

ผลของความชื้นของเนื้อฟันต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์แอตชีซีฟเรซินซีเมนต์

นางสาววิศรา เต๋อเนอ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

DENTIN SURFACE MOISTURE EFFECT OF THE MICROLEAKAGE OF SELF-ADHESIVE
RESIN CEMENTS

Miss Warissara Tornor

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

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของความชื้นของเนื้อฟันต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์
แอคทีฟไฟเรซินซีเมนต์
โดย นางสาววิศรดา เต๋อเนอ
สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. นิยม อ่างศ์อนันต์สกุล

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุจิต พูลทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. นิยม อ่างศ์อนันต์สกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. วัลลภกัณฑ์ แสนทวีสุข)

วิเคราะห์ แต่ขอ : ผลของความชื้นของเนื้อฟันต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์ แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์. (DENTIN SURFACE MOISTURE EFFECT OF THE MICORLEAKAGE OF SELF-ADHESIVE RESIN CEMENTS) อ. ที่ปรึกษา
 วิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ทพ. ดร. นิยม อังรงค์อนันต์สกุล, 83 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อเนื้อฟันอยู่ในสภาวะที่ชื้นหรือแห้ง รวมทั้งช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ โดยใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 เป็นกลุ่มควบคุม

ฟันกรามใหญ่แท้ 90 ซี่ ได้รับการกรอแต่งโพรงฟันประเภทที่ 2 ที่ด้านใกล้กลาง สร้างขึ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์บนแบบถอดยิปซัม แบ่งฟันออกเป็น 9 กลุ่ม ๆ ละ 10 ซี่ ตามสภาพผิวเนื้อฟันที่แห้งหรือชื้น ชนิดของเรซินซีเมนต์ และช่วงเวลาการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ ยึดของขึ้นงานลงในโพรงฟันด้วยเรซินซีเมนต์ กระตุ้นการก่อตัวของเรซินซีเมนต์ด้วยแสง กลุ่มที่ศึกษาผลของการสัมผัสน้ำทันทีจะนำขึ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่นทันที ส่วนกลุ่มที่ชะลอเวลาสัมผัสน้ำเมื่อฉายแสงเสร็จแล้วรอเวลาอีก 7 นาทีจึงแช่ขึ้นทดสอบลงในน้ำกลั่น เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้เทปกาวปิดทับที่รอยต่อของขึ้นงานและฟันที่ด้านใกล้เหงือก เคลือบผิวฟันบริเวณอื่น ๆ ด้วยสีทาเล็บ 2 ชั้น นำไปแช่สารละลายเบสิกฟลูออรีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก 24 ชั่วโมง จากนั้นทำความสะอาดขึ้นงานและตัดซี่ฟันในใกล้กลางถึงไกลกลาง ส่งดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอที่กำลังขยาย 7-40 เท่า วัดการแทรกซึมของสารละลายเบสิกฟลูออรีนที่รอยต่อของเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนการรั่วซึมด้วยสถิติไรวารานเมตริกคริสคาล-วัลลิสและสถิติการเปรียบเทียบพหุคูณที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 มีค่าน้อยกว่า Clearfil SA Cement อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเนื้อฟันอยู่ในสภาวะขึ้นทั้งกรณีแช่น้ำกลั่นทันทีหรือชะลอเวลา 7 นาที การรั่วซึมระดับจุลภาคของ Panavia F2.0 มีค่าน้อยกว่า RelyX U100 อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเนื้อฟันอยู่ในสภาวะแห้ง ส่วนกรณีที่เนื้อฟันอยู่ในสภาวะขึ้นเหมือนกันและเวลาที่สัมผัสน้ำเหมือนกันการรั่วซึมของ RelyX U100 มีค่าน้อยกว่า Clearfil SA Cement อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเรซินซีเมนต์เป็นชนิดเดียวกันและช่วงเวลาสัมผัสน้ำเหมือนกัน RelyX U100 มีการค่ารั่วซึมบนเนื้อฟันที่ขึ้นน้อยกว่าเนื้อฟันแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เมื่อเรซินซีเมนต์เป็นชนิดเดียวกันและเนื้อฟันอยู่ในสภาวะเหมือนกันหากเวลาที่สัมผัสน้ำต่างกัน พบว่าทั้ง RelyX U100 และ Clearfil SA Cement ต่างมีค่าการรั่วซึมแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญ

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อนิติศ.....

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2555.....

5276125032 : MAJOR PROSTODONTIC DENTISTRY

KEYWORDS: MICROLEAKAGE / MOIST DENTIN / SELF ADHESIVE RESIN CEMENT

WARISSARA TORNOR: DENTIN SURFACE MOISTURE EFFECT OF THE
MICROLEAKAGE OF SELF-ADHESIVE RESIN CEMENTS. ADVISOR: ASST. PROF.
NIYOM THAMRONGANANSKUL, PH.D., 83 pp.

The purpose of this study was to investigate the microleakage of self-adhesive resin cements (RelyX U100 and Clearfil SA Cement) on moist and dry dentin, including the effect of immediate or 7-min delayed water immersion after light activation. Self-etch resin cement Panavia F 2.0 was used as control a group.

Ninety extracted human molars were prepared for Class II OM cavities. Indirect composite resin was performed on gypsum die. The teeth were divided into 9 groups (n=10) according to moist or dry dentin condition, type of resin cements and the immersion time after light activation. Indirect composite inlay was luted to the tooth cavity with resin cement. After light activation, bonded teeth were immersed into distilled water immediately or delayed until 7 minutes before immersion into water. Gingival restoration margin was covered with adhesive tape, applied all surfaces with 2 layers of nail varnish. Specimens were immersed in 0.5% basic fuchsin dye solution for 24 hours. They were then cleaned and sectioned mesio-distally. Dye penetration was assessed by using stereo-microscope at magnification 7x, 20x, 40x at dentin/cement interface. The microleakage score was statistically analyzed by Kruskal-Wallis non-parametric test and multiple comparison tests at 95% confidence level.

For immediate or delayed water immersion, RelyX U100 demonstrated less microleakage than Clearfil SA Cement significantly on moist dentin. Panavia F 2.0 showed less microleakage than RelyX U100 significantly on dry dentin. Under same dentin condition and immersion time, microleakage of RelyX U100 was less than Clearfil SA Cement significantly. When the same cement and the same immersion time, microleakage of RelyX U100 on moist dentin was less than dry dentin significantly. For the same cement and under same dentin condition but different immersion times, both RelyX U100 and Clearfil SA Cement showed no significant difference of microleakage.

Department : Prosthodontics..... Student's Signature.....
Field of Study : Prosthodontics..... Advisor's Signature.....
Academic Year :2012.....

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
วิธีดำเนินการวิจัย.....	6
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
แนวคิดและทฤษฎี.....	8
เรซินซีเมนต์.....	8
เซลฟ์แอตฮีซีฟเรซินซีเมนต์.....	12
ปฏิกิริยาก่อตัวของเซลฟ์แอตฮีซีฟเรซินซีเมนต์.....	14
การรั่วซึมระดับจุลภาค.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
ประชากร.....	24
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	24
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	25
การเก็บฟัน.....	27

การเตรียมโพรงฟัน.....	27
การทำอินไดเรกท์คอมโพสิตอินเลย์.....	29
การแบ่งกลุ่มการทดลอง.....	32
การเตรียมผิวเนื้อฟัน.....	33
การยัดอินไดเรกท์คอมโพสิตอินเลย์และการจับเวลาก่อนแช่น้ำล้น.....	34
การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค.....	35
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	37
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	39
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
ผลการวิเคราะห์.....	40
ความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการรั่วซึมในแต่ละกลุ่ม.....	40
ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มทดสอบทั้งหมด.....	44
ผลการเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 และ Clearfil SA cement กับ กลุ่มควบคุม Panavia F 2.0.....	45
ผลเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อความชื้นของผิวฟันและช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำเหมือนกัน.....	47
ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน เมื่อ ช่วงเวลาสัมผัสน้ำเหมือนกัน แต่ความชื้นของผิวฟันต่างกัน.....	48
ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่าง ระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิด เดียวกัน เมื่อความชื้นของผิวฟันเหมือนกัน แต่ช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำต่างกัน.....	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และ ข้อเสนอแนะ.....	50
อภิปรายผลการวิจัย.....	50
สรุปผลการวิจัย.....	57
ข้อเสนอแนะ.....	58
รายการอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก.....	70
ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์.....	82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	83

สารบัญญัตราวาง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบเรซินซีเมนต์ที่ใช้ศึกษา.....	26
2	แสดงการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการ รั่วซีเมนต์ระดับจุลภาค ในแต่ละกลุ่ม.....	41
3	แสดงผลสถิติไรรพาราเมตริก ครัสคาล-วัลลิส ของกลุ่มทดสอบทั้งหมด.....	44
4	ผลเปรียบเทียบการรั่วซีเมนต์ระดับจุลภาคของ Panavia F2.0 กับ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement	46
5	ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซีเมนต์ระดับจุลภาคระหว่าง RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อความชื้นของผิวฟันและช่วงเวลาสัมผัสน้ำ เหมือนกัน.....	47
6	ผลการเปรียบเทียบการรั่วซีเมนต์ระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน เมื่อ ช่วงเวลาสัมผัสน้ำเหมือนกัน แต่ความชื้นของผิวฟันต่างกัน.....	48
7	ผลการเปรียบเทียบการรั่วซีเมนต์ระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน เมื่อ ความชื้นของผิวฟันเหมือนกัน แต่ช่วงเวลาสัมผัสน้ำต่างกัน.....	49
8	คะแนนการรั่วซีเมนต์ทั้งหมด.....	71

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การตัดส่วนบดเคี้ยวของซี่ฟันโดยมีน้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลาของการตัดแต่ง.....	26
2	แสดงลักษณะขนาดของโพรงฟันที่ใช้ในการวิจัยเมื่อมองจาก (ก) ด้านบน และ (ข) ด้านข้าง.....	27
3	ลักษณะของโพรงฟันที่กรอแต่งเสร็จแล้วเมื่อมอง (ก) ด้านบน (ข) ด้านข้าง และ (ค) แสดงการปิดส่วนคอดที่ซี่ฟันด้วยซี่ผึ้งก่อนพิมพ์ด้วยวัสดุซิลิโคน.....	28
4	แบบถอดที่ได้จากรอยพิมพ์ซิลิโคนเมื่อมอง (ก) ด้านบน (ข) ด้านข้าง.....	30
5	แสดงชิ้นงานอินไดเรกต์เรซินคอมโพสิต อินเลย์ที่สร้างจากแบบถอด.....	30
6	ชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์ที่นำมาใส่ที่โพรงฟันที่กรอแต่งไว้.....	30
7	แสดงผังการแบ่งกลุ่มการทดลอง.....	31
8	แสดงการกดชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตเรซินให้แนบชิดกับโพรงฟันด้วยแกนของตุ่มน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม.....	33
9	ซี่ฟันที่แกะออกจากท่อพลาสติกพีวีซีและเซ็ดทำความสะอาด (ข) แสดงการหุ้มปลายรากด้วยอะคริลิกชนิดบ่มเอง (ค) ปิดบริเวณรอยต่อด้านเหงือกด้วยกระดาษขาว.....	35
10	ซี่ฟันที่ได้รับการเคลือบด้วยทาสีทาเล็บจำนวน 2 รอบ (ข) เมื่อแกะกระดาษขาวที่ปิดไว้ออกเพื่อเผยรอยต่อระหว่างฟันและวัสดุเรซินคอมโพสิต.....	35
11	แสดงการตัดฟัน 4 ครั้งเพื่อให้ได้แผ่นบาง 3 แผ่นต่อซี่ โดยแต่ละแผ่นมีความหนาประมาณ 1.0 ± 0.2 มิลลิเมตร.....	35
12	แสดงการให้คะแนนการรั่วซึมที่ระดับต่าง ๆ.....	34
13	ตัวอย่างการให้คะแนนการรั่วซึมตามลักษณะการแทรกซึมของสารละลายเบสิกฟุชซิน.....	37
14	แผนภูมิแท่งแสดงการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มทดสอบและกลุ่มควบคุม.....	41
15	แสดงตัวอย่างการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกที่กำลังขยาย 7 เท่า.....	42
16	Chemical structure of Basic fuchsin.....	80

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบูรณะฟันด้วยชิ้นงานที่ผลิตในห้องปฏิบัติการเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ดังนั้นซีเมนต์ที่ใช้สำหรับยึดชิ้นงานให้ติดแน่นกับฟันหลักจึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นด้วย เรซินซีเมนต์ (resin cement) เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจใช้ในการยึดชิ้นงานอินเลย์ (inlay) ออนเลย์ (onlay) ครอบฟัน (crown) และเดือยฟัน (post) เนื่องจากมีสมบัติที่ดี อาทิเช่นให้กำลังแรงยึดสูง (high bond strength) ทนต่อการสึก ไม่ละลายน้ำ และมีสีให้เลือกมากกว่าซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เป็นต้น โดยเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทช์ (total-etch or etch and rinse system) ที่ต้องใช้กรดปรับสภาพผิวฟันแล้วล้างน้ำออก [1-2] ให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าเรซินซีเมนต์ระบบอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ 1) ระบบเซลฟ์เอทช์ (self-etching system) ที่ใช้มอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดในการปรับสภาพผิวฟันโดยไม่ต้องล้างน้ำ [2-3] และ 2) ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ (self-adhesive resin system) ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ต้องใช้สารเคมีใด ๆ เพื่อปรับสภาพผิวฟันก่อนการยึดด้วยเรซินเบส (resin base) โดยระบบสุดท้ายนี้ให้กำลังแรงยึดระหว่างชิ้นงานกับเนื้อฟันน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเรซินทั้ง 2 ระบบที่กล่าวมาข้างต้น ถึงอย่างไรเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ก็ยังเป็นที่ยอมรับของทันตแพทย์ เนื่องจากใช้งานง่ายกว่าคือไม่มีขั้นตอนการปรับสภาพผิวฟันหลัก สามารถยึดชิ้นงานได้ภายหลังจากการทำ ความสะอาดฟันหลักด้วยน้ำแล้วใช้ลมเป่า ทำให้ทันตแพทย์เกิดความสะดวกในการทำงานมากขึ้น

ปัจจุบันเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่ออกวางจำหน่ายมีมากมายหลายผลิตภัณฑ์ โดยเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์สามารถยึดชิ้นงานให้ติดกับผิวฟันหลักได้เนื่องจาก 1) การยึดติดทางจุลกลศาสตร์ (micromechanical retention) ที่ได้จากความขรุขระของผิวฟันที่เกิดจากการกรอแต่ง และ 2) การยึดติดทางเคมี ซึ่งเกิดจากแอซิดิกมอนอเมอร์ (acidic monomer) ที่เป็นองค์ประกอบหลักของซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ที่ผิวของฟันหลัก [4-5]

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เกิดการบ่มตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ซึ่งตัวริเริ่มอาจจะถูกกระตุ้นด้วยแสงหรือสารเคมีก็ได้ ในช่วงแรกของการบ่มตัวเรซินซีเมนต์จะมีสมบัติที่ชอบน้ำ (hydrophilic property) และมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ (low

pH) แต่เมื่อปฏิกิริยาดำเนินต่อไปค่าความเป็นกรด-ด่างจะเข้าสู่ความเป็นกลางและมีสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic property) [6] เป็นผลลัพธ์สุดท้าย

การปฏิบัติทางคลินิกพบว่าการทำความสะอาดบริเวณผิวเนื้อฟันก่อนที่จะทำการยึดด้วย เรซินซีเมนต์โดยการล้างด้วยน้ำและใช้ลมเป่าอาจมีโอกาที่จะทำให้เนื้อฟันอยู่ในสภาพที่ชื้น และ หรือแห้งเกินไปได้ ซึ่งความชื้นและความแห้งของเนื้อฟันอาจจะส่งผลต่อสมบัติของเรซินซีเมนต์ และส่งผลต่ออายุการใช้งานของชิ้นงานบูรณะได้ นอกจากนี้ขณะที่ทำการยึดชิ้นงานในคลินิกมีโอกาที่ชิ้นงานสัมผัสน้ำลายภายหลังจากฉายแสงเสร็จได้ด้วย ทำให้สนใจศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้ จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการยึดชิ้นงานด้วยเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์บนเนื้อฟันที่ชื้น หรือแห้งว่าจะส่งผลต่อระดับการรั่วซึมหรือไม่ รวมทั้งผลของช่วงเวลาสัมผัสน้ำหลังการฉายแสงเสร็จจะมีผลต่อระดับการรั่วซึมมากน้อยอย่างไร

งานวิจัยครั้งนี้จึงทำขึ้นเพื่อศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ของเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ (RelyX U100 และ Clearfil SA cement) ที่ใช้ยึดชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์ (indirect composite inlay) บนเนื้อฟันที่มีความชื้นหรือแห้งว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และศึกษาผลการแช่น้ำกลั่นทันทีเมื่อฉายแสงเสร็จกับหลังจากฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่นว่ามีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ (Panavia F 2.0) เป็นกลุ่มควบคุม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อเนื้อฟันชื้นหรือแห้ง รวมทั้งช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ โดยมีเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0 เป็นกลุ่มควบคุม

สมมติฐานงานวิจัย

สมมติฐานว่างที่ 1 (H_01): เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 มีการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0 เมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง รวมทั้งช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้งที่ 1 (H_a1): เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 มีการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0 เมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง รวมทั้งช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานว่างที่ 2 (H_02): เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด Clearfil SA Cement มีการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0 เมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง รวมทั้งช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้งที่ 2 (H_a2): เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด Clearfil SA Cement มีการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0 เมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง รวมทั้งช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานว่างที่ 3 (H_03): เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 มีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด Clearfil SA Cement เมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้งที่ 3 (H_a3): เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 มีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด Clearfil SA Cement เมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานว่างที่ 4 (H_{04}): ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้งที่ 4 (H_{a4}): ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเนื้อฟันขึ้นหรือแห้ง เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานว่างที่ 5 (H_{05}): ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความชื้นของผิวฟันเหมือนกัน เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้งที่ 5 (H_{a5}): ค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความชื้นของผิวฟันเหมือนกัน เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หมายเหตุ การสัมผัสน้ำของการศึกษารุ่นนี้ทำโดยการแช่ในน้ำกลั่น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (experimental research) ทำในฟันกรามใหญ่ของมนุษย์ที่ถูกถอนด้วยเหตุผลทางคลินิก ซึ่งจำลองการบูรณะโพรงฟันประเภทที่ 2 (class II OM cavity) ด้วยอินโดเรทท์คอมโพสิตอินเลย์ที่ด้านใกล้กลางของซี่ฟัน โดยยึดชิ้นงานอินโดเรทท์คอมโพสิตอินเลย์ด้วยเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 และ Clearfil SA Cement บนเนื้อฟันที่ขึ้นและแห้ง หลังจากฉายแสงเสร็จแล้วแช่น้ำกลั่นทันที หรือหลังจากฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น เพื่อศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาค และยังคงศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคของชิ้นงานอินโดเรทท์คอมโพสิตอินเลย์ที่ยึดด้วยเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0 บนเนื้อฟันที่แห้งตามที่ผู้ผลิตแนะนำโดยหลังจากฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น และใช้ Panavia F 2.0 นี้เป็นกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ฟันที่ใช้ในการศึกษาถูกเก็บรักษาในสารละลายคลอราไมน์-ที ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (Chloramines-T trihydrate) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นแช่ในน้ำกลั่นและเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการเปลี่ยนน้ำกลั่นที่แช่ฟันทุก ๆ 1 สัปดาห์ โดยระยะเวลาการเก็บรักษาไม่เกิน 6 เดือน
2. ในการเตรียมโพรงฟันและการเตรียมชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์ใช้ผู้วิจัยเพียงคนเดียวภายใต้โคมไฟแวนชยายที่มีกำลังขาย 5 เท่า

ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้ทำในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงไม่สามารถจำลองสภาวะในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การรั่วซึมระดับจุลภาค : Microleakage

เนื้อฟันที่ชื้น : Moist dentin

เนื้อฟันที่แห้ง : Dry dentin

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ : Self-adhesive resin cement

เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ : Self-etch resin cement

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบระดับการรั่วซึมของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อเทียบกับเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F 2.0
2. ทำให้ทราบปัจจัยซึ่งได้แก่ ความชื้น/แห้ง และช่วงเวลาสัมผัสน้ำที่มีผลต่อการรั่วซึมของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิด RelyX U100 และ Clearfil SA Cement
3. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและผลสำเร็จของการบูรณะฟันเมื่อใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์โต การยัดขึ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์บนเนื้อฟันที่ขึ้นหรือแห้งด้วยเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 2 ชนิดและศึกษาผลการสัมผัสน้ำทันทีหลังจากฉายแสงเสร็จ กับหลังจากฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่นเมื่อใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ชนิด Panavia F2.0 เป็นกลุ่มควบคุม

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย
 - 1.1. ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม เมษายน 2554 – มิถุนายน 2554
 - 1.2. วางแผนออกแบบการวิจัย มิถุนายน 2554 – กรกฎาคม 2554
 - 1.3. การศึกษานำร่อง กรกฎาคม 2554 – สิงหาคม 2554
 - 1.4. จัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ สิงหาคม 2554 – กันยายน 2554
 - 1.5. เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์ ตุลาคม 2554
2. ขั้นตอนการวิจัยและเก็บข้อมูล ตุลาคม 2554 – กรกฎาคม 2555
3. ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล กรกฎาคม 2555 – ธันวาคม 2555
4. ขั้นรายงานผล
 - 4.1. จัดทำรายงาน ธันวาคม 2555 – กุมภาพันธ์ 2556
 - 4.2. นำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการ กุมภาพันธ์ 2555 – เมษายน 2556

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของความชื้น และความแห้งของเนื้อฟันต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคที่เกิดขึ้น เมื่อทำการยึดชิ้นงานอินไดเรกท์คอมโพสิตอินเลย์ด้วยเรซินซีเมนต์ นอกจากนี้ยังศึกษาผลของการสัมผัสน้ำทันที หรือการฉายแสงเสร็จแล้วชะลอไว้ 7 นาทีจึงสัมผัสน้ำ ว่ามีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคหรือไม่

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เรซินซีเมนต์ (Resin cements)

