บทที่ 1

บทนำ

บริเวณหลุมร่องฟันพบฟันผุได้บ่อยกว่าผิวฟันด้านเรียบ จากการสำรวจการเกิดฟันผุในเด็กพบฟันผุบริเวณหลุมร่องฟันบนด้านบดเคี้ยวของฟันกรามแท้ ร้อยละ 45-82 ของจำนวนฟันผุทั้งหมด (Greenwell, *et al.*, 1990; Simonsen, 1991; Kaste, *et al.*, 1996) เนื่องจากลักษณะกายวิภาคของด้านบดเคี้ยวของฟันกรามที่เพิ่งขึ้นมาในช่องปากมักมีหลุมร่องฟันที่แคบและลึก ซึ่งยากต่อการทำความสะอาดและการกำจัดเศษอาหาร หลุมร่องฟันบนด้านบดเคี้ยวจึงมีความเสี่ยงสูงในการกักเก็บและสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ (microorganism) ซึ่งนำมาซึ่งการเกิดฟันผุบริเวณนี้ได้ง่าย

ความเป็นมาของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการควบคุมรอยโรคฟันผุด้านบดเคี้ยว

วิธีการป้องกันและ/หรือลดอัตราการเกิดฟันผุที่มีประสิทธิภาพมีหลายวิธี เช่น การใช้ฟลูออไรด์ การเคลือบหลุมร่องฟัน เป็นต้น ฟลูออไรด์ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการป้องกันการเกิดฟันผุทั้งในระดับชุมชนและปัจเจกบุคคล แต่ความสามารถของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุด้านบดเคี้ยวมีประสิทธิผลต่ำกว่าการป้องกันฟันผุของผิวฟันด้านเรียบ Strerritt และคณะ (1990) ศึกษาผลของการอมน้ำยาบ้วนปากโซเดียมฟลูออไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 ปี ในนักเรียน 22,000 คน และพบว่า การอมฟลูออไรด์ลดอัตราฟันผุด้านประชิด (proximal) ได้ร้อยละ 61 และ ลดอัตราฟันผุด้านแก้ม-ลิ้น (buccal-lingual) ได้ร้อยละ 31 แต่สามารถลดอัตราการผุด้านบดเคี้ยวได้เพียงร้อยละ 7 การป้องกันฟันผุด้านบดเคี้ยวมักใช้วิธีการเคลือบหลุมร่องฟัน (sealant) โดยใช้สารเรซินปิดหลุมร่องฟันที่ลึกและแคบ การเคลือบหลุมร่องฟันนี้มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเกิดฟันผุมากกว่าการใช้ฟลูออไรด์ โดยสามารถลดอัตราการเกิดฟันผุในฟันปกติได้ร้อยละ 46-98 (Thylstrup and Poulsen, 1976; Llodra, *et al.*, 1993; Bravo, *et al.*, 1996)

การเคลือบหลุมร่องฟันพัฒนามาจากเทคนิคการใช้กรดกัด (acid etching) ของ Buonocore (1955) ร่วมกับการสังเคราะห์วัสดุประเภทเรซิน บิส-จีเอ็มเอ (resin bis-GMA) โดย Bowen (1962) หลักการของการเคลือบหลุมร่องฟันในการป้องกันฟันผุ คือ การทำให้หลุมร่องฟันตื้นขึ้นโดยการใช้สารเรซินปิดหลุมร่องฟันที่ลึกและแคบ ในขณะเดียวกันวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันก็ทำหน้าที่ปกป้องหลุมร่องฟันจากการสะสมเศษอาหารและเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้การเคลือบหลุม

ร่องฟันบนฟันผุด้านบดเคี้ยวในระยะเริ่มต้น ซึ่งพบว่าวิธีการนี้สามารถยับยั้งการลุกลามการเกิดฟันผุบนด้านบดเคี้ยวได้ เนื่องจากวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทำให้แบคทีเรียที่อยู่ข้างใต้ได้รับอาหาร (nutrient) และออกซิเจนเป็นปริมาณจำกัด จึงมีผลยับยั้งการเจริญและลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในรอยผุที่อยู่ใต้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน โดยแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ที่อาศัยในรอยผุด้านบดเคี้ยวระยะเริ่มต้นใต้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่อาจพบแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ใต้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันได้เป็นจำนวนน้อย ซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้การผุนั้นลุกลามต่อไปได้ (Handelman, *et al.*, 1976; Going, *et al.*, 1978; Mertz-Fairhurst, *et al.*, 1986; Swift, 1988; Weerheijm, *et al.*, 1992) Handelman และคณะ (1976) รายงานว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสามารถป้องกันฟันผุระยะเริ่มต้นได้ใกล้เคียงกับฟันปกติ ผลการศึกษาทางคลินิกและทางจุลชีววิทยาเหล่านี้สนับสนุนความสามารถของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการป้องกันฟันผุที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้มีการใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการควบคุมอัตราการเกิดฟันผุอย่างแพร่หลาย

วิธีการศึกษาวิจัยในการประเมินความสำเร็จของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการป้องกันฟันผุ

