การทดสอบแรงยึดของการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดที่ใช้บูรณะฟัน

Shear Bond Strength of Repaired Glass Ionomer Cement (Restorative Type)

หัวหน้าโครงการ นางสาวชไณทัย เฮงตระกูล

อาจารย์ระดับ 7 ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผู้ร่วมโครงการ นายสมลพันธ์ เนื่องศรี

อาจารย์ระดับ 7 ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Order Key 18267

BIB Key 157164

เลขหมู่ RK652.8655 692 2538

เลขทะเบียน 42 ธ.ค. 2542

บทคัดย่อ

การศึกษาการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดบูรณะฟัน ซึ่งก่อตัวแล้วกับกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดเดียวกันแล้วเติมไปใหม่ ศึกษาแรงยึดโดยผลของเวลาก่อนการซ่อม 3 เวลา คือ 15 นาที, 24 ชั่วโมง, 7 วัน และมีการเตรียมพื้นผิว 3 วิธีก่อนการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ คือ วิธีที่ 1 ขัดด้วยผงขัด (Pumice), ขัดด้วย Soflex disc, วิธีที่ 2 ขัดด้วยผงขัด, ทาด้วยกรดโพลีอะคริลิก 20 นาที เป่าให้แห้ง วิธีที่ 3 ขัดด้วยผงขัด, ขัดด้วย Soflex disc, ทาด้วยกรด โพลีอะคริลิก 20 นาที นำกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ซ่อมแล้วไปแช่ในน้ำเกลือ (Normal Saline Solution) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำไปทดสอบหาค่าแรงยึด โดยดูจากค่าแรงที่ใช้ในการแยกชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นออกจากกัน ด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing Machine) พบว่า วิธีการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่แตกต่างกัน 3 วิธี ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ช่วงเวลาที่ต่างกันภายหลังการก่อตัวไปแล้ว 15 นาที, 24 ชั่วโมง, 7 วัน ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และพบว่าเวลาที่แตกต่างกัน วิธีการซ่อมที่แตกต่างกันมีผลซึ่งกันและกัน (Interaction) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในการวิจัยที่การซ่อมที่เกิดขึ้นภายหลังการก่อตัว 15 นาที แล้วทำการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีที่ 1 จะให้ค่าแรงสูงสุด คือ 5.78 N/mm^2 ส่วนการซ่อมที่เกิดหลังการก่อตัว 7 วัน แล้วทำการเตรียมผิวโดยวิธีที่ 1 จะให้ค่าแรงต่ำสุดคือ 1.62 N/mm^2

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการทำวิจัย 2

1.5 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 3

บทที่ 2 วัสดุ และวิธีการทดลอง 5

2.1 วัสดุ อุปกรณ์ 5

2.2 การเตรียมชิ้นตัวอย่างทดลอง 7

2.3 การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์เพื่อการทดสอบ 7

2.4 การแบ่งกลุ่มทดสอบ 8

บทที่ 3 ผลการทดลอง 10

บทที่ 4 วิจารณ์ผลการทดลอง 13

สรุปผลการทดลอง 15

เอกสารอ้างอิง 16

ภาคผนวก 18

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่		
1	แสดงการแบ่งกลุ่มตัวอย่างทดสอบ และจำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบ	8
2	แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยกกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์สองส่วน ออกจากกัน ด้วยการเตรียมพื้นผิวต่างกัน 3 วิธี หลังการก่อตัว 15 นาที	10
3	แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยก กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์สองส่วน ออกจากกัน ด้วยการเตรียมพื้นผิวต่างกัน 3 วิธี หลังการก่อตัว 24 ชั่วโมง	10
4	แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยก กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์สองส่วน ออกจากกัน ด้วยการเตรียมพื้นผิวต่างกัน 3 วิธี หลังการก่อตัว 7 วัน	10
5	แสดค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยก กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ในกลุ่มควบคุม	11
6	แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มทดลอง การซ่อมหลังการก่อตัว 15 นาที	18
7	แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มทดลอง การซ่อมหลังการก่อตัว 24 ชั่วโมง	19
8	แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มทดลอง การซ่อมหลังการก่อตัว 7 วัน	20
9	แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มควบคุม	21
10	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนชนิด 2 ทาง (Two way Analysis of Variance)	22
11	แสดง Multiple Comporison โดยวิธี LSD Procedure	24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เป็นวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน ที่มีคุณสมบัติที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในปริมาณต่ำ ๆ ได้เป็นเวลานาน ตลอดอายุการใช้งานของกลาสไอโอโนเมอร์ ทำให้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดฟันผุ (Cariostatic effect)[1] Wesenberg และ Hals[2] ได้แสดงให้เห็นว่ามีฟลูออไรด์ถูกปล่อยอยู่รอบ ๆ วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ และห่างออกไปอีกในรัศมี 3 มิลลิเมตร แสดงว่าอิทธิพลของการป้องกันฟันผุมิใช่เฉพาะแต่เนื้อฟันที่อยู่ติดกับกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ แต่จะมีผลป้องกันถึงฟันซี่ที่อยู่ใกล้เคียงด้วย นอกจากนี้พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ มีการรั่วซึมตามขอบ (Microleakage) ระหว่างฟันและวัสดุค่อนข้างต่ำ[3,4] ทั้งนี้เนื่องจาก กลาสไอโอโนเมอร์สามารถที่จะเกิดพันธะทางเคมี (Chemical bonding)[5] กับทั้ง อีนาเมล (Enamel) และเดนทีน (Dentin) กลาสไอโอโนเมอร์ยังมีสัมประสิทธิ์การขยายตัว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal expansion) ใกล้เคียงกับฟัน ซึ่งมีส่วนช่วยในเรื่องการลดการรั่วตามขอบ (Microleakage) ระหว่างวัสดุและฟัน และคุณสมบัติที่ดีอีกอย่างหนึ่งของกลาสไอโอโนเมอร์คือ Biocompatibility ซึ่งเนื่องมาจากคุณสมบัติมีความเป็นพิษที่น้อย (less toxicity) ของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ หรืออาจจะด้วยความสามารถในการแนบสนิท (Seal)

