บทที่ 5
อภิปรายผลงานวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติการรั่วซึมของสารยึดเรซินในห้องปฏิบัติการเป็นการทดสอบเบื้องต้นลักษณะหนึ่งที่ใช้ประเมินวัสดุทางทันตกรรมในสภาพจำลองของช่องปากเนื่องจากคุณสมบัติของสารที่จะนำมาใช้เป็นสารยึดเรซินควรสามารถยึดติดกับฟันได้แนบสนิทป้องกันการรั่วซึมของสารจากภายนอกได้ หากเกิดการรั่วซึมอาจจะเป็นช่องทางให้แบคทีเรีย และกรดจากแบคทีเรียเข้าไปทำให้เกิดการผุซ้ำได้

การวิจัยนี้ทดสอบการรั่วซึมโดยใช้สีย้อม สีย้อมที่นิยมนำมาใช้ในการทดสอบการรั่วซึมคือสารละลายเบสิกฟุชชิน และสารละลายเมททิลลีนบูล แต่เนื่องจากในการวิจัยนี้มีการทดสอบในฟันที่บูรณะด้วยอะมัลกัม จึงเลือกใช้สารละลายเบสิกฟุชชินซึ่งให้สีแดงเห็นได้ชัดเจน ในขณะที่สารละลายเมททิลลีนบูลให้สีน้ำเงินจะดูแยกจากอะมัลกัมได้ยากกว่า ข้อดีของการใช้สีย้อมในการทดสอบ คือ มีประสิทธิภาพดี เตรียมง่าย ปลอดภัย เพราะไม่ต้องผ่านกระบวนการทางรังสี และประหยัดค่าใช้จ่าย แต่การใช้สีย้อมมีข้อด้อยคือการวัดผลการรั่วซึมเป็นวิธีที่ขึ้นกับความรู้สึกของผู้วัด (Subjective method) ในการวิจัยนี้จึงได้พยายามลดความคลาดเคลื่อนของการวัดลงโดยการทดสอบความถูกต้องในการวัดของผู้ตรวจเปรียบเทียบกับอาจารย์ซึ่งถือเป็นผู้เชี่ยวชาญ (Accuracy Test) และทดสอบความแม่นยำในการวัดของผู้ตรวจ (Reliability Test) นอกจากนี้ก่อนทำการวัดชิ้นงานทั้งหมดได้สลับเปลี่ยนหมายเลขประจำชิ้นงานเพื่อให้ผู้วัดไม่ทราบว่าชิ้นฟันที่วัดอยู่ในกลุ่มทดลองใด (blindness)

แม้ปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานถึงจำนวนชิ้นฟันที่ควรตัดในการทดสอบการรั่วซึม การวิจัยครั้งนี้ตัดฟันผ่านจุดกึ่งกลางเพียงครั้งเดียว จากนั้นขัดให้ได้ระนาบเรียบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 400, 600, 800, 1000, 1200 และ 2000 ซึ่งทำให้ชิ้นงานถูกขัดออกไปจากจุดกึ่งกลางข้างละประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ด้าน จึงอาจถือได้ว่าชิ้นฟันที่ได้ไม่แตกต่างจากการตัดฟัน 2 จุด อย่างไรก็ตามมีผู้แนะนำให้มีการตัดฟันหลายจุดเพื่อตรวจสอบการรั่วซึม (Roulet, 1994)

การวิจัยนี้วัดผลการรั่วซึมในภาพถ่ายซึ่งถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 และ 100 เท่า นอกจากนี้ยังสามารถนำมาขยายเพิ่มขึ้นอีกในจอคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถดูรายละเอียดได้ง่าย เห็นภาพชัดเจนสามารถนำกลับมาดูซ้ำได้สะดวก จึงช่วยลดความผิดพลาดจากการวัดผ่านกล้องจุลทรรศน์โดยตรง อย่างไรก็ตามการวัดระยะในภาพถ่ายต้องทำการปรับตั้งระยะระหว่างระนาบของเลนส์กล้องจุลทรรศน์กับชิ้นฟันให้มีระยะเท่ากันทุกชิ้น จึงจะสามารถเปรียบเทียบผลการรั่วซึมระหว่างชิ้นได้ จึงต้องมีการทำแท่นยึดชิ้นงานขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มขั้นตอน

มากขึ้นกว่าการวัดผ่านกล้องจุลทรรศน์โดยตรง แต่อย่างไรก็ตามแท่นยึดชิ้นงานนี้ทำได้ง่าย และไม่ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะแต่อย่างใด

จากการศึกษาการรั่วซึมในภาวะที่ไม่ผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุของฟันที่บูรณะด้วยสารยึดเรซินกลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพผิวฟัน 10 วินาที(ตารางที่ 6) ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันและด้านเคลือบรากฟันสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (อริยา ทวีรัตน์, 2545, อรอุษา วลีพิทักษ์เดช, 2548) สำหรับกลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพผิวฟัน 30 และ 60 วินาที และ Super-Bond D-Liner II PLUS ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันเช่นกัน เมื่อนำฟันที่บูรณะด้วยสารยึดเรซินในกลุ่มดังกล่าวไปผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุยังคงไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันในทุกกลุ่มเช่นเดิม จากการศึกษาลักษณะชั้นรอยต่อระหว่างฟันกับสารยึดเรซินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (รูปที่ 20-27) พบว่าทุกกลุ่มทั้งก่อนและภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุมีการเชื่อมยึดกับเคลือบฟันได้ดี ภายหลังการแช่กรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์พบชั้นไฮบริดต่อเนื่องสม่ำเสมอแสดงว่าชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นในเคลือบฟันมีความสมบูรณ์และคงทนต่อการเกิดฟันผุได้