1. <u>การศึกษาทางคลินิก</u>: การศึกษาประสิทธิผลในการป้องกันฟันผุของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในระยะยาวต้องอาศัยการศึกษาทางคลินิก การวิจัยทางคลินิกเป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเกิดฟันผุในฟันที่เคลือบหลุมร่องฟันและฟันที่ไม่ได้เคลือบหลุมร่องฟัน ซึ่งอยู่คนละด้านของขากรรไกรในคนคนเดียวกัน (split mouth/half mouth) หรือเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มประชากรตัวอย่างที่ได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันและไม่ได้เคลือบหลุมร่องฟัน การศึกษาเหล่านี้นำมาซึ่งข้อสรุปว่าการเคลือบหลุมร่องฟันลดการเกิดฟันผุอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับไม่เคลือบหลุมร่องฟัน การวิจัยทางคลินิกในลักษณะดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นการละเมิดสิทธิผู้ป่วย การศึกษาวิจัยเรื่องประสิทธิผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการป้องกันฟันผุบนด้านบดเคี้ยวในระยะหลัง มักเป็นการศึกษาวิจัยทางคลินิกทางอ้อม เช่น การประเมินลักษณะทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการใช้งานในระยะเวลาต่างๆ กัน ได้แก่ การคงอยู่ (retention) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและความต่อเนื่องบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวเคลือบฟัน (marginal integrity)

ผลของการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (retention) ต่อประสิทธิภาพในการควบคุมรอยโรคฟันผุ: ประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการป้องกันฟันผุ แปรผันตามระยะเวลาที่วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคงอยู่บนหลุมร่องฟัน (longevity of retention) และคุณภาพของการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (degree of retention) (Feigal, 1998; Weintraub, 2001; Mejare, *et*

al., 2003) จากผลการวิจัยในอดีตสามารถสรุปได้ว่า การคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันลดลงตามระยะเวลาในการใช้งาน (ตาราง 1) Simonsen (1991) ศึกษาการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เป็นระยะเวลา 15 ปี พบว่าการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5 -10 ต่อปี โดยในช่วง 6 เดือนแรกหลังการเคลือบหลุมร่องฟันจะมีการลดลงของการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมากที่สุด (Straffon and Dennison, 1988) รายงานการทบทวนวรรณกรรมของ Feigal (1998) พบว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมีการคงอยู่อย่างสมบูรณ์ (complete retention) ร้อยละ 75-91 ในเวลา 6 เดือน และในเวลา 24 เดือน การคงอยู่อย่างสมบูรณ์ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 44-88 คุณภาพของการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ตรวจพบในคลินิกมีผลต่อประสิทธิผลในการป้องกันฟันผุ Thylstrup และ Poulsen (1976) พบว่าวัสดุที่คงอยู่อย่างสมบูรณ์ (complete retention) มีประสิทธิผลในการป้องกันฟันผุร้อยละ 98 ส่วนวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่คงอยู่บางส่วน (partial retention) และวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่หลุดออกไปทั้งหมด (complete loss) สามารถป้องกันฟันผุได้เพียงร้อยละ 50 และ 10 ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน Messer และคณะ (1997) รายงานผลการศึกษาวิจัยที่สอดคล้องกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการคงอยู่ (retention) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน: การคงอยู่ (retention) หรือ ความแนบสนิทบริเวณขอบ (marginal seal) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ผู้ป่วย (host) ชนิดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (type of sealant) และการเตรียมพื้นผิวเคลือบฟัน (enamel) เป็นต้น

1. **ผู้ป่วย** (host): ความสามารถในการควบคุมความชื้น (moisture control) มีผลต่อการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน โดยพบว่าการปนเปื้อนจากน้ำลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อความล้มเหลวของการเคลือบหลุมร่องฟัน จากการวิจัยพบว่า การคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เมื่อควบคุมความชื้น โดยใช้แผ่นยางกั้นน้ำลาย (rubber dam) นั้นใกล้เคียง หรือดีกว่าการใช้สำลี (cotton roll) แต่ความแตกต่างนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Straffon, *et al.*, 1985; Lygidakis, *et al.*, 1994) นอกจากนี้ ตำแหน่งฟันและระยะเวลาที่ฟันขึ้นในช่องปากหรือระดับของตัวฟันที่โผล่เหนือเหงือกมีผลต่อความยากง่ายในการควบคุมความชื้น

Futatsuki และคณะ (1995) ศึกษาเรื่องผลของตำแหน่งฟันต่อการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ในกลุ่มประชากรเด็ก (ไม่มีรายงานเรื่องอายุของผู้เข้าร่วมการศึกษา) โดยประเมินการคงอยู่ทางคลินิก ที่ระยะเวลา 3 เดือน และพบว่าการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการศึกษาทางคลินิกบนฟันกรามน้อย (ร้อยละ 95.4) ดีกว่าฟันกราม (ร้อยละ 79.3) ส่วนการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันของฟันบนและฟันล่างนั้นใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 85.9 และ 86.3 ตามลำดับ)

ในขณะที่ Dennison และคณะ (1990) พบว่าการคงอยู่ (retention) **ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ของฟันกรามแท้บน** (ร้อยละ 78.6) ดีกว่าฟันกรามแท้ล่าง (ร้อยละ 56.8) **ในการติดตามผล เป็นระยะเวลา** 3 **ปี ในกลุ่มเด็กอายุ** 5-8 และ 11-14 ปี

ระยะเวลาที่ฟันขึ้นในช่องปาก มีผลต่อระดับของตัวฟันที่โผล่เหนือเหงือก (tooth eruption stage) Dennison และคณะ (1990) ศึกษาผลของระดับของตัวฟันที่โผล่เหนือเหงือก (tooth eruption stage) ต่อการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (Delton®, self-cured) **บนฟันกรามแท้ ซี่ที่** 1 **และ** 2 **ในเด็กอายุ** 5-8 และ 11-14 **ปี จำนวน** 100 **ซี่ ที่ระยะเวลา** 36 **เดือน และพบว่า เพียง ร้อยละ** 46.4 **ของฟันขึ้นบางส่วนชนิดที่มีเหงือกปิดที่ด้านไกลกลาง** (distal) **และ ร้อยละ** 74.2 **ของฟันที่ขึ้นจนเห็นด้านบดเคี้ยวทั้งหมดแต่มีความสูงของสันริมฟันด้านไกลกลาง** (distal marginal ridge) **อยู่พอดีขอบเหงือก นั้นมีการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่สมบูรณ์ ในขณะที่กรณีที่ฟันที่ขึ้นจนเห็นด้านบดเคี้ยวทั้งหมดและมีความสูงของสันริมฟันด้านไกลกลาง อยู่เหนือขอบเหงือก นั้นมีการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันถึงร้อยละ**100

