

การวิจัยระดับจุลภาคที่เน้นด้านเนื้อหาของโครงงานชนิดคลาส ทุ บรูณะด้วยเรซินคอมโพสิต
โดยใช้วิธีการบูรณะต่างๆ กัน



นาย พิสุทธิ แสนมโน

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MICROLEAKAGE AT GINGIVAL WALL OF CLASS II CAVITY RESTORED WITH RESIN COMPOSITE
USING VARIOUS TECHNIQUES



Mr. Pisut Sanmano

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Operative Dentistry

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

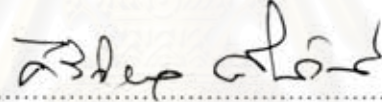
Copyright of Chulalongkorn University


หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิจัยระดับจุลภาคที่เน้นด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทุ บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตโดยใช้วิธีการบูรณะต่างๆ กัน
โดย	นาย พิสุทธิ์ แสนมโน
สาขาวิชา	ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ เฉลิมพล ลี้โวโรจน์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง รุติมา กุศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ เฉลิมพล ลี้โวโรจน์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีนุษย์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง จารุพรรณ อุ่นสมบัติ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง อรอนงค์ สิลโกเศศศักดิ์)

นาย พิรุทธิ์ แสนมโน : การรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทู บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตโดยใช้วิธีการบูรณะต่างๆ กัน (MICROLEAKAGE AT GINGIVAL WALL OF CLASS II CAVITY RESTORED WITH RESIN COMPOSITE USING VARIOUS TECHNIQUES) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ทพ. เฉลิมพล ลีไวโรจน์ 96 หน้า.

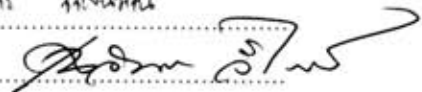
วัตถุประสงค์ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทู ที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตเมื่อทำการอนุรักษ์ผิวเคลือบฟันเปรียบเทียบกับผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันโดยใช้วัสดุบูรณะชนิดต่างๆ

วิธีการทดลอง นำฟันกรามมนุษย์ซี่ที่ 3 ที่ไม่มีรอยผุ อุด หรือร้าวจำนวน 40 ซี่ กรอเตรียมโพรงฟันชนิดคลาสทูขนาด 1.5x3 มิลลิเมตร โดยผนังด้านเหงือกอยู่บนรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน อีกด้านจะเตรียมโพรงฟันลักษณะเดียวกันแต่จะเก็บผิวเคลือบฟันขนาด 0.5x1 มิลลิเมตรไว้บริเวณผนังด้านเหงือก ตัดฟันด้านบดเคี้ยวให้ ความสูงของโพรงฟันทั้งสองด้านสูง 5 มิลลิเมตร แบ่งฟันเป็น 4 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 บูรณะชั้นแรกด้วย Filtek Supreme กลุ่มที่ 2 บูรณะชั้นแรกด้วย Fuji II LC ชนิดแคปซูล กลุ่มที่ 3 บูรณะชั้นแรกด้วย Filtek Z350 และทุกกลุ่มบูรณะเป็น ชั้นๆ ในแนวระนาบด้วย Filtek Supreme ใช้ Adper Scotchbond Multipurpose เป็นสารยึดติด และกลุ่มที่ 4 เป็น ความคุมเชิงลบบูรณะด้วย IRM เก็บชิ้นฟันไว้ในตู้ความชื้นสัมพัทธ์ 100% อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเทอร์มอไซคลิงที่อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส 5000 รอบ แล้วจึงนำฟันมาแช่ สารละลายเมททิลีนบลู 0.5% นาน 24 ชั่วโมง ตัดฟันเป็น 2 ส่วนบริเวณกลางโพรงฟัน นำค่าการรั่วซึมมาทดสอบด้วย สถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส การเปรียบเทียบพหุคูณ และสถิติทดสอบของแมน-วิทนีที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง กลุ่มที่เก็บผิวเคลือบฟันไว้จะพบคะแนนการรั่วซึมต่ำกว่ากลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิว รากฟัน เรียงวัสดุที่มีค่าการรั่วซึมจากน้อยไปมากเป็นดังนี้ ผลิตรภัณฑ์ Filtek Supreme ผลิตรภัณฑ์ Filtek Z350 และ ผลิตรภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูล ทั้งกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟันหรือผิวรากฟันพบว่า กลุ่มที่บูรณะชั้น แรกด้วย Filtek Supreme หรือ Filtek Z350 คะแนนการรั่วซึมจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่วัสดุทั้ง สองชนิดจะแตกต่างกับกลุ่มที่บูรณะชั้นแรกด้วย Fuji II LC ชนิดแคปซูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตรภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูล เมื่อบูรณะด้านผิวเคลือบฟันจะมีคะแนนการรั่วซึมต่ำกว่าด้านผิวรากฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป การเก็บผิวเคลือบฟันไว้สามารถลดการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทู ได้ และการบูรณะชั้นแรกด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ หรือเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลเแม่ได้ ร่วมกับสารยึดติด ระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ขั้นตอน จะพบการรั่วซึมน้อยกว่าการบูรณะชั้นแรกด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์ ซีเมนต์ชนิดแคปซูล

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต.....ศุภกวี 14คนพิน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4876118932 : MAJOR Operative Dentistry

KEY WORD: MICROLEAKAGE / RESIN COMPOSITE / CLASS II CAVITY / GINGIVAL WALL

PISUT SANMANO : MICROLEAKAGE AT GINGIVAL WALL OF CLASS II CAVITY RESTORED WITH RESIN COMPOSITE USING VARIOUS TECHNIQUES.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHALERMPOL LEEVAILOJ, 96 pp.

Objective. The aim of this study was to evaluate microleakage of Class II resin composite restorations at gingival wall with enamel preservation and cementum margin using different restorative materials.

Materials & Methods. Forty human third molars without dental caries, restoration or crack were used. Class II cavity size 1.5x3 mm were prepared at cemento-enamel junction in all specimens. At the opposite sites in all specimens 0.5x1 mm enamel thickness were preserved at the gingival margin. Occlusal surfaces, 5 mm from gingival wall, were flattened. Specimens were divided into 4 groups: First group; restored the first layer with Filtek Supreme, second group; restored the first layer with Fuji II LC capsule type, third group; restored the first layer with Filtek Z350 and restored the next horizontal incremental layer with Filtek Supreme using Adper Scotchbond Multipurpose as bonding agent. The forth group was a negative control; restored with IRM. All specimens were stored in 100% humidity at 37°C for 24 hours. Then all specimens were thermocycled between 5°C and 55°C for 5,000 cycles with 30-second dwell time. Then all specimens were immersed in 0.5% methylene blue solution for 24 hours and cut along the center of restoration. The results were analyzed by Kruskal-Wallis test, multiple comparisons and Mann-Whitney U test with a 95% confidence level.

Results. Enamel margin groups showed less microleakage score than groups with cementum margin. Ranking from minimum to maximum leakage score was Filtek supreme, Filtek Z350 and Fuji II LC capsule type, respectively. In both enamel margin and cementum margin groups, which restored the first layer with Filtek Supreme or Filtek Z350, the leakage scores were not statistically different but they were both statistically significant different from Fuji II LC capsule type. In Fuji II LC capsule type, enamel margin groups showed statistically significant less microleakage score than cementum groups.

Conclusion. Enamel preservation techniques of Class II resin composite restoration resulted in less microleakage compared to non preserved enamel margin. Nanofilled resin composite and flowable resin composite combination with 3 steps total etch adhesive system reduced leakage score compared to capsule type resin modified glass ionomer cement.

Department Operative Dentistry
Field of study Operative Dentistry
Academic year 2006

Student's signature..... *Pisut Sanmano*
Advisor's signature..... *Chalermpol Leevailoj*

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ เป็นผู้จุดประกายแนวคิด และผู้ให้วิธีในการศึกษา และแนวทางการทำงานที่เหมาะสม

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ทพ. เฉลิมพล ลี้ไวโรจน์ ที่เสียสละทั้งเวลาราชการและเวลาส่วนตัว เพื่อให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ความอนุเคราะห์อย่างยิ่ง ตั้งแต่เริ่มคิดหัวข้อวิทยานิพนธ์ การลงมือทดลอง และการเขียนวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางสถิติ อาจารย์ผู้มีความตั้งใจในการถ่ายทอดความรู้ การอธิบาย และให้ความกระจ่างในทุกแง่มุม

ขอขอบพระคุณ ผศ. ทพ. ดร. สุจิต พูลทอง และ บริษัท 3เอ็ม (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัสดุในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยและแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณผู้อยู่เบื้องหลังของชีวิต เป็นผู้ให้กำเนิด ให้ความรักให้กำลังใจ เป็นผู้สร้าง และหล่อหลอมความสำเร็จให้เกิดขึ้นกับลูกคนนี้เป็นลำดับเรื่อยมาตั้งแต่วัยเด็กจนปัจจุบัน กราบเท้าคุณพ่ออรุณ และคุณแม่จิราภรณ์ แสนมโน “กราบขอบพระคุณ พ่อกับแม่ครับ”

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	2
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	2
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
แนวคิดและทฤษฎี.....	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	26
วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย.....	26
อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	26
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	27
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	35

บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	42
อภิปรายผลการวิจัย.....	42
สรุปผลการวิจัย.....	48
ข้อเสนอแนะ.....	49
รายการอ้างอิง.....	50
ภาคผนวก.....	58
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	86



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางแสดงการแปรผลค่าแคปปา.....	34
ตารางที่ 2 คะแนนค่าการรั่วซึมระดับจุลภาค จำแนกตามวัสดุบุรณะและวิธีการเตรียมโพรงฟัน.....	35
ตารางที่ 3 ผลของสถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส ในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน ระหว่างวัสดุบุรณะ 3 ชนิด.....	36
ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างวัสดุบุรณะ 3 ชนิด ในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน.....	37
ตารางที่ 5 ผลของสถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส ในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน ระหว่างวัสดุบุรณะ 3 ชนิด.....	37
ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างวัสดุบุรณะ 3 ชนิด ในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน.....	38
ตารางที่ 7 ผลสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน หรือผิวเคลือบฟัน ในวัสดุบุรณะแต่ละชนิด.....	39
ตารางที่ 8 จำนวนซี่ฟันที่พบการรั่วซึมผ่านทางผิวเคลือบฟัน และจำนวนซี่ฟัน ที่พบฟองอากาศในเนื้อวัสดุชั้นแรกที่ใช้บุรณะ.....	42

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงขนาดโพรงฟัน ทางด้านข้างและด้านหน้า.....	28
ภาพที่ 2 แสดงวิธีแบ่งกลุ่มการทดลอง.....	31
ภาพที่ 3 แสดงระดับคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาค.....	33
ภาพที่ 4 แสดงฟองอากาศภายในเนื้อวัสดุบูรณะชั้นแรก.....	40
ภาพที่ 5 แสดงการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ระดับคะแนน 4.....	40
ภาพที่ 6 แสดงการรั่วซึมเข้าตามผิวเคลือบฟัน.....	41



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบูรณะฟันให้มีสีเหมือนฟันธรรมชาติมีความต้องการมากขึ้นในปัจจุบัน วัสดุบูรณะสีเหมือนฟันมีหลายชนิด โดยวัสดุที่ได้รับความนิยมคือเรซินคอมโพสิต ซึ่งสามารถบูรณะฟันได้ในครั้งเดียวที่ทำการรักษา และเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสามารถใช้บูรณะในฟันหลังได้ อย่างไรก็ตามการใช้เรซินคอมโพสิตในการบูรณะฟันหลังยังพบปัญหาทางคลินิกได้ โดยเฉพาะเมื่อบูรณะในโพรงฟันชนิดคลาสสิก บริเวณผนังด้านเหงือกมักจะพบการรั่วซึมระดับจุลภาค (Retief, 1994) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะเสียวฟันภายหลังการบูรณะ การเกิดฟันผุซ้ำ และผุลุกลามจนเกิดพยาธิสภาพของโพรงประสาทฟัน (Dauvillier และคณะ, 2000, Retief, 1994, Sarrett, 2005)

การบูรณะฟันโพรงฟันชนิดคลาสสิก ในทางคลินิกจะกรอฟันทางด้านประชิดให้น้อยที่สุด และพยายามเก็บผิวเคลือบฟันไว้ให้มากที่สุด เนื่องจากระบบสารยึดติดสามารถยึดติดได้ดีกับผิวเคลือบฟัน (Retief, 1994, Summitt และคณะ, 2001) แต่ประสิทธิภาพการยึดติดจะลดลงในส่วนของเนื้อฟันหรือผิวรากฟัน บางกรณีหลังการกำจัดรอยผุแล้วผนังด้านเหงือกจะอยู่ที่ผิวรากฟันซึ่งจะเกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ง่าย จึงมีการแนะนำวัสดุกลุ่มเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ มาบูรณะโพรงฟันด้านเหงือกก่อนที่จะบูรณะขั้นต่อไปด้วยเรซินคอมโพสิตเพื่อลดอัตราการรั่วซึมระดับจุลภาคลง (Dietrich และคณะ, 1999, Loguercio และคณะ, 2002) บางครั้งรอยผุลุกลามจากด้านประชิดฟันเข้าสู่เนื้อฟัน เมื่อกำจัดส่วนที่ผุออกแล้วจะเหลือโพรงฟันที่มีผนังเป็นผิวเคลือบฟันบางๆ ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว ชั้นของผิวเคลือบฟันจะให้ประสิทธิภาพการยึดติดที่ดีกว่าเนื้อฟัน แต่เมื่อพิจารณาการเรียงตัวของแนวแท่งเคลือบฟัน (enamel rod) แล้วพบว่าการเรียงตัวของแท่งเคลือบฟันบริเวณนี้จะไม่เป็นระเบียบ ซึ่งอาจมีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติด และที่ชั้นผิวเคลือบฟันที่ไม่มีชั้นเนื้อฟันรองรับจะมีความแข็งแรงแต่เปราะแตกหักง่าย แรงกดตัวของเรซินคอมโพสิตขณะก่อตัวจึงอาจจะมีผลต่อผิวเคลือบฟันบริเวณนี้ และส่งผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ ซึ่งยังไม่มีผู้ทำการศึกษาผลการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อทำการเตรียมโพรงฟันที่มีผิวเคลือบฟันเหลือบางๆ บริเวณผนังด้านเหงือก จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการเก็บผิวเคลือบฟันไว้จะมีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคหรือไม่ เมื่อใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ร่วมบูรณะ โดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์เป็นวัสดุบูรณะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทระหว่างกลุ่มที่มีการเก็บผิวเคลือบฟันบางๆ กับกลุ่มที่มีผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟัน

เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทระหว่างกลุ่มที่ใช้ เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ร่วมบูรณะ และกลุ่มที่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์เพียงชนิดเดียวบูรณะ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสท เมื่อมีวิธีการบูรณะฟันด้านประชิดแตกต่างกันได้แก่ วิธีการบูรณะโดยเก็บเคลือบฟันบางๆ วิธีการบูรณะโดยใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์บูรณะชั้นแรกก่อนบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ วิธีการบูรณะโดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้บูรณะชั้นแรกก่อนบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์และวิธีการบูรณะโดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ชนิดเดียวบูรณะ โดยกลุ่มควบคุมเชิงลบ (negative control) บูรณะด้วย IRM (intermediate restorative material)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ในการเตรียมชิ้นงาน และทำการทดลองจะใช้ผู้ทำการวิจัยเพียงคนเดียวโดยการทำงานทุกขั้นตอนจะทำภายใต้แว่นติดเลนส์ กำลังขยาย 3 เท่า
2. การอ่านผลระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคกระทำโดยผู้ที่ไม่ใช่ผู้ทำการทดลองจำนวน 3 คน ทำการอ่านผลจากภาพถ่ายขยายผ่านเครื่องแอลซีดี (LCD) ที่สภาพแวดล้อมเดียวกัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้ทำในห้องทดลอง ดังนั้นจึงไม่สามารถจำลองสภาวะในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Microleakage การรั่วซึมระดับจุลภาค

Resin composite เรซินคอมโพสิต

Class II cavity โพรงฟันชนิดคลาสทู

Gingival wall ผนังด้านเหงือก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับผลการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทู ระหว่างกลุ่มที่มีการเก็บผิวเคลือบฟันบางๆ กับกลุ่มที่มีผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาการเตรียมโพรงฟันชนิดคลาสทู

ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับผลการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกของโพรงฟันชนิดคลาสทู ระหว่างกลุ่มที่ใช้ เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ร่วมบูรณะ และกลุ่มที่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์เพียงชนิดเดียวบูรณะ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุบูรณะบริเวณผนังด้านเหงือก

วิธีดำเนินการวิจัย

วิจัยเชิงทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

การบูรณะฟันให้ได้รูปร่างและสีใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ เป็นที่ต้องการของทันตแพทย์ และผู้ป่วยในปัจจุบันมากขึ้น โดยนำเรซินคอมโพสิตมาเป็นวัสดุบูรณะฟันหลังมากกว่า 30 ปีแล้ว เมื่ออดีตมีการใช้เรซินคอมโพสิตในลักษณะการทำงานที่เหมือนกับการใช้อะมัลกัมในการบูรณะฟัน (Manhart และคณะ, 2004, Sarrett, 2005) แต่ผลทางคลินิกเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งปรากฏว่ายังไม่เป็นที่น่าพอใจ และพบอัตราความล้มเหลวสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอะมัลกัม (Sarrett, 2005) เนื่องจากอัตราการสึก (wear rate) ที่เร็ว วัสดุมีผิวขรุขระ (surface roughness) สีไม่คงทน (color instability) และบางครั้งการใช้เรซินคอมโพสิตบูรณะฟันโพรงฟันชนิดคลาสทู จะสร้างให้เกิดสัมผัสประชิด (proximal contact) ได้ยาก หรือเสียสัมผัสประชิดได้ง่ายหลังจากมีการใช้งานไประยะหนึ่ง แต่ในปัจจุบันปัญหาที่พบบดงกล่าวลดลง เนื่องจากมีการพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุให้ดีขึ้น ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ (physical property) และคุณสมบัติเชิงกล (mechanical property) (Manhart และคณะ, 2004, Sarrett, 2005) อีกทั้งได้มีการเสนอการบูรณะฟันด้วยวิธีต่างๆ ขึ้นมา เพื่อจะนำมาสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของการบูรณะ แต่อย่างไรก็ตามยังคงพบลักษณะไม่พึงประสงค์ภายหลังการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต เช่น การเกิดรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟัน เนื้อฟัน (enamel-dentin microcracks) (Sarrett, 2005, Tantbirojn และคณะ, 2004) ความเค้นบนปุ่มฟัน (cuspal strain) ภาวะเสียวฟัน (tooth sensitivity) และฟันผุ (caries) จนบางครั้งลุกลามต่อจนเกิดพยาธิสภาพของโพรงประสาทฟัน (pulp pathology) (Aschheim และ Dale., 2001, Pashley, 1990, Sarrett, 2005, Summitt และคณะ, 2001)

การหดตัวของขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว (polymerization shrinkage) ของเรซินคอมโพสิต อาจทำให้เกิดการรั่วซึม (leakage) เป็นเหตุให้เกิดช่องว่าง (gap) (Aschheim และคณะ, 2001, Cenci และคณะ, 2005, Sarrett, 2005, Summitt และคณะ, 2001) อันจะนำไปสู่ลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ข้างต้นได้ และขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวจะมีแรงเครียดเกิดขึ้นเนื่องจากการหดตัวของวัสดุ แรงเครียดจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความหนืด ความยืดหยุ่น (visco-elastic properties) ในตัววัสดุ สัดส่วนระหว่างผิวที่มีการยึดกับไม่ยึด (bond and free bond surface) การเกิดรอยพรุน (porosity) ในวัสดุ (Aschheim และคณะ, 2001, Braga และ

Ferracane, 2004) ความเข้มแสง (light intensity) ที่ใช้กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวหรือรูปแบบการปล่อยแสง

การรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยร่วมกัน แต่ปัจจัยหลักที่ได้รับการกล่าวถึงว่าเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วซึมระดับจุลภาค เมื่อทำการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิตได้แก่ การหดตัวของเรซินคอมโพสิตขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว (polymerization shrinkage) (Retief, 1994, Summitt และคณะ, 2001) ปัจจัยต่างๆ ที่จะก่อให้เกิดการหดตัวของวัสดุอื่นจะนำไปสู่การรั่วซึม และมีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาค มีดังนี้ ทรงเรขาคณิตของโพรงฟัน (cavity geometry) สารยึดติดเนื้อฟัน (dentin adhesive) เทคนิคการบูรณะ (application technique) วัสดุบูรณะ (restoration material) การขัดเรียบ การขัดเงาและการรีบอนด์ (finishing, polishing, rebonding)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทรงเรขาคณิตของโพรงฟัน (cavity geometry)

Feilzer และคณะในช่วงปี ค.ศ. 1980 ได้เสนอว่าค่าซี เฟคเตอร์ หรือปัจจัยค่าซี (C-factor, configuration factor) มีความสัมพันธ์กับความเค้นในการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต (Feilzer และคณะ, 1987, Sturdevant, 2002) โดยค่าซี เฟคเตอร์คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างพื้นผิวที่มีการยึดติด (bonded surface area) ต่อพื้นผิวที่ไม่มีการยึดติด (free area) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0.1-5.0 โดยในโพรงฟันที่มีค่ามาก (มากกว่า 1.5) จะมีค่าแรงเค้นระหว่างผิวสัมผัส (interfacial stresses) สูงขึ้นตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าในโพรงฟันชนิดคลาสทู โพรงฟันชนิดคลาสวัน รวมถึงโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ จะมีค่าซี เฟคเตอร์มากกว่า 1.5 จะส่งผลให้การบูรณะฟันลักษณะดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะเกิดแรงเครียดระหว่างผิวสัมผัสได้ง่าย ซึ่งแรงเครียดที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการยึดติดของวัสดุบูรณะกับเนื้อฟัน (Sturdevant, 2002) สอดคล้องกับการศึกษาของ Yoshikawa และคณะในปี ค.ศ. 1999 ที่ศึกษาผลของค่าซี เฟคเตอร์ และความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ (remaining dentin thickness, RDT) ที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงยึด (bond strength) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ยิ่งมีความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่น้อย ค่าความแข็งแรงยึดก็จะลดลง และถ้ามีค่า ซีเฟคเตอร์สูงขึ้นค่าความแข็งแรงยึดก็จะน้อยลง (Yoshikawa และคณะ, 1999) แต่จากการศึกษาของ Braga และคณะในปี ค.ศ. 2006 ทำการศึกษาขนาดของ

โพรงฟันค้ำซี่ เฟลคเตอร์ที่มีผลต่อการเกิดความเค้นจากการหดตัวและการรั่วซึมระดับจุลภาคพบว่า ความเค้นจากการหดตัวและการรั่วซึมระดับจุลภาคจะมีค่าสูงเมื่อวัสดุบูรณะมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่และเล็ก ส่วนการรั่วซึมระดับจุลภาคจะสัมพันธ์กับปริมาณของวัสดุบูรณะ แต่ไม่สัมพันธ์กับค้ำซี่ เฟลคเตอร์ (Braga และคณะ, 2006)

สารยึดติด (adhesive, bonding)

สารยึดติดเป็นวัสดุที่ใช้เชื่อมยึดระหว่างวัสดุบูรณะ ในที่นี้ได้แก่ เรซินคอมโพสิต และโครงสร้างของฟัน ประสิทธิภาพการยึดอยู่ของสารยึดติดมีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาค โดยจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระบบสารยึดติดที่เลือกใช้อยู่กับโครงสร้างของฟันที่มีความแตกต่างกัน และแรงบดเคี้ยวต่อสารยึดติดที่มีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาค

ระบบสารยึดติดสามารถจัดกลุ่มตามวิธีการใช้งานและขั้นตอนการใช้งานทางคลินิก (De Munck และคณะ, 2005) ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

ระบบโททอลเอทช์ (total etch, etch and rinse)