สำหรับทางด้านเคลือบรากฟันในภาวะที่ไม่ผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันในกลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพฟัน 10 วินาทีสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (อริยา ทวีรัตน์, 2545, อรอุษา วลีพิทักษ์เดช, 2548) กลุ่ม Super-Bond D-Liner II PLUS ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันเช่นกัน แต่พบการรั่วซึมในกลุ่ม Super-Bond C&B เมื่อใช้เวลาปรับสภาพฟันนาน 30 วินาทีและเมื่อใช้เวลาปรับสภาพฟันนานขึ้นเป็นเวลา 60 วินาทีเกิดการรั่วซึมเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) โดยการรั่วซึมที่พบนั้นมีลักษณะเป็นการรั่วซึมในดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลือ (รูปที่ 6, 7) (Piemjai et al., 2004) จากการศึกษาลักษณะชั้นรอยต่อระหว่างฟันกับสารยึดเรซินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าภายหลังการแช่กรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพฟัน 10 วินาทีและกลุ่ม Super-Bond D-Liner II PLUS มีชั้นไฮบริดต่อเนื่องสม่ำเสมอ (รูปที่ 20, 23) แต่กลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพฟัน 30 และ 60 วินาทีมีชั้นไฮบริดต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอแต่มีความหนาบางลง (รูปที่ 21, 22) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในฟันวัวที่รายงานว่าการใช้กรดที่มีความเข้มข้นมาก หรือใช้เวลาปรับสภาพฟันนานจะทำให้เกิดดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลืออยู่โดยไม่มีเรซินมาหุ้มจึงทำให้มีการรั่วซึมของสีย้อม (Piemjai et al., 2004)

เมื่อนำฟันที่บูรณะด้วยสารยึดเรซินกลุ่ม Super-Bond C&B ไปผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุและนำผลที่ได้ไปทดสอบสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทางพบว่ากลุ่มที่ใช้

เวลาในการปรับสภาพฟันนาน 30 และ 60 วินาทีมีการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันมากกว่าภาวะที่ไม่ผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ากลุ่มที่ใช้เวลาปรับสภาพฟันนานขึ้นเป็นเวลา 60 วินาทีเกิดการรั่วซึมมากกว่ากลุ่มที่ใช้เวลาในการปรับสภาพฟัน 30 วินาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการรั่วซึมที่พบนั้นมีลักษณะเป็นการรั่วซึมในดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลือเช่นเดียวกัน (รูปที่ 10, 11) แสดงว่าเวลาที่ใช้ปรับสภาพฟันมีผลต่อการรั่วซึมในดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลือมากกว่าการสัมผัสกับสารละลายบัฟเฟอร์แลคติก 0.1 โมลเป็นเวลา 14 วัน ดังนั้นการใช้งานสารยึดเรซินเพื่อเชื่อมยึดกับเนื้อฟันในทางคลินิกจึงควรให้ความสำคัญกับเวลาที่ใช้ปรับสภาพฟันและเทคนิคการเตรียมผิวฟัน ซึ่งในที่นี้เป็นการเตรียมผิวฟันให้แห้งและใช้การเชื่อมแบบ Brush-dip technique เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของการเชื่อมยึดของเรซินกับเนื้อฟัน

จากการศึกษาการรั่วซึมทั้งก่อนและภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุสะท้อนให้เห็นว่าบริเวณที่เกิดการรั่วซึมซึ่งวัดได้จากการซึมผ่านของสีย้อมเบสิกฟุชซินคือบริเวณที่กรดแลคติกสามารถซึมผ่านเข้าไปได้เช่นกัน เมื่อดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนเผยผึ่งสู่ช่องปากจะเกิดการสลายของคอลลาเจน (Van Strijp, Klont and ten Cate, 1992) เมื่อเกิดการสลายของเนื้อเยื่อมากจนตรวจพบได้ในทางคลินิกก็คือบริเวณที่เรียกว่าเกิดการผุซ้ำซึ่งนำไปสู่ความล้มเหลวภายหลังการบูรณะฟันได้ในที่สุด

แบบจำลองการเกิดฟันผุที่ใช้ในการวิจัยนี้คือสารละลายบัฟเฟอร์แลคติก 0.1 โมล (ประยุกต์จาก Margolis,1999) มีค่าความเป็นกรดด่าง 4.5 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดฟันผุ(Larsen และ Bruun,1994) ใช้แช่ฟันเป็นเวลา 14 วัน โดยปกติเมื่อคราบแบคทีเรียสะสมบนเคลือบฟันเป็นเวลา 14 วันจะเริ่มเกิดขบวนการละลายแร่ธาตุใต้ผิวฟันซึ่งตรวจพบด้วยกล้องแสงโพลาไรซ์ (Subsurface demineralization) (Fejerskov, Nyvad and Kidd,2003) แต่จากการวิจัยนี้พบการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟันเพียง 1 ชิ้นเท่านั้นคิดเป็นร้อยละ 0.0067 นอกนั้นไม่พบการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟันเลย ดังนั้นระยะเวลาแช่ฟัน 14 วันอาจไม่นานเพียงพอที่จะเกิดการละลายแร่ธาตุในเคลือบฟันจนสามารถสังเกตพบการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟัน การติดของสีย้อมเกิดจากสีย้อมเข้าไปจับกับส่วนอินทรีย์ของฟัน ซึ่งในเคลือบฟันมีสารอินทรีย์เพียงร้อยละ 2 โดยปริมาตร จึงไม่พบการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟันของชิ้นงานเกือบทั้งหมด สำหรับชิ้นฟันที่พบการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟันอาจเกิดจากความขรุขระของผิวเคลือบฟันในบริเวณนั้น (รูปที่ 17a) อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตได้ว่าภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุจะพบการแทรกซึมของสีย้อมเข้ามาตามรอยร้าวของเคลือบฟันมากกว่าในฟันที่ไม่ผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ รอยร้าวที่พบนี้อาจเกิดจากกระบวนการในการถอนฟันที่นำมาใช้เป็นชิ้นตัวอย่าง ดังนั้นในภาวะที่เกิดฟันผุจริงการผุของฟันอาจเกิดได้ตามรอยร้าวในเคลือบฟันง่ายกว่า