รูปร่างของหลุมร่องฟัน (fissure morphology) **ที่พบในคลินิก สามารถจำแนกได้เป็น** 3 **ลักษณะ คือ มน** (U-type), **มุมแหลม** (V-type) และ คอขวด (Y-type) บางกรณีวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันอาจ**ไหลแผ่ไม่เต็มหลุมร่องฟัน** โดยเฉพาะหลุมร่องฟันที่เล็กและแคบของหลุมร่องฟันแบบคอขวด **จึงทำให้เกิดเป็นช่องว่างใต้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันได้มากกว่าหลุมร่องฟันแบบมน และแบบมุมแหลม** (Symons, *et al.*, 1996; Duangthip and Lussi, 2004) **อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานผลของช่องว่างใต้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันต่ออัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน นอกจากนี้ลักษณะรูปร่างของหลุมร่องฟันที่ต่างกันอาจมีผลต่อปริมาณของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้เนื่องจากวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเป็นสารประเภทเรซิน ซึ่งมีการหดตัวหลังเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน** (polymerization shrinkage) การใช้ปริมาณของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่เพิ่มขึ้น **มีผลทำให้เพิ่มความเครียด** (contraction stress) **ที่รอยต่อระหว่างฟันและวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน** (interface) **ปัจจุบัน ยังไม่มีรายงานการวิจัยเรื่องผลของปริมาณของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้ในการเคลือบหลุมร่องฟันต่อการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทางคลินิก หรือการรั่วซึมของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน**

2. **ชนิดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน** (type of sealant): **วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้กันในปัจจุบันเป็นสารเรซินในกลุ่มเมทธาคริเลท** (methacrylate) **ซึ่งมีคุณสมบัติความแข็งผิว** (surface hardness) **น้อยกว่าฟันธรรมชาติ ดังนั้น สารเรซินมักสึกไปตามระยะเวลาการใช้งานในช่องปาก ด้วยเหตุผลดังกล่าว บางบริษัทผู้ผลิตจึงเติมสารอัดแทรก** (inorganic filler) **ลงไปในองค์ประกอบ**

ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการสึก (wear resistance) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ปริมาณสารอัดแทรกที่เติมลงไปในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ส่วนใหญ่ไม่เกิน ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เช่น Dent Guard-clear® (ร้อยละ 2-3) Dent Guard-opaque® (ร้อยละ 4-5) เป็นต้น ยกเว้นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันยี่ห้อ Helioseal® มีปริมาณสารอัดแทรกสูงถึงร้อยละ 40 อย่างไรก็ตาม การเติมปริมาณของสารอัดแทรกมากเกินไป อาจก่อให้เกิดผลเสียได้ เนื่องจากสารอัดแทรกเพิ่มความหนืดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน หรือลดความสามารถในการไหลแผ่ (wettability) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟัน ซึ่งอาจลดการยึดติดหรือการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันได้ (Craig, *et al.*, 2002) นอกจากนี้ วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสามารถจำแนกได้ตามปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน โดยใช้สารเคมี (chemical-cured) หรือใช้แสงในช่วงความยาวคลื่น 450-490 นาโนเมตร เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (polymerization) รายงานการวิจัย พบว่า ไม่มีความแตกต่างของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทั้ง 2 ชนิด (Shapira, *et al.*, 1990) ดังนั้น การคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ไม่ขึ้นกับชนิดของปฏิกิริยาการแข็งตัวโพลีเมอไรเซชันของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

3. การเตรียมพื้นผิวเคลือบฟัน (enamel) ก่อนการเคลือบหลุมร่องฟัน: ความสะอาดของผิวเคลือบฟันเป็นสิ่งสำคัญในการเกิดการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ดี วิธีการเตรียมพื้นผิวเคลือบฟัน (enamel) ก่อนการเคลือบหลุมร่องฟันมีหลายวิธี แต่วิธีการทำความสะอาดผิวเคลือบฟันด้วยผงขัดพิวมิส (pumice) นั้นได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย และถูกนำมาใช้เป็นวิธีการมาตรฐาน เนื่องจากค่าใช้จ่ายต่ำและมีอัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสูง Ansari และคณะ (2004) ทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) พบว่า ฟันที่ไม่ได้ทำความสะอาดก่อนการเคลือบหลุมร่องฟัน (ร้อยละ 70.4) นั้นมีการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (Helioseal®, light-cured) สูงกว่ากลุ่มที่ทำความสะอาดเคลือบฟันด้วยผงขัดพิวมิส (ร้อยละ 43.8) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.016$) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าผงขัดพิวมิสอาจตกค้างในหลุมร่องฟันได้ เมื่อการล้างผงขัดพิวมิสออกจากผิวเคลือบฟันไม่สะอาด โดยเฉพาะกรณีที่ลักษณะหลุมร่องฟันเล็กและแคบ ซึ่งจะมีผลลดการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน วิธีการอื่นๆ ในการทำความสะอาดผิวเคลือบฟันที่มีผู้ทดลองใช้ ได้แก่ วิธีการใช้ลม (air abrasion) นั้นให้ผลประสิทธิภาพในการยึดติดด้อยกว่าวิธีการทำความสะอาดผิวเคลือบฟันด้วยผงขัดพิวมิส โดย Kanellis และคณะ (2000) รายงานว่า อัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (Helioseal®, light-cured) ในกลุ่มหลุมร่องฟันที่ทำความสะอาดด้วยผงขัดพิวมิส (pumice) มีการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุม

ร่องฟัน (ร้อยละ 80.9) ซึ่งสูงกว่ากลุ่มหลุมร่องฟันที่ทำความสะอาดด้วยการใช้ลม (air abrasion) (ร้อยละ 57.4)

ประสิทธิภาพการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสามารถเพิ่มขึ้นได้ ถ้าพื้นผิวที่จะทำการยึดติดเพิ่มขึ้น วิธีการเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติดมีหลายวิธี เช่น การใช้กรดอ่อน เช่น กรดฟอสฟอริกกัดผิวเคลือบฟันเป็นระยะเวลา 15-60 วินาที วิธีการนี้ให้ประสิทธิผลสูงในการเพิ่มอัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน จึงเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันในปัจจุบัน นอกจากนี้ มีการนำเสนอหรือทดลองใช้วิธีการอื่นๆ ในการทำความสะอาดผิวเคลือบฟัน เช่น กรณีที่มีการเคลือบหลุมร่องฟันบนฟันที่ผุในระยะเริ่มต้น อาจเลือกทำการกรอส่วนผุออก หรือ การใช้หัวเบอร์กรอผิวเคลือบฟันในฟันปกติออกเล็กน้อย (enameloplasty) เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความสะอาดผิวเคลือบฟัน หรือ เพื่อขยายขนาดของหลุมร่องฟันให้กว้างขึ้น ซึ่งจะทำให้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสามารถไหลลงไปปิดหลุมร่องฟันในส่วนที่ลึกที่สุด หรือช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน โดยการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ (CO_2 laser) เป็นต้น Lygidakis และคณะ (1994) เปรียบเทียบผลของวิธีการทำความสะอาดผิวเคลือบฟันด้วยผงขัดพิวมิส และการใช้หัวเบอร์กรอผิวเคลือบฟันออกเล็กน้อย (enameloplasty) ต่อการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในฟันกรามแท้ซี่ที่แรกของเด็กอายุ 7-8 ปี จำนวน 95 คน ที่ระยะเวลา 4 ปี และพบว่าเมื่อใช้เทคนิคการกรอผิวเคลือบฟัน (enameloplasty) ร่วมกับการกันน้ำลายด้วยสำลี อัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (Delton®, chemical-cured) เท่ากับ ร้อยละ 93 ซึ่งสูงกว่าวิธีการทำความสะอาดผิวเคลือบฟันด้วยผงขัดพิวมิส ซึ่งมีอัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เท่ากับร้อยละ 81 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.031$) Walsh (1996) ศึกษาอัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ในกลุ่มประชากรอายุ 14-20 ปี จำนวน 20 คน จำนวนฟันทั้งหมด 170 ซี่ และพบว่า อัตราการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เมื่อเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ (CO_2 laser, ร้อยละ 97.9) สูงกว่าเทคนิคการใช้กรด (acid etching, ร้อยละ 94.6) เล็กน้อย แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.41$)

การประเมินคุณภาพของการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันอาจใช้ความต่อเนื่องบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวเคลือบฟัน (marginal integrity or marginal seal) เป็นตัวชี้วัดเพื่อบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการป้องกันฟันผุ เมื่อมีการสูญเสียความต่อเนื่องบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวเคลือบฟัน คาดว่าเป็นการเพิ่มโอกาสในการหลุดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในเวลาต่อมา การประเมินความต่อเนื่องที่ขอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสามารถประเมินโดยการใช้เครื่องมือตรวจฟันเอ็กซพลอเรอร์เขี่ย

บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ร่วมกับการใช้ความรู้สึกสัมผัส (tactile sensation) ในทางคลินิก การใช้เครื่องมือตรวจฟันเอ็กซพลอเรอร์ในการประเมินระดับความแตกต่างของขอบวัสดุทันตกรรม สามารถแบ่งระดับความไม่ต่อเนื่องที่ขอบของวัสดุได้เป็น 2 ระดับ ตามความรู้สึกสัมผัส คือ ความรู้สึกเขี่ยสะดุด (wedging) และ ความรู้สึกเขี่ยติด (catch) ซึ่งการจำแนกความไม่ต่อเนื่องบริเวณขอบของวัสดุด้วยความรู้สึกดังกล่าวนี้ทำให้มีความผันแปรในผลการตรวจสูง วิธีการตรวจโดยใช้เครื่องมือตรวจฟันเอ็กซพลอเรอร์เขี่ยบริเวณรอยต่อระหว่างฟันและวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนั้นมีความไว (sensitivity) ลดลงเมื่อช่องว่างที่ตรวจมีขนาดเล็ก แต่มีความแม่นยำ (specificity) สูง ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัยของ Jahangiri และคณะ (2005) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับความไว (sensitivity) และ ความแม่นยำ (specificity) ในการใช้เครื่องมือตรวจฟันเอ็กซพลอเรอร์ร่วมกับการใช้ความรู้สึกสัมผัสในการตรวจขอบของครอบฟัน และพบว่า เมื่อขนาดช่องว่างมากกว่าหรือเท่ากับ 30 ไมครอน เครื่องมือตรวจฟันเอ็กซพลอเรอร์สามารถตรวจพบความไม่ต่อเนื่องที่ขอบได้อย่างแม่นยำ (ความแม่นยำ = 0.97) แต่มีความไวในการตรวจพบเพียง 0.46 แต่เมื่อขนาดของช่องว่างประมาณ 124 ไมครอน วิธีนี้สามารถบอกความแตกต่างระหว่างขอบของฟันและครอบฟันได้เป็นที่น่าพอใจ (ความไว = 0.8 และ ความแม่นยำ = 0.9) อย่างไรก็ตาม การพบความแตกต่างบริเวณขอบของฟันและวัสดุทันตกรรม ไม่ได้บ่งบอกว่าขนาดช่องว่างดังกล่าวนั้นต้องเกิดรอยผุเสมอไป Hodges และคณะ (1995) พบว่าขนาดของช่องว่างที่บริเวณขอบของวัสดุบูรณะอมัลกัมที่มีฟันผุซ้ำ (recurrent caries) นั้นกว้างกว่าขนาดของช่องว่างที่บริเวณขอบของวัสดุบูรณะอมัลกัมที่พบความไม่ต่อเนื่องที่บริเวณขอบแต่ไม่พบรอยผุซ้ำ ประมาณ 187 ไมครอน นอกจากนี้ Kidd และคณะ (1995) ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่พบบริเวณขอบของวัสดุบูรณะ อมัลกัม เมื่อรอยต่อของฟันและวัสดุบูรณะอมัลกัมนั้นมีขนาดต่างๆ กัน และพบว่าช่องว่างขนาด 400 ไมครอน มีการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดฟันผุ (cariogenic bacteria) เช่น *Streptococcus mutans* และ *Lactobacilli species* ดังนั้น การสูญเสียความต่อเนื่องที่ขอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน บ่งบอกถึงการมีช่องว่างระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวฟัน ซึ่งถ้าช่องว่างมีขนาดใหญ่เพียงพอ จะเพิ่มโอกาสในการเกิดฟันผุ ณ ตำแหน่งที่เกิดช่องว่าง เนื่องจากช่องว่างดังกล่าวอาจเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการอยู่อาศัยและแบ่งตัวของแบคทีเรีย และอาจส่งผลการเกิดฟันผุใต้ต่อวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

2. <u>การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในห้องปฏิบัติการ *(in vitro)*</u>: วิธีการศึกษาในห้องปฏิบัติการเป็นอีกวิธีที่นิยมใช้ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการศึกษาน้อยกว่าการศึกษาทางคลินิก และยังสามารถควบคุมตัวแปรได้ดี วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น การ

ทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) การทดสอบกำลังแรงยึด (bond strength) และการประเมินขนาดของช่องว่าง (gap) ระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) (Cooley, *et al.*, 1990; Hebling and Feigal, 2000) เป็นต้น ผลการศึกษาเกี่ยวกับการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน พบว่าการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน อยู่ในช่วงร้อยละ 0 - 82 (เฉลี่ยร้อยละ 41.8) ซึ่งแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขของการออกแบบการวิจัย (ตาราง 2) การศึกษาในอดีต รายงานว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินมีค่ากำลังแรงยึดกับผิวเคลือบฟันประมาณ 7 - 23 เมกกะปาสคาล (MPa) (Marcushamer, *et al.*, 1997; Ellis, *et al.*, 1999; Castro and Galvao, 2004; Peutzfeldt and Nielsen, 2004) ส่วนการประเมินขนาดของช่องว่าง (gap) ระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดส่องกราด (SEM) พบว่า วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ยังคงติดอยู่บนหลุมร่องฟันมีขนาดความกว้างของช่องว่างระหว่างผิวฟันและวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันประมาณ 2 - 23 ไมครอน (Weerheijm, *et al.*, 1993; Irinoda, *et al.*, 2000; Vineet and Tandon, 2000; Hebling and Feigal, 2000; Stavridakis, *et al.*, 2003) นอกจากนี้ ในฟันบางซี่อาจพบช่องว่างระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวฟัน (marginal gap) ได้ แม้ว่ามีการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันอย่างสมบูรณ์

วิธีการทดสอบทางห้องปฏิบัติการดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันโดยอ้อม แต่อย่างไรก็ตาม ไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนเรื่องขนาดของช่องว่าง (marginal gap width) หรือค่ากำลังแรงดึง (tensile bond strength) หรือระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (microleakage) ที่สามารถยอมรับได้ทางคลินิก ในการป้องกันการเกิดฟันผุ

การศึกษาขนาดของช่องว่างระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวฟัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดส่องกราด สามารถให้ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณ (quantitative) และคุณภาพ (qualitative) แต่วิธีการนี้มีค่าใช้จ่ายสูง และค่อนข้างใช้เวลา ดังนั้น การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค ซึ่งเป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันโดยอ้อม โดยอาศัยหลักการของการแทรกซึม (diffusion) ของสารไปตามช่องว่างที่เกิดขึ้นจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารทดสอบมาก ผ่านเข้าไปในช่องว่างที่มีความเข้มข้นของสารน้อยกว่า (concentration gradient) การแทรกซึมของสารขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาในการแทรกซึม ขนาดอนุภาคของสารที่ใช้ในการศึกษา เป็นต้น สารที่ใช้ทดสอบการแทรกซึม ได้แก่ สี (dye) แบคทีเรีย (bacteria) สารพิษที่เป็นผลผลิตจากแบคทีเรีย (bacterial toxin) และสารกัมมันตภาพรังสี (radioactive) เชื่อกันว่า ถ้าสารทดสอบสามารถแทรกซึมผ่านช่องว่างดังกล่าวได้ แบคทีเรีย สารอาหาร ของเหลว โมเลกุลต่างๆ ที่