เป็นระบบที่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ออกจนหมด โดยส่วนใหญ่จะใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 30-40 (30-40% phosphoric acid) ในการกำจัดชั้นสเมียร์ และล้างกรดออกด้วยน้ำ จากนั้นทาสารยึดติดลงบนผิวฟันที่ทำการเตรียมผิวด้วยกรดตามขั้นตอนทางคลินิกซึ่งจะสัมพันธ์กับตัวทำละลาย (solvent) ที่ใช้ในสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ โดยตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ เอทานอล (ethanol based adhesive) อะซิโตน (acetone based adhesive) และน้ำ (water based adhesive)

ระบบโททอลเอทช์ สามารถแบ่งตามขั้นตอนการใช้งานได้ 2 แบบดังนี้

ระบบโททอลเอทช์ แบบ 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการปรับสภาพเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยกรดและล้างกรดออก จากนั้นทาสารไพรเมอร์ (primer) เป็นขั้นตอนที่สอง แล้วจึงทำการทาสารยึดติด เป็นขั้นตอนสุดท้าย

ระบบโททอลเอทช์ แบบ 2 ขั้นตอน

ระบบโททอลเอทช์แบบ 2 ขั้นตอนนี้จะเป็นการรวมสารโพรอิมเมอร์ และสารยึดติดไว้ในขวดเดียวกัน ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยกรดในการปรับสภาพเคลือบฟันและเนื้อฟันล่างกรวดออกแล้วจึงทำสารยึดติดเป็นขั้นตอนสุดท้าย

ระบบเซลฟ์เอทช์ (self etch)

เป็นระบบที่ไม่ได้กำจัดชั้นสเมียร์ออก แต่ชั้นสเมียร์จะรวมเข้าไปกับชั้นของสารยึดติดเนื่องจากทางบริษัทนำมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (acidic monomer) มาใช้แทนกรดฟอสฟอริกที่ใช้ในระบบโททอลเอทช์ ขั้นตอนการล้างกรวดออกด้วยน้ำจึงไม่มีความจำเป็นในระบบเซลฟ์เอทช์ โดยหลักการของระบบเซลฟ์เอทช์นั้น มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดจะทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟัน และผิวฟันที่ได้รับการปรับสภาพแล้วจะมีมอนอเมอร์กลุ่มอื่นๆ ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นกรดแทรกตัวตามมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดไปพร้อมๆ กัน ทำให้สารยึดติดระบบนี้ใช้ง่ายและเกิดความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนการทำงานได้น้อยกว่าระบบโททอลเอทช์ (De Munck และคณะ, 2005) ความเป็นกรดของระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีใช้ในปัจจุบันแบ่งเป็น เซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดสูง (strong self etch) มีค่าพีเอชต่ำกว่า 1 ($\text{pH} < 1$) และเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดน้อย (mild self etch) มีค่าพีเอชประมาณ 2 ($\text{pH} \sim 2$) กลุ่มเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดสูง ลักษณะการเกิดการยึดติดบริเวณผิวสัมผัสของสารยึดติดกับเคลือบฟัน (enamel) จะมีลักษณะที่คล้ายกับการเกิดการยึดติดที่พบในระบบโททอลเอทช์ สำหรับเซลฟ์เอทช์กลุ่มที่มีความเป็นกรดน้อย จะสามารถปรับสภาพผิวฟันได้เพียงบางส่วนโดยเหลือส่วนของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ไว้ซึ่งคาดว่าผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีอยู่จะสามารถเกิดพันธะทางเคมีกับมอนอเมอร์บางตัวที่อยู่ในสารยึดติดได้

ระบบเซลฟ์เอทช์ สามารถแบ่งกลุ่มตามขั้นตอนการใช้งานได้ 2 แบบดังนี้

ระบบเซลฟ์เอทช์ แบบ 2 ขั้นตอน

เป็นระบบที่ใช้มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดรวมอยู่กับสารโพรอิมเมอร์ทาบบนฟันที่จะทำการบูรณะก่อนเป็นขั้นตอนแรก จากนั้นจึงใช้สารยึดติดทาทับลงไปเป็นขั้นตอนสุดท้าย

ระบบเซลฟ์เอทซ์ แบบ ชั้นตอนเดียว

เป็นระบบที่มีการรวมมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดร่วมกับสารไพร์มเมอร์และสารยึดติดไว้ในชั้นตอนเดียว โดยจะทาลงบนฟันที่จะทำการบูรณะเพียงชั้นตอนเดียว

กลาสไอโอโนเมอร์ และระบบยึดกลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer and glass ionomer adhesive)

เนื่องจากการบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทูด้วยเรซินคอมโพสิตได้มีการเสนอให้ใช้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์บูรณะด้วยวิธีโอเพ่นแซนวิชเทคนิค (open sandwich technique) ระบบยึดกลาสไอโอโนเมอร์ซึ่งจะใช้ร่วมกับกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จึงเป็นระบบการยึดติดอีกระบบหนึ่งที่มีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาค ระบบยึดกลาสไอโอโนเมอร์ มีการยึดติดกับฟันได้ด้วยพันธะเคมี และพันธะเชิงกลโดยใช้กรดโพลีอัลคิโนอิก (polyalkenoic acid) ในการกำจัดชั้นสเมียร์ องค์ประกอบของกลาสไอโอโนเมอร์จะแทรกลงไปในส่วนของเส้นใยคอลลาเจน (collagen fibrils) เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micro mechanical bond) และมีพันธะเคมีที่เกิดจากการยึดกันระหว่าง กลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl groups) ในกรดโพลีอัลคิโนอิก กับแคลเซียมไอออน (calcium ions) ของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์

ประสิทธิภาพของสารยึดติดต่อชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน

ระบบสารยึดติด (adhesive system) ได้รับการพัฒนามาถึงปัจจุบัน การนำระบบสารยึดติดมาใช้ร่วมกับการบูรณะฟันมีข้อดีอยู่หลายประการ เช่น ลดปริมาณเนื้อฟันที่จะต้องสูญเสียจากการกรอฟันเพื่อเตรียมโพรงฟันก่อนบูรณะ การใช้สารยึดติดอย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพยังสามารถลดการรั่วซึมระดับจุลภาค ป้องกันแบคทีเรียที่จะแทรกซึมตามผิวด้านเหงือกอันจะก่อให้เกิดปัญหาตามมาทางคลินิกได้ (Summitt และคณะ, 2001) ในโพรงฟันชนิดคลาสทู รอยต่อบริเวณผิวด้านเหงือก อาจจะเป็นได้ทั้งส่วนของเคลือบฟัน และเคลือบรากฟัน (cementum) ที่มีความบางเชื่อมกับส่วนเนื้อฟัน (dentin) โดยองค์ประกอบที่แตกต่างกันของฟันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยึดติดของสารยึดติดระบบต่างๆ กับฟัน ดังนี้

ในชั้นเคลือบฟันประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ (organic matrix) ร้อยละ 2 และสารอนินทรีย์ (inorganic matrix) ร้อยละ 88 โดยปริมาตร (Sturdevant, 2002, Summitt และคณะ, 2001) ด้วยองค์ประกอบของชั้นเคลือบฟันที่มีสารอนินทรีย์อยู่มาก การจะปรับสภาพเคลือบฟันให้ได้ลักษณะการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค ที่เหมาะสมสำหรับการยึดติดที่ดีจึงต้องอาศัยกรดที่มีค่า

พีเอชต่ำเพื่อให้เกิดลักษณะดังกล่าว ดังนั้นระบบของสารยึดติดที่จะให้การยึดติดที่ดีในชั้นเคลือบฟันจึงได้แก่สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ และระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดสูง ซึ่งพบว่าในชั้นเคลือบฟันหากมีการเตรียมเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ก่อนทาสารยึดติด จะได้ค่าแรงยึดติดอย่างน้อย 20 เมกกะปาสคา (Mpa) (Sturdevant, 2002)

เนื้อฟันมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ (inorganic matrix) ร้อยละ 50 และสารอินทรีย์ (organic matrix) ร้อยละ 25 โดยปริมาตร (Sturdevant, 2002, Summitt และคณะ, 2001) จากการที่เนื้อฟันมีสารอินทรีย์มากกว่าเคลือบฟัน การที่เนื้อฟันมีความชื้นจากน้ำในท่อเนื้อฟัน (dentinal fluid) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยและทำให้ค่าแรงยึดติดในเนื้อฟันมีค่าที่แตกต่างกันไป (Aschheim และคณะ, 2001, Roulet และคณะ, 2001, Sturdevant, 2002, Summitt และคณะ, 2001) ทั้งยังมีความแตกต่างกันของระบบสารยึดติดที่ใช้ จากการศึกษาของ De Munck และคณะ ในปี ค.ศ. 2005 ซึ่งรวบรวมผลการศึกษาดังกล่าวทั้งการปฏิบัติและการผลทางคลินิกในการบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ พบว่าในสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ที่ทำอย่างถูกต้องจะได้ผลทางคลินิกที่ดี และสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ชั้นตอนที่ใช้ตัวทำลายเป็นเอทานอลร่วมกับน้ำจะใช้เป็นสารยึดติดมาตรฐาน (gold standard) ที่ให้การยึดติดที่มีความคงทน (bond durability) โดยเฉพาะบนขอบที่เป็นเคลือบฟัน สำหรับสารยึดติดที่มีการลดขั้นตอนทางคลินิกง เช่น โททอลเอทซ์แบบ 2 ชั้นตอน และเซลฟ์เอทซ์แบบขั้นตอนเดียว จะมีประสิทธิภาพการยึดติดลดลง มีเพียงระบบเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ชั้นตอนเท่านั้นที่ประสิทธิภาพการยึดติดใกล้เคียงกับสารยึดติดมาตรฐาน โดยที่ยังมีข้อได้เปรียบกว่าระบบเดิมเพราะสามารถลดขั้นตอนที่มีความไว (technique sensitive) ทางคลินิกงได้ (De Munck และคณะ, 2005) ถึงแม้ว่าการศึกษาดังกล่าวจะทำในโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ ซึ่งต่างจากโพรงฟันชนิดคลาสทู ในเรื่องของแรงจากการบดเคี้ยวที่ถ่ายทอดลงสู่สารยึดติด และปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อสารยึดติด ผลการศึกษานี้จึงไม่สามารถใช้กับสารยึดติดในการบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทู โดยตรงแต่สามารถนำมาทำนายผลของการใช้สารยึดติดระบบต่างๆ ในการบูรณะฟันโพรงฟันชนิดคลาสทูได้

ผลของแรงต่อสารยึดติด

วิธีการทดสอบแรงที่มีผลต่อสารยึดติดสามารถทดสอบได้ 2 วิธีคือ การให้แรงแบบคงที่ (static) และแรงแบบไดนามิก (dynamic) ในกรณีที่ต้องการวัดค่าการรั่วซึมระดับจุลภาค จะทำการทดสอบโดยให้แรงแบบไดนามิก และมักทำควบคู่ไปกับการทำเทอร์มอไซคลิง (thermo-cycling) เพื่อจำลองสภาวะช่องปากดังกล่าวการศึกษาที่จะกล่าวต่อไป

การศึกษาถึงผลการรั่วซึมระดับจุลภาค จะพบว่าระหว่างผิวสัมผัสของเรซินคอมโพสิตกับฟันจะเกิดแรงดึง (tensile stresses) ร่วมไปกับการเกิดแรงเฉือน (shear stresses) เสมอ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวซึ่งจะเกิดหลังจากทำการฉายแสงแล้วประมาณ 2 วินาที โดยแรงดึงของเรซินคอมโพสิตจะทำให้สารยึดติดเสียดกับเนื้อฟันเป็นเหตุให้เกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคขึ้นได้ และการเตรียมเนื้อฟันเพื่อให้เกิดผิวสัมผัสสำหรับการยึดติดที่ดีทำได้ยาก จึงพบการรั่วซึมระดับจุลภาคเกิดขึ้นได้เสมอ และถ้ามีแรงจากการบดเคี้ยวร่วมด้วยจะทำให้ขนาดของรอยต่อบริเวณผิวสัมผัสนี้มีขนาดเพิ่มขึ้น (Campos และคณะ, 2005, Retief, 1994) ในส่วนของเคลือบฟันจะพบอัตราการรั่วซึมระดับจุลภาคที่แตกต่างจากการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เนื้อฟัน อัตราการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผิวเคลือบฟันจะพบได้น้อยเนื่องจากเคลือบฟันที่ผ่านการเตรียมด้วยกรดจะมีการยึดติดที่ดีกับสารยึดติด (Retief, 1994, Summitt และคณะ, 2001)

Cenci และคณะ ในปี ค.ศ.2005 ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรั่วซึมระดับจุลภาคและค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength) ในการบูรณะฟันโพรงฟันชนิดคลาสสิก ลักษณะร่อง (slot preparation) ที่มีผนังด้านหนึ่งออกอยู่บนผิวเคลือบฟัน และอีกด้านหนึ่งด้านหนึ่งออกอยู่ที่ผิวรากฟัน บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด (Filtek P-60, 3M ESPE U.S.A.) เป็นชั้นๆ ร่วมกับบอนด์ระบบโททอลเอทซ์ แบบ 1 ขั้นตอน (Single bond, 3M ESPE U.S.A.) โดยแบ่งฟันเข้ากลุ่มการทดลองเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการฉายแสง กลุ่มแรกทำการฉายแสงจากทางด้านบดเคี้ยวทิศทางเดียว ร่วมกับการใช้เมทริกซ์โลหะ ในกลุ่มที่สองการฉายแสงแบบสามด้าน (three sides technique) ร่วมกับเมทริกซ์ใสและเวดจ์สะท้อนแสง หลังจากนั้นนำฟันที่ได้ไปวัดค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแล้วจึงนำไปวัดค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค พบว่าวิธีการฉายแสงไม่มีผลต่อความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค ไม่มีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่ว่าผนังด้านหนึ่งออกจะอยู่ที่ผิวเคลือบฟันหรือผิวรากฟัน และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคกับความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค (Cenci และคณะ, 2005)

การทดสอบทางห้องปฏิบัติการที่จัดสภาวะเลียนแบบช่องปาก ทดสอบดูอัตราการรั่วซึมระดับจุลภาคให้ผลที่แตกต่างกันไป Lee และคณะในปี ค.ศ.1996 พบว่าการเพิ่มสารอัดแทรกในสารยึดติดจะเพิ่มความต้านทานของสารยึดติดในสภาพช่องปากได้ดีขึ้น (Lee และคณะ, 1996) Besnault และคณะในปี ค.ศ.2002 ศึกษาถึงสภาวะช่องปากที่มีผลต่อระบบบอนด์ของ Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, U.S.A.) และ Clearfil SE Bond (Kuraray, Japan) ซึ่งเป็นสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ขั้นตอน กับระบบเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอนตามลำดับ

พบว่าเมื่ออัตราการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองระบบในสถานะช่องปาก แต่ Clearfil SE Bond (Kuraray, Japan) จะพบอัตราการรั่วซึมระดับจุลภาคในสถานะช่องปากต่ำกว่า (Besnault และ Attal, 2002)

มีการศึกษาที่แย้งว่าแรงทางด้านบดเคี้ยวกับการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่มีความสัมพันธ์กัน โดย Mitsui และคณะในปี ค.ศ. 2003 ได้ทำการศึกษาในฟันวีที่บูรณะในโพรงฟันชนิดคลาสสิก ลักษณะร่องโดยมีผนังด้านหนึ่งออกอยู่บนผิวรากฟันร่วมกับการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอน คือ Experimental EXL 547 (3M ESPE, U.S.A.) Self-etching 3M (3M ESPE, U.S.A.) Clearfil SE Bond (Kuraray, Japan) และระบบโททอลเอทซ์แบบ 2 ขั้นตอนคือ Single Bond (3M ESPE, U.S.A.) และ Optibond Solo Plus (Kerr, U.S.A) หลังจากบูรณะฟันทั้ง 5 กลุ่มตามชนิดของสารยึดติดที่ใช้ แล้วนำฟันครึ่งหนึ่งของทั้ง 5 กลุ่มเข้าสู่เครื่องกดวัสดุที่ค่าแรง 80 นิวตัน ความถี่ 5 รอบต่อวินาที (mechanical load cycling with a force of 80 N and a frequency of 5 Hz) จากนั้นนำมาทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคพบว่า ในกลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดเดียวกัน กลุ่มที่ได้รับแรงจากเครื่องกดวัสดุ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแรงจากเครื่อง ให้ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mitsui และคณะ, 2003)

เทคนิคการบูรณะฟันในโพรงฟันชนิดคลาสสิกด้วยเรซินคอมโพสิต

การบูรณะฟันในโพรงฟันชนิดคลาสสิกด้วยเรซินคอมโพสิตจะมีความละเอียด และซับซ้อนเนื่องจากต้องคำนึงถึงการบูรณะด้านบดเคี้ยวและด้านประชิดให้มีประสิทธิภาพที่ดี เป็นที่ทราบกันว่า ไม่สามารถกดอัดเรซินคอมโพสิตให้แน่นได้เหมือนอะมัลกัม ทั้งยังต้องอาศัยแสงในการกระตุ้นให้เกิดการบ่มตัว การบูรณะให้มีด้านสัมผัสประชิดที่แน่น และผนังด้านหนึ่งก็มีความแนบสนิทกับฟันจึงเป็นสิ่งที่ควรทำไปพร้อมกัน จึงมีการผลิตและมีการนำเสนออุปกรณ์และวิธีการบูรณะฟันในโพรงฟันชนิดคลาสสิก ด้วยเรซินคอมโพสิตเพื่อช่วยทดแทนข้อจำกัดของการบูรณะเรซินคอมโพสิตในโพรงฟันชนิดคลาสสิก

การฉายแสงกระตุ้นปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิต

เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงจะมีแคมโฟควิโนน (comphorquinone) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้าที่มีความยาวคลื่นช่วง 460-480 นาโนเมตร (Noort, 2002) ความเข้มแสงประมาณ 200-800 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร แคมโฟควิโนน จะทำปฏิกิริยากับ เทอเซอร์เอมีน (tertiary amine) ในเรซินคอมโพสิตเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) ทำให้ มอนอเมอร์ทำปฏิกิริยากันเกิดโครงข่ายพอลิเมอร์ ซึ่งจะทำให้เรซินคอมโพสิตมีความแข็งแรงมากขึ้น

การบ่มตัวของเรซินคอมโพสิตแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะก่อนเจล (pre-gel phase) และระยะหลังเจล (post-gel phase) โดยระยะก่อนเจลเป็นระยะที่วัสดุจะปล่อยความเค้นในตัวเองออกมาจากการเปลี่ยนโครงร่างภายในวัสดุ ซึ่งการปล่อยความเค้นนี้จะขึ้นอยู่กับค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น ของเรซินคอมโพสิต (Braga และคณะ, 2004) เรซินคอมโพสิตที่มีความยืดหยุ่นสูง (ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นมาก) จะสามารถลดแรงเค้นจากการหดตัว (contraction stress) ลงได้ ส่วนระยะหลังเจล เป็นระยะที่ยังมีปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิตอยู่ แต่จะไม่มี การเปลี่ยนโครงร่างและไม่มีการเคลื่อนตัวของเรซินเมทริกซ์มากเท่ากับระยะก่อนเจล (Braga และคณะ, 2004, Davidson และ Feilzer, 1997, Retief, 1994)

การเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิต ถ้าปฏิกิริยาการก่อตัวเกิดในอัตราที่เร็วจะทำให้เรซินเมทริกซ์มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว เปลี่ยนลักษณะเรซินคอมโพสิตจากสถานะเจลเป็นเรซินคอมโพสิตที่มีการไหลแผ่ลดลงและมีความแข็ง (stiffness) ของเรซินคอมโพสิตมากขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะเกิดความเค้นในวัสดุได้มากกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นช้าๆ ทั้งระยะก่อนและระยะหลังเจล ดังนั้นการจะลดแรงเค้นจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิต ควรให้เรซินคอมโพสิตมีเวลาในการปรับโครงสร้างภายใน (internal flow) ก่อนโครงข่ายพอลิเมอร์จะก่อตัวอย่างสมบูรณ์ (Braga และคณะ, 2004) ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับความเข้มของแสง ระยะเวลาการฉายแสง และวิธีการฉายแสงที่ใช้ โดยจำแนกเป็นวิธีการฉายแสงในรูปแบบที่ต่างกัน

มีการผลิตเครื่องฉายแสงที่สามารถปรับเวลาการฉายแสงตามความเข้มแสงโดยแบ่งรูปแบบการปล่อยแสงเพื่อบ่มเรซินคอมโพสิต (curing modes) ได้ 4 รูปแบบ

การปล่อยแสงแบบคงที่ (instant, regular, normal) เป็นรูปแบบการปล่อยแสงที่มีในเครื่องฉายแสงทั่วไป แสงที่ปล่อยออกมาจะมีความเข้มสูงสุดภายในเวลา 5 วินาที จากนั้นความเข้มแสงก็จะคงที่อยู่ที่ระดับความเข้มสูงสุดตลอดระยะเวลาการฉายแสง

การปล่อยแสงแบบแรมพ์ (ramp) จะปล่อยแสงที่ความเข้มต่ำกว่าปกติโดยมีระดับความเข้มแสง 150 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm^2) และจะเพิ่มความเข้มแสงขึ้นจนถึงความเข้มสูงสุดของเครื่องภายในเวลาประมาณ 10 วินาที และความเข้มแสงจะคงที่ที่ระดับความเข้มสูงสุดจนครบเวลาการฉายแสง

การปล่อยแสงแบบเป็นขั้น (step) ความเข้มของแสงจะเริ่มปล่อยออกมาที่ความเข้มต่ำกว่าปกติที่ระดับความเข้มแสง 150 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และเพิ่มความเข้มขึ้นเป็นขั้น (step up) จนถึงระดับความเข้มสูงสุด และคงระดับความเข้มสูงสุดจนครบเวลาฉายแสงที่ตั้งไว้

การปล่อยแสงเป็นจังหวะ (pulse, oscillating, intermittent) หมายถึงการปล่อยแสงสลับกันระหว่างความเข้มแสงสูงและความเข้มแสงต่ำ ในทุกๆ วินาที หรือทุกรอบจังหวะการปล่อยแสงที่กำหนดไว้ แม้กระทั่งการเปิดและปิดแสงที่ฉายเป็นจังหวะ ซึ่งอาจจะเริ่มตั้งแต่ช่วงแรกของการฉายแสง หรือช่วงท้ายของการฉายแสงก็ได้ ค่าเหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นกับการตั้งค่าของเครื่องฉายแสงตามบริษัทผู้ผลิต

วิธีการฉายแสงตามตำแหน่งของปลายเครื่องฉายแสง

ความพยายามที่จะลดการหดตัวของเรซินคอมโพสิตด้วยวิธีการฉายแสงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยในอดีตเชื่อว่าการหดตัวของเรซินคอมโพสิตมีทิศทางหดตัวเข้าหาแสง โดยวัสดุที่ได้รับความเข้มแสงจะแข็งตัวก่อนและดึงวัสดุส่วนที่ยังไม่แข็งตัวเนื่องจากได้รับความเข้มต่ำกว่าเข้ามาหาบริเวณที่แข็งตัวก่อน จากแนวคิดดังกล่าวจึงมีการบูรณะโดยใช้เมทริกซ์ใสร่วมกับเวดจ์สะท้อนแสง (clear matrix และ reflective wedge) ในการบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสสิก และทำการฉายแสงทางผนังด้านเหงือก ด้านใกล้แก้ม (buccal) ด้านใกล้ลิ้น (lingual) และด้านบดเคี้ยว (occlusal) โดยเชื่อว่าเมื่อเรซินคอมโพสิตได้รับความเข้มแสงทางผนังด้านเหงือกทำให้วัสดุมีการหดตัวเข้าตามขอบและได้ขอบที่มีความแนบสนิทขึ้น แต่ก็มีแนวคิดในกลุ่มที่ใช้เมทริกซ์โลหะ (metal matrix) ในการบูรณะฟันโพรงฟันชนิดคลาสสิก โดยคำนึงถึงการบูรณะให้เกิดสัมผัสผิวดัด และรูปร่างด้านประชิด (contour) เป็นหลัก (Aschheim และคณะ, 2001)