การเกิดบนผิวเคลือบฟันปกติ แม้ว่าระยะเวลาในการแช่ฟัน 14 วันอาจจะไม่นานเพียงพอจนเห็นการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟัน แต่ในเคลือบรากฟันพบว่ามีการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบรากฟันและเนื้อฟันที่สัมผัสกับสารละลายบัฟเฟอร์แลคติกลงไปลึกเฉลี่ย 0.169±0.045 มิลลิเมตร ซึ่งหากทำการแช่ฟันนานกว่านี้อาจเกิดการละลายของแร่ธาตุในเคลือบรากฟันมากเกินไปจนรบกวนการวัดผลการรั่วซึมในเคลือบรากฟันได้

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ การแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบรากฟันและเนื้อฟันมีค่าตั้งแต่ 0.143-0.202 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 0.169±0.045 มิลลิเมตร (ตารางที่ 7) และเมื่อเปรียบเทียบค่าการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบรากฟันและเนื้อฟันแต่ละกลุ่ม พบว่ามีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างกันและไม่สามารถทดสอบด้วยสถิติชาฟเฟได้ว่าเป็นกลุ่มใด แสดงว่าความแตกต่างนั้นน้อยมาก และอาจจะกล่าวได้ว่าแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในทางคลินิก อย่างไรก็ตามผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าในภาวะความเป็นกรดเหมือนกันฟันแต่ละซี่ก็มีการละลายแร่ธาตุในเคลือบรากฟันและเนื้อฟันที่แตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ฟันกรามแท้ซึ่งปราศจากรอยผุในการทดสอบโดยไม่ได้จำกัดเรื่องอายุของผู้ป่วย จึงอาจทำให้ฟันในแต่ละกลุ่มที่ใช้ทดสอบมีลักษณะที่แตกต่างกันตามธรรมชาติ

เมื่อนำฟันปกติที่ปราศจากรอยผุไปสัมผัสกับสารละลายบัฟเฟอร์แลคติกเป็นเวลา 14 วัน เคลือบรากฟันจะเกิดการละลายแร่ธาตุลงไปถึงเนื้อฟัน จนกระทั่งสีย้อมสามารถแพร่เข้าไปในท่อเนื้อฟันได้ ในขณะเดียวกันทางด้านเคลือบฟันกลับไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้และพบการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบฟันเพียง 1 ชิ้นซึ่งแตกต่างจากเคลือบรากฟันและเนื้อฟัน (ตารางที่ 7) แสดงให้เห็นว่าเคลือบฟันเป็นเนื้อเยื่อที่มีความแข็งแรงต้านการละลายแร่ธาตุได้ดีกว่าเนื้อฟัน นั่นแสดงว่าเคลือบฟันมีความคงทนต่อการเกิดฟันผุมากกว่าเนื้อฟันมาก เนื่องจากเคลือบฟันมีส่วนประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์ถึงร้อยละ 96 ที่เหลือเป็นสารอินทรีย์ และน้ำโดยน้ำหนัก โครงสร้างเป็นผลึกเคลือบฟันซึ่งประกอบไปด้วยผลึกของไฮดรอกซีอะปาไทต์ขนาด 0.03-0.2 ไมครอน เรียงตัวกันเป็นปริซึม (Lopes et al, 2007) ในขณะที่เนื้อฟันประกอบด้วยสารอนินทรีย์ร้อยละ 50 สารอินทรีย์ร้อยละ 30 และน้ำร้อยละ 20 โดยปริมาตร โครงสร้างประกอบไปด้วยท่อเนื้อฟันและร่างแหคอลลาเจน การสะสมแร่ธาตุเกิดขึ้นรอบๆท่อเนื้อฟันและรอบเส้นใยคอลลาเจน เป็นผลึกของอะปาไทต์ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าในเคลือบฟันมาก(ประมาณ 5x30x100 นาโนเมตร) ส่วนอินทรีย์สารส่วนใหญ่คือ เส้นใยคอลลาเจน และโปรตีนอื่นๆ เช่น โปรทีโอไกลแคน, ไกลโคอะมิโนไกลแคน (Marshall, 1997) จากโครงสร้างและขนาดผลึกแร่ธาตุที่แตกต่างกันนี้จึงทำให้เนื้อฟันเกิดการละลายแร่ธาตุได้ง่ายกว่าเคลือบฟัน ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการบูรณะฟันโดยการอนุรักษ์เคลือบฟันไว้เพื่อเป็นเกราะป้องกันของฟันจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุมีการรั่วซึมระหว่างเคลือบฟันกับสารยึดเรซินกลุ่ม All-Bond 2, Single Bond 2, Clearfil Mega Bond, Single Bond, Clearfil Protect Bond ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยทุกกลุ่มมีค่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารยึดเรซิน พบว่ากลุ่ม All-Bond 2, Single Bond 2 และ Clearfil Mega Bond มีค่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้สารยึดเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาของอรอุษา วลีพิทักษ์เดชซึ่งไม่พบการรั่วซึมระหว่างเคลือบฟันกับสารยึดเรซินกลุ่ม All-Bond 2 และ Single Bond 2 ที่แช่ในน้ำลายเทียมกับผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันที่พบในกลุ่มต่างๆดังกล่าวนั้นไม่ได้พบในฟันตัวอย่างทุกชิ้น (ตารางที่ 24 ภาคผนวก ข) และค่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟันที่พบมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกว้างมาก (ตารางที่ 7) แสดงว่าการเชื่อมยึดระหว่างเคลือบฟันกับสารยึดเรซินดังกล่าวมีความไม่แน่นอน

