บทความปริทัศน์
Review Article

สารยึดติดที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์
Fluoride-releasing Adhesive Resin

อัญญรัตน์ แพงจันทร์[1], สิริวัธน์ วัฒนพาณิชย์[2]
[1]กลุ่มงานทันตกรรม สถาบันพัฒนาการเด็กราชนครินทร์ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่
[2]ภาควิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Anyarat Paengchan[1], Siriwat Wattanapanich[2]
[1]Dental Department, Rajanagarindra Institute of Child Development, Chiang Mai
[2]Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม.ทันตสาร 2552; 30(2) : 45-51
CM Dent J 2009; 30(2) : 45-51

บทคัดย่อ

การเกิดฟันผุซ้ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของการบูรณะฟัน หนึ่งในแนวทางที่จะช่วยลดอัตราการเกิดการผุซ้ำได้คือการใช้วัสดุที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ในการบูรณะฟัน การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับสารยึดติดที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ โดยศึกษาถึงคุณสมบัติของสารดังกล่าวในแง่ของความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ การดูดซึมของฟลูออไรด์เข้าสู่เนื้อฟัน การยับยั้งการผุซ้ำ ความคงทนและความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับเนื้อฟัน หลายการศึกษาพบว่าสารยึดติดที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้นี้มีคุณสมบัติด้านการช่วยยึดติดที่ดีของวัสดุบูรณะกับเนื้อฟัน นอกจากนี้แล้วฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาสามารถแทรกซึมและแพร่เข้าไปในผนังโพรงฟัน ป้องกันการเกิดการผุซ้ำโดยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังโพรงฟัน

คำไขรหัส : สารยึดติดที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ สารยึดติดที่มีฟลูออไรด์

Abstract

This article reviews the literature and research on fluoride-releasing adhesive resin. Secondary caries is the primary cause of dental restoration failure. One method for reducing this problem is to use fluoride containing restorative materials. This review focuses on the properties of fluoride-releasing adhesive resins in terms of fluoride releasing, fluoride uptake, secondary caries inhibition, durability and dentine bond strength. Many studies have shown that these adhesive resins promote good adhesion to dentine substances. Moreover, fluoride ions released from the adhesives could penetrate and diffuse into the cavity wall dentine and prevent secondary caries by reinforcement of the dentine wall.

Keywords : fluoride-releasing adhesive resin, fluoride-containing dentin bonding

บทนำ

ในปัจจุบันสารยึดติดเรซิน (adhesive resin) ทางทันตกรรมมีการพัฒนาทั้งในแง่วัสดุศาสตร์และเทคนิควิธีการทำงานเพื่อเพิ่มความคงทนของการยึดติดกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน[1] แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการรื้อวัสดุอุดเก่าและบูรณะใหม่เนื่องจากความล้มเหลวของการบูรณะโดยมีสาเหตุหลักคือการผุกลับซ้ำ (secondary caries)[2-5]

รอยผุกลับซ้ำคือรอยผุซึ่งมักจะเกิดขึ้นที่บริเวณขอบของวัสดุบูรณะ พบได้บ่อยที่บริเวณขอบวัสดุด้านคอฟันและด้านประชิด ประกอบด้วยรอยผุด้านนอก (outer lesion) เกิดขึ้นที่บริเวณเคลือบฟันและเคลือบรากฟันรอบวัสดุบูรณะ และรอยผุด้านผนังโพรงฟัน (wall lesion) ซึ่งเป็นรอยวิการขนาดแคบที่เคลือบฟันหรือเนื้อฟันตามแนวผนังโพรงฟัน[3,6]