จากคุณสมบัติที่ดีเหล่านี้ ทำให้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เป็นวัสดุสีเหมือนฟันที่มีขอบเขตการใช้ที่กว้างขวาง คือสามารถใช้เป็นวัสดุ อุดฟันใช้ในการรองพื้นก่อนการบูรณะฟัน ใช้ในงานใส่ฟันชนิดติดแน่น, งานทางวิทยาเอนโดดอนต์และงานทางจัดฟัน รอยโรคที่เป็นข้อบ่งชี้ในการใช้กลาสไอโอโนเมอร์ในการบูรณะฟัน มักจะได้แก่ รอยโรคบริเวณคอฟัน (Cervical lesion) ที่เกิดจากการแปรงฟันที่ผิดวิธี (Abrasion), Erosion และ การผุที่บริเวณผิวรากฟัน (root surface caries) ปัญหาหนึ่งของกลาสไอโอโนเมอร์ คือ การ manipulation ค่อนข้างยาก และตัวกลาสไอโอโนเมอร์ในช่วงต้นของการก่อตัวจะไว (Sensitive) ต่อภาวะการได้รับน้ำ (Hydration) และสูญเสียน้ำ (Dehydration) เป็นผลให้การบูรณะฟันที่ได้ ไม่ค่อยสมบูรณ์ และบางครั้งหลังจากบูรณะไปแล้ว อาจมีช่องว่าง (Void) ขึ้น หรือบางครั้งมีรายงานว่ามีการสูญเสีย รูปร่าง จาก erosion หรือสึกไปจากการแปรงฟัน (Abrasion)[6] เมื่อมีการประเมินฟันซี่นี้ ว่าควรจะรื้อแล้วทำการบูรณะใหม่ดี หรือหากไม่รื้อออกแต่ทำการซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีจะทำได้หรือไม่

ทั้งนี้เพราะว่าการบูรณะใหม่โดยการรื้อของเก่าออกทั้งหมด แล้วจึงทำการบูรณะฟันซี่นั้นใหม่เป็นวิธีที่ดี แต่ก็มีข้อเสียคือ จะสิ้นเปลืองเวลาในการบูรณะฟันมาก และการกรอรื้อวัสดุเก่าออกอาจทำให้มีการสูญเสียเนื้อฟันที่ดีเพิ่มมากขึ้น การบูรณะฟันโดยการซ่อมแซม จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและใช้วัสดุน้อยกว่า ซึ่งน่าจะเป็นผลดีถ้าแรงยึดระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์ซ่อมแซมและกลาสไอโอโนเมอร์เดิมมีค่ามากพอ ก็จะทำให้การซ่อมแซมประสบความสำเร็จ สามารถนำไปใช้งานได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เพื่อศึกษาแรงยึดระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ที่ได้รับการซ่อมแซม ด้วยวิธีการเตรียมพื้นผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 3 วิธี

2. เพื่อศึกษาแรงยึดระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ที่ได้รับการซ่อมแซมหลังจากมีการก่อตัวแล้วทิ้งไว้ในระยะเวลาที่ต่างกัน 3 เวลา ก่อนทำการซ่อมแซม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแรงยึดระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์ที่ได้รับการซ่อมแซม โดยใช้กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดก่อตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี (Auto cure) คือ ฟูจิกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องยูนิเวอร์ซัล เทสติง แมชีน (Universal Testing Machine)

1.4 ประโยชน์ของการทำวิจัย

1. ผลของการวิจัย จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ เลือกวิธีการในการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์

2. ผลของการวิจัย จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ แรงยึดระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์ ที่ได้รับการซ่อมแซม มีค่ามากพอที่จะทำให้การซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ในทางคลินิกประสบความสำเร็จหรือไม่

3. ผลของการวิจัย จะใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในทิศทางอื่นต่อไป

1.5 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wilson และ Kent[7] ได้แนะนำกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ สู่วงการทันตแพทย์ในช่วงระหว่างปี 1970 เป็นต้นมา และได้มีการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านต่าง ๆ อย่างมากมาย ในหลายปีที่ผ่านมากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางทั้งเป็นวัสดุที่ใช้ในการบูรณะฟันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการบูรณะรอยโรค (lesion) ที่เกิดขึ้นบริเวณคอฟัน (Cervical lesion) หรือการผุที่บริเวณผิวรากฟัน (root surface caries)[8, 9] นอกจากนี้กลาสไอโอโนเมอร์ยังใช้เป็นวัสดุที่ฉาบพื้นโพรงฟัน (base and liners) เพื่อการบูรณะฟันร่วมกับวัสดุอื่น กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันทั้งนี้เพราะว่า สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในปริมาณต่ำๆ ได้ ทำให้กลาสไอโอโนเมอร์มีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดฟันผุ (Cariostatic effect)[10] นอกจากนี้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถมีการยึดติดทางเคมี (Chemical bond) กับโครงสร้างของฟัน และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังมีคุณสมบัติไม่เป็นอันตรายต่อฟัน (Biocompatibility)