การรั่วซึมในเคลือบฟันของสารยึดเรซินกลุ่ม Single Bond, Single Bond 2, Clearfil Protect Bond, All-Bond 2 และ Clearfil Mega Bond สอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ซึ่งพบว่าชั้นเชื่อมต่อระหว่างสารยึดเรซิน Single Bond กับเคลือบฟันภายหลังการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ พบว่าชั้นไฮบริดมีความต่อเนื่องแต่บางลงอย่างชัดเจน (รูปที่ 33) สำหรับชั้นเชื่อมต่อของกลุ่ม Single Bond 2, Clearfil Protect Bond, All-Bond 2 และ Clearfil Mega Bond กับเคลือบฟันภายหลังการการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ไม่พบชั้นไฮบริดที่ชัดเจน (รูปที่ 29, 30, 31, 32) แสดงว่าการยึดติดกับเคลือบฟันทำได้ไม่ดีนัก

สารยึดเรซินกลุ่ม Single Bond, Single Bond 2, All-Bond 2 เป็นสารยึดเรซินที่ใช้กรดฟอสฟอริกในการปรับสภาพเคลือบฟัน แล้วจึงทำการยึดแบบขึ้น โดย Single Bond และ Single Bond 2 ใช้กรดฟอสฟอริก 35% ส่วน All-Bond 2 ใช้กรดฟอสฟอริก 32% การใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงนี้อาจส่งผลเสียต่อโครงสร้างของเคลือบฟัน (Shinchi, Soma and Nakabayashi, 2000) เนื่องจากงานวิจัยนี้นำฟันไปผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ จึงอาจพบการรั่วซึมในบริเวณที่โครงสร้างของเคลือบฟันเสียไปซึ่งเดิมไม่ปรากฏให้เห็นในภาวะปกติ (อรอุษา วลีพิทักษ์เดช, 2548)

สารยึดเรซินกลุ่ม Clearfil Protect Bond และ Clearfil Mega Bond มีกลไกการยึดกับฟันโดยใช้ไพรเมอร์เป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ มีรายงานว่า Clearfil Mega Bond จัดเป็นไพรเมอร์ชนิดกรดอ่อนมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 1.9 จึงละลายผิวเคลือบฟันได้เพียงเล็กน้อยจึงยึดกับเคลือบฟันได้ไม่ดี (Van Meerbeek et al., 2003) แต่จากการวิจัยครั้งนี้กลับไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อของเคลือบฟันกับสารยึดเรซินกลุ่ม AQ Bond ซึ่งมีกลไกการยึดกับฟัน

โดยใช้ไพรเมอร์เป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์เช่นกัน มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 1.9 และหลังจากสัมผัสกับฟองน้ำเอคิวมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 2.5 (Hypothetical Mechanism of AQ Bond, 2007) แสดงว่าค่าความเป็นกรดด่างไม่ได้เป็นสาเหตุของการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบฟัน แต่น่าจะเกิดจาก AQ Bond สามารถกำจัดชั้นสเมียร์ได้ดี และโมโนเมอร์สามารถซึมผ่านลงไปยึดกับเคลือบฟันได้ดีกว่า Clearfil Protect Bond และ Clearfil Mega Bond

สำหรับทางด้านเคลือบรากฟันนั้นภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ พบว่ากลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพฟัน 10 วินาที, Super-Bond D-Liner II PLUS และกลุ่ม AQ Bond ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันในขณะที่เคลือบรากฟันและเนื้อฟันปกติมีการแทรกซึมของสีย้อมเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 7) แสดงว่าเนื้อฟันที่บูรณะด้วย Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพฟัน 10 วินาที, Super-Bond D-Liner II PLUS และกลุ่ม AQ Bond มีคุณสมบัติต้านทานต่อการเกิดฟันผุซ้ำได้ดีกว่าเนื้อฟันปกติที่สัมผัสสารละลายบัฟเฟอร์แลคติก และผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าชั้นเชื่อมต่อระหว่างสารยึดเรซินกับเนื้อฟันภายหลังการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ พบชั้นไฮบริดมีความหนาสม่ำเสมอต่อเนื่อง (รูปที่ 24, 27, 28) แสดงถึงการเกิดชั้นไฮบริดที่สมบูรณ์