นอกจากการฉายแสงภายนอกโพรงฟันแล้ว ยังมีการฉายแสงในโพรงฟันโดยใช้หัวนำแสงลักษณะทรงกรวย (cone tip) มาใช้ร่วมกับเครื่องฉายแสง (Ericson และ Derand, 1991, Summitt และคณะ, 2001) โดยมีแนวคิดและวิธีการคือ ทำการบูรณะฟันร่วมกับเมทริกซ์ใส แบ่งการใส่วัสดุเป็นสองชั้นโดยชั้นแรกจะกดหัวนำแสงลงในเนื้อวัสดุ แล้วออกแรงดันหัวนำแสงไปด้านข้างให้เกิดความแน่นของด้านประชิด จากนั้นจึงทำการฉายแสงทำการบูรณะเช่นนี้เป็นชั้นๆ จนเต็มโพรงฟัน ซึ่งจากการศึกษาของ Ericson D และคณะในปี ค.ศ. 1991 ที่ทำการบูรณะฟันโพรงฟันชนิดคลาสสิกชนิดเอ็มไอดีที่มีขอบเขตทั้งหมดอยู่บนผิวเคลือบฟัน ทำการบูรณะด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นและฉายแสงแต่ละชั้นเป็นเวลา 80 วินาที จากนั้นนำไปทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค ระหว่างฟันที่ทำการฉายแสงร่วมกับหัวนำแสงทรงกรวยเปรียบเทียบกับฟันที่ฉายแสงปกติพบว่า การฉายแสงร่วมกับหัวนำแสงทรงกรวยสามารถลดการรั่วซึมระดับจุลภาคลงได้อย่างน้อยร้อยละ 50 (Ericson และคณะ, 1991)

จากข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับการหดตัวของวัสดุที่ผ่านมา ประกอบกับความพยายามอย่างต่อเนื่องที่จะพัฒนาระบบสารยึดติดให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทำให้ทราบถึงทิศทางการหดตัวของวัสดุโดยสามารถอธิบายได้ว่า การที่วัสดุบูรณะมีทิศทางการหดตัวเข้าหาแสงนั้นเป็นผลมาจากแรงยึดระหว่างสารยึดติดและเนื้อฟันมีค่าไม่สูงพอที่จะต้านต่อแรงจากการหดตัวของวัสดุบูรณะ ทิศทางการหดตัวของเรซินคอมโพสิตจึงดูเหมือนหดตัวมุ่งเข้าหาแสง แต่ในปัจจุบันพบว่าเรซินคอมโพสิตจะหดตัวเข้าสู่บริเวณที่มีแรงยึดมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ชี้ให้เห็นถึงการหดตัวของเรซินคอมโพสิตว่าไม่ได้มีทิศทางการหดตัวเข้าหาแสง แต่จะหดตัวเข้าใกล้บริเวณผิวสัมผัสระหว่างสารยึดติดกับเรซินคอมโพสิต (Aschheim และคณะ, 2001, Cho และคณะ, 2002, Kakaboura และคณะ, 2007)

วิธีการฉายแสงตามช่วงเวลาที่ใช้ฉายแสง และความเข้มของแสงที่ใช้

การทดลองของ Obici และคณะในปี ค.ศ. 2002 ใช้วัสดุเรซินคอมโพสิต 7 ชนิดที่มีความหนืด (viscosity) แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ ความหนืดมาก (high viscosity) ความหนืดปานกลาง (medium viscosity) และความหนืดน้อย (low viscosity) ใส่ในแบบโลหะทรงกระบอกแล้วทำการฉายแสงด้วยวิธีการต่างกัน 3 วิธีคือ ฉายแสงอย่างต่อเนื่อง (continuous light) ฉายแสงแบบเป็นขั้น (stepped light) และฉายแสงแบบเป็นจังหวะ (intermittent light) แสดงให้เห็นว่าการฉายแสงอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มที่จะเกิดช่องว่าง (gap) ได้มากกว่าการฉายแสงด้วยวิธีการ

อื่นๆ ในทุกกลุ่มวัสดุและยังพบว่าวัสดุที่มีความหนืดน้อยจะเกิดช่องว่างมากกว่าวัสดุที่มีความหนืดมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการฉายแสงแบบเป็นชั้น และการฉายแสงเป็นจังหวะมีส่วนลดการเกิดการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวได้โดยที่ความเข้มแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการหดตัวของเรซินคอมโพสิต (Obici และคณะ, 2002) และจากการศึกษาของ Inoue และคณะในปี ค.ศ. 2005 พบว่าความเข้มแสงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการหดตัวเชิงเส้นของเรซินคอมโพสิตและความลึกของการบ่มตัว (depth of cure) (Inoue และคณะ, 2005) สอดคล้องกับการศึกษาของ Barros และคณะในปี ค.ศ. 2003 ที่ศึกษาผลของวิธีการฉายแสงต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคในโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ จากผลการศึกษารูปได้ว่าการฉายแสงด้วยเทคนิคซอฟต์แวร์สตาร์ทจะมีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคต่ำที่สุด และค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ฉายแสงด้วยความเข้มแสงคงที่โดยเฉพาะกลุ่มที่ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงจากระบบพลาสมาอาร์คจะมีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคสูงที่สุด (Barros และคณะ, 2003)

การบูรณะโดยใช้วัสดุกลุ่มต่างๆ ในการช่วยลดการรั่วซึมระดับจุลภาค แบ่งได้ดังนี้

การใช้กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass ionomer cement, GI) เป็นวัสดุบูรณะร่วมกับเรซินคอมโพสิต

เนื่องจากกาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีการยึดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยพันธะทางเคมี และสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ ดังนั้นกาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงเป็นวัสดุอีกชนิดที่นำมาใช้บริเวณผนังด้านเหงือกในโพรงฟันชนิดคลาสทูเพื่อเพิ่มความแนบสนิทตามขอบ (marginal integrity) ก่อนการบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทูด้วยเรซินคอมโพสิต แต่มีข้อเสียเรื่องของความแข็งแรง และการละลายตัวในช่องปากของกาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มากกว่าเรซินคอมโพสิต จึงมีการเสนอให้ใช้กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ฉาบ (line) โพรงฟันเฉพาะบริเวณผนังด้านเหงือกเท่านั้น โดยสามารถแบ่งวิธีการอุดได้เป็น 2 แบบ คือโคลสแซนวิช (close sandwich technique) และโอเฟ่นแซนวิชเทคนิค โดยโคลสแซนวิชเทคนิคคือการใช้กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุรองพื้น (based) ในโพรงฟันโดยไม่มีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมในช่องปาก (oral environment) ส่วนโอเฟ่นแซนวิชเทคนิค คือการบูรณะโดยการใช้อีกวัสดุหนึ่งให้ครอบคลุมมาถึงขอบนอกของผนังด้านเหงือกของโพรงฟัน

Yap และคณะในปี ค.ศ. 1997 ได้ทำการศึกษาระดับจุลภาคในโพรงฟันชนิดคลาสทู ด้วยวิธีโอเฟ่นแซนวิชเทคนิคที่มีผนังด้านเหงือกอยู่บนเคลือบรากฟันโดยใช้ กาสไอ

ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (Hi-Dense, Shofu, Japan) บรูณะร่วมกับเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์ Z100 (3M ESPE, U.S.A.) พบว่าสามารถลดการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ที่บริเวณผนังด้านเหงือก และบริเวณขอบด้านบดเคี้ยว (occlusal margin) (Yap และคณะ, 1997) แต่การใช้กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบดั้งเดิมที่บริเวณผนังด้านเหงือก พบความล้มเหลวในการใช้งานทางคลินิกสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 13-35 ในเวลา 2 ปี และร้อยละ 75 ในเวลา 6 ปี สาเหตุเกิดจากกาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีการละลายตัวในสภาวะช่องปาก (Loguercio และคณะ, 2002, van Dijken และคณะ, 1999) เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของกาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เกิดจากปฏิกิริยากรด-เบส ซึ่งจะต้องอาศัยน้ำเป็นองค์ประกอบ ตัววัสดุจึงยอมให้น้ำแพร่ผ่านได้ ส่งผลให้เกิดการละลายตัวได้ง่ายกว่าเรซินคอมโพสิต

การใช้เรซินมอดิฟายด์กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (resin-modified glass ionomer cement, RMGIC) เป็นวัสดุบรูณะร่วมกับเรซินคอมโพสิต

ต่อมาได้มีการนำเรซินมอดิฟายด์กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุอุดฟันทดแทน กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบดั้งเดิมมากขึ้นเนื่องจากการปรับปรุงคุณสมบัติโดยการลดการละลายตัวในสภาวะช่องปากลง ทั้งยังมีการพัฒนาคุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทางกายภาพ โดยรวมให้ดีขึ้นด้วย van Dijken และคณะในปี ค.ศ. 1999 ได้ติดตามผลทางคลินิกของการบรูณะโพรงฟันชนิดคลาสสิกเป็นเวลา 3 ปี ที่บรูณะโดยใช้เรซินมอดิฟายด์กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ร่วมกับเรซินคอมโพสิตด้วยวิธีโอเฟ่นแซนวิชเทคนิคโดยมีขอบของโพรงฟันอยู่ที่เคลือบรากฟันจำนวน 274 ซี่ และใช้เกณฑ์การประเมินที่ปรับมาจาก USPHS (USPHS criteria) โดยทำการประเมินอายุการใช้งานของวัสดุในเดือนที่ 6 เดือนที่ 12 เดือนที่ 24 และเดือนที่ 36 พบว่าหลังทำการบรูณะฟัน 3 ปี มีฟันที่สามารถติดตามผลได้ 239 ซี่ ในจำนวนนี้มีฟันที่จะต้องทำการบรูณะใหม่ และต้องทำการบรูณะซ่อมแซมคิดเป็นร้อยละ 5 พบมีการสึกเล็กน้อยของเรซินมอดิฟายด์กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เพียงร้อยละ 4 และพบฟันผุ (secondary caries) ในกลุ่มผู้มีความเสี่ยงในการเกิดฟันผุเพียงซี่เดียว (van Dijken และคณะ, 1999)

Besnault และคณะ ในปี ค.ศ. 2003 ได้ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยจำลองสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับในช่องปาก (อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95) และสภาวะที่สร้างให้ผิดจากความเป็นจริงมากๆ (อุณหภูมิ 20-23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40) ทำการบรูณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับการใช้

เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เปรียบเทียบกับกลุ่มที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตอย่างเดียว พบว่ารอยต่อที่เป็นเคลือบฟันมีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างกัน แต่จะพบความแตกต่างในรอยต่อที่เป็นเคลือบรากฟันโดยกลุ่มที่ใช้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ร่วมบูรณะจะมีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าในสภาวะแวดล้อมที่คล้ายคลึงกับในช่องปาก การใช้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์บูรณะผนังด้านเหงือกที่เคลือบรากฟันสามารถลดการรั่วซึมได้ (Besnault และ Attal, 2003)

Dietrich และคณะในปี ค.ศ. 2000 ได้ศึกษาวิธีบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทู เมื่อใช้เรซินคอมโพสิตเพียงอย่างเดียวกับการใช้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ร่วมบูรณะในสภาวะที่มีการปนเปื้อนเลือดหรือน้ำลายพบว่า ในสภาวะดังกล่าวการใช้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ร่วมบูรณะ ให้ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ต่ำกว่าการใช้เรซินคอมโพสิตแต่เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ (Dietrich และคณะ, 2000) การศึกษาความล้มเหลวของการบูรณะในช่วงเวลา 3 ปี พบว่า อัตราความล้มเหลวต่อปีของการบูรณะฟันด้วยวิธีโอเพ่นแซนวิชเทคนิคอยู่ที่ร้อยละ 3.3-5 ดังนั้นเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบูรณะเพื่อลดการรั่วซึมระดับจุลภาคในโพรงฟันชนิดคลาสทูได้ (van Dijken และคณะ, 1999)

การใช้โพลีเอซิด มอดิไฟด์เรซินคอมโพสิต (polyacid-modified resin composite, PMRC) เป็นวัสดุบูรณะร่วมกับเรซินคอมโพสิต

นอกจากการใช้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์บูรณะแบบโอเพ่นแซนวิชเทคนิคแล้ว ยังมีการใช้โพลีเอซิดมอดิไฟด์เรซินคอมโพสิตในการบูรณะร่วมกับเรซินคอมโพสิต โดยเรียกวิธีนี้ว่ามอดิไฟด์โอเพ่นแซนวิชเทคนิค (modified open sandwich technique) จากการศึกษาติดตามผลการศึกษาทางคลินิกเป็นระยะเวลา 3 ปี พบว่ามีอัตราความล้มเหลวทางคลินิกไม่แตกต่างกันระหว่างการใช้โพลีเอซิดมอดิไฟด์เรซินคอมโพสิต หรือไม่ใช้โพลีเอซิดมอดิไฟด์เรซินคอมโพสิตเป็นสารรองพื้นในการบูรณะด้วยวิธีโอเพ่นแซนวิชเทคนิค (Lindberg และคณะ, 2003)

การใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (flowable resin composite) เป็นวัสดุบูรณะร่วมกับเรซินคอมโพสิต

ในช่วงปลายปี ค.ศ. 1996 เริ่มมีการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้มาบูรณะในโพรงฟันชนิดคลาสวันเล็กๆ และในโพรงฟันชนิดคลาสทู บริเวณที่เข้าทำงานได้ยาก (Braga และ

คณะ, 2004) เนื่องจากเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ปริมาณสารอัดแทรกน้อย (ประมาณร้อยละ 44-54 โดยปริมาตร) จึงทำให้เรซินคอมโพสิตชนิดนี้ไหลแผ่ได้ แต่จะทำให้มีคุณสมบัติทางกายภาพลดลงด้วย จึงจำกัดให้ใช้เป็นชั้นบางๆ ในการบูรณะแบบโอเฟ่นแซนวิชเทคนิค เนื่องจากมอดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุที่มีค่าน้อย ทำให้สามารถแนบกับโพรงฟันได้ดี สามารถลดการเกิดช่องว่าง (void) และเพิ่มความแนบตามขอบ (Braga และคณะ, 2004) นอกจากนี้การใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ยังสามารถใช้เป็นชั้นดูดซับแรงเค้น (stress absorber) ของวัสดุบูรณะในชั้นถัดไปที่มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงกว่า แต่มีงานวิจัยที่แย้งว่าการจะใช้หรือไม่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ให้ผลไม่แตกต่างกันในเรื่องของการป้องกันการรั่วซึมระดับจุลภาค และการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ยังไม่แสดงผลแรงเครียดจากปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิตที่ใช้บูรณะในชั้นถัดไป (Braga และคณะ, 2004)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ในการบูรณะด้วยวิธีโอเฟ่นแซนวิชเทคนิค พบว่าการใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Vitremar, 3M, U.S.A.) เป็นวัสดุฉาบในโพรงฟันชนิดคลาสทูสามารถลดการเกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคและเพิ่มความแนบสนิทตามขอบได้ดีกว่าการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (Besnault และคณะ, 2003, Chuang และคณะ, 2003, Loguercio และคณะ, 2002, Wibowo และ Stockton, 2001)

การบูรณะโดยประยุกต์วิธีการบูรณะเพื่อช่วยลดการรั่วซึมระดับจุลภาคทำได้โดย

การบูรณะเป็นชั้นๆ (layering technique) หรือการบูรณะเป็นชั้นเดียวชั้นเดียว (bulk technique)

การหดตัวของเรซินคอมโพสิตขณะเกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวจะเกิดแรงจากการหดตัวของวัสดุชั้น โดยปรากฏการณ์นี้จะทำให้เกิดแรงเครียดบริเวณผิวสัมผัส (interface stress) และอาจนำมาสู่การรั่วซึมระดับจุลภาคขึ้นมาได้ จึงมีความพยายามที่จะลดเหตุการณ์ดังกล่าวให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดโดยมีสมมุติฐานว่า การอุดเป็นชั้นๆ จะก่อให้เกิดแรงเครียดบริเวณผิวสัมผัสน้อยกว่าการอุดเป็นชั้นเดียวชั้นเดียว เนื่องจากแรงหดตัวจากปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิตที่อุดเป็นชั้นๆ แรงหดตัวจะกระจายไปในแต่ละชั้นของการบูรณะตามปริมาณ และความหนาของชั้นเรซินคอมโพสิตที่ใช้ แต่การอุดเป็นชั้นเดียวชั้นเดียวแรงหดตัวจะมีแรงมากจากปริมาณของเรซินคอมโพสิตที่มาก

การศึกษาของ Poskus และคณะในปี ค.ศ. 2004 ศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคในโพรงฟันชนิดคลาสสิกหุ้มร่องมีผนังด้านเหงือกอยู่ที่รากฟัน ระหว่างการบูรณะเป็นชั้นๆ กับการบูรณะเป็นชั้นเดียวชั้นเดียว ในวัสดุ 5 ชนิดคือ A.L.E.R.T (Jeneric Pentron, U.S.A) SureFil (Dentsply Caulk, U.S.A.) Solitaire (Heraeus Kulzer, Germany) Filtek A110 (3M, U.S.A.) และ Z100 (3M, U.S.A.) ร่วมกับการใช้สารยึดติด 2 ชนิดคือ Bond 1 (Jeneric Pentron, U.S.A) และ Etch & Prime 3.0 (Degussa Hanau, Germany) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารยึดติด 2 ชนิด จะไม่พบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบูรณะจะพบการรั่วซึมระดับจุลภาคเกิดขึ้นน้อยในกลุ่มที่บูรณะเป็นชั้นๆ และเรซินคอมโพสิตชนิดกดอัดได้ผลิตภัณฑ์ Solitaire (Heraeus Kulzer, Germany) จะพบการรั่วซึมระดับจุลภาคมากกว่า A.L.E.R.T (Jeneric Pentron, U.S.A) และ Z100 (3M, U.S.A.) แต่การรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างกับ SureFil (Dentsply Caulk, U.S.A.) และ Filtek A110 (3M, U.S.A.) (Poskus และคณะ, 2004) แต่จากผลการวิจัยของ Gallo และคณะในปี ค.ศ. 2000 ซึ่งได้ทำการศึกษาวิธีการบูรณะในโพรงฟันชนิดคลาสสิก ที่มีผนังด้านเหงือกอยู่บนเคลือบรากฟันเปรียบเทียบการบูรณะเป็นชั้นๆ และบูรณะเป็นชั้นเดียวชั้นเดียว โดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดกดอัดได้ 3 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ A.L.E.R.T (Jeneric Pentron, U.S.A) SureFil (Dentsply Caulk, U.S.A.) และ Solitaire (Heraeus Kulzer, Germany) พบว่าการบูรณะแบบชั้นเดียวชั้นเดียวไม่มีการรั่วซึมระดับจุลภาคที่แตกต่างเทียบกับการบูรณะแบบเป็นชั้นๆ (Gallo และคณะ, 2000)

จากการศึกษาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element analysis) ของ Kuijs และคณะในปี ค.ศ. 2003 เพื่อทดสอบวิธีการบูรณะฟันกรามน้อยในโพรงฟันชนิดคลาสสิก เอ็มโอดี ที่ตัดปุ่มฟันทางด้านเพดาน (MOD tip palatal cusp) ในภาพรวมจะพบความเค้นเกิดที่เคลือบฟันบริเวณคอฟัน และพบความเค้นรอบวัสดุบูรณะ (Kuijs และคณะ, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Versluis และคณะในปี ค.ศ. 1996 ที่ทำการศึกษาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในส่วนของ การเกิดแรงเค้นที่ส่งผลกระทบต่อฟันระหว่างการบูรณะแบบชั้นเดียวชั้นเดียวกับการบูรณะแบบเป็นชั้นๆ ในโพรงฟันชนิดคลาสสิกพบว่า การบูรณะเป็นชั้นๆ จะก่อให้เกิดค่าความแข็งแรงดึง (tensile stress) บริเวณผิวสัมผัสระหว่างวัสดุบูรณะและเคลือบฟันมากกว่าการบูรณะชั้นเดียวชั้นเดียว (Versluis และคณะ, 1996) แต่อย่างไรก็ตามการรั่วซึมระดับจุลภาคในโพรงฟันชนิดคลาสสิก เกิดได้จากหลายปัจจัยซึ่ง นอกจากการศึกษาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในเรื่องของแรงเค้นที่จะมีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคในบริเวณผิวสัมผัสระหว่างฟันกับวัสดุบูรณะแล้ว ยังมีสิ่งที่พึงระวังในทางคลินิกที่ควร

พิจารณาร่วมกับข้อดีของการบูรณะเป็นชั้นๆ (Aschheim และคณะ, 2001, Kuijs และคณะ, 2003, Versluis และคณะ, 1996) ได้แก่ ความสามารถควบคุมการบูรณะให้มีความแน่น การตกแต่งให้ได้รูปร่างที่ดีที่เกิดความสวยงาม และสามารถฉายแสงให้วัสดุเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวได้ สมบูรณ์ในแต่ละชั้นที่ทำการบูรณะ

วิธีการบูรณะฟันเป็นชั้นๆ จะมีวิธีการบูรณะหลายรูปแบบเช่น การบูรณะฟันเป็นชั้นตามแนวระนาบ การบูรณะฟันเป็นชั้นตามแนวทแยง และการบูรณะฟันเป็นชั้นตามแนวระนาบ ร่วมกับการบูรณะเป็นชั้นตามแนวทแยง โดยในแต่ละชั้นจะมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ใช้วิธีการบูรณะเป็นชั้นบริเวณโพรงฟันด้านประชิดต่อเนื่องไปยังโพรงฟันที่เหลือโดยรูปแบบการบูรณะเป็นชั้นตามแนวทแยงและจำนวนชั้นในแนวทแยงจะแตกต่างกันไป ใช้หลักการคือ วัสดุบูรณะจะไม่สัมผัสโพรงฟันด้านใกล้แก้มและด้านใกล้ลิ้นพร้อมกัน เพื่อเป็นการลดค่าชี เฟคเตอร์และลดโอกาสที่เรซินคอมโพสิตจะดึงปุ่มฟันทางด้านใกล้แก้มและทางด้านใกล้ลิ้นเข้าหากันเนื่องจากแรงดึงจากการหดตัวของเนื้อเกิดปฏิกิริยาบ่มตัว

ไม่มีการศึกษาใดที่ทำการเปรียบเทียบรูปแบบการบูรณะเป็นชั้นๆ ว่าการบูรณะเป็นชั้นๆ แบบใดที่จะมีประสิทธิภาพลดการรั่วซึมระดับจุลภาคในโพรงฟันชนิดคลาสทูได้มากที่สุด แต่มีคำแนะนำให้ทำการบูรณะบริเวณด้านประชิดก่อนด้วยเรซินคอมโพสิตที่ก่อกขึ้นมาเป็นชั้นบางๆ ในครั้งเดียวหรือสร้างเป็นชั้นๆ จนได้ลักษณะผนังทางด้านข้างซึ่งจะมีความหนาของวัสดุบูรณะด้านประชิดไม่เกิน 1 มิลลิเมตร (Deliperi และ Bardwell, 2002, Lopes และคณะ, 2002, Roulet และคณะ, 2001) โดยโพรงฟันที่ได้หลังจากบูรณะด้านประชิดแล้วจะเปรียบเสมือน โพรงฟันชนิดคลาสวัน จากนั้นจึงทำการบูรณะเป็นชั้นๆ ต่อจนเสร็จ

วัสดุบูรณะ (restoration material)

การแบ่งชนิดของเรซินคอมโพสิตตามการใช้งานทางคลินิก (Deliperi และคณะ, 2002, Roulet และคณะ, 2001) สามารถแบ่งได้เป็น เรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์ (microfills) ชนิดไฮบริด (hybrid) ชนิดไมโครไฮบริด (microhybrid) ชนิดกดอัดได้ (packable) และชนิดไหลแผ่ได้ (flowable) โดยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในด้านปริมาณ และขนาดของสารอัดแทรกเป็นหลัก

เรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์ มีสารอัดแทรกร้อยละ 35-50 โดยปริมาตร และมีขนาดของสารอัดแทรกเฉลี่ย 0.04-0.1 ไมโครเมตร (micrometer, μm) มอดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ สามารถขัดแต่งได้ดี

เรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริด มีสารอัดแทรกร้อยละ 70-77 โดยปริมาตร และมีขนาดของสารอัดแทรกเฉลี่ย 1-3 ไมโครเมตร คุณสมบัติเชิงกลจะดีกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์ แต่ขัดแต่งได้ไม่ดีเท่ากับเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์

เรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด มีสารอัดแทรกร้อยละ 56-66 โดยปริมาตร และมีขนาดของสารอัดแทรกเฉลี่ย 0.4-0.8 ไมโครเมตร คุณสมบัติเชิงกลจะดีกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์ แต่ขัดแต่งได้ดีใกล้เคียงกับเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์

เรซินคอมโพสิตชนิดกดอัดได้ มีสารอัดแทรกร้อยละ 48-65 โดยปริมาตร และมีขนาดของสารอัดแทรกเฉลี่ย 0.7-20 ไมโครเมตร คุณสมบัติการขึ้นรูป (handling property) ดีขึ้น แต่มีโอกาสเกิดฟองอากาศภายในเนื้อวัสดุขณะบ่มได้ง่าย

เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ มีสารอัดแทรกร้อยละ 44-54 โดยปริมาตร และมีขนาดของสารอัดแทรกเฉลี่ย 0.4-1 ไมโครเมตร วัสดุจะมีความหนืด (viscosity) และความแข็ง (rigid) ลดลง มีความต้านทานต่อการสึก (wear resistance) และอัตราการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว น้อยกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดอื่น

มีการใช้ไดเมทาอะคริเลต (dimethacrylate) เป็นองค์ประกอบหลักของเรซินคอมโพสิตมาเป็นเวลานานกว่า 30 ปี และได้มีการพัฒนาวิธีการผลิตสารอัดแทรก (filler) ขึ้นมาโดยตลอดเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ และการใช้งานในคลินิก เมื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการก่อตัว มอโนเมอร์จะประกบกันเป็นสายพอลิเมอร์ ที่มีความแข็งซึ่งจะเปลี่ยนสถานะของเรซินคอมโพสิตจากของกึ่งแข็งกึ่งเหลว (plastic mass) เป็นของแข็ง (solid mass) ปฏิกิริยาการก่อตัวที่เกิดจะทำให้เรซินคอมโพสิตเกิดการหดตัวร้อยละ 2-6 โดยปริมาตร ส่งผลให้เกิดแรงเค้นจากการหดตัว (contraction stress) ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนมอโนเมอร์ในเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) กับสารอัดแทรก ทดสอบได้จากค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น (elastic modulus) และปริมาณการหดตัว (Dauvillier และคณะ, 2000, Labella และคณะ, 1999) แรงเค้นจากการหดตัวที่เกิดขึ้น

นี้จะถ่ายทอดไปยังสารยึดติด ทำให้มีแรงเค้นบริเวณผิวสัมผัสถ้าแรงยึดบริเวณผิวสัมผัสมีค่าน้อยก็ จะทำให้เกิดรอยร้าวซึมขึ้นมาได้ (Braga และคณะ, 2004, Retief, 1994)

Braga และคณะในปี ค.ศ. 2004 ได้รวบรวมผลการศึกษากลับเกี่ยวกับแรงเค้นจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิตชนิดต่างๆ โดยค่าที่ได้จะแตกต่างกันตามวิธีการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า เรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์จะมีแรงเค้นจากการหดตัวน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริด และมีค่าการหดตัวโดยปริมาตร (volumetric shrinkage) ที่น้อยกว่า ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณสารยึดแทรกที่ต่ำกว่าก็ตาม เนื่องจากเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์มีสารยึดแทรกที่ผ่านขบวนการพอลิเมอร์ไรด์แล้วบางส่วน (pre-polymerized filler particles) (Braga และคณะ, 2004) เป็นองค์ประกอบจึงลดอัตราการหดตัวและ ลดแรงเค้นจากการหดตัวลงได้

สำหรับแรงเค้นจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิตชนิดอัดได้ (packable composites) มีค่าความเค้นที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดกดอัด (non-packable composites) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Deliperi และคณะ, 2002) ถึงแม้ว่าปริมาณสารยึดแทรกจะใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่มก็ตาม โดยผู้วิจัยมีความเห็นว่าขนาดของสารยึดแทรกที่ใหญ่ซึ่งมีอยู่ในเรซินคอมโพสิตชนิดกดอัดได้ จะมีผลต่อแรงเค้นที่เกิดขึ้นจากสารยึดแทรกขนาดใหญ่จะทำให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดแรงเค้นมากกว่า เรซินคอมโพสิตกลุ่มที่ไม่ใช้ชนิดกดอัดได้ (Deliperi และคณะ, 2002)

สำหรับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (flowable resin composites) มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ (low elastic modulus) จากปริมาณสารยึดแทรกที่น้อยจึงทำให้มีการหดตัวได้สูงและในบางผลิตภัณฑ์มีค่าการหดตัวสูงถึงร้อยละ 6 ซึ่งน่าจะมีค่าแรงเค้นในการหดตัวที่สูงด้วย แต่ผลจากการทดสอบพบค่าแรงเค้นไม่ต่างกับวัสดุที่มีวัสดุยึดแทรกที่มากกว่า (Braga และคณะ, 2003) เนื่องจากวัสดุมีความสามารถในการไหลแผ่ได้ดี

การขัดเรียบ การขัดเงาและการรีบอนด์ (finishing, polishing, rebonding)

การขัดเรียบ (finishing) เป็นขบวนการขัดแต่งวัสดุบูรณะให้ได้รูปร่างที่ดี มีความเรียบ การขัดเงา (polishing) เป็นขบวนการขัดเพื่อให้ผิววัสดุบูรณะมีความเรียบขึ้น และมันวาว ขบวนการขัดเรียบและขัดเงา เป็นขั้นตอนที่ทำไปพร้อมกันโดยเรียงลำดับตามความหยาบของเครื่องมือจากเครื่องมือที่หยาบไปเครื่องมือที่มีความละเอียดมากขึ้น จุดประสงค์ของการขัดแต่ง

เรซินคอมโพสิตคือ เพื่อให้เกิดความสวยงาม ความแข็งผิว ความเรียบผิว และความคงทนของสี โดยเครื่องมือที่ใช้ในการขัดแต่งได้แก่ ใบมีดเบอร์ 12 (scalpel blade NO.12) หัวกรอคาร์ไบด์ (carbide burs) หัวกรอกากเพชรชนิดละเอียด (fine diamonds burs) แผ่นขัดรูปกลมสำหรับขัดเรียบและขัดเงา (finishing and polishing discs) แผ่นเส้นสำหรับขัดเรียบและขัดเงา (finishing and finishing strip) ครีมนำสำหรับขัดเงา (diamond polishing paste)

การขัดแต่งเรซินคอมโพสิตสามารถทำการขัดแต่งได้ทันทีภายหลังจากการบ่ม (Summitt และคณะ, 2001) โดยพบว่า เมื่อใช้แผ่นอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide) ขัดแบบแห้งจะพบว่าให้ผลในเรื่องความสวยงามจะดีกว่าหรือเท่ากับกรอขัดโดยใช้น้ำร่วมด้วย แต่จะพบการร้าวร้าวระดับจุลภาคจะสูงขึ้น (Dodge และคณะ, 1991) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yu และคณะในปี ค.ศ. 1990 ที่ทำการศึกษาในโพรงฟันชนิดคลาส ไฟร์ โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมออกไซด์ ขัดโดยไม่ใช้น้ำจะพบการร้าวร้าวระดับจุลภาคมากกว่ากลุ่มที่ขัดโดยใช้น้ำร่วมด้วย (Yu และคณะ, 1990) และมีการศึกษาถึงผลการร้าวร้าวระดับจุลภาคต่อชนิดของวัสดุบ่มโดยมีวิธีการขัดที่แตกต่างกันเช่น การทดลองของ Lopes และคณะในปี ค.ศ. 2002 ที่ทำการศึกษาในโพรงฟันชนิดคลาสไฟร์ ที่มีผนังด้านหนึ่งยกอยู่บนเคลือบฟันและรากฟัน และใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริด (Filtek Z250, 3M, U.S.A.) กับเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิล (Silux plus, 3M, U.S.A.) ในการบ่ม ทำการขัดแต่งด้วยเข็มกรอกากเพชรหรือแผ่นขัดรูปกลมผลิตภัณฑ์ Sof-Lex (3M, U.S.A.) ทันทีหลังบ่มเสร็จ และหลังการบ่มเสร็จ 24 ชั่วโมง สรุปได้ว่าชนิดของเรซินคอมโพสิตกับวิธีการขัดโดยไม่ใช้น้ำ มีผลต่อการร้าวร้าวระดับจุลภาคในเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิล และเรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริดจะมีความไวต่อวิธีการขัดน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิล (Lopes และคณะ, 2002) แต่ก็มีบางการศึกษาที่แย้งว่า ชนิดของเรซินคอมโพสิตหรือวิธีการขัดโดยจะใช้น้ำร่วมด้วยหรือไม่นั้น ไม่มีผลกับการเกิดการร้าวร้าวระดับจุลภาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Brackett และคณะ, 1997, Yap และคณะ, 2000) ซึ่งแตกต่างกับการขัดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ หรือเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Yap และคณะ, 2000) ที่จะมีความไวต่อการขัดแต่งมากกว่าเรซินคอมโพสิต เนื่องจากปฏิกิริยาการก่อตัวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ หรือเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะเกิดขึ้นต่อไปและจะมีปฏิกิริยาการก่อตัวอย่างสมบูรณ์ภายหลังจาก 24 ชั่วโมงจนถึง 168 ชั่วโมง (Wan และคณะ, 1999)

ในขั้นตอนการขัดแต่งวัสดุบ่มจะทำให้ผิวนอกซึ่งเป็นชั้นที่มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุดของเรซินคอมโพสิตสูญเสียไป และพบว่าทำให้การต้านต่อการสึก (wear resistance) ของ

เรซินคอมโพสิตลดลงด้วย (Summitt และคณะ, 2001) สำหรับส่วนของขอบรอยต่อระหว่างฟันและวัสดุบูรณะนั้นพบว่า ถ้าบริเวณนี้มีช่องว่างจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิตอยู่แล้ว การขัดแต่งจะทำให้ช่องว่างดังกล่าวชัดเจนมากขึ้น ดังนั้นจึงแนะนำให้ทำการรีบอนด์วัสดุบูรณะในขั้นตอนสุดท้ายหลังจากขัดแต่งและขัดเงาเรียบร้อยแล้ว

การทำรีบอนด์ (rebonding) คือขบวนเคลือบผิววัสดุบูรณะฟัน ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการบูรณะฟันโดยใช้สารเรซินที่มีความหนืดต่ำ (low viscosity resin) ในการเคลือบผิว โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มการต้านทานต่อการสึกของเรซินคอมโพสิต เคลือบปิดรอยร้าวระดับจุลภาค (micro crack) และเคลือบปิดรอยร้าวที่ตามมาซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าการรีบอนด์สามารถการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ (Summitt และคณะ, 2001) โดยเฉพาะขอบบริเวณเคลือบรากฟัน (May และคณะ, 1996, Munro และคณะ, 1996) และจากการศึกษาทางคลินิกพบว่าการรีบอนด์สามารถลดการติดสีตามขอบลงได้ (Summitt และคณะ, 2001)

วิธีทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค (Taylor และ Lynch, 1992)

การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคมีวิธีการศึกษาหลายรูปแบบเช่น การทดสอบด้วยแรงดันอากาศ การศึกษาโดยใช้แบคทีเรีย (bacterial studies) การศึกษาโดยใช้สารกัมมันตรังสี (radioisotope studies) ตรวจวัดพลังงานนิวตรอน (neutron activation analysis) การศึกษาโดยใช้สารเคมีสื่อกระแสไฟ (electrochemical studies) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy) ใช้สารเคมีแทรกซึม (chemical tracers) การศึกษาโดยใช้สีย้อม (dye penetration studies) ซึ่งการศึกษาโดยใช้สีย้อมได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน

การศึกษาโดยใช้สีย้อมเป็นวิธีการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ทำได้ง่าย วิธีการไม่ซับซ้อนและค่าใช้จ่ายไม่สูง ภายหลังจากตัดชิ้นงานแล้วสามารถนำชิ้นงานมาอ่านผลได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนใดๆ และสามารถเห็นการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ชัดเจนภายใต้กล้องจุลทรรศน์จากสีย้อมที่มีสีแตกต่างกับวัสดุบูรณะและฟัน แต่ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่อ่านได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นงานที่นำมาอ่านค่า เพราะลักษณะการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นจะมีรูปแบบการรั่วซึมที่ไม่แน่นอน (Gale และคณะ, 1994) การอ่านค่าจากการตัดชิ้นงานจึงเป็นการสุ่มหาค่าการรั่วซึมระดับจุลภาค Mixson และคณะในปี ค.ศ. 1991 พบว่าการอ่านผลการรั่วซึมระดับ

จุลภาคที่ได้จากการตัดชิ้นงานออกเป็น 2 ชั้น (2 ด้าน) หรือมากกว่า 2 ชั้น (มากกว่า 2 ด้าน) ค่าการร่วซึมระดับจุลภาคจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับลักษณะการร่วซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นกับทั้งโพรงฟัน เพราะบริเวณแนวบรรจบ (line angle) จะเป็นบริเวณที่พบการร่วซึมเกิดขึ้นได้มาก (Mixson และคณะ, 1991) ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะไม่ถูกตัดและนำมาอ่านค่าการร่วซึมด้วย แต่ Raskin และคณะในปี ค.ศ. 2003 ได้แนะนำให้ทำการอ่านผลการร่วซึมระดับจุลภาคจากการตัดชิ้นงานจำนวน 2-3 ชั้นเป็นอย่างน้อย คิดเป็นจำนวนด้าน 4-6 ด้านที่ใช้สำหรับอ่านค่าการร่วซึมระดับจุลภาค โดยค่าการร่วซึมระดับจุลภาคที่อ่านได้จากชิ้นงานที่ทำการตัดแบ่งจำนวนมากขึ้นจะมีโอกาสครอบคลุมลักษณะการร่วซึมที่เกิดขึ้นจริงมากกว่าการอ่านค่าการร่วซึมระดับจุลภาคที่ได้จากการตัดชิ้นงานเพียงครั้งเดียว และอ่านผลการร่วซึมระดับจุลภาคจากชิ้นงานเพียง 2 ด้าน (Raskin และคณะ, 2003)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme (สี A3, 3M ESPE, USA)
2. วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 (สี A3, 3M ESPE, USA)
3. วัสดุเรซินมอดิไฟด์กลาส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล ผลิตภัณฑ์ GC Fuji II LC ชนิดแคปซูล (สี A3, GC America, USA)
4. สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ชั้นตอน ผลิตภัณฑ์ Adper Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, USA)
5. วัสดุบูรณะชั่วคราว IRM (DENTSPLY Caulk, USA)
6. หัวกรอฟันปากเพชรทรงกระบอกผลิตภัณฑ์ DIA TESSIN (cylinder diamond bur) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร
7. หัวกรอฟันปลายปากเพชรทรงกระบอกผลิตภัณฑ์ Cross Tech (cutting tip edge diamond bur) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 มิลลิเมตร
8. พู่กันขนาดเล็กพู่เดียว (Microbrush, Kerr, USA) สำหรับทาสารยึดติด
9. ชีผึ้งชนิดเหนียว (Sticky wax, Kemdent, Associated Dental Products Ltd, UK)
10. สารย้อมสีเมททิลีนบลูความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (0.5% methylene blue)
11. เมทริกซ์พลาสติก Celluloid strip (Hawe, Dentsply, USA)
12. ใบมีดเบอร์ 12a พร้อมด้ามจับ (Scalpel blade number 12a)
13. น้ำยาทาเล็บสีแดง และแผ่นอลูมิเนียมห่ออาหาร (Aluminum foil)

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (The SmartLite™ IQ™, DENTSPLY Caulk, USA)
2. เครื่องตรวจสอบความเข้มแสงของเครื่องฉายแสง (Model 100 Optilux radiometer, Kerr, USA)
3. เครื่องตัดชิ้นงานความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine, model ISOMET 1000, Buehler, USA)

4. เครื่องทำเทอร์โมไซคลิง (Thermo Cycling Unit)
5. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
6. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator รุ่น Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand)
7. เครื่องผสมอะมัลกัม (Amalgamator รุ่น Silamat S4, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)
8. กล้องถ่ายรูประบบดิจิตอล (Digital camera ผลิตภัณฑ์ Nikon รุ่น D70s, Japan) พร้อมเลนส์ถ่ายภาพระยะใกล้ (Micro lenes ผลิตภัณฑ์ Nikkor รุ่น AF Micro-Nikkor 105mm f/2.8D) และริงแฟลช (Ring flash ผลิตภัณฑ์ Nikon รุ่น SB-29s)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การตรวจสอบฟันตัวอย่าง

นำฟันกรามซี่สุดท้ายที่ปราศจากรอยผุ อุด ร้าว จำนวน 40 ซี่ ตรวจสอบด้วยไฟจากเครื่องฉายแสง ภายใต้แว่นติดเลนส์กำลังขยาย 3 เท่า ทำความสะอาดฟัน และเก็บฟันในน้ำกลั่นผสมไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ที่อุณหภูมิห้อง

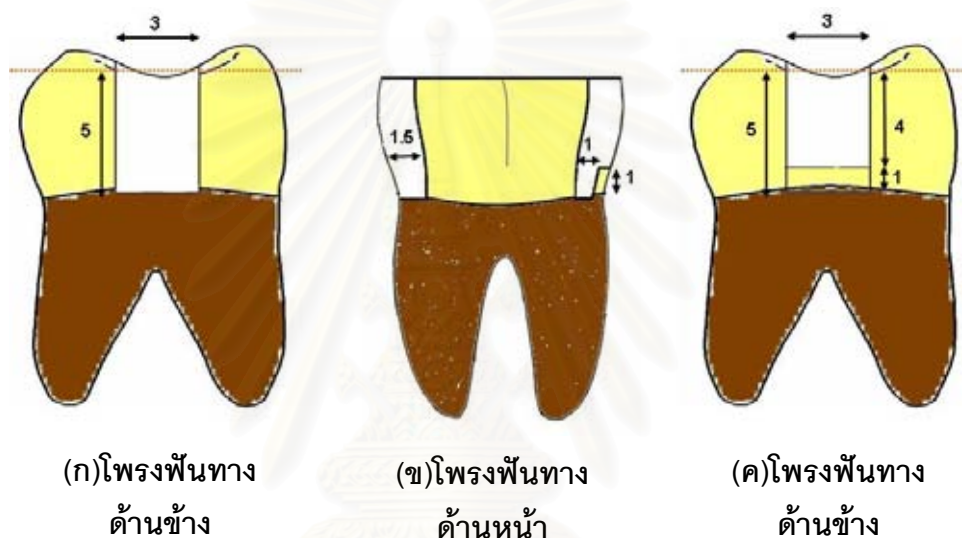
2. การทดสอบ

- 2.1. ใช้หัวกรอฟันกากเพชรทรงกระบอก ชนิดกรอเร็วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ทำการกรอตัดฟันเป็นโพรงฟันชนิดคลาสซูล์ลักษณะร่อง ให้มีความกว้างในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น 3 มิลลิเมตร ลึก 1.5 มิลลิเมตร ขนานกับผิวฟันด้านนอก และสูงกว่า รอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction, CEJ) 1 มิลลิเมตร และนำขนาดโพรงฟันที่เตรียมได้ไปคำนวณค่าทางสถิติเพื่อไม่ให้ขนาดโพรงฟันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- 2.2. ใช้หัวกรอฟันปลายกากเพชร ชนิดกรอเร็วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร กรอฟันด้านเหงือกให้มีลักษณะเป็นร่องขนานกับผิวฟันด้านนอก โดยเหลือผิวเคลือบฟันที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร และร่องที่กรอจะมีขนาดความกว้าง 1 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร และยาว 3 มิลลิเมตร โดยจะกรอในด้านใกล้กลาง หรือด้านไกลกลางเพียงด้านเดียวตามการสุ่มหยิบเลือกด้าน สำหรับอีกด้านที่เหลือจะทำการกรอในลักษณะเดียวกัน แต่จะทำ

การกรอผิวเคลือบฟันออกด้วยที่ระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน เพื่อสร้างผนังด้านเหงือกให้เป็นผิวรากฟัน

2.3. ตัดฟันให้ขนานกับระนาบสบฟัน ที่ความสูง 5 มิลลิเมตรโดยวัดจากผนังด้านเหงือกในแนวตั้งทั้งด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลาง (ภาพที่ 1)

2.4. ฟันทั้งหมดระหว่างขั้นตอนการเตรียมโพรงฟันจะเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 1 แสดงขนาดโพรงฟัน ทางด้านข้างและด้านหน้า หน่วยเป็นมิลลิเมตร

(ก) โพรงฟันทางด้านข้างที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน

(ข) โพรงฟันทางด้านหน้าที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันและผิวเคลือบฟัน

(ค) โพรงฟันทางด้านข้างที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน

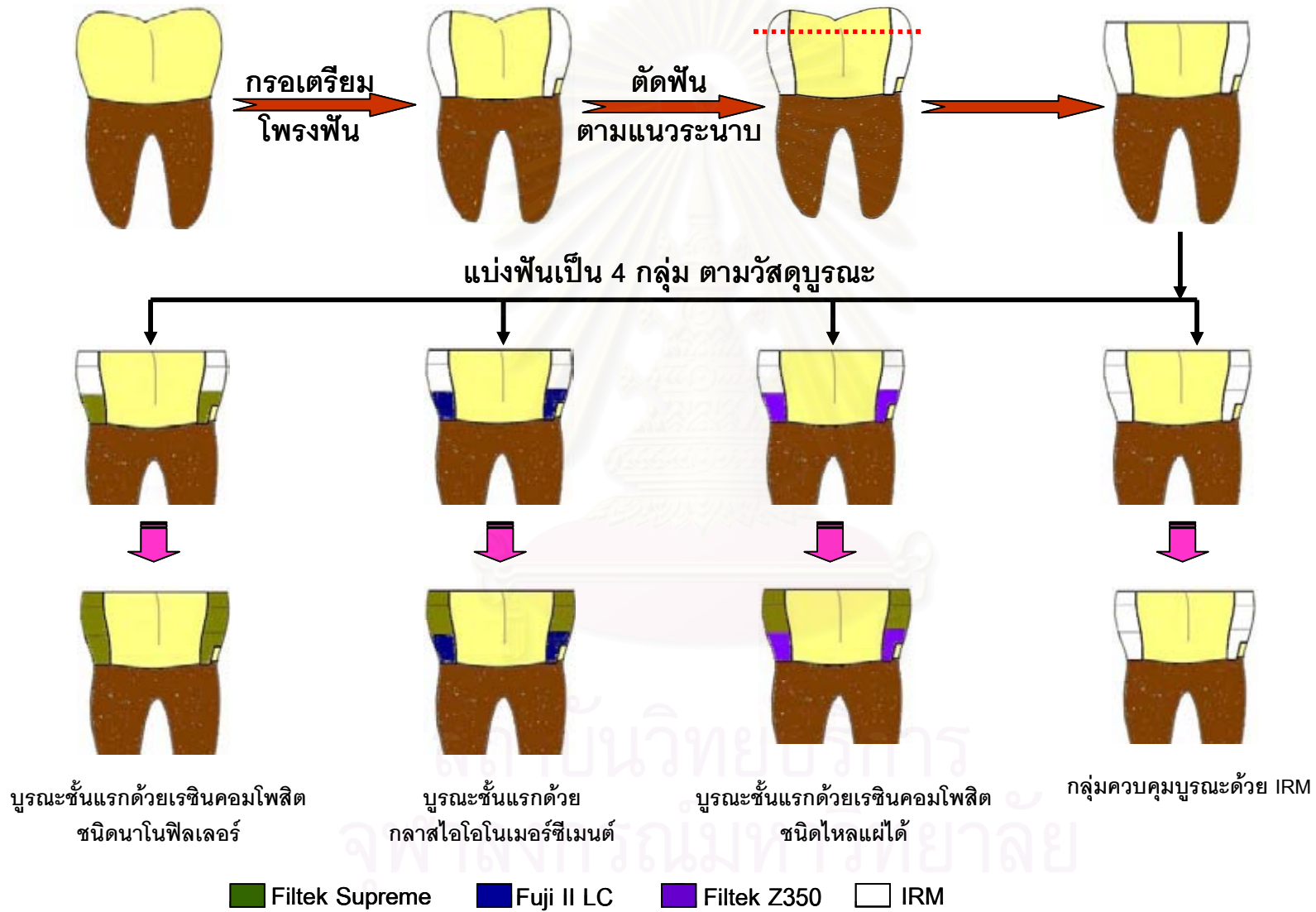
3. การแบ่งกลุ่มทดลองและการบูรณะฟัน

นำฟันมาใส่เมทริกซ์พลาสติกผลิตภัณฑ์ Hawe เมื่อใส่เมทริกซ์เข้าที่แล้วจะทำการตัดเมทริกซ์ให้ได้ระดับเดียวกับระนาบด้านบดเคี้ยวที่เตรียมไว้ วัดความสูงของโพรงฟันโดยใช้จุดอ้างอิงคือบริเวณกลางโพรงฟันจากพื้นด้านเหงือก และทำเครื่องหมายไว้ที่เมทริกซ์พลาสติกที่ระยะความสูง 2 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตร จากนั้นจัดฟันเข้ากลุ่มทดลองโดยแบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่มจำนวนฟันกลุ่มละ 10 ซี่ (ภาพที่ 2) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะทำการบูรณะชั้นแรกแตกต่างกันตามวัสดุที่ใช้ดังนี้