มีขนาดใกล้เคียงกับสารทดสอบก็อาจสามารถแทรกซึมผ่านช่องว่างนี้ และเป็นสาเหตุให้เกิดฟันผุตามมา ข้อดีของวิธีการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค คือ ทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และไม่ต้องตัดเคลือบฟันให้เป็นระนาบเหมือนกับการทดสอบกำลังแรงยึด ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันกับการเคลือบหลุมร่องฟันตามปกติ แต่มีข้อจำกัดคือ ถ้าเลือกใช้สารทดสอบที่มีอนุภาคขนาดเล็ก อาจสังเกตพบการแทรกซึมได้มากกว่าที่อาจเกิดขึ้นจริงทางคลินิก Alani และ Toh (1997) รายงานว่าวิธีทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคโดยใช้สีเป็นวิธีที่มีผู้ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมากที่สุด แต่ผลการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมีความผันแปร จึงยากต่อการนำผลการวิจัยมาเปรียบเทียบ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของการออกแบบการทดลองและเงื่อนไขในการทดสอบ เช่น ชนิดของสี ระยะเวลาในการแช่สี การใช้เทอร์โมไซคลิง (thermocycling) เพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก เป็นต้น (ตาราง 1 และ2)

การใช้สี (dye) ในการทดสอบการรั่วซึมของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน: สีที่นิยมใช้ทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุทางทันตกรรม ได้แก่ โปรซิออน (procion), อิริโทรซิน (erythrosin), บริลเลียนท์ กรีน (brilliant green), อีโอซิน (eosin), แอนนิลีน บลู (aniline blue), เมธิลิน บลู (methylene blue) และเบสิก ฟุสซิน (basic fuchsin) เนื่องจาก สีแต่ละชนิดมีขนาดและโครงสร้างของโมเลกุลที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility) จึงจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายอื่น เช่น เอทธิลอัลกอฮอล์ เป็นต้น เพื่อการละลายสี การใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจมีผลต่อการแทรกซึมของสีลงไปในบริเวณรอยต่อ การศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน มักใช้สีเมธิลิน บลู หรือสีเบสิก ฟุสซิน ที่ความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 0.5 ถึงร้อยละ 10 และใช้ระยะเวลาในการย้อมสี ประมาณ 24 - 48 ชั่วโมง (ตาราง 2) สีทั้งสองชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน (น้ำหนักโมเลกุลของเมธิลิน บลู = 319.85 และเบสิก ฟุสซิน = 337.85) แต่ความสามารถในการละลายน้ำของสีทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกันมาก (เมธิลิน บลู = 4 กรัม/100 มิลลิลิตร และเบสิก ฟุสซิน = 0.265 กรัม/100 มิลลิลิตร) การที่เบสิก ฟุสซิน ละลายน้ำได้น้อย จึงจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายอื่น เช่น เอทธิลอัลกอฮอล์ ในการละลายสีชนิดนี้ ปัจจุบัน ยังไม่มีรายงานเรื่องผลของความแตกต่างของการใช้สีต่างชนิด ชนิดของตัวทำละลาย และระยะเวลาในการย้อมสีต่อการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน แต่จากการศึกษาเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุบูรณะฟันชนิดเรซิน คอมโพสิต ด้วยสีโรดามีน บี (rhodamine B) กับสีเมธิลิน บลู ซึ่งพบว่าสีโรดามีน บีแทรกซึมได้มากกว่าเมธิลีน บลู (de Almeida, *et al.*, 2003) ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่า ชนิดของสีอาจมีผลต่อระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน และนำมาซึ่งความแตกต่างของผลการศึกษา

การจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปากโดยการใช้เครื่องจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปาก (Themocycling): การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปากเกิดขึ้น เมื่อคนเรารับประทานอาหารหรือดื่มของเหลวร้อนและเย็น Palmer และคณะ (1992) รายงานการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่องปาก อยู่ในช่วง 1 – 58.5°C โดยอุณหภูมิต่ำสุดของเครื่องดื่มเย็น คือ 0°C และอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถดื่มเครื่องดื่มร้อนได้โดยไม่รู้สึกไม่สบาย (discomfort) คือ 55°C (Plant, *et al.*, 1974) วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวเคลือบฟันมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal expansion coeffecients) ที่แตกต่างกัน โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการรับประทานอาหาร หรือเครื่องดื่มทำให้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันซึ่งเป็นสารเรซินเกิดการเปลี่ยนแปลงมิติ (dimensional change) มากกว่าฟันธรรมชาติ ผลที่ตามมา คือ ความเครียดที่บริเวณรอยต่อ (stress at interface) เพิ่มขึ้น และอาจทำให้การยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันลดลง ดังนั้น เพื่อให้ผลการศึกษาวิจัยในวัสดุประเภทเรซินในห้องปฏิบัติการใกล้เคียงกับสถานการณ์ทางคลินิกมากที่สุด จึงมีการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก โดยใช้เครื่องจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermocycling machine) การศึกษาทางห้องปฏิบัติการของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน มักใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ระหว่าง 5 - 6°C และ 47 - 60°C การศึกษาทางห้องปฏิบัติการของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมักใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นจำนวน 200 - 2,000 รอบ (ตาราง 2) Theodoridou-Pahini และคณะ (1996) เปรียบเทียบผลของการทำเทอร์โมไซคลิงต่อการรั่วซึมของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 5 ชนิด (Concise®, Helioseal®, Durafil®, Fissurit®, Sci-Pharm®) และพบว่าการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปากเพิ่มการรั่วซึมของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นยี่ห้อ Concise®