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เกิดจากการผสมส่วนผงซึ่งเป็นอลูมิโนซิลิเกตกลาสที่มีฟลูออไรด์ผสมอยู่ (aluminosilicate glass with a high fluoride content) กับส่วนเหลวอันได้แก่ กรดโพลีอะคริลิก และโคโพลีเมอร์ (copolymer) ของกรดโพลีอะคริลิก ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะเกิด 3 ขั้นตอน คือ Dissolution phase, Gelation phase, Hydration of Salt and strength development[11]

เนื่องจากกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกริยาเคมีนั้น จะมีเวลาในการทำงานสั้น (Working Time) และเวลาในการก่อตัว (setting time) นาน โดยการก่อตัวที่สมบูรณ์ จะเกิดภายหลัง 24 ชั่วโมงไปแล้ว[12] ดังนั้นในขณะที่ทำการบูรณะด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แล้ว วัสดุมีความหนืด (gelation) การบูรณะที่ได้อาจมีฟองอากาศ (Void) หรือได้การอุดที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งต้องการการซ่อมแซมโดยการบูรณะเพิ่มเติม หรือในบางครั้งเมื่อบูรณะด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในระยะหนึ่งแล้ว ตรวจพบว่า กลาสไอโอโนเมอร์ที่บูรณะไปมีการสึกเกิดขึ้นที่เกิดจากการแปรงฟันที่ผิดวิธีของผู้ป่วยเองหรือกลาสไอโอโนเมอร์มีการสึกกร่อน เนื่องจากคุณสมบัติของกลาสไอโอโนเมอร์เอง ซึ่งทันตแพทย์ก็จะต้องพิจารณาว่า จะทำการบูรณะใหม่หรือบูรณะเพิ่มเติมอย่างไรจึงจะให้ผลดีมากกว่ากัน มีงานวิจัยไม่มากนักที่ทำการวัดความสามารถในการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ หลังจากมีการก่อตัวไปแล้ว และงานวิจัยส่วนใหญ่จะดูผลของเวลา และผลของการเตรียมพื้นผิวต่อแรงยึด (bond strength)

WARREN SEHERER และคณะ[13] ได้ทำการประเมิน cohesive bond strengths ของการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ โดยเตรียมชิ้นแรกแล้วทิ้งไว้ 5 นาที, 15 นาที และ 24 ชั่วโมง และใช้กรดกัดผิว 3 ช่วงเวลา คือ 0 วินาที, 30 วินาที, 60 วินาที ผลการวัดค่าแรงที่ได้ จะพบมีความแตกต่างกันอย่างมากของแรงที่วัดได้ (Variability) และให้ low cohesive bond strength เมื่อเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นกับชิ้นที่ไม่ได้ทำการซ่อมแซม

D.G. CHARLTON[14] ได้ทำการวัดความสามารถในการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เวลาต่างกัน คือ 20 นาที และ 24 ชั่วโมง โดยการเตรียมพื้นผิวต่างกัน 4 วิธี คือ smooth and unetched, smooth and etched, rough and unetched, rough and etched) ผลการทดลองพบว่า ผลของการทำการเตรียมผิวจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อทำการซ่อมที่ 20 นาที ค่าแรงยึดสูงสุดเมื่อเตรียมผิว smooth and untched

J.W. ROBBIN[15] ได้ทำการตรวจสอบความสามารถในการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 3 ชนิด โดยใช้ช่วงเวลาต่างกัน (Repair time) คือ 30 นาที, 24 ชั่วโมง, 7 วัน, 1 เดือน, 2 เดือน และ 3 เดือน พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์สามารถที่จะซ่อมแซมได้ แต่ความสำเร็จจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของกลาสไอโอโนเมอร์ และแต่ละชนิดจะค่าแรงยึดของการซ่อมที่แตกต่างไปในแต่ละช่วงเวลา

A. JAMALUDDIN และ G.J. PEARSON[16] ได้ทำการทดลองซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ 2 ชนิด โดยกลาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้เป็นประเภทก่อตัวด้วยปฏิกริยาเคมี (Ketae Fil® and ChemFil II® Caps) ในการซ่อมได้มีการเตรียมพื้นผิว 3 วิธี โดยการใช้ฟอสฟอริก แอซิด (Phosphoric acid), โพลีอะครีลิก แอซิด (Polyacrylic acid) และอีกวิธีใช้ร่วมกันระหว่างฟอสฟอริก แอซิด และโพลีอะครีลิก แอซิด ทำการทดลองในสภาวะที่จำลองเหมือนในช่องปาก ชิ้นทดลองถูกนำมาทดสอบหลังจากเก็บไว้ 7 วัน, แรงดัดขวาง (flexural strength) ของการซ่อมแซมนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในวัสดุชนิดเดียวกันแรงดัดขวางของการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดโพลีอะคริก จะให้ค่าแรงต่ำสุด และการใช้กรดฟอสฟอริกในการเตรียมพื้นผิว จะให้แรงยึดประมาณ 80 % ของกลุ่มควบคุม

อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยใดที่จะบ่งชี้ได้ว่า ช่วงเวลาใด และการเตรียมพื้นผิวโดยวิธีใด จะให้ค่าแรงยึดที่เหมาะสมและเพียงพอหรือดีที่สุดต่อการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ อีกทั้งวัสดุที่ต่างบริษัทหรือต่างชนิดกัน ก็ให้ค่าแรงยึดของการซ่อมแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ก็เช่นกันที่จะพยายามดูผลของเวลา และการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่ผ่านมา เพื่อจะดูแรงยึดของการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เกิดขึ้น