- 3.1 กลุ่มการทดลองที่ 1 บำรุงด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 (สี A3, 3M ESPE, USA) ร่วมกับสารยึดติด ระบบโททอลเอทซ์ แบบ 3 ชั้นตอน ผลิตภัณฑ์ Adper Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, USA) เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35 ทาให้ทั่วโพรงฟัน 15 วินาที และล้างกรดออกด้วยน้ำ 10 วินาที แล้วใช้ลมจากหัวเป่าสามทางเป่าให้หมาด ทาสารไพร้มเมอร์ทิ้งไว้ 10 วินาที จากนั้นเป่าลมให้สารไพร้มเมอร์แห้ง จึงทาสารยึดติด เป่าลมให้ชั้นสารยึดติดมีความบาง จึงทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที แล้วบำรุงด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ ในโพรงฟันให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องมือปลายตัดวัดความสูงจากระนาบสบฟันถึงวัสดุบูรณะให้มีความสูง 3 มิลลิเมตร แล้วทำการฉายแสง 40 วินาทีต่อชั้น โดยปลายเครื่องฉายแสงอยู่ติดกับด้านบดเคี้ยวของฟัน และตั้งฉากกับพื้นผิว จากนั้นทำการบูรณะต่อด้วยวัสดุชนิดเดิมให้สูง 2 มิลลิเมตร แล้วฉายแสง 40 วินาที ชั้นสุดท้ายทำการตกแต่งรูปร่างให้ได้ลักษณะเรียบขนาดกักระนาบสบฟันก่อนทำการฉายแสง 40 วินาที นำฟันที่บูรณะเสร็จแล้วใส่ลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อจำลองลักษณะสัมผัสกับฟันข้างเคียง ฉายแสงจากทางด้านแก้มและด้านลิ้นด้านละ 40 วินาทีโดยให้ปลายหัวนำแสงอยู่ติดกับฟัน จากนั้นนำฟันออกจากแบบจำลองและถอดเมทริกซ์ กำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยใบมีดเบอร์ 12a
- 3.2 กลุ่มการทดลองที่ 2 บำรุงชั้นแรกด้วยวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ GC Fuji II LC ชนิดแคปซูล (สี A3, GC America, USA) ที่ด้านใกล้กลางและด้านไกลกลาง ทำการทากรดพอลิอัลคิลีนอิก 10 วินาที และล้างกรดออกด้วยน้ำ 10 วินาที ฉีดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ลงในโพรงฟันให้ได้ความสูง 2 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่องมือปลายตัดวัดความสูงจากระนาบสบฟันถึงวัสดุบูรณะให้มีความสูง 3 มิลลิเมตร แล้วฉายแสง 40 วินาทีเพื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวโดยปลายเครื่องฉายแสงจะตั้งฉากและติดกับระนาบสบฟัน จากนั้นเตรียมการบูรณะชั้นต่อไปด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 (สี A3, 3M ESPE, USA) ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ชนิด 3 ชั้นตอน ผลิตภัณฑ์ Adper Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, USA) เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35 ทาให้ทั่วโพรงฟัน 15 วินาที และล้างกรดออกด้วยน้ำ 10

วินาที แล้วใช้ลมจากหัวเป่าสามทางเป่าให้หมด ทาสารไพร้มเมอร์ทิ้งไว้ 10 วินาที แล้วเป่าลมให้สารไพร้มเมอร์แห้ง ทาสารยึดติด เป่าลมให้ชั้นยึดติดเป็นชั้นบางๆ ฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที และบ่มด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์เป็นชั้นๆ ตามแนวระนาบสบฟัน โดยมีความสูงชั้นละ 2 มิลลิเมตร ใช้เครื่องมือปลายตัดวัดความสูงจากระนาบสบฟันถึงวัสดุบ่มและฉายแสงชั้นละ 40 วินาที โดยชั้นสุดท้ายตกแต่งให้ได้ลักษณะเรียบขนานกับแนวราบสบก่อนฉายแสง นำฟันที่บ่มเสร็จแล้วใส่ลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้น ฉายแสงจากทางด้านแก้มและด้านลิ้นด้านละ 40 วินาทีโดยให้ปลายหัวนำแสงอยู่ติดกับฟัน จากนั้นนำฟันออกจากแบบจำลองและถอดเมทริกซ์ กำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยใบมีดเบอร์ 12a

- 3.3 กลุ่มการทดลองที่ 3 บ่มชั้นแรกด้วย วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 (สี A3, 3M ESPE, USA) ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ ชนิด 3 ชั้นตอน ผลิตภัณฑ์ Adper Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, USA) เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35 ทาให้ทั่วโพรงฟัน 15 วินาที และล้างกรดออกด้วยน้ำ 10 วินาที แล้วใช้ลมจากหัวเป่าสามทางเป่าให้หมด ทาสารไพร้มเมอร์ทิ้งไว้ 10 วินาที แล้วเป่าลมให้สารไพร้มเมอร์แห้ง ทาสารยึดติด เป่าลมให้ชั้นยึดติดเป็นชั้นบางๆ ฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที แล้วบ่มด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ ซึ่ลดลงไปในโพรงฟันให้ได้ความสูง 2 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่องมือปลายตัดวัดความสูงจากระนาบสบฟันถึงวัสดุบ่มให้ได้ความสูง 3 มิลลิเมตร จึงฉายแสง 40 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงจะตั้งฉากและติดกับระนาบสบฟัน จากนั้นทำการบ่มชั้นต่อไปตามแนวระนาบด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ให้สูง 2 มิลลิเมตร และฉายแสง 40 วินาที โดยชั้นสุดท้ายตกแต่งให้ได้ลักษณะเรียบขนานกับแนวราบสบก่อนฉายแสง นำฟันที่บ่มเสร็จแล้วใส่ลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้น ฉายแสงจากทางด้านแก้มและด้านลิ้นด้านละ 40 วินาทีโดยให้ปลายหัวนำแสงอยู่ติดกับฟัน จากนั้นนำฟันออกจากแบบจำลองและถอดเมทริกซ์ กำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยใบมีดเบอร์ 12a
- 3.4 กลุ่มควบคุมเชิงลบ (negative control) จะทำการบ่มด้วยวัสดุบ่มชั่วคราว IRM ซึ่งจะทำการบ่มแบบก้อน (bulk technique) รอ 10 นาทีเพื่อให้วัสดุแข็งตัวเต็มที่จึงทำการตกแต่งกำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยใบมีดเบอร์ 12a



4. การทดสอบ

นำพื้ที่บุงรณะเรียบร้อยแล้วเก็บไว้ในตู้ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องทำเทอร์มอไซคลิก ที่ 5 องศาเซลเซียส สลับกับ 55 องศาเซลเซียส จำนวน 5000 รอบ ใช้เวลา 30 วินาทีในการแช่น้ำร้อนหรือน้ำเย็น จากนั้นนำพื้ที่ผ่านเครื่องทำเทอร์มอไซคลิกมาซับให้แห้ง ปิดปลายรากพื้ด้วยซีลิ่งชนิดเหนียว และทาน้ำยาทาเล็บโดยเว้นให้ห่างจากขอบวัสตุบุงรณะทางด้านข้าง 1 มิลลิเมตร ทิ้งให้น้ำยาทาเล็บแห้งแล้วจึงนำแผ่นอลูมิเนียมห่ออาหารหุ้มพื้ทั้งซี้ จากนั้นทำการเจาะแผ่นอลูมิเนียมห่ออาหารรอบบริเวณที่ทำการบุงรณะ โดยห่างจากน้ำยาทาเล็บชั้นแรกประมาณ 1 มิลลิเมตร ทำการทาน้ำยาทาเล็บชั้นที่ 2 ทับแผ่นอลูมิเนียมห่ออาหารทั้งซี้และห่างจากขอบวัสตุบุงรณะทางด้านข้าง 1 มิลลิเมตร ทิ้งให้น้ำยาทาเล็บแห้งสนิทจึงนำพื้ไปแช่ในสารย้อมสีเมทิลีนบลู (0.5% methylene blue) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำพื้มาล้างด้วยน้ำ ทำความสะอาดน้ำยาทาเล็บและแผ่นอลูมิเนียมห่ออาหารออกให้หมด ทำการตัดพื้ด้วยเครื่องตัดขึ้นงานความเร็วต่ำบริเวณกลางวัสตุบุงรณะในแนวใกล้กลางไกลกลาง นำกลุ่มตัวอย่างมาบันทึกภาพการรั่วซึมระดับจุลภาคด้วยกล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัลพร้อมเลนส์ถ่ายภาพระยะใกล้ ริงเฟลช และขาตั้งกล้องในสภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยบันทึกภาพจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองด้าน (จากพื้ทางด้านใกล้แก้ม และพื้ทางด้านใกล้ลิ้น) นำภาพมาจัดเรียงในโปรแกรมแสดงผลงาน (PowerPoint program) เพื่อใช้สำหรับอ่านผลการทดสอบ

5. การอ่านผลการทดสอบ

ผลการทดสอบจะอ่านโดยผู้ที่อยู่ในสาขาทันตกรรมหัตถการจำนวน 3 คน โดยผู้อ่านผลการทดสอบทุกคนจะได้รับการฝึกอ่านค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคจนมีความเที่ยงตรงในการอ่าน และปรับมาตรฐานการให้คะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคให้ใกล้เคียงกันทั้ง 3 คน อ่านผลการทดสอบตามระดับคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคดังนี้ (ภาพที่ 3)

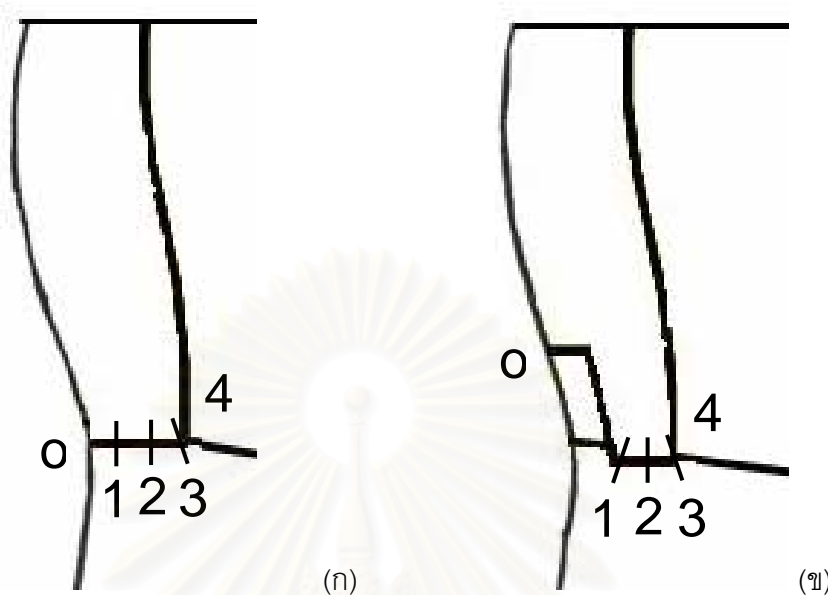
คะแนน 0 คือ ไม่มีการรั่วซึม

คะแนน 1 คือ มีการรั่วซึมไม่เกิน 1/3 ของความลึกโพรงพื้

คะแนน 2 คือ มีการรั่วซึมมากกว่า 1/3 แต่ไม่เกิน 2/3 ของโพรงพื้

คะแนน 3 คือ มีการรั่วซึมไม่เกินผนังด้าน axial

คะแนน 4 คือ มีการรั่วซึมเข้าถึงและรั่วซึมเข้าตามผนังด้าน axial



ภาพที่ 3 แสดงระดับคะแนนการร่วร่วร่วระดับจุดภาค

(ก) คะแนนการร่วร่วระดับจุดภาคด้านผิวรากฟัน

(ข) คะแนนการร่วร่วระดับจุดภาคด้านผิวเคลือบฟัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

(รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในภาคผนวก)

การวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้โปรแกรม SPSS 11.5 และ MedCalc ในการคำนวณค่าทางสถิติ โดยข้อมูลจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อควบคุมให้ขนาดของโพรงฟันในแต่ละชิ้นงานให้มีความเหมือนกันทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) คำนวณความแตกต่างของ ความกว้าง ความลึก และพื้นที่ของโพรงฟัน ทั้งในกลุ่มเดียวกันและระหว่างกลุ่ม ค่าที่ได้จากการคำนวณในส่วนนี้จะต้องไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงจะนำมาใช้บรูณะเพื่อทดสอบการร่วร่วระดับจุดภาคต่อไป

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ความเที่ยงของเครื่องมือ การศึกษานี้มีผู้อ่านผล 3 คนที่อยู่ในสาขาทันตกรรมหัตถการ โดยผู้อ่านผลทุกคนจะปรับมาตรฐานการอ่านคะแนนการร่วร่วระดับจุดภาคให้ใกล้เคียงกัน และมีความเที่ยงตรงในการอ่าน วิเคราะห์ความเที่ยงตรงจากค่าแคปปาแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted Kappa) ในโปรแกรม MedCalc ซึ่งค่าแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักที่ได้

จะต้องอยู่ในช่วง ดี หรือ ดีมาก เป็นไปตามเกณฑ์ดังตารางที่ 1 และค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่นำมาวิเคราะห์ผลได้มาจากข้อมูลที่ผู้อ่านผลทั้ง 3 คนมีความเห็นตรงกัน สำหรับค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผู้อ่านผลมีความเห็นไม่ตรงกันจะนำมาให้ผู้อ่านผลทั้ง 3 คนลงความเห็นร่วมกัน

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการแปรผลค่าแคปปา

Value of Kappa	Strength of agreement
< 0.20	Poor
0.21-0.40	Fair
0.41-0.60	Moderate
0.61-0.80	Good
0.81-1.00	Very good

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลดิบโดยใช้ สถิติทดสอบ ครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างการใช้วัสดุบูรณะ 3 ชนิด เมื่อผนังด้านเหนือกอกอยู่บนผิวรากฟัน หรือผิวเคลือบฟัน ถ้าค่าที่คำนวณได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงจะทดสอบต่อโดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparisons) ในการคำนวณหาความแตกต่างระหว่างวัสดุ ว่าคู่ใดที่ไม่แตกต่าง หรือต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ (Mann-Whitney U test) ใช้เพื่อทดสอบในกลุ่มวัสดุชนิดเดียวกันแต่ผนังด้านเหนือกอกมีความแตกต่างกัน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

(รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในภาคผนวก)

จากการทดลองพบว่าเมื่อบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทู ด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme เป็นขั้นแรกโดยวิธีการเก็บผิวเคลือบฟันไว้ มีจำนวนตัวอย่างที่มีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคต่ำสุดหรือไม่เกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคจำนวนมากที่สุด (17 ชิ้น) แต่ถ้าไม่เก็บผิวเคลือบฟันไว้และผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน จะมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่เกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคลดลง (13 ชิ้น) เมื่อบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทู ขั้นแรกด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลเแฝ่ได้ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูลจำนวนตัวอย่างที่ไม่เกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคจะลดลงตามลำดับ โดยจำนวนตัวอย่างที่มีระดับคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคมากที่สุดจะพบเมื่อทำการบูรณะขั้นแรกด้วยเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูลที่มีผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คะแนนค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคจำแนกตามวัสดุบูรณะและวิธีการเตรียมโพรงฟัน

คะแนน ค่าการรั่วซึม ระดับจุลภาค	Supreme		RMGI		Flowable		IRM (control)	
	รากฟัน	เคลือบฟัน	รากฟัน	เคลือบฟัน	รากฟัน	เคลือบฟัน	รากฟัน	เคลือบฟัน
0	13	17	1	-	10	10	-	-
1	2	3	3	19	4	9	-	-
2	2	-	2	1	2	1	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	-	14	-	4	-	20	20

ผลเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างการบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสทู ชั้นแรกด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน 3 ชนิดคือ เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูล และเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 ทั้งกลุ่มที่มีผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟันหรือผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวเคลือบฟัน ด้วยสถิติทดสอบ ครุสคัล-วัลลิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ให้ผลไปในทางเดียวกันคือการเลือกใช้วัสดุบูรณะชั้นแรกที่แตกต่างกันจะมีผลต่อระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 และ 5) โดยเมื่อบูรณะชั้นแรกด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ หรือเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ มีระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคที่น้อยกว่าการบูรณะชั้นแรกด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระหว่างการบูรณะชั้นแรกด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์กับการบูรณะชั้นแรกด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ มีระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4 และ 6) โดยสามารถเรียงวัสดุที่มีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคจากน้อยไปมากเป็นดังนี้ วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ และวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล

ตารางที่ 3 ผลของสถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส ในกลุ่มที่มีผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟัน ระหว่างวัสดุบูรณะ 3 ชนิด

วัสดุ	N	Mean Rank	Kruskal-Wallis Test	
Supreme	20	22.18		Score
RMGI	20	43.63	Chi-square	19.518
Flow	20	25.70	df	2
Total	60		Asymp.Sig.	.000

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างวัสดุประเภท 3 ชนิด ในกลุ่มที่ผนังด้านเหนือที่อยู่ผิว
รากพื้น

กลุ่มเปรียบเทียบ	$Z_{\alpha/k(k-1)}$	N	n_i	n_j	\bar{R}_i	\bar{R}_j	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	critical value
Supreme- RMGI	2.394	60	20	20	22.18	43.63	21.45	13.2213*
Supreme-Flow	2.394	60	20	20	22.18	25.7	3.52	13.2213
RMGI-Flow	2.394	60	20	20	43.63	25.7	17.93	13.2213*

*แสดงความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ผลของสถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส ในกลุ่มที่ผนังด้านเหนือที่อยู่ผิวเคลือบพื้น ระหว่าง
วัสดุประเภท 3 ชนิด

วัสดุ	N	Mean Rank	Kruskal-Wallis Test	
Supreme	20	18.35		Score
RMGI	20	43.83	Chi-square	27.769
Flow	20	29.33	df	2
Total	60		Asymp.Sig.	.000

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างวัสดุบุงระยะ 3 ชนิด ในกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวเคลือบพื้น

กลุ่มเปรียบเทียบ	$Z_{\alpha/k(k-1)}$	N	n_i	n_j	\bar{R}_i	\bar{R}_j	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	critical value
Supreme-RMGI	2.394	60	20	20	18.35	43.83	25.48	13.2213*
Supreme-Flow	2.394	60	20	20	18.35	29.33	10.98	13.2213
RMGI-Flow	2.394	60	20	20	43.83	29.33	14.5	13.2213*

*แสดงความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

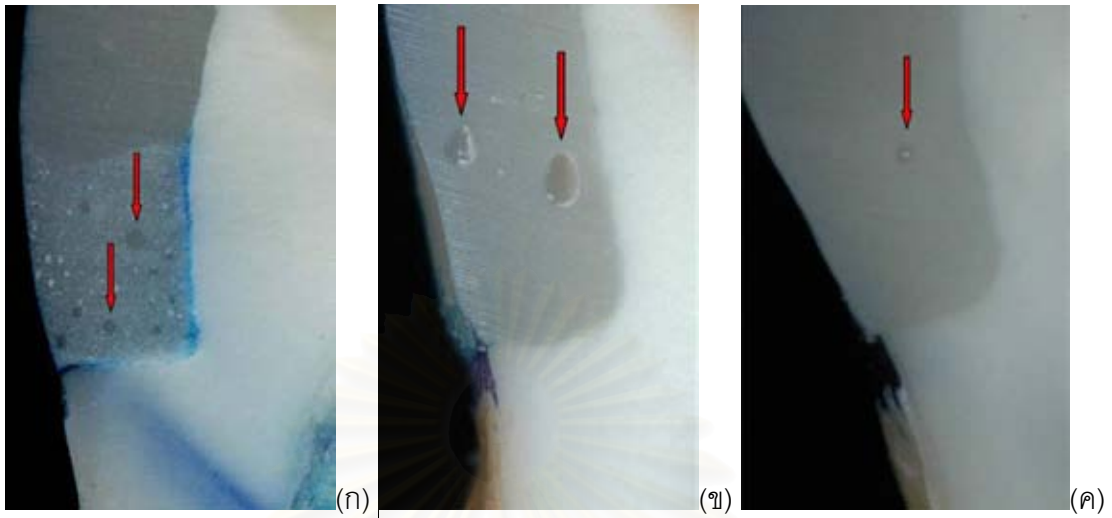
ผลเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อใช้วัสดุบุงระยะชั้นแรกชนิดเดียวกัน ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวรากพื้นและกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวเคลือบพื้น พบว่า กลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวเคลือบพื้น จะพบการรั่วซึมระดับจุลภาคลดลง และไม่พบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ระดับคะแนนสูงสุดในทุกกลุ่มวัสดุแม้ว่าจะเหลือผิวเคลือบพื้นบางๆ ไว้ก็ตาม (ตารางที่ 2)

ผลสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อใช้วัสดุบุงระยะชั้นแรกชนิดเดียวกัน ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวรากพื้น และกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวเคลือบพื้น เมื่อใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ หรือเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้บุงระยะชั้นแรก การรั่วซึมระดับจุลภาคลดลงในกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวเคลือบพื้นกับกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวรากพื้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูลบุงระยะชั้นแรก ในกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่ที่ผิวเคลือบพื้น จะพบการรั่วซึมระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟัน หรือผิวเคลือบฟัน ในวัสดุบูรณะแต่ละชนิด

วัสดุ	Supreme		RMGI		Flow	
	รากฟัน	เคลือบฟัน	รากฟัน	เคลือบฟัน	รากฟัน	เคลือบฟัน
ตำแหน่งผนังด้านเหงือก						
N	20	20	20	20	20	20
Mean Rank	22.88	18.13	27.88	13.13	21.85	19.15
Asymp.Sig.(2-tailed)	.090		.000		.425	