เรซินซีเมนต์มีการพัฒนาต่อเนื่องมาจากการพัฒนาวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิต [6] ดังนั้นเรซินซีเมนต์จึงมีส่วนประกอบหลักคล้ายกับเรซิน คอมโพสิต ซึ่งได้แก่ ส่วนเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) วัสดุอัดแทรก (filler) และสารคู่ควบ (coupling agent) โดยเรซินเมทริกซ์เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อวัสดุเรซินและเชื่อมติดกับวัสดุอัดแทรกโดยอาศัยสารคู่ควบ เรซินเมทริกซ์ส่วนใหญ่เป็นไดเมทาคริเลตมอนอเมอร์ (dimethacrylate monomer) เช่น บิส-จีเอ็มเอ (Bis-GMA) ซึ่งเป็นอะโรมาติกไดเมทาคริเลต (aromatic dimethacrylates) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีความหนืดมาก จึงได้มีการปรับปรุงสมบัติโดยการเติมไดเมทาคริเลตมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเพื่อลดความหนืด เช่น ไตรเอทิลีนไกลคอล ไดเมทาคริเลต (triethylene glycol dimethacrylate; TEGDMA) ร่วมกับการเติมวัสดุอัดแทรก (filler) จำพวกซิลิกา (silica) หรืออนุภาคของแก้ว (glass particle) ที่ปรับปรุงสภาพผิวด้วยสารคู่ควบไฮเลน (silane) โดยขนาดและปริมาณของตัวอัดแทรกที่ผสมเข้าไปจะมีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุเมื่อบ่มตัวแล้ว

ปัจจุบันมีการผลิตเรซินซีเมนต์ออกมาหลายรูปแบบและหลายประเภท แต่ละผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน โดยเรซินซีเมนต์สามารถจำแนกตามส่วนประกอบพื้นฐานได้เป็น 2 ประเภท คือ อะคริลิกเรซินซีเมนต์ (acrylic resin cement) และไดเมทาคริเลตเรซินซีเมนต์ (dimethacrylate resin cement) [7-8]

อะคริลิกเรซินซีเมนต์ มีส่วนประกอบเป็น ส่วนผงและส่วนของเหลว มีองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน คือ 1) ส่วนเรซินเบส (resin base) หรือส่วนที่จะเป็นสารเนื้อหลัก (matrix) ของซีเมนต์ ซึ่งอาจเป็นเมทิลเมทาคริเลตพอลิเมอร์ (methyl methacrylate polymer) หรือ โคพอลิเมอร์ (copolymer) ซึ่งเป็นส่วนผงและ เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ (methyl methacrylate monomer) ซึ่งเป็นส่วนของเหลว 2) ส่วนที่เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) ตัวอย่างเช่น เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) หรือ ไทร-เอ็น-บิวทิลโบรแวน (tri-*n*-butyl borane, TBB), 3) ส่วนที่เป็นตัวกระตุ้น (activator) ใช้กระตุ้นเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ซึ่งได้แก่ อะโรเมติกเทอร์เชียรีเอมีน 4) ส่วนที่เป็นแอดฮีซีฟมอนอเมอร์ (adhesive monomer) ซึ่งเป็นสารที่มีความเชื่อว่าจะสามารถเกิดพันธะเคมีกับโครงสร้างของฟันได้ ตัวอย่างเช่น โฟร์เมทา (4-META) 5) ส่วนที่เป็นรงควัตถุ (pigment) และวัสดุอุดแทรก (filler)

หมายเหตุ กรณีที่ใช้ ไทร-เอ็น-บิวทิลโบรแวนเป็นตัวริเริ่มก็จะมีส่วนที่เป็นตัวกระตุ้นเพราะสาร ไทร-เอ็น-บิวทิลโบรแวน สามารถแตกตัวให้เป็นอนุมูลอิสระเมื่อเจอกับก๊าซออกซิเจน

ไดเมทาคริเลตเรซินซีเมนต์ มีส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน คือ 1) ส่วนเรซินเบส หรือส่วนที่เป็นสารเนื้อหลักของซีเมนต์ ตัวอย่างเช่น บิสฟีนอล เอ ไดโกลซิไดลเมทาคริเลต (บิส-จีเอ็มเอ) (Bisphenol A diglycidylmethacrylate; Bis-GMA) หรือยูรีเทนไดเมทาคริเลต(ยูดีเอ็มเอ) (urethane dimethacrylate; UDMA) ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้มีความหนืดสูง จึงมีการเติมมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight) เพื่อลดความหนืดของเรซินเบส ตัวอย่างของมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเมื่อเทียบกับบิส-จีเอ็มเอและยูดีเอ็มเอ ได้แก่ ไทรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลต (triethylene glycol dimethacrylate; TEGDMA) ที่เป็นอะลิฟาติกไดเมทาคริเลต (aliphatic dimethacrylate) 2) ส่วนที่เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) และสารริเริ่มปฏิกิริยาร่วม (co-initiator) ตัวอย่างเช่น เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) แคมฟอร์ควิโนน (camphorquinone) และอะลิฟาติกเทอร์เชียรีเอมีน 3) ส่วนที่เป็นตัวกระตุ้น (activator) ใช้กระตุ้นเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ซึ่งได้แก่ อะโรเมติกเทอร์เชียรีเอมีน 4) ส่วนที่เป็นรงควัตถุ (pigment) และวัสดุอุดแทรก เช่น คอลลอยดอลซิลิกา (colloidal silica) แก้วแบเรียม (barium glass) และแก้วเซอร์โคเนียม (zirconium glass) เป็นต้น (หมายเหตุ อะลิฟาติกเทอร์เชียรีเอมีน เป็นสารริเริ่มร่วมปฏิกิริยาของแคมฟอร์ควิโนน)

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกเรซินซีเมนต์ตามวิธีการเตรียมผิวฟัน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ระบบ [9] ได้แก่ 1) ระบบใช้กรดทาแล้วล้างออก (total-etch or etch and rinse system) เป็นระบบที่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ออกจากผิวฟัน 2) ระบบเซลฟ์เอทช์ (self-etch system) เป็นระบบที่ใช้สารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ เพื่อปรับสภาพผิวฟันโดยไม่ต้องล้างน้ำ ออก 3) ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ (self-adhesive system) เป็นระบบที่ใช้ซีเมนต์ยึดติดชิ้นงานกับฟันได้โดยไม่ต้องมีการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดแล้วล้างน้ำออกหรือใช้สารไพรเมอร์ใด ๆ

ระบบโททอลเอทช์ (total-etch system) เป็นระบบที่ใช้กรดปรับสภาพผิวฟันแล้วล้างออกด้วยน้ำ (etch and rinse) โดยนิยมใช้เป็นกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-40 ทาที่ผิวฟันเป็นเวลาประมาณ 15-20 วินาทีแล้วล้างด้วยน้ำซึ่งเป็นการกำจัดชั้นสเมียร์ออกไป จากนั้นทาสารไพรเมอร์ (primer) และเรซินแอดฮีซีฟ (adhesive resin) ตามลำดับ จึงเรียกเรซินซีเมนต์ที่มีขั้นตอนการทำงานดังกล่าวว่า “เป็นระบบ 3 ขั้นตอน” ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยรวมสารไพรเมอร์และสารแอดฮีซีฟไว้ในขวดเดียว เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน และเรียกว่า “เป็นระบบ 2 ขั้นตอน” เรซินซีเมนต์ในระบบโททอลเอทช์ส่วนใหญ่จะใช้กรดครดฟอสฟอริกเป็นสารปรับสภาพผิวฟัน ตัวอย่างเช่น Valiolink [Ivoclar Vivadent; Schaan, Lichtenstein]; Calibra [Dentsply Caulk; Milford, DE, USA]; Nexus [Kerr; Orange, CA, USA]; Rely X ARC [3M ESPE; St. Paul, MN, USA] เป็นต้น แต่มีบางผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดซิตริกและเพอร์ริกคลอไรด์ (citric acid-ferric chloride) เป็นสารปรับสภาพผิว ตัวอย่างเช่น Super Bond C&B เมื่อพิจารณาค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันหรือเนื้อฟัน พบว่าระบบโททอลเอทช์มีค่ากำลังแรงสูงสุดเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ [9-10]

ระบบเซลฟ์เอทช์ (self-etch system) เป็นระบบที่ใช้สารมอโนเมอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ (low pH) เพื่อปรับสภาพผิวฟันซึ่งไม่ต้องใช้น้ำล้างออก โดยมอโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะทำหน้าที่สลายแร่ธาตุที่อยู่ในชั้นสเมียร์และผิวฟัน อีกทั้งไหลเข้าสู่ท่อเนื้อฟัน (dental tubule) และแทรกซึมไปตามช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจนไปพร้อม ๆ กัน [11] ระบบนี้มีข้อดีคือลดขั้นตอนและลดความผิดพลาดจากทำงาน (technique sensitivity) ป้องกันการฟุ้งตัวของเส้นใยคอลลาเจนจากการเป่าลมที่เนื้อฟันให้แห้งเกินไป (over dry dentin) และช่วยลดการเสียวฟันหลังการบูรณะ [12] แต่มีข้อด้อยคือให้ค่าแรงยึดกับฟันต่ำกว่าเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทช์ ตัวอย่างเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทช์ ได้แก่ Panavia F2.0 [Kuraray Medical; Tokyo, Japan]; Multilink [Ivoclar Vivadent; Schaan, Lichtenstein] เป็นต้น

ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ (self-adhesive system) ซีเมนต์ระบบนี้สามารถยึดชิ้นงานให้ติดกับพื้นหลักได้โดยไม่ต้องมีขั้นตอนการปรับสภาพผิวพื้นด้วยกรดหรือสารไฮดรอกซีฟลูออไรด์ ซีเมนต์ระบบนี้มีการทำงานเพียงขั้นตอนเดียว (single step) คล้ายซีเมนต์ชนิดแบบดั้งเดิม คือผสมเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์แล้วนำชิ้นงานมาบดอัดกับพื้นหลักได้เลย เนื่องจากการใช้งานง่ายทำให้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมสูง ปัจจุบันมีหลากหลายผลิตภัณฑ์ให้เลือกใช้ [13] ตัวอย่างเช่น RelyX Unicem [3M ESPE; St. Paul, MN, USA] เป็นเซลฟ์แอดฮีซีฟซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์แรก โดยออกวางจำหน่ายเมื่อปี ค.ศ.2002 [14] Clearfil SA Cement [Kuraray America, New York, USA]; Speed CEM [Ivoclar Vivadent; Schaan, Lichtenstein]; G-Cem [GC, Tokyo, Japan] เป็นต้น

Bowen [15] ได้พัฒนาวัสดุบูรณะฟันชนิดเรซิน คอมโพสิตโดยใช้ไฮดรอกซีฟลูออไรด์ร่วมกับกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid etching) ตามวิธีของ Buonocore [16] เพื่อเพิ่มการยึดติดกับเคลือบฟัน (enamel) ต่อมาได้มีการใช้กรดกัดทั้งที่ผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันแล้วล้างน้ำออก และตามมาด้วยการใช้มอโนเมอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำเพื่อปรับสภาพผิวฟันโดยไม่ต้องล้างด้วยน้ำ จากรากฐานดังกล่าวได้นำไปสู่การพัฒนาไปสู่เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ โดยเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุผสม (hybrid) ที่เกิดจากแนวความคิดที่นำวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตกับมอโนเมอร์ที่มีความสามารถในการกัดผิวฟัน (self-etching adhesive) ผสมเข้าด้วยกัน [13]

เมื่อกลับมาพิจารณาซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional cements) ที่มีส่วนเหลวเป็นกรดพอลิคาร์บอกซิลิกซึ่งเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) อาทิเช่น พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (polycarboxylate cements) และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass-ionomer cements; GICs) เป็นต้น ซีเมนต์ประเภทนี้เกิดการก่อตัวด้วยปฏิกิริยากรด-ด่าง (acid-base reaction) ซึ่งกรดต้องอาศัยน้ำเพื่อแตกตัวให้ประจุ โดยประจุลบที่อยู่บนสายโซ่พอลิเมอร์นอกจากจะเกิดการเชื่อมขวางกับไอออนที่มีประจุบวกแล้ว ยังมีความเชื่อว่าประจุลบดังกล่าวสามารถเกิดพันธะกับแคลเซียมไอออนที่โครงสร้างของฟันได้ด้วย ดังนั้นจึงมีการกล่าวอยู่เสมอว่า “พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ สามารถยึดติดกับโครงสร้างของฟันด้วยพันธะเคมี” แต่กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีข้อเด่นกว่า พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ เพราะสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ ถึงอย่างไรก็ตามกลาสไอโอโนเมอร์ต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงเพื่อการก่อตัวที่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (resin-

modified glass-ionomer cements; RMGICs) โดยเกิดการก่อตัวด้วยปฏิกิริยากรด-ด่างและเกิดการพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการผสมส่วนมีฤทธิ์กรดและด่างเข้าด้วยกัน [13,17] ต่อมาได้มีการพัฒนาวัสดุที่เรียกว่า “คอมพอมเมอร์ (compomer)” ซึ่งเป็นวัสดุผสมระหว่างเรซิน คอมโพสิต และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ องค์ประกอบหลักของคอมพอมเมอร์ ประกอบด้วย 1) มอนอเมอร์ซึ่งอาจเป็น มอนอเมทาคริเลต หรือ ไดเมทาคริเลต หรือ มัลติเมทาคริเลต (mono-, di- or multi-methacrylate monomers) 2) ตัวริเริ่มปฏิกิริยา 3) พอลิคาร์บอกซิเลต (polycarboxylates) หรือ เมทาคริเลตมอนอเมอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิล (methacrylate monomers bearing pendant carboxylic) 4) วัสดุอัดแทรกประเภทแก้วที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ โดยคอมพอมเมอร์เป็นวัสดุที่ไม่ต้องทำการผสมก่อนใช้งาน การก่อตัวเกิดจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์และเมื่อวัสดุสัมผัสความชื้นจากเนื้อฟันหรือความชื้นในช่องปากทำให้เกิดปฏิกิริยากรด-ด่างระหว่างหมู่คาร์บอกซิลกับวัสดุอัดแทรก และปลดปล่อยฟลูออไรด์ตามมา [18]

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self-adhesive resin cements)

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ มีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ [6, 8,13,19]

1. ส่วนที่จะกลายเป็นเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) ประกอบด้วย
 - 1.1 เมทาคริเลตมอนอเมอร์ (methacrylate monomer) เป็นส่วนที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน และเกิดการเชื่อมต่อกันของสายพอลิเมอร์เป็นโครงข่ายร่างแห (polymer network) ตัวอย่างของมอนอเมอร์กลุ่มนี้ได้แก่ บีส-จีเอ็มเอ ยูรีเทนไดเมทาคริเลต ไทเรทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลต เป็นต้น
 - 1.2 แอดฮีซีฟมอนอเมอร์ (adhesive monomer or acid-functionalized monomer) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ปรับสภาพและยึดติดกับผิวฟัน โดยแอดฮีซีฟมอนอเมอร์จะมีหมู่ฟังก์ชัน (functional group) ที่เป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก หรือกรดฟอสฟอริก ตัวอย่างมอนอเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก ได้แก่ โฟร์เมตา (4-META: 4-methacryloxyethyl-trimellitate anhydride) และไพโรเมลลิทิกกลีเซอรอลไดเมทาคริเลต (pyromellitic glycerol dimethacrylate; PMGDM) ส่วนมอนอเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรด

ฟอสฟอริก ได้แก่ เอ็มดีพี (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; MDP) ฟีนิลพี (2-methacryloxyethyl phenyl hydrogen phosphate; Phenyl-P) บีเอ็มพี (bis (2-methacryloxyethyl) acid phosphate; BMP) และเพนทาพี (dipentaerythritol pentaacrylate monophosphate; Penta-P) เป็นต้น กรณีที่ใช้สารเหล่านี้เพื่อปรับสภาพชั้นสเมียร์นั้น มอนอเมอร์จะละลายสารประกอบอินทรีย์และแทรกซึมผ่านชั้นสเมียร์ไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของไฮดรอกซีอะพาไทต์บนผิวฟันและเกิดพันธะเคมี (chemical bond)

1.3 สารริเริ่มปฏิกิริยาและสารตัวกระตุ้น โดยสารริเริ่มปฏิกิริยา คือสารที่ทำให้เริ่มเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสงหรือสารเคมี ตัวอย่างสารริเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง ได้แก่ แคมฟอร์ควิโนนซึ่งถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวช่วงคลื่น 400-500 นาโนเมตร [20] ส่วนสารริเริ่มปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ เบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ ซึ่งจะถูกระตุ้นโดยเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction) กับอะโรเมติกเทอร์เชียรีเอมีน ซึ่งทำหน้าที่สารตัวกระตุ้น โดยสารริเริ่มปฏิกิริยาที่ใช้ใน เรซินซีเมนต์ เมื่อถูกระตุ้นจะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นและทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอไรเซชัน

หมายเหตุ สารกระตุ้นจะมีหรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยา

1.4 สารคงสภาพ (stabilizer) เป็นสารที่ช่วยยืดอายุวัสดุ

1.5 รงควัตถุ (pigments) เป็นสารที่ทำให้เกิดสีต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสวยงามเหมือนกับฟันธรรมชาติ

2. ส่วนของวัสดุอุดแทรก (filler) และ สารคู่ควบ (coupling agent)

การใส่วัสดุอุดแทรกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเรซินซีเมนต์ ตัวอย่างเช่น วัสดุอุดแทรกประเภทแก้ว (glass filler) คอลลอยดอลซิลิกา (colloidal silica) แก้วอะลูมิโนซิลิเกต (alumino-silicate glass) แก้วแบเรียมฟลูออโรอะลูมิโนโบโรซิลิเกต (barium fluoroaluminoborosilicate glass) อิทเทอร์เบียมฟลูออไรด์ (ytterbium fluoride) ปริมาณของวัสดุอุดแทรกมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางกายภาพของเรซินซีเมนต์ [21] นอกจากนี้บริเวณผิวของวัสดุอุดแทรกชนิดรีแอคทีฟ (reactive filler) สามารถเกิดปฏิกิริยากัด-ต่างกับแอดฮีซีฟมอนอเมอร์ ซึ่งส่งผลให้

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เข้าสู่สภาพความเป็นกลาง (neutralization) เร็วขึ้นจึงช่วยลดการดูดน้ำและการละลายตัวด้วยน้ำของเรซินซีเมนต์ได้

ส่วนสารคู่ควบจะทำหน้าที่ยึดส่วนเรซินเมทริกซ์และวัสดุอัดแทรกเข้าด้วยกัน โดยปลายด้านหนึ่งจะยึดกับมอนอเมอร์ในส่วนของเรซินเมทริกซ์ ส่วนอีกด้านหนึ่งจะยึดกับผิวของวัสดุอัดแทรก ตัวอย่างสารคู่ควบ เช่น แกมมา-เอ็มพีเอส (γ - MPS) หรือแกมมา เมทาคริลอักษิลโพรพิล ไทโรเมทอกซีไซเลน (γ - Methacryloxypropyltrimethoxysilane) [22]

ปฏิกิริยาก่อตัวของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ [5,13]

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ถูกผลิตออกมาในลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (paste) สองหลอด หรือในลักษณะส่วนผงกับส่วนเหลว เมื่อผสมทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization reaction) ส่วนใหญ่จะเกิดปฏิกิริยาได้ 2 ระบบ คือ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอไรเซชันที่กระตุ้นด้วยสารเคมี (chemical curing polymerization reaction) และปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอไรเซชันที่กระตุ้นด้วยแสง (light curing polymerization reaction)

เรซินซีเมนต์ชนิดที่ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอไรเซชันที่กระตุ้นด้วยสารเคมี หรือก่อตัวด้วยสารเคมี มักใช้ยึดชิ้นงานต่าง ๆ ที่แสงไม่สามารถส่องผ่านหรือความเข้มของแสงเข้าถึงได้จำกัด แต่เรซินซีเมนต์ชนิดที่ก่อตัวด้วยสารเคมี ก็มีข้อด้อยคือไม่สามารถควบคุมระยะเวลาการก่อตัวได้เมื่อเทียบกับเรซินซีเมนต์ชนิดที่กระตุ้นด้วยแสง จึงเกิดการพัฒนาระซินซีเมนต์ชนิดที่สามารถก่อตัวด้วยสารเคมีและด้วยแสงและเรียกเรซินซีเมนต์ชนิดนี้ว่า “dual curing resin cement” ซึ่งมีการศึกษาพบว่า degree of conversion ของ dual curing resin cement มีค่าสูงกว่าเรซินซีเมนต์ที่ก่อตัวด้วยเคมีเพียงอย่างเดียว [23] ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอไรเซชันของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เกิดขึ้นเมื่อตัวเริ่มต้นถูกกระตุ้นและแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่ตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน และเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชันตามมา เรซินซีเมนต์ส่วนมากที่เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวด้วยสารเคมีมักใช้เบนโซิลเปอร์ออกไซด์เป็นตัวเริ่มต้นและใช้อะโรเมติกเทอร์เชียรีเอมีนเป็นตัวกระตุ้น ส่วนชนิดที่ก่อตัวด้วยแสงมักนิยมใช้แคมฟอร์ควิโนนเป็นตัวเริ่มต้นและใช้แสงที่มีความยาวช่วงคลื่น 400-500 นาโนเมตรเป็นตัวกระตุ้น แต่ในเรซินซีเมนต์บางประเภทได้ใส่วัสดุอัดแทรกชนิดที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้ ก็จะทำให้เกิดกรดต่างกับมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด เมื่อมอนอเมอร์ดังกล่าวสัมผัสกับความชื้นและเกิดการ

แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) นอกจากนี้มีมอนอเมอร์ที่แตกตัวและเกิดประจุลบยังเกิดพันธะแคลเซียมในไฮดรอกซีอะพาไทต์ จากการที่มอนอเมอร์ทำปฏิกิริยากับวัสดุอัดแทรกและไฮดรอกซีอะพาไทต์ ทำให้เรซินซีเมนต์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เข้าสู่ความเป็นกลางได้เร็วขึ้น [5,21]

เนื่องจากเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ไม่มีการใช้สารเคมีเพื่อปรับสภาพผิวฟันก่อน ยังคงมีชั้นสเมียร์ปกคลุมที่ผิวฟันอยู่ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาระหว่างมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดกับผิวฟันที่อยู่ใต้ชั้นสเมียร์ [2,24,25] มีการศึกษาลักษณะของผิวฟันเมื่อสัมผัสกับ RelyX Unicem ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องผ่านและแบบส่องกราดพบว่า RelyX Unicem สามารถดึงแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันบริเวณผิวบนสุดได้เพียงเล็กน้อย เกิดรูพรุนขนาดเล็กไม่พบลักษณะชั้นไฮบริดที่รอยต่อของผิวเนื้อฟันกับซีเมนต์ แต่จะพบลักษณะขรุขระที่รอยต่อของผิวเนื้อฟันกับซีเมนต์ที่มีความหนาประมาณ 2 ไมโครเมตร นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเรืองรังสีเอกซ์จากเนื้อฟันโดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดไมโครสโกปี (Fourier Transform Infrared; FT-IR microscopy) พบว่า RelyX Unicem มีค่าเฉลี่ยร้อยละในการละลายแร่ธาตุ (demineralization) ออกจากเนื้อฟันต่ำที่สุดคือ 45.03 ในขณะที่ Panavia F ซึ่งมีขั้นตอนการทำด้วยสารไพรเมอร์เพื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อน มีค่าเฉลี่ยร้อยละในการละลายแร่ธาตุ เท่ากับ 51.99 และมีความลึกในการละลายแร่ธาตุที่ 0.95 ไมโครเมตร ส่วนการใช้กรดฟอสฟอริกของ Super-Bond C&B มีการละลายแร่ธาตुर้อยละ 100 และมีความลึก 4.17 ไมโครเมตร [2] การศึกษาการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันและการแทรกซึมของ BisCem พบว่ามีการละลายแร่ธาตุจากเนื้อฟันน้อยมากเช่นเดียวกับ RelyX Unicem [26]

ปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเรซินซีเมนต์ที่สูงเพียงพอเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เรซินซีเมนต์มีสมบัติด้านกายภาพและชีวภาพที่ดี การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่ไม่สมบูรณ์จะเหลือมอนอเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาอยู่มาก ส่งผลให้สมบัติด้านต่าง ๆ ของซีเมนต์ลดลง จากการทดลองปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยเคมีอย่างเดี่ยวของ RelyX Unicem, Multilink Sprint, Maxcem, BisCem ภายหลังผสมซีเมนต์ 10 นาที และเก็บไว้ในที่มืด พบว่าปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน คิดเป็นร้อยละได้ 11.05 ± 4.16 , 24.93 ± 5.59 , 14.32 ± 4.95 และ 10.82 ± 5.51 ตามลำดับ แต่เมื่อมีการกระตุ้นจากแสงร่วมด้วยปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทุกชนิดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 37.27 ± 5.01 , 40.39 ± 9.03 , 26.40 ± 4.19 และ 41.52 ± 15.56 ตามลำดับ [23]

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ RelyX Unicem มีค่าความทนแรงอัดเฉลี่ย 145 เมกะพาสคาล ขณะที่เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 และโททอลเอทซ์เรซินซีเมนต์ Variolink II มีค่าความทนแรงอัดเฉลี่ย 127 และ 57 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนการศึกษาค่ากำลังตัดขวาง พบว่า RelyX Unicem มีค่ากำลังตัดขวางเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 55 เมกะพาสคาล ขณะที่ Panavia F มีค่ากำลังตัดขวางเฉลี่ย 72 เมกะพาสคาล และ Variolink II มีค่ากำลังตัดขวางเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 90 เมกะพาสคาล [30]

ค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ (vicker microhardness) ของชั้นทดสอบที่ผ่านการแช่ไว้ในน้ำ 24 ชั่วโมง พบว่า Rely X Unicem , Panavia F 2.0 และ Variolink II มีค่าความแข็งผิวเท่ากับ 44, 35 และ 32 ตามลำดับ [30] ในขณะที่ค่าความแข็งผิวของเนื้อฟันมีค่าเท่ากับ 60 และค่าความแข็งผิวของเคลือบฟันเป็น 408 [6]

การผสมสัดส่วนของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ Maxcem โดยบิบบัสดูจากหลอดที่เป็นตัวกระตุ้นน้อยกว่าร้อยละสิบของหลอดที่เป็นเนื้อเรซินซีเมนต์ มีผลทำให้ค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ และค่ากำลังตัดขวางลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความแข็งผิวแบบวิกเกอร์และค่ากำลังตัดขวาง ของ Panavia F 2.0 มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ถึงแม้จะผสมในสัดส่วนที่ไม่เป็นไปตามคำแนะนำของบริษัท ส่วนการสึกจากการขัดถู (abrasive wear) ของ Panavia F 2.0 มีค่าน้อยกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ขณะที่ Maxcem ที่ก่อตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีเพียงอย่างเดียวซึ่งมีการสึกที่ใกล้เคียงกับซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ [31]

การสึกจากการขัดถูด้วยแปรงสีฟันเพื่อประยุกต์ใช้ในทางคลินิกทำการศึกษาโดยใช้ RelyX Unicem และซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ ยึดแผ่นเซรามิกที่ทนต่อการสึกโดยให้ซีเมนต์อยู่ในช่องเปิดที่แคบ (cement-filled slots) ระหว่างเซรามิกสองแผ่นพบว่าซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์มีการสึกจากการขัดถูด้วยแปรงสีฟันมากกว่า RelyX Unicem อย่างมีนัยสำคัญ [32] เมื่อศึกษาการสึกด้วยเครื่องจำลองการสึก (ACTA wear machine) ที่มีการใช้แรงขัดมากกว่าการใช้แปรงสีฟันพบว่า Variolink II, Clearfil SA cement และ RelyX Unicem มีการต้านทานต่อการสึกจากมากไปหาน้อยตามลำดับ [33]

การกัดกร่อน (erosion) ของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ G-Cem, Maxcem, SmartCem และ RelyX Unicem พบว่าเกิดการกัดกร่อนที่ผิวเมื่อสัมผัสกับกรดอะซิติก (acetic acid) และอะซีโตน (acetone) โดย RelyX Unicem มีถูกกัดกร่อนน้อยที่สุด [21] เซลฟ์แอดฮีซีฟเร

ซินซีเมนต์จะถูกกรดกัดกร่อนได้มากกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุอุดเรซิน คอมโพสิตเนื่องจากเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์มีความชอบน้ำมากกว่า (hydrophilicity) จึงทำให้มีการกัดกร่อนละลายได้จากกรดที่สัมผัส ซึ่งกรดเหล่านี้จะทำให้เกิดการกัดกร่อนโดยทำปฏิกิริยากับทั้งมอนอเมอร์ที่เป็นกรดในเนื้อเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์และที่ผิวของวัสดุอุดแทรกที่เป็นต่าง [33] กล่าวโดยสรุปคือสมบัติด้านความแข็งแรง ความแข็งผิวและการต้านทานต่อการสึก ของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์มีสมบัติต่ำกว่าเล็กน้อยถึงเทียบเท่ากับเรซินซีเมนต์อื่น แต่มีสมบัติดีกว่าเมื่อเทียบกับซีเมนต์ดั้งเดิม ได้แก่ ซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ พอลิคาร์บอซิลเลตซีเมนต์ และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการดูดน้ำของเรซินซีเมนต์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สมบัติเชิงกลของเรซินซีเมนต์ลดลง [34]

การรั่วซึมระดับจุลภาค (Microleakage)

การรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) [36-37] หมายถึงการรั่วซึมระหว่างวัสดุบูรณะกับโพรงฟัน ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้ทางคลินิก จึงทำให้แบคทีเรีย ของเหลว โมเลกุล และประจุชนิดต่างๆ สามารถผ่านเข้าออกระหว่างท่อเนื้อฟันกับวัสดุบูรณะได้

วิธีการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค มีหลายวิธี ได้แก่ [37-39]

1. การใช้สีย้อม (dye) เป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุด และเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด สีย้อมที่ใช้มีหลายชนิด เช่น สารละลายเบสิกฟุชซิน (Basic fuchsin) สารละลายเมทิลีนบลู (Methylene blue) สารละลายโทลูอิดีน (Toluidine) สารละลายโรดามีน บี (Rhodamine B) เป็นต้น มีข้อดี คือ ปลอดภัย ประหยัดค่าใช้จ่าย เตรียมง่าย ไม่ต้องผ่านกระบวนการทางเคมีหรือสารรังสี ข้อด้อย คือ เกิดความผิดพลาดในการประเมินผลการรั่วซึมได้ง่าย ผลการตรวจที่ได้เป็นระดับคะแนนหรือระดับอัตรา (scale) และการอ่านค่าการรั่วซึมขึ้นอยู่กับความรู้สึก (subjective)
2. การใช้สารเคมี (chemical tracers) ส่วนใหญ่ใช้สารเคมีที่ไม่มีสี 2 ชนิดให้รวมตัวกันเกิดเป็นสารที่บ่งแสง โดยนิยมใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate) เข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก นำมาทำปฏิกิริยากับน้ำยาล้างภาพ (photographic developing solution) ข้อดี คือ วัดผลได้เที่ยงตรงมากขึ้น

เนื่องจากมีสีเข้มชัดเจน ส่วนข้อด้อยนั้นเหมือนกรณีใช้สีย้อมคือ การอ่านค่า การร่วซึมที่ขึ้นอยู่กับความรู้สึกรู้สึก

3. การใช้สารรังสี (radioactive tracer) เป็นการใช้สารรังสีไอโซโทป (isotope) เพื่อประเมินการร่วซึมซึ่งมีวิธีเช่นเดียวกับสีย้อม สารรังสีที่นิยมมาใช้ ได้แก่ Ca^{45} , C^{14} , I^{131} และ Na^{22} ข้อดี คือ สารรังสีมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับสีย้อม ข้อด้อย คือ การใช้สารรังสีต้องระมัดระวังความปลอดภัยสูง ค่าใช้จ่ายสูง และมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการแปลผลผิดพลาดได้ง่าย เช่น การกระเจิงแสงของไอโซโทปที่มีพลังงานสูง ระยะเวลาวัดดูใกล้ทำให้ได้ภาพที่ขยาย เป็นต้น
4. การใช้แบคทีเรีย (bacteria) เป็นวิธีการทดสอบการร่วซึมที่ขอบวัสดุบูรณะ โดยการเพาะเชื้อแบคทีเรียที่เนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะ เพื่อประเมินว่าแบคทีเรียสามารถผ่านเข้าไปใต้วัสดุบูรณะได้หรือไม่ ปัจจุบันไม่นิยมใช้วิธีนี้เนื่องจากขนาดของแบคทีเรียใหญ่กว่ามากเมื่อเทียบกับขนาดของไฮโดรเจนไอออนหรือสารพิษจากแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังเป็นการวัดได้เพียงแค่ว่ามีหรือไม่มีเชื้อแบคทีเรียเท่านั้น
5. การใช้แรงดันอากาศ (air pressure) เป็นการใช้ทดสอบการร่วซึมโดยใช้อากาศอัดผ่านคลองรากฟันและวัดการร่วซึมของอากาศที่รอยต่อของวัสดุบูรณะภายในน้ำ ข้อดี คือ ชิ้นงานไม่ถูกทำลาย ข้อด้อย คือ ตรวจสอบการร่วซึมได้เฉพาะกรณีที่มีการร่วซึมโดยตลอดจากผนังฟันจนถึงขอบนอกของวัสดุบูรณะ
6. การสร้างฟันผุจำลอง (artificial caries) เป็นการใช้สารเคมีหรือเชื้อแบคทีเรียจำลองการสร้างลักษณะฟันผุซ้ำที่รอยต่อของฟันกับวัสดุบูรณะ วัดรอยฟันผุที่เกิดขึ้นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarized light microscope) และภาพถ่ายรังสีไมโคร (microradiography) ซึ่งจะสามารถวัดระดับการสูญเสียแร่ธาตุของผิวฟันได้
7. การกระตุ้นนิวตรอน (neutron activation analysis) ศึกษาการร่วซึมโดยการแช่ชิ้นงานในสารละลายเกลือแมงกานีส (manganese salt) ที่ไม่ปล่อยรังสี เกลือแมงกานีสจะเกาะผิวฟันทั้งหมด ซึ่งจะถูกล้างออกจนหมด แล้วกระตุ้นให้แมงกานีสที่แทรกซึมอยู่ให้กลายเป็นสารที่ปล่อยรังสี วัดรังสีปริมาณรังสีที่

ออกมาต่อพื้นหนึ่งซี่ ข้อดี คือ วัดข้อมูลออกเชิงปริมาณได้ ข้อด้อย คือ วิธีทำยุ่งยากมาก ค่าใช้จ่ายสูง จะต้องระวังอันตรายจากรังสี

8. การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) เป็นการวัดกระแสไฟฟ้าที่จะครบวงจรผ่านช่องว่างของวัสดุบูรณะกับพื้น กระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงบ่งชี้ถึงระยะช่องว่างภายในวัสดุบูรณะ ข้อดี คือ วัดข้อมูลเชิงปริมาณได้ ข้อด้อย คือ ไม่สามารถใช้กับวัสดุบูรณะได้ทุกชนิด เช่น กลาสไอโอโนเมอร์ และ วัสดุบูรณะที่เป็นโลหะ
9. การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด เป็นวิธีการศึกษาความแนบสนิทของวัสดุบูรณะกับขอบพื้น โดยทำให้เห็นรอยต่อของวัสดุบูรณะกับขอบของโพรงฟันด้วยกำลังขยายที่สูงกว่ามีความแนบสนิทหรือมีช่องว่างหรือไม่ ข้อดี คือ มองเห็นรอยต่อของชิ้นงาน สามารถเตรียมชิ้นงานเพื่อลดข้อผิดพลาดจากการตัดโดยการรีใช้แบบจำลอง (replica) ข้อด้อย คือ มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ราคาแพง ไม่เห็นรอยรั่วซึมด้านในเหมือนวิธีการใช้สีย้อม
10. การวัดการรั่วซึมแบบสามมิติ (three-dimensional evaluation) เป็นวิธีวัดการรั่วซึมโดยการทำให้ฟันอ่อนตัวลงแล้วดึงชิ้นงานบูรณะออกมา วัดการแทรกซึมของสีโดยใช้กล้องไมโครสโคปีและถ่ายภาพดิจิทัลซึ่งจะถ่ายใน 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน 120 องศา ภาพที่ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นภาพถ่ายสามมิติซึ่งทำให้เห็นรูปแบบการรั่วซึมและระดับการแทรกซึมของสีย้อม ข้อดี คือ สามารถวัดค่าการรั่วซึมเป็นข้อมูลเชิงปริมาณได้ ข้อด้อย คือ ขั้นตอนยุ่งยาก [39]

การรั่วซึมระดับจุลภาควัสดุบูรณะทางทันตกรรมมีการศึกษามานาน โดยทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (in vitro) เนื่องจากทำงาน สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่ขัดต่อหลักจริยธรรม [35] ในปี 1952 Nielsen และคณะได้ ศึกษาการรั่วซึมระหว่างวัสดุบูรณะกับโพรงฟันซึ่งก่อให้เกิดการผ่านเข้าออกของของเหลวในช่องปาก และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ marginal percolation” [40]

สิ่งสำคัญในการบูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะทางทันตกรรม นอกจากกำจัดฟันผุแล้ว กรณีที่มีการสูญเสียเคลือบฟัน การใช้วัสดุบูรณะปิดเนื้อฟันจากสภาวะต่าง ๆ ในช่องปากจะช่วย ป้องกันฟันผุและภัยอันตรายที่จะมีต่อโพรงประสาทฟันในอนาคต ดังนั้นหากมีการรั่วซึมที่รอบต่อ ของวัสดุบูรณะและเนื้อฟันจะก่อให้เกิดการติดเชื้อ เสียวฟัน ฟันผุ โพรงประสาทฟันอักเสบ รวมถึงการ สูญเสียวัสดุบูรณะได้ [41]

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรั่วซึม เช่น วัสดุบูรณะฟัน (dental restoration) กาวที่ใช้ยึด (luting agents) โครงสร้างของฟัน (tooth structure) รวมทั้งวิธีในการบูรณะและทันตแพทย์ เป็นต้น [42] สาเหตุของการรั่วซึมที่รอยต่อของวัสดุบูรณะและเนื้อฟันอาจเกิดขึ้นได้จากหนึ่งปัจจัย หรือ หลายปัจจัยประกอบกัน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดการรั่วซึมที่สำคัญ คือ การหดตัวของวัสดุที่มี ส่วนประกอบของเรซิน (resin-base restorative materials) จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน กล่าวคือ แรงเครียดที่เกิดจากการหดตัวของวัสดุที่บริเวณรอยต่อมากกว่าแรงยึดติดของวัสดุ นั้น ๆ ก็จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุบูรณะกับฟัน (marginal gap) [41-42]

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการรั่วซึมระดับจุลภาค การศึกษาการ รั่วซึมระดับจุลภาค ส่วนใหญ่ใช้ฟันธรรมชาติที่ถูกถอนที่ปราศจากรอยผุและวัสดุบูรณะ การรั่วซึม ระดับจุลภาคในฟันวัว (bovine teeth) เปรียบเทียบกับฟันมนุษย์ พบว่าฟันวัวมีการรั่วซึมมากกว่า ฟันมนุษย์ภายใต้สภาวะเดียวกัน [43]

ลักษณะของโพรงฟันที่ใช้ศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาค แบ่งได้เป็น โพรงฟัน ประเภทที่ 5 (Class V cavity) โดยให้ขอบด้านหนึ่งอยู่บนเนื้อฟันและขอบอีกด้านอยู่ต่ำกว่าระดับ คอฟัน เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมที่เกิดขึ้นที่เคลือบฟันและเนื้อฟันบนฟันซี่เดียวกัน [44] ในกรณีที่ เป็นโพรงฟันประเภทที่ 2 (Class II MOD cavity) ให้โพรงฟันด้านหนึ่งอยู่บนเคลือบฟันและโพรง ฟันอีกด้านอยู่บนเนื้อฟันเช่นเดียวกัน [45] โดยพบว่าฟันที่ใช้ในการศึกษาแต่ละซี่มีปัจจัยที่ไม่ สามารถควบคุมได้ เช่น อายุที่ถูกถอน แรงบดเคี้ยวที่ส่งผลต่อสภาพฟันจากการใช้งานก่อนถูกถอน ฟัน เป็นต้น ทำให้ฟันแต่ละซี่มีสภาวะที่รอยต่อของวัสดุบูรณะแตกต่างกันได้ และส่งผลต่อรูปแบบ ของการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage pattern) [35]

การเก็บรักษาฟันที่ถูกถอนก่อนและหลังทำการทดสอบเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้อง ควบคุม ถึงแม้ว่าฟันที่ถูกถอนใหม่ให้ผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือมากกว่าแต่เนื่องจากจะต้อง รวบรวมปริมาณฟันให้ได้จำนวนหนึ่ง จึงควบคุมได้เพียงแค่ระยะเวลาตั้งแต่ถูกถอนฟันจนถึงเริ่มทำ

การทดลอง โดยเก็บฟันในสารและสภาวะแวดล้อมที่จะรักษาสภาพฟันให้ดีที่สุด สารที่ใช้ในการเก็บรักษาฟัน ได้แก่ น้ำกลั่น (distilled water) น้ำเกลือ (saline) สารละลายไทมอล (thymol) สารละลายคลอรามีน (chloramine) และ สารละลายเอไซด์ (azide) เป็นต้น ส่วนการเก็บรักษาฟันภายหลังจากบูรณะฟันและก่อนทำการทดสอบ เก็บไว้ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงถึง 7 วัน จากการศึกษาของ Besnault และ Attal พบว่าการบูรณะฟันที่ 37 องศาเซลเซียส มีการรั่วซึมระดับจุลภาคมากกว่าที่ 20 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ [46]

การกระตุ้นจากภายนอก (external stimuli) เป็นการเลียนแบบให้ใกล้เคียงกับการใช้งานในช่องปาก ส่วนใหญ่ใช้วิธีเทอร์โมไซคลิก (thermocycling) โดยให้ชิ้นงานทดสอบแช่ในน้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 5 องศาเซลเซียส [47] ถึง 55 องศาเซลเซียส [48] ระยะเวลาที่แช่แตกต่างกันตั้งแต่ 15 วินาที จนถึง 60 วินาที ระยะเวลาที่พักระหว่างเปลี่ยนอุณหภูมิแตกต่างกัน ยังไม่สามารถประเมินได้ว่าการผ่านกระบวนการเทอร์โมไซคลิกสามารถเลียนแบบการใช้งานในช่องปากได้อย่างน่าเชื่อถือมากนักองเพียงใด [35]

การวัดการรั่วซึมระดับจุลภาคที่นิยมมากที่สุด มีประสิทธิภาพ เตรียมง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย ได้แก่ การแช่ชิ้นตัวอย่างด้วยสารละลายสีย้อม (dye penetration) ซึ่งเมื่อตัดชิ้นงานตามขวาง (cross-section) แล้วสามารถนำมาตรวจดูการรั่วซึมภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereomicroscope) ที่มีกำลังขยาย 10-70 เท่า [50] ความเข้มข้นและระยะเวลาในการย้อมมีผลต่อการแทรกซึมของสีย้อม พบว่าการใช้สารละลายเบสิกฟลูออรีนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพเพื่อการศึกษาเรื่องรั่วซึมที่ดี สารนี้มีสีแดงเห็นชัดเจน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 3.5 อนุภาคของสีย้อมมีขนาดเล็กมากประมาณ 549-555 นาโนเมตร ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับเชื้อแบคทีเรีย สามารถเข้าไปจับโครงสร้างของฟันในส่วนของอินทรีย์สารได้ดีจึงเหมาะสมในการวัดการรั่วซึมที่เนื้อฟัน ส่วนบริเวณเคลือบฟันมีอินทรีย์สารมากจึงทำให้ติดสีได้น้อย [50]

การวัดการรั่วซึมระดับจุลภาค วัดที่รอยต่อระหว่างวัสดุบูรณะกับฟันโดยมีวิธีหรือกำหนดกฎเกณฑ์ (protocol) ได้หลายแบบ เช่น กำหนดค่าการรั่วซึมเป็นระดับอัตรา ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้บ่อย ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์โดยใช้สถิติไร้พารามิเตอร์ (non-parametric statistics) การวัดระยะทางที่สีย้อมแทรกซึมเข้าไปจากขอบ เพื่อนำข้อมูลวิเคราะห์ด้วยสถิติพารามิเตอร์ (parametric statistics) [35]

การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการรั่วซึมระดับจุลภาคของครอบฟันที่ยึดด้วยซีเมนต์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 จนถึง 2009 นั้นสรุปว่า ไม่สามารถนำข้อมูลจากการศึกษาต่าง ๆ นำมาแปลงเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative synthesis of data) ได้ เนื่องจากมีความแตกต่างทั้งในกระบวนการศึกษา วิธีการทดลอง และผลการทดลอง [51] มีหลายการศึกษาที่พยายามใช้วัสดุบูรณะที่แตกต่างกัน ใช้สารยึดติดระบบต่าง ๆ เพื่อลดการเกิดการรั่วซึมระดับจุลภาค แต่ปัจจุบันยังไม่มียุทธศาสตร์ที่สามารถป้องกันการเกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคได้อย่างสมบูรณ์ [52-53] แต่เรซินซีเมนต์ที่ดีควรมีความสามารถในการแผ่แนบไปกับพื้นหลักและปิดผนึกบริเวณขอบ (seal margin) ได้สนิท เพื่อช่วยป้องกันการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จในการบูรณะ [54]