บทที่ 2

วัสดุ และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดที่ก่อตัวด้วยปฏิกริยาเคมี (Auto cure) ซึ่งเป็นชนิด Type II เพื่อการบูรณะฟัน GC Fuji II บริษัท G-C international corp batch No. 080992

2. แบบทองแดง ได้จากการนำท่อทองแดงที่มีรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm. นำมาตัดเป็นชิ้นให้มีขนาดความยาว 10 มิลลิเมตร

3. แผ่นกระจก (Glasslab)

4. ผงขัด (Pumice)

5. หัวยางขัดรูปถ้วย (Rubber cup) พร้อมก้าน (Mandrel)

6. Sof-lex disc No. 2382C ของบริษัท 3 M
พร้อมก้าน (Mandrel)

7. แผ่นกระเบื้อง (Porcelain Tile) และ แบบซิลิโคน
ตามรูปที่

8. น้ำเกลือ (Normal Saline)

9. เครื่องมือที่ใช้ในการผสมตามที่บริษัทให้มา

10. เครื่องมือที่ใช้ในการกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

11. แผ่นไมลาร์ (Mylar Strip)

12. วาสลิน

13. ตู้อบ (Incubator)

14. เครื่องมือทดสอบใช้เครื่องยูนิเวอร์เซล เทสติ้ง แมชีน (Universal Testing Machine) Lloyd โมเดล Mx100 ประเทศญี่ปุ่น

การเตรียมชิ้นตัวอย่างทดลอง

เตรียมชิ้นทดสอบโดยการผสมกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ (GC Fuji II batch no. 080992) ในอัตราส่วน น้ำต่อผง 1 ต่อ 1 บนกระดาษสำหรับผสม โดยผสมตามที่บริเวณผู้ผลิตแนะนำ นำกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ ที่ผสมแล้วใส่ลงในแบบทองแดงรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. สูง 10 มม. ซึ่งวางบนแผ่นกระจกใส่กลาสไอโอโนเมอร์จนเต็มแล้ว ปิดด้วยแผ่นไมลาร์ (mylar strip) ทิ้งให้ก่อตัวในอากาศ เคลือบผิวกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ด้วยวาสลิน แล้วนำชิ้นทดสอบเก็บไว้ใน normal saline ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที 24 ชั่วโมง และ 7 วัน แล้วจึงนำไปทำการซ่อม

การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เพื่อการทดสอบ

การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ โดยเตรียมผิวด้านหนึ่งของชิ้นทดสอบก่อนทำการซ่อม 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ขัดผิวชิ้นทดสอบด้วยผงขัด (Pumice) โดยใช้หัวยาง (Rubber cup) ล้างด้วยน้ำสะอาดเป่าให้แห้ง แล้วขัดด้วย Solflexdisc ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วเป่าให้แห้ง

วิธีที่ 2 ขัดผิวชิ้นทดสอบด้วยผงขัด (Pumice) โดยใช้หัวยางล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าให้แห้ง แล้วทาด้วยกรดโพลีอคริลิก ทิ้งไว้ 20 วินาที แล้วเป่าให้แห้ง

วิธีที่ 3 ขัดผิวชิ้นทดสอบด้วยผงขัด (Pumice) โดยใช้หัวยางล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าให้แห้ง แล้วขัดด้วย solfexdisc ล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าให้แห้ง แล้วทาด้วยกรดโพลีอะคริลิก ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเป่าให้แห้ง

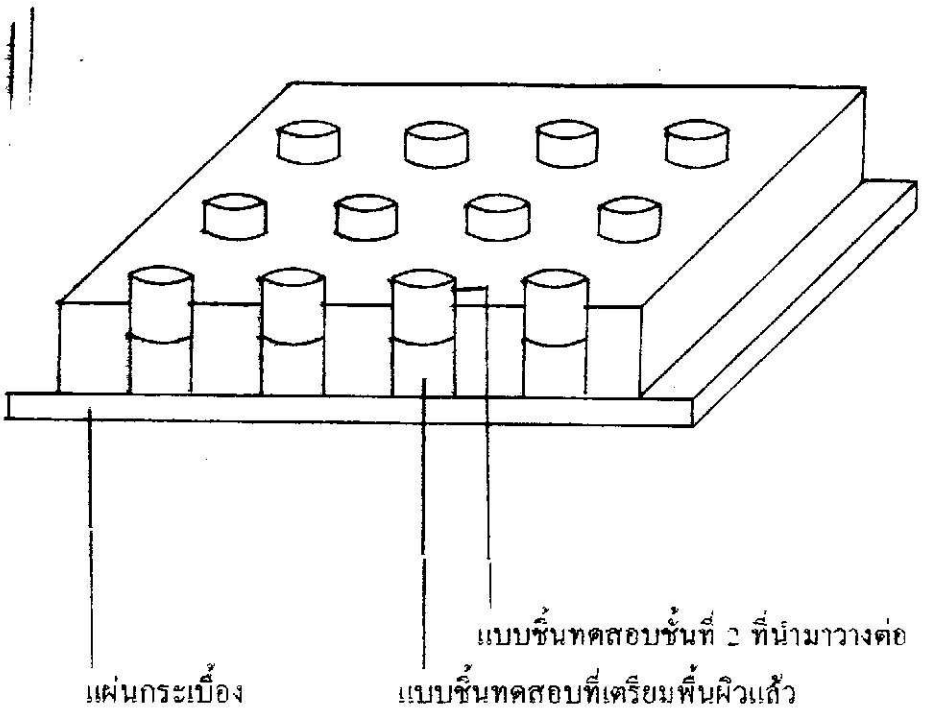
นำชิ้นทดสอบที่เตรียมผิวแล้วมาซ่อมด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ (GC Fuji II batch no. 080992) โดยนำชิ้นทดสอบที่เตรียมผิวแล้วใส่ลงในแบบซิลิโคนที่เป็นช่อง ๆ (ดังรูป) ซึ่งวางบนกระจกแล้วนำแบบทองแดง รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. สูง 10 มม. มาวางต่อในแบบซิลิโคนผสมกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ อัตราส่วน น้ำต่อผงเท่ากับ 1 ต่อ1 ใส่ในแบบทองแดงจนเต็มพอดี ปิดผิวกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ ด้วยแผ่นไมลาร์ ทิ้งให้แข็งตัวในอากาศ 15 นาที เอาแผ่นไมลาร์ออกแล้วเคลือบผิวด้วยวาสลิน นำชิ้นทดสอบที่ซ่อมแล้วเก็บไว้ใน normal saline ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จึงนำไปทดสอบแรงเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine) ยี่ห้อ Lloyd รุ่น MX 100 โดยใช้น้ำหนัก (load cell) 500 นิวตัน ความเร็วการเคลื่อนที่ของหัวกดในแนวดิ่ง (cross head speed) 1 มม./นาที