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจำนวนหลายพันรอบทำให้เกิดรอยร้าวในเคลือบฟัน (enamel crack) (Brown, *et al.*, 1972; Lloyd, *et al.*, 1978) ในการศึกษาเหล่านี้ได้ประมาณจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปากของมนุษย์ประมาณ 10 ครั้งต่อวัน หรือ 1,000 ครั้งต่อปี จากจำนวนปีที่ฟันถูกใช้งานในช่องปากและเกิดรอยร้าวที่ใกล้เคียงกับขนาดของรอยร้าวในเคลือบฟัน การกำหนดช่วงอุณหภูมิและจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เลือกใช้ในการศึกษาต่างๆ นั้นอาจแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของวัสดุนั้นๆ ในคลินิก อย่างไรก็ตาม ช่วงอุณหภูมิและจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เป็นมาตรฐานหรือเหมาะสมสำหรับศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาคทางห้องปฏิบัติการ นั้นไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด เนื่องมาจากไม่มีรายงานการศึกษาถึงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปากของ มนุษย์ต่อวัน

การจำลองการให้แรงบดเคี้ยว (cyclic loading): การเคลือบหลุมร่องฟันที่ดีนั้นจำเป็นที่จะต้องไม่มีจุดสบสูงบนวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เนื่องจากวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันซึ่งมีค่ายังส์โมดูลัส (Young's Modulus of Elasticity) ต่ำ การรับแรงบดเคี้ยวโดยตรงอาจทำให้วัสดุโค้งงอ (deflection) ซึ่งจะเพิ่มความเครียดที่บริเวณผิวรอยต่อ และอาจทำให้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันหลุดได้ (Craig, *et al.*, 2002) ในทางคลินิกวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนั้นมักไม่สัมผัสกับฟันธรรมชาติ หรือรับแรงบดเคี้ยวโดยตรง การรับแรงบดเคี้ยวของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจะเป็นแรงที่น้อยโดยมีอาหารเป็นตัวกลางระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและฟันธรรมชาติ การจำลองแรงบดเคี้ยวในช่องปากนั้นเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาวัสดุทางทันตกรรมที่ต้องมีการใช้งานในช่องปากนาน เนื่องจากการใช้งานจากการบดเคี้ยวทำให้มีความเครียดสะสมในวัสดุ ส่งผลให้วัสดุดังกล่าวเกิดการล้า (fatigue) ได้ ความจำเป็นในการจำลองลักษณะของแรงบดเคี้ยวทางห้องปฏิบัติการในการศึกษาการรั่วซึมของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนั้นไม่ทราบแน่ชัด และยังไม่มีรายงานผลของการจำลองการให้แรงบดเคี้ยวต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการศึกษาวิจัยทางห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษาในอดีต พบความหลากหลายในวิธีการวิจัย และการออกแบบการทดลอง นอกจากนี้ ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้วิธีการทดสอบที่แตกต่างกันไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน หรือยังไม่มีรายงาน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังแรงยึดกับการรั่วซึมระดับจุลภาคยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ รายงานวิจัยส่วนใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังแรงยึดกับการรั่วซึมระดับจุลภาค (Tsai, *et al.*, 1990; Neme, *et al.*, 2000; Ateyah and Elhejazi, 2004) หรือมีความสัมพันธ์ต่อกันน้อย (Grobler, *et al.*, 1996) แต่ Arbabzadeh และคณะ (1998) พบความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังแรงยึดกับการรั่วซึมระดับจุลภาค ปัจจุบัน ยังไม่มีรายงานเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันกับการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ประเมินได้จากห้องปฏิบัติการในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน มีเพียงการศึกษาในลักษณะเดียวกันในวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็น เรซิน เหมือนกับวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (ตาราง 3) ที่เปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ซึ่งผ่านการใช้งานในคลินิกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ถึง 6 เดือน กับการศึกษาในห้องปฏิบัติการและผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าวัสดุที่ผ่านการใช้งานทางคลินิก มักมีการรั่วซึมระดับจุลภาคมากกว่าฟันที่ผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Abdalla and Davidson, 1993; Ferrari, *et al.*, 1997; Ferrari and Davidson, 1996) แต่ก็มีการศึกษาที่ได้ผลในทางตรงกันข้าม (Barnes, *et al.*, 1993; Mason and Ferrari, 1994) จึงยังไม่มีข้อมูลเพียงพอที่สรุปได้ว่าการทดสอบการ

รั่วซึมระดับจุลภาคทางห้องปฏิบัติการที่พยายามเลียนแบบสภาพในช่องปาก โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวสามารถเทียบเคียงกับการที่วัสดุถูกใช้งานจริงในช่องปากได้

การศึกษาวิจัยนี้มีสมมติฐาน ดังนี้คือ **การรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในทางคลินิก และห้องปฏิบัติการที่ทดสอบด้วยการแทรกซึมของสีเมธิลิน บลู และสีเบสิก ฟุสชินนั้นแตกต่างกัน และระดับการแทรกซึมของสี 2 ชนิดนี้ ในการตรวจสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนั้นแตกต่างกัน** โดยผู้วิจัยสนใจศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง**การรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ผ่านการใช้งานในคลินิก และวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ผ่านการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก และเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันของสี 2 ชนิด (เบสิก ฟุสชิน และเมธิลิน บลู)**