ฟันผุกลับซ้ำมีสาเหตุการเกิดเช่นเดียวกับฟันผุแรกเริ่ม (primary caries) โดยกรดและเอนไซม์จากเชื้อแบคทีเรียในแผ่นชีวภาพ (dental biofilm) จะลดค่าความเป็นกรดด่างที่บริเวณผิวฟันทำให้เกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization) กระบวนการนี้สามารถหยุดหรือคืนกลับก่อนที่จะเกิดรอยผุ โดยฟลูออไรด์จะมีบทบาทสำคัญในการเกิดกระบวนการการคืนแร่ธาตุ (remineralization)[6] ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะใช้วัสดุที่มีฟลูออไรด์หรือสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้เพื่อเพิ่มอัตราการกลับสู่สภาพเดิมของผิวฟันที่ถูกทำลายและเพิ่มความสามารถในการป้องกันรอยผุกลับซ้ำ นอกจากนั้นยังมีการใช้วัสดุที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ในรูปแบบของสารฉาบยึด (luting agent) สารรองพื้นโพรงฟัน (cavity liner) หรือสารยึดติด (bonding agent)[7] ซึ่งสารยึดติดที่มีฟลูออไรด์นอกจากจะสัมผัสกับเนื้อฟันโดยตรงแล้ว ยังมีบางส่วนสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในบริเวณขอบของวัสดุบูรณะได้ด้วย[8]

บทความนี้จะกล่าวถึงสารยึดติดที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ ในแง่ของชนิดและรูปแบบของวัสดุ คุณสมบัติการปล่อยฟลูออไรด์และคุณสมบัติ ในการป้องกันฟันผุ รวมทั้งผลการศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ

ชนิดของฟลูออไรด์ในสารยึดติด

สารยึดติดที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบทั้งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองที่จะกล่าวถึงในบทความนี้มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ซึ่งอยู่ในสารอัดแทรก (fillers) ในรูปแบบที่แตกต่างกันตามวิธีการของบริษัทผู้ผลิตดังนี้[9-11]

1. โซเดียมฟลูออไรด์ ฟิลเลอร์ (sodium fluoride fillers : NaF)

2. กลาสไอโอโนเมอร์ ฟิลเลอร์ (glass ionomer fillers) ซึ่งมีการพัฒนาวิธีการผลิตเป็นฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาส (fluoro-alumino silicate glass : FASG) และ พรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ (pre-reacted glass ionomer : PRG)

โซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์ (Sodium fluoride fillers: NaF)

กลไกการปล่อยฟลูออไรด์และลักษณะเฉพาะของทั้งโซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์และกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์นั้นยังไม่ทราบชัดเจนและไม่มีการเปิดเผยจากบริษัทผู้ผลิต แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าโซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compound) ที่แตกเป็นชิ้นเล็กๆ และมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ จึงสามารถแตกตัวเป็นโซเดียมไอออนและฟลูออไรด์ไอออนและปล่อยฟลูออไรด์ออกมาจากวัสดุ[9,12] แต่การละลายน้ำของฟิลเลอร์อาจมีผลต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างสารยึดติดและวัสดุอุดได้

ตัวอย่างของสารยึดติดประเภทนี้ เช่น Clearfil Protect Bond® (Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japan) ซึ่งเป็นชื่อทางการค้าของ ABF ที่เป็นวัสดุที่ใช้ในการทดลองในหลายการศึกษา[13]

กลาสไอโอโนเมอร์ ฟิลเลอร์ (Glass ionomer fillers)

การพัฒนาฟิลเลอร์ในรูปแบบของฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาส และ พรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ฟิลเลอร์นั้นสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ โดยลักษณะการปล่อยฟลูออไรด์ของฟิลเลอร์จะคล้ายคลึงกับการปล่อยฟลูออไรด์ของกลาสไอโอโนเมอร์[10,11,14]

กลไกการปล่อยฟลูออไรด์ของฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาสพิลเลอร์จะเหมือนกับกระบวนการปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์คือเกิดปฏิกิริยากรด-เบส (acid-base reaction) ระหว่างโมโนเมอร์ และฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาสในสภาวะที่มีน้ำหรือความชื้น และเกิดพันธะเคมีขณะมีกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างอนุภาคแก้วและโครงสร้างเนื้อฟันบางส่วนที่สูญเสียแร่ธาตุ[10,14]

พรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอเนเมอร์ ฟิลเลอร์ เกิดขึ้นจากปฏิกิริยากรด-เบสระหว่างฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาสและกรดโพลีอัลคีโนอิค (polyalkenoic acid) ในสภาวะที่มีน้ำ ซึ่งจะเกิดเป็นซิลิเซียสไฮโดรเจล (siliceous hydrogel) จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยแช่แข็ง (freeze-drying) กลายเป็นซิโรเจล (xero-gel) นำไปบดและเคลือบ (silanized treated) เป็นพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอเนเมอร์ขนาดและรูปแบบต่างๆ เช่น ฟูลลีพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ (fully pre-reacted glassionomer fillers : F-PRG) หรือ เซอร์เฟสพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ (surface pre-reacted glassionomer fillers : S-PRG) เป็นต้น[10,11] สำหรับกลไกการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์จะปล่อยฟลูออไรด์ไอออนจากการแลกเปลี่ยนลิแกนด์ (ligand exchange) ภายในพรีรีแอ็คเต็ด ไฮโดรเจล (prereacted hydrogel) ซึ่งการปล่อยไอออนจากโครงยึดเรซินที่บ่มตัวแล้ว (polymerized resin matrix) จะเกิดขึ้นเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำ ดังนั้นปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะขึ้นกับอัตราการดูดซึมน้ำ (water sorption) ของวัสดุ[10,11]

ตัวอย่างสารยึดติดที่มีฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาสฟิลเลอร์เป็นส่วนประกอบได้แก่ One-Up Bond F® (Tokuyama Dental, Tokuyama, Japan) สารยึดติดที่มีฟูลลีพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์เป็นส่วนประกอบได้แก่ FL-Bond® ซึ่งมีชื่อทางการค้าในประเทศญี่ปุ่นคือ Imperva Fluoro Bond® (Shofu, Kyoto, Japan) สำหรับ Reactmer Bond® (Shofu, Kyoto, Japan) และ FL-Bond S-1® หรือชื่อทางการค้าในประเทศญี่ปุ่นคือ Fluoro Bond shake-one® (Shofu, Kyoto, Japan) มีทั้งฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาส และพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์ ซึ่งมีประโยชน์ในการปล่อยฟลูออไรด์อย่างต่อเนื่องและสามารถประจุกลับได้

สารยึดติดที่ปล่อยฟลูออไรด์ที่พบในการศึกษาต่างๆ มีทั้งที่มีการผลิตเพื่อการค้าและเพื่อใช้ในการทดลอง ดังตัวอย่างที่นำมาจากหลายการศึกษาที่มีการบอกส่วนประกอบไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 *ชนิดและส่วนประกอบของสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษา[9, 12-15]*

Table 1 *Adhesives, components and manufacturers of dental adhesives used in the studies[9,12-15]*

สารยึดติด	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
Clearfil Protect Bond (ABF)	Primer : MDPB, MDP, HEMA, MFM, photoinitiator, Water Adhesive : MDP, HEMA, MFM, photoinitiator, microfiller **NaF**	Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japan
Prime&Bond NT	di and trimetracrylate resins, PENTA, nanofillers, photoinitiator, stabilizers, acetone, **cetylamine hydrofluoride**	Densply Caulk, Milford, DE, USA
Optibond Solo Plus	ethyl alcohol, alkyl dimethacrylate resins, barium aluminoborosilicate glass, fumed silica, **Sodium hexafluorosilicate**	Kerr, Orange, CA, USA
One-up Bond F	Primer & Bond : MDP, HEMA, water, TEGDMA, photoinitiator, FASG, methacrylate-10	Tokuyama Dental, Tokuyama, Japan
Reactmer Bond	Bond A : F-PRG, FASG, solvent, initiator, water, Bond B : 4-AET, 4-AETA, 2-HEMA, UDMA, solvent, photoinitiator	Shofu, Kyoto, Japan
FL-BOND (Imperva Fluoro Bond)	Primer A : water, solvent, initiator Primer B : 4-AET, 4-AETA, 2-HEMA, UDMA, TEGDMA, initiator Bonding agent : F-PRG, 2-HEMA, UDMA, TEGDMA, initiator	Shofu, Kyoto, Japan
FL-BOND S-1 (Fluoro Bond shake-one)	Bond A: S-PRG, FASG, initiator, water, solvent Bond B : 4-AET, 4-AETA, 6-MHPA, 2-HEMA, Bis-GMA, initiator, solvent	Shofu, Kyoto, Japan