การแบ่งกลุ่มทดสอบ

ชิ้นตัวอย่างทดสอบ ประกอบด้วย 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จำนวน 30 ชิ้น ที่ทิ้งไว้ให้ก่อตัวไว้ 15 นาที แล้วนำมาซ่อมแซม ด้วยวิธีการเตรียมพื้นผิว 3 วิธี ทิ้งไว้ 15 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่ในน้ำเกลือ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบชิ้นตัวอย่างทดสอบ กลุ่มที่ 2 และ 3 จะมีกลุ่มละ 30 ชิ้น โดยทิ้งไว้หลังก่อตัว 24 ชั่วโมง และ 7 วัน แล้วนำมาซ่อมแซมเช่นเดียวกับกลุ่มแรก ทิ้งไว้ 15 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่น้ำเกลือ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบเช่นเดียวกัน ดังรายละเอียดตามตารางที่

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มตัวอย่างทดสอบ และจำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบ

วิธีการซ่อม \ ระยะเวลาที่เก็บชิ้นตัวอย่าง	15 นาที	24 ชั่วโมง	7 วัน
วิธีที่ 1	10	10	10
วิธีที่ 2	10	10	10
วิธีที่ 3	10	10	10



รูปแสดงแบบซิลิโคนสำหรับการยึดชิ้นทดสอบชิ้นที่ 1 และชิ้นที่ 2 ในการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยกกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ สองส่วน ออกจากกัน ด้วยการเตรียมพื้นผิวที่ต่างกัน 3 วิธี หลังการก่อตัว 15 นาที

	ค่าแรงเฉลี่ย (N)	ค่าแรงเฉลี่ยต่อพื้นที่ (N/mm^2)	จำนวนชิ้นทดลอง
วิธีที่ 1	113.60 ± 25.73	5.78 ± 1.31	8
วิธีที่ 2	62.97 ± 20.23	3.21 ± 1.03	8
วิธีที่ 3	54.53 ± 13.00	2.78 ± 0.66	10

ตารางที่ 3 แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยกกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ สองส่วน ออกจากกัน ด้วยการเตรียมพื้นผิวที่ต่างกัน 3 วิธี หลังการก่อตัว 24 ชั่วโมง

	ค่าแรงเฉลี่ย (N)	ค่าแรงเฉลี่ยต่อพื้นที่ (N/mm^2)	จำนวนชิ้นทดลอง
วิธีที่ 1	94.70 ± 21.94	4.82 ± 1.11	7
วิธีที่ 2	59.67 ± 19.20	3.04 ± 0.98	7
วิธีที่ 3	49.54 ± 9.65	2.52 ± 0.49	10

ตารางที่ 4 แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยกกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ สองส่วน ออกจากกัน ด้วยการเตรียมพื้นผิวที่ต่างกัน 3 วิธี หลังการก่อตัว 7 วัน

	ค่าแรงเฉลี่ย (N)	ค่าแรงเฉลี่ยต่อพื้นที่ (N/mm^2)	จำนวนชิ้นทดลอง
วิธีที่ 1	31.90 ± 5.46	1.62 ± 0.28	8
วิธีที่ 2	48.09 ± 13.62	2.45 ± 0.69	9
วิธีที่ 3	58.75 ± 12.90	2.99 ± 0.66	8

ตารางที่ 5 แสดงค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการแยกกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ ในกลุ่มควบคุม

	ค่าแรงเฉลี่ย (N)	ค่าแรงเฉลี่ยต่อพื้นที่ (N/mm^2)	จำนวนชิ้นทดลอง
กลุ่มควบคุม	52.58 ± 19	2.68 ± 0.97	10

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิด 2 ทาง (Two way analysis of Variance) และ Least Square Difference (LSD)

1. วิธีการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 3 วิธี ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) นั่นคือ วิธีการซ่อมที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ค่าแรงยึดแตกต่างกัน

2. การซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ ภายหลังการก่อตัวไปแล้ว 15 นาที, 1 ชั่วโมง, 7 วัน ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ให้เกิดผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) นั่นคือ ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ก่อนการซ่อมทำให้ค่าแรงยึดแตกต่างกัน

3. การซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ภายหลังการก่อตัวไปเวลาที่แตกต่างกัน และวิธีการที่แตกต่างกัน มีผลซึ่งกันและกัน (Interaction) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) นั่นคือ ช่วงเวลาที่แตกต่างกันและวิธีการที่แตกต่างกันทำให้ค่าแรงยึดแตกต่างกัน