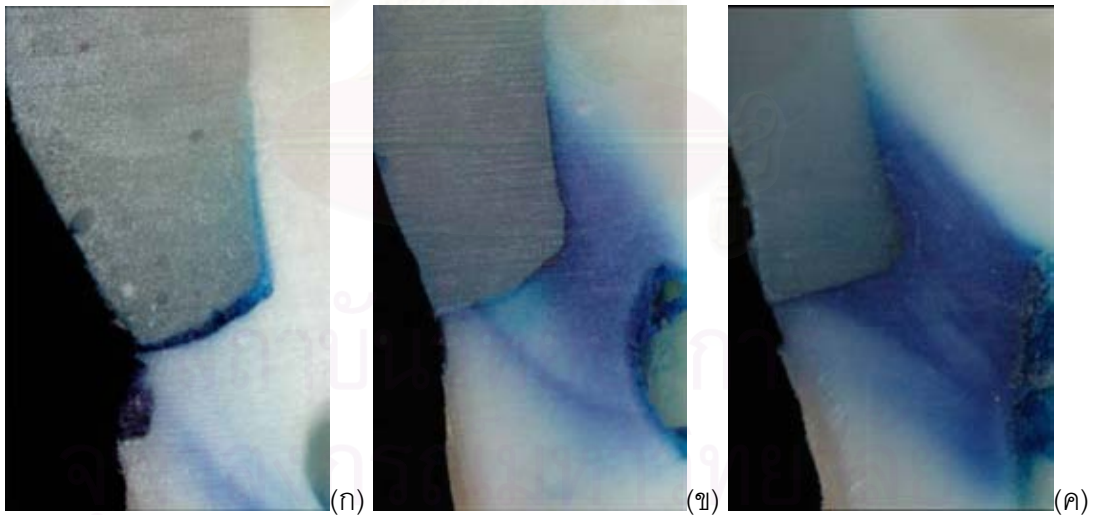
ข้อสังเกตจากการอ่านผลการรั่วซึมระดับจุลภาคพบว่ากลุ่มที่บูรณะชั้นแรกด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูลจะพบร่องอากาศในเนื้อวัสดุได้มากกว่าการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ และเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4 (ก, ข, ค) และตารางที่ 8 และการรั่วซึมระดับจุลภาคในกลุ่มที่บูรณะด้วย เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล จะพบการรั่วซึมเข้าไปตามท่อเนื้อฟัน (dental tubule) ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรั่วซึมระดับเดียวกันในกลุ่มที่บูรณะด้วยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ หรือเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5 (ก, ข, ค) และสามารถพบการรั่วซึมผ่านทางผิวเคลือบฟันที่บางได้ โดยจะเกิดหรือไม่เกิดการรั่วซึมที่รอยต่อระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวเคลือบฟัน เมื่อทำการเตรียมโพรงฟันให้เหลือผิวเคลือบฟันบางๆ ไว้ ดังแสดงในภาพที่ 6 (ก, ข, ค) และตารางที่ 8



ภาพที่ 4 แสดงฟองอากาศภายในเนื้อวัสดุบูรณะ (ลูกศร) ชั้นแรกที่บูรณะด้วย

(ก) เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล (ข) เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์

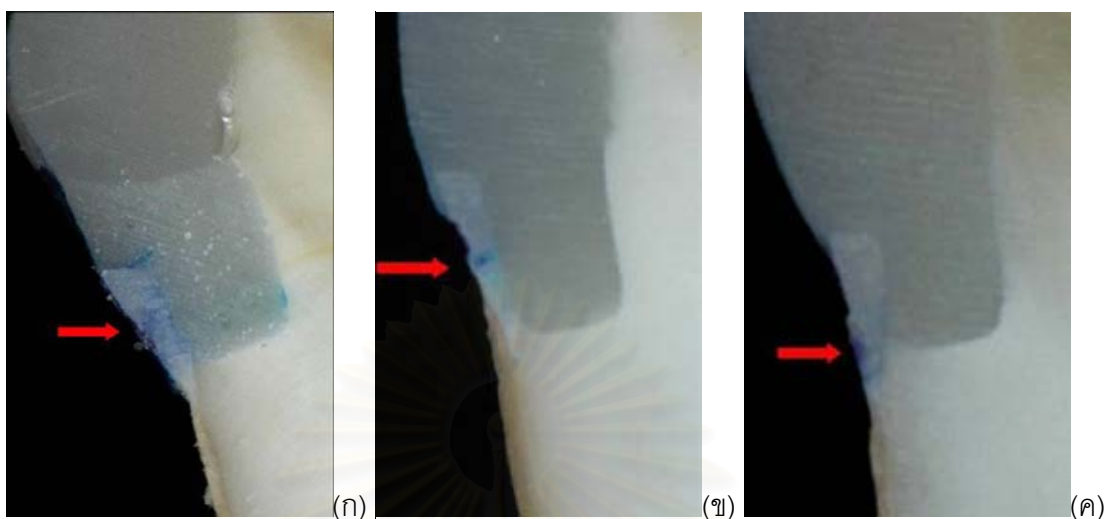
(ค) เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้



ภาพที่ 5 แสดงการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ระดับคะแนน 4 เมื่อบูรณะชั้นแรกด้วยวัสดุ

(ก) เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล (ข) เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์

(ค) เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้



ภาพที่ 6 แสดงการรั่วซึมเข้าตามผิวเคลือบฟัน (ลูกศร) เมื่อบูรณะชั้นแรกด้วยวัสดุ
 (ก) เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล (ข) เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์
 (ค) เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้

ตารางที่ 8 จำนวนซี่ฟันที่พบการรั่วซึมผ่านทางผิวเคลือบฟัน และจำนวนซี่ฟันที่พบฟองอากาศในเนื้อวัสดุชั้นแรกที่ใช้บูรณะ

วัสดุ	รั่วซึมผ่านผิวเคลือบฟัน	เกิดฟองอากาศด้านผิวเคลือบฟัน	เกิดฟองอากาศด้านผิวรากฟัน
Supreme	7/10	4/10	4/10
RMGI	7/10	7/10	6/10
Flow	7/10	2/10	2/10

ตัวเลขแรกแสดงจำนวนซี่ฟันที่นับได้ ตัวเลขที่สองแสดงจำนวนซี่ฟันทั้งหมด

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาค้างนี้ใช้วัสดุบูรณะชั้นแรกบริเวณผนังด้านเหนือ 3 ชนิดคือ เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูล และเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 โดยมีวัสดุบูรณะชั่วคราว IRM เป็นกลุ่มควบคุมเชิงลบ พบว่ากลุ่มที่ใช้วัสดุบูรณะชั่วคราว IRM จะมีระดับคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคสูงสุดในทุกกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวรากฟัน หรือผิวเคลือบฟันเนื่องจากวัสดุดังกล่าวไม่มีพันธะใดๆ ยึดกับฟัน แต่ในกลุ่มที่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ หรือเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ในการบูรณะชั้นแรก พบคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวเคลือบฟันมีระดับคะแนนที่น้อยกว่ากลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวรากฟัน (ตารางที่ 2) โดยคะแนนในกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวเคลือบฟันพบระดับคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคส่วนมากอยู่ที่คะแนน 0 หรือ 1 และไม่พบระดับคะแนน 4 ซึ่งการศึกษาค้างนี้ ผนังด้านเหนือที่อยู่บนผิวเคลือบฟันจะถูกเตรียมในลักษณะที่เหลือนเคลือบฟันบางๆ (ภาพที่ 1 ค) โดยการกรอให้เกิดร่องเพื่อจำลองลักษณะทางคลินิกที่เกิดขึ้น ซึ่งต่างจากการศึกษาอื่นๆ ที่เตรียมผนังด้านเหนือที่อยู่บนผิวเคลือบฟันโดยมีเนื้อฟันรองรับอยู่และเป็นระนาบตรง อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาค้างนี้แสดงว่า เมื่อมีผิวเคลือบฟันเป็นรอยต่อของการบูรณะจะเกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคที่น้อยกว่ารอยต่อที่เป็นผิวรากฟันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ (Beznos, 2001, Brunton และคณะ, 2004, Civelek และคณะ, 2003, Linden และ Swift, 1994) สำหรับการรั่วซึมผ่านผิวเคลือบฟันที่พบได้ทุกกลุ่มวัสดุนั้น จากการศึกษาไม่สามารบอกถึงสาเหตุที่เกิดการรั่วซึมดังกล่าวได้ เพราะการรั่วซึมอาจเกิดมาจากรอยร้าวในผิวเคลือบฟันเมื่อมีการหดตัวของวัสดุเรซินคอมโพสิตขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว การขยายตัวเหตุนี้ (hygroscopic expansion) ของวัสดุภายหลังจากการบูรณะ

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบวัสดุบูรณะทั้งสามชนิด กลุ่มที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตทั้งชนิดนาโนฟิลเลอร์ และชนิดไหลแผ่ได้พบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่น้อยกว่าการบูรณะด้วยเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทั้งกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิว

รากฟันและกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน ในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี ซึ่งจะมีความเข้มแสงสูงและความเข้มคงที่กว่าเครื่องฉายแสงชนิดฮาโลเจน (Price และคณะ, 2003) ความเข้มแสงเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของเรซินคอมโพสิต (Inoue และคณะ, 2005) ซึ่งระยะทางระหว่างปลายเครื่องฉายแสงจะสัมพันธ์กับพลังงานของแสงปล่อยออกมาและมีผลต่อความแข็งแรงยึด การหดตัวของเรซินคอมโพสิต และการรั่วซึมระดับจุลภาค (Price และคณะ, 2004) การศึกษานี้ได้ควบคุมระยะทางระหว่างปลายเครื่องฉายแสงถึงจุดต่ำสุดของผนังด้านเหงือกให้มีระยะคงที่ในทุกชิ้นตัวอย่าง (เท่ากับ 5 มิลลิเมตร) โดยการตัดด้านบนเคี้ยวของฟันให้ขนาดกับแนวระนาบ เมื่อทำการฉายแสงจากทางด้านบนเคี้ยวที่ระดับความสูงเท่ากัน ความเข้มแสงที่วัสดุชั้นแรกจะได้รับจึงใกล้เคียงกัน อิทธิพลจากความเข้มแสงที่มีผลต่อการหดตัวของเรซินคอมโพสิตและการรั่วซึมระดับจุลภาคในการทดลองนี้จึงถูกควบคุม สำหรับการฉายแสงทางด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้นเพิ่มหลังจากบูรณะเสร็จแล้ว เป็นการจำลองลักษณะทางคลินิกและเพิ่มระยะเวลาในการฉายแสงให้นานขึ้นจะทำให้เรซินคอมโพสิตในส่วนที่อยู่ลึกลงไปกว่าพื้นผิวมีการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ขึ้น (Inoue และคณะ, 2005) แต่สำหรับกลุ่มที่ใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะมีการก่อตัวด้วยปฏิกิริยากรด-เบสต่อเนื่องไปอีกซึ่งจะใช้เวลาต่อเนื่องไปได้นาน 168 ชั่วโมงหลังจากการฉายแสงครั้งแรก (Wan และคณะ, 1999) ด้วยลักษณะการก่อตัวภายหลังการฉายแสงที่แตกต่างกัน เมื่อนำชิ้นตัวอย่างไปทำเทอร์มอไซคลิงเพื่อจำลองการใช้งานในช่องปากในขณะที่วัสดุยังมีการก่อตัวอยู่ของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ประกอบกับน้ำสามารถซึมผ่านได้ง่ายกว่าเรซินคอมโพสิต (Small และคณะ, 1998) ทำให้วัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีการเสื่อมสภาพจากน้ำ (hydrolytic degradation) (Akashi และคณะ, 1999) เมื่อนำมาทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคจึงเกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคที่มากกว่ากลุ่มที่ใช้เรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญ แต่ด้วยคุณสมบัติของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ อาจช่วยลดเกิดฟันผุซ้ำในทางคลินิก (van Dijken และคณะ, 1999)

การหดตัวจากปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิตเป็นสาเหตุที่นำไปสู่การรั่วซึมระดับจุลภาค เมื่อแรงเค้นจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิตมีมากกว่าแรงยึดระหว่างสารยึดติดกับฟัน (Dauvillier และคณะ, 2000, Lutz และคณะ, 1991) ปริมาตรการหดตัวของเรซินคอมโพสิตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเรซินเมทริกซ์ และปริมาณฟิลเลอร์ที่ประกอบเป็นเรซินคอมโพสิต ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme และผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 ที่ใช้ในการศึกษานี้มีส่วนประกอบของเรซินเมทริกซ์ที่

เหมือนกัน ต่างกันที่อัตราส่วนปริมาณฟิลเลอร์ต่อปริมาณเรซินเมทริกซ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme และผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 จะมีปริมาณฟิลเลอร์อยู่ที่ 59% และ 55% โดยปริมาตรตามลำดับ วัสดุทั้งสองชนิดใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อจัดการอนุภาคฟิลเลอร์ ได้ฟิลเลอร์ขนาดเล็กระดับนาโนเมตร (nanometer) ที่กระจายอยู่ในเรซินคอมโพสิตเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส (Atai และ Watts, 2006) ส่งผลลดการเกิดการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวลงมากกว่าการใช้ฟิลเลอร์ขนาดใหญ่ในปริมาณที่เท่ากัน (Braga และคณะ, 2005, Lee และคณะ, 2006) โดยที่เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์มีการหดตัวเชิงปริมาตรที่ 2-3% เรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้มีการหดตัวเชิงปริมาตรที่ 3.5-5% (Braga และคณะ, 2005) เรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์จะมีการหดตัวเชิงปริมาตรที่มากกว่า แต่จากผลการศึกษานี้การใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 เปรียบเทียบกับการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme ในการบูรณะเป็นชั้นแรก พบว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์สามารถลดการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์มีความยืดหยุ่นสูงจึงชดเชยกับการหดตัวที่เกิดขึ้นได้ (Labella และคณะ, 1999) และผลของสารยึดติดที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ชั้นตอน เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสารยึดติดมาตรฐานในปัจจุบัน เนื่องจากให้ค่าแรงยึดติดที่มีความคงทน มีการเสื่อมสลายที่น้อยภายใต้การทำเทอร์โมไซคลิก และพบการรั่วซึมระดับจุลภาคที่น้อยกว่าระบบอื่นๆ (De Munck และคณะ, 2006, De Munck และคณะ, 2005) มีรายงานถึงข้อดีดังกล่าวในสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ชั้นตอนผลิตภัณฑ์ Adper Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, USA) (Ateyah และ Elhejazi, 2004, Dietschi และคณะ, 1995) ซึ่งเป็นสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษานี้ และยังพบอีกว่าสารยึดติดดังกล่าวจะรั่วซึมน้อยกว่าสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 2 ชั้นตอนหรือสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ (Ateyah และคณะ, 2004, Gueders และคณะ, 2006, Thonemann และคณะ, 1999)

การศึกษานี้สังเกตพบว่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นในกลุ่มที่บูรณะด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จะไม่ค่อยพบการรั่วซึมตามท่อเนื้อฟันเกิดจากก่อนที่จะใช้วัสดุกลุ่มนี้จะทำการเตรียมผิวฟันด้วยกรดพลอิลัลลิกในอีก 10 วินาที เป็นเพียงการกำจัดชั้นสเมียร์ฟันผิวออกไป แต่ยังคงมีสเมียร์ฟลักปิดท่อเนื้อฟันอยู่ และเกิดพันธะทางเคมีระหว่างเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเนื้อฟัน (McCabe, 1998, Sennou และคณะ, 1999) จึงพบการรั่วซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้น้อยกว่ากลุ่มที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต เพราะในการศึกษานี้ใช้

กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35 ในการเตรียมผิวพื้นซึ่งจะกำจัดชั้นสเมียร์พื้นผิวและสเมียร์พลักทำให้ท่อเนื้อฟันเปิดออก เมื่อการยึดติดเกิดไม่สมบูรณ์ การรั่วซึมจึงสามารถซึมผ่านเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อเก็บผิวเคลือบฟันที่มีความบางไว้ กับการไม่เก็บผิวเคลือบฟันดังกล่าวทำให้ผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟัน โดยใช้วัสดุเรซินคอมโพสิตที่นำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตอนุภาคฟิลเลอร์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของเรซินคอมโพสิตให้ดีขึ้น ร่วมกับใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ขั้นตอน เปรียบเทียบกับการใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบสารยึดติดออกมามากโดยเฉพาะระบบเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งไม่ได้กำจัดชั้นสเมียร์ออก คล้ายกับการใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ผลการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ร่วมกับการเก็บผิวเคลือบฟันที่มีความบางไว้ จึงอาจแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

ข้อสังเกตที่พบในการศึกษานี้เมื่อใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ จะพบฟองอากาศในเนื้อวัสดุน้อยที่สุด (ตารางที่ 8) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (Chuang และคณะ, 2004, Chuang และคณะ, 2001, Olmez และคณะ, 2004) และพบฟองอากาศมากที่สุดในกลุ่มที่ใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ซึ่งสัมพันธ์กับความหนืดและเหนียวของวัสดุ และลักษณะการผสมเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นลักษณะการปั่นเพื่อผสมส่วนของผงกับน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในขบวนการผสมนี้จะทำให้เนื้อของวัสดุมีฟองอากาศแทรกอยู่โดยทั่วไป ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูล และใช้วิธีฉีดเข้าไปในโพรงฟันโดยตรงจึงช่วยลดการกักฟองอากาศที่เกิดจากขบวนการบดละเอียดได้ ดังนั้นพบฟองอากาศเล็กๆ จำนวนมากในเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงเป็นผลจากข้อจำกัดของวัสดุชนิดนี้ที่จะสามารถพบฟองอากาศในเนื้อวัสดุได้ แต่อย่างไรก็ตามการที่เนื้อวัสดุเกิดฟองอากาศมากจะเป็นผลเสียต่อความแข็งแรงและคุณสมบัติของวัสดุ รวมถึงการแพร่ผ่านของน้ำเข้าไปในโครงข่ายพอลิเมอร์จะแพร่ผ่านได้ง่ายถ้าโครงข่ายพอลิเมอร์มีความพรุน มีความหนาแน่นที่น้อย (Ferracane, 2006) การที่น้ำสามารถแพร่เข้าสู่วัสดุได้นั้นจะทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนมิติ เกิดการขยายตัวเหตุหน้า (McCabe และ Rusby, 2004) และขาดเซตแรงเค้นจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวได้ (Segura และ Donly, 1993) ซึ่งจะมีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาค (Retief, 1994) ถึงแม้จะมีรายงานการลดการรั่วซึมระดับจุลภาคลงเนื่องมาจากการขยายตัวเหตุหน้า (Yap และคณะ, 2003) แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการขยายตัวและผลจากการแพร่ผ่านของน้ำเข้าสู่วัสดุ

ยังมีปัจจัยอื่นประกอบอีกมาก (Ferracane, 2006, McCabe และคณะ, 2004) จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนมิติของวัสดุจะส่งผลดีหรือผลเสียต่อการรั่วซึมระดับจุลภาค

การศึกษาเรื่องการรั่วซึมระดับจุลภาคโดยใช้สีย้อม เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง ลักษณะการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นจะมีรูปแบบการเกิดไม่แน่นอน (Gale และคณะ, 1994) และ Raskin และคณะ ได้แนะนำให้ทำการอ่านผลการรั่วซึมระดับจุลภาค 4-6 ด้านที่ได้มาจากการตัดชิ้นงานออกเป็นจำนวน 2-3 ชิ้น ซึ่งจะครอบคลุมการรั่วซึมระดับจุลภาคได้มากกว่า (Raskin และคณะ, 2003) แต่อย่างไรก็ตาม Mixson และคณะ ได้ผลการศึกษาแย้งพบว่าการไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการอ่านผลการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ได้จากการตัดชิ้นงานออกเป็น 2 ชิ้น หรือมากกว่า 2 ชิ้น เมื่อเทียบกับลักษณะการรั่วซึมระดับจุลภาคทั้งโพรงฟัน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการตัดแบ่งตรงกลางโพรงฟันที่ทำการบูรณะ 1 ชิ้น และอ่านค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ 2 ค่า (Mixson และคณะ, 1991) เนื่องจากการศึกษานี้ทำการเก็บผิวเคลือบฟันที่มีความบางไว้ ถ้าทำการตัดฟันเป็นจำนวนชิ้นที่มากขึ้น ผิวเคลือบฟันดังกล่าวจะกะเทาะแตกได้ในชิ้นงานที่ตัดบางๆ ความหนาของไบเมตที่ใช้ตัดมีขนาด 0.4 มิลลิเมตร ทำให้ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่อ่านได้จากชิ้นงานทั้งสองด้านมีค่าแตกต่างกันได้จากความหนาของเนื้อฟันที่ถูกตัดออกไปตามความหนาของไบเมต และการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าจากการอ่านทั้งสองด้านมาคำนวณเนื่องจากค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคนำมาอ่านเป็นการสุ่มจากลักษณะการรั่วซึมระดับจุลภาคทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ได้จะน้อยกว่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นจริงในห้องปฏิบัติการ แต่ก็อาจมากกว่าเกินจริงในชีวิตประจำวันก็ได้ เพราะในฟันธรรมชาติจะมีอิทธิพลของแรงดันภายในโพรงประสาทฟันเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งยังไม่มีผู้ทำการศึกษาลงลักษณะดังกล่าว

การศึกษาครั้งนี้ได้ควบคุมขนาดของโพรงฟันให้มีความใกล้เคียงกันโดยจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในกลุ่มทดสอบเดียวกันหรือระหว่างกลุ่มทดสอบ ปัจจัยเรื่องขนาดโพรงฟันที่มีผลต่อการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาจึงจำกัดลง และค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่อ่านได้มาจากผู้อ่าน 3 คนที่ได้รับการฝึกจนมีความเที่ยงตรงในการอ่านค่าโดยแสดงค่าแคปปาแบบถ่วงน้ำหนัก ของผู้อ่านผลทั้ง 3 คนดังนี้ 0.764 0.818 และ 0.850 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเที่ยงตรงดี และดีมาก และผู้อ่านผลการศึกษาทั้งสามคนอยู่ในสาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ โดยค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคจะได้อ่านจากความเห็นที่ตรงกันโดยผู้อ่านผลทั้งสาม ดังนั้นค่าที่ได้จึงมีความน่าเชื่อถือ เกณฑ์การอ่านการรั่วซึมระดับจุลภาคจะใช้วิธีการแบ่งโพรงฟันออกเป็น สาม

ส่วนซึ่งในส่วนแรก (ระดับคะแนน 1) จะมีความแตกต่างในเรื่องของระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในกลุ่มผิวเคลือบฟันจะมีความสูงของเคลือบฟันเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ระยะทางการรื้อซึมระดับจุลภาคของสีในตำแหน่งนี้ยาวกว่าระยะทางที่เกิดขึ้นในการอ่านค่าด้านผิวรากฟัน และในชั้นผิวเคลือบฟัน แต่จะมีหลักในการอ่านคือดูเฉพาะบริเวณขอบรอยต่อว่ามีการรื้อซึมระดับจุลภาคของสีหรือไม่ โดยไม่ได้สังเกตลักษณะของสีที่ซึมผ่านผิวเคลือบฟันเนื่องจากการซึมของสีผ่านผิวเคลือบฟันเป็นสิ่งที่สังเกตได้ภายหลัง ในการศึกษาจึงไม่ได้ทำการเปลี่ยนหลักการให้คะแนนการรื้อซึมระดับจุลภาคที่ตั้งไว้ก่อนการศึกษา