ความแนบสนิทของขอบ (marginal adaptation) และความต้านทานต่อการรั่วซึม (seal against leakage) ของซีเมนต์ที่ใช้ยึดครอบฟันเซรามิกบนเนื้อฟันที่ผ่านกระบวนการเร่งอายุโดยการทำเทอร์โมไซคลิกและการจำลองการบดเคี้ยวทางกล (mechanical loading) พบว่าเซลฟ์แอตช์ซีฟเรซินซีเมนต์ RelyX Unicem มีความแนบสนิทเท่ากับโททอลเอทซ์เรซินซีเมนต์ Valiolink และพบว่า RelyX Unicem มีการรั่วซึมน้อยกว่า Valiolink [54]

ความแนบสนิทที่ขอบของเซรามิกอินเลย์ชนิดเอ็มโอดี (MOD ceramic inlay) ที่ยึดด้วยเซลฟ์แอตช์ซีฟเรซินซีเมนต์ Rely X Unicem โททอลเอทซ์เรซินซีเมนต์ Variolink II เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ดัดแปลงด้วยเรซิน Fuji Plus และคอมพอมเมอร์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด (self-etch adhesive) Direct Cem Plus เมื่อผ่านกระบวนการเทอร์โมไซคลิกและการจำลองสภาพการบดเคี้ยวทางกล เปรียบเทียบความแนบสนิทของขอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดและการแทรกซึมของสี พบว่า RelyX Unicem และ Panavia F มีความแนบสนิทที่ขอบและการรั่วซึมไม่แตกต่างกัน ส่วน Fuji Plus และ Direct Cem Plus มีความแนบสนิทของขอบที่น้อยกว่าและมีการรั่วซึมมากกว่า [55]

ความสมบูรณ์ที่ขอบ (marginal integrity) ของเซรามิกอินเลย์ที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ระบบได้แก่ 1) เซลฟ์แอตช์ซีฟเรซินซีเมนต์ RelyX Unicem และ Maxcem 2) เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F2.0 และ Multilink 3) โททอลเอทซ์เรซินซีเมนต์ Variolink II และ Calibra โดยขึ้นทดสอบได้ผ่านกระบวนการเทอร์โมไซคลิกและการจำลองสภาพการบดเคี้ยวทางกล และศึกษาความสมบูรณ์ที่ขอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดพบว่า RelyX Unicem มีขอบที่แนบสนิทกับเนื้อฟันเท่ากับเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ แต่ความแนบสนิทที่เคลือบฟันกลับมีค่าน้อยกว่าเรซิน

ซีเมนต์ระบบโททอลเอทซ์ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ Maxcem มีขอบที่แนบสนิทกับเคลือบฟันและเนื้อฟันน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์ชนิดอื่น [56]

ส่วนการทดสอบการรั่วซึมของแผ่นปิดหน้าฟัน (ceramic veneer) บนเนื้อฟันเมื่อใช้เซฟต์แอนด์ซีซีไฟเรซินซีเมนต์ RelyX Unicem พบว่ามีการรั่วซึมน้อย เมื่อเทียบกับการปิดหน้าฟันบนเคลือบฟันดังนั้นจึงมีผู้แนะนำว่าไม่ควรใช้ RelyX Unicem ยึดแผ่นปิดหน้าฟัน บนเคลือบฟันเว้นแต่จะมีการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดเสียก่อน [57]

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

กลุ่มตัวอย่างเป็นฟันกรามใหญ่แท้ของมนุษย์ที่ปราศจากรอยผุ รอยร้าว หรือการบูรณะใด ๆ โดยจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 10 ซี่ต่อกลุ่ม

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. เรซิน คอมโพสิตสี A1 ผลิตภัณฑ์ Tetric[®]-N Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)
2. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X[™]U100 (3M ESPE, USA)
3. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Clearfil[™]SA Cement (Kuraray Co., Japan)
4. เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia[™]F 2.0 (Kuraray Co., Japan)
5. เข็มกรอเร็วจากเพชร (204, Intensive, Grancia, Switzerland)
6. แผ่นขัดเรซิน คอมโพสิต (Sof-lex[™] disc, 3M ESPE, USA)
7. วัสดุซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (Aquasil Ultra[™] light body, Dentsply, Milford, USA)
8. วัสดุซิลิโคนชนิดพัทตี (Aquasil Ultra[™] putty, Dentsply, Milford, USA)
9. สโตนประเภทที่ 4 (Type IV stone, Fuji Rock, GC, Tokyo, Japan)
10. ดายสเปเซอร์ (die spacer, Pico fit[™], Renfert, Hilzingben, Germany)
11. สีทาเล็บ (Nail varnish, Lustrous[®], Thailand)
12. คลอรามีน-ที (Chloramine-T, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)
13. สารละลายเบสิกฟุชซิน (Basic fuchsin dye solution, Harleco[®], Merck, Darmstadt, Germany)
14. อะคริลิกชนิดบ่มเอง (Autopolymerizing acrylic resin, Unifast Trad[™], GC, USA)

15. ชี๊ผึ้งเหนียว (Sticky wax, Kemdent, Associated Dental Products Ltd., UK)
16. กระดาษซับรูปกรวยแหลม (Absorbent point™, Dentsply, Milford, USA)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องฉายแสง (Light curing unit, Elipar™ Halogen 2500, 3M ESPE, USA)
2. เครื่องกรอพื้นแบบเคลื่อนที่ (Mobile unit, Super mobile 85, Thai Dental Products, Thailand)
3. เครื่องตัดพื้นความเร็วต่ำ (Slow speed cutting machine, Model IsoMet, Buehler, USA)
4. กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereo-microscope, ML 9300 Meiji Techno Co., Ltd. Japan)
5. เครื่องวัดขนาดชนิดดิจิทัล (Digital vernier caliper, Mitutoyo, Japan)
6. นาฬิกาจับเวลาชนิดดิจิทัล (Stop Watch Timer 333)
7. เครื่องมือวัดความลึกร่องเหงือก (Periodontal probe, Hu-Friedy, USA)
8. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm series five, Contherm Scientific Ltd., New Zealand)
9. แว่นขยายแบบตั้งโต๊ะ (Magnifying glass, Tonan Asia Autotech Co., Ltd., Thailand)
10. เครื่องอัลตราโซนิก (Brasonic ultrasonic cleaner, Branson 5210, Germany)
11. เครื่องมือขูดหินน้ำลายซิกเกิล (Sickle, #1 Anterior Double End Nevi Scaler, Hu-Friedy, Germany)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ศึกษา

Resin cement	Manufacturer	Lot number	Composition
RelyX™ U100	3M USA	ESPE, 405969	Methacrylated phosphoric esters, Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), dimethacrylates, acetate, initiators, stabilizers, glass fillers, silica, calcium hydroxide (filler=72 wt%; avg. <math><9.5 \mu\text{m}</math>)
Clearfil™ SA Cement	Kuraray Co., Ltd, Japan	0187AA	Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA), Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), MDP, barium glass filler, colloidal silica, surface treated sodium fluoride activator, initiators, stabilizers, accelerators (filler=66 wt%; 45 vol%; avg.2.5 μm)
Panavia™ F 2.0	Kuraray Co., Ltd, Japan	51338	Primer A: HEMA, 10-MDP, 5-NMSA, water, accelerator ; Primer B : 5-NMSA, water, accelerator, sodium benzene sulfinate Paste A: 10-MDP, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate, hydrophobic dimethacrylate, silanated silica, photoinitiator, dibenzoyl peroxide; Paste B: hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate, hydrophobic dimethacrylate, sodium aromatic sulfinate, accelerator, sodium fluoride, silanated barium glass (filler content=76 wt%)

การเก็บฟัน

ฟันกรามใหญ่แท้ของมนุษย์ จำนวน 90 ซี่ ถอนไม่เกิน 6 เดือน โดยฟันทุกซี่ต้องมีขนาดให้ใกล้เคียงกัน และต้องไม่มีรอยร้าว รอยผุ หรือวัสดุบูรณะใด ๆ หลังจากถอนฟันล่างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดเลือด จากนั้นทำความสะอาดซี่ฟัน โดยกำจัดหินน้ำลาย คราบสี และเนื้อเยื่อออกจากตัวฟัน แล้วแช่ในสารละลายคลอรามิน-ที (Chloramine-T) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นเก็บฟันไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนน้ำกลั่นที่แช่ฟันทุก ๆ 1 สัปดาห์ จนกว่านำไปทดสอบ

หมายเหตุ การทดสอบครั้งนี้ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ จธ.22/2554 ซึ่งแนบเอกสารหลักฐานในส่วนภาคผนวก

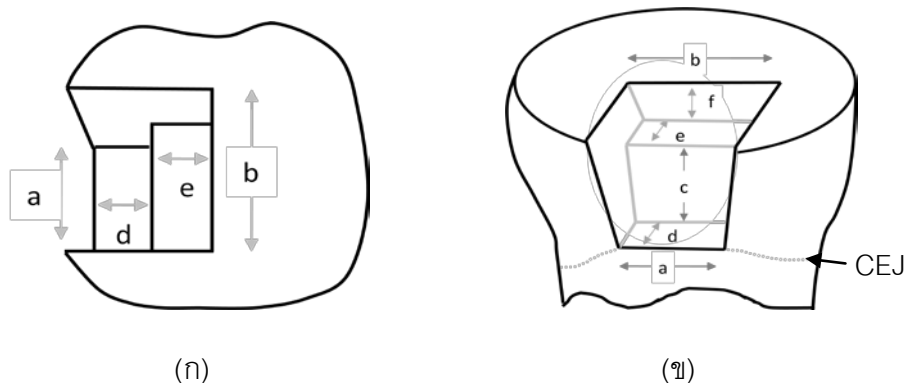
การเตรียมโพรงฟัน

วัดระยะจากแนวรอยต่อของเคลือบผิวฟันและเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction CEJ) ขึ้นไปทางด้านบดเคี้ยว 6 มิลลิเมตรแล้ววัดด้วยหมึกที่ไม่ละลายน้ำ ตัดด้านบดเคี้ยวของฟันออกตามแนวที่วัดไว้ โดยใช้เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ (Slow speed cutting machine, Model IsoMet, Buehler, USA) ภายใต้น้ำระบายความร้อนตลอดเวลาด้วยความเร็ว 350 รอบต่อนาที (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การตัดส่วนบดเคี้ยวของซี่ฟันโดยมีน้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลาของการตัดแต่ง

จากนั้นนำฟันฝังส่วนรากฟันลงในท่อพลาสติกพีวีซี ด้วยยิปซัมทางทันตกรรมที่ผสมผง พัมมิช (pumice) (อัตราส่วน 3:1 โดยน้ำหนัก) เพื่อให้ง่ายต่อการแกะซี่ฟันออกในภายหลัง ระดับการฝังซี่ฟันนี้ให้รอยต่อของเคลือบผิวฟันและเคลือบรากฟัน สูงกว่าขอบของท่อพลาสติกประมาณ 3 มิลลิเมตร และให้ด้านบดเคี้ยวขนานกับแนวระนาบ (horizontal plane) กรอแต่งโพรงฟันประเภทที่ 2 ที่ด้านใกล้กลาง เริ่มจากลากเส้นที่รอยต่อของเคลือบผิวฟันและเคลือบรากฟัน ให้มีความกว้างประมาณ 4 ± 0.5 มิลลิเมตรและพาดขึ้นสู่ด้านบดเคี้ยวซึ่งมีขนาดความกว้างประมาณ 5 ± 0.5 มิลลิเมตร และกรอแต่งให้มีขนาดและรูปร่างดังรูปที่ 2 ก. และ ข. โดยใช้เข็มกรอเร็วจากเพชรความละเอียด 100 ไมโครเมตร (204, Intensive, Grancia, Switzerland) กรอด้วยความเร็วสูง มีน้ำระบายความร้อนตลอดเวลา ด้วยแรงกดหัวกรอประมาณ 100 กรัม ทำการเปลี่ยนเข็มกรอเร็วจากเพชรทุก ๆ 5 ซี่ และลบมุมแหลมคมด้วยหินกรอสีขาว (white stone bur) โดยฟันที่กรอแต่งเสร็จจะมีรูปร่างดังรูปที่ 3 ก. และ ข.



รูปที่ 2 แสดงลักษณะขนาดของโพรงฟันที่ใช้ในการวิจัยเมื่อมองจาก (ก) ด้านบน และ (ข) ด้านข้าง

a คือ ความกว้างด้านเหงือก ประมาณ 4 ± 0.5 มิลลิเมตร

b คือ ความกว้างด้านบดเคี้ยว ประมาณ 5 ± 0.5 มิลลิเมตร

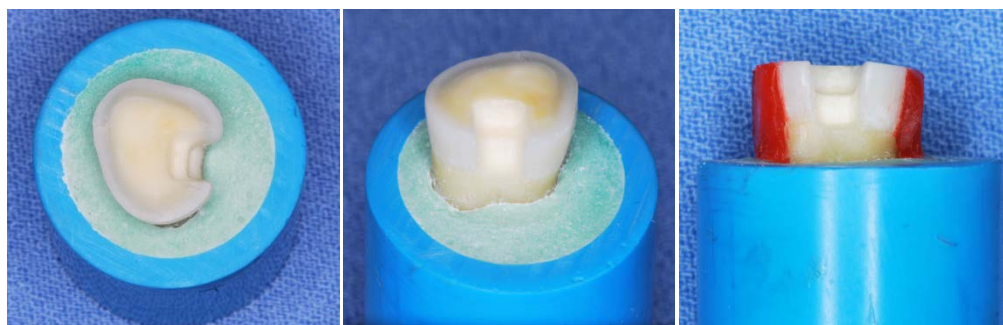
c คือ ความสูงด้านติดโพรงเนื้อเยื่อใน (ส่วนล่าง) ประมาณ 4 ± 0.5 มิลลิเมตร

d คือ ความลึกด้านเหงือก ประมาณ 1.7 ± 0.3 มิลลิเมตร

e คือ ความลึกด้านบดเคี้ยว ประมาณ 1.7 ± 0.3 มิลลิเมตร

f คือ ความสูงด้านติดโพรงเนื้อเยื่อใน (ส่วนบน) ประมาณ 2 ± 0.5 มิลลิเมตร

วัดความกว้างของโพรงฟันด้วยเครื่องวัดขนาดชนิดดิจิทัล (Digital vernier caliper, Mitutoyo, Japan) โดยให้ปลายทั้งสองของเครื่องวัดแตะที่ผนังด้านของโพรงฟัน และใช้เครื่องมือวัดความลึกร่องเหงือก (Periodontal probe, Hu-Friedy, USA) เพื่อวัดส่วนความลึกและความสูงของโพรงฟัน จากนั้นนำฟันที่เตรียมโพรงฟันเรียบร้อยแล้ว ตรวจสอบภายใต้ไมโครไฟแว่นขยายแบบตั้งโต๊ะ (Magnifying glass, Tonan Asia Autotech Co., Ltd. Thailand) ที่มีกำลังขยาย 5 เท่า เพื่อตรวจดูรอยร้าวที่อาจเกิดขึ้น หากมีรอยร้าวฟันชิ้นนั้นจะถูกคัดออกและเตรียมโพรงฟันด้วยฟันซี่ใหม่ ทำการเก็บรักษาฟันที่เตรียมโพรงฟันเสร็จแล้วโดยแช่ในน้ำกลั่นและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3 ลักษณะของโพรงฟันที่กรอแต่งเสร็จแล้วเมื่อมอง (ก) ด้านบน (ข) ด้านข้าง และ (ค) แสดงการปิดส่วนคอดที่ซี่ฟันด้วยซีฟิ่งก่อนพิมพ์ด้วยวัสดุซิลิโคน

การทำอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์

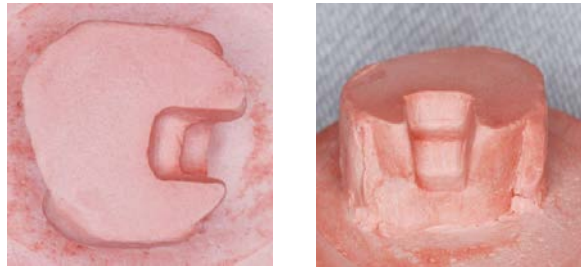
ทำการปิดส่วนคอดที่ซี่ฟันด้วยซีฟิ่ง (รูปที่ 3 ค) และพิมพ์แบบโพรงฟันด้วยวัสดุแอดดิชันซิลิโคน (Addition silicone) โดยใช้ไลท์บอดี้ (Aquasil Ultra™ light body, Dentsply, Milford, USA) ฉีดให้ทั่วโพรงฟันแล้วพิมพ์ทับด้วยพัตตี (Aquasil Ultra™ putty, Dentsply, Milford, USA) เมื่อวัสดุพิมพ์แข็งตัวเต็มที่แล้วนำซี่ฟันออกจากกรอยพิมพ์ และรอ 30 นาทีเพื่อให้วัสดุคืนตัว จากนั้นเทแบบถอด (die) ด้วยสโตนประเภทที่ 4 (Type IV stone, Fuji Rock®, GC, Tokyo, Japan) รอให้สโตนแข็งตัวเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแบบถอดออกมาจากกรอย

พิมพ์ (รูปที่ 4 ก และ ข) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบถอดภายใต้โคมไฟแว่นขยาย หากมี ฟองอากาศหรือได้แบบถอดที่ไม่สมบูรณ์ ทำการเทแบบถอดใหม่ โดยรอ 30 นาทีก่อนเทแบบถอด ใหม่ทุกครั้ง เขียนขอบเขตโพรงฟันบนแบบถอดด้วยดินสอสีแดง

ที่ฟันที่ผ่านการพิมพ์ด้วยวัสดุซิลิโคนแล้ว จะได้รับการทำความสะอาดโดยการฉีด น้ำและลมพร้อมกันจากทริปปิเปิลไซริง ที่แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร สเปรย์นาน 10 วินาที และเป่าด้วยลมสะอาดที่ปราศจากละอองน้ำมันนาน 5 วินาที จากนั้นเก็บที่ ฟันไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิดและมีความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 เพื่อรอการยึดกับชิ้นงานอิน ไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์ในขั้นตอนถัดไป

ทาดายสเปเซอร์ (Die spacer, Pico fit™, Renfert, Hilzingben, Germany) 2 ชั้นในขอบเขตที่วาดไว้ ซึ่งโพรงฟันที่ติดด้านบดเคี้ยว (ตำแหน่ง e และ f ในรูปที่ 2 ข.) จะไม่ทา ดายสเปเซอร์ เพื่อทำหน้าที่เป็นจุดค้ำยันของชิ้นงานในขั้นตอนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ การทา ดายสเปเซอร์ จะใช้ฟูกันที่บริษัทกำหนดไว้ โดยทาไปในทิศทางเดียวกัน ทาสีเงินก่อน รอจนแห้งสนิท 2 นาที แล้วทาทับด้วยสีทอง รอจนแห้งสนิท 2 นาที เพื่อควบคุมความหนาของดายสเปเซอร์ จะทำเปลี่ยนดายสเปเซอร์ชุดใหม่ ทุก ๆ 10 ชิ้น ในระหว่างที่รอแห้ง ต้องปิดฝาให้แน่นสนิททุกครั้ง เพื่อป้องกันสารละลายระเหย

สร้างชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์ (indirect composite inlay) ด้วยวัสดุเร ซิน คอมโพสิตสี A1ผลิตภัณฑ์ Tetric-N Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) โดยการอุดเป็นชั้น ๆ และฉายแสงครั้งละ 20 วินาทีด้วยเครื่องฉายแสง (Light curing unit, Elipar™ Halogen 2500, 3M ESPE, USA) ที่ความเข้มแสง 700 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ชัด ชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตให้เรียงด้วยแผ่นขัดซอพ-แลกซ์ (Sof-lex™ disc, 3M ESPE, USA) ระมัดระวังไม่ให้ขอบของชิ้นงานขาดหรือแหงไป นำชิ้นงานออกจากแบบถอด (รูปที่ 5) และนำมา ลองใส่ที่โพรงฟันบนซี่ฟันธรรมชาติ (รูปที่ 6) จากนั้นเตรียมผิวชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตด้านที่จะ นำมายึดติดโดยเป่าด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมโครเมตร นาน 5 วินาที ความดัน 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร และทำความสะอาดโดยแช่ในน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัล ตราโซนิก (Bransonic Ultrasonic cleaner, Branson 5210, Germany) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้น ทาที่ผิวด้านในของชิ้นงานให้ทั่วด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ทิ้งไว้ 20 วินาที ล้างน้ำ ออกและเป่าให้แห้งด้วยลมที่ปราศจากละอองน้ำมัน เก็บชิ้นงานไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสิ่งสกปรก



(ก)

(ข)

รูปที่ 4 แบบถอดที่ได้จากรอยพิมพ์ซิลิโคนเมื่อมอง (ก) ด้านบน (ข) ด้านข้าง



รูปที่ 5 แสดงชิ้นงานอินโดเรทท์เรซิน คอมโพสิต อินเลย์ที่สร้างจากแบบถอด

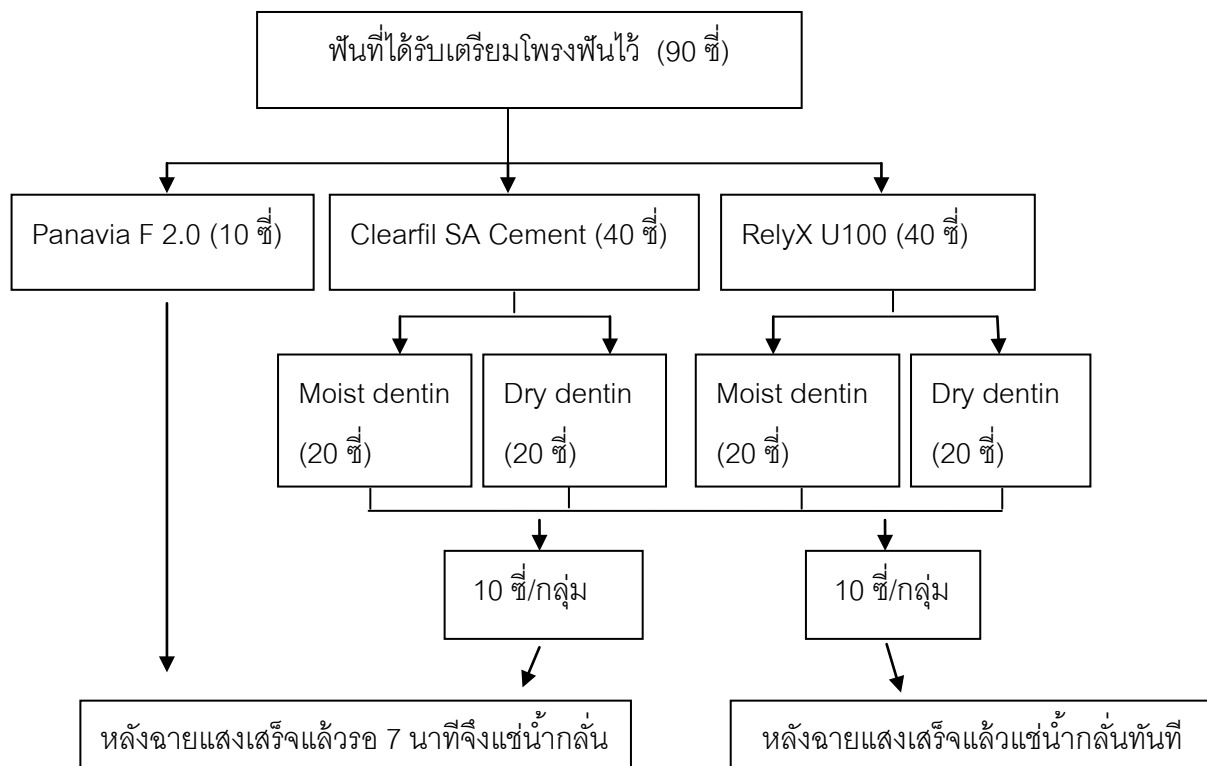


รูปที่ 6 ชิ้นงานอินโดเรทท์คอมโพสิตอินเลย์ที่นำมาใส่ที่โพรงฟันที่กรอแต่งไว้

การแบ่งกลุ่มการทดลอง

ทำการสุ่มแบ่งฟันเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 RelyX U100 + เนื้อฟันที่ขึ้น + หลังฉายแสงเสร็จแช่น้ำกลั่นทันที
 กลุ่มที่ 2 RelyX U100 + เนื้อฟันที่ขึ้น + หลังฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น
 กลุ่มที่ 3 RelyX U100 + เนื้อฟันที่แห้ง + หลังฉายแสงเสร็จแช่น้ำกลั่นทันที
 กลุ่มที่ 4 RelyX U100 + เนื้อฟันที่แห้ง + หลังฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น
 กลุ่มที่ 5 Clearfil SA Cemet + เนื้อฟันที่ขึ้น + หลังฉายแสงเสร็จแช่น้ำกลั่นทันที
 กลุ่มที่ 6 Clearfil SA Cemet + เนื้อฟันที่ขึ้น + หลังฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น
 กลุ่มที่ 7 Clearfil SA Cemet + เนื้อฟันที่แห้ง + หลังฉายแสงเสร็จแช่น้ำกลั่นทันที
 กลุ่มที่ 8 Clearfil SA Cemet + เนื้อฟันที่แห้ง + หลังฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น
 กลุ่มที่ 9 Panavia F 2.0 + หลังฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น และใช้เป็นกลุ่มควบคุม