Super-Bond C&B ใช้กรดปรับสภาพแล้วล้างออกเช่นเดียวกันกับ Single Bond, Single Bond 2 และ All-Bond 2 แต่พบว่าสามารถสร้างชั้นไฮบริดที่ดีได้นั้นเกิดจาก Super-Bond C&B ใช้กรดซิตริกร้อยละ 10 ผสมกับเฟอริกคลอไรด์ร้อยละ 3 เป็นตัวปรับสภาพฟันซึ่งคงทำให้เนื้อฟันมีความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านสูงแม้ว่าเนื้อฟันจะถูกเป่าจนแห้งก็ตาม (Nakabayashi and Takarada, 1992) การที่เฟอริกคลอไรด์สามารถป้องกันการยุบตัวของคอลลาเจนได้นั้น อธิบายได้ว่าเนื้อฟันส่วนใหญ่ประกอบด้วยไฮดรอกซีอะปาไทต์และเส้นใยคอลลาเจน เส้นใยคอลลาเจนถูกปกคลุมด้วยโพลีอิเลกโตรไลท์หลายชนิดเช่น โปรทีโอไกลแคน ฟอสโฟโปรตีน และไกลโคอะมิโนไกแคน ซึ่งเป็นสารโพลีอิเลกโตรไลท์ในเนื้อฟันที่มีคุณสมบัติละลายน้ำและมีประจุลบเนื่องจากมีกลุ่มคาร์บอกซิลและกลุ่มซัลเฟตอยู่ในโมเลกุล ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลว่าทำไมดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนจึงมีคุณสมบัติชอบน้ำแม้ว่าเส้นใยคอลลาเจนจะเป็นสายโปรตีนที่ไม่ชอบน้ำ เฟอริกคลอไรด์มีเฟอริกไอออนที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ และมีประจุบวกดังนั้นจึงสามารถทำปฏิกิริยากับโพลีอิเลกโตรไลท์ซึ่งมีประจุลบได้ง่าย ช่วยรักษาช่องว่างของร่างแหเส้นใยคอลลาเจนแม้จะเป่าแห้ง เฟอริกคลอไรด์ในสารปรับสภาพเนื้อฟันทำให้ดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนมีความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านมากขึ้น จึงเพิ่มอัตราการขจัดน้ำ (dehydration) ออกจากเนื้อฟันที่ละลาย

แร่ธาตุออกแล้ว และโมโนเมอร์สามารถซึมผ่านลงไปได้มาก เกิดชั้นไฮบริดไดซ์เดนทีนที่มีคุณภาพได้ (Piemjai, Iwasaki and Nakabayashi, 2003)

เนื่องจากข้อจำกัดของกำลังขยายของภาพถ่ายสเตอริโอที่ไม่สามารถขยายได้ถึงระดับไมครอน จึงทำให้ไม่เห็นชั้นไฮบริดระหว่างรอยต่อเนื้อฟันกับสารยึดเรซิน แต่จากภาพจะสามารถพบลักษณะการปิดกั้นการแทรกซึมของสีย้อมลงไปในท่อเนื้อฟันได้ในกลุ่มที่เกิดชั้นเชื่อมต่อระหว่างสารยึดเรซินและผนังท่อเนื้อฟันที่สมบูรณ์ เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการรั่วซึมภายหลังจากฟันสัมผัสกับสารละลายบัฟเฟอร์แลคติก จึงปรากฏลักษณะแถบของสีย้อมที่แทรกซึมเข้ามาในเคลือบรากฟันที่ถูกละลายแร่ธาตุออกไปและลงไปในท่อเนื้อฟัน แต่ในบริเวณประชิดกับรอยต่อของสารยึดเรซินกลับพบว่าไม่มีสีย้อมแทรกซึมลงไปในท่อเนื้อฟัน อธิบายได้ว่าเนื่องจากมีเรซินแทรกซึมเข้าในท่อเนื้อฟันและเชื่อมยึดกับผนังท่อเนื้อฟันได้ดีจนสารละลายบัฟเฟอร์แลคติกและสีย้อมไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้ (รูปที่ 9, 13, 40) อย่างไรก็ตามลักษณะนี้จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อแนวการเรียงตัวของท่อเนื้อฟันวางตัวเฉียงกับรอยต่อของสารยึดเรซิน จึงควรระวังในการแปลผลการทดลองและไม่ควรนำจำนวนที่พบการปิดกั้นการแทรกซึมของสีย้อมลงไปในท่อเนื้อฟันของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ในกลุ่ม Super-Bond C&B ที่ปรับสภาพฟัน 30 และ 60 วินาที พบว่ามีการป้องกันการแทรกซึมของสีย้อมลงไปในท่อเนื้อฟันพร้อมกับมีการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันด้วย แสดงว่ามีการเชื่อมยึดกับผนังท่อเนื้อฟันได้ดีแต่มีการรั่วซึมในชั้นดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลืออาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของเนื้อฟันบริเวณรอบท่อเนื้อฟัน (peritubular dentin) แตกต่างจากเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) โดยพบว่าเนื้อฟันบริเวณรอบท่อเนื้อฟันมีแร่ธาตุมากกว่าและมีความแข็งผิว (hardness) มากกว่า (2.45$\pm$0.14 GPa) ในขณะที่เนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟันมีส่วนประกอบเป็นคอลลาเจนและอะปาไทต์ มีความแข็งผิวต่ำกว่า (บริเวณใกล้รอยต่อเคลือบฟันและเนื้อฟันเท่ากับ 0.51$\pm$0.02GPa, บริเวณใกล้โพรงประสาทฟันเท่ากับ 0.13$\pm$0.01GPa) (Marshall et al.,1997) ทำให้การเชื่อมยึดกับเนื้อฟันบริเวณรอบท่อเนื้อฟันซึ่งมีแร่ธาตุมากกว่ามีลักษณะคล้ายกับการเชื่อมยึดกับเคลือบฟันซึ่งพบว่าสามารถเชื่อมยึดได้ดีแม้ว่าจะปรับสภาพเคลือบฟันเป็นเวลานานถึง 60 วินาที แต่การปรับสภาพเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟันเป็นเวลานานจะมีการละลายแร่ธาตุลงไปได้ลึกและเรซินไม่สามารถแทรกซึมลงไปได้ถึงจุดลึกสุดเกิดเป็นบริเวณดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลืออยู่ภายในเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟันเหล่านั้นซึ่งกรดแลคติกและสีย้อมสามารถซึมเข้าไปได้แม้ว่าจะมีชั้นไฮบริดในเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟันที่ดีอยู่ก็ตาม จึงพบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันพร้อมกับลักษณะการปิดกั้นการแทรกซึมของสีย้อมลงไปในท่อเนื้อฟันได้