เมื่อเทียบการศึกษาในครั้งนี้นี้กับการทำงานจริงในคลินิก การศึกษานี้พยายามจำลองขั้นตอนทางคลินิกเช่น ลักษณะการฉายแสงจากทางด้านบดเคี้ยวทิศทางเดียวก่อนแล้วจึงทำการฉายแสงทางด้านข้างเพิ่มเติม ซึ่งจะคล้ายกับการฉายแสงเมื่อใช้เมทริกซ์โลหะ แต่ในการศึกษานี้เลือกใช้เมทริกซ์พลาสติกเนื่องจากจะทำการตัดเมทริกซ์ให้เสมอกับด้านบดเคี้ยวเพื่อควบคุมความสูงในการฉายแสง และชนิดของเมทริกซ์ไม่มีผลต่อการรื้อซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้น (Cenci และคณะ, 2006, Ghavamnasiri และคณะ, 2007) แต่การควบคุมความสูงดังกล่าวแตกต่างกับทางคลินิก จากการศึกษาจะคะแนนการรื้อซึมระดับจุลภาคเมื่อเก็บผิวเคลือบฟันไว้จะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน ซึ่งมีข้อดีทางคลินิกคือทันตแพทย์สามารถสร้างขอบโพรงฟันด้านเหงือกให้อยู่สูงจากเหงือกได้มากขึ้น และจะมีผลดีในการกันความชื้นขณะทำการบูรณะ และผู้ป่วยสามารถทำความสะอาดได้ง่ายขึ้นเมื่อขอบวัสดุบูรณะไม่อยู่ใต้เหงือก การบูรณะโพรงฟันชนิดคลาสซุจะต้องคำนึงถึงการสร้างสัมผัสประชิดด้วย ซึ่งวิธีการหนึ่งที่น่ามาใช้คือขั้นตอนการใส่เวดจ์ เนื่องจากขั้นตอนนี้อาจทำให้ผิวเคลือบฟันที่บางแตกหรือเกิดรอยร้าวขึ้นมาได้ ทันตแพทย์บางท่านอาจใช้วิธีบูรณะบริเวณผนังด้านเหงือกก่อนจึงออกแรงใส่เวดจ์ภายหลัง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่สามารถสรุปได้ว่าการใส่เวดจ์จะมีผลต่อผิวเคลือบฟันที่บางหรือไม่ และจะมีผลต่อการรื้อซึมระดับจุลภาคหรือไม่

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้สภาวะของการทดสอบครั้งนี้พบว่า การรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้าน
 เหลือของโพรงฟันชนิดคลาสทู กลุ่มที่มีการเก็บผิวเคลือบฟันบางๆ ไว้ สามารถลดการรั่วซึมระดับ
 จุลภาคลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีผนังด้านเหลืออยู่ที่ผิวรากฟัน

การรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหลือของโพรงฟันชนิดคลาสทู ทั้งกลุ่มที่เก็บผิว
 เคลือบฟันบางๆ ไว้และกลุ่มที่ผนังด้านเหลืออยู่ที่ผิวรากฟัน สามารถเรียงลำดับการรั่วซึมระดับ
 จุลภาคจากน้อยไปมากตามลำดับได้ดังนี้ กลุ่มที่ใช้วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์
 ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 และวัสดุ
 เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Fuji II LC ชนิดแคปซูล

การรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหลือของโพรงฟันชนิดคลาสทู ทั้งกลุ่มที่เก็บผิว
 เคลือบฟันบางๆ ไว้และกลุ่มที่ผนังด้านเหลืออยู่ที่ผิวรากฟัน เมื่อบูรณะชั้นแรกด้วยวัสดุเรซิน
 คอมโพสิตชนิดนาโนฟิลเลอร์ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme หรือวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์
 ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ชั้นตอนผลิตภัณฑ์ Adper
 Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, USA) จะพบการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ไม่แตกต่างกัน
 อย่างมีนัยสำคัญ แต่วัสดุทั้งสองชนิดจะพบการรั่วซึมระดับจุลภาคน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อ
 เปรียบเทียบกับการบูรณะชั้นแรกด้วยวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์
 Fuji II LC ชนิดแคปซูล ที่ผ่านการปรับสภาพผิวฟัน

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อเก็บผิวเคลือบฟันที่มีความบางไว้ กับการไม่เก็บผิวเคลือบฟันดังกล่าวทำให้ผนังด้านเหงือกอยู่ที่ผิวรากฟัน โดยใช้วัสดุเรซินคอมโพสิตที่นำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตอนุภาคฟิลเลอร์เพียง 2 ผลิตภัณฑ์ ร่วมกับใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ชั้นตอน 1 ผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับการใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 1 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับบูรณะและสารยึดติดออกมามากหลาย การศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์อื่นได้ จึงเสนอให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้น เช่นเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริด สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ หรือเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดอื่นๆ ในการทดสอบเพื่อใช้เป็นตัวแทนผลิตภัณฑ์กลุ่มต่างๆ เปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับจุลภาคร่วมกับการเก็บผิวเคลือบฟันที่มีความบางไว้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยการทำเทอร์มอไซเคิล ซึ่งการใช้งานจริงจะมีแรงบิดเคี้ยวร่วมด้วย โดยแรงบิดเคี้ยวที่ถ่ายทอดผ่านวัสดุลงสู่ฟันนั้นอาจมีผลต่อผิวเคลือบฟันบางๆ ได้จึงเสนอให้มีการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคโดยมีการจำลองแรงบิดเคี้ยวร่วมด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- Akashi, A., Matsuya, Y., Unemori, M., Akamine, A. (1999). The relationship between water absorption characteristics and the mechanical strength of resin-modified glass-ionomer cements in long-term water storage. Biomaterials 20: 1573-1578.
- Aschheim, K. W., Dale., B. G. (2001). Esthetic dentistry: a clinical approach to techniques and material. second ed. Mosby, U.S.A., pp. 75-80.
- Atai, M., Watts, D. C. (2006). A new kinetic model for the photopolymerization shrinkage-strain of dental composites and resin-monomers. Dent Mater 22: 785-791.
- Ateyah, N. Z., Elhejazi, A. A. (2004). Shear bond strengths and microleakage of four types of dentin adhesive materials. J Contemp Dent Pract 5: 63-73.
- Barros, G. K., Aguiar, F. H., Santos, A. J., Lovadino, J. R. (2003). Effect of different intensity light curing modes on microleakage of two resin composite restorations. Oper Dent 28: 642-646.
- Besnault, C., Attal, J. P. (2002). Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations. J Dent 30: 1-6.
- Besnault, C., Attal, J. P. (2003). Simulated oral environment and microleakage of Class II resin-based composite and sandwich restorations. Am J Dent 16: 186-190.
- Beznos, C. (2001). Microleakage at the cervical margin of composite Class II cavities with different restorative techniques. Oper Dent 26: 60-69.
- Brackett, W. W., Gilpatrick, R. O., Gunnin, T. D. (1997). Effect of finishing method on the microleakage of Class V resin composite restorations. Am J Dent 10: 189-191.
- Braga, R. R., Ballester, R. Y., Ferracane, J. L. (2005). Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater 21: 962-970.
- Braga, R. R., Boaro, L. C., Kuroe, T., Azevedo, C. L., Singer, J. M. (2006). Influence of cavity dimensions and their derivatives (volume and 'C' factor) on shrinkage stress development and microleakage of composite restorations. Dent Mater 22: 818-823.

- Braga, R. R., Ferracane, J. L. (2004). Alternatives in polymerization contraction stress management. Crit Rev Oral Biol Med 15: 176-184.
- Braga, R. R., Hilton, T. J., Ferracane, J. L. (2003). Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. J Am Dent Assoc 134: 721-728.
- Brunton, P. A., Kassir, A., Dashti, M., Setcos, J. C. (2004). Effect of different application and polymerization techniques on the microleakage of proximal resin composite restorations in vitro. Oper Dent 29: 54-59.
- Campos, P. E., Sampaio Filho, H. R., Barceleiro, M. O. (2005). Occlusal loading evaluation in the cervical integrity of Class II cavities filled with composite. Oper Dent 30: 727-732.
- Cenci, M., Demarco, F., de Carvalho, R. (2005). Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. J Dent 33: 603-610.
- Cenci, M., Lund, R. G., Pereira, C. L., de Carvalho, R., Demarco, F. F. (2006). In vivo and in vitro evaluation of Class II composite resin restorations with different matrix systems. J Adhes Dent 8: 127-132.
- Cho, B. H., Dickens, S. H., Bae, J. H., Chang, C. G., Son, H. H., Um, C. M. (2002). Effect of interfacial bond quality on the direction of polymerization shrinkage flow in resin composite restorations. Oper Dent 27: 297-304.
- Chuang, S. F., Jin, Y. T., Lin, T. S., Chang, C. H., Garcia-Godoy, F. (2003). Effects of lining materials on microleakage and internal voids of Class II resin-based composite restorations. Am J Dent 16: 84-90.
- Chuang, S. F., Jin, Y. T., Liu, J. K., Chang, C. H., Shieh, D. B. (2004). Influence of flowable composite lining thickness on Class II composite restorations. Oper Dent 29: 301-308.
- Chuang, S. F., Liu, J. K., Chao, C. C., Liao, F. P., Chen, Y. H. (2001). Effects of flowable composite lining and operator experience on microleakage and internal voids in class II composite restorations. J Prosthet Dent 85: 177-183.

- Civelek, A., Ersoy, M., L'Hotelier, E., Soyman, M., Say, E. C. (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. Oper Dent 28: 635-641.
- Dauvillier, B. S., Aarnts, M. P., Feilzer, A. J. (2000). Developments in shrinkage control of adhesive restoratives. J Esthet Dent 12: 291-299.
- Dauvillier, B. S., Feilzer, A. J., De Gee, A. J., Davidson, C. L. (2000). Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. J Dent Res 79: 818-823.
- Davidson, C. L., Feilzer, A. J. (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. J Dent 25: 435-440.
- De Munck, J., Shirai, K., Yoshida, Y., Inoue, S., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., Suzuki, K., Shintani, H., Van Meerbeek, B. (2006). Effect of water storage on the bonding effectiveness of 6 adhesives to Class I cavity dentin. Oper Dent 31: 456-465.
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res 84: 118-132.
- Deliperi, S., Bardwell, D. N. (2002). An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior composite restorations. J Am Dent Assoc 133: 1387-1398.
- Dietrich, T., Kraemer, M., Losche, G. M., Wernecke, K. D., Roulet, J. F. (2000). Influence of dentin conditioning and contamination on the marginal integrity of sandwich Class II restorations. Oper Dent 25: 401-410.
- Dietrich, T., Losche, A. C., Losche, G. M., Roulet, J. F. (1999). Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in Class II cavities with cervical margins in dentine. J Dent 27: 119-128.
- Dietschi, D., De Siebenthal, G., Neveu-Rosenstand, L., Holz, J. (1995). Influence of the restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal and adaptation of resin composite Class II restorations: an in vitro evaluation. Quintessence Int 26: 717-727.

- Dodge, W. W., Dale, R. A., Cooley, R. L., Duke, E. S. (1991). Comparison of wet and dry finishing of resin composites with aluminum oxide discs. Dent Mater 7: 18-20.
- Ericson, D., Derand, T. (1991). Reduction of cervical gaps in class II composite resin restorations. J Prosthet Dent 65: 33-37.
- Feilzer, A. J., De Gee, A. J., Davidson, C. L. (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res 66: 1636-1639.
- Ferracane, J. L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater 22: 211-222.
- Gale, M. S., Darvell, B. W., Cheung, G. S. (1994). Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. J Dent 22: 370-375.
- Gallo, J. R., Bates, M. L., Burgess, J. O. (2000). Microleakage and adaptation of Class II packable resin-based composites using incremental or bulk filling techniques. Am J Dent 13: 205-208.
- Ghavamnasiri, M., Moosavi, H., Tahvildarnejad, N. (2007). Effect of centripetal and incremental methods in Class II composite resin restorations on gingival microleakage. J Contemp Dent Pract 8: 113-120.
- Gueders, A. M., Charpentier, J. F., Albert, A. I., Geerts, S. O. (2006). Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self-etch adhesives with and without a flowable composite lining. Oper Dent 31: 450-455.
- Inoue, K., Howashi, G., Kanetou, T., Masumi, S., Ueno, O., Fujii, K. (2005). Effect of light intensity on linear shrinkage of photo-activated composite resins during setting. J Oral Rehabil 32: 22-27.
- Kakaboura, A., Rahiotis, C., Watts, D., Silikas, N., Eliades, G. (2007). 3D-marginal adaptation versus setting shrinkage in light-cured microhybrid resin composites. Dent Mater 23: 272-278.
- Kuijs, R. H., Fennis, W. M., Kreulen, C. M., Barink, M., Verdonschot, N. (2003). Does layering minimize shrinkage stresses in composite restorations? J Dent Res 82: 967-971.

- Labella, R., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., Vanherle, G. (1999). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. Dent Mater 15: 128-137.
- Lee, J. H., Um, C. M., Lee, I. B. (2006). Rheological properties of resin composites according to variations in monomer and filler composition. Dent Mater 22: 515-526.
- Lee, S. Y., Greener, E. H., Covey, D. A., Menis, D. L. (1996). Effects of food/oral simulating fluids on microstructure and strength of dentine bonding agents. J Oral Rehabil 23: 353-361.
- Lindberg, A., van Dijken, J. W., Lindberg, M. (2003). 3-year evaluation of a new open sandwich technique in Class II cavities. Am J Dent 16: 33-36.
- Linden, J. J., Swift, E. J. (1994). Microleakage of two new dentin adhesives. Am J Dent 7: 31-34.
- Loguercio, A. D., Alessandra, R., Mazzocco, K. C., Dias, A. L., Busato, A. L., Singer, J. M., Rosa, P. (2002). Microleakage in class II composite resin restorations: total bonding and open sandwich technique. J Adhes Dent 4: 137-144.
- Lopes, G. C., Ferreira Rde, S., Baratieri, L. N., Vieira, L. C., Monteiro, J. S. (2002). Direct posterior resin composite restorations: new techniques and clinical possibilities. Case reports. Quintessence Int 33: 337-346.
- Lopes, G. C., Franke, M., Maia, H. P. (2002). Effect of finishing time and techniques on marginal sealing ability of two composite restorative materials. J Prosthet Dent 88: 32-36.
- Lutz, F., Krejci, I., Barbakow, F. (1991). Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. Dent Mater 7: 107-113.
- Manhart, J., Chen, H., Hamm, G., Hickel, R. (2004). Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. Oper Dent 29: 481-508.
- May, K. N., Swift, E. J., Wilder, A. D., Futrell, S. C. (1996). Effect of a surface sealant on microleakage of Class V restorations. Am J Dent 9: 133-136.
- McCabe, J. F. (1998). Resin-modified glass-ionomers. Biomaterials 19: 521-527.

- McCabe, J. F., Rusby, S. (2004). Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. Biomaterials 25: 4001-4007.
- Mitsui, F. H., Bedran-de-Castro, A. K., Ritter, A. V., Cardoso, P. E., Pimenta, L. A. (2003). Influence of load cycling on marginal microleakage with two self-etching and two one-bottle dentin adhesive systems in dentin. J Adhes Dent 5: 209-216.
- Mixson, J., Eick, J. D., Chappell, R. P., Tira, D. E., Moore, D. L. (1991). Comparison of two-surface and multiple-surface scoring methodologies for in vitro microleakage studies. Dent Mater 7: 191-196.
- Munro, G. A., Hilton, T. J., Hermes, C. B. (1996). In vitro microleakage of etched and rebonded Class 5 composite resin restorations. Oper Dent 21: 203-208.
- Noort van, R. (2002). Introduction to Dental Materials. second ed. Elsevier Science Limited, Hong Kong, pp. 104-105.
- Obici, A. C., Sinhoreti, M. A., de Goes, M. F., Consani, S., Sobrinho, L. C. (2002). Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. Oper Dent 27: 192-198.
- Olmez, A., Oztas, N., Bodur, H. (2004). The effect of flowable resin composite on microleakage and internal voids in class II composite restorations. Oper Dent 29: 713-719.
- Pashley, D. H. (1990). Clinical considerations of microleakage. J Endod 16: 70-77.
- Poskus, L. T., Placido, E., Cardoso, P. E. (2004). Influence of adhesive system and placement technique on microleakage of resin-based composite restorations. J Adhes Dent 6: 227-232.
- Price, R. B., Ehrnford, L., Andreou, P., Felix, C. A. (2003). Comparison of quartz-tungsten-halogen, light-emitting diode, and plasma arc curing lights. J Adhes Dent 5: 193-207.
- Price, R. B., Felix, C. A., Andreou, P. (2004). Effects of resin composite composition and irradiation distance on the performance of curing lights. Biomaterials 25: 4465-4477.

- Raskin, A., Tassery, H., D'Hoore, W., Gonthier, S., Vreven, J., Degrange, M., Dejou, J. (2003). Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. Am J Dent 16: 207-210.
- Retief, D. H. (1994). Do adhesives prevent microleakage? Int Dent J 44: 19-26.
- Roulet, J. F., Wilson, N. H., Frzzi, M. (2001). Advances in operative dentistry: contemporary clinical practice. second ed. Quintessence, pp. 211-219.
- Sarrett, D. C. (2005). Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. Dent Mater 21: 9-20.
- Segura, A., Donly, K. J. (1993). In vitro posterior composite polymerization recovery following hygroscopic expansion. J Oral Rehabil 20: 495-499.
- Sennou, H. E., Lebugle, A. A., Gregoire, G. L. (1999). X-ray photoelectron spectroscopy study of the dentin-glass ionomer cement interface. Dent Mater 15: 229-237.
- Small, I. C., Watson, T. F., Chadwick, A. V., Sidhu, S. K. (1998). Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements: an in vitro comparison with other materials. Biomaterials 19: 545-550.
- Sturdevant, C. M. (2002). Sturdevant's art & science of operative dentistry. fourth ed. Mosby, U.S.A, pp. 248-255.
- Summitt, J. B., Robbins, J. W., Schwartz, R. S. (2001). Fundamentals of operative dentistry : a contemporary approach. second ed. Quintessence, pp. 278-295.
- Tantbirojn, D., Versluis, A., Pintado, M. R., DeLong, R., Douglas, W. H. (2004). Tooth deformation patterns in molars after composite restoration. Dent Mater 20: 535-542.
- Taylor, M. J., Lynch, E. (1992). Microleakage. J Dent 20: 3-10.
- Thonemann, B., Federlin, M., Schmalz, G., Grundler, W. (1999). Total bonding vs selective bonding: marginal adaptation of Class 2 composite restorations. Oper Dent 24: 261-271.
- van Dijken, J. W., Kieri, C., Carlen, M. (1999). Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. J Dent Res 78: 1319-1325.

- Versluis, A., Douglas, W. H., Cross, M., Sakaguchi, R. L. (1996). Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? J Dent Res 75: 871-878.
- Wan, A. C., Yap, A. U., Hastings, G. W. (1999). Acid-base complex reactions in resin-modified and conventional glass ionomer cements. J Biomed Mater Res 48: 700-704.
- Wibowo, G., Stockton, L. (2001). Microleakage of Class II composite restorations. Am J Dent 14: 177-185.
- Yap, A. U., Mok, B. Y., Pearson, G. (1997). An in vitro microleakage study of the 'bonded-base' restorative technique. J Oral Rehabil 24: 230-236.
- Yap, A. U., Shah, K. C., Chew, C. L. (2003). Marginal gap formation of composites in dentine: effect of water storage. J Oral Rehabil 30: 236-242.
- Yap, A. U., Tan, S., Teh, T. Y. (2000). The effect of polishing systems on microleakage of tooth coloured restoratives: Part 1. Conventional and resin-modified glass-ionomer cements. J Oral Rehabil 27: 117-123.
- Yap, A. U., Wong, M. L., Lim, A. C. (2000). The effect of polishing systems on microleakage of tooth-coloured restoratives. Part 2: composite and polyacid-modified composite resins. J Oral Rehabil 27: 205-210.
- Yoshikawa, T., Sano, H., Burrow, M. F., Tagami, J., Pashley, D. H. (1999). Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. J Dent Res 78: 898-905.
- Yu, X. Y., Wiecekowski, G., Davis, E. L., Joynt, R. B. (1990). Influence of finishing technique on microleakage. J Esthet Dent 2: 142-144.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง
(ใช้โปรแกรม SPSS 11.5)

ข้อมูลดิบขนาดผนังด้านเหนือก่อนกรอเตรียมโพรงพื้นบริเวณผนังด้านเหนือ

ตัวอย่างที่	กลุ่มที่	ด้านที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ลึก (มิลลิเมตร)	พื้นที่ (ตารางมิลลิเมตร)
1	1	1	2.97	1.56	4.63
2	1	1	2.91	1.53	4.45
3	1	1	2.84	1.57	4.46
4	1	1	3.03	1.47	4.45
5	1	1	2.99	1.61	4.81
6	1	1	3.04	1.6	4.86
7	1	1	2.9	1.56	4.52
8	1	1	2.98	1.53	4.56
9	1	1	2.8	1.57	4.4
10	1	1	3.01	1.6	4.82
11	1	2	3.06	1.49	4.56
12	1	2	3.2	1.54	4.93
13	1	2	3.03	1.52	4.61
14	1	2	3.09	1.53	4.73
15	1	2	2.9	1.49	4.32
16	1	2	3.03	1.61	4.88
17	1	2	3.02	1.53	4.62
18	1	2	3.19	1.63	5.2
19	1	2	2.85	1.58	4.5
20	1	2	3.02	1.59	4.8
21	2	1	2.95	1.57	4.63
22	2	1	2.83	1.52	4.3
23	2	1	3.18	1.6	5.09
24	2	1	3.15	1.58	4.98
25	2	1	2.97	1.57	4.66
26	2	1	3.03	1.55	4.7
27	2	1	2.91	1.53	4.45
28	2	1	2.96	1.55	4.59
29	2	1	3.13	1.6	5.01
30	2	1	2.85	1.59	4.53

31	2	2	2.93	1.56	4.57
32	2	2	2.93	1.56	4.57
33	2	2	2.86	1.53	4.38
34	2	2	3.08	1.55	4.77
35	2	2	2.86	1.54	4.4
36	2	2	3.01	1.58	4.76
37	2	2	2.97	1.48	4.4
38	2	2	3.01	1.49	4.48
39	2	2	3.05	1.64	5
40	2	2	3.01	1.73	5.21
41	3	1	2.96	1.6	4.74
42	3	1	2.94	1.5	4.41
43	3	1	2.88	1.58	4.55
44	3	1	2.94	1.63	4.79
45	3	1	3.09	1.53	4.73
46	3	1	3.03	1.51	4.58
47	3	1	3.04	1.51	4.59
48	3	1	3.05	1.6	4.88
49	3	1	3.15	1.49	4.69
50	3	1	2.91	1.72	5.01
51	3	2	3.08	1.55	4.77
52	3	2	2.91	1.53	4.45
53	3	2	3.02	1.55	4.68
54	3	2	3.01	1.62	4.88
55	3	2	3.02	1.64	4.95
56	3	2	2.88	1.54	4.44
57	3	2	3.06	1.63	4.99
58	3	2	3.01	1.58	4.76
59	3	2	3.02	1.58	4.77
60	3	2	3.01	1.65	4.97
61	4	1	3.01	1.56	4.7
62	4	1	2.96	1.74	5.15
63	4	1	2.94	1.53	4.5
64	4	1	3.17	1.63	5.17
65	4	1	3.05	1.73	5.28
66	4	1	2.93	1.56	4.57
67	4	1	2.99	1.61	4.81
68	4	1	3.1	1.54	4.77
69	4	1	2.96	1.6	4.74
70	4	1	3.03	1.49	4.51

71	4	2	2.98	1.57	4.68
72	4	2	3.08	1.67	5.14
73	4	2	2.97	1.67	4.96
74	4	2	3.13	1.54	4.82
75	4	2	3.06	1.57	4.8
76	4	2	2.96	1.58	4.68
77	4	2	3.07	1.48	4.54
78	4	2	2.91	1.68	4.89
79	4	2	2.9	1.51	4.38
80	4	2	3.15	1.57	4.95



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงข้อมูลสถิติเชิงพรรณนาของขนาดผนังด้านเหนือก่อนกรอเตรียมโพรงพื้น

Descriptives

POS	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum	
					for Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
1	WIDTH 1	10	2.9470	.08138	.02574	2.8888	3.0052	2.80	3.04
	2	10	2.9960	.12340	.03902	2.9077	3.0843	2.83	3.18
	3	10	2.9990	.08621	.02726	2.9373	3.0607	2.88	3.15
	4	10	3.0140	.07619	.02409	2.9595	3.0685	2.93	3.17
	Total	40	2.9890	.09353	.01479	2.9591	3.0189	2.80	3.18
	DEPTH 1	10	1.5600	.04190	.01325	1.5300	1.5900	1.47	1.61
	2	10	1.5660	.02797	.00884	1.5460	1.5860	1.52	1.60
	3	10	1.5670	.07304	.02310	1.5148	1.6192	1.49	1.72
	4	10	1.5990	.08252	.02610	1.5400	1.6580	1.49	1.74
	Total	40	1.5730	.06022	.00952	1.5537	1.5923	1.47	1.74
	AREA 1	10	4.5972	.17487	.05530	4.4721	4.7223	4.40	4.86
	2	10	4.6937	.25579	.08089	4.5108	4.8767	4.30	5.09
	3	10	4.6961	.17322	.05478	4.5722	4.8200	4.41	5.01
	4	10	4.8197	.28315	.08954	4.6172	5.0223	4.50	5.28
	Total	40	4.7017	.23233	.03674	4.6274	4.7760	4.30	5.28
2	WIDTH 1	10	3.0390	.10939	.03459	2.9607	3.1173	2.85	3.20
	2	10	2.9710	.07505	.02373	2.9173	3.0247	2.86	3.08
	3	10	3.0020	.06143	.01943	2.9581	3.0459	2.88	3.08
	4	10	3.0210	.08875	.02807	2.9575	3.0845	2.90	3.15
	Total	40	3.0083	.08602	.01360	2.9807	3.0358	2.85	3.20
	DEPTH 1	10	1.5510	.04886	.01545	1.5160	1.5860	1.49	1.63
	2	10	1.5660	.07306	.02310	1.5137	1.6183	1.48	1.73
	3	10	1.5870	.04473	.01415	1.5550	1.6190	1.53	1.65
	4	10	1.5840	.06899	.02182	1.5346	1.6334	1.48	1.68
	Total	40	1.5720	.05967	.00943	1.5529	1.5911	1.48	1.73
	AREA 1	10	4.7145	.24943	.07888	4.5361	4.8929	4.32	5.20
	2	10	4.6541	.27907	.08825	4.4545	4.8538	4.38	5.21
	3	10	4.7653	.19768	.06251	4.6239	4.9067	4.44	4.99
	4	10	4.7840	.22197	.07019	4.6252	4.9428	4.38	5.14
	Total	40	4.7295	.23521	.03719	4.6543	4.8047	4.32	5.21

*POS = ด้านของตำแหน่งผนังด้านเหนือ

1 คือ ด้านที่ 1

2 คือ ด้านที่ 2

แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของขนาดผนังด้านเหนือ

Test of Homogeneity of Variances

POS		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1	WIDTH	1.515	3	36	.227
	DEPTH	3.401	3	36	.028
	AREA	1.271	3	36	.299
2	WIDTH	1.061	3	36	.378
	DEPTH	.425	3	36	.736
	AREA	.575	3	36	.635

*POS = ด้านของตำแหน่งผนังด้านเหนือ

1 คือ ด้านที่ 1

2 คือ ด้านที่ 2

WIDTH = ความกว้างของผนังด้านเหนือ (มิลลิเมตร)

DEPTH = ความลึกของผนังด้านเหนือ (มิลลิเมตร)

AREA = พื้นที่ของผนังด้านเหนือ (ตารางมิลลิเมตร)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกลุ่มพบว่า ความกว้าง ความลึก และพื้นที่ของผนังด้านเหนือมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p > 0.05$ ยกเว้นความลึกในด้านที่ 1 (POS 1 DEPTH) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเมื่อใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) จึงต้องใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโรบัสต์ (Robust tests) แทน

แสดงผลการวิเคราะห์ของขนาดผนังด้านเหนือด้วยสถิติทดสอบของโรบัสต์

Robust Tests of Equality of Means

DEPTH

POS		Statistic(a)	df1	df2	Sig.
1	Brown-Forsythe	.845	3	24.707	.483

a Asymptotically F distributed.