รูปที่ 7 แสดงผังการแบ่งกลุ่มการทดลอง

การเตรียมผิวเนื้อฟัน

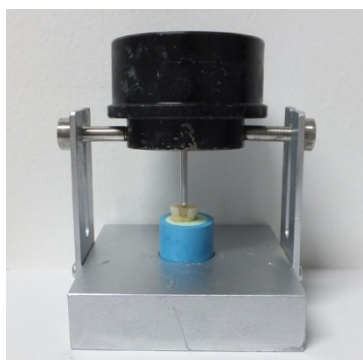
การปรับสภาพผิวเนื้อฟันให้มีความชื้น เตรียมโดยใช้ไฮโดรอกซีฟอสฟอริกแอซิดปริมาณ 1 ไมโครลิตรลงที่โพรงฟันและใช้ฟู่กันที่สะอาดปาดน้ำกลั่นให้ทั่วโพรงฟัน จากนั้นใช้แท่งกระดาษซับปลายแหลม (paper point) ชุบน้ำที่ซึ่งอยู่ตามมุมของโพรงฟันมุมละ 3 วินาที ตามด้วยการใช้ลมสะอาดเป่าที่โพรงฟันนาน 5 วินาที ที่แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยให้ปลายของทริปเปิลไซริง (triple syringe) อยู่ห่างจากฟัน 10 มิลลิเมตร ผิวฟันที่ได้จะมีลักษณะชื้น (slightly moist) และมีความวาว (shiny) [58]

การปรับสภาพผิวเนื้อฟันให้มีความแห้ง ใช้ไฮโดรอกซีฟอสฟอริกแอซิดปริมาณ 1 ไมโครลิตรลงที่โพรงฟันและใช้ฟู่กันที่สะอาดปาดน้ำกลั่นให้ทั่วโพรงฟัน จากนั้นใช้แท่งกระดาษซับปลายแหลม ชุบน้ำที่ซึ่งอยู่ตามมุมของโพรงฟันมุมละ 3 วินาที ตามด้วยการใช้ลมสะอาดเป่าที่โพรงฟันนาน 10 วินาที ที่แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยให้ปลายของทริปเปิลไซริง อยู่ห่างจากฟัน 10 มิลลิเมตร ผิวฟันที่ได้จะมีลักษณะแห้ง (dry) และไม่มี ความวาว [57]

กลุ่ม Panavia F 2.0 ให้ปรับสภาพผิวเนื้อฟันให้มีความแห้งดังวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น ผสม ED Primer II ส่วน A และ B ให้เข้ากันแล้วทาที่โพรงฟันให้ทั่วทั้งไว้ 30 วินาที จากนั้นใช้แท่งกระดาษซับปลายแหลมซับไพรเมอร์ที่ซึ่งอยู่ตามมุมของโพรงฟัน ตามด้วยการใช้ลมเป่าเบา ๆ จนสารไพรเมอร์แห้ง

การยัดอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์และการจับเวลาก่อนแช่น้ำกลั่น

ทำการผสมเรซินซีเมนต์ตามคำแนะนำของผู้ผลิต จากนั้นทาเป็นชั้นบาง ๆ ให้ทั่วผิวด้านยึดของชิ้นงานแล้ววางลงในโพรงฟันและกดด้วยน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม เพื่อให้ชิ้นงานอินเลย์แนบสนิทกับโพรงฟัน (รูปที่ 8)



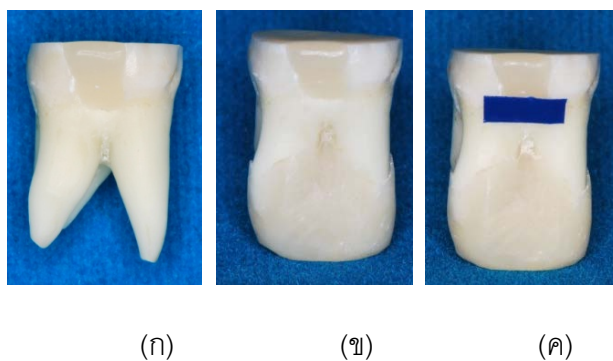
รูปที่ 8 แสดงการกดชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตเรซินให้แนบชิดกับโพรงฟันด้วยแกนของตุ้มน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม

ฉายแสงที่ขอบของชิ้นงานอินเลย์ทางด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้น ด้านละ 2 วินาที จากนั้นกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินด้วยเครื่องมือขูดหินน้ำลายซิกเกิล (sickle, #1 Anterior Double End Nevi Scaler, Hu-Friedy, Germany) ฉายแสงซ้ำที่ขอบของชิ้นงานอินเลย์ด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้น อีกด้านละ 20 วินาที จากนั้นนำตุ้มน้ำหนักออกแล้วฉายแสงด้านบดเคี้ยวเป็นระยะเวลา 20 วินาที (รวมเวลาที่ใช้ในการฉายแสง กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน นำตุ้มน้ำหนักออก และนำชิ้นทดสอบออกจากแป้นยึด ใช้ระยะเวลาโดยประมาณ 3 นาที) การทดลองในกลุ่มที่ศึกษาผลของการสัมผัสน้ำทันทีภายหลังจากฉายแสงนั้นทำโดย เมื่อชิ้นทดสอบฉายแสงเสร็จและนำออกจากแป้นยึด ชิ้นทดสอบจะถูกแช่ในน้ำกลั่นทันที และในกลุ่มที่ศึกษาผลของการสัมผัสน้ำหลังจากฉายแสงเสร็จแล้วชะลอเวลาอีก 7 นาทีนั้น ทำได้โดยเมื่อฉายแสงเสร็จจะทำการจับเวลาต่อไปอีก 7 นาที จากนั้นจึงแช่ชิ้นทดสอบลงในน้ำกลั่น ชิ้นทดสอบทุกชิ้นถูกแช่ในน้ำกลั่นและเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการทำการทดลองชิ้นต่อไป

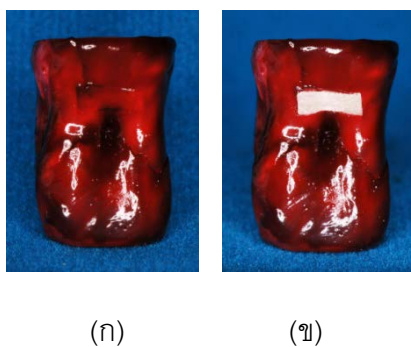
การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค

หลังจากครบกำหนดการเก็บชิ้นทดสอบไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว ทำการแยกซี่ฟันออกจากท่อพลาสติกพีวีซีและเช็ดทำความสะอาดรากฟัน (รูปที่ 9 ก) เคลือบปลายรากฟันทุกรากด้วยกาวไฮยาโนอะคริเลต และเป่าด้วยลมเบา ๆ จนกาวแห้ง จากนั้นหุ้มปลายรากด้วยอะคริลิกชนิดบ่มเอง (Autopolymerizing acrylic resin, Unifast Trad™, GC, USA) ดังรูปที่ 9 ข. เพื่อใช้เป็นที่จับและเป็นฐานสำหรับตั้งซี่ฟันในขั้นตอนการระบายด้วยสีทาเล็บ จากนั้นตัดเทปกาวหน้าเดียวให้มีขนาดความกว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 6 มิลลิเมตร แล้วนำไปปิดทับบริเวณรอยต่อระหว่างขอบของฟันและขอบของวัสดุที่ด้านใกล้เหงือกดังรูปที่ 9 ค. รีดเทปกาวให้แนบสนิทกับซี่ฟันและชิ้นวัสดุเพื่อป้องกันการซึมเข้าของสีทาเล็บ จากนั้นทำการเคลือบผิวฟันบริเวณอื่น ๆ ทั้งหมดด้วยสีทาเล็บ 2 ชั้น โดยทาชั้นแรกแล้วรอให้แห้ง 10 นาที จากนั้นทาชั้นที่สองและรอให้แห้งอีก 10 นาที (รูปที่ 10 ก.) แกะเทปกาวออก ดังรูปที่ 10 ข. ตรวจสอบบริเวณรอยต่อที่จะทำการทดสอบว่ามีการเปื้อนของสีทาเล็บหรือไม่ จากนั้นนำไปแช่สารละลายเบสิกฟุชซิน (Basic fuchsin dye solution, Merck, Darmstadt, Germany) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำให้สะอาดโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเป็นเวลา 10 นาที ใช้เครื่องมือชุดหินน้ำลายซิกเกิลเพื่อกำจัดสีทาเล็บที่เคลือบไว้ออกให้หมด ชัดด้วยผงฟัมมิช แล้วล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้ง

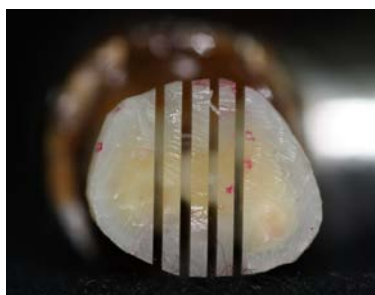
ทำการตัดซี่ฟันในแนวขนานกับแกนฟัน โดยใช้เลื่อยตัดความเร็วต่ำภายใต้ น้ำหล่อเลี้ยง ทำการตัดแบ่งฟันทั้งหมด 4 ครั้ง ซึ่งจะได้ชิ้นฟันที่จะนำไปศึกษาจำนวน 3 แผ่น (รูปที่ 11) แต่ละแผ่นมีความหนาประมาณ 1.0 ± 0.2 มิลลิเมตร นำแผ่นฟันที่ได้ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo-microscope, ML 9300 Meiji Techno Co., LTD. Japan) ที่กำลังขยาย 7-40 เท่า



รูปที่ 9 (ก) ซึ่พื้นที่แกะออกจากท่อพลาสติกพีวีซีและเช็ดทำความสะอาด (ข) แสดงการหุ้มปลายรากด้วยอะคริลิกชนิดบ่มเอง (ค) ปิดบริเวณรอยต่อด้านเหงือกด้วยกระดาษขาว



รูปที่ 10 (ก) ซึ่พื้นที่ได้รับการเคลือบด้วยทาสีทาเล็บจำนวน 2 รอบ (ข) เมื่อแกะกระดาษขาวที่ปิดไว้ ออกเพื่อเผยรอยต่อระหว่างฟันและวัสดุเรซิน คอมโพสิต



รูปที่ 11 แสดงการตัดฟัน 4 ครั้งเพื่อให้ได้แผ่นบาง 3 แผ่นต่อซี่ โดยแต่ละแผ่นมีความหนาประมาณ 1.0 ± 0.2 มิลลิเมตร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการแทรกซึมของสารละลายเบซิกฟลูออไรด์ ทำการวัดค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคที่รอยต่อของเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (dentin / resin cement interface) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (stereo-microscope) ที่มีกำลังขยายตั้งแต่ 7-40 เท่า โดยทำการวัดการรั่วซึมระดับจุลภาคที่กำลังขยายต่ำสุด 7x ตามด้วย 20x และ 40X ตามลำดับ เป็นคะแนนตั้งแต่ 0-4 คะแนน ดังรูปที่ 12 และ รูปที่ 13 โดยมีผู้ตรวจวัดคนเดียว ทำการฝึกอ่านผลให้มีความแม่นยำ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

การวัดค่าการรั่วซึม

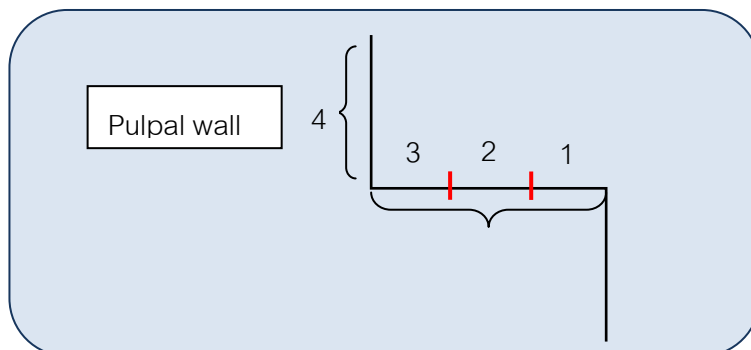
0 = ไม่มีการแทรกซึม

1 = แทรกซึม 1/3 ของความกว้างของผนังด้านเหงือก

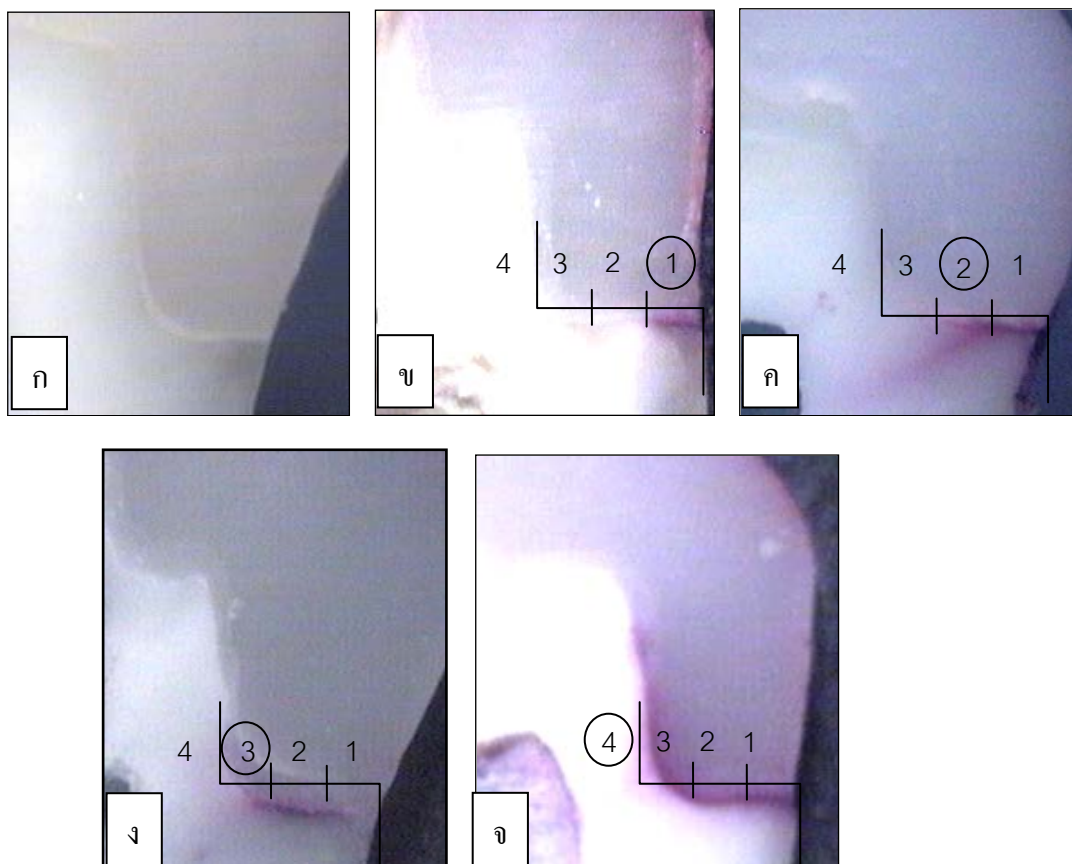
2 = แทรกซึม 2/3 ของความกว้างของผนังด้านเหงือก

3 = แทรกซึม 3/3 ของความกว้างของผนังด้านเหงือก

4 = แทรกซึมถึงในส่วนของผนังด้านโพรงประสาทฟัน



รูปที่ 12 แสดงการให้คะแนนการรั่วซึมที่ระดับต่าง ๆ



รูปที่ 13 ตัวอย่างการให้คะแนนการรั่วซึมตามลักษณะการแทรกซึมของสารละลายเบสีกฟูซอิน

(ก) ไม่มีการแทรกซึม

(ข) มีการแทรกซึม 1/3 ของความกว้างของผนังด้านเหนือ

(ค) มีการแทรกซึม 2/3 ของความกว้างของผนังด้านเหนือ

(ง) มีการแทรกซึม 3/3 ของความกว้างของผนังด้านเหนือ

(จ) มีแทรกซึมถึงผนังด้านโพรงประสาทพัน

หมายเหตุ รูปถ่ายบางรูปได้จากชิ้นตัวอย่างจากการศึกษานำร่อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าการรั่วซึมในแต่ละกลุ่มทดสอบในแต่ละกลุ่มด้วยสถิติไร้พารามเมตริก (non-parametric) โดยใช้สถิติทดสอบด้วยครัสคาล-วัลลิส (Kruskal-Wallis) ด้วยโปรแกรม SPSS version 16 และ StatDirects version 2.7.8

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้แบ่งกลุ่มทดสอบเป็น 9 กลุ่ม แต่ละกลุ่มใช้ฟันกรามแท้จำนวน 10 ซี่ ซึ่งฟันจะถูกตัดเป็นแผ่นตามแนวแกนฟันซี่ละ 3 แผ่น และวัดระดับการรั่วซึมของแต่ละแผ่นโดยเอาค่าที่มากที่สุดเพียงค่าเดียวเพื่อเป็นตัวแทนของฟันหนึ่งซี่ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติไร้พารามเมตริก (non-parametric) โดยใช้สถิติครัสคาล-วัลลิส (Kruskal-Wallis) จากโปรแกรม SPSS version 16 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อโดยใช้สถิติการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี all pairwise comparisons (Conover-Inman) StatDirects version 2.7.8

ความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการรั่วซึม ในแต่ละกลุ่ม แสดงไว้ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 14 ซึ่งคะแนนการรั่วซึมมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.2 จนถึง 1.8 โดยพบว่ากลุ่มที่ใช้ Panavia F 2.0 ยึดชิ้นงานจะให้ผลการรั่วซึมน้อยที่สุด ขณะที่การยึดชิ้นงานด้วย RelyX U100 หรือ Clearfil SA Cement บนเนื้อฟันที่แห้งแล้วแช่น้ำทันทีหลังฉายแสงเสร็จ มีคะแนนการรั่วซึมเท่ากับ 1.6 และ 1.8 ตามลำดับ โดยรูปที่ 15 แสดงตัวอย่างของแผ่นฟันเพื่อดูระดับการรั่วซึมที่กำลังขยาย 7 เท่า

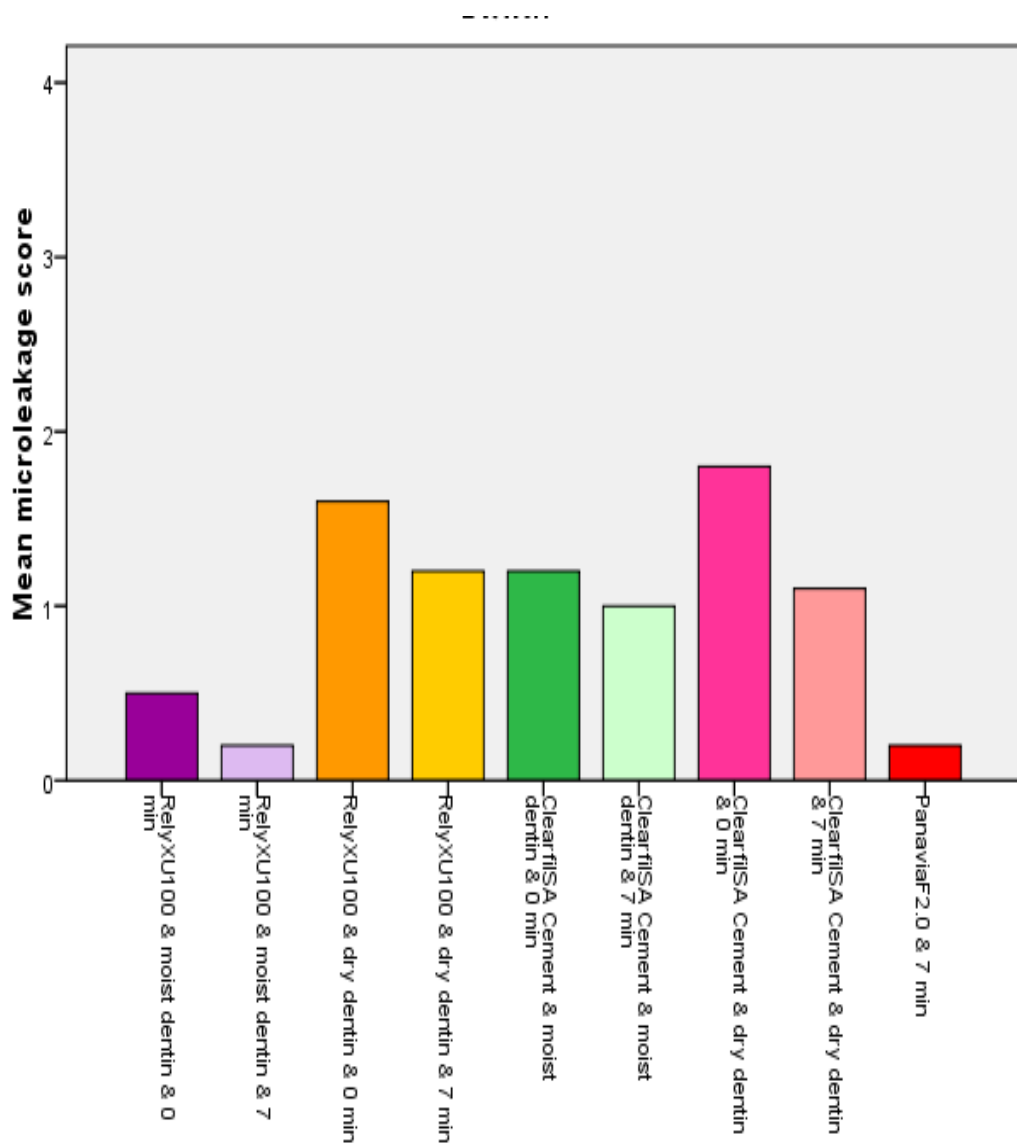
ตารางที่ 2 แสดงการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการรั่วซึม ระดับจุลภาค ในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มทดลอง	ความถี่ ของคะแนนการรั่วซึม ระดับจุลภาค					ค่า เฉลี่ย	ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน
	0	1	2	3	4		
กลุ่ม 1 : RelyX U100 & moist dentin & 0 min	5	5	0	0	0	0.5	0.527
กลุ่ม 2 : RelyX U100 & moist dentin & delay 7 min	8	2	0	0	0	0.2	0.422
กลุ่ม 3 : RelyX U100& dry dentin & 0 min	0	6	2	2	0	1.6	0.843
กลุ่ม 4 : RelyX U100& dry dentin & delay 7 min	1	6	3	0	0	1.2	0.632
กลุ่ม 5 : Clearfil SA cement & moist dentin & 0 min	0	8	2	0	0	1.2	0.422
กลุ่ม 6 : Clearfil SA cement & moist dentin & delay 7 min	3	5	1	1	0	1.0	0.943
กลุ่ม 7 : Clearfil SA cement & dry dentin & 0 min	0	4	4	2	0	1.8	0.789
กลุ่ม 8 : Clearfil SA Cement & dry dentin & delay 7 min	1	7	2	0	0	1.1	0.568
กลุ่มควบคุม : Panavia F 2.0	8	2	0	0	0	0.2	0.422