Super-Bond D-Liner II PLUS เป็นสารยึดเรซินที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับ Super-Bond C&B (ตารางที่ 3) และกลไกในการยึดกับฟันมีลักษณะเช่นเดียวกับ Super-Bond C&B ผลการวิจัยนี้พบว่าทั้งการรั่วซึม (ตารางที่ 7) และลักษณะชั้นไฮบริดที่พบในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (รูปที่ 27) มีผลการศึกษาเช่นเดียวกับกลุ่ม Super-Bond C&B ที่ผ่านการปรับสภาพฟัน 10 วินาที แสดงถึงการเกิดชั้นไฮบริดที่สมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับกลุ่มที่ไม่ใช้สารยึดเรซินแล้วบูรณะด้วยอะมัลกัมซึ่งมีการรั่วซึมมาก (ตารางที่ 7) และมีช่องว่างระหว่างฟันกับอะมัลกัม (รูปที่ 34) โดยปกติภายหลังการกรอตัดฟันจะมีชั้นสเมียร์เกิดขึ้น ชั้นสเมียร์ประกอบด้วยเศษเนื้อฟันที่ตกค้างบนผิวฟันมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกับเนื้อฟันที่ถูกตัด ร้อยละ 21.5 ของชั้นสเมียร์ประกอบด้วยช่องทางที่เต็มไปด้วยน้ำซึ่งทำให้ทั้งตัวถูกละลายและตัวทำละลายสามารถเคลื่อนผ่านไปได้ (Pashley and Carvalho, 1997) การบูรณะด้วยอะมัลกัมโดยไม่ใช้สารยึดเรซินจึงเป็นการบูรณะทับลงไปในชั้นสเมียร์จึงพบการรั่วซึมทั้งการแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์แลคติกและการแช่ในน้ำลายเทียม (ยุกตพงศ์ พึ่งพีรพร และ อธิคม สุรินทร์ธนาสาร, 2548) เมื่อบริเวณที่เป็นชั้นสเมียร์ละลายออกไปกลายเป็นช่องว่างทำให้สีย้อมสามารถรั่วซึมเข้ามาได้ ดังนั้นการใช้ Super-Bond D-Liner II PLUS เชื่อมฟันกับอะมัลกัมจะสามารถป้องกันการเกิดการรั่วซึมในอะมัลกัมได้ และแสดงให้เห็นว่าโอกาสป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำมีสูงมาก

กลุ่ม AQ Bond ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันทั้งก่อนการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ (อรอุษา วลีพิทักษ์เดช, 2548) และภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ (ตารางที่ 7) แสดงว่าสารยึดเรซินกลุ่ม AQ Bond มีการเชื่อมยึดกับเนื้อฟันได้ดี เนื่องจากเป็นสารยึดเรซินชนิดไพร์เมอร์เป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ซึ่งกำจัดชั้นสเมียร์ออก กลไกการยึดกับฟันเริ่มด้วยการละลายชั้นสเมียร์พร้อมกับการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟัน จากนั้นเมื่ออะซีโตนระเหยไปเรซินจะเกิดการแยกตัวออกเป็นชั้นของโมโนเมอร์และชั้นของน้ำซึ่งมีสเมียร์ที่ละลายแล้วปนอยู่ โมโนเมอร์แทรกซึมลงในเนื้อฟันและชั้นของน้ำถูกลมเป่ากำจัดออกไป จากนั้นเมื่อฉายแสงจึงเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรซ์ (Hypothetical Mechanism of AQ Bond, 2007) จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดในการวิจัยนี้พบว่ากลุ่ม AQ Bond ไม่พบเรซินแทกแสดงว่าเอคิวบอนด์กำจัดสเมียร์พลักบางส่วนและปรับสภาพเนื้อฟันผ่านชั้นสเมียร์โดยแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันบางส่วน มีชั้นไฮบริดบางประมาณ 1 ไมครอน (รูปที่ 28) สอดคล้องกับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Tay et al., 2002) ซึ่งพบว่าชั้นไฮบริดของ AQ Bond ในเนื้อฟันมีความกว้างประมาณ 0.5-1 ไมครอน และในบริเวณที่มีการรวมเอาชั้นสเมียร์เข้าไปด้วยอาจทำให้เกิดชั้นไฮบริดหนาได้มากกว่า 1 ไมครอน Tani และ Finger (2002) รายงานว่าค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของ AQ Bond ไม่

เปลี่ยนแปลงไปแม้ว่าความหนาของชั้นสเมียร์จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.9-2.6 ไมครอน จากการวิจัยนี้ไม่พบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันและมีค่าแตกต่างจากการแทรกซึมของสีย้อมลงในเคลือบรากฟันปกติที่สัมผัสกับสารละลายบัฟเฟอร์แลคติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงให้เห็นว่าการใช้สารยึดเรซิน AQ Bond สามารถป้องกันการรั่วซึมได้แสดงว่ามีโอกาสสูงในการป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำ

ภายหลังการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุ กลุ่มที่พบการรั่วซึมระหว่างเคลือบรากฟันกับสารยึดเรซินคือกลุ่ม All-Bond 2, Single Bond 2, Single Bond, Clearfil Mega Bond, Clearfil Protect Bond (ตารางที่ 7) โดยทุกกลุ่มมีค่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้สารยึดเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของอรอุษา วลีพิทักษ์เดชซึ่งพบการรั่วซึมระหว่างเนื้อฟันกับสารยึดเรซินกลุ่ม All-Bond 2 และ Single Bond 2 จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าภายหลังการผ่านสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์รอยต่อบริเวณเนื้อฟันกับสารยึดเรซินของกลุ่ม Single Bond มีชั้นไฮบริดเป็นส่วนน้อยและไม่ต่อเนื่อง (รูปที่ 33) และกลุ่ม Single Bond 2 ไม่พบชั้นไฮบริด (รูปที่ 29) สำหรับกลุ่ม All-Bond 2 ไม่พบชั้นไฮบริดและมีรอยแยกระหว่างสารยึดเรซินกับเรซินคอมโพสิต (รูปที่ 31)

สารยึดเรซินกลุ่ม Single Bond, Single Bond 2 และ All-Bond 2 ทั้ง 3 ชนิดใช้กรดฟอสฟอริกในการปรับสภาพเนื้อฟัน เมื่อกรดฟอสฟอริกละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันออกไปจะเหลือโครงข่ายคอลลาเจนลอยอยู่ในน้ำที่เข้ามาอยู่แทนช่องว่างที่เคยเป็นที่อยู่ของผลึกแร่ธาตุ หากเนื้อฟันถูกเป่าแห้งเมื่อน้ำระเหยไป เส้นใยคอลลาเจนจะยุบตัวลงทำให้สารยึดเรซินไม่สามารถแทรกซึมลงไปเกิดชั้นไฮบริดได้ เพื่อป้องกันการยุบตัวของเส้นใยคอลลาเจนสารยึดเรซินทั้ง 3 ชนิดนี้จึงต้องยึดกับเนื้อฟันในสภาพชื้น แต่เนื่องจากการเตรียมเนื้อฟันในสภาพชื้นที่พอเหมาะทำได้ยาก ไม่ว่าเนื้อฟันจะแห้งเกินไปหรือชื้นเกินไปล้วนขัดขวางการแทรกซึมของสารยึดเรซิน (Tay, Gwinnett and Wei, 1996; Van Meerbeek et al., 2003) จึงสังเกตได้ว่าการรั่วซึมระหว่างเนื้อฟันกับสารยึดเรซิน Single Bond 2 และ All-Bond 2 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกว้างมาก ($\pm$0.976 และ $\pm$0.929 ตามลำดับ) นอกจากนั้นการวิจัยครั้งนี้พบว่าสารยึดเรซินในกลุ่มนี้มีการรั่วซึมซึ่งมีลักษณะเป็นทั้งความล้มเหลวในการเชื่อมยึด (adhesive failure) ความล้มเหลวในการผนึกท่อเนื้อฟัน และการรั่วซึมในดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลือ (รูปที่ 14, 16, 18) การรั่วซึมซึ่งเกิดจากความล้มเหลวในการเชื่อมยึดอาจเกิดจากการยุบตัวของเส้นใยคอลลาเจน สารยึดเรซินจึงไม่สามารถสร้างชั้นไฮบริดกับเนื้อฟันได้จึงเห็นสีย้อมรั่วซึมเข้าไประหว่างฟันกับสารยึดเรซิน และในบริเวณที่สารยึดเรซินไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปยึดกับผนังท่อเนื้อฟัน จึงเห็นสีย้อมรั่วซึมเข้าไปตาม

ท่อเนื้อฟัน ส่วนการรั่วซึมในดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนที่หลงเหลือเกิดจากเรซินไม่สามารถแทรกซึมลงไปได้ถึงจุดลึกสุดของดีมิเนอรอลไลซ์เดนทีนทำให้เห็นสีย้อมรั่วซึมเข้ามาเป็นเส้นเล็กๆ ภายใต้สารยึดเรซินกับเนื้อฟัน ลักษณะดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Sano et. al. 1995, Li, Burrow and Tays 2000) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน ซึ่งพบการรั่วซึมระดับนาโนเมตรของสารยึดเรซินกลุ่ม Single Bond 2 ที่บริเวณก้นของชั้นไฮบริดอย่างต่อเนื่อง (Tay and Pashley,2003)

สำหรับกลุ่ม Clearfil Mega Bond และ Clearfil Protect Bond เป็นสารยึดเรซินชนิดเป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ โดยหลักการแล้วสารยึดเรซินชนิดไพร์เมอร์เป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์จะทำการสลายแร่ธาตุพร้อมๆไปกับการแทรกซึมด้วยเรซินชนิดเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่ควรจะมีชั้นไฮบริดที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่มีขั้นตอนการล้างและเป่าแห้ง จากการศึกษาของอริยา ทวีรัตน์รายงานว่าพบการรั่วซึมในระดับนาโนเมตรระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ชนิดเป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ยี่ห้อ Panavia F แต่จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าภายหลังผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุมีการรั่วซึมของสีย้อมในรอยต่อของเนื้อฟันกับสารยึดเรซิน (ตารางที่ 7) แสดงว่าการผ่านแบบจำลองการเกิดฟันผุทำให้ความไม่สมบูรณ์ของชั้นไฮบริดปรากฏออกมาชัดเจนขึ้นจนสามารถตรวจพบได้ด้วยสีย้อมซึ่งเป็นการทดสอบการรั่วซึมระดับไมโครเมตร นอกจากนี้ในบางชิ้นตัวอย่างพบสีย้อมในชั้นสารยึดเรซินเป็นช่วงๆ (รูปที่ 15, 17) ลักษณะที่ปรากฏนี้อาจเกิดจากการที่สารยึดเรซินยึดกับฟันผ่านชั้นสเมียร์ ดังนั้นการยึดกับฟันจึงขึ้นกับว่าชั้นสเมียร์ในบริเวณนั้นมีลักษณะอย่างไร ขณะที่ไพรเมอร์ละลายชั้นสเมียร์ และแทรกซึมลงไปอาจไม่สามารถห่อหุ้มชั้นสเมียร์ได้หมด เมื่อสารละลายบัฟเฟอร์แลคติกสัมผัสกับบริเวณที่ชั้นสเมียร์ไม่ถูกหุ้มด้วยเรซิน ชั้นสเมียร์จะสลายตัวออกไปทำให้สีย้อมแทรกซึมเข้ามาได้ หากมีชั้นสเมียร์ที่ไม่ถูกหุ้มด้วยเรซินหลงเหลืออยู่มากจะเห็นสีย้อมเข้มชัดจึงปรากฏเห็นเป็นช่วงๆ