วัตถุประสงค์

1. **เพื่อเปรียบเทียบความต่อเนื่องบริเวณขอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ผ่านการใช้งานในคลินิกเป็นระยะเวลา 3-6 เดือน และของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ซึ่งผ่านการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก จำนวน 1,000 รอบ โดยการตรวจทางคลินิกด้วยเครื่องมือตรวจฟันเอ็กซพลอเรอร์ และความรู้สึกสัมผัส**
2. **เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ผ่านการใช้งานในคลินิกเป็นระยะเวลา 3-6 เดือน และวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันผ่านการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก จำนวน 1,000 รอบ โดยวิธีการแทรกซึมของสีเบสิก ฟุสชิน และสีเมธิลิน บลู ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (stereomicroscope)**
3. **เพื่อเปรียบเทียบระดับการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันของสีเบสิก ฟุสชิน และสีเมธิลิน บลู โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ**

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลจากการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคในห้องปฏิบัติการโดยเลียนแบบสภาพช่องปากด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว อาจนำมาช่วยประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในทางคลินิก
2. สามารถเปรียบเทียบผลจากการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคในห้องปฏิบัติการโดยใช้สีเบสิก ฟุสชินและสีเมธิลิน บลู ที่ทำการศึกษาวิจัยโดยผู้วิจัยอื่นๆ ได้

ตาราง 1 แสดงผลการศึกษาในอดีตที่ประเมินการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินจากการตรวจทางคลินิก

Investigator	Sealant	Age (years)	Teeth (n)	Isolation technique	Follow up time (month)	Retention (%)		
						Complete	Partial loss	Total loss
Forss *et al.* (1994)	Delton®	5-14	151	cotton roll	24	82	9	9
Forss & Halme (1998)	Delton®	5-14	111	cotton roll	84	45	20	35
Poulsen *et al.* (2001)	Delton®	7	129	cotton roll	6 12 24 36	90 85 80 74	7 5 7 16	3 10 13 10
Autio-Gold (2002)	Delton®	6-11	59 48 45	cotton roll	1 6 18	88 75 64	9 12.5 18	3 12.5 18
Jensen *et al.* (1990)	Fluroshield®	6-9	147	cotton roll	6 12	89 87	10 13	1 0
Lygidakis & Oulis (1999)	Fluroshield®	7-8	162		48	77	14	9
Boksman *et al.* (1993)	Concise®	adolescent	112	rubber dam	6 12 24	88 89 84	5 6 14	6 5 2
Feigal *et al.* (2000)	Concise®	6-15	NR	NR	12 24	64 44	33 42	3 14
Winkler *et al.* (1996)	Concise®	7-10	NR	rubber dam	6 12	87 85	NR	NR
Barrie *et al.* (1990)	Concise®	5-6	126 109 117	cotton roll	6 12 24	91 88 88	NR	NR

NR = ไม่มีรายงาน

ตาราง 2 แสดงผลการศึกษาในอดีตที่มีประเมินการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินด้วยการใช้สีในห้องปฏิบัติการ

Investigator	Sealant	Thermocylcing		Dye used			Microleakage (%)		
		Cycles	Temp. (°C)	Type	Conc. (%)	Time (hour)	No leakage	Partial leakage	Total leakage
Park *et al.* (1993)	Delton®	500	5/55	BF	0.5	24	100	0	0
	Fluroshield®	500	5/55	BF	0.5	24	93	7	0
Hatibovic-Kofman *et al.* (1998)	Delton®	2,000	6/47	MB	1	24	64	31	5
Blackwood *et al.* (2002)	Delton®	500	5/55	MB	1	24	20	60	20
Nanekrungsan *et al.* (2000)	Delton®	200	5/55	BF	2	48	57	39	4
	Concise®	200	5/55	BF	2	48	57	33	10
Perez-Lajarin (2003)	Concise®	250	5/55	BF	2	48	18	36	46
Cooley *et al.* (1990)	Fluroshield®	800	6/60	MB	5	24	30	30	40
Chan *et al.* (1999)	Fluroshield®	500	5/55	MB	10	24	85	10	5

BF = Basic fuchsin MB = Methylene blue

ตาราง 3 แสดงผลการศึกษาในอดีตที่เปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต ในฟันที่ผ่านการใช้งานบดเคี้ยว และฟันที่ผ่านการจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปาก

Investigator	Cavity (Class)	Materials	Clinical used	Tracer solution			Thermocycling (Temp./cycle)	Microleakage result
				Type	Conc.(%)	Time		
Barnes *et al.* (1993)	V	Prisma AP.H®	6-8 wk	Silver nitrate	50	2 h	5/55°C 540	vitro > vivo*
Ferrari *et al.* (1997)	V	AP-X®	2-3 mt	Methylene blue	2	24 h	5/55°C 650	vitro < vivo
Mason *et al.* (1994)	V	Silux plus®, Vitrebond®	3-6 mt	Methylene blue	2	48 h	-	vitro > vivo*
Ferrari & Davidson (1996)	II	Z-100®	80-90 day	Methylene blue	2	24 h	5/55°C 250	vitro < vivo*
Abdalla & Davidson (1993)	II	Heliomolar®, P 50®, Clearfil®, Photoposterior®	4-6 mt	NR (dye solution)	NR	24 h	5/55°C 500 **	vitro < vivo*

NR = ไม่มีรายงาน * = มีนัยสำคัญทางสถิติ ** = มีการให้แรงร่วมด้วย