ส่วนประกอบตามบริษัทผู้ผลิต
Bis-GMA : Bisphenol-glycidyl methacrylate
MDP : 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate
MDPB : 12-methacryloyloxydecylpyridinium bromide
HEMA : 2- hydroxyethylmethacrylate
MFM : multifunctional methacrylate
PENTA : dipentaerythritol penta acrylate monophosphate
4-AET = 4-acryloxyethyl trimellitic acid
4-AETA = 4-acryloxyethyl trimellitic anhydride
UDMA = urethane dimethacrylate
TEGDMA : triethylene glycol dimethacrylate
NaF : Sodium fluoride
FASG = Fluoro-alumino silicate glass
F-PRG : fully-reaction type pre-reacted glass-ionomer
S-PRG = Surface reaction type pre-reacted glass-ionomer

คุณสมบัติการปล่อยฟลูออไรด์และการถูกดูดซึมสู่เนื้อฟัน

สารยึดติดที่มีคุณสมบัติการปลดปล่อยฟลูออไรด์มีผลการศึกษาเป็นไปในทางเดียวกันคือวัสดุสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ต่อเนื่องในระดับต่ำตลอดการศึกษา และมีรูปแบบการปล่อยฟลูออไรด์เหมือนกัน โดยปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะมากที่สุดในวันแรกและลดลงตามระยะเวลา ปริมาณฟลูออไรด์ที่วัสดุปล่อยออกมาใน

วันแรกที่มากที่สุดจะแสดงถึงปริมาณฟลูออไรด์ที่สะสมอยู่ในวัสดุ[8,9,12,14,16,17]

Han และคณะได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจากสารยึดติดที่มีฟิลเลอร์ชนิดต่างกัน พบว่า ABF (NaF fillers) ปล่อยฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากกว่า One-Up Bond F (FASG fillers)[12] ซึ่งอาจเนื่องมาจากกลไกการปล่อยฟลูออไรด์ของโซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ikemura และคณะซึ่งพบว่าถ้าความเข้มข้นของฟิลเลอร์ในสารยึดเท่ากัน ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยจากสารช่วยยึดที่โซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์มีโซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์จะมากกว่า Imperva Fluoro Bond (PRG-Ca fillers) อย่างมีนัยสำคัญ[11] แต่มีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกันพบว่าสารยึดติดที่มีฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาสและพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์ ปล่อยฟลูออไรด์ออกมามากกว่า[9,17] เช่นการศึกษาของ Kameyama และคณะพบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาในวันแรกและปริมาณฟลูออไรด์สะสมตลอดการศึกษาของ Reactmer Bond (FASG, F-PRG) มากกว่า One-Up Bond F (FASG) และ KBF (NaF) ตามลำดับ[9] นอกจากนี้ในการศึกษาของ Mukai และคณะพบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาของ FL-BOND S-1 และ Reactmer Bond ซึ่งมีทั้งฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาส และพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์มากกว่า FL-BOND ที่มีฟูลลีพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์ ทางผู้ศึกษาอธิบายว่าเนื่องจากวัสดุมีแหล่งให้ฟลูออไรด์ทั้งจากพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์ และจากปฏิกิริยากรด-เบสระหว่างโมโนเมอร์กับฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกตกลาสฟิลเลอร์ จึงมีปริมาณฟลูออไรด์สะสมในวัสดุมากกว่า[14]

ในปี 1998 Ferracane และคณะได้ศึกษาการแทรกซึมของฟลูออไรด์เข้าไปยังชั้นไฮบริด (hybrid layer) ของสารยึดติดที่มีพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์เป็นส่วนประกอบ พบว่าวัสดุสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมายังบริเวณที่เกิดรอยซึมเล็ก (microleakage) และฟลูออไรด์สามารถแทรกผ่านเข้าไปยังชั้นไฮบริดและเนื้อฟันข้างใต้ ระดับฟลูออไรด์ในชั้นไฮบริดที่วัดได้อยู่ระหว่าง 2500 ถึง 5600 ppm สิ่งที่น่าสนใจในการศึกษานี้คือไม่พบฟลูออไรด์ในชั้นไฮบริดหรือเนื้อฟันใต้สารยึดติดในบริเวณที่ไม่เกิดการรั่วซึม ชี้ให้เห็นว่าน้ำมีความจำเป็นในกระบวนการละลายและแพร่ผ่านของฟลูออไรด์ไอออนเข้าสู่เนื้อฟัน ถึงแม้จะยังไม่ทราบว่าฟลูออไรด์ปริมาณน้อยซึ่งพบในบริเวณที่เกิดการรั่วซึมนี้จะมีประโยชน์อย่างไร แต่การศึกษานี้แนะนำว่าควรทาสารยึดติดสองชั้นเพื่อให้มีความหนาเพียงพอและทั่วบริเวณเนื้อฟันที่ทำการบูรณะ เมื่อเกิดการรั่วซึมตามขอบ สารยึดติดที่มีฟลูออไรด์จะสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมายังบริเวณนี้และอาจช่วยเพิ่มระดับการป้องกันการเกิดการละลายของแร่ธาตุและการผุซ้ำได้[8]