จากงานวิจัยนี้พบว่าทั้งสารยึดเรซิน Single Bond, Single Bond 2, All-Bond 2, Clearfil Mega Bond และ Clearfil Protect Bond มีค่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้สารยึดเรซิน นอกจากนี้พบว่ากลุ่ม All-Bond 2 มีการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟัน ไม่แตกต่างจากการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบรากฟันและเนื้อฟัน สำหรับกลุ่ม Single Bond, Single Bond 2, Clearfil Mega Bond, และ Clearfil Protect Bond มีค่าการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินทางด้านเคลือบรากฟันมากกว่าค่าการแทรกซึมของสีย้อมในเคลือบรากฟันและเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) แสดงให้เห็นว่าการบูรณะฟันด้วยสารยึดเรซินทั้ง 5 ชนิดไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของกรดแลคติกได้จึงมีโอกาสป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำได้น้อยกว่าเนื้อฟันปกติที่สัมผัสกับสารละลายบัฟเฟอร์แลคติก ในการทดลองนี้ถึงแม้ว่าทำการแช่ฟันใน

สารละลายบัฟเฟอร์แลคติกเป็นเวลาเพียง 14 วัน แต่แสดงให้เห็นถึงการรั่วซึมบริเวณรอยต่อฟันกับสารยึดเรซินได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในทางคลินิกผิวฟันบริเวณที่ผู้ป่วยไม่สามารถทำความสะอาดได้จะมีการสะสมของคราบแบคทีเรียอยู่เป็นเวลานาน การรั่วซึมที่มีอยู่นั้นจะส่งผลไปถึงโพรงประสาทฟันทำให้เกิดพยาธิสภาพในโพรงประสาทฟันได้ (Murray et al., 2002) และการรั่วซึมร่วมกับกระบวนการละลายแร่ธาตุของฟันที่เกิดขึ้นเป็นเวลานานจะแสดงให้เห็นเป็นรอยโรคฟันผุซ้ำในทางคลินิก นำไปสู่ความล้มเหลวในการบูรณะฟันได้ในที่สุด

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบการรั่วซึมในรอยต่อระหว่างสารยึดเรซินกับเรซินคอมโพสิตในกลุ่ม AQ Bond, Single Bond, Single Bond 2, All-Bond 2, Clearfil Mega Bond และ Clearfil Protect Bond (ตารางที่ 8) มีรายงานถึงความไม่เข้ากันของสารยึดเรซินกับเรซินคอมโพสิตว่าเรซินโมโนเมอร์ที่เป็นกรดจะยับยั้งการทำงานของ Tertiary amine ในเรซินคอมโพสิตชนิดแข็งด้วยตัวเอง (Chemical-cure resin composite) ทำให้เรซินคอมโพสิตไม่เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรซ์ในบริเวณที่สัมผัสกับโมโนเมอร์ (Suh et al., 2003) และมีรายงานถึงความไม่เข้ากันของสารยึดเรซินชนิดขั้นตอนเดียว (Single step adhesive) กับเรซินคอมโพสิตชนิดแข็งตัวด้วยแสงหากหน่วงเวลาให้สารยึดเรซินและเรซินคอมโพสิตสัมผัสกันเป็นเวลานานก่อนฉายแสง (Carvalho et al.,2005) แต่เนื่องจากการวิจัยนี้ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดแข็งตัวด้วยแสงและฉายแสงทันทีภายหลังจากใส่เรซินคอมโพสิตลงบนสารยึดเรซิน แสดงว่าการรั่วซึมในรอยต่อระหว่างสารยึดเรซินกับเรซินคอมโพสิตไม่ได้เกิดจากสาเหตุดังกล่าว อย่างไรก็ตามสำหรับสารยึดเรซินกลุ่ม Super-Bond C&B และ Super-Bond D-Liner II PLUS ไม่พบการรั่วซึมในรอยต่อของสารยึดเรซินกับเรซินคอมโพสิต อาจกล่าวได้ว่าเรซินคอมโพสิตสามารถประสานเชื่อมเข้ากันได้ดีกับโคพอลิเมอร์ของ 4-META/MMA ซึ่งเป็นสารยึดเรซินที่บ่มตัวเอง (self-cured adhesive) สารยึดเรซินกลุ่ม AQ Bond, Single Bond, Single Bond 2, All-Bond 2, Clearfil Mega Bond และ Clearfil Protect Bond เป็นสารยึดเรซินที่บ่มตัวด้วยแสงและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์เซชั่นก่อนจะสัมผัสกับเรซินคอมโพสิตจึงเชื่อมกับเรซินคอมโพสิตได้ไม่ดีเท่ากลุ่ม Super-Bond C&B

การศึกษาในอนาคตควรมีการศึกษาการรั่วซึมของฟันที่บูรณะในทางคลินิก เนื่องจากการทดลองนี้ทำในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่มีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น การมีแรงดันในโพรงประสาทฟัน การมีของเหลวในท่อเนื้อฟัน เป็นต้น