4. การซ่อมแซมที่เกิดขึ้นหลังการก่อตัว 7 วัน โดยวิธีที่ 1 คือ ขัดด้วยผงขัด ล้างน้ำสะอาดเป่าให้แห้ง แล้วขัดด้วย solflex disc ล้างด้วยน้ำสะอาดเป่าให้แห้งแล้วทำการซ่อม จะให้ค่าแรงต่ำสุด คือ 1.62 N / mm^2

5. การซ่อมที่เกิดขึ้นหลังการก่อตัว 15 นาที โดยวิธีที่ 1 คือ ล้างน้ำสะอาดเป่าให้แห้ง แล้วขัดด้วย soflex disc ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วเป่าให้แห้ง แล้วทำการซ่อม จะให้ค่าแรงสูงสุดคือ 5.78 N / mm^2

บทที่ 4

วิจารณ์ ผลการทดลอง

การทดลองนี้ใช้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Autocure คือ GC Fuji II เนื่องจากวัสดุตัวนี้เป็นวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ตัวหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบูรณะฟัน

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะดูแรงยึดที่เกิดขึ้นระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์เดิมและกลาสไอโอโนเมอร์ใหม่ ว่าให้ค่าแรงยึดเพียงไร ดังนั้นจึงวัดค่าแรงยึดก็เกิดขึ้นบนนั้นที่หน้าตัดที่สัมผัสกันอยู่ โดยดูจากแรงที่ใช้ในการแยกกลาสไอโอโนเมอร์ทั้ง 2 ชิ้นออกจากกัน การออกแบบชิ้นทดลองจะไม่มีการเอา mould ที่หุ้มกลาสไอโอโนเมอร์ออกทั้งนี้เพราะว่า หากเอา mould ที่หุ้มออก แท่งกลาสไอโอโนเมอร์ที่ทำการทดลอง อาจเปราะหรือแตกหักได้ง่ายขณะทำการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของกลาสไอโอโนเมอร์นั้นมีคุณสมบัติแข็งแต่เปราะ (Brittle) และมี Cohesive bond strength ค่อนข้างต่ำมาก ซึ่งหากมีการเอา Mould ที่หุ้มออกอาจมีผลต่อค่าแรงที่วัดได้

การออกแบบการเตรียมพื้นผิว 3 วิธี โดยวิธีที่ 1 ทำด้วยการทาด้วยผงขัด (Pumice) แล้วขัดด้วยขัดตามด้วย Soiflex disc ส่วนวิธีที่ 2 ขัดด้วยผงขัด แล้วทาด้วยกรดโพลีอะคริลิก ส่วนวิธีที่ 3 ขัดด้วยผงทาแล้วขัดด้วย Soflex disc แล้วทาด้วยกรดโพลี อะคริลิก เหตุที่เลือกการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีและวัสดุดังกล่าว เนื่องจากพยายามที่จะเลียนแบบการทำงานที่เกิดขึ้นจริงในคลินิกให้มากที่สุด โดย Soflex disc เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ตัวหนึ่งในการขัดแต่งกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ในความเป็นจริงของการทำงานในคลินิก ขณะที่ทำการขัดแต่งกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ อาจตรวจพบตำแหน่งที่อุดไม่พอดีขอบ (under margin) หรือขัดแล้วรูปร่างไม่เหมาะสม (under contour) ส่วนการใช้ผงขัด (Pumice) ในการขัด เพราะว่า วัสดุพิวมิสเป็นวัสดุที่ใช้ในการขัดผิวเพื่อเอาแผ่นคราบแบคทีเรียออก (Remove Plaque) ดังนั้น ในการนัดคนไข้กลับมาตรวจเช็ค (Follow up) ว่าการบูรณะฟันดีหรือไม่ อาจจะต้องใช้ผงขัดก่อนเพื่อทำความสะอาดฟันและวัสดุที่บูรณะฟันก่อนที่จะทำงานขั้นตอนอื่นต่อไป และที่เลือกใช้กรดโพลีอะคริลิก ด้วยเหตุผลที่ว่า กรดโพลีอะคริลิกถือว่าเป็นส่วนเหลวของกลาสไอโอโนเมอร์ น่าจะให้ผลดีในการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยก่อน ๆ ได้ใช้ กรดฟอสฟอริกกัดผิวที่เวลาต่างกัน [13, 14, 18] ปัจจุบันนี้ได้มีการวิจัยรายงานถึงการใช้กรดฟอสฟอริกในการกัดผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ ในเวลาที่นานเกินกว่า 10 วินาที จะมีผลทำให้เกิด Microcrack และเกิดการเสื่อมของกลาสไอโอ โนเมอร์ซีเมนต์ (Degradation) ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากกรดฟอสฟอริกสามารถทำลายซี

เมนต์แมทริกซ์ได้หากใช้กรดกัดเกิน 10 วินาที ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการตรวจสอบดูผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ ด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) หลังจากทำการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีต่าง ๆ จึงไม่สามารถรายงานได้ว่ากรดโพลีอะคริลิกมีผลต่อซีเมนต์แมทริกซ์หรือไม่

ในการนำข้อมูลที่วัดได้ มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากค่าแรงที่วัดได้มีค่าบางค่าแตกต่างไปอย่างมาก เพื่อไม่ให้ผลการวิเคราะห์ผิดไป จึงได้ตัดค่าที่แตกต่างมาก (Extreme Value) ออก แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ตามตารางที่ 2, 3, 4 จากการวิเคราะห์ข้อมูล จะเห็นว่า วิธีการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ที่แตกต่างกัน 3 วิธีให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ช่วงเวลาที่แตกต่างกันภายหลังการก่อตัวไปแล้ว 15 นาที, 24 ชั่วโมง, 7 วัน ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และพบว่าเวลาที่แตกต่างวิธีการซ่อมที่แตกต่างกัน มีผลซึ่งกันและกัน (Interaction) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในการวิจัยนี้ การซ่อมที่เกิดขึ้นหลังการก่อตัว 15 นาที แล้วทำการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีที่ 1 จะให้ค่าแรงสูงสุด คือ 5.78 N/mm^2 การซ่อมที่เกิดหลังการก่อตัว 7 วัน แล้วทำการเตรียมผิวโดยวิธีที่ 1 จะให้ค่าแรงต่ำสุด คือ 1.62 N/mm^2

เนื่องจากค่าแรงยึดที่เกิดจากการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่รายงานแต่ละงานวิจัยไม่สามารถนำมาเป็นเปรียบเทียบกัน ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบงานวิจัยที่ต่างกัน, เวลาที่ต่างกัน, การเตรียมพื้นผิวที่ต่างกัน, เครื่องมือที่ใช้ทดสอบที่แตกต่างกัน จะมีผลทำให้ค่าแรงที่วัดได้แตกต่างกันออกไป ดังการทดลองของ J.F. Mc Cabe และคณะ[18] ได้ทำงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าในการทดสอบกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน แต่ทำการทดสอบกันคนละ สถานที่ จะให้ค่าแรงที่ได้จากการทดสอบที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับตัวควบคุม ซึ่งผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า ค่าแรงยึดที่เกิดจากการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมแล้วไม่แตกต่างกัน (ยกเว้นที่เวลา 7 วัน โดยการเตรียมผิวด้วยวิธีที่ 1 ซึ่งให้ค่าแรงยึดต่ำสุด และ 15 นาที, เตรียมผิวด้วยวิธีที่ 1 ซึ่งให้ค่าแรงยึดสูงสุด)

ดังนั้น จากการวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์อาจจะเป็นไปได้ หากการซ่อมแซมนั้นเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เหมาะสมและเลือกการเตรียมพื้นผิวที่เหมาะสม

สรุปผลการทดลอง

1. ค่าแรงยึดของการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างจากตัวควบคุม

2. เวลาที่เหมาะสมต่อการซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และการเตรียมพื้นผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จะเป็นปัจจัยสำคัญต่อแรงยึดของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

3. หากพิจารณาเฉพาะค่าแรงยึดในการซ่อมที่วัดได้ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีแนวโน้มที่จะซ่อมได้ หากเลือกเวลาที่เหมาะสมและเลือกวิธีเตรียมพื้นผิวที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Mônica Campos Serra and Jaime Aparecids Cury. : The Effect of Glass Ionomer Cement Restoration on Enamel Subjected to a Demineralization and Remineralization model. Quintessence Int. 23 : 143-147, 1992.

2. Wesenberg G. and Hals E. : The in Vitro Effect of a Glass Ionomer Cement on Dentine and Enamel Walls. J. Oral Rehabil. 7, 35-42, 1180.

3. G. Wiedzkowski, R.B. Joynt, E.L. Davis, X.Y. Yu and K. Cleary. : Leakage Pattern Associated with Glass Ionomer-base Resin Restorations. Oper. Dent. 17 : 21-25. 1992.

4. S.K. Shidhu and L.J. Henderson. : In Vitro Marginal Leakage of Cervical Composite Restorations Lined with a Light-cured Glass Ionomer. Oper. Dent. 17 : 7-12. 1992

5. G.J. Mount. : Adhesion of Glass-Ionomer Cement in the Clinical Environment. Oper. Dent. 16 : 141-148.

6. A.M. Hegarty and G.J. Pearson. : Erosion and Compressive Strength of Hybrid Glass Ionomer Cements When Light Activated or Chemically Set. Biomaterials. 14 (5) : 349-352. 1993.

7. P.J. Knibbs. : Glass Ionomer Cement : 10 Years of Clinical Use. J. Oral Rehabil. 15 : 103-115, 1988.

8. Karl F. Leinfelder. : Glass Ionomer Cement : Current Clinical Development. JADA. 124 : 62-64, 1993.

9. Martin J. Tyas. : The Class V Lesion - Aetiology and Restoration. Aust. Dent. J. 40(3) : 167-170, 1995.

10. Theodore P. Croll. : Glass Ionomer and Esthetic Dentistry : What the New Propertics Mean to Dentistry. JADA. 123 : 51-54, 1992.

11. A.W.G. Walls : Glass Polyalkenoate (Glass-ionomer) Cements : a review. J. Dent. 14 : 231-246, 1986.

12. Dennis C. Smith. : Composition and Characteristics of Glass Ionomer Cements. JADA. 120 : 20-22, 1990.

13. Warren Cherer, Jaya Vaid Yana Than. James M Kasm. and Marvin Hambuc G. : Evaluation of the Ability of Glass-Ionomer Cement to Bond to Glass-Ionomer Cement. Oper. Dent. 14 : 82-86, 1989.

14. D.G. Charlton. D.F. Murchison and B.K. Moore. : Repairability of Type II Glass Polyalkenoate (ionomer) Cements. J. Dent. 19 : 249-254. 1991.

15. J.W. Robbins, R.L. Coolcy E.S. Duke and J.M. Berrong : Repair Bond Strength of Glass-ionomer Restoratives. Oper. Dent. 14 : 129-132, 1989.

16. A. Jamaluddin and G.J. Pearson : Repair of Glass Ionomer Cements - Methods for Conditioning the Surface of The Cement to Achieve Bonding. J. Oral. Rehabil. 21 : 649 - 653. 1994.

17. W.M. Brackett and W.M. Johnston. : Repair of Glass Ionomer Restorative Materials Flexure Strength of Specimens Repaired by Two Methods. J. Prosthet. Dent. 62 261-264. 1989.

18. J.F. McCabe. D.C. Watts. H.J. Wilson and H.V. Worthington. : An Investigation of Test-house Variability in The Mechanical Testing of Dental Materials and The Slatistical Treatment of Results. J. Dent. 18 : 90-97. 1990.

ภาคผนวก

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มทดลอง การซ่อมหลังการก่อตัว 15 นาที

	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
	106.90	60.45	46.85
	150.40	95.73	37.13
	153.40	44.81	59.96
	93.14	51.65	43.97
	87.36	27.86	38.99
	98.80	40.63	52.33
	97.33	68.32	78.55
	121.50	52.84	63.29
			61.26
			63.01
X	113.60	62.97	54.53
SD	25.73	20.23	13

ตารางที่ 7 แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มทดลอง การซ่อมหลังการก่อตัว 24 ชั่วโมง

	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
	126.20	62.15	37.59
	72.81	84.21	40.60
	72.07	47.23	46.13
	89.36	67.25	58.17
	101.90	30.39	64.10
	101.20	79.16	39.23
	114.50	47.29	52.14
			63.11
			45.14
			49.14
X	94.70	59.64	49.54
SD	21.94	19.20	9.65

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF ... UNIVERSITY

ตารางที่ 8 แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มทดลอง การซ่อมหลังการก่อตัว 7 วัน

	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
	27.38	30.77	50.02
	28.40	52.34	36.42
	30.32	50.82	63.92
	37.09	37.77	74.30
	29.17	60.36	56.46
	32.46	72.67	70.91
	27.55	36.76	68.15
	42.85	36.81	49.80
		54.54	
X	31.90	48.09	58.75
SD	5.46	13.62	12.90

ตารางที่ 9 แสดงค่าแรงเป็นนิวตันของกลุ่มควบคุม

ค่าแรง
95.73
44.81
51.65
27.86
40.63
68.32
52.84
46.85
37.13
59.96

$\bar{x}$ = 52.58

SD = 19

ตารางที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการใช้ความแปรปรวนชนิด 2 ทาง (Two way analysis of Variance)

SPSS / PC+ 11/30/95

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

AFORCE
By TREAT
PERIOD

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	54.608	4	13.652	19.508	.000
TREAT	25.968	2	12.984	18.553	.000
PERIOD	29.917	2	14.958	21.375	.000
2-way Interactions	49.076	4	12.269	17.532	.000
TREAT PERIOD	49.076	4	12.269	17.532	.000
Explained	103.684	8	12.961	18.520	.000
Residual	46.188	66	.700		
Total	149.872	74	2.025		

การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ two-way analysis of Variance

1. เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีการซ่อม 3 วิธี

H_0 : $T_1 = T_2 = T_3$

H_1 : $T_1 \neq T_2 \neq T_3$

2. เปรียบเทียบผลของเวลา 3 อย่าง

H_0 : $P_1 = P_2 = P_3$

H_1 : $P_1 = P_2 = P_3$

3. เปรียบเทียบระหว่างวิธีการซ่อมกับระยะเวลา ก่อการซ่อม

$H_0 = T_1 P_1 = \ldots\ldots = T_2 P_3$

$H_0 = T_1 P_1 \neq \ldots\ldots = T_3 P_3$

สรุปผล

1. จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปรทางแถว สรุปได้ว่า วิธีการซ่อม 3 วิธี ทำให้เกิดผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 นั่นคือ วิธีการซ่อมแซมกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าแรงยึดที่ได้แตกต่างกัน

2. จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปรทางคอลัมน์ สรุปได้ว่า การซ่อมกลาสไอโอโนเมอร์ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 นั่นคือ ช่วงเวลาที่แตกต่างกันก่อนการซ่อม ทำให้ค่าแรงยึดแตกต่างกัน

3. จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปรแถวและคอลัมน์ สรุปได้ว่า วิธีการซ่อมแซมที่แตกต่างกัน และช่วงเวลาที่แตกต่างกันก่อนการซ่อม มีผลต่อค่าแรงยึด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 นั่นคือ วิธีการซ่อมมีผลต่อเวลา ทำให้ค่าแรงยึดแตกต่างกันไป

ตารางที่ 11 แสดง Multiple comparison โดยวิธี LSD Procedure

Page 60 SPSS/PC+ 12/5/95

--------- ONEWAY ---------

Variable AFORCE

By Variable NEW

LSD Procedure

Ranges for the .050 level

2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J) -Mean(I) is..

.6034 * Range * Sqrt(1/N(I) + 1/N(J))

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Page 61 SPSS/PC+ 12/5/95

Mean	Group	G r p 1 1	G r p 1 2	G r p 9	G r p 5	G r p 8	G r p 3	G r p 8	G r p 7	G r p 7	G r p 6
1.6244	Grp11										
2.4487	Grp12										
2.5221	Grp 9	*									
2.6771	Grp15	*									
2.7767	Grp18	*									
2.9912	Grp13	*									
3.0381	Grp 8	*									
3.2064	Grp17	*									
4.8218	Grp 7	*	*	*	*	*	*	*			
5.7843	Grp16	*	*	*	*	*	*	*	*		

Page 62 SPSS/PC+ 12/5/95

This procedure was completed at 23:01:21

Page 63 SPSS/PC+ 12/5/95