การศึกษาของ Han และคณะในปี 2002 พบว่าชั้นเนื้อฟันที่สัมผัสกับสารยึดติดมีความหนาแน่นของฟลูออไรด์ไอออนมากกว่าชั้นเคลือบฟัน และฟลูออไรด์ไอออนจากวัสดุที่มีโซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์ถูกดูดซึมกลับสู่ฟัน (uptake) ได้มากกว่าวัสดุที่มีกลาสไอโอโนเมอร์เจลฟิลเลอร์[12] นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความแตกต่างของลักษณะของสารอัดแทรกด้วย เช่น เพนตาเมธาคริยลอคซีเอทธิลไซโคฟอสฟาซีนโมโนฟลูออไรด์ (Penta Methacryloxyethyl cycophosphazene Mono Fluoride; PEM-F fillers) ใน Absolute อาจจะถูกดึงเข้าสู่เนื้อฟันได้ยากกว่าเซอร์เฟสพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์[16]

สาเหตุที่ความหนาแน่นของฟลูออไรด์ในชั้นเนื้อฟันมากกว่าชั้นเคลือบฟันเนื่องจากชั้นเนื้อฟันมีโครงสร้างของหลอดฝอย (dentinal tubule) ขนาดและความหนาแน่นของเดนทินอะพาไทต์คริสตัล (dentin apatite crystals) น้อยกว่าชั้นเคลือบฟันและมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากกว่า ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้เอื้อต่อการดึงฟลูออไรด์เข้าสู่ชั้นเนื้อฟันได้มากกว่าชั้นเคลือบฟัน[12,16]

คุณสมบัติการต้านทานการเกิดฟันผุ

ความล้มเหลวของการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตเมื่อเวลาผ่านไปมักเกิดจากการเกิดรอยซึมเล็กและขาดความแนบตามขอบวัสดุบูรณะ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดรอยผุซ้ำ ดังนั้นจึงมีการใช้วัสดุที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเกิดรอยผุซ้ำ[7,18] หลายการศึกษาพบว่าผนังโพรงฟันที่มีการสัมผัสโดยตรงกับสารยึดติดหรือสารไพรเมอร์ (primer, rewetting agent) ที่มีฟลูออไรด์ จะพบบริเวณที่มีความ

ต้านทานต่อความเป็นกรด (acid resistance zone) หรือบริเวณที่เกิดการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ (inhibition zone) อยู่ติดกับชั้นไฮบริดซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเกิดรอยผุซ้ำ[13,14,16,19,20] โดย Tsuchiya และคณะกล่าวว่าทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกันเนื่องจากบริเวณที่เกิดการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุจะเกิดขึ้นจากการปลดปล่อยฟลูออไรด์ แต่บริเวณที่มีความต้านทานต่อความเป็นกรดพบทั้งในสารยึดติดทั้งที่มีและไม่มีฟลูออไรด์[21]

การศึกษาของ Itota และคณะพบว่าฟลูออไรด์ไอออนที่ปล่อยออกมาจากสารยึดติดสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน เกิดการคืนแร่ธาตุเข้าสู่ชั้นเนื้อฟันใต้ต่อวัสดุบูรณะและช่วยให้การบูรณะมีความคงทนนานขึ้น[17] นอกจากนี้ในการศึกษาของ Hashimoto และคณะพบว่า Optibond Solo และ Reactmer Bond สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างผลึก (crystal growth) ภายในช่องว่างขนาดเล็กระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารยึดติดที่ปล่อยฟลูออไรด์มีความสามารถในการซ่อมแซมตนเอง (self-reparative) ในกรณีที่เกิดรอยซึมของการยึดติด (bond leakage)[22]

อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่พบว่าแม้สารยึดติดจะสามารถปล่อยฟลูออไรด์และมีการสร้างบริเวณที่ยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ (inhibition zone) ขึ้น แต่ก็ไม่สามารถยับยั้งการเกิดฟันผุซ้ำได้ดีเท่ากลาสไอโอโนเมอร์[15] แต่เนื่องจากสารยึดติดที่ใช้มีปริมาณน้อยกว่ากลาสไอโอโนเมอร์มาก ทำให้ปริมาณของฟลูออไรด์และผลจากวัสดุทั้งสองชนิดน่าจะมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Pereira และคณะที่สรุปว่าสารที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้นั้นไม่สามารถสร้างบริเวณที่ยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผนังโพรงฟันบริเวณที่มีการสัมผัสกับวัสดุได้[23] แต่การศึกษานี้ใช้ Clearfil Liner Bond II ซึ่งไม่มีฟลูออไรด์ทาที่ผนังโพรงฟันก่อนทาทับด้วย Protect Liner F ซึ่งไม่ได้เป็นการใช้สารยึดติดที่มีฟลูออไรด์โดยตรงเหมือนการศึกษาอื่น ในขณะที่มีการศึกษาพบว่าการใช้สารรีเวท (rewetting agent) ที่มีฟลูออไรด์ทาที่ผนังโพรงฟันก่อนใช้สารยึดติดจะช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุในกรณีที่เกิดรอยซึมเล็ก นอกจากนี้แล้วการใช้วัสดุอื่นทาบนผิวฟันก่อนบูรณะด้วยวัสดุที่ปล่อยฟลูออไรด์นั้นจะขัดขวางการสัมผัสโดยตรงระหว่างฟลูออไรด์และเนื้อฟันและส่งผลกระทบต่อการสร้างบริเวณที่ยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ[19,20]

ผลของหลายการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการสัมผัสโดยตรงของฟลูออไรด์ไอออนในสารยึดติดกับผนังโพรงฟันและขอบโดยรอบสามารถยับยั้งการเกิดการผุซ้ำได้ ฟลูออไรด์จากวัสดุจะช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและเพิ่มการสะสมแร่ธาตุคืนสู่เนื้อฟันตามบริเวณขอบของวัสดุบูรณะ[19,20]

ความคงทนของการบูรณะและความแข็งแรงของพันธะ

อายุการใช้งานของวัสดุบูรณะที่ยึดกับเนื้อฟันขึ้นอยู่กับคุณภาพและความคงทนของการยึดระหว่างสารยึดติดและโครงสร้างฟัน การผุซ้ำที่พบได้บ่อยในการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตเนื่องจากสารยึดติดรุ่นเก่ายังมีประสิทธิภาพต่ำ และอีกส่วนหนึ่งคือขอบโพรงฟันอยู่ในชั้นเนื้อฟัน แม้ว่าได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติของสารยึดติดให้มีความแนบตามขอบ (marginal adap-tation) และความแข็งแรงของพันธะเพิ่มขึ้นให้ดีกว่าสารยึดติดรุ่นแรก แต่พบว่ายังไม่สามารถปิดรอยรั่วตามขอบที่สมบูรณ์ได้[2]

Nakajima และคณะพบว่าความแข็งแรงของพันธะของสารยึดติดที่ไม่มีฟลูออไรด์ลดลงเมื่อนำไปแช่น้ำเป็นเวลาหกเดือนโดยเกิดการสูญเสียแร่ธาตุอย่างช้าๆ ของเนื้อฟันใต้ชั้นไฮบริด แต่สารยึดติดที่มีฟลูออไรด์มีค่าความแข็งแรงของพันธะคงที่ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาอย่างช้าๆ จากสารยึดติดจะเพิ่มความเข้มข้นของฟลูออโรอะพาไทต์ในเนื้อฟันใต้ชั้นไฮบริดซึ่งจะป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและเพิ่มความคงทนของแรงยึดกับเนื้อฟันในระยะยาว[24] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shinohara และคณะซึ่งพบว่าฟลูออไรด์ในสารยึดติดจะช่วยป้องกันการเกิดการผุซ้ำอย่างมีนัยสำคัญและไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของพันธะ[13] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่าสารยึดติดที่มีฟลูออไรด์ชนิดพรีรีแอคเต็ดกลาสไอโอโนเมอร์ฟิลเลอร์ เช่น Imperva Fluoro Bond มีค่าแรงยึดติดที่ดีและมีค่าความเค้นเฉือน (shear bond strength) สูงกว่าโซเดียมฟลูออไรด์ฟิลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ[11]

Doi และคณะศึกษาการยึดติดของสารยึดติดที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์กับรอยผุรากฟันพบว่าค่าความแข็งแรงของการยึดติดกับรอยผุบริเวณรากฟันจะต่ำกว่าการยึดติดกับเนื้อฟันปกติเนื่องจากโครงสร้างของชั้นไฮบริดที่บริเวณรากฟันที่มีการผุจะมีรูพรุนมากกว่า นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียแทรกเข้าไปในเนื้อฟันใต้สารยึดติด แต่คุณสมบัติการต่อต้านแบคทีเรียและการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุน่าจะช่วยป้องกันการลุกลามของโรคฟันผุและป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำได้[25]

แต่การศึกษาของ Peris และคณะในปี 2007 พบว่าค่าความทนแรงดึงของสารยึดติดทั้งที่มีฟลูออไรด์และไม่มีฟลูออไรด์หลังจากเหนี่ยวนำให้เกิดการผุซ้ำไม่มีความแตกต่างกัน โดยคาดว่าเป็นผลจากการสูญเสียแร่ธาตุรอบวัสดุบูรณะซึ่งจะลดความแข็งแรงของเนื้อฟันและอาจจะรวมถึงบริเวณที่สารยึดติดสัมผัสกับเนื้อฟันด้วย ทำให้การยึดระหว่างเนื้อฟันกับสารยึดติดอ่อนแอลงและสารยึดติดที่ปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่สามารถลดความลึกของรอยผุซ้ำ แต่พบการสร้างบริเวณที่ยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุหรือบริเวณที่ต้านทานกรดอยู่ติดกับชั้นของสารยึดติดทั้งที่มีฟลูออไรด์และไม่มีฟลูออไรด์ ซึ่งผู้ที่ทำการศึกษาสรุปว่าฟลูออไรด์ในสารยึดติดไม่สามารถยับยั้งการเกิดการผุซ้ำหรือคงความแข็งแรงของพันธะหลังจากการเกิดฟันผุได้[26]

สรุป

จากผลจากการศึกษาต่างๆ พบว่าสารยึดติดที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบสามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาอย่างต่อเนื่องและสัมผัสโดยตรงกับผนังโพรงฟันจึงสามารถแพร่เข้าไปในเนื้อฟันส่วนที่มีการละลายของแร่ธาตุและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อฟันได้ ซึ่งคุณสมบัตินี้ส่งผลดีต่อการยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับวัสดุบูรณะและส่งเสริมให้เกิดความทนทานของการบูรณะในระยะยาว ดังนั้นการเลือกใช้สารยึดติดที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการบูรณะฟันและลดอัตราการรื้ออุดใหม่เนื่องจากการเกิดฟันผุซ้ำ อย่างไรก็ตามการพัฒนาสารยึดติดที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ยังถือว่าอยู่ในระยะเริ่มต้นและขาดผลการศึกษาทางคลินิกซึ่งต้องติดตามผลการศึกษาในระยะยาวและในวงกว้างต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 2004;29(5): 481-508.
2. Hickel R, Manhart J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons ofor failure. *J Adhes Dent* 2001;3:45-64.
3. Mjör IA, Toffenetti F. Secondary caries: A literature review with case report. *Quintessence Int* 2000;31:165-179.
4. Wilson NH, Burke FT, Mjör IA. Reasons for placement and replacement of restorations of direct restorative materials by a selected group of practitioners in the United Kingdom. *Quintessence Int* 1997;28(4):245-248.
5. Burke FJT, Wilson NHF, Cheung SW, Mj?r IA. Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. *J Dent* 2001;29: 317-324.
6. Fontana M, Gonzales-Cabezas C. Secondary caries and restoration replacement: An unresolved problem. *Compendium* 2000;21 (1):15-26.
7. Hicks J, Garcia-Godoy F, Donly K, Flaitz C. Fluoride-releasing restorative materials and secondary caries. *Dent Clin North Am* 2002; 46:247-276.
8. Ferracane JL, Mitchem JC, Adey JD. Fluoride penetration into the hybrid layer from a dentin adhesive. *Am J Dent* 1998;11:23-28.
9. Kameyama A, Tsumori M, Ushiki T, et al. Fluoride release from newly developed dental adhesives. *Bull. Tokyo Dent Coll* 2002;43(3): 193-197.
10. Tay FR, Sano H, Tagami J, et al. Ultra-structural study of a glass inonmer-based, all-

in-one adhesive. *J Dent* 2001;29:489-498.
11. Ikemura K, Tay FR, Kouro Y, et al. Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dent Mater* 2003;19:137-146.
12. Han L, Edward C, Okamoto A, Iwaku M. A comparative study of fluoride-releasing adhesive resin materials. *Dent Mater J* 2002; 21(1):9-19.
13. Shinohara MS, Yamauti M, Inoue G, et al. Evaluation of antibacterial and fluoride-releasing adhesive system on dentine-microtensile bond strength and acid-base challange. *Dent Mater J* 2006;25(3):545-552.
14. Mukai Y, Tomiyama K, Shiiya T, Kamijo K, Fujino F. Formation of inhibition layers with a newly developed fluoride-releasing all-in-one adhesive. *Dent Mater J* 2005;24(2):172-177.
15. Hara AT, Queiroz CS, Freitas PM, Giannini M, Serra MC, Cury JA. Fluoride release and secondary caries inhibition by adhesive systems on root dentine. *Eur J Oral Sci* 2005; 113:245-250.
16. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of a new fluoride-releasing one-step adhesive. *Dent Mater J* 2006;25(3):509-515.
17. Itota T, Torii Y, Nakabo S, Tashiro Y, Konishi N, Nagamine M. Effect of fluoride-releasing adhesive system on decalcified dentin. *J Oral Rehabil* 2003;30:178-183.
18. Manhart J, Garcia-Godoy F, Hickel R. Direct posterior restorations: clinical results and new developments. *Dent Clin North Am* 2002; 46:303-339.
19. Segura A, Donly KJ, Quackenbush B. In vitro dentin demineralization inhibition effects of an experimental fluoridated HEMA and water wetting agent. *J Oral Rehabil* 2000;27:532-537.
20. Itthagarun A, King NM, Wefel JS, Tay FR, Pashley DH. The effect of fluoridated and non-fluoridated rewetting agents on in vitro recurrent ca ries. *J Dent* 2001;29:255-273.
21. Tsuchiya S, Nikaido T, Sonoda H, Foxton RM, Tagami J. Ultrastructure of the dentin-adhesive interface after acid-base challange. *J Adhes Dent* 2004;6:183-190.
22. Hashimoto M, Nakamura K, Kaga M, Yawaka Y. Crystal growth by fluoridated adhesive resins. *Dental Mater* 2008;24:457-463.
23. Pereira PNR, Inokoshi S, Tagami J. In vitro secondary caries inhibition around fluoride releasing materials. *J Dent* 1998;26:505-510.
24. Nakajima M, Okuda M, Ogata M, Pereira P, Tagami J, Pashley D. The durability of a fluoride-releasing resin adhesive system to dentin. *Oper Dent* 2003;28(2):186-192.
25. Doi J, Itota T, Yoshiyama M, Tay FR, Pashley DH. Bonding to root caries by a self-etching adhesive system containing MDPB. *Am J Dent* 2004;17(2):89-93.
26. Peris AR, Mitsui FHO, Lobo MM, Bedran-russo AKB, Marchi GM. Adhesive systems and secondary caries formation: Assessment of dentin bond strength, caries lesions depth and fluoride release. *Dent Mater* 2007;23:308-316.

ขอสำเนาบทความ:

สิริวัธน์ วัฒนพาณิชย์ ภาควิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง เชียงใหม่ 50202

Reprint Request:

Siriwat Wattanapanich, Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50202, Thailand