0 min หมายถึงเมื่อฉายเสร็จแล้วแช่น้ำกลั่นทันที

delay 7 min หมายถึงเมื่อฉายแสงเสร็จให้ชะลอไว้ 7 นาทีแล้วค่อยแช่น้ำกลั่น

** คำนวณโดยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptives Statistics) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16



รูปที่ 14 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์และเซลฟ์เอซท์เรซินซีเมนต์



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ผนังด้านเหงือกที่กำลังขยาย 7 เท่า

(ก) Panavia F 2.0 ที่มีการรั่วซึมระดับที่ 0

(ข) RelyX U100+เนื้อฟันที่ขึ้น +ฉายแสงเสร็จแล้วแช่น้ำทันที ที่มีการรั่วซึมระดับที่ 1

(ค) Clearfil SA Cement+เนื้อฟันที่ขึ้น+ฉายแสงเสร็จแล้วแช่น้ำทันที ที่มีการรั่วซึมระดับที่ 2

จากการเปรียบเทียบกลุ่มทดสอบทั้งหมดพบว่ามีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงค่าดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลสถิติไคร้พาราเมตริก ครัสคาล-วัลลิส ของกลุ่มทดสอบทั้งหมด

Groups	N	Mean Rank	T (Chi-square)	Df	P (Asymp.Sig.)
กลุ่ม 1: RelyX U100 & moist dentin & 0 min	10	31.25			
กลุ่ม 2: RelyX U100 & moist dentin & delay 7 min	10	20.60			
กลุ่ม 3: RelyX U100 & dry dentin & 0 min	10	62.70			
กลุ่ม 4: RelyX U100 & dry dentin & delay 7 min	10	54.30			
กลุ่ม 5: Clearfil SA Cement & moist dentin & 0 min	10	54.90			
กลุ่ม 6: Clearfil SA Cement & moist dentin & delay 7 min	10	68.60			
กลุ่ม 7: Clearfil SA Cement & dry dentin & 0 min	10	51.35			
กลุ่ม 8: Clearfil SA Cement & dry dentin & delay 7 min	10	49.15			
กลุ่ม 9: Panavia F2.0	10	21.60			
Total	90		42.771	8	$p=0.0001^a$

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีตัวยก a หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** คำนวณโดยสถิติไคร้พาราเมตริก ครัสคาล-วัลลิส โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16

ผลการเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 และ Clearfil SA cement กับ กลุ่มควบคุม Panavia F 2.0

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี all pairwise comparisons (Conover-Inman) เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างซีเมนต์ Panavia F2.0 กับ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อเนื้อฟันอยู่ในสถานะที่ขึ้นหรือแห้ง (แสดงค่าตามตารางที่ 4) ให้ผลดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ใช้ RelyX U100 ยึดชิ้นงานคอมโพสิตอินเลย์บนเนื้อฟันที่ขึ้นเมื่อฉายแสงเสร็จแล้วแช่น้ำทันที กับกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่ใช้ RelyX U100 ยึดชิ้นงานคอมโพสิตอินเลย์บนเนื้อฟันที่ขึ้นเมื่อฉายแสงเสร็จแล้วรอให้ครบ 7 นาทีจึงแช่น้ำ พบว่าทั้งกลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่าการรั่วซึมแตกต่างจากกลุ่ม Panavia F 2.0 ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มทดสอบที่เหลือคือกลุ่มที่ 3 ถึง 8 มีค่าการรั่วซึมมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของ Panavia F 2.0 กับ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าที่คำนวณได้	ค่าัยสำคัญ
RelyX U100 & moist dentin & 0 min VS Panavia F 2.0	10.65	$p = 0.2621$
RelyX U100 & moist dentin & delay 7 min VS Panavia F 2.0	0.0	$p = 0.9999$
RelyX U100 & dry dentin & 0 min VS Panavia F 2.0	42.1	$p = 0.0001^a$
RelyX U100 & dry dentin & delay 7 min VS Panavia F 2.0	33.7	$p = 0.0006^a$
Clearfil SA Cement & moist dentin & 0 min VS Panavia F 2.0	34.3	$p = 0.0005^a$
Clearfil SA Cement & moist dentin & delay 7 min VS Panavia F 2.0	24.6	$p = 0.0108^a$
Clearfil SA Cement & dry dentin & 0 min VS Panavia F 2.0	48	$p = 0.0001^a$
Clearfil SA Cement & dry dentin & delay 7 min VS Panavia F 2.0	30.75	$P = 0.0016^a$

หมายเหตุ *ค่าที่คำนวณได้คำนวณเทียบกับค่าเปรียบเทียบ = 18.763124

ตัวเลขที่มีตัวยก a หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่าง RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อความชื้นของผิวฟันและช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำเหมือนกัน

เมื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement ซึ่งป็นเซลฟ์แอคทีฟเหมือนกันให้ผลดังตารางที่ 5 โดยพบว่าเมื่อเนื้อฟันอยู่ในสถานะที่ชื้นและช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำไม่ว่าทันที หรือรอ 7 นาที กลุ่มที่ใช้ RelyX U100 มีค่าการรั่วซึมน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้ Clearfil SA Cement อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรณีที่เนื้อฟันอยู่ในสถานะที่แห้งและช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำไม่ว่าทันที หรือรอ 7 นาทีกลุ่มที่ใช้ RelyX U100 มีค่าการรั่วซึมแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้ Clearfil SA Cement อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เมื่อความชื้นของผิวฟันและช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำเหมือนกัน

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าที่คำนวณได้*	ค่านัยสำคัญ
RelyX U100 & moist dentin & 0 min VS Clearfil SA Cement & moist dentin & 0 min	23.65	$P = 0.0141^a$
RelyX U100 & moist dentin & delay 7 min VS Clearfil SA Cement & moist dentin & delay 7 min	24.6	$P = 0.0108^a$
RelyX U100 & dry dentin & 0 min VS Clearfil SA Cement & dry dentin & 0 min	7.8	$P = 0.4106$
RelyX U100 & dry dentin & delay 7 min VS Clearfil SA Cement & dry dentin & delay 7 min	2.95	$P = 0.7552$

หมายเหตุ *ค่าที่คำนวณได้คำนวณเทียบกับค่าเปรียบเทียบ = 18.763124

ตัวเลขที่มีตัวยก a หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน
เมื่อช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำเหมือนกัน แต่ความชื้นของผิวฟันต่างกัน**

ผลการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกันและช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำเหมือนกันแต่เนื้อฟันมีสภาวะที่ต่างกัน แสดงค่าดังตารางที่ 6 พบว่ากลุ่มที่ใช้ RelyX U100 ยึดชิ้นงานบนเนื้อฟันที่ชื้นมีค่าการรั่วซึมน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้ RelyX U100 ยึดชิ้นงานบนเนื้อฟันที่แห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ใช้ Clearfil SA Cement ไม่ว่าจะเนื้อฟันจะอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นหรือแห้ง มีค่าการรั่วซึมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน เมื่อช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำเหมือนกันแต่ความชื้นของผิวฟันต่างกัน

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าที่คำนวณ ได้*	ค่านัยสำคัญ
RelyX U100 & moist dentin & 0 min VS RelyX U100 & dry dentin & 0 min	31.45	$p = 0.0013^a$
RelyX U100 & moist dentin & delay 7 min VS RelyX U100 & dry dentin & delay 7 min	33.7	$p = 0.0006^a$
Clearfil SA Cement & moist dentin & 0 min VS Clearfil SA Cement & dry dentin & 0 min	13.7	$p = 0.1501$
Clearfil SA Cement & moist dentin & delay 7 min VS Clearfil SA Cement & dry dentin & delay 7 min	6.15	$P = 0.5161$

หมายเหตุ *ค่าที่คำนวณได้คำนวณเทียบกับค่าเปรียบเทียบ = 18.763124

ตัวเลขที่มีตัวยก a หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ

**ผลการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน
เมื่อความชื้นของผิวฟันเหมือนกัน แต่ช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำต่างกัน**

ผลการรั่วซึมระดับจุลภาคเมื่อเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกันและความชื้นของผิวฟันเหมือนกันแต่ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำที่ต่างกัน แสดงค่าดังตารางที่ 7 พบว่าการสัมผัสน้ำทันที หรือการชะลอไว้ 7 นาที ทั้งในกลุ่มที่ใช้ RelyX U100 หรือ กลุ่มที่ใช้ Clearfil SA Cement มีค่าการรั่วซึมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันเมื่อความชื้นของผิวฟันเหมือนกัน แต่ช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำต่างกัน

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าที่คำนวณได้	ค่านัยสำคัญ
RelyX U100 & moist dentin & 0 min VS RelyX U100 & moist dentin & delay 7 min	10.65	$P = 0.2621$
RelyX U100 & dry dentin & 0 min VS RelyX U100 & dry dentin & delay 7 min	8.4	$P = 0.3757$
Clearfil SA & moist dentin & 0 min VS Clearfil SA & moist dentin & delay 7 min	9.7	$P = 0.3067$
Clearfil SA & dry dentin & 0 min VS Clearfil SA & dry dentin & delay 7 min	17.25	$P = 0.071$

*หมายเหตุ ค่าที่คำนวณได้คำนวณเทียบกับค่าเปรียบเทียบ = 18.763124 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการเตรียมโพรงฟันโดยใช้เซ็มกรอกากเพชรตัดแต่งฟันภายใต้ น้ำหล่อเลี้ยงเพื่อจำลองให้คล้ายในคลินิก ดังนั้นเพื่อควบคุมชั้นสเมียร์ที่ผิวหน้าของเนื้อฟันจึงใช้เซ็มกรอกากเพชรที่ระดับความหยาบและยี่ห้อเดียวกัน และทำการเปลี่ยนเซ็มกรอกากเพชรทุกครั้ง ที่กรอครบ 5 ซี เนื่องจากมีรายงานว่าการใช้เซ็มกรอกากเพชรต่างชนิดและต่างยี่ห้อ จะมีผลต่อความหนาของชั้นสเมียร์ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังแรงยึดของวัสดุกับผิวฟัน [59] และอาจมีผลต่อค่าการรั่วซึมได้เช่นกัน

นอกจากปัจจัยที่เกี่ยวกับการกรอโพรงฟันแล้ว การเตรียมแบบถอด (die) เพื่อสร้างชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์ก็เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา ผู้วิจัยได้ใช้วัสดุพิมพ์ฟันประเภทซิลิโคนแบบเติม (addition silicone) เพื่อพิมพ์โพรงฟันที่เตรียมไว้ด้วยวิธีวันสเตป พัตตี โลท์บอดี (1-step putty/light body) โดยใช้โลท์บอดีฉีดทั่วโพรงฟันเสียก่อนแล้วพิมพ์ทับด้วยพัตตีที่บรรจุอยู่ในถาดพิมพ์โลหะชนิดเจาะรู ถึงแม้ว่าการพิมพ์ด้วยวิธีวันสเตป พัตตี โลท์บอดี จะมีความเที่ยงตรงของแบบถอดน้อยกว่าวิธีทูสเตปพัตตี/โลท์บอดี (2-step putty/light body) ก็ตาม [60] เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการพิมพ์ฟันเพียง 1 ซี แตกต่างจากการพิมพ์ทั้งปากหรือกรณีที่มีฟันหลายซี่ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมให้พิมพ์ซ้ำที่เดิมได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นการพิมพ์แบบวิธีวันสเตป พัตตี โลท์บอดีจึงมีความเหมาะสมที่สุด

การควบคุมความหนาของชั้นซีเมนต์ที่จะทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค ซึ่งการศึกษานี้ใช้วิธีหาดายสเปเซอร์ 2 ชั้นที่โพรงฟันของแบบถอด โดยใช้พู่กันทาและปิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยทาชั้นแรกด้วยดายสเปเซอร์สีเงินและปล่อยให้แห้ง 2 นาทีให้แห้งแล้วจึงทาชั้นที่สองด้วยดายสเปเซอร์สีทอง จากการศึกษาเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยความหนาของดายสเปเซอร์ 2 ชั้นของผลิตภัณฑ์ Pico-fit™ ว่ามีความหนา ประมาณ 25.83 ไมโครเมตร [61] แต่ความหนาของดายสเปเซอร์ยังขึ้นอยู่กับสารละลายในขวดที่อาจจะเหวี่ยงไป ดังนั้นจึงต้องปิดฝาให้สนิททุกครั้งขณะที่รอให้ชั้นแรกแห้ง รวมทั้งมีการเปลี่ยนดายสเปเซอร์ชุดใหม่เมื่อใช้ครบ 10 ซี

วัสดุเรซิน คอมโพสิต มีการหดตัวจากการบ่มตัวเนื่องจากโมเลกุลอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้นภายหลังการบ่มตัว มีรายงานว่าร้อยละของการหดตัวของเรซิน คอมโพสิต มีค่าประมาณ 1.35- 7.1 [62] การวิจัยนี้ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิด Tetric[®] N-Ceram ซึ่งเป็นนาโน-ไฮบริด คอมโพสิต (nano-hybrid composite) การหดตัวจากการบ่มมีค่าสูงกว่าเรซิน คอมโพสิตชนิด Filtek[™] 250 [63] ดังนั้นมีการควบคุมการหดตัวของเรซิน คอมโพสิตขณะบ่มตัวทำโดยการอุดเรซิน คอมโพสิตเป็นชั้น ๆ ในโพรงของแบบถอดแล้วฉายแสงทีละชั้น [64]

การศึกษานี้ได้วัดระดับการรั่วซึมที่รอยต่อของเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (dentin/resin cement interface) เท่านั้น โดยไม่พิจารณาร่องรอยของสีย้อมที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุและเนื้อฟัน เนื่องจากชิ้นงานอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์อาจมีความพรุนในเนื้อวัสดุ และเนื้อฟันโดยปกติก็มีความสามารถในการยอมให้น้ำและสารบางอย่างผ่านเข้าออกได้ (dentin permeability) [65]

ถึงแม้ว่าการใช้กล้องจุลทรรศน์วัดการรั่วซึมอาจมีความไวต่ำกว่า (less sensitive) เมื่อเทียบการใช้วิธีวัดการรั่วซึมแบบสามมิติ [66] แต่การศึกษานี้ได้ทำการตัดฟันเป็น 3 แผ่นต่อฟันหนึ่งซี่ แล้วใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอที่มีกำลังขยาย 7-40 เท่าในการตรวจวัดการรั่วซึมระดับจุลภาคและเลือกใช้ค่าการรั่วซึมที่สูงสุดเป็นตัวแทนของฟันซี่นั้น โดยวิธีนี้ทำได้ง่าย ราคาถูก และอนุภาคของเบสิกฟลูซิมมีขนาดประมาณ 0.84 นาโนเมตร [50] ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าแบคทีเรีย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแบคทีเรียชนิดทรงกลมและแบคทีเรียชนิด เป็นดั่งนี้คือ 100-500 นาโนเมตร และ 250×3500 นาโนเมตร ตามลำดับ [49] อนุภาคของสีที่เล็กมากทำให้สามารถแทรกซึมตามขอบที่มีการรั่วซึมได้เป็นอย่างดี อนึ่งตามมาตรฐานสากล ไอเอสโอ 11405:2003 กำหนดให้ตัดแบ่งซี่ฟันเพียงครั้งเดียวและอ่านผลการรั่วซึมเพียง 2 ค่า [67] แต่ในการศึกษานี้ได้ตัดซี่ฟันตามแนวแกนฟัน 4 ครั้งซึ่งจะได้แผ่นฟัน 3 แผ่น แล้วดูระดับการรั่วซึมทั้ง 3 แผ่น และนำค่าการรั่วซึมที่มากที่สุดไปวิเคราะห์ เหตุผลที่ต้องตัดซี่ฟันออกเป็น 3 แผ่น เพราะการตัดฟันหลายตำแหน่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือมากกว่าการตัดซี่ฟันเพียงครั้งเดียว นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงการประเมินค่าที่ต่ำเกินไป [68] และยังสามารถบ่งชี้ถึงระดับการรั่วซึมได้ดีอีกด้วย

กระบวนการทำเทอร์โมไซคลิกเป็นการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก โดยการนำชิ้นงานมาผ่านอุณหภูมิร้อน-เย็นเป็นจังหวะ ซึ่งตามมาตรฐานสากล ไอเอสโอ 11405:2003 แนะนำกระบวนการทำเทอร์โมไซคลิกไว้ที่ 500 รอบ ระหว่างอุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาผลจากการทำเทอร์โมไซคลิก เนื่องจากมีนักวิจัยหลาย

กลุ่มให้ความเห็นที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการทดสอบการเร่งอายุด้วยการทำเทอร์โมไซคลิก โดย Nakabayashi กล่าวว่าผลของเทอร์โมไซคลิกต่อค่ากำลังยึดระหว่างเรซินกับเนื้อฟันนั้นอาจไม่เหมาะสม ด้วยเหตุผลที่ว่าความร้อนสูงถึง 55-60 องศาเซลเซียสจะส่งผลให้เนื้อฟันได้รับความเสียหายจากการเสื่อมสภาพของคอลลาเจนที่ถูกความร้อนทำลายได้ [69-70] และความร้อนยังไปเร่งกระบวนการเสื่อมสลายของคอลลาเจนที่บริเวณรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับฟัน [71] ทำให้ได้ค่าการรั่วซึมที่มากเกินไปกว่าที่ควรจะเป็นได้ นอกจากนี้ Lloyd และคณะพบว่าปกติการเกิดรอยร้าวในเคลือบฟันตามธรรมชาตินั้นต้องใช้เวลาหลายปี แต่จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการกลับพบรอยร้าวในเคลือบฟันภายหลังที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมไซคลิกเพียงแค่ 2000 รอบเท่านั้น [72] ดังนั้นการรั่วซึมที่เกิดขึ้นบนชั้นทดสอบที่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิกอาจเกิดจากการแทรกซึมของสีย้อมไปตามรอยร้าวก็ได้ แต่มีบางการศึกษารายงานว่าระดับการแทรกซึมของสีย้อมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนรอบที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมไซคลิก [73] ดังนั้นผลจากกระบวนการทำเทอร์โมไซคลิกยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่ามีผลโดยตรงต่อการรั่วซึมระหว่างผิวฟันกับซีเมนต์ หรือระหว่างซีเมนต์กับชั้นงานบูรณะหรือไม่ ดังนั้นการศึกษาคั้งนี้จึงไม่ได้ทำการเร่งอายุของชั้นทดสอบด้วยการทำเทอร์โมไซคลิก

การศึกษาคั้งนี้ได้เลือกใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ คือ Panavia F 2.0 และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์คือ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement เนื่องจากเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดนี้ต่างมีสารที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริกเป็นหมู่ว่องไวของแอดฮีซีฟมอนอเมอร์ (adhesive monomer) เหมือนกัน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าหมู่ว่องไวนี้สามารถเกิดพันธะเคมีกับโครงสร้างของฟันได้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการยึดชั้นงานอินไดเรกท์คอมโพสิตเรซินบนเนื้อฟันโดยใช้ RelyX U100, Clearfil SA Cement หรือ Panavia F 2.0 ต่างมีการรั่วซึมระดับจุลภาคด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าเรซินซีเมนต์ทุกชนิดมีการรั่วซึมระดับจุลภาค [74] การรั่วซึมอาจเกิดขึ้นที่ระหว่างฟันกับเรซินซีเมนต์ หรือระหว่างชั้นงานบูรณะกับเรซินซีเมนต์ก็ได้

การรั่วซึมระหว่างเรซินซีเมนต์และฟันเกิดได้จากค่ากำลังยึดของเรซินซีเมนต์ไม่อาจต้านต่อแรงเค้นที่เกิดจากการหดตัวของตัวของเรซินซีเมนต์ขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ มีการศึกษาพบว่าวัดค่าร้อยละของแรงเค้นจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน RelyX Unicem ได้ 4.1 ± 0.3 [75-76] ดังนั้นการกำหนดชั้นความหนาของเรซินซีเมนต์ให้บางที่สุดเพื่อลดปริมาณของเรซินซีเมนต์ก็เป็นแนวทางที่จะช่วยลดการหดตัวจากปฏิกิริยาการบ่มตัวได้ [77] ถึงแม้ว่าเรซิน