จากผลการทดสอบของโรบัสต์ ในกลุ่มความลึกในด้านที่ 1 สรุปว่าความลึกในด้านที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p = 0.483$

แสดงผลการวิเคราะห์ของขนาดผนังด้านเหนือด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

POS			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
1	WIDTH	Between Groups	.025	3	.008	.964	.420	
		Within Groups	.316	36	.009			
		Total	.341	39				
		DEPTH	Between Groups	.009	3	.003	.845	.479
	DEPTH	Within Groups	.132	36	.004			
		Total	.141	39				
		AREA	Between Groups	.250	3	.083	1.613	.203
		Within Groups	1.856	36	.052			
	AREA	Total	2.105	39				
		WIDTH	Between Groups	.025	3	.008	1.156	.340
			Within Groups	.263	36	.007		
			Total	.289	39			
DEPTH	Between Groups		.008	3	.003	.779	.514	
DEPTH	Within Groups	.130	36	.004				
	Total	.139	39					
	AREA	Between Groups	.102	3	.034	.593	.624	
	Within Groups	2.056	36	.057				
AREA	Total	2.158	39					

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว สรุปว่า ความกว้าง ความลึก และ พื้นที่ของผนังด้านเหนือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p > 0.05$ เมื่อร่วมกับผลการทดสอบของโรบัสต์ สรุปว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทั้งความกว้าง ความลึก และ พื้นที่ของผนังด้านเหนือ

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ความเที่ยงของเครื่องมือ

(ใช้โปรแกรม MedCalc)

ข้อมูลดิบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคจากผู้อ่านผลการศึกษาทั้ง 3 คน

ตัวอย่าง	คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	0	0	0	0	0	0
2	0	2	0	1	0	1
3	2	2	2	2	2	2
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	4	4	0	0	0	0
7	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4
10	2	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	0	1	0	1
13	0	1	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	4	4	1	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	1	0
19	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1
21	2	2	1	1	2	1
22	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1
27	0	1	0	0	0	0
28	4	0	0	0	0	0
29	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	0	1	0

ตารางแสดงการแปรผลค่าแคปปา (Altman, 1991)

Value of K	Strength of agreement
< 0.20	Poor
0.21 - 0.40	Fair
0.41 - 0.60	Moderate
0.61 - 0.80	Good
0.81 - 1.00	Very good

แสดงการแจกแจงค่าการวัดซ้ำที่มีระดับคุณภาพของผู้อ่านผลคนที่ 1

การอ่านค่าครั้งที่ 2	การอ่านค่าครั้งที่ 1				
	0	1	2	4	
0	7	0	0	1	(26.7%)
1	2	11	1	0	(46.7%)
2	1	0	2	0	(10.0%)
4	0	0	0	5	(16.7%)
	(33.3%)	(36.7%)	(10.0%)	(20.0%)	

แสดงค่าแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักของผู้อ่านคนที่ 1

Weighted Kappa	0.764
Standard error (Kw'=0)	0.130
Standard error (Kw'#0)	0.110

จากผลการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักพบว่า ผู้อ่านผลคนที่ 1 มีความเที่ยงตรงในการอ่านค่าอยู่ในระดับดี $K=0.764$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงการแจกแจงค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของผู้อ่านผลคนที่ 2

การอ่านค่าครั้งที่ 2	การอ่านค่าครั้งที่ 1				
	0	1	2	4	
0	10	2	0	0	(40.0%)
1	2	12	0	0	(46.7%)
2	0	0	1	0	(3.3%)
4	0	0	0	3	(10.0%)
	(40.0%)	(46.7%)	(3.3%)	(10.0%)	

แสดงค่าแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักของผู้อ่านคนที่ 2

Weighted Kappa	0.850
Standard error (Kw'=0)	0.131
Standard error (Kw'#0)	0.078

จากผลการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักพบว่า ผู้อ่านผลคนที่ 2 มีความเที่ยงตรงในการอ่านค่าอยู่ในระดับดีมาก $K=0.850$

แสดงการแจกแจงค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของผู้อ่านผลคนที่ 3

การอ่านค่าครั้งที่ 2	การอ่านค่าครั้งที่ 1				
	0	1	2	4	
0	10	2	0	0	(40.0%)
1	2	11	1	0	(46.7%)
2	0	0	1	0	(3.3%)
4	0	0	0	3	(10.0%)
	(40.0%)	(43.3%)	(6.7%)	(10.0%)	

แสดงค่าแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักของผู้อ่านคนที่ 3

Weighted Kappa	0.818
Standard error (Kw'=0)	0.130
Standard error (Kw'#0)	0.084

จากผลการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบแคปปาแบบถ่วงน้ำหนักพบว่า ผู้อ่านผลคนที่ 3 มีความเที่ยงตรงในการอ่านค่าอยู่ในระดับดีมาก $K=0.818$



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลดิบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350

Group 3 Filtek Z350	คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3		สรุปค่าการรั่วซึม ระดับจุลภาค	
	ผิวรากฟัน	ผิวเคลือบฟัน	ผิวรากฟัน	ผิวเคลือบฟัน	ผิวรากฟัน	ผิวเคลือบฟัน	ผิวรากฟัน	ผิวเคลือบฟัน
1	1	1	0	1	0	1	0	1
	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0	1	0	1
	0	0	1	0	0	0	0	0
3	4	0	1	0	1	0	1	0
	2	0	2	0	2	0	2	0
4	2	0	1	0	1	0	2	0
	4	0	0	0	4	0	4	0
5	1	0	1	0	1	0	1	0
	2	1	1	1	1	1	1	1
6	0	4	0	1	0	2	0	2
	0	4	0	0	0	0	0	0
7	4	0	4	0	4	0	4	0
	4	0	0	0	4	0	0	0
8	0	1	0	1	0	1	0	1
	0	1	0	1	0	1	0	1
9	4	1	4	1	4	1	4	1
	4	0	1	0	1	0	1	0
10	4	1	0	1	0	1	0	1
	4	1	0	1	4	1	4	1

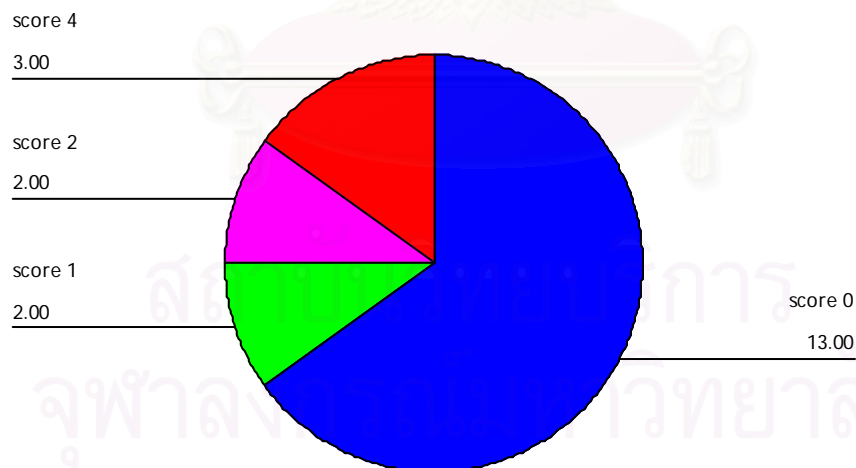
ตารางและกราฟแจกแจงคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออยู่บนผิวรากฟัน
บูรณะชั้นแรกด้วยผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme

SCORE1F

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	13	65.0	65.0	65.0
1	2	10.0	10.0	75.0
2	2	10.0	10.0	85.0
4	3	15.0	15.0	100.0
Total	20	100.0	100.0	

Material : Filtek Supreme

Preperation : cementum margin



ตารางและกราฟแจกแจงคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน
บูรณะชั้นแรกด้วยผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme

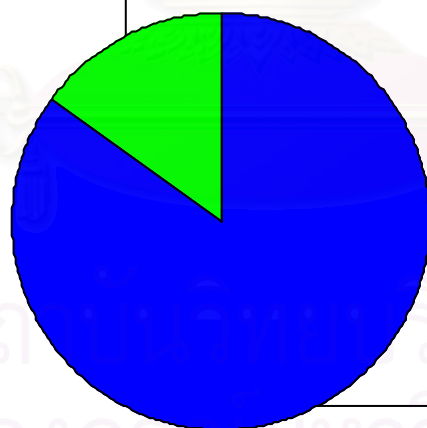
SCORE1S

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	17	85.0	85.0	85.0
1	3	15.0	15.0	100.0
Total	20	100.0	100.0	

Material : Filtek Supreme

Preperation : enamel margin

score 1
3.00



score 0
17.00

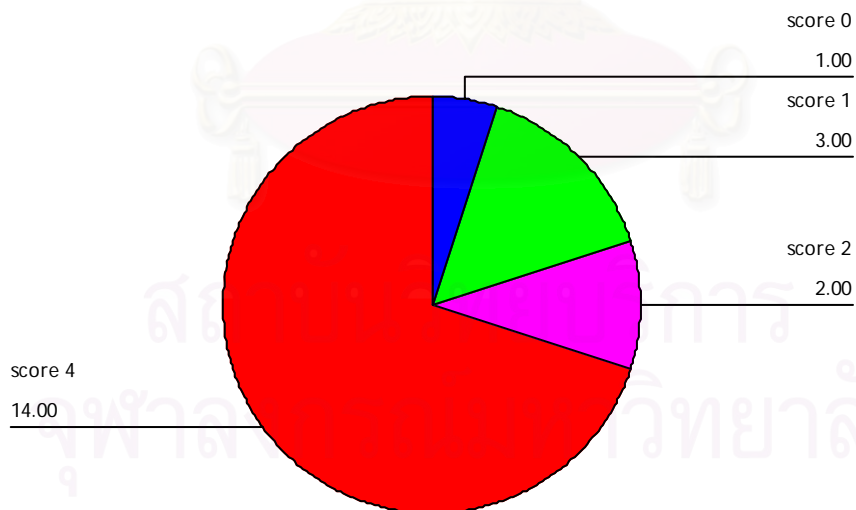
ตารางและกราฟแจกแจงคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน
บูรณะชั้นแรกด้วยผลิตภัณฑ์ Fuji II LC

SCORE2F

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	1	5.0	5.0	5.0
1	3	15.0	15.0	20.0
2	2	10.0	10.0	30.0
4	14	70.0	70.0	100.0
Total	20	100.0	100.0	

Material : Fuji II LC

Preperation : cementum margin



ตารางและกราฟแจกแจงคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน
 นูรณะชั้นแรกด้วยผลิตภัณฑ์ Fuji II LC

SCORE2S

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	19	95.0	95.0	95.0
2	1	5.0	5.0	100.0
Total	20	100.0	100.0	

Material : Fuji II LC

Preperation : enamel margin

score 2
1.00



score 1
19.00

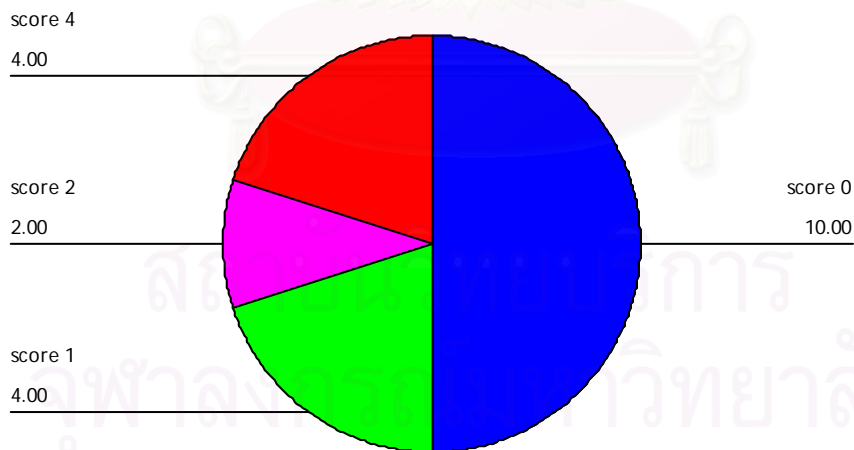
ตารางและกราฟแจกแจงคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน
บูรณะชั้นแรกด้วยผลิตภัณฑ์ Filtek Z350

SCORE3F

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	10	50.0	50.0	50.0
	1	4	20.0	20.0	70.0
	2	2	10.0	10.0	80.0
	4	4	20.0	20.0	100.0
	Total	20	100.0	100.0	

Material : Filtek Z350

Preperation : cementum margin



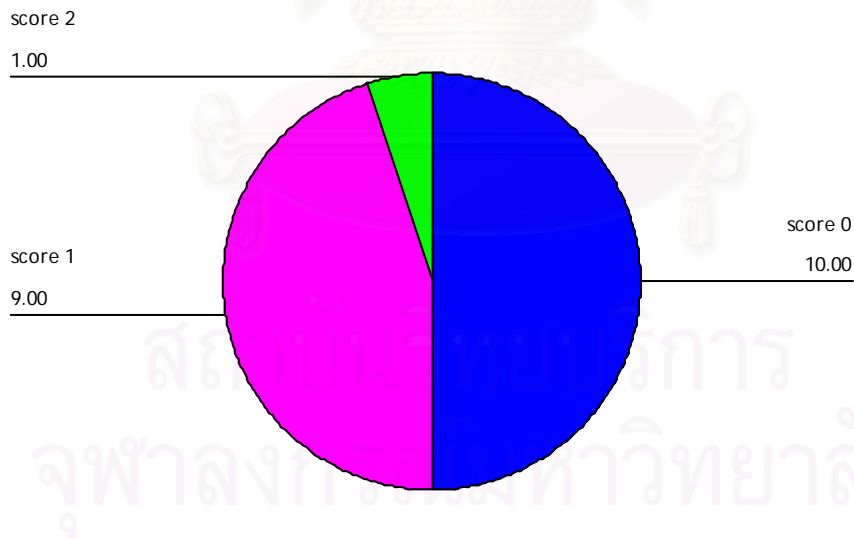
ตารางและกราฟแจกแจงคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน
บูรณะชั้นแรกด้วยผลิตภัณฑ์ Filtek Z350

SCORE3S

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	10	50.0	50.0	50.0
	1	9	45.0	45.0	95.0
	2	1	5.0	5.0	100.0
	Total	20	100.0	100.0	

Material : Filtek Z350

Preperation : enamel margin



แสดงสถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส ระหว่างวัสดุบุรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออกอยู่บนผิวรากฟัน

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
SCORE	120	1.17	1.434	0	4	.00	1.00	1.00
GR	120	3.50	1.715	1	6	2.00	3.50	5.00

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	GR	N	Mean Rank
SCORE	1 supreme cementum	20	22.18
	2 RMGI cementum	20	43.63
	3 flow cementum	20	25.70
	Total	60	

Test Statistics(a,b)

	SCORE
Chi-Square	19.518
df	2
Asymp. Sig.	.000

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: GR

จากสถิติทดสอบ ครุสคัล-วัลลิส ระหว่างวัสดุบุรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหนืออกอยู่บนผิวรากฟัน สรุปว่ามีวัสดุอย่างน้อย 1 กลุ่มที่มีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p=0.000$ จึงต้องทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ

แสดงสถิติทดสอบครุสคัล-วัลลิส ระหว่างวัสดุบูรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
SCORE	120	1.17	1.434	0	4	.00	1.00	1.00
GR	120	3.50	1.715	1	6	2.00	3.50	5.00

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	GR	N	Mean Rank
SCORE	1 supreme enamel	20	18.35
	2 RMGI enamel	20	43.83
	3 flow enamel	20	29.33
	Total	60	

Test Statistics(a,b)

	SCORE
Chi-Square	27.769
df	2
Asymp. Sig.	.000

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: GR

จากสถิติทดสอบ ครุสคัล-วัลลิส ระหว่างวัสดุบูรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน สรุปว่ามีวัสดุอย่างน้อย 1 กลุ่มที่มีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p = 0.000$ จึงต้องทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ

แสดงการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างวัสดุบูรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟัน

กลุ่มเปรียบเทียบ	$Z_{\alpha/k(k-1)}$	N	n_i	n_j	\bar{R}_i	\bar{R}_j	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	critical value
Supreme-RMGI	2.394	60	20	20	22.18	43.63	21.45	13.2213*
Supreme-Flow	2.394	60	20	20	22.18	25.7	3.52	13.2213
RMGI-Flow	2.394	60	20	20	43.63	25.7	17.93	13.2213*

*แสดงความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

จากการเปรียบเทียบพหุคูณ ระหว่างวัสดุบูรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันพบว่า ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme และผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ Fuji II LC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลิตภัณฑ์ Filtek Z350

แสดงการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างวัสดุบูรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟัน

กลุ่มเปรียบเทียบ	$Z_{\alpha/k(k-1)}$	N	n_i	n_j	\bar{R}_i	\bar{R}_j	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	critical value
Supreme-RMGI	2.394	60	20	20	18.35	43.83	25.48	13.2213*
Supreme-Flow	2.394	60	20	20	18.35	29.33	10.98	13.2213
RMGI-Flow	2.394	60	20	20	43.83	29.33	14.5	13.2213*

*แสดงความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

จากการเปรียบเทียบพหุคูณ ระหว่างวัสดุบูรณะในกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวเคลือบฟันพบว่า ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme และผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ Fuji II LC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลิตภัณฑ์ Filtek Z350

แสดงสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันหรือผิวเคลือบฟัน
ในผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme

Ranks

	GR	N	Mean Rank	Sum of Ranks
SCORE	1 supreme cementum	20	22.88	457.50
	4 supreme enamel	20	18.13	362.50
	Total	40		

Test Statistics(b)

	SCORE
Mann-Whitney U	152.500
Wilcoxon W	362.500
Z	-1.693
Asymp. Sig. (2-tailed)	.090
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.201(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: GR

จากสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันหรือผิวเคลือบฟัน เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme พบว่าค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันหรือผิวเคลือบฟัน
ในผลิตภัณฑ์ Fuji II LC

Ranks

	GR	N	Mean Rank	Sum of Ranks
SCORE	2 RMGI cementum	20	27.88	557.50
	5 RMGI enamel	20	13.13	262.50
	Total	40		

Test Statistics(b)

	SCORE
Mann-Whitney U	52.500
Wilcoxon W	262.500
Z	-4.487
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: GR

จากสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันหรือผิวเคลือบฟัน เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ Fuji II LC พบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันหรือผิวเคลือบฟัน
ในผลิตภัณฑ์ Filtek Z350

Ranks

	GR	N	Mean Rank	Sum of Ranks
SCORE	3 flow cementum	20	21.85	437.00
	6 flow enamel	20	19.15	383.00
	Total	40		

Test Statistics(b)

	SCORE
Mann-Whitney U	173.000
Wilcoxon W	383.000
Z	-.797
Asymp. Sig. (2-tailed)	.425
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.478(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: GR

จากสถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ ระหว่างกลุ่มที่ผนังด้านเหงือกอยู่บนผิวรากฟันหรือผิวเคลือบฟัน เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ Filtek Z350 พบว่าค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงการแจกแจงค่าการรั่วซึมระดับจุลภาค

Case Processing Summary

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
SCORE *	120	100.0%	0	.0%	120	100.0%
GR						

Report

SCORE

GR	N	Median	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Percentiles		
							25	50	75
1 supreme.cementum	20	.00	0	4	.90	1.483	.00	.00	1.75
2 RMGI cementum	20	4.00	0	4	3.15	1.387	2.00	4.00	4.00
3 flow cementum	20	.50	0	4	1.20	1.576	.00	.50	2.00
4 supreme enamel	20	.00	0	1	.15	.366	.00	.00	.00
5 RMGI enamel	20	1.00	1	2	1.05	.224	1.00	1.00	1.00
6 flow enamel	20	.50	0	2	.55	.605	.00	.50	1.00
Total	120	1.00	0	4	1.17	1.434	.00	1.00	1.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิสุทธิ์ แสนมโน เกิดเมื่อวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2520 ณ จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะทันตแพทยศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2544 แล้วเข้ารับราชการที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร ในตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาศัลยศาสตร์และเวชศาสตร์ช่องปาก ได้ลาศึกษาต่อในหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตทางวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก สาขาวิชารังสีวิทยาช่องปากและใบหน้า ที่คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาหลักสูตรดังกล่าวในปี พ.ศ. 2545 ต่อมาได้ลาออกจากราชการปี พ.ศ. 2547 และได้รับเชิญเป็นอาจารย์พิเศษ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร และที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาควิชารังสีวิทยา

ปัจจุบันเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย