฟันปลอมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด

ข้อดีของการใช้ ฟันปลอมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด

1. ช่วยให้เกิดความสวยงาม
2. ช่วยให้เกิดการสบฟันที่เหมาะสม (Herbal และคณะ, 1997)
3. เกิดความแนบแบบที่ไม่เกิดแรงกระทำต่อโครงสร้างส่วนบน
4. การยึดติดง่าย
5. ใช้เทคนิคแบบปกติของการใส่ครอบฟัน
6. อัตราการเกิดการแตกหักของอคริลิกเรซินและพอร์ซเลนน้อยกว่าทำให้การกลับมาตรวจเป็นระยะน้อยครั้งกว่า (Misch และคณะ , 1993)
7. การมีซีเมนต์ช่วยยึดติดคั่นกลางเป็นเสมือนเบาะกันกระแทก (Singer และคณะ ,1996)

ข้อเสียของการใช้ฟันปลอมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด

1. ไม่สามารถทำให้เกิดการคืนกลับได้หากฟันปลอมที่บูรณะมีปัญหาเกิดขึ้นและต้องการปรับปรุงแก้ไขโดยขึ้นฟันปลอมไม่เกิดการเสียหายกรณีของการใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรยึด
2. ไม่สามารถใช้ในบริเวณที่มีระยะห่างระหว่างสันเหงือกน้อยหรือฟันหลักสั้น

จากข้อดีของฟันปลอมติดแน่นชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด จึงมีความนิยมนำรากเทียมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึดมาใช้กรณีทดแทนฟันที่หายไปเพียงหนึ่งซี่หรือบางซี่ (Kerbyและคณะ,1992) ในงานทันตกรรมประดิษฐ์ชนิดติดแน่นมีการเลือกใช้ทั้งซีเมนต์ชนิดถาวรและซีเมนต์ชนิดชั่วคราวขึ้นอยู่กับลักษณะงานทางคลินิก ในกรณีที่งานครอบฟันนั้นมีคุณลักษณะที่ดี มีโอกาสเสี่ยงในการเกิดความล้มเหลวต่ำ มักต้องการการยึดติดกับซี่ฟันด้วยแรงยึดที่สูงจากซีเมนต์ชนิดถาวรเพื่อให้ยังคงมีการยึดติดที่ดีอยู่เมื่อผ่านการบดเคี้ยว ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดซีเมนต์จึงส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จในระยะยาวทางคลินิกของการใช้รากเทียมรูปแบบนี้

คุณสมบัติของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เป็นซีเมนต์ชนิดถาวรที่มีประวัติการใช้งานที่ยาวนานในวงการทันตกรรมเนื่องจากการใช้งานสะดวก มีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่ดี มีราคาถูกและยังมีผลการใช้งานที่น่าพอใจในระยะยาวเมื่อมีการติดตามผล จึงเป็นสิ่งสำคัญในการนำซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มาศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ในงานทันตกรรมรากเทียม

ส่วนประกอบด้วยซิงค์ออกไซด์ 90 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเหลวประกอบด้วยฟอสฟอริก 67 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือคือน้ำ 33 เปอร์เซ็นต์ เพื่อควบคุมการแตกตัวเป็นไอออนของกรด ซีเมนต์ชนิดนี้ถ้าผสมอย่างพอเหมาะจะให้ความหนาของแผ่นฟิล์มตามข้อกำหนดของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา ลำดับที่ 8 (ADA specification No.8) ข้อดีของซีเมนต์ชนิดนี้คือมีค่ากำลังอัดและความแข็งแรงหลังการก่อตัวสูง (ตารางที่1) เป็นฉนวนกันความร้อนได้ มีความหนาของแผ่นฟิล์มบาง และสามารถกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกได้ง่าย (ตารางที่2) แต่ยังมีข้อด้อยเช่น มีความเป็นกรดสูงในช่วงแรกของการก่อตัวอาจเกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน และไม่เกิดการเชื่อมยึดกับโครงสร้างของฟันด้วยพันธะทางเคมี

ตารางที่1 คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

ซีเมนต์	กำลังแรงอัด (Mpa)	กำลังแรงดึง (Mpa)	มอดุลัสยืดหยุ่น (Mpa)	แรงยึดต่อเนื้อฟัน (Mpa)
ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์	96-133	3.1-4.5	9.3-13.4	0

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

ซีเมนต์	การละลายในน้ำ (เปอร์เซ็นต์ใน 24 ชั่วโมง)	เวลาการแข็งตัวที่ 37 องศาเซลเซียส (นาที)	ความหนาของฟิล์ม ซีเมนต์ (ไมโครเมตร)
ซิงค์ฟอสเฟต ซีเมนต์	0.2	5-9	25

ปัจจุบันมีรากเทียมหลายระบบที่มีส่วนครอบฟันด้านบนยึดติดด้วยซีเมนต์ ขั้นตอนในการยึดขึ้นงานด้วยซีเมนต์นั้นลอกเลียนแบบวิธีการบูรณะด้วยฟันปลอมติดแน่นวิธีปกติที่ยึดติดกับฟันธรรมชาติ ช่องว่างที่เตรียมสำหรับเป็นที่อยู่ของซีเมนต์ระหว่างครอบฟันและฟันหลักนั้นมีผลต่อการเกิดความคลาดเคลื่อนและต่อความแนบสนิทของชิ้นฟันปลอมหลังยึดติด เมื่อทำการยึดขึ้นงานฟันปลอมเข้ากับฟันธรรมชาติหรือกับรากเทียม ทันตแพทย์ไม่ควรคำนึงถึงแต่คุณสมบัติด้านการยึดติดเพียงอย่างเดียวแต่ควรคำนึงถึงช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ใช้ยึดติดด้วย ช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มากเกินไปส่งผลให้ความสามารถในการยึดของชิ้นงานบูรณะลดลง เกิดการอ้าตามขอบ (Marginal opening) ของชิ้นงานที่บูรณะในระดับที่มากเกินไปจนยอมรับได้และนอกจากนั้นยังส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงระดับด้านบดเคี้ยวหลังยึดติดอีกด้วย (Craig RG และคณะ, 1993) ดังนั้นการเตรียมช่องว่างเพื่อให้มีการใส่ที่สนิทในงานครอบฟันจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนบริเวณขอบและการเปลี่ยนแปลงระดับด้านบดเคี้ยวหลังยึดติด นอกจากนี้การใส่ที่สนิทยังส่งผลให้การยึดอยู่เพิ่มขึ้นด้วย (Kaufman และคณะ, 1966)

วิธีการปรับปรุงการใส่ครอบฟันให้สนิทในงานฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์

การช่วยปรับปรุงให้เกิดการใส่ครอบฟันที่สนิททำได้โดยการลดแรงไฮโดรไดนามิกจากการยึดด้วยซีเมนต์ซึ่งทำได้โดยสองวิธีการคือ การทำร่อง (Venting) และการระบายด้านใน (Internal relief)

1. การทำร่อง

มีการศึกษาพบว่าการทำด้านบดเคี้ยวให้มีรูทะลุเป็นการช่วยลดความหนาของฟิล์มซีเมนต์ใต้ชั้นครอบฟัน และยังพบว่าเป็นการช่วยให้การใส่ครอบฟันสนิทขึ้น (Jorgensen ,1960 ; Cooper และคณะ,1961; Kaufmanและคณะ,1966 ; Bassett ,1966) แต่มีข้อด้อยเนื่องจากหากเกิดการละลายตัวของซีเมนต์ที่ใช้ยึดจะเกิดการหลุดของครอบฟันและฟันผู้ในฟันธรรมชาติได้

2. การระบายด้านใน

ทำได้โดยวิธีการดังนี้

- 2.1 การกรอเพิ่มช่องว่าง (Mechanical grinding)
- 2.2 การแต่งแบบซี่ฝังภายใน
- 2.3 การกัดกรด (Etching with aqua regia)
- 2.4 การใช้ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical milling)
- 2.5 การใช้สารคั่นแบบ (Die spacer)

สองวิธีการแรกเป็นวิธีที่ค่อนข้างหยาบ ไม่แน่นอน และไม่สามารเตรียมให้มีช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่เท่ากันตลอดได้ ส่วนวิธีการที่สามไม่สามารถใช้กับครอบฟันชนิดโลหะผสมเซรามิก (Ceramometal crown) ได้ ใช้เวลาค่อนข้างมาก และต้องใช้อุณหภูมิสูง วิธีการใช้ไฟฟ้าเคมีมีผู้นิยมใช้แต่สารเคมีที่ใช้คือโปตัสเซียมไฮยไดรอกไซด์ค่อนข้างเป็นอันตราย การใช้สารคั่นแบบเป็นวิธีที่นิยมที่สุด โดยการทาแบบหล่อปูนหลายชั้น มีระยะห่างจากขอบฟันที่กรอ 0.5-1 มิลลิเมตร การทาสามารถเปลี่ยนแปลงจำนวนชั้นที่ทาได้และจะส่งผลถึงขนาดช่องว่างด้านในแบบซี่ฝังและครอบฟันแต่ขนาดช่องว่างที่เกิดอาจมีขนาดมากหรือน้อยกว่าขนาดความหนาของสารคั่นแบบที่ทาได้เนื่องจากกระบวนการสร้างครอบฟันที่มีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องหลายปัจจัย

การศึกษาถึงผลของสารคั่นแบบ

Hollenback ปี1928 กล่าวไว้ว่าปัญหาใหญ่ในการยึดครอบฟันด้วยซีเมนต์คือการใส่ครอบฟันให้เกิดความแนบสนิทกับฟันหลัก (Complete seating) มีหลายเทคนิควิธีการในการทำให้ใส่ครอบได้แนบและเร็วขึ้น คือการออกแบบให้มีการเพิ่มช่องว่างตามแนวแกนฟันระหว่างผิวด้านในของครอบฟันกับฟันหลัก ซึ่งทำได้หลายวิธีการได้แก่การกัดกรด (Hollenback,1928) การใช้สารเคมีร่วมกับไฟฟ้าปรับสภาพผิว (Bassett,1966) การใช้การขยายตัวของอินเวสต์เมนต์ในกระบวนการเหวี่ยงโลหะ (Pascoe,1983) และการใช้สารคั่นแบบ (Grajower,1989) สารคั่นแบบใช้สำหรับเตรียมให้มีช่องว่างสำหรับความหนาของซีเมนต์ตามแนวแกนฟันและบนด้านบดเคี้ยวเพื่อช่วยลด

ความดันไฮโดรลิกที่เกิดระหว่างการยึดซีเมนต์ในช่วงแรก ทั้งยังช่วยกระจายซีเมนต์ด้วยความเสียดทานที่ต่ำ (Minimal friction resistance) ตลอดแนวแกนพื้น

ได้มีการศึกษาถึงผลของการใช้สารคั่นแบบที่มีต่อความคลาดเคลื่อนของความแนบสนิทของชั้นพื้นปอลอม Marker และคณะปี1987 ศึกษาถึงผลของการใช้สารคั่นแบบในพื้นพลาสติกและพบว่ามีการลดความคลาดเคลื่อนของความแนบสนิทของชั้นพื้นปอลอม

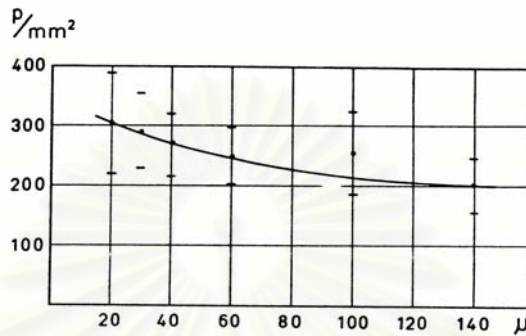
Wilson ปี1993 ศึกษาการเพิ่มขนาดช่องว่างสำหรับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ลอกเลียนแบบการใช้สารคั่นแบบ พบว่าทำให้เกิดข้อดีหลายประการ คือ

1. ลดเวลาในการใส่ครอบพื้นให้สนิท (Decrease time to seat) คือการใส่ได้สนิทขึ้น ใช้แรงในการใส่น้อยลงส่งผลให้ไม่เกิดการบิดเบี้ยวของครอบพื้น โดยในการศึกษาพบว่าขนาดช่องว่าง 0 ไมโครเมตร ขนาดแรงกด 25 นิวตัน ใช้เวลาในการใส่จนสนิท 564 วินาที ขนาดช่องว่าง 25 ไมโครเมตร ขนาดแรงกด 25 นิวตัน ใช้เวลาในการใส่จนสนิท 59.6 วินาที ส่วนขนาดช่องว่าง 40 ไมโครเมตร ขนาดแรงกด 25 นิวตัน ใช้เวลาในการใส่จนสนิท 16.3 วินาที การใส่เร็วทำให้ใส่ได้สนิทขึ้นทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดเท่านั้นและจะเกาะกลุ่มรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นประมาณ 100 ไมโครเมตร ซึ่งจะยังมีสภาพอ่อนนุ่มอยู่ระหว่างการใส่และจะกีดขวางไม่ให้เกิดการไหลของซีเมนต์ ส่งผลให้การใส่ไม่สนิท
2. ลดปริมาณความเครียดที่เกิดขึ้น(Strain) โดยในการศึกษาพบว่าขนาดช่องว่าง 40 ไมโครเมตร ใช้ขนาดแรงกด 25 นิวตัน จะเกิดความเครียดที่ครอบพื้นน้อยกว่าขนาดช่องว่าง 0 และ 25 ไมโครเมตร เป็นผลดีคือลดความดันไฮโดรลิกที่เกิดขึ้นซึ่งอาจทำให้ครอบพื้นเซรามิกแตกได้
3. ลดความไม่แนบสนิทจากการใส่(Seating discrepancy) โดยพบว่าลดมากที่สุดเมื่อใช้ขนาดช่องว่าง 40 ไมโครเมตร ซึ่งจะเกิดความไม่แนบสนิทจากการใส่เพียง 24 ไมโครเมตร แต่หากใช้ขนาดช่องว่าง 20 ไมโครเมตร จะเกิดความไม่แนบสนิทจากการใส่ถึง 202 ไมโครเมตร

ผลของสารคั่นแบบต่อค่าแรงยึดอยู่

มีการรายงานการศึกษาถึงผลของสารคั่นแบบที่มีต่อคุณสมบัติการยึดติดของครอบพื้นในพันธกรรมชาติในค่าที่ต่างกันไป Fusayama และ Iwamoto ปี1961 ศึกษาถึงคุณสมบัติด้านการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ต่อครอบพื้นกับพันธกรรมชาติพบว่าค่าแรงยึดเฉือนของซีเมนต์จะเพิ่มขึ้นถ้าลดขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ลงอยู่ในช่วง 31-38 ไมโครเมตร

Jorgensen และ Esbensen ปี 1968 ทดสอบค่าแรงยึดระหว่างครอบฟันและฟันหลักจำลอง โดยใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ผลเพิ่มขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์จาก 20 เป็น 140 ไมโครเมตร จะยิ่งลดค่าแรงยึดของครอบฟันลงประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 5) และการเปลี่ยนแปลงความหนาของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์มีผลปานกลางต่อค่าแรงยึด



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มซีเมนต์และการยึดอยู่

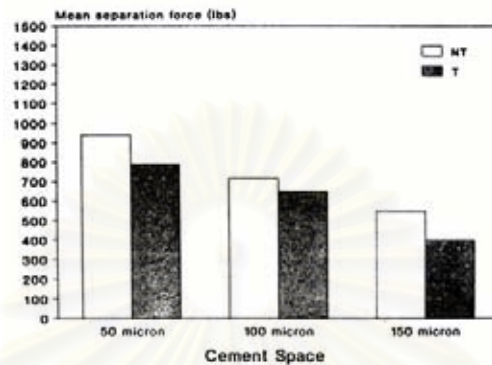
Eames และคณะปี 1978 รายงานว่ามีการเพิ่มขึ้นของการยึดอยู่ 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีการใช้สารคั่นแบบขนาดความหนา 25 ไมโครเมตรเทียบกับไม่ได้ใช้ เมื่อใช้ซีเมนต์ยึดติดชนิดซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เช่นเดียวกับ Hembree และ Cooper ในปี 1979 พบว่ามีการเพิ่มค่าแรงยึดเมื่อใช้สารคั่นแบบความหนา 4 ชั้น (ประมาณความหนา 25 ไมโครเมตร) เทียบกับไม่ได้ใช้ ในทางตรงกันข้าม Gegauff และ Rosentiel ปี 1989 พบว่าการไม่ใช้สารคั่นแบบให้ค่าแรงยึดครอบฟันเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มากกว่าค่าแรงยึดจากการใช้สารคั่นแบบ 1-6 ชั้น อย่างมีนัยสำคัญ

Mayhew และคณะ ปี 1982 ศึกษาค่าแรงยึดของครอบฟันโลหะเหลืองทอง พบว่าใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 44 ไมโครเมตร จะให้การยึดอยู่มากกว่าขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 113-255 ไมโครเมตร

Campagni และคณะ ปี 1982 แนะนำให้ใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 20-40 ไมโครเมตร

Vermilyea และคณะ ปี 1983 รายงานว่ามีการลดลงของการยึดอยู่ 32 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีการใช้สารคั่นแบบขนาด 40-50 ไมโครเมตร เมื่อใช้ซีเมนต์ยึดติดชนิดซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

Juntavee และ Millstien ปี 1992 พบว่าค่าแรงยึดครอบฟันลดลงเมื่อความหนาของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และเรซินซีเมนต์ โดยค่าแรงยึดของขนาดช่องว่าง 50 ไมโครเมตรต่างจากขนาด 100 ไมโครเมตรอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ค่าแรงยึดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มขนาดช่องว่างเป็น 150 ไมโครเมตร (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แสดงความแตกต่างทางสถิติของค่าแรงยึดที่สัมพันธ์กับขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์และการทำเทอร์โมไซคลิก

จากการรวบรวมข้อมูลจากหลายวรรณกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่ายังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนถึงขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์จากการใช้สารคั่นแบบ ที่มีขนาดเหมาะสมที่ให้ค่าแรงการยึดที่สูงสุด และยังไม่สามารถสรุปถึงผลของการเพิ่มหรือลดขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มีต่อค่าแรงยึดได้อย่างชัดเจน

การศึกษาถึงคุณสมบัติด้านการยึดอยู่ของซีเมนต์บนพื้นหลักรากเทียมชนิดที่ใช้ซีเมนต์ยึด

Kent และคณะปี 1997 ศึกษาแรงการยึดอยู่ของซีเมนต์ (Cement failure load) ของการยึดโกลด์ไชลินเดอร์กับพื้นหลักไททาเนียมเซอราวันหลังยึดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เทมบอนด์ และเทมบอนด์นอนยูจินอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีค่าแรงยึดสูงกว่าเทมบอนด์และเทมบอนด์นอนยูจินอลอย่างมีนัยสำคัญ

Clayton และคณะปี 1997 ศึกษาแรงการยึดอยู่ของซีเมนต์ 5 ชนิดที่มีต่อพื้นหลักไททาเนียมเซอราวัน พบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีค่าการยึดอยู่มากกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 164 เปอร์เซ็นต์และมากกว่าเรซินคอมโพสิตซีเมนต์ 49 เปอร์เซ็นต์

Covey และคณะปี 2000 ศึกษาขนาดของฟันหลักและชนิดของซีเมนต์ที่มีต่อการยึดอยู่ระหว่างโกลด์โซลินเดอร์กับฟันหลักไททาเนียมเซอราวัน พบว่าซีเมนต์ชนิดถาวรให้ค่าการยึดอยู่มากกว่าซีเมนต์ชนิดชั่วคราวถึง 3 เท่าและผลจากขนาดของฟันหลักจะมีอิทธิพลต่อการยึดอยู่เมื่อใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรเท่านั้นและพบว่าค่าการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ต่อฟันหลักไททาเนียมเซอราวันขนาดมาตรฐานเท่ากับ 307 นิวตัน ในขณะที่ค่าการยึดอยู่ของซิงค์ออกไซด์ยูเรเนียมซีเมนต์ต่อฟันหลักไททาเนียมเซอราวัน ขนาดมาตรฐานเท่ากับ 100 นิวตัน

Kivance ปี 2002 ศึกษาค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์บนฟันหลักรากเทียมระบบไอทีไอ (ITI Implants, Straumann USA, Waltham, MA, USA) โดยใช้ครอบฟันพลาสติกสำเร็จรูปเหวี่ยงเป็นโลหะ พบว่าค่าแรงยึดบนฟันหลักที่มีความสูง 4 มิลลิเมตร มีขนาด 49.7 นิวตัน ส่วนค่าแรงยึดบนฟันหลักที่มีความสูง 7 มิลลิเมตร มีขนาด 94.6 นิวตัน

Ahmed และคณะปี 2002 ศึกษาค่าแรงยึดของซีเมนต์บนฟันหลักรากเทียมระบบไอทีไอ โดยใช้ครอบฟันพลาสติกสำเร็จรูปเหวี่ยงเป็นโลหะ พบว่าค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์บนฟันหลักที่มีความสูง 5.5 มิลลิเมตร มีค่า 10.9 กิโลกรัม (106.8 นิวตัน) และค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีค่าสูงกว่าเทมบอนด์ซีเมนต์ แต่มีค่าต่ำกว่าเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ

จากวรรณกรรมข้างต้นจะเห็นได้ว่ายังมีการศึกษาถึงค่าแรงยึดของซีเมนต์ในงานทันตกรรมรากเทียมไม่มากนัก และพบว่าค่าแรงยึดของซีเมนต์ชนิดชั่วคราวมีค่าต่ำกว่าซีเมนต์ชนิดถาวร และค่าแรงยึดของซีเมนต์ชนิดถาวรก็มีค่ามากขึ้นแตกต่างกันไปตามชนิดและแตกต่างกันไปจากค่าที่ศึกษาได้ในพันธุกรรมชาติ นอกจากนี้ รูปร่าง ความสูง และพื้นที่ผิวที่แตกต่างกันของฟันหลักรากเทียมก็มีอิทธิพลต่อค่าแรงยึดของซีเมนต์ทุกชนิด

การศึกษาขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มีต่อการยึดอยู่ของครอบฟันบนฟันหลักรากเทียม

มีเพียงการศึกษาเดียวคือ Dixon และคณะปี 1992 ศึกษาขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มีปริมาณพอเหมาะที่จะลดความไม่แนบสนิทขณะใส่ชิ้นงานบนฟันหลักรากเทียมและผลของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มีต่อค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟัน โดยไม่ได้ผ่านการให้แรงความล้า พบว่าการเตรียมให้มีขนาดช่องว่างของซีเมนต์จะลดความไม่แนบสนิทขณะใส่ชิ้นงานบนฟันหลักราก

เทียมและเพิ่มค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟัน โดยความหนาของขนาดช่องว่างของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ขนาด 0.000 นิ้ว (0 ไมโครเมตร) มีค่าแรงยึดอยู่ที่ต่ำกว่า ขนาดช่องว่าง 0.003 นิ้ว (75 ไมโครเมตร) อย่างมีนัยสำคัญ และค่าแรงยึดอยู่จากขนาดช่องว่าง 0.003 นิ้ว มีค่ามากที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากขนาดช่องว่าง 0.001 และ 0.002 นิ้ว (25 และ 50 ไมโครเมตร)

แรงจากการบดเคี้ยว

ระบบบดเคี้ยวประกอบด้วยกรเคี้ยว กลืน พุด ทำงานเป็นระบบภายใต้การควบคุมของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่มีหน่วยรับสัมผัสในฟัน อวัยวะปริทันต์ ริมฝีปาก ลิ้น กระพุ้งแก้ม เพดานปาก กล้ามเนื้อ เอ็น ข้อต่อขากรรไกร รับส่งสัญญาณให้มีปฏิกิริยาตอบสนอง (Reflex action) การทำงานเพื่อป้องกันตัวเองไม่ให้ได้รับแรงบดเคี้ยวมากเกินไปขีดความสามารถของอวัยวะรับแรง ให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นจังหวะอย่างต่อเนื่องบดอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน (Graft ,1969)

ความเร็วในการเคลื่อนขากรรไกรล่างขึ้นลงในแต่ละรอบวงเคี้ยวอาหารมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล โดยที่ขากรรไกรล่างเคลื่อนลงล่างได้เร็วกว่าการเคลื่อนขึ้น และเคลื่อนที่ช้าลงเมื่ออาหารถูกบดให้ละเอียดเพิ่มมากขึ้น ระยะทางการเคลื่อนที่ลงล่างของขากรรไกรล่างเท่ากับ 64-135 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีความเร็วของการเคลื่อนที่เท่ากับ 49-120 รอบต่อนาที เฉลี่ยเท่ากับ 80 รอบต่อนาที ขึ้นกับชนิดของอาหาร (Bate และคณะ , 1976)

แรงบดเคี้ยวอาหารมากน้อยมีความแตกต่างกันในแต่ละคน สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเด็ก เพศ ชนิดของอาหาร การทำงานของระบบบดเคี้ยวอาหาร การบูรณะฟัน และระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บ การศึกษาวัดแรงบดเคี้ยวในอดีตใช้วิธีติดตั้งเครื่องวัดแรง (Strain gauge transducer) ในฟันปลอมทั้งปากเฉพาะในแต่ละซี่ของฟันปลอมบนด้านซ้าย เพื่อคำนวณหาแรงในแต่ละตำแหน่ง แรงบดเคี้ยวในฟันธรรมชาติที่วัดด้วยเครื่องวัดแรงเฉพาะซี่ พบว่าแรงเกิดขึ้นสูงสุดบริเวณฟันกรามและฟันกรามน้อย โดยพบว่าฟันกรามซี่ที่1และซี่ที่2มีแรงบดเคี้ยวสูงสุดอยู่ในช่วง 390-800 นิวตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 565 นิวตัน และแรงบดเคี้ยวเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกับฟันกรามน้อย ฟันเขี้ยวและฟันหน้าตัดมีค่าเท่ากับ 288 นิวตัน 208 นิวตันและ 155นิวตันตามลำดับ (Craig ,1993)

Jorneus และคณะปี 1992 ศึกษาค่าแรงบดเคี้ยวที่เกิดบนครอบฟันซี่เดี่ยวบนฟันหลักรากเทียมพบว่าในผู้ป่วยแต่ละรายมีค่าที่ต่างกันอยู่ในช่วง 140-390 นิวตัน

ได้มีการใช้ชนิดซีเมนต์ช่วยยึดติดในงานฟันปลอมติดแน่นมากกว่าร้อยละ 10 และมีการพัฒนาความรู้มาโดยตลอด ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ควรระวัง คือ แรงจากการบดเคี้ยว การกลืน การกัดฟัน

และการฉุ่ฟัน ซึ่งควรมีการควบคุมในทางกลศาสตร์และกายภาพ หากต้องการให้มีการคงอยู่ของ ชิ้นงานฟันปลอมที่บูรณะและมีการคงอยู่ในการจับของกระดูกและรากเทียม

ครอบฟันที่ยึดด้วยซีเมนต์ได้รับแรงจากทั้งทิศทางแนวดิ่ง แนวข้างหรือแนวเฉียง (Vertical & lateral or oblique) โดย Graf และ Geering ปี1977 วัดได้จากเครื่องมือวัดค่าแรงในช่องปาก ใน บริเวณฟันเขวน(Pontic area) พบว่ามีแรงกระทำตามแนวด้านบดเคี้ยว-ขอบเหงือก (Occlusogingival) และด้านแก้ม-ด้านลิ้น (Buccolingual)

เมื่อรับแรงบดเคี้ยวครอบฟันอาจหลุดได้จากแรงบดเคี้ยวหรือแรงพาราฟังก์ชันอื่นๆ (Parafunctional force) คุณสมบัติที่ใช้ในการคงอยู่ของฟันหลัก คือการยึดอยู่และการต้านอยู่ การ ยึดอยู่เป็นคุณสมบัติที่ต้านการหลุดของชิ้นงานบูรณะในแนวการใส่ (Path of placement) การต้าน อยู่เป็นความสามารถในการป้องกันการหลุดจากแรงในแนวข้างหรือแนวเฉียง นอกจากนี้ความหนา ของฟิล์มซีเมนต์ ยังมีความสำคัญต่อการต้านอยู่ของชิ้นงานบูรณะ นิยามการต้านอยู่โดย Gilboe และTeteruck ปี1974 คือ รูปแบบที่จำเป็นในการเกิดความเสถียรระยะยาว (Long-term stability) ของชิ้นงานบูรณะ มีรายงานว่ายิ่งลดขนาดช่องว่างสำหรับความหนาของฟิล์มซีเมนต์จะยิ่งเพิ่มการ ต้านอยู่ แต่จะส่งผลให้สวมชิ้นงานยากขึ้น มีผลต่อความแนบบริเวณขอบหลังการยึดด้วยซีเมนต์ ความล้มเหลวทางด้านกลศาสตร์ของโครงสร้างฟันปลอมเกิดหลังจากการใช้งานหลายๆปี การเกิด การแตกหักบางครั้งอาจเกิดขึ้นไม่ได้ใช้งานและไม่สัมพันธ์กับการเคี้ยวอาหาร กระบวนการที่ทำให้ เกิดการแตกหักหลังการได้รับแรงหลายๆรอบ (Load cycle) เรียก ความล้มเหลวจากความล้า (Fatigue failure)

ความหนาของซีเมนต์

ความหนาของฟิล์มซีเมนต์มีอิทธิพลต่อความล้มเหลวจากความล้าในด้านการต้านอยู่ คือ ยิ่งบาง ยิ่งมี ความต้านทานสูง (Higher resistance value) อธิบายได้โดย Griffith's theory of flaws (Cotterell และ Mai , 1996) ดังนี้

1. วัสดุทุกชนิดมีข้อบกพร่องกระจายทั่วไปในเนื้อวัสดุ ภายใต้แรงกระทำข้อบกพร่องแต่ละอันจะ เป็นจุดเริ่มต้นของการเติบโตของรอยร้าว
2. ยิ่งวัสดุยิ่งหนามากข้อบกพร่องยิ่งมาก และมีโอกาสมีจุดเริ่มต้นของการแตกเพิ่มมากขึ้น ชั้น ของซีเมนต์ที่หนาจึงลดการต้านอยู่

การแตกหักจากความล้าเกิดจากรอยแตกเล็กๆและค่อยๆขยายแผ่จากอนุภาค (Grain) ของ วัสดุ เกิดเป็นรอยร้าวเล็กๆ (Microcrack) และนำไปสู่การแตกหักและความล้มเหลวได้ในบริเวณที่

มีความเค้นสะสมสูง เช่นบริเวณที่มีข้อบกพร่องหรือร่องของวัสดุจะเป็นบริเวณที่นำไปสู่เกิดการแตกหักได้สูง

การศึกษาการเติบโตของรอยแตก (Crack propagation) ในโพลีคาร์บอเนตซีเมนต์ที่มีความหนา 0.33 –3.22 มิลลิเมตร Schanobish และคณะปี 1993 พบว่ามีบริเวณของเนื้อวัสดุแข็ง (Zone of yielded material) เป็นด่านป้องกันการเกิดชั้นรอยแตก วัสดุยิ่งหนาปริมาณเนื้อวัสดุแข็ง (Yielded material) ต่อหน่วยยิ่งลดทำให้เกิดการเติบโตของรอยแตก (Crack growth) เร็วขึ้นในชิ้นงานที่หนา

การทดสอบความล้าโดยการให้แรงเป็นรอบ (Cyclic loading)

การทดสอบความล้าโดยการให้แรงช่วยในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุทางทันตกรรม แม้ว่าการทำให้เห็นผลต่างอย่างมีนัยสำคัญทางห้องปฏิบัติการในการทดสอบสภาวะความล้าจะยาก แต่ผลการทดสอบจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ทางคลินิกอย่างมาก ในการทดลองทางคลินิกอายุการใช้งานของวัสดุทางทันตกรรมที่ผ่านการทดสอบความล้าเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอันดับแรก แต่การที่จะให้ได้ผลการทดสอบทางคลินิกเป็นเรื่องยาก เนื่องจากไม่สามารถควบคุมการให้แรงและรูปแบบของแรงได้ เพราะอาจมีอิทธิพลจากปัจจัยอื่นของแต่ละบุคคลที่จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เกิดความล้าแตกต่างกัน ซึ่งทำให้ผลการทดสอบไม่สามารถนำมาอ้างอิงไปใช้ทางคลินิกได้ การทำการทดสอบด้วยกระบวนการให้แรงเป็นช่วงๆเลียนแบบลักษณะจริงทางสรีรวิทยาในการให้แรงแบบการเคี้ยวในขณะที่สามารถควบคุมสภาวะการทดลองได้ และให้อัตราแรงที่คงที่โดยให้แรงลงเป็นช่วงๆ (Intermittent) อย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบซึ่งการทดสอบลักษณะนี้เรียกว่าเป็นการทดสอบความล้าจากการรับแรง

Garey และคณะ 1994 ศึกษาพบว่าหลังการผ่านการให้แรงเป็นรอบของฟันปลอมชนิดยึดด้วยซีเมนต์บนรากเทียมระบบสเตอริออส (Steri-oss, Denar Corp. Anaheim, Calif.) โดยการให้แรงกดในแนวตั้งขนาด 4.6 กิโลกรัมผ่านแนวแกนด้วยความถี่ 2 รอบต่อวินาที จำนวน 691,200 รอบ ผลค่าแรงยึดอยู่ครอบฟันจะลดลง 2-10 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาพฤติกรรมทางกลศาสตร์ในด้านความล้าของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ฟิล์มที่ใช้ยึดครอบฟันธรรมชาติโดย Yamashita และคณะปี 2000 ศึกษาค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ระดับความหนาซีเมนต์ปกติของการทำครอบฟันในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ครอบฟันและฟันหลักจำลองทำด้วยทองเหลือง ผ่านการรับแรงเป็นรอบขนาด 50 ถึง 100 นิวตัน เป็นจำนวน 550,000 รอบ ความถี่ 1 รอบต่อวินาที ผลการทดลองไม่ปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าแรงยึดของซีเมนต์ หลังผ่านการให้แรงดังกล่าว

การทดสอบความล้าจากการรับแรงในงานพันปลอมชนิดติดแน่นที่ใช้ซีเมนต์ยึดบนพื้นหลักรากเทียมยังมีผู้ทำการศึกษาน้อยมากและยังไม่มีผู้ทำการศึกษาถึงผลของความล้าจากการรับแรงของครอบฟันเมื่อเตรียมครอบฟันให้มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาดต่างๆโดยวิธีการเตรียมช่องว่างจากการกลึงขึ้น ซึ่งจะเกิดความแม่นยำในการกำหนดขนาดช่องว่าง และเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีการสร้างแบบซีเมนต์แล้วเหวี่ยงเป็นครอบฟันตามวิธีทางห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่

การทดลองวิจัยนี้ในการเลือกทดสอบขนาดช่องว่างที่เหมาะสมสำหรับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ซึ่งเป็นซีเมนต์ที่ใช้มานานในวงการทันตกรรมและนอกจากนี้ ยังไม่เคยมีการศึกษาค่าแรงการยึดอยู่ของซีเมนต์ชนิดนี้ที่ระดับขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาดต่างๆของครอบฟันบนรากเทียมหลังผ่านการให้แรงความล้าเพื่อทดสอบความล้าจากการรับแรงในปริมาณ 750,000 รอบ ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้งานทางคลินิกเป็นระยะเวลา 9 เดือน (Gibbs และคณะ, 1986) การศึกษานี้จึงมุ่งศึกษาค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่จากขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ระดับต่างๆและการเปลี่ยนแปลงค่าแรงหลังผ่านการทดสอบความล้าจากการรับแรง ซึ่งการทดสอบทางกลศาสตร์นี้สามารถบอกข้อมูลเพิ่มเติมของค่าแรงยึดอยู่ของซีเมนต์หลังผ่านการใช้งานระยะเวลาดังกล่าวและเป็นวิธีการที่ช่วยให้ทราบถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการใช้งานทางคลินิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. พันหลักรากเทียมชนิดตรงระบบแองไคลอสขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร (Ankylos Balance Suprastructure System ; Straight posterior version, Degussa Dental GmbH & Co, KG)
2. รากเทียมจำลองระบบแองไคลอสขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร(Implant fixture analog , Degussa Dental GmbH & Co, KG .)
3. โลหะผสม S45C
4. อะคริลิกชนิดบ่มเอง (Tokuso curefast, Tokuyama Dental Corp. Tokyo, Japan)
5. ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (PhosphaCEM PL, Vivadent Liechtenstein, Germany)
6. น้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์ (Removalon I, Premier Dental Products Co., Norristown, Pa.)
7. น้ำกลั่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมชิ้นงานในการทดสอบ

ขั้นตอนการเตรียมพื้นหลักรากเทียมจำลอง

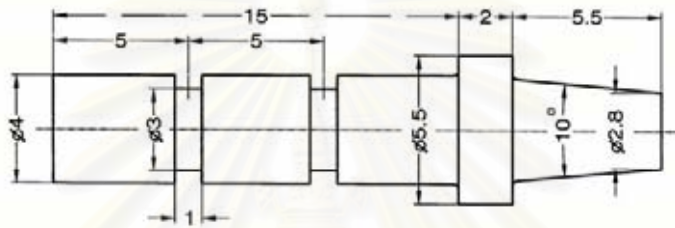
วัดขนาดพื้นหลักรากเทียมระบบแองไคลอสชนิดตรง ขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร (Ankylos Balance Superstructure System, Straight posterior version) โดยใช้เครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (ROI, Ram Optical Instrument) ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (รูปที่ 7) เครื่องจะขยายภาพขนาดชิ้นงานจากกล้องส่องกำลังขยายสูง แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถทำการวัดขนาดชิ้นงานได้ละเอียดมากมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ทศนิยมห้าตำแหน่ง



รูปที่ 7 เครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (ROI, Ram Optical Instrument)

ทำการวัดขนาดพื้นหลักในแต่ละบริเวณอย่างละเอียด โดยใช้ทศนิยมห้าตำแหน่ง หน่วยเป็นมิลลิเมตร แต่ละตำแหน่งวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้เป็นต้นแบบในการออกแบบจำลองพื้นหลักรากเทียมในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมออโตแคท (Auto-CAD) โดยออกแบบให้ส่วนของพื้นหลักรากเทียม(Implant abutment) ต่อเนื่องไปกับรากเทียมจำลอง (Implant fixture analog) บริเวณฐาน พื้นหลักรากเทียมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณบ่า 5.5 มิลลิเมตร ความสูง 5.5 มิลลิเมตร องศาความสอบ 10 องศา ส่วนของรากเทียมจำลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ความสูง 15 มิลลิเมตร และมีร่องบากโดยรอบเพื่อเพิ่มการยึด

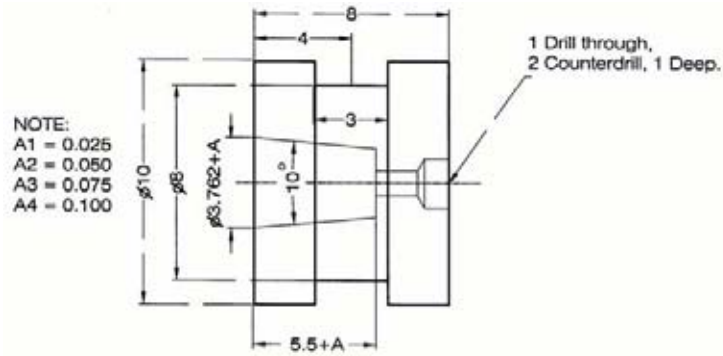
อยู่ (รูปที่ 8) หลังจากนั้นได้ทำการสร้างพื้นหลักรากเทียมจำลองโดยการกลึงขึ้นโลหะจากเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Computer numerical control, CNC) ของสถาบันคั้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุมขนาดของพื้นหลักรากเทียมจำลอง ใช้โลหะสตีลเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง S45C ในการสร้างชิ้นงาน จำนวน 10 ชิ้น หลังจากนั้นนำชิ้นงานจำลองที่สร้างกลับเข้าเครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจคเตอร์เพื่อตรวจสอบขนาดทุกบริเวณซ้ำอีกครั้ง ทำให้ได้พื้นหลักรากเทียมจำลองที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาก โดยพื้นหลักจำลองทั้ง 10 ชิ้นมีค่าขนาดความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 ไมครอน



รูปที่ 8 รูปร่างและขนาดของแบบจำลองพื้นหลักรากเทียมต่อเนื่องไปกับรากเทียมจำลองเป็นชิ้นเดียวกัน หน่วยเป็นมิลลิเมตร

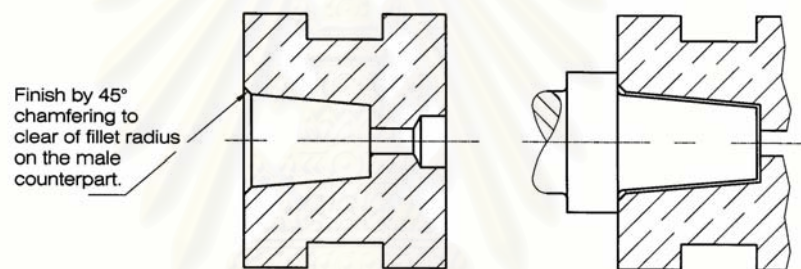
ขั้นตอนการเตรียมครอบฟันจำลอง

ทำการออกแบบขนาดและรูปร่างของครอบฟันจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (AutoCAD) ขนาดภายนอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร บริเวณภายนอกครอบฟันด้านข้างเป็นแอ่งเว้ารูปสี่เหลี่ยมรอบครอบไว้สำหรับจับยึดชิ้นงานตอนทดสอบค่าความแข็งแรง กำหนดขนาดภายในให้มีรูปร่างเท่าพื้นหลักรากเทียมจำลอง แต่ให้มีขนาดใหญ่กว่าโดยรอบเพื่อเตรียมช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 4 ขนาด คือ 25, 50, 75 และ 100 ไมโครเมตร จำนวนขนาดละ 10 ชิ้นงาน บริเวณกึ่งกลางด้านบดเคี้ยว จะระบุให้เป็นทางไหลออกของซีเมนต์ส่วนเกินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. และเป็นบริเวณที่ใช้กำหนดตำแหน่งการให้แรงความล้าลงที่จุดเดิมที่กำหนด (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 รูปร่างและขนาดของแบบจำลองครอบพื้นบนพื้นหลักรากเทียม

ขนาดภายในส่วนฐานของครอบพื้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.762 มิลลิเมตร เท่าขนาดพื้นหลักรากเทียมจำลอง บริเวณขอบล่างที่ชนกับขาของพื้นหลักปาดขอบโดยรอบทำมุมขนาด 45 องศาเพื่อให้ครอบพื้นใส่ได้สนิทบนพื้นหลักจำลอง (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 แสดงการสวมครอบพื้นได้สนิทบนพื้นหลักรากเทียมจำลอง

ทำการกลึงชิ้นงานตามแบบโดยอาศัยเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ได้ชิ้นงานขนาดมาตรฐานโดยขนาดภายในเท่ากับพื้นหลักรากเทียมจำลองก่อน ส่วนที่พื้นผิวด้านในที่ต้องการเตรียมไว้สำหรับซีเมนต์ทำการกัดกร่อนด้วยเครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้า (Spark EDM) โดยการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าจากปริมาณพื้นผิวช่องว่างที่ต้องการเตรียมรวมกับการใช้ระยะเวลาที่แม่นยำในการกัดกร่อน และใช้แท่งทองเหลืองที่กลึงขึ้นตามขนาดที่ต้องการเป็นอิเล็กโตรด ทำให้ได้ขนาดและรูปร่างภายในของครอบพื้นจำลองทั้ง 4 ขนาดดังกล่าว โดยมีขนาดละ 10 ชิ้นงาน รวมเป็น 40 ชิ้นงาน

ขั้นตอนการฝังยึดรากเทียมจำลองในกล่องอะคริลิก

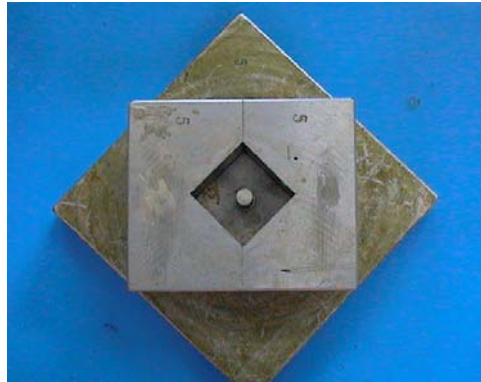
สร้างเบ้าโลหะสำหรับหล่อยึดรากเทียมจำลองให้ฝังอยู่ในกล่องอะคริลิกขนาดกว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร โดยกลึงเบ้าโลหะให้มีขนาดดังกล่าวในลักษณะ ถอดชิ้นส่วนประกอบได้ บริเวณฐานมีช่องขนาดเท่าส่วนบนของรากเทียมจำลองอยู่กึ่งกลางฐาน เพื่อใช้ฝังยึดส่วนหัวของรากเทียมจำลองให้จมอยู่ในฐานโลหะ (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 แสดงแทนฐานของเบ้าโลหะสำหรับหล่อกล่องอะคริลิก มีช่องสำหรับส่วนหัวของ ฟันหลักรากเทียมจำลองฝังอยู่บริเวณฐาน



รูปที่ 12 เบ้าโลหะสำหรับหล่อยึดรากเทียมจำลองให้ฝังอยู่ในกล่องอะคริลิก ในลักษณะ ถอดชิ้นส่วนประกอบได้ มีส่วนหัวของฟันหลักรากเทียมจำลองฝังอยู่บริเวณฐาน



รูปที่ 13 เบ้าโลหะสำหรับหล่อยึดรากเทียมจำลองให้ฝังอยู่ในกล่องอะคริลิกในลักษณะประกอบแล้ว

ทำการฝังส่วนหัวของรากเทียมจำลองลงบนฐานให้ส่วนหัวจมจนถึงขอบล่างของบารากเทียมจำลอง โดยรากเทียมจำลองจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับฐานโลหะ(รูปที่12,13) ผสมอะคริลิกชนิดบ่มเองตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนดเทลงในเบ้าแบบจำลองโลหะที่ทาปิโตรเลียมเจลเมือ อะคริลิกเริ่มเข้าสู่ระยะใช้งาน (Dough stage) นำเบ้าแบบจำลองโลหะแช่น้ำเก็บในหม้ออัดความดันที่มีแรงดัน 2.5 บาร์ (Bar) เป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดฟองอากาศในเนื้ออะคริลิกและลดความร้อนที่เกิดจากการเกิดพอลิเมอร์(รูปที่14,15) จะได้ฟันหลักรากเทียมฝังอยู่ในกล่องอะคริลิกในลักษณะตั้งฉากกับฐานกล่องอะคริลิกทั้งด้านบนและล่างของกล่อง และมีส่วนหัวและป่าของรากเทียมจำลองอยู่พอดีขอบบนของกล่องอะคริลิก (รูปที่ 16,17)



รูปที่ 14 หม้ออัดความดัน



รูปที่ 15 กล่องอะคริลิกในหม้ออัดความดัน



รูปที่ 16 กล่องอะคริลิกที่โพลีเมอร์ไรเซชันสมบูรณ์แล้วสามารถถอดออกได้จากแบบหล่อ



รูปที่ 17 กล่องอะคริลิกที่ฝังรากเทียมจำลองทั้ง 10 ชิ้นในลักษณะตั้งฉาก

ขั้นตอนการทำความสะอาด การยึดครอบฟันบนพื้นหลักจำลองด้วยซีเมนต์

นำขึ้นครอบฟันจำลอง และพื้นหลักรากเทียมจำลองที่ยังยึดอยู่ในกล่องอะคริลิกแล้ว มาทำความสะอาดโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิก (Branson 5210, Branson Ultrasonic Co, Germany) ในน้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์ (Removalon I, Premier Dental Products Co., Norristown, Pa.) เป็นเวลา 30 นาที (รูปที่ 18,19)



รูปที่ 18 เครื่องอัลตราโซนิก

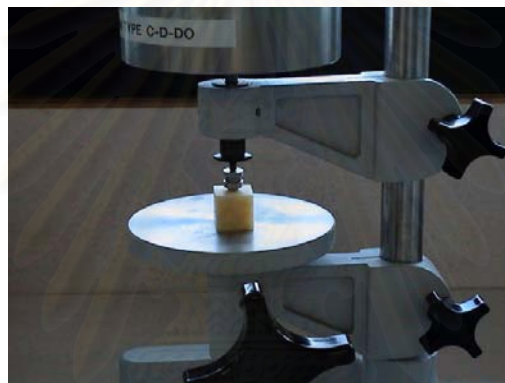


รูปที่ 19 น้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์

แล้วตามด้วยในน้ำกลั่น 10 นาที เป่าให้แห้ง หลังจากนั้นทำการสูบลอยอย่างพื้นหลักรากเทียมจำลองและครอบฟันจำลองในกลุ่ม 25 ไมโครเมตรทีละคู่ จนครบ 10 คู่ ทำการยึดครอบฟันโลหะจำลองเข้ากับพื้นหลักรากเทียมจำลองด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ผสมในอัตราส่วนผง : ส่วนเหลว 1.2 กรัม : 0.5 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เป็นเวลา 90 วินาที โดยการผสมบนแผ่นแก้วที่อุณหภูมิห้องตามคำแนะนำของผู้ผลิต ใส่ซีเมนต์ในชิ้นงานโลหะเหวี่ยงจากนั้นใช้แรงจากเครื่องกดชิ้นงานกับพื้นหลักที่ต่อกับรากเทียมจำลองซึ่งฝังอยู่ในอคริลิกเรซินด้วยแรงคงที่ 5 กิโลกรัมด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer model 471, Pacific transducer Co., CA, U.S.A.) เป็นเวลา 10 นาที เชื้อซีเมนต์ส่วนเกินออกก่อนซีเมนต์ก่อตัว เก็บชิ้นงานในน้ำกลั่นที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (รูปที่ 20,21,22)



รูปที่ 20 ชั่งปริมาณผงซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์บนเครื่องชั่งดิจิตอล



รูปที่ 21 กดชิ้นงานที่ยึดติดด้วยซีเมนต์แล้วด้วยแรง 5 กิโลกรัมบนเครื่องดูโรมิเตอร์



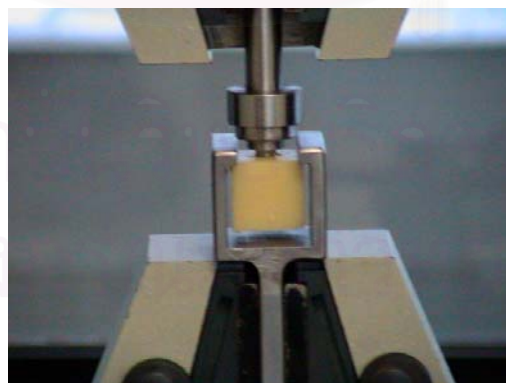
รูปที่ 22 ชิ้นงานที่ยึดติดด้วยซีเมนต์แล้ว

ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของการยึดอยู่

นำชิ้นงานทั้งหมดมาทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ด้วยเครื่องลloydอินสตรูเมนต์ (Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, U.K.) โดยตั้งค่าความเร็วหัวทดสอบ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาทีและใช้โหลดเซลล์ขนาด 10 กิโลนิวตัน ยึดชิ้นงานเข้ากับส่วนหัวต่อโดยให้ส่วนหัวต่อจับยึดครอบฟัน วางก ล่องอะคริลิกที่ยึดรากเทียมจำลองไว้บนฐานยึดในแนวระนาบ ปลดปล่อยให้ล่องอะคริลิกเป็นอิสระจากส่วนยึดบริเวณฐาน ไม่มีแรงกระทำต่อกันในช่วงเริ่มต้น และแนวการดึงครอบฟัน ตั้งฉากกับฐานล่องอะคริลิกที่ยึดรากเทียมจำลอง (รูปที่ 23)