ซีเมนต์ที่ใช้จะมีปริมาณน้อยมาก เป็นเพียงแค่ชั้นบาง ๆ แต่ลักษณะของโพรงฟันที่เป็นช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างชิ้นงานอินเลย์กับผิวฟันนั้นก่อให้เกิดความเค้นได้มาก เนื่องจากมีค่าซี-แฟกเตอร์สูง (C-factor) [78] สาเหตุอีกประการหนึ่งที่พบการร้าวซีเมนต์บริเวณรอยต่อของเรซินซีเมนต์ทุกกลุ่ม อาจเนื่องมาจากการศึกษาได้ออกแบบให้ขอบของชิ้นงานอินโดเรทท์คอมโพสิตอินเลย์อยู่ระหว่างรอยต่อระหว่างผิวรากฟันและผิวเคลือบฟัน (Cemento-enamel junction : CEJ) ซึ่งยังไม่พบวิธีการใช้สารยึดติดชนิดใดที่รับประกันว่าสามารถผนึกขอบได้อย่างสมบูรณ์เมื่อขอบนั้นอยู่บริเวณเนื้อฟันในส่วนของรากฟัน (cementum-dentin) [79-80]

ในการวิจัยนี้ใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 เป็นกลุ่มควบคุมและปฏิบัติตามขั้นตอนที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำไว้ ดังนั้นก่อนทำการยึดอินโดเรทท์คอมโพสิตอินเลย์โพรงฟันที่เตรียมไว้จะถูกเป่าให้แห้งและทาด้วยสารไพรเมอร์ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มควบคุมมีการร้าวซีเมนต์บริเวณรอยต่อของเรซินซีเมนต์น้อยกว่าทุกกลุ่ม อาจเป็นเพราะสารไพรเมอร์ที่ใช้ในการปรับสภาพผิวฟันนั้นมี MDP เป็นองค์ประกอบซึ่งมอนอเมอร์นี้สามารถละลายชั้นสเมียร์ และแทรกซึมไปสัมผัสผิวฟันพร้อมกับละลายแร่ธาตุบางส่วนออกไปและเกิดพันธะเคมีกับไฮดรอกซีอะพาไทต์ [81] นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า Panavia F 2.0 มีค่าร้อยละการบ่มตัว (degree of conversion) มากกว่าร้อยละ 60 ภายหลังจากได้รับการฉายแสง 5 นาที [82] ดังนั้นเมื่อฉายแสงเสร็จแล้วจะรอไว้ 7 นาที ก่อนแช่น้ำนั้น ระหว่างที่รอ 7 นาทีทำให้กระบวนการบ่มตัวเองเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ส่งผลให้เรซินซีเมนต์มีสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นและลดการร้าวซีเมนต์ได้ดี

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าเมื่อทำการปรับสภาพผิวของเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริกแล้วล้างน้ำออก จากนั้นเป่าลมเบา ๆ เพื่อให้เนื้อฟันมีความชื้นที่พอเหมาะจะช่วยส่งเสริมค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติด (adhesive agent) ให้มีค่าที่สูงกว่ากรณีที่ใช้เป่าลมจนเนื้อฟันอยู่ในสภาพที่แห้งเกินไป [58] ซึ่งอธิบายได้ว่าการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรดแล้วใช้ลมเป่าให้แห้งเกินไป เส้นใยคอลลาเจนที่ปราศจากการพองด้วยสารอินทรีย์จะเกิดการพองตัวและอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น ทำให้สารยึดติดไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปตามช่องว่างของเส้นใยคอลลาเจนได้ ส่งผลต่อการเกิดขึ้นไฮบริด (hybrid layer) ที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติดลดลง แต่การใช้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ทั้งชนิด RelyX U100 และ Clearfil SA cement นั้น ไม่ต้องทำการปรับสภาพผิวฟันก่อน ดังนั้นไม่ว่าเนื้อฟันจะชื้นหรือแห้งยอมไม่เกี่ยวข้องกับการพองหรือพุบของเส้นใยคอลลาเจน

การที่ RelyX U100 ให้ผลการรั่วซึมระดับจุลภาคบนเนื้อฟันที่ขึ้นมีค่าต่ำกว่าเนื้อฟันที่แห้ง แสดงว่าเรซินซีเมนต์ชนิดนี้สามารถแนบสนิทกับเนื้อฟันที่อยู่ในสถานะที่ขึ้นได้ดีกว่าเนื้อฟันที่แห้งซึ่งน่าจะเป็นผลมาจาก

1. ส่วนประกอบของ RelyX U100 ส่งเสริมให้มีความชอบน้ำในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยาจึงทำให้ซีเมนต์สามารถแผ่ไปตามผิวฟันได้ดี นอกจากนี้ น้ำจากความชื้นที่อยู่บนผิวฟันยังถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยากรด-ด่างที่เกิดขึ้น โดย ณ ตำแหน่งหมู่ว่องไวของมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะเกิดการแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) และจะทำปฏิกิริยากับชั้นสเมียร์และผิวฟันได้ สมบูรณ์กว่าเมื่อเทียบกับการใช้ RelyX U100 กับผิวฟันที่แห้ง จากการใช้อิเล็กซ์เรย์ โฟโตอิเล็กตรอน สเปกโทรสโกปี (X-ray photoelectron spectroscopy; XPS) เพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีของมอนอเมอร์ใน RelyX Unicem กับไฮดรอกซีอะพาไทต์สังเคราะห์ พบการเกิดพันธะเคมีระหว่างหมู่ว่องไวที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริกกับแคลเซียมไอออนในสารไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ [25] ส่วนการศึกษาที่ชั้นรอยต่อระหว่างผิวฟันธรรมชาติกับ Rely X Unicem ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งชนิดส่องผ่านและส่องกราดจะพบลักษณะขรุขระที่รอยต่อของผิวเนื้อฟันกับซีเมนต์ที่มีความหนาประมาณ 2 ไมโครเมตรและยังพบส่วนของชั้นสเมียร์ (smear layer) และสเมียร์พ러그 (smear plug) ที่อุดปิดท่อนเนื้อฟันอยู่ [2,24] ซึ่งลักษณะทางกายภาพนี้อาจส่งผลให้ลดระดับการรั่วซึมได้ [53-56] ถึงแม้ว่าการศึกษานี้จะใช้ RelyX U100 แต่ทั้ง Rely X Unicem และ RelyX U100 ต่างมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกันกับ เพียงแต่เรซินทั้งสองผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน คือ RelyX Unicem จะเป็นแคปซูล (capsule) ผสมโดยการใช้อุปกรณ์ ขณะที่ RelyX U100 บรรจุในรูปแบบหลอดกด (clicker) และใช้มือผสม [5] ดังนั้นผลจากการศึกษาของ Rely X Unicem ก็น่าจะนำมาใช้สนับสนุนผลของ RelyX U100 ได้เช่นกัน

2. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ RelyX U100 สามารถปรับเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เข้าสู่สภาวะความเป็นกลางได้อย่างรวดเร็วจากปฏิกิริยากรด-ด่าง ระหว่าง 1) มอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดกับวัสดุอุดแทรกประเภทที่เกิดปฏิกิริยาได้ (reactive filler) 2) มอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดกับสารอินทรีย์บนผิวฟัน เมื่อ RelyX U100 เข้าสู่สภาวะความเป็นกลาง ทำให้ลดการละลายตัวของซีเมนต์เมื่อสัมผัสน้ำจากภายนอกได้ [5] ขณะที่ Clearfil SA cement ผู้ผลิตไม่ได้กล่าวถึงการมีวัสดุอุดแทรกประเภทที่เกิดปฏิกิริยากรด-ด่างได้ ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังผสมต้องใช้เวลาเพื่อเข้าสู่สภาวะความเป็นกลางเนิ่นนานกว่า RelyX U100 และอาจเป็นสาเหตุให้ Clearfil SA cement ยังคงมีสมบัติชอบน้ำหลังการก่อตัว จึงทำให้ดูน้ำและมี

การละลายตัวตามมา ซึ่งทำให้ Clearfil SA cement ทุกกลุ่มมีค่าการรั่วซึมระดับจุลภาคมากกว่ากลุ่มที่ใช้ RelyX U100 ยึดกับเนื้อฟันขึ้น

3. การที่เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ RelyX U100 มีความหนืดสูง [83-84] ประกอบกับในการวิจัยนี้มีการกดชิ้นงานบูรณะด้วยน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hahn และคณะ ที่พบว่าในกรณีที่มีช่องว่างระหว่างวัสดุบูรณะและฟัน การใช้ซีเมนต์ที่มีความหนืดสูงยึดชิ้นงานเซรามิกอินเลย์พบว่าการรั่วซึมระดับจุลภาคน้อยกว่าการใช้ซีเมนต์ที่มีความหนืดต่ำ (low viscosity) เนื่องจากซีเมนต์ที่มีความหนืดสูงจะปิดผนึกที่บริเวณขอบของวัสดุบูรณะได้ดีกว่า [85] จึงส่งผลให้ RelyX U100 ซึ่งมีความหนืดสูงมีการรั่วซึมระดับจุลภาคน้อยกว่า Clearfil SA Cement ที่มีความหนืดต่ำ

ส่วนการรั่วซึมระดับจุลภาคในกลุ่มที่ใช้ Clearfil SA Cement พบว่าทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิตินั้นอาจอธิบายได้ว่า Clearfil SA cement นั้นผู้ผลิตไม่ได้กล่าวถึงการมีวัสดุอุดแทรกประเภทที่เกิดปฏิกิริยากรด-ด่างได้ ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังผสมต้องใช้เวลาเพื่อเข้าสู่สภาวะความเป็นกลางเนิ่นนาน จึงทำให้ Clearfil SA cement ยังคงมีสมบัติชอบน้ำหลังการก่อตัว ส่งผลให้ดูดน้ำและมีการละลายตัวและเกิดการรั่วซึมตามมา ประเด็นที่น่าสนใจก็คือว่าทั้ง Panavia F 2.0 และ Clearfil SA Cement ต่างมีแอคทีฟมอนอเมอร์ คือ สาร MDP เหมือนกันโดยสาร MDP สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เนื้อฟันได้และเกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble salt complex) [86] แต่ Clearfil SA Cement กลับมีค่าเฉลี่ยของการรั่วซึมที่มากกว่า ซึ่งสาเหตุอาจเป็นเพราะ Panavia F 2.0 เป็นเรซินซีเมนต์ระบบที่ต้องใช้สารไพรเมอร์ทาที่เนื้อฟันเพื่อปรับสภาพผิวฟันเสียก่อน โดยสารไพรเมอร์ดังกล่าวสามารถละลายชั้นสเมียร์ได้ จึงส่งผลให้สาร MDP ใน Panavia F 2.0 สามารถเข้าไปใกล้หรือสัมผัสผิวเนื้อฟันและเกิดพันธะเคมีกับแคลเซียมไอออนที่ผิวเนื้อฟันได้มากกว่า สาร MDP ที่อยู่ใน Clearfil SA cement

ผู้ผลิตส่วนใหญ่แนะนำว่าการยึดชิ้นงานด้วยเรซินซีเมนต์ ทันตแพทย์ไม่ควรรอหรือขัดแต่งวัสดุบูรณะทันทีที่ยึดชิ้นงานเสร็จ แต่ชิ้นงานควรให้อยู่ภายใต้แรงกด (occlusal load) เป็นเวลาประมาณ 10 นาที ร่วมกับการกั้นน้ำลายที่ดี เพื่อให้เรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดวัสดุบูรณะเกิดการก่อตัวที่สมบูรณ์ [56] ดังนั้นการศึกษานี้จึงชะลอการสัมผัสน้ำหลังการฉายแสงเสร็จ 7 นาที โดยเมื่อรวมระยะเวลาตั้งแต่ใส่ชิ้นงานที่ซีฟัน กดด้วยตุ้มน้ำหนัก ฉายแสงเบื้องต้น กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออก และฉายแสงซ้ำ รวมเวลาได้ประมาณ 3 นาที เมื่อรวมกับ 7 นาทีหลังฉายแสงเสร็จเป็นเวลาประมาณ 10 นาทีนั่นเอง

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า มีการรั่วซึมระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟ เรซิน ซีเมนต์และเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ ที่รอยต่อของชิ้นงานบูรณะอินไดเรกต์คอมโพสิตอินเลย์และเนื้อฟัน เช่นเดียวกับผลการศึกษาอื่นๆ โดยยังไม่พบวิธีการใช้สารยึดติดที่จะทำให้ความแนบสนิท ปิดช่องที่รอยต่อของขอบวัสดุบูรณะและฟันได้ทั้งหมด โดยเฉพาะเมื่อขอบอยู่บริเวณต่ำกว่ารอยต่อระหว่างผิวรากฟันและผิวเคลือบฟัน [79,86] ซึ่งต้องทำการศึกษาเพื่อหาวิธีลดการรั่วซึมบริเวณนี้ต่อไปในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. ปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ 1 บางส่วน คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 มากกว่า Panavia F 2.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 **เมื่อเนื้อฟันแห้ง** เมื่อแช่น้ำกลั่นทันทีเมื่อฉายแสงเสร็จหรือหลังจากฉายแสงเสร็จแล้วรอ 7 นาทีจึงแช่น้ำกลั่น
2. ปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ 2 คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของ Clearfil SA cement มากกว่า Panavia F 2.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกกรณี
3. ปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ 3 บางส่วน คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 น้อยกว่า Clearfil SA cement อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 **เมื่อเนื้อฟันชื้น** ยอมรับสมมติฐานว่างที่ 3 บางส่วน คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 แตกต่างจาก Clearfil SA cement อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 **เมื่อเนื้อฟันแห้ง** เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จเดียวกัน
4. ปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ 4 บางส่วน คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของ RelyX U100 บนเนื้อฟันชื้นน้อยกว่าบนเนื้อฟันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยอมรับสมมติฐานว่างที่ 4 บางส่วน คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของ Clearfil SA cement บนเนื้อฟันชื้นและบนเนื้อฟันแห้งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาของการสัมผัสน้ำหลังฉายแสงเสร็จเดียวกัน
5. ยอมรับสมมติฐานว่างที่ 5 คือ RelyX U100 และ Clearfil SA Cement มีการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อกำหนดความชื้นของเนื้อฟันเดียวกัน ช่วงเวลาที่สัมผัสน้ำต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคยังคงเป็นการทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของวัสดุทางทันตกรรม การศึกษาต่าง ๆ จะทำการทดสอบวัสดุโดยวิธีการที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังไม่มีบริษัทผู้ผลิตแนะนำวิธีการที่ชัดเจนเกี่ยวกับการเตรียมผิวฟันที่มีความชื้นหรือความแห้ง รวมทั้งอธิบายลักษณะของผิวฟันที่ได้จากการเตรียมผิวฟันอย่างชัดเจน เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน เหมือนกับที่ชี้แจงในระบบสหายีดีดี

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการรั่วซึมระดับจุลภาคที่มีวิธีการทดลองที่ใช้แตกต่างกัน ทำให้ผลการศึกษาที่ได้มีความขัดแย้งกันได้ การที่มีวิธีการทดลองต่างกัน ไม่ว่าจะมากหรือน้อยก็ตาม ทำให้ไม่สามารถนำผลการศึกษาต่าง ๆ เปรียบเทียบกันได้ นอกจากนี้ยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานอย่างชัดเจนที่จะให้ผลการทดลองนำไปเทียบได้อย่างมีมาตรฐาน มีเพียงแค่แนวทางการทดสอบที่กำหนดโดย มาตรฐานสากล ไอเอสโอ 11405:2003 ดังนั้นผลการศึกษาวิจัยที่ได้จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ปรับปรุงการทดสอบทางห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินความเหมาะสมของขอบ การรั่วซึม และการแปดผล เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิก จากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ พบว่าผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการนั้นไม่สัมพันธ์กับผลการศึกษาในคลินิก

อย่างไรก็ตามการศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคเป็นพารามิเตอร์ (parameter) ที่ยังคงมีการใช้เพื่อทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ และทำให้เห็นความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้ดี [87]

รายการอ้างอิง

- [1] Pivowarczyk, A.; Bender, R.; Ottl, P. and Lauer, H. C. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. Dental Mater. 23 (2007): 211-7.
- [2] Al-Assaf, K.; Chakmakchi, M.; Palaghias, G.; Karanika-Kouma, A. and Eliades, G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. Dent Mater. 23 (2007): 829-39.
- [3] Erdemin, U.; Sar-Sancokli, H.; Yildiz, E.; Ozel, S. and Batur, B. An in vitro comparison of different adhesive strategies on the micro push-out bond strength of a glass fiber post. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 16 (2011): e626-56.
- [4] Hikita, K. and others. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. Dental Mater. 23 (2007): 71-8.
- [5] 3M ESPE. RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement in Clicker™ Dispenser. [Online]. 2007. Available from : <http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?6666660Zicf6IVs6EVs666iFPCOrrrQ>- [2011,November 9]
- [6] Sümer, E. and Deger, Y. Contemporary Permanent Luting Agent Used in Dentistry: A Literature Review. Int Dent Res. 1 (2011): 26-31.
- [7] Ralph Rawls R.; and Josephine F. E. Chapter 15. Restorative Resins. 401-8. Anusavice, K. J., Phillips'science of dental materials. 11thed. St.Louis: Saunders; 2003.

- [8] Smith, D.C. Dental cements. 203-8. In O'Brien WJ ed. Dental materials: properties and selection. 8th ed. Chicago: Quintessence Publishing; 2002.
- [9] Hewlett, E. R. Resin adhesion to enamel and dentin: a review. J Calif Dent Assoc. 31 (2003): 469-76.
- [10] De Munck, J. and others. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res. 84 (2005): 118-32.
- [11] El Zohairy, A. A.; Dee Gee, A. J.; Mohsen, M. M. and Feilzer, A. J. Effect of conditioning time of self-etching primers on dentin bond strength of three adhesive resin cements. Dent Mater. 21 (2005): 83-93.
- [12] Salz, U.; Zimmermann, J. and Salzer, T. Self-curing, self-etching adhesive cement systems. J Adhes Dent. 7(2005): 7-17.
- [13] Ferracane, J. L.; Stansbury, J. W. and Burke, F. J. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. J Oral Rehabil. 38 (2011): 295–331.
- [14] Radovic, I.; Monticelli, F.; Goracci, C.; Vulicevic, Z. R. and Ferrari, M. Self-adhesive resin cements: a literature review. J Adhes Dent. 10 (2008): 251-8.
- [15] Browen, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc. 66 (1963): 57-64.
- [16] Buonocore, M.G. Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 34 (1955): 849-53.

- [17] Mitra, S.B. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res. 70 (1991): 72-4.
- [18] Moodley, D.; Grobler, S. R.; Rossouw, R. J.; Oberholzer, T. G. and Patel, N. In vitro evaluation of two adhesive systems used with compomer filling materials. Int Dent J. 50 (2000): 400-6.
- [19] Van Landuyt, K. L. and others. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials. 28 (2007): 3757-85.
- [20] Teshima, W. and others. ESR study of camphorquinone/amine photoinitiator systems using blue light-emitting diodes. Biomaterials. 24 (2003): 2097-103.
- [21] Han, L.; Okamoto, A.; Fukushima, M. and Okiji, T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. Dent Mater. 26 (2007): 906-14.
- [22] Ishida, H. and Koenig, L. J. An investigation of the coupling agent/matrix interface of fiberglass reinforced plastics by fourier transform infrared spectroscopy. J Polymer Sci. 17 (1979): 615-26.
- [23] Vrochari, A. D.; Eliades, G.; Hellwig, E. and Wrbas, K. T. Curing efficiency of four self-etching self-adhesive resin cements. Dent Mater. 25 (2009): 1104-8.
- [24] De Munck, J.; Vargas, M.; Van Landuyt, K.; Hikita, K.; Lambrechts, P. and Van Meerbeek, B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. Dent Mater. 20 (2004): 963-71.
- [25] Gerth, H. U.; Dammaschke, T.; Züchner, H. and Schäfer, E. Chemical analysis and

bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites--a comparative study. Dent Mater. 22 (2006): 934-41.

[26] Monticelli, F.; Osorio, R.; Mazzitelli, C.; Ferrari, M. and Toedano, M. Limited decalcification/ diffusion of self-adhesive cements into dentin. J Dent Res. 87 (2008): 974-9.

[27] White, S. N. and Yu, Z. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. J Prosthet Dent. 69 (1993): 568-72.

[28] Li, Z. C. and White, S. N. Mechanical properties of dental luting cements. J Prosthet Dent. 81 (1999): 579-609.

[29] SasKalauskaite, E.; Tam, L. E. and McComb, D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. J Prosthodont. 17 (2008): 262-8.

[30] Kumbuloglu, O.; Lassila, L. V.; User, A. and Vallittu, P. K. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. Int J Prosthodont. 17 (2004): 357-63.

[31] Behr, M. and others. Changes of cement properties caused by mixing errors: the therapeutic range of different cement types. Dent Mater. 24 (2008): 1187-93.

[32] Black, M. A.; Bayne, S. C. and Peterson, C. A. Effect of power toothbrushing on simulated wear of dental cement margins. J Dent Hyg. 81 (2007): 79.

[33] Belli, R.; Pelka, M.; Petchelt, A. and Lohbauer, U. In vitro wear gap formation of self-adhesive resin cements: a CLSM evaluation. J Dent. 37 (2009): 984-93.

- [34] Lu, H. and Powers, J. M. Color stability of resin cements after accelerated aging. Am J Dent. 17 (2004): 354-8.
- [35] Dennison, J. B. and Sarrett, D. C. Prediction and diagnosis of clinical outcome affecting restoration margins. J oral Rehabil. 39 (2012): 301-8.
- [36] Kidd, E. A. Microleakage: a review. J Dent. 5 (1976): 199-206.
- [37] Alani, A. H, Toh, C. G. Detection of microleakage around dental restorations: a review. Oper Dent. 22 (1997): 173-85.
- [38] Taylor, M. J.; Lynch, E. Microleakage. J Dent. 20 (1992): 3-10.
- [39] Simeon, P. and others. A three-dimensional evaluation of microleakage of the class V cavities restored with flowables. Medicinski Glasnik. 6 (2009): 249-55.
- [40] Nelsen, R. J.; Wolcott, R. o. and Paffenberfer, G. C. Fluid exchange at the margin of dental restorations. J Am Dent Assoc. 44 (1952): 288-95.
- [41] Versluis, A.; Douglas, W. H.; Cross, M. and Sakaguchi, R. L. Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? J Dent Res. 75 (1996): 871-8.
- [42] Rossetti, P. H.; do Valle, A. L.; de Carvalho, R. M.; De Goes, M. F. and Pegoraro, L. F. Correlation between margin fit and microleakage in complete crowns cemented with three luting agents. J Appl Oral Sci. 16 (2008): 64-9.
- [43] Lopes, M. B.; Consani, S.; Gonini-Junior, A.; Moura, S. K. and McCabe JF. Comparison of microleakage in human and bovine substrate using confocal

- microscopy. Bull Tokyo Dent Coll. 17 (2009): 111-6.
- [44] Khosravi, K.; Ataci, E.; Mousavi, M. and Khodacian, N. Effect of phosphoric acid etching of enamel margins on the microleakage of a simplified all-in-one and a self-etch adhesive system. Oper Dent. 34 (2009): 531-6.
- [45] Bagis, Y. H.; Baitacioglu, I. K\H. and Kahyaogullari, S. Comparing microleakage and the layering methods of silorane-based resin composite in wide Class II MOD cavities. Oper Dent. 34 (2009): 578-85.
- [46] Besnault, C. and Attal, J. P. Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II Composite restorations. J Dent. 30 (2002): 1-6.
- [47] CalaBrez-Filho, S.; Calabrez, V. C.; Geston, E. G.; de Andrade M. F. and Borges, K. H. Influence of the internal conditioning of indirect restorations of resin composite in relation to microleakage using LEDs and QTH units. Oper Dent. 43 (2009): 293-8.
- [48] Almeida, K. G.; Scheibe, K. G. Oliveira, A. E.; Alves, C. M. and Costa, J. F. Influence of human and bovine substrate on the microleakage of two adhesive systems. J Appl Oral Sci. 17 (2009): 92-6.
- [49] Sano, H.; Takatsu, T.; Ciucchi, B.; Horner, J. A.; Matthews, W. G. and Pashley, D. H. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. Oper Dent. 20 (1995): 18-25.
- [50] Hilton, T. J. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part II. Am J Dent. 15 (2002b): 279-89.

- [51] Schmid-Schwap, M. and others. Microleakage after thermocycling of cemented crowns — A meta-analysis. Dent Mater. 27 (2011): 859-69.
- [52] Bouillaguet, S.; Duroux, B.; Ciucchi, B. and Sano, H. Ability of adhesive systems to seal dentin surfaces: an in vitro study. J Adhes Dent. 2 (2000): 201-8.
- [53] Hilton, T. J. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part I. Am J Dent. 15 (2002a): 198-210.
- [54] Behr, M.; Rosentritt, M.; Rengnet, T.; Lang, R. and Handel, G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive resin cement compared with well-tried systems. Dent Mater. 20 (2004): 191-7.
- [55] Rosentritt, M.; Behr, M.; Lang, R. and Handel, G. Influence of cement type on the marginal adaptation of all-ceramic MOD inlays. Dent Mater. 20 (2004): 463-9.
- [56] Frankenberger, R.; Lohbauer, U.; Schaible, R. B. and Nikolaenko, S. A. Luting of ceramic inlays in vitro: marginal quality of self-etch and etch-and-rinse adhesives versus self-etch cements. Dent Mater. 24 (2008): 185-91.
- [57] Ibarra, G.; Johnson, G. H.; Geurtsen, W. and Vargas, M. A. Microleakage of porcelain veneer restorations bonded to enamel and dentin with a new self-adhesive resin-based dental cement. Dent Mater. 23 (2007): 218-25.
- [58] Kanca, J. 3rd. Wet bonding: effect of drying time and distance. Am J Dent. 9 (1996): 273-6.
- [59] Siegel, S. C. and Von Fraunhofer, J. A. Dental cutting with diamond burs: heavy-handed or light-touch? J Prosthodont. 8 (1999): 3-9.

- [60] Caputi, S. and Varvara, G. Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophasic, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an in vitro study. J Prosthet Dent. 99 (2008): 274-81.
- [61] Jacob, S. J.; Hegde, C.; Prasad, K. D. and Shetty, M. An in vitro study to evaluate the effect of storage time and application of subsequent layers on the variation in thickness of three commercially available die spacers. Indian J Dent Res. 21(2010): 92-7.
- [62] Hervas-Garcia, A.; Martinez-Lozano, M. A.; Cabanes-Vila, J.; Barjau-Escribano, A. and Fos-Galve, P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 11 (2006): E215-20.
- [63] Ivoclar Vivadent Asia. Tetric[®] N Collection. [Online]. 2007. Available from : <http://asia.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/5924/Tetric+N-Collection> [2013, April 16]
- [64] Park, J.; Chang, J.; Ferracane, J. and Lee, I. B. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: Incremental or Bulk filling? Dent Mater. 24 (2008): 1501-5.
- [65] Gale, M. S. and Darvell, B. W. Dentine permeability and tracer tests. J Dent. 27 (1999): 1-11.
- [66] Gale, M. S.; Darvell, B. W. and Cheung G. S. P. Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. J Dent. 22 (1994): 370-5.

- [67] International Standards Organization. ISO/TS 11405:2003 2nd ed. Dental materials — testing of adhesion to tooth structure. Switzerland.
- [68] Raskin, A. and others. Influence of the number of section on reliability of in vitro microleakage evaluations. Am J Dent. 16 (2003): 207-10.
- [69] Nakabayashi, N. Importance of mini-dumbbell specimen to assess tensile strength of restored dentine: perspective in dentistry. J Dent. 32 (2004): 431-42.
- [70] Yang, B.; Adelung, R.; Ludwig, K.; Bößmann, K.; Pashley D. H. and Kern M. Effect of structural change of collagen fibrils on the durability of dentin bonding. Biomaterials. 26 (2005): 5021-31.
- [71] Miyazaki, M.; Sato, M.; Onose, H.; and Moore, B. K. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. Am J Dent. 11 (1998): 118-22.
- [72] Loyd, B. A.; McGinley, M. G. and Brown, W. S. Thermal stress in teeth. J Dent Res. 57 (1978): 571-82.
- [73] Paxinatto, F. B.; Campos, B. B.; Costa, L. C. and Atta, M. t. Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. Pesqui Odontol Bras. 17 (2003): 337-42.
- [74] Gerdolle, D. A.; Mortier, E.; Loos-Ayav, C.; Jacquot, B. and Panighi, M. M. In vitro evaluation of microleakage of indirect composite inlays cemented with four luting agents. J Prosthet Dent. 93 (2005): 563-70.

- [75] Kitzmüller, K.; Graf, A.; Watts, D. and Schedle, A. Setting Kinetics and shrinkage of self-adhesive resin cements depend on cure-mode and temperature. Dent Mater. 27 (2011): 544-51.
- [76] Spinell, T.; Schedle, A.; and Watt, D. C. Polymerization shrinkage kinetics of dimethacrylate resin-cements. Dent Mater. 25 (2009): 1058-66.
- [77] Lutz, F.; Kerjci, I.; and Barbakow, F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. Dent Mater. 7 (1991): 107-13.
- [78] Cavidson, C. L.; and De Gee, A. J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flown in dental composites. J Dent Res. 63 (1984): 146-8.
- [79] Davidson, C. L.; and Feilzer, A. J. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer based restoratives. J Dent. 25 (1997): 435-40.
- [80] Van Meerbeek, B.; Perdigao, J.; Lambrechts, P.; and Vanherle, G. The clinical prefomances of adhesives. J Dent. 26 (1998): 1-20.
- [81] ORALTEK. Clearfil SA Cement scientific product information. [Online]. 2011.
Available from :
http://www.oraltek.ch/_/frontend/handler/document.php?id=150&type=42
[2011, November 9]
- [82] André, L.; Faria-e-Silva.; Rafael, R. M.; Fabrício, A. O.; Cvandro, P. L. and Martins, R. M. Panavia F: the role of the primer. J Oral Sci. 51 (2009): 255-9.
- [83] Tonial, D. and others. Effect of conditioner on microtensile bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. Stomatologija. 12 (2010): 73-9.

- [84] Silva, R. A.; Coutinho, M.; Cardozo, P. I.; Silva, L. A. and Zorzatto, J. R. Conventional dual-cure versus self-adhesive resin cements in dentin bond integrity. J Appl Oral Sci. 19 (2011): 355-62.
- [85] Hahn, P.; Attin, T.; Gröfke, M. and Hellwig, E. Influence of resin cement viscosity on microleakage of ceramic inlays. Dent Mater. 17 (2001): 191-6.
- [86] Heintze, S. D. I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. J Adhes Dent. 9 Suppl 1 (2007): 77-106.
- [87] Fabianelli, A.; Pollington, S.; Davidson, L. C.; Cagidiaco, C. M.; Goracci, C. The relevance of micro-leakage studies. Int Dent SA. 9 (2007): 64-74.
- [88] Zargar, B.; Parham, H. and Hatamie, A. Modified iron oxide nanoparticles as solid phase extractor for spectrophotometric determination and separation of basic fuchsin. Talanta. 77 (2009): 1328-31.

ภาคผนวก

ตารางที่ 8 คะแนนการรั่วซึมทั้งหมด

กลุ่มทดลอง	No.	ค่าการรั่วซึม			ค่าที่เลือกใช้
		แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	
กลุ่ม 1 : RelyXU100 & moist dentin & 0 min	1	0	0	0	0
	2	1	0	1	1
	3	1	1	0	1
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	1	0	0	1
	7	0	0	0	0
	8	0	0	0	0
	9	1	1	0	1
	10	1	1	1	1
กลุ่ม 2 : RelyXU100 & moist dentin & delay 7 min	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	1	1	1
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
	7	0	0	0	0
	8	1	1	0	1
	9	0	0	0	0
	10	0	0	0	0
กลุ่ม 3 : RelyXU100& dry dentin & 0 min	1	1	1	0	1
	2	1	1	1	1
	3	0	1	1	1
	4	1	3	2	3

	5	1	1	1	1
	6	2	2	2	2
	7	1	1	0	1
	8	1	2	2	2
	9	3	1	2	3
	10	1	0	1	1
กลุ่ม 4 : RelyX U100& dry dentin & delay 7 min	1	1	1	2	2
	2	2	2	0	2
	3	1	0	1	1
	4	0	0	0	0
	5	1	1	1	1
	6	1	1	0	1
	7	1	1	2	2
	8	1	1	1	1
	9	0	1	1	1
	10	1	1	1	1
กลุ่ม 5 : Clearfil SA cement & moist dentin & 0 min	1	1	1	1	1
	2	0	1	0	1
	3	1	0	1	1
	4	1	1	1	1
	5	1	1	0	1
	6	2	2	1	2
	7	2	2	2	2
	8	0	1	1	1
	9	0	1	1	1
	10	1	1	1	1
กลุ่ม 6 : Clearfil SA cement & moist dentin & delay 7 min	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	1	1	1	1

	4	1	0	0	1
	5	0	0	0	0
	6	1	1	1	1
	7	1	3	2	3
	8	1	0	1	1
	9	1	1	1	1
	10	2	2	1	2
กลุ่ม 7 : Clearfil SA cement & dry dentin & 0 min	1	2	0	1	2
	2	1	3	2	3
	3	0	1	2	2
	4	1	0	1	1
	5	1	1	1	1
	6	2	2	3	3
	7	1	2	1	2
	8	1	1	1	1
	9	1	1	1	1
	10	2	2	2	2
กลุ่ม 8 : Clearfil SA Cement & dry dentin & delay 7 min	1	1	1	1	1
	2	0	1	1	1
	3	1	2	2	2
	4	1	1	0	1
	5	0	0	1	1
	6	1	2	2	2
	7	1	1	1	1
	8	0	0	0	0
	9	0	1	0	1
	10	1	1	1	1
กลุ่มควบคุม : Panavia F 2.0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0

	3	0	0	0	0
	4	1	1	0	1
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
	7	0	0	0	0
	8	1	0	0	1
	9	0	0	0	0
	10	0	0	0	0

สถิติเชิงพรรณนา (Discriptive statistics)

การหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มทดสอบทั้งหมด

Means

Case Processing Summary

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
microleakage score * cement vs dentin condition vs waiting time	90	100.0%	0	.0%	90	100.0%

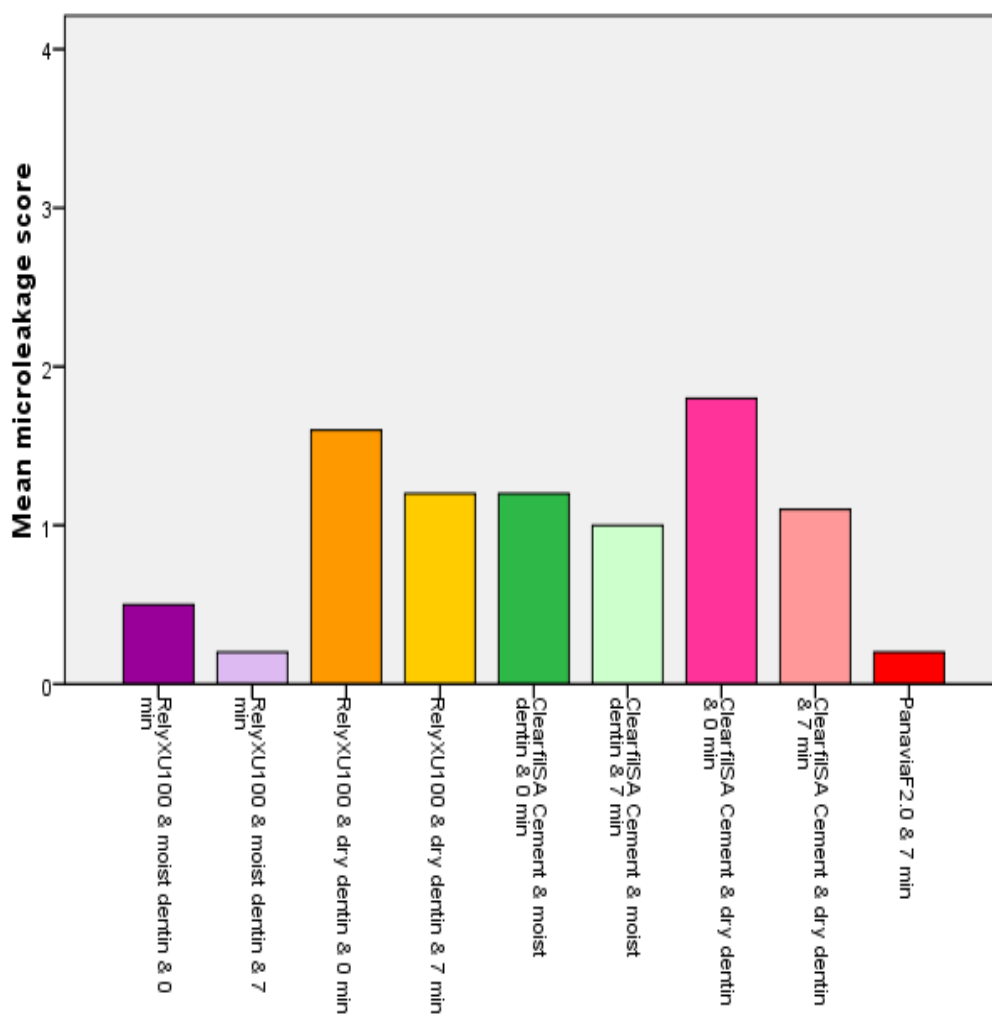
ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการรั่วซึมระดับจุลภาค

Report

microleakage score

cement vs dentin condition vs waiting time	Mean	N	Std. Deviation
RelyXU100 & moist dentin & 0 min	.50	10	.527
RelyXU100 & moist dentin & 7 min	.20	10	.422
RelyXU100 & dry dentin & 0 min	1.60	10	.843
RelyXU100 & dry dentin & 7 min	1.20	10	.632
ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min	1.20	10	.422
ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min	1.00	10	.943
ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min	1.80	10	.789
ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min	1.10	10	.568
PanaviaF2.0 & 7 min	.20	10	.422
Total	.98	90	.821

MEANS TABLES = microleakage BY group /CELLS MEAN COUNT STDDEV.



* Chart Builder.

GGRAPH

/GRAPHDATASET NAME="graphdataset" VARIABLES=group

MEAN(microleakage)[name="MEAN_microleakage"] MISSING=LISTWISE

REPORTMISSING=NO

/GRAPHSPEC SOURCE=INLINE.

2. การคำนวณสถิติครัสคาล-วัลลิสด้วยโปรแกรม SPSS Statistics version

Kruskal-Wallis Test

Ranks			
	cement vs dentin condition vs waiting time	N	Mean Rank
microleakage score	RelyXU100 & moist dentin & 0 min	10	31.25
	RelyXU100 & moist dentin & 7 min	10	20.60
	RelyXU100 & dry dentin & 0 min	10	62.70
	RelyXU100 & dry dentin & 7 min	10	54.30
	ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min	10	54.90
	ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min	10	45.20
	ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min	10	68.60
	ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min	10	51.35
	PanaviaF2.0 & 7 min	10	20.60
	Total	90	

Test Statistics^{a,b}

	microleakage score
Chi-Square	42.771
Df	8
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: cement vs dentin
condition vs waiting time

NPAR TESTS

```
/K-W=microleakage BY group(1 9)
/MISSING ANALYSIS.
```

3. การคำนวณสถิติครัสคาล-วัลลิสด้วยโปรแกรม StatDirects version 2.7.8

Kruskal-Wallis test

Variables: RelyXU100 & monist dentin & 0 min, RelyXU100 & moist dentin & 7 min, RelyXU100 & dry dentin & 0 min, RelyXU100 & dry dentin & 7 min, ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min, ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min, ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min, ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min, PanaviaF2.0 & 7 min

Groups = 9

df = 8

Total observations = 90

T = 36.229231

P < 0.0001

Adjusted for ties:

T = 42.770595

P < 0.0001

At least one of your sample populations tends to yield larger observations than at least one other sample population.

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman)

Critical t (81 df) = 1.989686

RelyXU100 & monist dentin & 0 min and RelyXU100 & moist dentin & 7 min	not significant
(10.65 > 18.763124)	P = 0.2621
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and RelyXU100 & dry dentin & 0 min	significant
(31.45 > 18.763124)	P = 0.0013
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and RelyXU100 & dry dentin & 7 min	significant
(23.05 > 18.763124)	P = 0.0167
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min	significant
(23.65 > 18.763124)	P = 0.0141
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min	not significant
(13.95 > 18.763124)	P = 0.1429
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min	significant
(37.35 > 18.763124)	P = 0.0002
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min	significant
(20.1 > 18.763124)	P = 0.0361
RelyXU100 & monist dentin & 0 min and PanaviaF2.0 & 7 min	not significant
(10.65 > 18.763124)	P = 0.2621
RelyXU100 & moist dentin & 7 min and RelyXU100 & dry dentin & 0 min	significant
(42.1 > 18.763124)	P < 0.0001
RelyXU100 & moist dentin & 7 min and RelyXU100 & dry dentin & 7 min	significant
(33.7 > 18.763124)	P = 0.0006
RelyXU100 & moist dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min	significant
(34.3 > 18.763124)	P = 0.0005

RelyXU100 & moist dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min
 significant
 (24.6 > 18.763124) P = 0.0108
 RelyXU100 & moist dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min
 significant
 (48 > 18.763124) P < 0.0001
 RelyXU100 & moist dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min
 significant
 (30.75 > 18.763124) P = 0.0016
 RelyXU100 & moist dentin & 7 min and PanaviaF2.0 & 7 min not significant
 (0 > 18.763124) P > 0.9999
 RelyXU100 & dry dentin & 0 min and RelyXU100 & dry dentin & 7 min not significant
 (8.4 > 18.763124) P = 0.3757
 RelyXU100 & dry dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min not
 significant
 (7.8 > 18.763124) P = 0.4106
 RelyXU100 & dry dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min not
 significant
 (17.5 > 18.763124) P = 0.0671
 RelyXU100 & dry dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min not
 significant
 (5.9 > 18.763124) P = 0.5333
 RelyXU100 & dry dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min not
 significant
 (11.35 > 18.763124) P = 0.2323
 RelyXU100 & dry dentin & 0 min and PanaviaF2.0 & 7 min significant
 (42.1 > 18.763124) P < 0.0001
 RelyXU100 & dry dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min not
 significant
 (.6 > 18.763124) P = 0.9494
 RelyXU100 & dry dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min not
 significant
 (9.1 > 18.763124) P = 0.3374
 RelyXU100 & dry dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min not
 significant
 (14.3 > 18.763124) P = 0.1333
 RelyXU100 & dry dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min not
 significant
 (2.95 > 18.763124) P = 0.7552
 RelyXU100 & dry dentin & 7 min and PanaviaF2.0 & 7 min significant
 (33.7 > 18.763124) P = 0.0006
 ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min
 not significant
 (9.7 > 18.763124) P = 0.3067
 ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min
 not significant
 (13.7 > 18.763124) P = 0.1501
 ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min
 not significant
 (3.55 > 18.763124) P = 0.7076
 ClearfilSA Cement & moist dentin & 0 min and PanaviaF2.0 & 7 min significant
 (34.3 > 18.763124) P = 0.0005
 ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 0
 min significant
 (23.4 > 18.763124) P = 0.0152

ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min
not significant

(6.15 > 18.763124) P = 0.5161

ClearfilSA Cement & moist dentin & 7 min and PanaviaF2.0 & 7 min significant

(24.6 > 18.763124) P = 0.0108

ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min and ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min
not significant

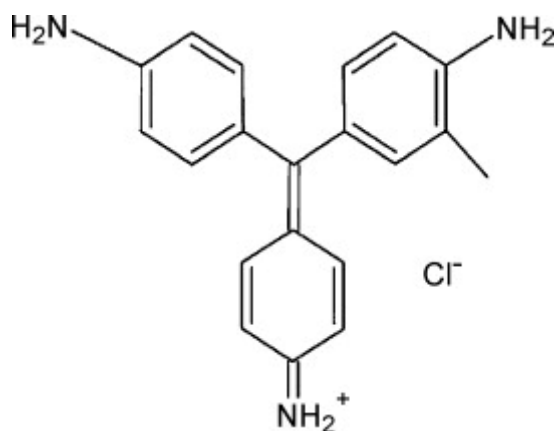
(17.25 > 18.763124) P = 0.071

ClearfilSA Cement & dry dentin & 0 min and PanaviaF2.0 & 7 min significant

(48 > 18.763124) P < 0.0001

ClearfilSA Cement & dry dentin & 7 min and PanaviaF2.0 & 7 min significant

(30.75 > 18.763124) P = 0.0016



รูปที่ 16 Chemical structure of Basic fuchsin [88]

ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ที่ประชุมคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ในการประชุมครั้งที่ 4 / 2554 ได้พิจารณาโครงการวิจัยเรื่อง ผลของความชื้นของเนื้อฟันต่อการรั่วซึมของเซลฟ์แอตอีซีฟเรซิน ซีเมนต์ ผู้วิจัยหลัก ทพญ. วริศรา เต๋อเนอ และมีมติ “อนุมัติโดยไม่มีเงื่อนไข”

ฝ่ายวิจัยได้ออกเอกสารรับรองด้านจริยธรรมซึ่งลงนามกำกับโดยประธานกรรมการฯ และรองคณะบดีฝ่ายวิจัยให้แก่ผู้วิจัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิศรดา เต่อเนอ เกิดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 ที่ จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต แพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2549 และในปีเดียวกันได้เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ 4 ประจำโรงพยาบาลพรานกระต่าย อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร เป็นระยะเวลา 3 ปี ในปีการศึกษา 2552 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันยังดำรงตำแหน่งเป็นทันตแพทย์ประจำโรงพยาบาลพรานกระต่าย