รูปที่ 23 ทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ด้วยเครื่องลloydอินสตรูเมนต์



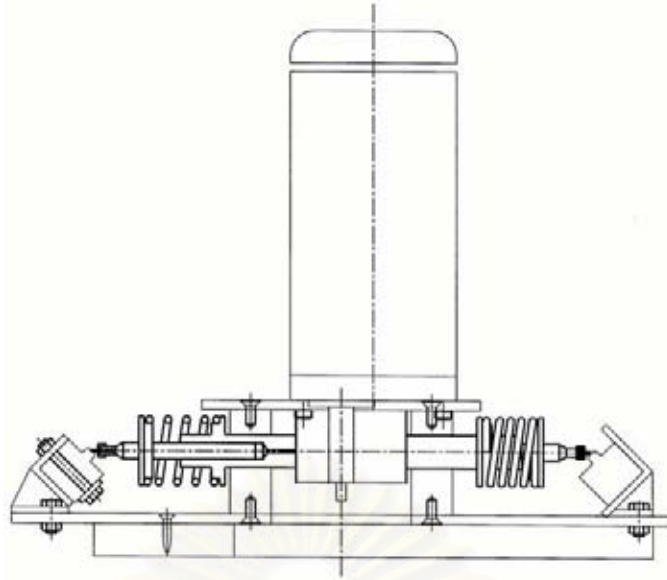
รูปที่ 24 หัวจับยึดกล่องอะคริลิกและครอบฟันในแนวตั้งฉากเพื่อทดสอบในเครื่องลloydอินสตรูเมนต์

ทำการทดสอบค่าแรงที่ได้จนครบทุกคู่และบันทึกค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่หน่วยเป็นนิวตัน นำครอบฟันจำลองและฟันหลักรากเทียมจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้วมาทำความสะอาดซ้ำในเครื่องอัลตราโซนิกโดยใช้น้ำยาทำความสะอาดซีเมนต์เป็นเวลา 30 นาที และน้ำกลั่น 10 นาที ตามลำดับ

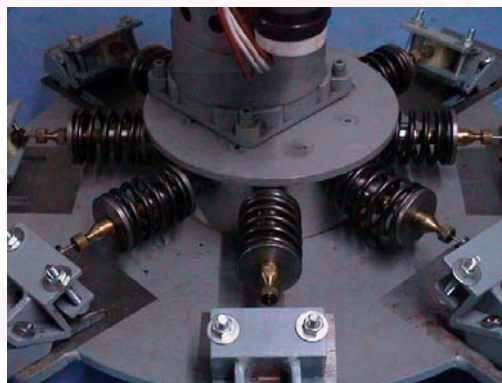
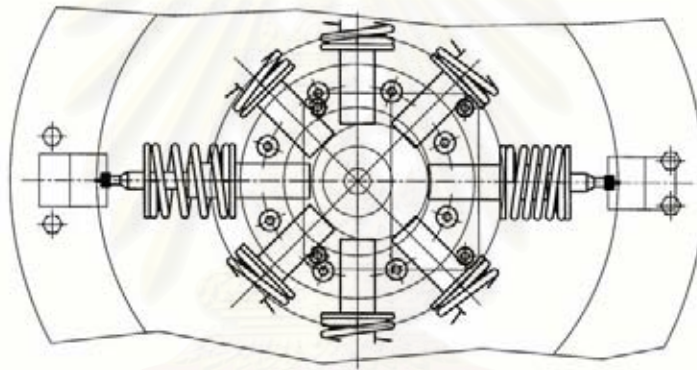
นำฟันหลักรากเทียมจำลองที่ยึดในกล่องอะคริลิกมาทำการสุ่มตัวอย่าง จับคู่กับครอบฟันจำลองที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 50, 75 และ 100 ไมครอน ที่ละกลุ่ม โดยทำการทดลองและเก็บผลค่าแรงที่ได้ตามขนาดของช่องว่างสำหรับซีเมนต์ จนครบทั้ง 4 กลุ่ม บันทึกค่าแรงที่ได้หน่วยเป็นนิวตัน

ขั้นตอนการทดสอบด้วยการให้แรงความล้า

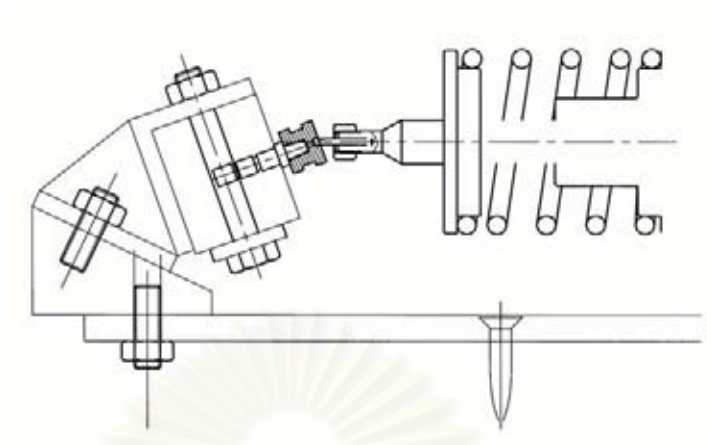
หลังจากทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันจำลองที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ครบทุกกลุ่มแล้ว ทำความสะอาดครอบฟันและฟันหลักรากเทียมจำลองในลักษณะเดิม ทำการสุ่มจับคู่ครอบฟันจำลองกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 25 ไมโครเมตร กับฟันหลักรากเทียมจำลองที่ละคู่จนครบ แล้วนำมายึดติดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ทำการทดสอบการใช้ครอบฟันซ้ำในกลุ่มครอบฟันจำลองที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เท่าเดิม การทดสอบยืนยันถึงความสามารถในการใช้ครอบฟันชุดเดิมยึดซ้ำโดยการยึดซ้ำไม่มีผลต่อค่าแรงการยึดอยู่ ทำการสุ่มจับคู่ครอบฟันจำลองและยึดซีเมนต์ซ้ำ นำชิ้นงานมาเก็บในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นงานที่ยึดเข้าติดตั้งในเครื่องให้แรงความล้า โดยให้แรงในขนาด 288 นิวตัน ความถี่ 0.5 รอบต่อวินาที ลักษณะการให้แรงเป็นจังหวะผ่านบริเวณจุดศูนย์กลางของครอบฟันโดยให้แรงลงท่ามุมกับแนวแกนฟัน 15 องศา จำนวน 750,000 รอบ ให้แรงพร้อมกันทีละ 8 คู่ชิ้นงานจากหัวกด โดยใช้สปริงเป็นตัวให้แรงจากเครื่องที่มีการขับเคลื่อนจากแกนกลางด้วยลูกเบี้ยวและตัวตามลูกเบี้ยว (รูปที่ 25, 26, 27) โดยมีการตรวจสอบค่าแรงจากระยะกวดของสปริงทั้งก่อนและหลังการให้แรงความล้า (รูปที่ 28) หลังจากครบจำนวนรอบแล้วนำมาทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่โดยใช้เครื่องลดยัดอินสตรูเมนต์



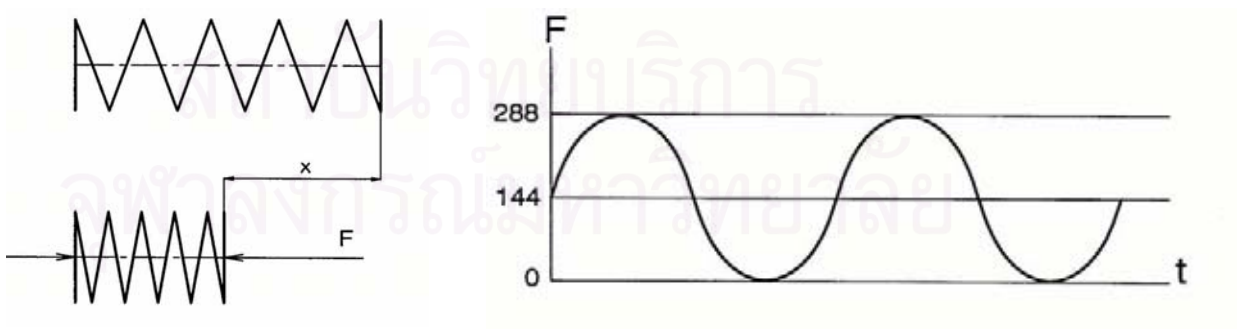
รูปที่ 25 เครื่องให้แรงความล้าแสดงการขับสปริงด้วยลูกเบี้ยวและตัวตามลูกเบี้ยว



รูปที่ 26 แผนภาพและเครื่องให้แรงความล้าให้แรงกระทำต่อชิ้นงานพร้อมกันทั้ง 8 ชิ้นจากหัวกด



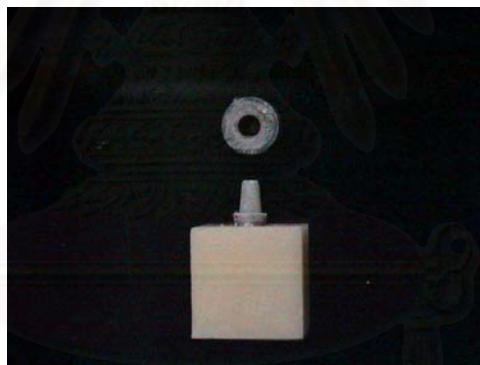
รูปที่ 27 แสดงการถ่ายทอดแรงจากสปริงผ่านหัวกดสู่ครอบฟันที่ยึดกับพื้นหลักบนกล่องอะคริลิก



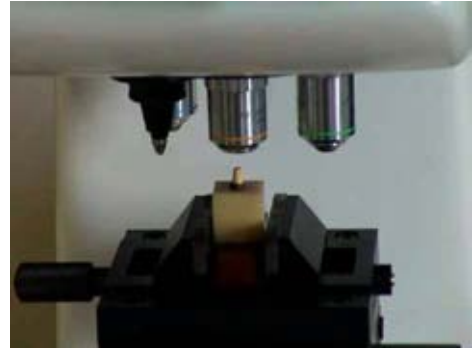
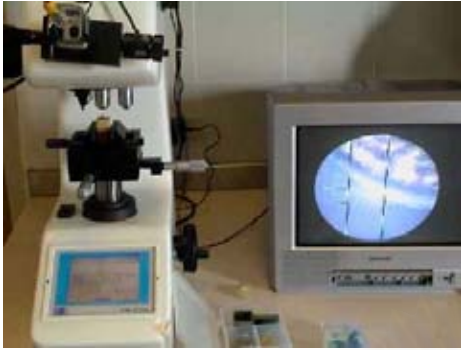
รูปที่ 28 แสดงระยะกดของสปริงให้แรงขนาด 288 นิวตัน

จากนั้นทำการทดสอบกลุ่มครอบฟันจำลองที่มีช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 50 75 และ 100 ไมโครเมตรตามลำดับ โดยมีการทดสอบการใช้ฟันหลักรากเทียมจำลองซ้ำในกลุ่มครอบฟันจำลองที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เท่าเดิม ก่อนเปลี่ยนกลุ่มครอบฟันจำลองใหม่ โดยค่าที่ได้จากการทดสอบทางสถิติยืนยันถึงความสามารถในการใช้ฟันหลักรากเทียมจำลองซ้ำ บันทึกค่าแรงที่ได้จากครอบฟันจำลองทั้ง 4 กลุ่มจนครบเป็นจำนวน 40 คู่ชิ้นงาน

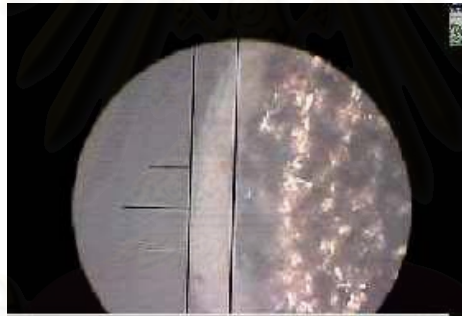
หลังจากการทดสอบค่าแรงยึดแล้วชิ้นงานครอบฟันจะหลุดจากฟันหลักและจะพบว่า มีชั้นของซีเมนต์หุ้มอยู่ที่ส่วนฟันหลัก(รูปที่29) ทำการขีดบริเวณส่วนรอยต่อของซีเมนต์กับฟันหลักให้เป็นระนาบเดียวกันเพื่อเห็นรอยต่อที่ชัดเจนแล้วนำชิ้นงานเข้าเครื่องวัดความแข็งผิวชนิดละเอียด (Microhardness tester FM-700e, Future-Tech Corp. Tokyo, Japan) ที่มีกล้องส่องกำลังขยายสูง (รูปที่30) เพื่อตรวจสอบชั้นความหนาของซีเมนต์ซ้ำ โดยใช้กล้องส่องกำลังขยายขนาด 100 เท่า วัดขนาดชั้นความหนาของซีเมนต์จากภาพขยายบนจอแสดงผลหน่วยเป็นไมโครเมตร(รูปที่31) ตรวจสอบฟันหลักที่ยึดกับครอบฟันทุกกลุ่ม ค่าขนาดที่ได้ของความหนาของซีเมนต์ในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันในทางสถิติ



รูปที่29 แสดงการติดของซีเมนต์ครอบฟันหลักกำลังขยาย 10 เท่าจากกล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (Stereo Microscope Model EMZ Series, MEIJI TECHO Co., Ltd., Japan)



รูปที่30 แสดงการตรวจสอบขนาดชั้นความหนาของซีเมนต์โดยใช้เครื่องวัดความแข็งผิว ชนิดละเอียดกำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่31 ภาพขยายแสดงชั้นความหนาของซีเมนต์จากจอแสดงผล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันจำลองทั้งหมดลงในตารางผลการทดลองแล้วทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส รุ่น 11.0 (SPSS version 11.0) วิเคราะห์ด้วยสถิติโคลโมโกรอฟ-สเมอนอฟ (Kolmogorov-Smirnov) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้วิเคราะห์การกระจายของข้อมูล จากการวิเคราะห์ข้างต้นข้อมูลมีความเหมาะสมในการนำสถิติแบบพาราเมตริกมาใช้ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้สถิติลิวน์สเทสต์ (Levene's test) ซึ่งใช้ในการทดสอบความเหมือนของค่าความแปรปรวน (Homogeneity of variances) ข้อมูลที่ทำการเก็บมาตรงตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพาราเมตริก คือมีการกระจายตัวแบบปกติ และมีค่าความแปรปรวน (Variances) ที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้สถิติแบบพาราเมตริกชนิดวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variances) ในการวิเคราะห์เพื่อดูผลของปัจจัย คือ ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparisons) ชนิดทูกีย์ (Tukey) กำหนดระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ สำหรับกลุ่มครอบฟันจำลองที่ผ่านการรับแรงความล้ม จากนั้นนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยก่อนและหลังการให้แรงความล้มด้วยการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ (Pair – sample t test) เพื่อดูผลของปัจจัยการให้แรงความล้ม กำหนดระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$

บทที่ 4

ผลการทดลอง

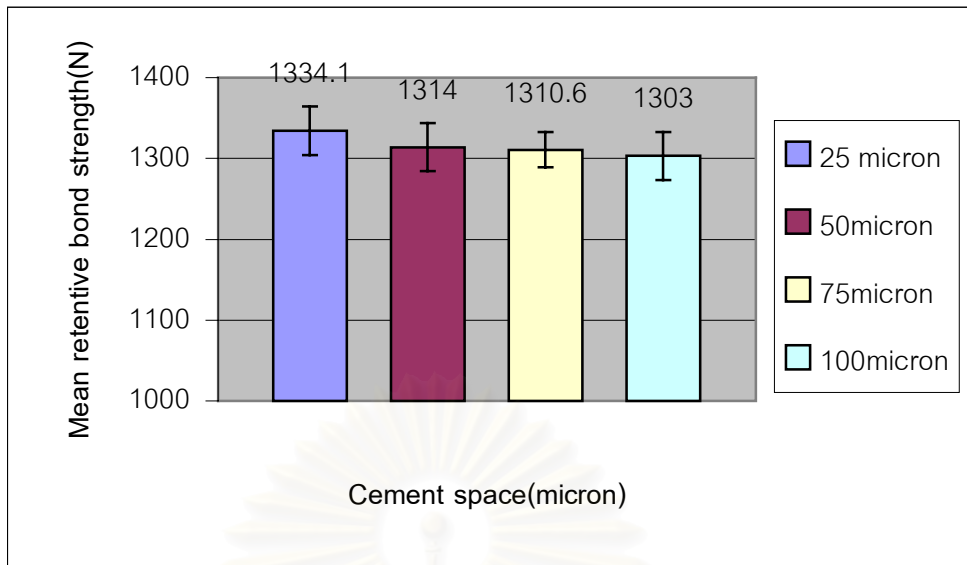
ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ระดับต่าง ๆ ก่อนผ่านการรับแรงความล้ม

บันทึกค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ทั้ง 4 ขนาด คือ 25 50 75 และ 100 ไมโครเมตร ครบทุกกลุ่มจำนวนกลุ่มละ 10 ซึ่่งงาน (ตารางที่ 7 ของภาคผนวก) นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วยเป็นนิวตัน) ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆก่อนผ่านการรับแรงความล้ม

Cement space (micron)	Retentive strength (N)	
	Mean	Standard deviation
25	1334.10	29.96
50	1314.00	29.65
75	1310.60	21.86
100	1303.00	29.50

จากการวิจัยพบว่าค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่แตกต่างกันทั้ง 4 ขนาด คือ 25 50 75 และ 100 ไมโครเมตรเมื่อยึดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เพียงชนิดเดียว ให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยที่ลดต่ำลงในกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างใหญ่ขึ้นโดยที่ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 25 ไมโครเมตร มีค่าสูงสุดคือ 1334.1 ± 29.96 นิวตัน ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 50 ไมโครเมตรมีค่ารองลงมาตามด้วยค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 75 ไมโครเมตร และค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 100 ไมโครเมตร มีค่าต่ำสุดคือ 1303 ± 29.5 นิวตัน (รูปที่ 33)



รูปที่ 33 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วยเป็นนิวตัน) ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆ ก่อนผ่านการรับแรงความล้า

เมื่อทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า $P > 0.05$ แสดงถึงการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลทุกกลุ่ม (ตารางที่ 9 ของภาคผนวก) ดังนั้นจึงทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว พบว่ามีความเท่ากันของความแปรปรวน (ตารางที่ 10 ของภาคผนวก) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (ตารางที่ 11 ของภาคผนวก) พบว่าค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ เมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เพียงชนิดเดียวยึด จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าอิทธิพลจากปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ในช่วง 25 ถึง 100 ไมโครเมตร ไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่เมื่อครอบฟันที่ยึดด้วยความหนาของซีเมนต์ระดับดังกล่าวยังไม่ผ่านการรับแรงความล้า (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงการแบ่งกลุ่มการเปรียบเทียบเชิงซ้อนปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ ก่อนผ่านการรับแรงความล้า

Cement space (micron)	N	Subset for alpha=.05
		1
100	10	1303.00
75	10	1310.60
50	10	1314.00
25	10	1334.10
Sig.		.079

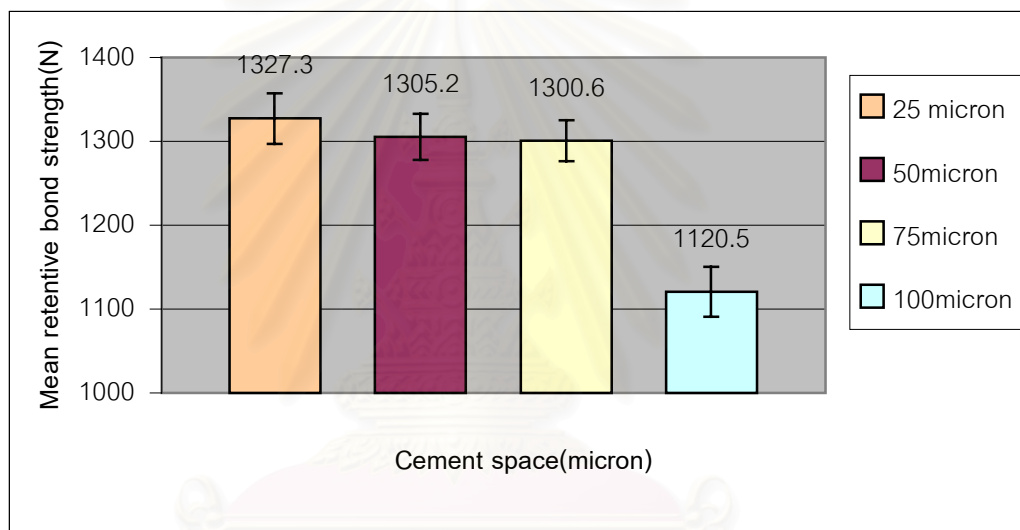
ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่ระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ระดับต่าง ๆ หลังผ่านการรับแรงความล้า

บันทึกค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ทั้ง 4 ขนาด คือ 25 50 75 และ 100 ไมโครเมตร เมื่อยึดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และผ่านการให้แรงความล้าขนาด 288 นิวตัน ความถี่ 0.5 รอบต่อนาที เป็นจำนวน 750,000 รอบครบทุกกลุ่มจำนวนกลุ่มละ 10 ชิ้นงาน (ตารางที่ 8 ของภาคผนวก) นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วยเป็นนิวตัน) ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆหลังผ่านการรับแรงความล้า

Cement space (micron)	Retentive strength (N)	
	Mean	Standard deviation
25	1327.30	30.11
50	1305.20	27.62
75	1300.60	24.45
100	1120.50	29.54

ผลการวิจัยพบว่าค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ทั้ง 4 ขนาด คือ 25 50 75 และ 100 ไมโครเมตรเมื่อยึดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เพียงชนิดเดียวหลังผ่านการให้แรงความล้า ให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยที่ลดต่ำลงในกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างใหญ่ขึ้นโดยที่ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 25 ไมโครเมตร มีค่าสูงสุดคือ 1327.3 ± 30.11 นิวตัน ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 50 ไมโครเมตรมีค่ารองลงมาตามด้วยค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 75 ไมโครเมตร และค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 100 ไมโครเมตร มีค่าต่ำสุดคือ 1120.5 ± 29.54 นิวตัน (รูปที่ 34) และมีค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยต่ำกว่าก่อนผ่านการรับแรงความล้าทุกขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับขนาดช่องว่างเดียวกันทุกกลุ่ม



รูปที่ 34 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วยเป็นนิวตัน) ของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆ หลังผ่านการรับแรงความล้า

เมื่อทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า $P > 0.05$ แสดงถึงการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลทุกกลุ่ม (ตารางที่ 12 ของภาคผนวก) ดังนั้นจึงทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว พบว่ามีความเท่ากันของความแปรปรวน (ตารางที่ 13 ของภาคผนวก) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (ตารางที่ 14 ของภาคผนวก) พบว่าค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์หลังผ่านการให้แรงความล้า เมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เพียงชนิดเดียวยึด

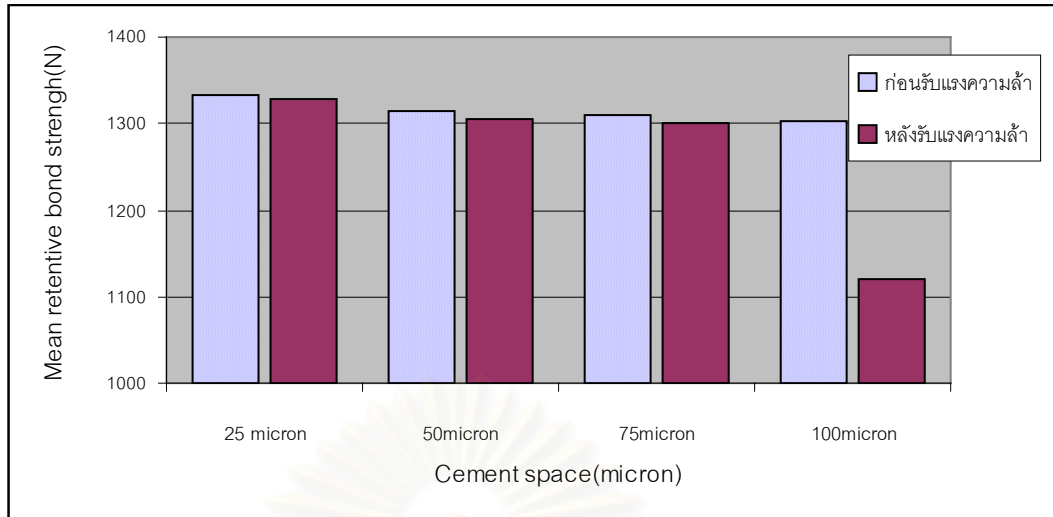
เมื่อทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีของทูกีย์ (ตารางที่ 15 ของภาคผนวก) สามารถวิเคราะห์ได้ว่าอิทธิพลจากปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ในช่วง 25 ถึง 100 ไมโครเมตร มีผล

ต่อค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ของครอบฟันที่ยึดด้วยซีเมนต์ฟอสเฟตซีเมนต์เมื่อผ่านการรับแรง
ความล้ม โดยที่ค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ทั้ง 3
ขนาด คือ 25 50 และ 75 ไมโครเมตร มีขนาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนค่า
ความแข็งแรงของการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ 100 ไมโครเมตร จะมี
ค่าน้อยกว่าทั้งสามกลุ่มข้างต้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงการแบ่งกลุ่มการเปรียบเทียบเชิงซ้อนปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์
หลังผ่านการรับแรงความล้ม

Cement space (micron)	N	Subset for alpha=.05	
		1	2
100	10	1120.50	
75	10		1300.60
50	10		1305.20
25	10		1327.30
Sig.			.163

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ
สองประชากรแบบจับคู่ (Pair – sample t test) พบว่าหลังผ่านการรับแรงความล้มค่าความแข็งแรง
ของการยึดอยู่ของครอบฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ทั้ง 3 ขนาด คือ 25 50 และ 75
ไมโครเมตร มีขนาดไม่แตกต่างกันกับก่อนผ่านการรับแรงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง
ขนาดเดียวกัน (ตารางที่ 16,17,18 ของภาคผนวก) แต่ค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ของครอบ
ฟันที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ 100 ไมโครเมตรมีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ
ก่อนผ่านการรับแรงความล้ม (ตารางที่ 19 ของภาคผนวก) แสดงถึงปัจจัยการให้แรงความล้มมี
ผลต่อกลุ่มที่มีระดับขนาดช่องว่างของซีเมนต์ 100 ไมโครเมตรอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 35)



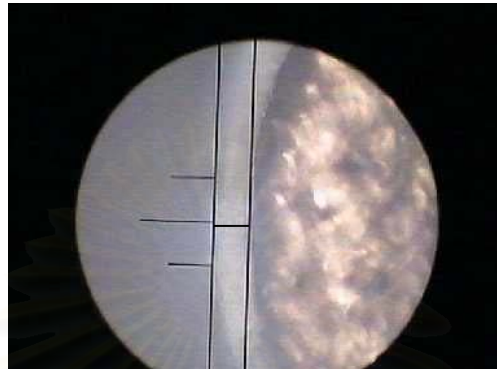
รูปที่ 35 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่เฉลี่ยของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ระดับต่างๆเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านการรับแรงความล้า

หลังการทดสอบค่าแรงยึดอยู่ทำการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo Microscope Model EMZ Series, MEIJI TECHO Co., Ltd., Japan) กำลังขยาย 10 เท่า พบว่าการแตกของชั้นซีเมนต์ที่ยึดเป็นการแตกระหว่างรอยต่อของชั้นซีเมนต์กับพื้นผิวโลหะของครอบฟันหรือของพื้นหลักรากเทียมทุกชิ้นงาน (Adhesive failure) ไม่มีการแตกในระหว่างชั้นซีเมนต์ (Cohesive failure) หรือการแตกแบบผสม (Mixed failure) (รูปที่ 36)

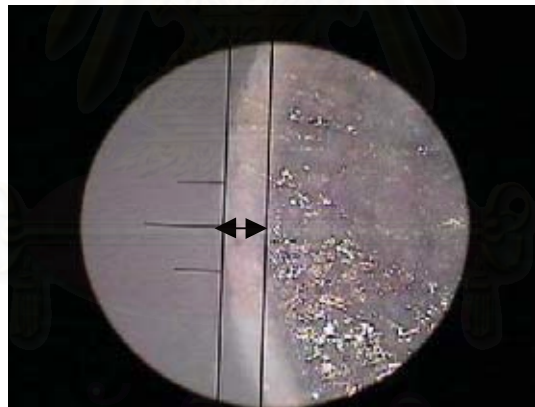


รูปที่ 36 แสดงการแตกของซีเมนต์บริเวณรอยต่อของชั้นซีเมนต์กับผิวโลหะของครอบฟันหรือพื้นหลัก

หลังจากตรวจรูปแบบการแตกแล้วนำพื้นหลักรากเทียมที่มีชั้นของซีเมนต์ติดอยู่ครบเข้าเครื่องวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคเพื่อตรวจสอบความหนาของชั้นซีเมนต์ในแต่ละกลุ่มซ้ำ พบว่าขนาดความหนาของชั้นซีเมนต์ในกลุ่มเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกันมากแตกต่างกันไม่เกิน 5 ไมครอนทุกกลุ่ม (รูปที่ 37)

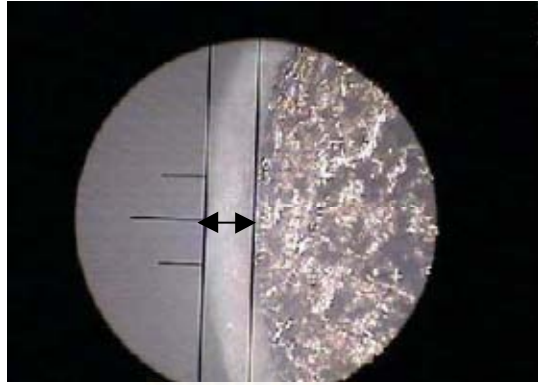


ก. ภาพช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 25 ไมครอนเมตร

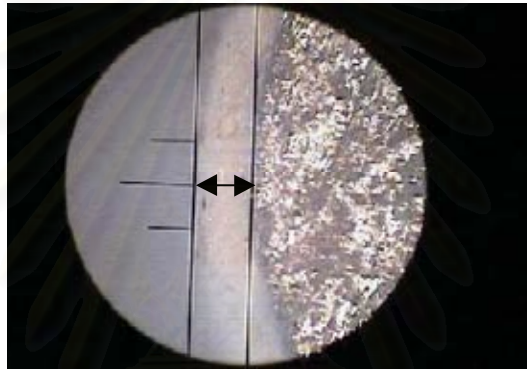


ข. ภาพช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 50 ไมครอนเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค. ภาพช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 75 ไมโครเมตร



ง. ภาพช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 100 ไมโครเมตร

รูปที่ 37 ก-ง แสดงขนาดความหนาในระดับต่างๆของช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่วัดจากเครื่องทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค กำลังขยาย 100 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ โดยใช้การกำหนดขนาดช่องว่างจากบริเวณภายในกรอบพื้นทุกด้าน ทั้งด้านผนังแนวแกนพื้นและด้านบดเคี้ยว และยังเป็น การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เมื่อใช้เป็นซีเมนต์ยึดกรอบพื้น ที่ขนาด ความหนาของฟิล์มซีเมนต์ตามขนาดช่องว่างที่เตรียมไว้จริงของแต่ละกลุ่มทดลอง ไม่ได้ทดสอบ เพียงแค่ค่าแรงในการยึดอยู่จากรูปแบบแผ่นความหนาฟิล์มซีเมนต์เท่านั้น พื้นหลักรากเทียมที่ จำลองสร้างขึ้นโดยใช้รากเทียมระบบที่เลือกทดสอบระบบเดียวเป็นต้นแบบ โดยอาศัยความ ละเอียดสูงในการวัดขนาดต้นแบบจากเครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ สร้างแบบจำลองขึ้นจาก โปรแกรมหุ่นคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ กลิ้งขึ้นงานขึ้นภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ และมีการวัด ขนาดแบบที่จำลองขึ้นซ้ำ เพื่อให้ได้ขนาดพื้นหลักที่มีขนาดใกล้เคียงกันที่สุด และใช้โลหะที่มีความ แข็งแรงสูงทำให้สามารถใช้พื้นหลักซ้ำได้ ส่วนกรอบพื้นที่สร้างขึ้นสำหรับการทดลองนี้ใช้วิธีการ กลิ้งขึ้นงานขึ้นเพื่อให้ได้รูปร่างภายนอกที่เป็นแบบเดียวกัน และสามารถกำหนดขนาดภายในได้ อย่างแม่นยำ จากการใช้ไฟฟ้ากักร่อนผิวภายใน อาศัยต้นแบบจากพื้นหลักรากเทียมจำลองที่ใช้ ทองเหลืองกลิ้งทำเป็นอิเล็กโทรด และการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกักร่อนอย่างแม่นยำ ทำให้มีขนาดช่องว่างภายในที่สม่ำเสมอเท่ากันตลอดด้านในกรอบพื้น รวมถึงมีการวัดขนาดช่องว่างซ้ำภายหลังจากทดสอบค่าแรงยึด หน่วยเป็นไมโครเมตร ซึ่งหากใช้วิธีการสร้างกรอบพื้นตาม กรรมวิธีทางทันตกรรมปกติ คือการสร้างขึ้นงานกรอบพื้นจากแบบขี้ผึ้งและทาสารคั่นแบบ เพื่อ กำหนดขนาดของช่องว่างสำหรับซีเมนต์ ก่อนนำแบบขี้ผึ้งไปลงอินเวสต์เมนต์และเผาด้วยความ ร้อนสูงแล้วเหวี่ยงเป็นขึ้นกรอบพื้นโลหะ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดช่องว่างสำหรับ ซีเมนต์ขึ้นจากหลายขั้นตอนในการผลิต เช่น จากการทาสารคั่นแบบไม่สม่ำเสมอ จากการหดตัว ของแบบขี้ผึ้ง จากการขยายตัวของอินเวสต์เมนต์ หรือจากการหดตัวขณะเย็นตัวของโลหะ เป็นต้น กรอบพื้นจำลองที่สร้างขึ้นโดยวิธีการกลิ้งในการวิจัยนี้มีการปิดบริเวณขอบด้านล่างภายในโดย รอบที่จะชนกับป่าพื้นหลักรากเทียมจำลอง เพื่อหลบองศาความโค้งของรัศมีบริเวณฐานของพื้น หลักรากเทียมจำลอง และมีการเจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร บริเวณด้านบดเคี้ยวเพื่อเป็นทางระบาย การไหลของซีเมนต์ส่วนเกิน ดังนั้นจึงทำให้การใส่กรอบพื้นบนพื้นหลักเมื่อยึดด้วยซีเมนต์แล้วมี

ความแนบสนิทกันบริเวณขอบทุกชั้น โดยการยึดใช้แรงกดคงที่ 5 กิโลกรัม นาน 10 นาที ซึ่งตรงตามข้อกำหนดของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกาที่ 96 (ADA specification #96)

การทดสอบนี้ใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เพียงชนิดเดียวในการทดสอบ เป็นซีเมนต์ชนิดถาวรมีคุณสมบัติทางกลที่ดี และมีการใช้งานมายาวนานในวงการทันตกรรม ซึ่งในงานรอกเทียมชนิดยึดด้วยซีเมนต์มีแนวโน้มที่จะใช้ซีเมนต์ชนิดถาวรในการยึดฟันปลอมติดแน่นเพิ่มมากขึ้นในการใส่ฟันจำนวนน้อยซี่ เพื่อให้เกิดเสถียรภาพต่อครอบฟันหลักรอกเทียม และเพิ่มอัตราความสำเร็จของรอกเทียม (Kivance และคณะ, 2002) ซึ่งการทดสอบนี้มีการควบคุมปริมาณผงและน้ำซีเมนต์อย่างเคร่งครัด โดยใช้เครื่องซึ่งดิจิทัลอลซึ่งส่วนผงและใช้ปิเปตในการวัดปริมาณส่วนน้ำ ตามสัดส่วนของบริษัทผู้ผลิต ทำการเก็บชิ้นงานตามข้อกำหนดขององค์การมาตรฐานนานาชาติ ทีอาร์ 11405 เป็นแบบการทดสอบระยะสั้น (Short term test) โดยเก็บชิ้นงานในน้ำที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่

การให้แรงความด้าแก่ครอบฟัน อาศัยแรงจากเครื่องให้แรงขนาด 288 นิวตัน ความถี่ 0.5 รอบต่อวินาที ให้แรงพร้อมกันทีละ 8 ชิ้นงาน โดยเครื่องมีการขับเคลื่อนจากแกนกลางด้วยลูกเบี้ยวและตัวตามลูกเบี้ยว ให้ค่าแรงกดสม่ำเสมอจากระยะยุบตัวของสปริง และมีฐานติดตั้งเพื่อให้แรงลงเฉียงทำมุม 15 องศา กับแนวแกนฟัน แรงผ่านบริเวณจุดศูนย์กลางของครอบฟัน ที่มีจุดกำหนดตำแหน่งไว้ ให้แรงในปริมาณ 750,000 รอบ ก่อนนำมาทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ ซึ่งวิธีการให้แรงนี้คล้ายกับมิติของคณะกรรมการองค์การมาตรฐานนานาชาติ ทีซี 106/เอสซี 8 (ISO/TC106/SC8) ซึ่งกำหนดวิธีการทดสอบความด้าของรอกเทียมโดยให้แรงความด้าผ่านบริเวณแนวแกนฟันเฉียงทำมุมกับแนวแกนประมาณ 30 องศา นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบการให้แรงของสปริงซ้ำหลังการทดลอง เพื่อตรวจสอบความคงที่ของขนาดค่าแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน

การประเมินค่าแรงพันธะของซีเมนต์ที่ยึดครอบฟันกับรอกเทียมจำลอง เป็นการทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ (Retentive strength) ซึ่งในการทดลองนี้ไม่สามารถจำแนกออกเป็นแรงดึง (Tensile strength) หรือแรงยึดเฉือน (Shear strength) เนื่องจากการทดสอบทำในรูปแบบของครอบฟันจึงเกิดแรงทั้งสองแบบขึ้นในการดึงครอบฟันออกจากกันในทุกบริเวณพื้นผิวของฟันหลัก จึงประเมินเป็นค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซีเมนต์ชนิดที่ใช้ทดสอบในหน่วยเป็นนิวตันเพื่อการเปรียบเทียบข้อมูลกับการศึกษาอื่น

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลของค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ทั้งก่อนและหลังการให้แรงความล้า กลุ่มครอบฟันที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 25 ไมโครเมตร จะให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และมีแนวโน้มลดน้อยลงในกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ใหญ่ขึ้น ในการทดสอบก่อนผ่านการรับแรงความล้า ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของกลุ่มช่องว่างขนาด 25 ไมโครเมตรมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 1334.1 นิวตัน กลุ่มที่ให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่รองลงมาคือกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 50 และ 75 ไมโครเมตรตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 100 ไมโครเมตร จะมีค่าแรงต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ คือ 1303 นิวตัน โดยที่ช่วงความแตกต่างของค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ระหว่างกลุ่มขนาด 25 และ 50 ไมโครเมตรห่างกันมากกว่าช่วงความแตกต่างของค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ระหว่างกลุ่มขนาด 50, 75 และ 100 ไมโครเมตร แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มขนาดช่องว่าง 25, 50, 75 และ 100 ไมโครเมตร อย่างมีนัยสำคัญ หลังผ่านการให้แรงความล้า กลุ่มช่องว่างขนาด 25, 50 และ 75 ไมโครเมตร ยังคงให้ค่าแรงยึดอยู่ที่ไม่แตกต่างกัน โดยที่ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของกลุ่มช่องว่างขนาด 25 ไมโครเมตรมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 1327.3 นิวตัน และมีแนวโน้มลดน้อยลงในกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกันกับก่อนให้แรง กลุ่มที่ให้ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่รองลงมาคือกลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 50 และ 75 ไมโครเมตรตามลำดับเช่นเดียวกัน กลุ่มที่มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 100 ไมโครเมตรมีค่าแรงต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ คือ 1120.5 นิวตัน ซึ่งมีค่าลดต่ำลงกว่ากลุ่มช่องว่างขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการให้แรงพบว่า เฉพาะกลุ่มขนาดช่องว่าง 100 ไมโครเมตร ที่มีค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ลดต่ำลงกว่าก่อนให้แรงความล้าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการวิจัยตรงกับการศึกษาของ Juntavee และคณะ ในปี 1992 ที่ทำการศึกษาค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟันที่ระดับขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ต่างๆ ที่มีต่อฟันหลักซึ่งเป็นแกนอะมัลกัมและคอมโพสิต พบว่าการเพิ่มขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เรซินซีเมนต์ และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ในช่วง 50 ถึง 100 ไมโครเมตร ไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซีเมนต์ แต่ค่าแรงยึดจะลดลงเมื่อขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เพิ่มขนาดขึ้นถึง 150 ไมโครเมตร โดยการทดลองของเขาทดสอบโดยไม่ได้ผ่านการให้แรงความล้า แต่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิกจำนวน 500 รอบ ในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส สลับกัน ซึ่งผลการทำเทอร์โมไซคลิก พบว่าค่าแรงยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 150 ไมโครเมตร ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่ทำให้ค่าแรงยึดอยู่ของขนาดช่องว่าง 50 และ 100 ไมโครเมตร เปลี่ยนแปลง จากผลของการวิจัยนี้ค่าแรงในการยึดอยู่ที่ไม่ต่างกันของทุกขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์อาจเนื่องจากคุณสมบัติ

ทางกลศาสตร์ที่ดีของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ที่ไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าแรงในการยึดอยู่เมื่อมีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เหมาะสมและไม่ต่างกันมาก และไม่มีปัจจัยที่จะลดคุณสมบัติของซีเมนต์เช่นการรับแรงเข้ามาเกี่ยวข้อง

ผลการวิจัยนี้ยังตรงกับการศึกษาผลของขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่มีต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมระบบคอร์เวนท์(Core-Vent, Core-Vent Corp., Encino, Calif) ของ Dixon และคณะปี 1992 ซึ่งพบว่าค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 0.001 นิ้ว (25 ไมโครเมตร), 0.002 นิ้ว (50 ไมโครเมตร) และ 0.003 นิ้ว (75 ไมโครเมตร) มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่างจากช่องว่างขนาด 0.000 นิ้ว อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าแรงยึดจากช่องว่างขนาด 0.000 นิ้ว มีค่าต่ำสุด ซึ่งผลการทดลองตรงกับการวิจัยนี้ในส่วนที่แสดงถึงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ที่ไม่แตกต่างกันจากช่องว่างสำหรับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ขนาด 25 ถึง 75 ไมโครเมตร แต่ในการวิจัยนี้ไม่ได้ทำการทดสอบค่าแรงยึดที่ระดับ 0 ไมโครเมตร จากการศึกษาของ Dixon ซึ่งเป็นการศึกษาเดียวที่ศึกษาถึงค่าแรงยึดจากขนาดช่องว่างระดับต่างๆสำหรับซีเมนต์ในงานรากเทียม ค่าแรงยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาด 25-75 ไมโครเมตรอยู่ในช่วง 49.875 ถึง 60.500 กิโลกรัม (488.7-592.9 นิวตัน) ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่าการวิจัยนี้ และการศึกษาของ Dixon ทดสอบค่าแรงยึดอยู่โดยไม่ได้ผ่านการให้แรงความล้าซึ่งเป็นการเลียนแบบการใช้งานจริง

การศึกษาของ Covey และคณะปี 2000 พบว่าค่าแรงยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์บนฟันหลักรากเทียมระบบเซอร่าวัน (CeraOne, Nobel Biocare) ความสูง 3.6 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ครอบฟันทรงกระบอกสำเร็จรูปมีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 30 ไมโครเมตร มีค่าเพียง 307 นิวตัน ในขณะที่ Clayton และคณะปี 1997 ใช้ฟันหลักที่ขนาดความสูงเดียวกันได้ค่าแรงยึด 46.06 กิโลกรัม (451.4 นิวตัน) และ Kent และคณะปี 1997 พบค่าแรงยึดบนฟันหลักเดียวกันที่ความสูง 5 มิลลิเมตร มีค่า 599.4 นิวตัน ค่าแรงที่แตกต่างกันและแตกต่างจากงานวิจัยนี้ อาจเป็นผลมาจากรูปร่าง ความสูง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฟันหลักที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อค่าแรงในการยึดอยู่ของครอบฟันบนรากเทียมโดยเฉพาะความสูงของฟันหลัก และอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้างของฟันหลักจะมีผลมาก (Covey และคณะ, 2000)

การศึกษาค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ยึดกับฟันธรรมชาติ พบว่าอยู่ในช่วง 207 ถึง 587 นิวตัน (Swift และคณะ, 1997 ; Darveniza และคณะ, 1987) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่อนข้างต่ำกว่าการวิจัยนี้ การให้ค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เกิดจากการยึดติดระดับจุลภาค (Micromechanical interlocking) ในรูเล็ก ๆ ของพื้นผิวภายในของครอบฟันกับผิวที่หยาบของฟันหลัก (Craig, 1997) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหยาบของผิวฟันหลักที่ถูกกรอแต่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบถึงค่าแรงยึดอยู่ ในพื้นผิวของฟันหลักที่หยาบ ค่าแรงยึดอยู่ของครอบฟันบนฟันหลักที่

เป็นโลหะจะมากกว่าเป็นหลักที่เป็นเนื้อพันธกรรมชาติถึง 3 เท่า (Ahmed และคณะ, 2002) ทั้งนี้เนื่องจากผิวเนื้อพันธกรรมชาติมีความแข็งผิวที่ต่ำ ทำให้ถูกซีเมนต์กดอัดบริเวณพื้นผิว ลดความขรุขระบริเวณพื้นผิวลง ทำให้ลดการแทรกตัวและบริเวณสัมผัสระหว่างซีเมนต์และพื้นผิวลง ในขณะที่พื้นผิวที่เป็นโลหะไม่ถูกกดอัดจากค่ากำลังความแข็งแรงอัด (Compressive strength) ของซีเมนต์ ดังนั้นในพื้นที่ผิวเป็นหลักที่แข็งแรงกว่าและมีความขรุขระพอ ค่าแรงยึดอยู่จะสูงตามค่ากำลังความแข็งแรงอัดของซีเมนต์ ซึ่งซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีค่านี้สูงทำให้การยึดระหว่างครอบฟันและพื้นหลักที่มีพื้นผิวเป็นโลหะเช่นเดียวกัน ให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่าครอบฟันและพื้นหลักธรรมดา ค่าแรงจากการวิจัยนี้ เป็นการทดสอบค่าแรงยึดของครอบฟันบนพื้นหลักรากเทียม ซึ่งพื้นผิวสัมผัสเป็นโลหะ ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซีเมนต์ที่ศึกษาได้สูงกว่าค่าแรงยึดระหว่างครอบฟันกับพื้นธรรมดาประมาณ 3 เท่า ซึ่งตรงกับคำอธิบายดังกล่าวอันเป็นข้อควรคำนึงถึงในงานครอบฟันที่ยึดติดด้วยซีเมนต์และอาศัยการยึดอยู่จากการยึดทางกลศาสตร์ของซีเมนต์เท่านั้น เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

การศึกษาพฤติกรรมทางกลศาสตร์ในด้านความล้าของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ฟิล์มที่ใช้ยึดครอบฟันโดย Yamashita และคณะปี 2000 ศึกษาค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ระดับความหนาซีเมนต์ปกติของการทำครอบฟันในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ครอบฟัน และพื้นหลักจำลองทำด้วยทองเหลือง ผ่านการรับแรงเป็นรอบขนาด 50 ถึง 100 นิวตัน เป็นจำนวน 550,000 รอบ ความถี่ 1 รอบต่อนาที ผลการทดลองไม่ปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าแรงยึดของซีเมนต์หลังผ่านการให้แรงดังกล่าว ซึ่งตรงกับการวิจัยนี้ที่การให้แรงขนาด 288 นิวตัน จำนวน 750,000 รอบ ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าแรงยึดอยู่ในช่วงขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 25-75 ไมโครเมตร ผลการวิจัยดังกล่าวแสดงถึงพฤติกรรมทางกลศาสตร์ที่เด่นของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ กล่าวคือ ในการยึดครอบฟันและพื้นหลักที่เป็นโลหะเข้าด้วยกัน ชั้นซีเมนต์ที่คั่นกลางเป็นจุดอ่อนแอที่สุดทางกลศาสตร์ แรงที่ลงกระทำต่อครอบฟันนั้นเสมือนลงสู่ครอบและพื้นหลักซึ่งยึดเป็นหน่วยเดียวกันด้วยฟิล์มซีเมนต์ การส่งผ่านแรงทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของชั้นฟิล์มซีเมนต์ (Creep-like deformation) เกิดการยึดติดทางกลศาสตร์ (Mechanical interlock) ใหม่บริเวณระหว่างชั้นซีเมนต์และผิวโลหะการจัดเรียงตัวใหม่นี้จึงเป็นการลดและถ่ายทอดแรงที่น้อยลงผ่านชั้นซีเมนต์ไปยังทั้งชิ้นงานเสมือนเป็นหน่วยเดียวกัน (Shen , 1996) แต่ถ้าความหนาของชั้นฟิล์มซีเมนต์มากเกินไป แรงที่ตกค้างกระทำกับชั้นซีเมนต์หลังการจัดเรียงตัวใหม่ของฟิล์มซีเมนต์ อาจทำให้เกิดการร้าวระหว่างผิวซีเมนต์และโลหะ อธิบายได้โดย ทฤษฎีความบกพร่องของกริฟฟิท (Griffith's theory of flaws) ซึ่งกล่าวว่า ความหนาของฟิล์มซีเมนต์มีอิทธิพลต่อความล้มเหลวจากความล้าในด้านการต้านอยู่ คือ วัสดุที่ยังบางยิ่งมีความต้านทานสูง วัสดุที่ยังหนามากข้อบกพร่องที่กระจายในเนื้อวัสดุยิ่งมาก และมีโอกาสมีจุดเริ่มต้นของการแตกเพิ่มมากขึ้น การแตกหัก

หลังจากผ่านแรงความล้าเกิดจากรอยแตกเล็กๆและค่อยๆขยายแผ่จากอนุภาค (Grain) ของวัสดุ เกิดเป็นรอยร้าวเล็กๆ (Microcrack) เกิดการส่งผ่านและถ่ายทอดแรง และนำไปสู่การแตกหักและความล้าล้มเหลวได้ในบริเวณที่มีความเค้นสะสมสูงซึ่งอยู่บริเวณรอยต่อของซีเมนต์และผิวโลหะ ส่งผลกระทบต่อให้ค่าแรงยึดต่ำลงได้ (Cotterell และ Mai , 1996) ดังเช่นผลการวิจัยนี้ที่แสดงค่าแรงยึดของกลุ่มขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 100 ไมโครเมตร มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังผ่านการรับแรงความล้า ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าซีเมนต์ยึดครอบฟัน จะมีเสถียรภาพและไม่เกิดความล้าได้หากมีความหนาของฟิล์มที่เหมาะสม นอกเหนือจากผลต่อค่าแรงยึดอยู่ ขนาดช่องว่างของฟิล์มซีเมนต์ยังมีบทบาทที่โดดเด่นอีกด้านคือ ส่งผลถึงค่าความคลาดเคลื่อนในการใส่ชิ้นงาน (Seating discrepancy) โดยการใช้สารคั่นแบบที่ทำให้เกิดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ สามารถลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ได้ (Dixon และคณะ, 1992) โดยจากการศึกษาบนพื้นหลักรากเทียมระบบคอร์เวนท์พบว่าขนาดช่องว่างสำหรับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ 0.000 นิ้ว ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ขนาด 0.0541 มิลลิเมตร ขนาดช่องว่าง 0.001 นิ้ว (25 ไมโครเมตร) ลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ลงเหลือ 0.0033 มิลลิเมตร และหากขนาดช่องว่างใหญ่ขึ้นเป็น 0.002 นิ้ว (50 ไมโครเมตร) จะยิ่งลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ลงเหลือ 0.0022 มิลลิเมตร ในการศึกษาเดียวกันนี้แสดงให้เห็นถึงผลของการเพิ่มขนาดช่องว่างของฟิล์มซีเมนต์ที่ไม่ลดค่าแรงในการยึดอยู่ แต่กลับช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่

การศึกษาของ Wilson ปี 1994 ศึกษาขนาดช่องว่างของฟิล์มซีเมนต์ที่มีต่อความคลาดเคลื่อนในการใส่ โดยใช้ครอบและพื้นหลักสร้างด้วยวิธีการกลึงขึ้นเพื่อให้ได้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่แม่นยำ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใส่มากที่สุด (368 ไมโครเมตร) เมื่อขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เป็น 0 ไมโครเมตร และค่าความคลาดเคลื่อนจากการใส่ต่ำสุด (24 ไมโครเมตร) เมื่อขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์เป็น 40 ไมโครเมตร นอกเหนือจากผลของขนาดช่องว่างของฟิล์มซีเมนต์ที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่แล้ว ยังพบว่าขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มากขึ้นยังช่วยลดเวลาในการใส่ชิ้นงาน (Seating time) และลดความเครียดที่เกิดที่ชิ้นงาน (Maximum strain) ได้ดีที่สุดในระดับขนาดช่องว่าง 40 ไมโครเมตร เช่นเดียวกัน

ในการวิจัยนี้ไม่ได้ทำการศึกษาถึงความคลาดเคลื่อนจากการใส่เนื่องจากต้องการควบคุมปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์อย่างเคร่งครัด จึงทำการเตรียมชิ้นงานครอบฟันซึ่งกัดผิวภายในด้วยไฟฟ้าจนมีขนาดช่องว่างที่สม่ำเสมอโดยวิธีการปาดขอบภายในเป็นมุม 45 องศา เพื่อหลบองศาความโค้งของขอบฟันหลักเพื่อให้เกิดความแนบสนิทขณะใส่ นอกจากนี้ยังมีการเจาะรูระบายซีเมนต์ส่วนเกิน จึงถือว่ามีกรใส่ครอบฟันได้สนิทไม่เกิดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ แต่ในกระบวนการทำครอบฟันจากการแต่งแบบซีฟัน จะไม่มีการทาสารคั่นแบบเพื่อเป็นที่อยู่สำหรับ

ซีเมนต์จนถึงบริเวณขอบ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ขึ้นได้เสมอ จึงควรนำผลจากความคลาดเคลื่อนจากการใส่มาพิจารณาร่วมกับขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ด้วยเสมอ

ในงานฟันปลอมติดแน่นบนรากเทียมสิ่งที่ต้องการให้เกิดมากที่สุดคือ การใส่ครอบฟันโดยเกิดความแนบแบบไม่มีแรงกระทำต่อฟันหลัก(Passive fit) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการใส่ครอบฟันได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้แรงมากในการใส่ลงจนสนิทพอดี (Block , 1997) ในการทำให้เกิดลักษณะนี้ได้จำเป็นต้องอาศัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มากพอ ดังนั้นการใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มากพอเพื่อให้เกิดความแนบแบบไม่มีแรงกระทำโดยไม่เสียค่าแรงในการยึดอยู่ จึงเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาเป็นอย่างยิ่งในการสร้างงานฟันปลอมติดแน่นชนิดที่ยึดด้วยซีเมนต์บนรากเทียม

การแตกของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ จากการวิจัยนี้พบว่าเป็นการแตกของชั้นซีเมนต์ที่ยึดระหว่างรอยต่อของชั้นซีเมนต์กับพื้นผิวโลหะของครอบฟันหรือของฟันหลักรากเทียมทุกชิ้นงาน (Adhesive failure) ไม่มีการแตกในระหว่างชั้นซีเมนต์ (Cohesive failure)หรือการแตกแบบผสม (Mixed failure) ทั้งนี้เนื่องจากซีเมนต์ชนิดนี้ไม่มีการเกิดพันธะเคมีในการยึดกับโลหะ อาศัยการยึดติดทางกลศาสตร์ระดับจุลภาคจากการฝังของซีเมนต์เข้าไปในรูเล็กๆของพื้นผิวภายในของครอบฟันกับผิวที่หยาบของฟันหลัก จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์รูปแบบการแตกหักทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันงานฟื้นฟูปลอมชนิดติดแน่นบนรากเทียม มีอัตราความสำเร็จที่สูงขึ้นมาก (Buser และคณะ, 1997) ดังนั้นการถอดกลับได้ของชิ้นปลอมติดแน่นบนส่วนของฟันหลักไม่เป็นที่จำเป็นอย่างยิ่งยวดอีกต่อไป สิ่งที่ต้องคำนึงมากกว่าคือ ค่าแรงยึดของซีเมนต์ โดยเฉพาะในฟื้นฟูปลอมติดแน่นบนรากเทียมเพียงหนึ่งซี่ หรือจำนวนน้อยซี่ (Kivanc และคณะ, 2002) จากการศึกษา ก่อนหน้าพบว่า ค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซึ่งเป็นซีเมนต์ชนิดถาวร จะให้มากกว่าค่าแรงยึดของซิงค์ออกไซด์ซีเมนต์ ซึ่งเป็นซีเมนต์ชนิดชั่วคราว 2.5 ถึง 4.7 เท่า (Covey และคณะ, 2000) นอกเหนือจากค่าความแข็งแรงที่มากกว่าแล้ว ซีเมนต์ชนิดถาวรมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่ดีกว่า O'Brien ปี 1989 พบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีค่ากำลังความแข็งแรงอัด (Compressive strength) และค่ากำลังแรงดึง (Tensile strength) สูงกว่าซิงค์ออกไซด์ซีเมนต์เป็นอัตราส่วนถึง 14:1 และ 19:1 ตามลำดับ ซึ่งกำลังความแข็งแรงนี้จะส่งผลถึงค่าการยึดที่เพิ่มขึ้นสำหรับการยึดในพื้นผิวระหว่างโลหะด้วยกัน Clayton และคณะ ปี 1997 ยังมีรายงานถึงค่าการต้านอยู่จากแรงยึด (Retentive resistance) ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่มากกว่าซิงค์ออกไซด์ถึง 7 เท่า แม้ว่าค่าแรงยึดจากซีเมนต์ชนิดชั่วคราวจะมีเพียงพอในการให้การยึด และสามารถทำให้เกิดการถอดกลับได้ของชิ้นส่วนปลอมที่บูรณะ แต่คุณสมบัติทางเคมีและทางกลศาสตร์ยังต่ำกว่ามาก การละลายตัวของซีเมนต์ชนิดชั่วคราวที่เร็วกว่า อาจส่งผลต่อสภาวะของอวัยวะปริทันต์ หรือเสถียรภาพของฟันหลักรากเทียม หากผู้ป่วยไม่ได้กลับมาดูแลตรวจตามระยะเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะในฟันหลักบริเวณฟันกรามที่เตี้ย อาจต้องทำการยึดซีเมนต์ชั่วคราวหากใช้ซีเมนต์ชั่วคราวในการยึด (Ramp และคณะ, 1999)

ดังนั้นจากข้อได้เปรียบที่กล่าวมา จึงแนะนำให้ใช้ซีเมนต์ชนิดถาวร เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ในการยึดฟื้นฟูปลอมติดแน่นบนรากเทียม โดยเฉพาะบริเวณฟันหลัง ฟันหลักที่เตี้ย หรือฟื้นฟูปลอมติดแน่นจำนวนน้อยซี่ และจากผลการวิจัยนี้ที่พบว่า ค่าแรงยึดของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วงความหนาของฟิล์มซีเมนต์ 25 ถึง 75 ไมโครเมตร หลังผ่านการให้แรงความล้ม จึงแนะนำว่าหากใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟัน อาจใช้ความหนาขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ในช่วง 50 ถึง 75 ไมโครเมตรได้ เนื่องจากขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่มากขึ้นตั้งแต่ระดับ 50 ไมโครเมตร โดยไม่ส่งผลต่อค่าแรงยึดจะช่วยให้การใส่ง่ายขึ้น ลดแรงความเครียดที่สะสมในชิ้นงาน และลดความคลาดเคลื่อนจากการใส่ได้มากที่สุด (Dixon และคณะ, 1992) ทำให้เกิดความแนบแบบไม่มีแรงกระทำต่อฟันหลัก ซึ่งหมายถึงการใส่ขึ้นครอบฟันได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้แรงกระทำมากในการใส่ลงจนสนิท จากการศึกษาวิจัยนี้ไม่แนะนำให้ใช้ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ถึง 100 ไมโครเมตร ซึ่งได้รับผลกระทบจากการใช้แรง แต่ทั้งนี้อาจทำการทดสอบค่า

แรงความล้าในลักษณะเดียวกันกับการวิจัยนี้ แต่ใช้จำนวนรอบ และระยะเวลาที่มากขึ้น เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เมื่อผ่านการรับแรงความล้าที่สูงขึ้นอีก ซึ่งอาจได้ข้อแนะนำถึงขนาดช่องว่างที่ควรใช้ที่แตกต่างกันไป

ผลการวิจัยนี้ไม่ได้บอกถึงขนาดช่องว่างของซีเมนต์ที่ดีที่สุดที่ควรนำมาใช้กับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ในงานฟันปลอมติดแน่นชนิดยึดด้วยซีเมนต์บนรากเทียม แต่บอกให้ทราบถึงช่วงลำดับของขนาดของช่องว่างสำหรับซีเมนต์ที่ให้ค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ที่สูงสุดที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งก่อนและหลังผ่านการให้แรงความล้า เพื่อนำมาพิจารณาประกอบการสร้างงานครอบฟันบนฟันหลักรากเทียมเมื่อใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ในการยึดครอบฟัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

1. ปัจจัยขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ในช่วงขนาด 25 ถึง 100 ไมโครเมตร ไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ ก่อนผ่านการให้แรงความล้า
2. หลังการให้แรงความล้า ค่าแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ระดับขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ขนาดต่างๆลดลงจากก่อนให้แรงความล้า แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วงขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 25 ถึง 75 ไมโครเมตร ส่วนขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 100 ไมโครเมตรให้ค่าแรงในการยึดอยู่ลดลงจากก่อนรับแรงอย่างมีนัยสำคัญ
3. ปัจจัยจากแรงความล้า มีผลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ที่ขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 100 ไมโครเมตร โดยที่หลังผ่านการให้แรงความล้าค่าแรงจากขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 25 ถึง 75 ไมโครเมตร จะมากกว่าค่าแรงจากขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ 100 ไมโครเมตรและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
4. การใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยึดครอบฟันบนพื้นหลักรากเทียม สามารถเตรียมครอบฟันให้มีขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ในช่วง 25 ถึง 75 ไมโครเมตร เพื่อให้เกิดการใส่ที่ง่าย ไม่มีแรงกระทำต่อพื้นหลัก มีความคลาดเคลื่อนจากการใส่ที่น้อย และมีค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ที่ไม่น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

รายการอ้างอิง

- Anderson, D.J., Picton, D.C.A. 1958. Masticatory stresses in normal and modified occlusion. J Dent Res 37 : 312-317.
- Ahmed, M., Carlo, E., Gerald, G., Ross, T., Mark, M. 2002. Comparative evaluation of casting retention using the ITI solid abutment with six cements. Clin Oral Implants Res 13 :343-348.
- Assif, D., Azoulay, S., Gorfil, C.1992. The degree of zinc phosphate cement on crown retention. J Prosthet Dent 68 : 275-278.
- Ayad, M.F., Rosenstiel, S.F., Salama, M. 1997. Influence of tooth surface roughness and type of cement on retention of complete cast crowns. J Prosthet Dent 77 : 116-121.
- Bassett, R.W. 1966. Solving the problem the full veneer cast gold crown. J Prosthet Dent 16 : 740-747.
- Bates, J.F., Stafford, G.D., Harrison. A.1976. Masticatory function-a review of the literature(III) masticatory performance and efficiency. J Oral Rehabil 3 : 57-67.
- Behneke, A., Behneke,N., d'Hoedt ,B. 2000. The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients : A 5-year follow-up report. Int J Oral Maxillofac Implants 15 : 633-645.
- Breeding, L.C., Dixon, D.L., Bogacki, M.T., Tietge, J.D.1992. Use of luting agents with an implant system : Part I. J Prosthodont 68 : 269-274.
- Brukl, C.E., Nicholson, J.W., Norling, B.K. 1985. Crown retention and seating on natural teeth with a resin cement. J Prosthet Dent 53 : 618-622.
- Buser, D., Mericske-Stern, R., Bernard, J.P., et al.1997. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants .Part I. Clin Oral Implants Res 8 : 161-172.
- Campagni, W.V., Preston , J.D., Reisbick, M.H.1982. Measurement of paint-on die spacers used for casting relief. J Prosthet Dent 47 : 606-611.
- Campbell, S.D.1990. Comparison of conventional paint-on die spacers and those used with the all-ceramic restorations . J Prosthet Dent. 63 : 151-155.

- Carlson, B., Carlsson, G.E. 1994. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. Int J Oral Maxillofacial Implants 9 : 90-94.
- Chana, H.S., Ibbetson, R.J., Pearson, G.J., Elder, A. 1997. The influence of cement thickness on the tensile strength of two resin cements. Int J Prosthodont 5 : 377-389.
- Chee, W. 1999. Cemented versus screw-retained implant prosthesis: Which is better ? (current issue forum). Int J Oral Maxillofac Implants 14 : 137-138.
- Chee, W.W., Torbati, A., Albouy, J.P. 1998. Retrievable cemented implant restoration. J Prosthodont 7 : 120-125.
- Chu-Jung, W., Phillip, L.M., Dan, N. 1992. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation. J Prosthet Dent 67 : 786-790.
- Cibirka, R.M., Nelson, S.K., Land, B.R., Rueggeberg, F.A. 2001. Examination of the implant – abutment interface after fatigue testing. J Prosthet Dent 85 : 268-275.
- Chiche, G.J., Pinault, A. 1991. Consideration for fabrication of implant-supported posterior restorations. Int J Prosthodont 4 : 37-44.
- Clayton, G.H., Driscoll, C.F., Handrum, 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.
- Cooper, T.M., Christensen, G.J., Laswell, H.R., Baxter, R. 1961. Effect of venting on cast gold full crown. J Prosthet Dent 26 : 621-626.
- Cotterell, B., Mai, Y.W. 1996. Fracture mechanics of cementitious materials. London : Black Academic & Professional. 1-5.
- Covey, D.A., Kent, D.K., St Germain, H.A., Koka, S. 2000. Effects 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. 2002. Restorative Dental Materials. 11th ed. St. Louis : C.V. Mosby.
- Darveniza, M., Basford, K.E., Meek, J., Stevens, L. 1987. The effects of surface roughness and surface area on the retention of crowns luted with zinc phosphate cement. Aus Dent J 32 : 446-457.

- Diaz – Arnold, A.M., Vargas , M.A., Haselton, D.R. 1999. Current status of luting agent for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent 81 : 135-41.
- Diaz-Arnold, A.M., Williams, V.D., Aquilino, S.A.1991. The effect of film thickness on the tensile bond strength of a prosthodontic adhesive. J Prosthet Dent 66 : 614-618.
- Dixon, D.L., Breeding, L.C., Lilly, K.R.1992. Use of luting agents with an implant abuments : Part II. J Prosthet Dent 71 : 124-132.
- Eames, W.B., O’Neal, S.J., Momteiro, J., Miller, C., Roan, J.D., Cohen, K.S. 1978. Techniques to improve the seating of castings. J Am Dent Assoc 96 : 432-437.
- Felton, D.A., Kanoy, B.E., White, J.T., Bayne, S.C. 1987. Porcelain fused to metal surface oxidation effects on cemented casting retention. J Prosthet Dent 58 : 677-686.
- Fusayama, T., Iwamoto, T. 1961. Optimum cement film thickness for maximum shear resistance between teeth and restorations. Bull Tokyo Med Dent Univ. 8 : 147.
- Garey, D.J., Tjan, A.H.L., James, R.A., Caputo, A.A.1994. Effects of thermocycling ,load-cycling ,and blood contamination on cemented implant abutments. J Prosthet Dent 71 : 124-132.
- Gegauff, A.G., Rosenstiel, S.F. 1989. Reassessment of die-spacer with dynamic loading during cementation. J Prosthet Dent 61: 655-658.
- Gibbs, C.H., Lundeen, H.C., Mahan, P.E., Fujimoto, J. 1981. Chewing movement in relation to order movements at the first molar. J Prosthet Dent 46 : 308-322.
- Gibbs, C.H., Mahan, P.E., Mauderli, A., Lundeen , H.C., Walsh , E.K. 1986. Limits of human bite strength. J Prosthet Dent 56 : 226-229.
- Graf, H. 1969 . Bruxism. Dent Clin North Am 13 : 659-665.
- Grajower, R., Zuberi, Y., Lewenstein, I. 1989. Improving the fit of crowns with die spacers. J Prosthet Dent 61 : 555-563.
- Hebel, K.S., Gajjar, F.C. 1997. Cement – retained versus Screw – retained implant restorations : Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. J Prosthet Dent 77 : 28-35.
- Hembree, J.H., Cooper, E.W. 1979. Effect of die relief on retention of cast crowns and inlays. Oper Dent 4 : 104-107.
- Hollenback, G.M. 1928. A practical contribution to the standardization of casting technique. J Am Dent Assoc 15 : 1917-1928.

- Hollenback, G.M. 1943. Precision gold inlays made by a simple technic. J Am Dent Assoc 30 : 99-109.
- Hurson, S. 1995. Practical clinical guidelines to prevent screw loosening. Int J Dental Symposia 3 : 22-25.
- Jemt, T., Petterson, P.A. 1993. A 3-year follow-up study on single implant treatment. J Dent 21 : 203-208.
- Jemt, T., Carlsson, L., Boss , A., Jorneus, L.1991. In vivo load measurements on osseointegrated implants supporting fixed or removable prostheses : a comparative pilot study. Int J Oral Maxillofacial Implants 6 : 413-417.
- Jorgensen, K.D. 1955. The relationship between the retention and convergence angle in cemented veneer crowns. Acta Odontol Scand 13 : 36-41.
- Jorgensen, K.D. 1960. Structure of the film of zinc phosphate cement. Acta Odontol Scand 18 : 491-501.
- Jorgensen, K.D., Esbensen, A.L.1968. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. Acta Odontol Scand 26 : 169.
- Jorneus, L., Jemt, T., Carlsson , L.1992. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants .Int J Oral Maxillofac Implants 7 : 353-359.
- Juntavee, N., Millstein, P.L.1992. Effect of surface roughness and cement space on crown retention. J Prosthet Dent 68 : 482-486.
- Kallus, T., Bessing, C. 1994. Loose gold screws frequency occur in full-arch fixed prostheses supported by osseointegrated implants after 5 years. Int J Oral Maxillofacial Implants 9 :169-178.
- Kaufman, E.G., Colin, L., Schlagel, E., et al. 1966. Factors influencing the retention of cemented gold castings : the cementing medium. J Prosthet Dent 16 : 731-739.
- Kaufmann, E.G., Coelho, A.B., Colin, L.1961. Factors influencing the retention of cemented gold casting. J Prosthet Dent 11 : 487-502.
- Kent, D.K., Koka, S., Froeschle, M.L.1997. Retention of cemented implant-supported restorations. J Prosthodont 6:193-196.

- Kent, D.K., Koka, S., Banks, S.B., Beatty, M.W. 1996. Factors influencing retention of a CeraOne gold cylinder. Implant Dent 5 : 96-99.
- Kerby, R.E., Mc Olumphy, D.A., Holloway ,J.A. 1992. Some physical properties of implant abutment luting cements. Int J Prosthodont 5 : 321-325.
- Kivanc, A., Haldun, I., Murat, C.C. 2002. Comparison of uniaxial resistance forces of cements used with implant-supported crowns. Int J Oral Maxillofacial Implants 17 : 536-542.
- Koka, S., Ewoldsen, N.O., Dana, C.L., 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.
- Koyaro, E., Iwaku, M., Fusayama, T. 1978. Pressuring techniques and cement thickness for cast restorations. J Prosthet Dent 40 : 544-548.
- Larney, W.R., Jemt, T., Harris, D., Henry, P., Krogh, P., Polizzi, G., et al. 1994. Osseointegrated implants for single-tooth replacement:Progress report from a multicenter prospective study after 3 years. Int J Oral Maxillofac Implants 9 : 49-54.
- Lundeen, H.C., Gibbs, C.H.1982. Advance in occlusion. Boston, MA : John Wright, PSG, Inc : 21-22.
- Marker, V.A., Miller, A.W., Miller, B.H., Sweptson, J.H.1987. Factor affecting the retention and fit of gold casting. J Prosthet Dent 57 : 425-430.
- Mayhew, R.B., Phillips, R.L., Haney, S.J., Hawley, R.J., Wilson, A.H., Pierson, W.P.1982.The effect of varying cement thickness on the retention of cast gold crowns. J Indiana Dent Assoc 61 : 9-11.
- McIntyre, F.M., Sorensen, S.E., Carter, J.M., Johnson, R.R. 1994. The effect of film thickness on the bond strenght of polycarboxylate cement. Int J Prothodont 7 : 461-467.
- Misch, C.E. 1993. Contemporary implant dentistry. St Louis : Mosby-Year book.
- O'Brien, W.J. 1989 . Dental cements. In:O'Brien WJ, editor. Dental materials : properties and selection. Quintessence Publishing, Chicago. 538, 542.
- Oligo, G., Evje, D.M. 1986. Film thickness of dental luting cements. Dent Mater 2 : 85-89.

- Oliva, R.A., Lowe, J.A. 1987. Effect of die spacer on the seating of cast restorations on composite core preparations. J Prosthet Dent 58 : 29-35.
- Pascoe, D.F. 1983. An evaluation of the marginal adaptation of extracoronar restoration during cementation. J Prosthet Dent 49 : 657-662.
- Passon, C., Lambert, R.H., Lambert, R.L., Newman, S. 1992. The effect of multiple layers of die spacer on crown retention. Oper Dent 17 : 42-49.
- Pauletto, N., Lahiffe, B.J., Walton, J.N. 1999. Complications associated with excess cement around crowns on osseointegrated implants : A clinical report. Int J Oral Maxillofac Implants 14 : 865-868.
- Ramp, M.H., Dixon, D.L., Ramp, L.C., Breeding, L.C., Barber, L.L. 1999. Tensile bond strengths of provisional luting agents used with an implant system. J Prosthet Dent 81 : 510-514.
- Resenstice, S.F., Land, M.F., Crispin, B.J. 1998. Dental luting agents : A review of the current literature. J Prosthet Dent 80 : 280-301.
- Resenstiel, S.F., Land, M.F., Fujiwato, J. 1988. Contemporary fixed Prosthodontics. 2nd Edition. St. Louis : C. V. Mosby.
- Rieger, M.R., Tanquist, R.A., Brose, M.O., Ali, M. 1987. Measureing the thickness of a paint-on die spacer. J Prosthet Dent 58 : 305-308.
- Rosenberg, M.M., Kay, H.B., Keough, B.E., Holt, R.L. 1988. Periodontal management for advanced cases. Chicago : Quintessence : 401.
- Salonen, M.A.M, Oikarinen, K., Virtanen, K. Pernu, H. 1993. Failures in osseointegration of endosseous implants. Int J Oral Maxillofac Implants 8 : 92-97.
- Schanobish, K., Haddaoui, N., Moet, A. 1993. Effect of thickness on ductile fatigue crack propagation in polycarbonate. J Mater Sci 1 : 360-366.
- Shen, C. 1996. Dental cement for bonding applications. In : Anusevice KJ(ed). Phillips' Science of Dental Material. 3rded . Philadelphia : WB Saunders : 555-581.
- Shigley ,J. 1987. Mechanical engineering design. 3rded. New York : McGraw Hill : 244.
- Shillingburg, H.T., Hobo, S., Whitsett, L.D. 1976. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. Berlin : Quintessence. 67.
- Singer, A., 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.

- Sones, A.D. 1989. Complications with osseointegrated implants . J Prosthet Dent 62 : 581-585.
- Sutherland, J.K., Loney, R.W., Syed, S. 1995. Marginal discrepancy of all-ceramic crowns cemented on implant abutments. J Prosthet Dent 4 :173-177.
- Swift, E.J.Jr., Lloyd, A.H., Felton, D.A. 1997. The effect of resin desensitizing agents on crown retention. J AM Dent Assoc 128 : 195-200.
- Taylor, T.D., Belser, U. Meriscske-Stern, R. 2000. Prosthodontic considerations. Clin Oral Implants Res 11(suppl) : 101-107.
- Tylman, S.D., Malone, W.F.P. 1978. Tylman's Theory and Practice of Fixed Prosthodontics, ed 7. St Louis : Mosby : 108.
- Vermilyea, S.G., Kuffler, M.J., Huget, E.F. 1983. The effects of die relief agent on the retention of full-coverage castings. J Prosthet Dent 50 : 207-210.
- Wilson, P.R. 1993. The effect of die spacing on crown deformation and seating time. Int J Prosthodont 6 : 397-401.
- Wilson, P.R. 1994. Effect of increasing cement space on cementation of artificial crowns. J Prosthet Dent 71 : 560-564.
- Wilson, P.R., Goodkind, R.J., Delong, R. Sakaguchi, R. 1990. Deformation of crown during cementation. J Prosthet Dent 64 : 601-609.
- Wiskott, A., Nicholson, J.I., Belser, U. 1994. Fatigue resistance of soldered joints : A methodological study. Dent Mater 10 : 215-220.
- Worley, J.L., Hamm, R.C., Fraunhofer V. Ja. 1982. Effects of cement on crown retention. J Prosthet Dent 48 : 289-291.
- Yamashita, J., Shiozawa, I., Takakuda, K., Miyairi, H. 1998. Deformation of restoration and fracture of luting cement film. J Dent 26 : 459-466.
- Yamashita, J., Takakuda, K., Shiozawa, I., Nagasawa, M., Miyairi, H. 2000. Fatigue behavior of the Zinc-Phosphate cement layer. Int J Prosthodont 13 : 321-326.
- Zarb, G.A., Schmitt, A. 1990. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants : The Toronto study. Part I : Surgical results. J Prosthet Dent 63 : 451-457.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ต่างๆ ก่อนผ่านการรับแรงความด้า (นิวตัน)

Number of specimen	Cement space (micron)			
	25 micron	50 micron	75 micron	100 micron
1	1323.00	1351.00	1348.00	1341.00
2	1356.00	1319.00	1301.00	1333.00
3	1351.00	1323.00	1298.00	1286.00
4	1289.00	1287.00	1319.00	1277.00
5	1342.00	1368.00	1307.00	1349.00
6	1327.00	1320.00	1335.00	1283.00
7	1335.00	1272.00	1267.00	1289.00
8	1282.00	1305.00	1311.00	1316.00
9	1364.00	1284.00	1304.00	1292.00
10	1372.00	1311.00	1316.00	1264.00
Mean(Newton)	1334.10	1314.00	1310.60	1303.00
Standard deviation	29.96	29.65	21.86	29.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากขนาดช่องว่างสำหรับซีเมนต์ต่างๆ หลังผ่านการรับแรงความล้า (นิวตัน)

Number of specimen	Cement space (micron)			
	25 micron	50 micron	75 micron	100 micron
1	1309.00	1333.00	1352.00	1139.00
2	1361.00	1295.00	1276.00	1128.00
3	1329.00	1299.00	1317.00	1089.00
4	1293.00	1318.00	1297.00	1091.00
5	1279.00	1354.00	1315.00	1167.00
6	1332.00	1314.00	1301.00	1124.00
7	1365.00	1263.00	1263.00	1163.00
8	1303.00	1311.00	1286.00	1112.00
9	1348.00	1267.00	1297.00	1109.00
10	1354.00	1298.00	1302.00	1083.00
Mean(Newton)	1327.30	1305.20	1300.60	1120.50
Standard deviation	30.11	27.62	24.45	29.54

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ก่อนผ่านการรับแรงความด้า

Tests of Normality

	cement space	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
retentive strength before load	25 micron	.156	10	.200	.928	10	.431
	50 micron	.181	10	.200	.957	10	.749
	75 micron	.182	10	.200	.956	10	.740
	100 micron	.245	10	.089	.908	10	.269

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
retentive strength before load	.763	3	36	.522

ตารางที่ 11 แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว(One-way

ANOVA)

ANOVA

retentive strength before load		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Between Groups	5284.475	3	1761.492	2.255	.099
	Within Groups	28125.300	36	781.258		
	Total	33409.775	39			

ตารางที่ 12 แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่หลังผ่าน การรับแรงความด้า

Tests of Normality

	cement space	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
retentive strength after load	25 micron	.154	10	.200	.940	10	.548
	50 micron	.156	10	.200	.963	10	.818
	75 micron	.177	10	.200	.952	10	.687
	100 micron	.141	10	.200	.934	10	.488

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 13 แสดงการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

Test of Homogeneity of Variance

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
retentive strength after load	.520	3	36	.671

ตารางที่ 14 แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA)

ANOVA

retentive strength before load		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Between Groups	276347.000	3	92115.667	117.376	.000
	Within Groups	28252.600	36	784.794		
	Total	304599.600	39			

ตารางที่ 15 แสดงการทดสอบข้อมูลหลังการรับแรงความล้าด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบพหุกิจ

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) cement space	(J) cement space	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
retentive strength after load	25 micron	50 micron	22.1000	12.52832	.307	-11.6416	55.8416
		75 micron	26.7000	12.52832	.163	-7.0416	60.4416
		100 micron	*206.8000	12.52832	.000	173.0584	240.5416
	50 micron	25 micron	-22.1000	12.52832	.307	-55.8416	11.6416
		75 micron	4.6000	12.52832	.983	-29.1416	38.3416
		100 micron	*184.7000	12.52832	.000	150.9584	218.4416
	75 micron	25 micron	-26.7000	12.52832	.163	-60.4416	7.0416
		50 micron	-4.6000	12.52832	.983	-38.3416	29.1416
		100 micron	*180.1000	12.52832	.000	146.3584	213.8416
	100 micron	25 micron	-*206.8000	12.52832	.000	-240.5416	-173.0584
		50 micron	-*184.7000	12.52832	.000	-218.4416	-150.9584
		75 micron	-*180.1000	12.52832	.000	-213.8416	-146.3584

* The mean difference is significant at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้าด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ (Pair – sample t test) กลุ่ม 25 ไมโครเมตร

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1 (25micron)	retentive strength before load - retentive strength after load	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
					Lower	Upper		
		6.8000	26.19075	8.28224	-11.9357	25.5357		

ตารางที่ 17 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้าด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ กลุ่ม 50 ไมโครเมตร

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 2 (50 micron)	retentive strength before load - retentive strength after load	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
					Lower	Upper		
		8.8000	16.56502	5.23832	-3.0499	20.6499		

ตารางที่ 18 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้าด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ กลุ่ม 75 ไมโครเมตร

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 3 (75micron)	retentive strength before load - retentive strength after load	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
		10.0000	16.97056	5.36656	-2.1400	22.1400			

ตารางที่ 19 แสดงการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการรับแรงความล้าด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ กลุ่ม 100 ไมโครเมตร

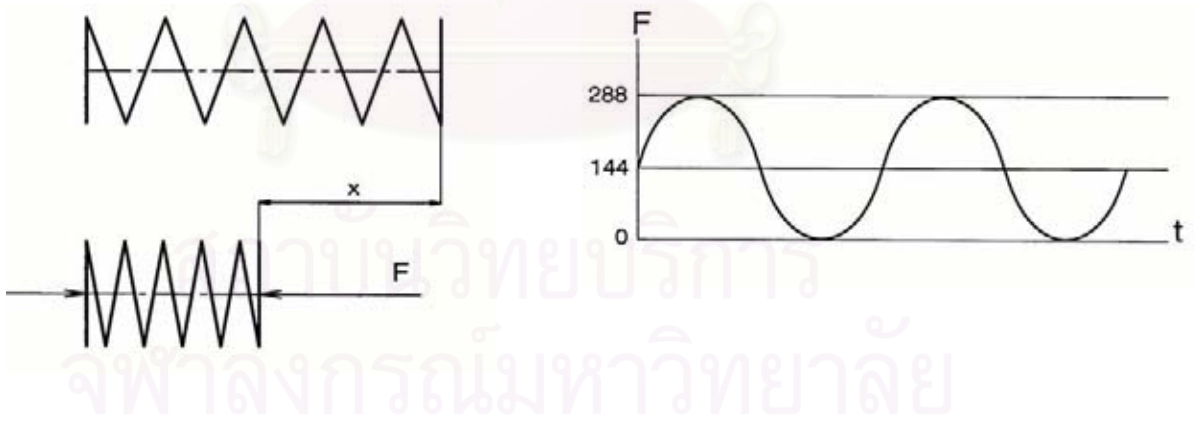
Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 4 (100micron)	retentive strength before load - retentive strength after load	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
		182.5000	24.30935	7.68729	165.1101	199.8899			

การตรวจสอบแรงจากระยะกวดของสปริงก่อนและหลังให้แรงความล้า



รูปที่ 38 แสดงการตรวจสอบแรงจากระยะกวดของสปริงด้วยเครื่องทดสอบการยุบตัวของสปริง (RepcO, Model 3600, Warren & Brown, PTY.LTD., Australia)



รูปที่ 39 แสดงระยะยุบตัวของสปริงที่ให้แรงขนาด 288 นิวตัน (X = ระยะยุบตัวของสปริง , F = แรงความล้าที่เกิดจากสปริง)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว สุนีย์ วงศาศิรินาท เกิดที่ กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2517 สัญชาติไทย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) พ.ศ. 2539 จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ด้านกิจกรรม พ.ศ. 2537 ชมรมกีฬา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และเป็นประธานนักศึกษาทันตแพทย์ รางวัลที่เคยได้รับ พ.ศ. 2537 รางวัลผลการเรียนคะแนนยอดเยี่ยม ภาควิชาสรีระวิทยาและชีวเคมี ด้านการทำงาน พ.ศ. 2539-ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งอาจารย์ 5 ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษและทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร กรุงเทพมหานคร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย