บทความปริทัศน์
Review Article

การบูรณะรอยโรคบริเวณคอฟันชนิดเนื้อฟันสเคลอโรติก
Restoring the Sclerotic Dentin Cervical Lesion

ทัดจันทร์ ครองบารมี[1], ยุทธนา คูวุฒยากร[1]
[1]ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
Tadchan Krongbaramee[1], Yuttana Khuwuttayakorn[1]
[1]Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai

ชม.ทันตสาร 2552; 30(2) : 21-32
CM Dent J 2009; 30(2) : 21-32

บทคัดย่อ

การยึดติดที่ดีระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันเป็นสิ่งสำคัญในการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต ปัญหาที่พบมักเกิดขึ้นเมื่อต้องบูรณะรอยโรคชนิดที่เป็นเนื้อฟันสเคลอโรติก มีหลายการศึกษาที่แสดงประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกด้อยกว่าเนื้อฟันปกติ เนื่องจากโครงสร้างของรอยโรคเนื้อฟันสเคลอโรติกมีความซับซ้อนมากกว่าเนื้อฟันปกติ มักมีการสะสมแร่ธาตุในชั้นผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกค่อนข้างสูงซึ่งมีความต้านทานต่อการถูกกรดกัด มีการอุดตันของท่อเนื้อฟันแบบบางส่วนหรืออุดตันทั้งหมดร่วมกับมีการฝังตัวของกลุ่มแบคทีเรียอยู่ในชั้นดังกล่าว สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการยึดติดของวัสดุบูรณะที่ใช้ระบบสารยึดติดแอดฮีซีฟทั้งสิ้น บทความนี้กล่าวถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเมื่อต้องบูรณะรอยโรคชนิดที่เป็นเนื้อฟันสเคลอโรติก ข้อแนะนำและข้อควรหลีกเลี่ยงเพื่อเป็นแนวทางการบูรณะรอยโรคบริเวณคอฟันชนิดเนื้อฟันสเคลอโรติก

คำไขรหัส: เนื้อฟันสเคลอโรติก รอยโรคบริเวณคอฟัน

Abstract

Several reports have indicated that resin bond strengths to non-carious sclerotic cervical dentine are lower than those to normal dentine. Sclerotic dentine is a clinically relevant bonding substrate in which the dentine has been physiologically and pathologically altered. Hypermineralized layer on sclerotic dentin surface is resisted to acid-etching. Partial or complete obliteration of the dentinal tubules and embedded bacteria in partially mineralized matrix have effect on adhesion of resin adhesive on dentin surface. The purpose of this review was to clarify the problems encounter with these lesions, recommendation and to restore class V sclerotic lesions.

Keywords: sclerotic dentine, non-carious cervical lesion

บทนำ

ลักษณะรอยโรคบริเวณคอฟันที่เกี่ยวข้องกับงานทางทันตกรรมหัตถการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือการผุบริเวณคอฟัน ซึ่งมีขบวนการการเกิดการผุเช่นเดียวกับการผุบริเวณอื่นของฟัน และการสึกบริเวณคอฟัน เกิดจากการสูญเสียส่วนของฟันบริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน โดยไม่มีการผุมาเกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแบ่งเป็นหลายประเภทตามสาเหตุของการเกิดรอยโรค ส่งผลให้เนื้อฟันมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากลักษณะของเนื้อฟันปกติ เช่น การสูญเสียแร่ธาตุจากการเกิดโรคฟันผุ หรือการสะสมแร่ธาตุในเนื้อฟันสเคลอโรติค[1-2] บริเวณเนื้อฟันที่ไม่ปกติเหล่านี้มีผลต่อการปรับสภาพของสารยึดติดอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพไปจากเดิม ซึ่งสภาวะเหล่านี้จัดเป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพและการทำหน้าที่ของสารยึดติด[3-4]

ในบทความนี้จะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างของเนื้อฟันสเคลอโรติก ลักษณะการยึดติดเมื่อบูรณะโดยใช้ระบบสารยึดติดที่เกิดกับเนื้อฟันสเคลอโรติก โดยเป็นการรวบรวมการศึกษาที่เกี่ยวข้องว่าเหตุใดการยึดติดของเรซินกับเนื้อฟันสเคลอโรติกจึงไม่ดีเท่าการยึดติดของเรซินกับเนื้อฟันปกติ และมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างเนื้อฟันปกติกับเนื้อฟันสเคลอโรติก ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมากของรูปแบบในการยึดติด ตลอดจนมีความแตกต่างระหว่างการใช้สารยึดติดที่แตกต่างกัน 2 ระบบคือระบบโททอลเอทช์ (Total-etch bonding system) และระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etching bonding system) เมื่อใช้ร่วมกับเนื้อฟันสเคลอโรติก และข้อแนะนำในการจัดการกับรอยโรคเนื้อฟันสเคลอโรติก

ปัญหาในการยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมาจากการที่เนื้อฟันมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางพยาธิสภาพ ซึ่งบางส่วนเป็นกลไกการป้องกันตัวเองของร่างกายร่วมกับการรวมตัวของเชื้อในช่องปาก มีการอุดตันของท่อเนื้อฟันแบบบางส่วนหรืออุดตันทั้งหมด มักพบสิ่งอุดตันในท่อเนื้อฟันเป็นผลึกแร่ธาตุที่มีรูปร่างเป็นแท่งเรียกว่าสเคลอโรติกแคสต์ (Sclerotic cast)[3,5-9] การอุดตันจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของรอยโรคและตำแหน่งของท่อเนื้อฟัน นอกจากนั้นท่อเนื้อฟันที่มีการอุดตันมักเป็นรอยโรคที่ผู้ป่วยไม่มีอาการเสียวจากรอยโรคดังกล่าว[3,8,10-11]

จากการศึกษาทั้งในมนุษย์ สัตว์ทดลองและในห้องปฏิบัติการ ในตำแหน่งเนื้อฟันสเคลอโรติกที่ทำการยึดติดกับสารยึดติด มักพบว่ามีการสร้างชั้นไฮบริดที่ไม่สมบูรณ์หรือมีชั้นไฮบริดที่ขาดหายไปเป็นช่วงๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการยึดติดกับกับเนื้อฟันสเคลอโรติกไม่ดีเท่าเนื้อฟันปกติ[1-2,12-14] การศึกษาเมื่อไม่นานมานี้แสดงให้เห็นว่ายังคงมีลักษณะของสเคลอโรติกแคสต์อุดตันภายในท่อเนื้อฟันหลังจากการใช้กรดกัดเนื้อฟันสเคลอโรติกแล้วก็ตาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรดไม่สามารถละลายผลึกแร่ธาตุได้หมดและพบว่าชั้นเรซินแท็ก (resin tag) มีการสร้างน้อยมากหรือไม่สร้างเลย[3,8,14-17] ลักษณะดังกล่าวส่งผลให้ค่ากำลังแรงดึง (tensile bond strength) ที่ได้ต่ำกว่าเนื้อฟันปกติถึงร้อยละ 20-45[14-16] ทั้งนี้เกิดจากเหตุผล 2 ประการคือการมีสเคลอโรติกแคสต์ภายในท่อเนื้อฟันซึ่งขัดขวางการแทรกซึมของเรซิน และการมีแร่ธาตุมาสะสมมากในชั้นผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกซึ่งเรียกว่าชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ ซึ่งชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์จะมีความต้านทานต่อกรดจึงเป็นเหตุผลในการอธิบายถึงการยึดติดที่แย่ลงเนื่องจากมีการสร้างเรซินแท็กที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ได้การยึดเกาะเชิงกลที่ไม่ดีด้วย[16]

เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) ตรวจดูเนื้อฟันสเคลอโรติก หรือดูโครงสร้างของชั้นที่มีการสูญเสียแร่ธาตุระหว่างการใช้กรดกัด พบว่ากล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดไม่สามารถบอกรายละเอียดได้มากนัก[10,18] ข้อมูลที่ดีที่สุดคือการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องผ่าน (transmission electron microscope; TEM)[18-19] ซึ่งในบทความนี้ได้รวบรวมข้อมูลการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องผ่าน เพื่อประเมินโครงสร้างของเนื้อฟันสเคลอโรติก โดยมุ่งเน้นเกี่ยวกับการรวบรวมการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ว่าเพราะเหตุใดการยึดติดของเรซินกับเนื้อฟันสเคลอโรติกจึงไม่ดีเท่าเนื้อฟันปกติ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อฟันสเคลอโรติกระดับจุลภาค

การอุดตันท่อเนื้อฟัน (Tubular occlusion)

พบว่าส่วนของท่อเนื้อฟัน (dentinal tubules) จะถูกอุดตันด้วยผลึกแร่ธาตุที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู (rhombohedral whitlokite crystallites)[8,10] ซึ่งลักษณะการอุดตันมีหลากหลายรูปแบบแม้แต่ในรอยโรคเดียวกัน การอุดตันนั้นพบได้ทั้งการอุดตันแบบทั้งหมดและบางส่วน ในขณะที่บางตำแหน่งกลับไม่พบว่ามีการอุดตันหรือพบการอุดตันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากยังอาจพบการหนาตัวในส่วนเนื้อฟันรอบท่อ (peritubular dentine) จนมีการปิดท่อได้ (รูป1A) ผลึกที่พบในส่วนผิวหน้าของรอยโรคสเคลอโรติกจะมีขนาดเล็กลงและมีการรวมตัวจนมีลักษณะเป็นแท่งและอุดในท่อเนื้อฟันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเรียกว่าสเคลอโรติกแคสต์ (รูป1B) ผลึกแร่ธาตุดังกล่าวประกอบด้วยแคลเซียมและฟอสเฟต นอกจากนั้นยังพบว่ามีแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบด้วย[19]

การเพิ่มปริมาณแร่ธาตุสะสมในชั้นผิวสเคลอโรติกที่มีลักษณะมันวาว (Hypermineralized surface layer in shiny sclerotic lesion)

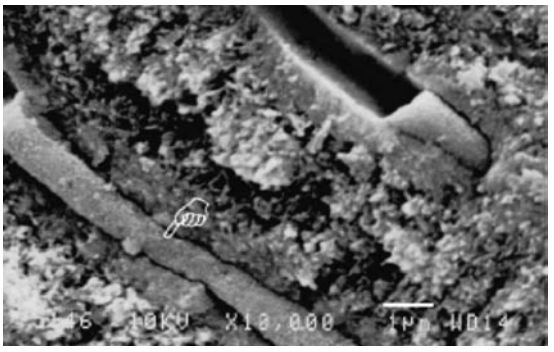
นอกเหนือจากการอุดตันของท่อเนื้อฟันแล้วยังพบว่ามีการเพิ่มปริมาณแร่ธาตุสะสมอยู่ในชั้นผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกที่เรียกว่าชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ (hypermineralized) ผลึกแร่ธาตุที่มีอยู่ในชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์จะมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับผลึกที่สะสมอยู่ในส่วนของท่อเนื้อฟันโดยลักษณะของผลึกจะมีการเรียงตัวกระจัดกระจายทั่วไป แร่ธาตุดังกล่าวประกอบด้วยแคลเซียมและฟอสเฟต อัตราส่วนของแคลเซียมและฟอสเฟตจะมีค่าใกล้เคียงปกติคือ 1.67 เพียงแต่มีขนาดใหญ่กว่า นอกจากนั้นผลึกที่เกิดจากการสะสมแร่ธาตุปริมาณมากในชั้นผิวในรอยโรคชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าผลึกที่เกิดจากการดึงแร่ธาตุกลับคืนในรอยโรคฟันผุ[20-21]

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน พบว่ามีกลุ่มหรือโคโลนีส์ของแบคทีเรียฝังตัวอยู่ในชั้นนี้ด้วย โดยมีแร่ธาตุสะสมทับซ้อนโดยเฉพาะในจุดลึกสุดของรอยโรครูปลิ่มบริเวณคอฟัน ในรูปที่ 2 แสดงชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ที่ประกอบไปด้วยชั้นบางๆ หลาย

คัดลอกมาจาก Tay FR and Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: A review.[19]

รูปที่ 1A *รูปจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงสเกลอโรติกเนื้อฟันที่มีท่อเนื้อฟันถูกอุดตันด้วยผลึกแร่ธาตุแบบรอมโบฮีดรัลไวทโลไคลท (ลูกศรชี้) และพบการหนาตัวในส่วนเนื้อฟันรอบท่อจน มีการปิดเนื้อฟังลง*

Figure 1A *SEM micrograph of the body of a sclerotic lesion showing a dentinal tubule that was heavity occulded with whitlockite crystallites (pointer). The adjacent tubules were almost completety obliterated with peritublar dentine.*



คัดลอกมาจาก Tay FR and Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: A review.[19]

รูปที่ 1B *รูปจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงลักษณ์สเคลอโรติกแคสต์ (ลูกศรชี้) ที่อุดตันในท่อเนื้อฟันอย่างสมบูรณ์*

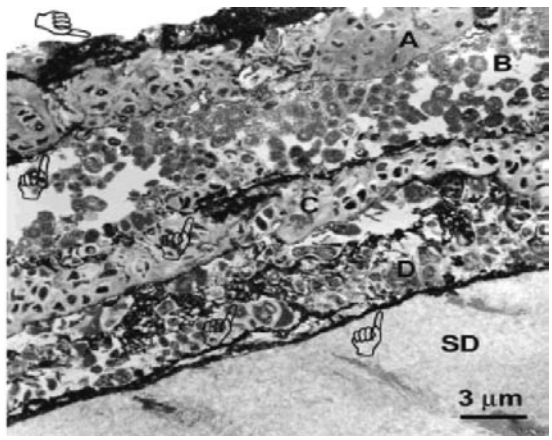
Figure 1B *SEM micrograph of sclerotic casts that blocked the dentinal tubular orifices (pointer) along the surface of a shiny sclerotic lesion.*

ชั้นที่ไม่ต่อเนื่องกันและประกบทับแบคทีเรียหลายชนิดในแต่ละชั้น โดยกลุ่มของแบคทีเรียที่พบมีหลายชนิด แต่ละกลุ่มจะมีแร่ธาตุสะสมทับซ้อนไปเรื่อยๆ การพบกลุ่มของแบคทีเรียบนชั้นเนื้อฟันสเคลอโรติกนั้น Spranger[22] ได้รายงานว่าเชื้อแบคทีเรียนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับกระบวนการเมตาบอลิซึมของเชื้อ ซึ่งส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-เบสตามผิวฟันมีการเปลี่ยนแปลง[23] ผลิตผลจากเชื้อแบคทีเรียอาจจะกระตุ้นให้มีการอักเสบของเหงือกและทำให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำเหลืองปริทันต์ (gingival fluid) ซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารของเชื้อโรคต่างๆ ถ้ามีแหล่งอาหารดีแบคทีเรียจะสามารถย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตได้อย่างเหมาะสมและปล่อยสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้นและนำไปสู่การละลายแร่ธาตุของเนื้อฟัน แต่ถ้าเมื่อแหล่งของคาร์โบไฮเดรทหมด ค่าความเป็นกรด-เบสก็จะสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการดูดซึมแร่ธาตุกลับ จึงทำให้มีแร่ธาตุสะสมทับซ้อนประกบทับแบคทีเรียไว้ภายใน นอกจากนั้นยังพบว่าแบคทีเรียสามารถมีชีวิตได้เป็นเวลานานแม้อยู่ในภาวะการขาดคาร์โบไฮเดรท[19]

ในรอยโรครูปลิ่มนั้น แต่ละตำแหน่งของรอยโรคมีชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ที่มีความหนาแตกต่างกันไป โดยผิวฟันด้านบดเคี้ยวของรอยโรครูปลิ่มจะมีแบคทีเรียฝังตัวอยู่น้อยและมีความหนาของชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์บางกว่าส่วนกลางรอยโรค เช่นเดียวกันกับผิวฟันบริเวณด้านเหงือกซึ่งจะถูกขนแปรงขัดสีค่อนข้างมากและมักไม่พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียสะสมอยู่ ในขณะที่ส่วนกลางของรอยโรคซึ่งมีความลึกกว่าจะมีชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ที่มีความหนาค่อนข้างมากร่วมกับมีกลุ่มหรือโคโลนีส์ของแบคทีเรียฝังตัวอยู่ในชั้นนี้ด้วย

สภาพของเส้นใยคอลลาเจนในชั้นเนื้อฟันสเคลอโรติก (Status of collagen fibrils)

การย้อมสีพิเศษสำหรับตรวจดูคอลลาเจน พบว่าส่วนที่ช่วยพยุงแมทริกซ์ของผลึกในชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์นั้น ประกอบไปด้วยคอลลาเจนที่เสื่อมสภาพนอนเรียงกันอยู่ สาเหตุอาจเกิดจากกรดและเอมไซม์ที่เป็นผลผลิตจากกลุ่มของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณผิวของรอยโรครูปลิ่ม ส่งผลให้มีการละลายแร่ธาตุและมีการเสื่อมสภาพของเส้นใยคอลลาเจน การซึมผ่านของเอนไซม์ลงสู่ชั้นข้างใต้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากคอลลาเจนที่เสื่อมสภาพกลายเป็นเส้นใยขนาดเล็ก (microfibril) เนื่องจากการสูญเสียฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein)[24]



คัดลอกมาจาก Tay FR and Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: A review.[19]

รูปที่ 2 *รูปจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านแสดงชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ (ลูกศรชี้) ที่เป็นชิ้นบางๆ ซ้อนทับด้วยโคโลนีของแบคทีเรียที่แตกต่างกันหลายชนิดไว้ภายใน (A, B, C และ D แสดงโคโลนีส์ของแบคทีเรียที่แตกต่างกัน) และ SD แสดงเนื้อฟันสเกลอโรติก*

Figure 2 *TEM micrograph showing hyper-mineralised layers (pointers) that were sandwiched among different colonies of bacteria (A, B, and d) and SD: sclerotic denitne*

สรุปภาพรวมการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับไมโครของรอยโรคเนื้อฟันสเคลอโรติกบริเวณคอฟัน (Summary of the microstructural changes in noncarious sclerotic cervical dentine)

เนื้อฟันสเคลอโรติกเป็นพื้นผิวที่มีการยึดติดกับสารยึดติดที่ผิดไปจากปกติ อันเนื่องมาจากการอุดตันของท่อเนื้อฟัน การสะสมแร่ธาตุอย่างมากจนมีลักษณะที่หนาตัวขึ้นของชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ และการที่มีแบคทีเรียฝังตัวอยู่จนถูกรวมเป็นพยาธิสภาพของชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ ซึ่งผลผลิตจากแบคทีเรียนอกจากละลายแร่ธาตุ

แล้ว ยังทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเส้นใยคอลลาเจนและมีสภาพที่ฟุบตัวลง อาจเป็นไปได้ที่ลักษณะของเส้นใยคอลลาเจนที่มีการเสื่อมสภาพไปเป็นสิ่งที่ทำให้ผลึกที่เกิดจากการสะสมแร่ธาตุในชั้นผิวในรอยโรคชนิดนี้มีขนาดใหญ่กว่าปกติและรูปแบบการเรียงตัวของผลึกขึ้นอยู่กับแรงเค้นที่มาจากการบดเคี้ยวแบบนอกศูนย์ที่เกิดขึ้นในตำแหน่งนั้น[25] ผิวฟันของรอยโรคด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือกจะมีความหนาของชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์น้อยกว่าส่วนกลางรอยโรคที่มีความลึก

การยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติก

เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟันในปัจจุบันอาศัยหลักการยึดติดในลักษณะที่สารยึดติดแทรกเข้าไปในผิวฟันแล้วเกิดเป็นการยึดติดเชิงกลขึ้น (Micromechanical retention) ซึ่งสามารถแบ่งตามกลไกการกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ออกเป็น 2 ระบบดังนี้

1. สารยึดติดระบบโททอลเอทช์ เป็นวิธีที่มีการกำจัดชั้นสเมียร์และสเมียร์พลัก (smear plug) ออกไปร่วมกับมีการละลายแร่ธาตุในส่วนบนของเนื้อฟันโดยการใช้กรดกัดและล้างออกแต่ยังคงเหลือโครงร่างเส้นใยคอลลาเจนไว้ เพื่อให้สารยึดติดส่วนที่เป็นโมโนเมอร์ไหลผ่านเข้าไปแทรกตามช่องในโครงร่างนั้น เมื่อผ่านการโพลีเมอร์ไรเซชั่นแล้วจะเกิดการยึดกันของโครงร่างคอลลาเจนกับโพลีเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบของสารยึดติด เรียกการยึดกันของโครงร่างดังกล่าวว่าชั้นไฮบริด (hybrid layer) อย่างไรก็ตามการที่เรซินจะแทรกซึมสู่เส้นใยคอลลาเจนในเนื้อฟันได้ดีนั้น เนื้อฟันนั้นควรจะมีความชุ่มชื้นพอเพียงที่จะไม่ทำให้เส้นใยคอลลาเจนยุบตัว ค่าความแข็งแรงยึดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันมีค่ามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการแทรกซึมเข้าสู่เนื้อฟันรอบท่อ (peritubular dentin) และเนื้อฟันระหว่างท่อ (intertubular dentin) ที่มีการละลายแร่ธาตุไปจากการถูกกรดกัด[26-30]

2. สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ ซึ่งเป็นวิธีที่มีการจัดการปรับเปลี่ยนสภาพของชั้นสเมียร์ให้เหมาะสมเพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟัน ไม่ได้กำจัดออกทั้งหมดเหมือนวิธีแรก ดังนั้นจะยังคงพบส่วนของชั้นสเมียร์และสเมียร์พลักบางส่วนหลงเหลืออยู่ เมื่อทาสารยึดติดจะเกิดชั้นไฮบริดที่มีการการฝังตัวของเรซินเข้าไปในเนื้อฟันที่ดิมินเนอรัลไลซ์รวมทั้งในส่วนของชั้นสเมียร์และสเมียร์พลักด้วย

ปัญหาในการยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติก

รูปแบบการยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีความแตกต่างจากการยึดติดกับเนื้อฟันปกติ[14,15,31] โดยพบว่าแรงยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าต่ำกว่าแรงยึดติดกับเนื้อฟันปกติ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากปัจจัยร่วมระหว่างการที่มีผลึกของสเคลอโรติกแคสต์อยู่ในท่อเนื้อฟัน และชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ที่มีการเพิ่มปริมาณแร่ธาตุสะสมอยู่ในชั้นผิว ซึ่งทำให้เกิดลักษณะของการต่อต้านหรือทนทานต่อการถูกกรดกัด นอกจากนั้นยังพบการฝังตัวของแบคทีเรียบริเวณผิวของชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ได้อีกด้วย

จากปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวเสมือนกับเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของสารไพรเมอร์และเรซินเข้าสู่เนื้อฟันซึ่งส่งผลให้เกิดชั้นไฮบริดที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการใช้ระบบยึดติดแบบเซลฟ์เอทช์ซึ่งมีมอนอเมอร์ที่มีค่าความเป็นกรดที่ค่อนข้างอ่อนอาจจะไม่สามารถปรับสภาพเนื้อฟันสเคลอโรติกให้เหมาะสมต่อการยึดติด และทำให้เกิดชั้นไฮบริดได้เหมือนกับเนื้อฟันปกติได้

การศึกษาของ Tay และ Pashley[19] แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างรูปแบบชั้นไฮบริดที่เกิดระหว่างเนื้อฟันปกติกับเนื้อฟันสเคลอโรติก โดยเปรียบเทียบระบบสารยึดติดบอนดิง 2 แบบคือระบบโททอลเอทช์และระบบเซลฟ์เอทช์ดังนี้

การยึดติดระหว่างสารยึดติดระบบโททอลเอทช์กับเนื้อฟันสเคลอโรติก

รูปแบบการยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีความแตกต่างจากการยึดติดกับเนื้อฟันปกติทั้งในส่วนของชั้นไฮบริดและลักษณะของเรซินแท็กที่เกิดขึ้น อุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางการแทรกซึมของสารยึดติดเข้าสู่เนื้อฟันสเคลอโรติกที่ไม่ถูกกรอเปิดผิวคือ ผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกที่มีปริมาณแร่ธาตุสะสมมากกว่าปกติ ร่วมกับการมี

ผลึกของสเคลอโรติกแคสต์อยู่ในท่อเนื้อฟัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้เนื้อฟันต่อต้านหรือทนทานต่อการถูกดิมินเนอรัลไลซ์โดยกรดที่ใช้กัด นอกจากนั้นบางครั้งยังพบว่ามีแบคทีเรียถูกกักติดอยู่ในผิวเนื้อฟันส่วนที่เกิดไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ และอาจเป็นตัวขัดขวางทำให้ชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นได้อย่างไม่สมบูรณ์[3,8]

เนื้อฟันสเคลอโรติกมักพบได้บ่อยในรอยโครูปลิ่มที่เกิดบริเวณคอฟัน และพบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของรอยโคร ในส่วนที่ลึกที่สุดของรอยโครูปลิ่มจะมีการฝังตัวของแบคทีเรียและมีชั้นของไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ที่หนากว่าขอบรอยโรคด้านเหงือกและด้านบดเคี้ยว[32] ดังนั้นการละลายแร่ธาตุจากเนื้อฟันด้วยกรดจึงเกิดขึ้นกับด้านเหงือกและด้านบดเคี้ยวได้ง่ายกว่า เนื่องจากกรดฟอสฟอริกสามารถกำจัดชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์บางๆ ออกได้เกือบหมด ทั้งนี้มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นกับตำแหน่งดังกล่าวมีความหนาใกล้เคียงกับชั้นไฮบริดที่เกิดกับเนื้อฟันปกติ โดยชั้นไฮบริดที่ได้มีความหนาประมาณ 5 ไมโครเมตร แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียที่ฝังอยู่บริเวณผิวของชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์กลับถูกกำจัดออกได้ยากแม้ว่าจะใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงในระบบโททอลเอทช์กัดแล้วล้างออกก็ตาม[19]

จากการศึกษาดังกล่าวแสดงว่าหากชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์เป็นเพียงชั้นบางๆ และมีแบคทีเรียฝังอยู่จะไม่เป็นอุปสรรคในการสร้างชั้นไฮบริด ซึ่งหมายความว่ากรดยังสามารถละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันสเคลอโรติกและมีการซึมผ่านของสารยึดติดลงสู่ชั้นเนื้อฟันสเคลอโรติกได้ เกิดเป็นชั้นไฮบริดที่รวมแบคทีเรียไว้ภายใน (hybridized intermicrobial matrix)

แต่ถ้าเนื้อฟันสเคลอโรติกมีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ค่อนข้างหนาปกคลุมอยู่ ชั้นไฮบริดที่ได้จะมีความหนาลดลงอย่างมากโดยมีความหนาประมาณ 2-3 ไมโครเมตรเท่านั้นและบางครั้งไม่สามารถสร้างชั้นไฮบริดได้เลย

อย่างไรก็ตามการที่ได้ชั้นไฮบริดที่บางไม่ได้หมายความว่าค่าความแข็งแรงยึด (bond strength) จะลดน้อยลงไปด้วย[14,16,31] เนื่องจากมีการศึกษามากมายที่แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งแรงยึดขึ้นอยู่กับคุณภาพมากกว่าความหนาของชั้นไฮบริดที่ได้ ดังนั้นสิ่งที่น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความแข็งแรงยึดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าต่ำกว่าค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันปกติคือการที่ชั้นไฮบริดที่สร้างขึ้นมีคุณภาพไม่ดี เช่นมีการขาดหายไปของชั้นไฮบริดในบางช่วงโดยเฉพาะในบริเวณที่มีชั้นแร่ธาตุสะสมอยู่ในผิวเนื้อฟันที่ค่อนข้างหนา

การยึดติดระหว่างสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์กับเนื้อฟันสเคลอโรติก

เนื้อฟันสเคลอโรติกในรอยโครบริเวณคอฟันที่มีลักษณะมันวาวจะไม่มีชั้นสเมียร์ปกคลุมอยู่นอกจากนั้นยังมีการสะสมของแร่ธาตุในชั้นผิวค่อนข้างสูงร่วมกับมีการฝังตัวของกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการยึดติดของสารยึดติดทั้งสิ้น เนื้อฟันสเคลอโรติกแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างของโครงสร้างและส่งผลให้มีรูปแบบการยึดติดที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถที่จะจำแนกออกเป็น 3 แบบตามความหนาและความต่อเนื่องของชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ในแต่ละตำแหน่งของรอยโครูปลิ่มดังนี้[19]

1. เนื้อฟันสเคลอโรติกที่มีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์บาง (มีความหนาน้อยกว่า 0.5 ไมโครเมตร)

มักพบเนื้อฟันสเคลอโรติกชนิดนี้บริเวณขอบรอยโครด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือก ภายหลังการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์แล้วจะได้ชั้นไฮบริดที่มีความหนาประมาณ 0.1-0.5 ไมโครเมตร ร่วมกับยังมีบางส่วนของผลึกสเคล-อโรติกแคสต์ที่ยังคงหลงเหลือในท่อเนื้อฟัน นอกจากนั้นอาจพบแบคทีเรียฝังอยู่ในชั้นไฮบริดได้

2. เนื้อฟันสเคลอโรติกที่มีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ที่หนาอย่างต่อเนื่อง (มีความหนามากกว่า 0.5 ไมโครเมตร)

มักพบเนื้อฟันสเคลอโรติกชนิดนี้บริเวณส่วนที่อยู่ตรงกลางของรอยโครูปลิ่มและอาจพบได้ทางด้านบดเคี้ยว และอย่างที่ทราบกันว่าความเป็นกรดของเซลฟ์-เอทช์ค่อนข้างอ่อนจึงมีข้อจำกัดในการกัดชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์เพื่อผ่านเข้าไปสู่การสร้างชั้นไฮบริดกับเนื้อฟันสเคลอโรติก ส่วนประกอบที่ซับซ้อนของชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นมีลักษณะดังนี้ เฉพาะบางส่วนของชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์เท่านั้นที่เกิดการละลายแร่ธาตุออก ยังคงมีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ส่วนใหญ่ที่ยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติก ท่อเนื้อฟันยังคงถูกอุดตันด้วยผลึกสเคลอ-

โรติกแคสต์

ความหนาของชั้นไฮบริดที่เกิดกับผิวนอกของชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์วัดได้เพียง 0.5 ไมโครเมตรเท่านั้น แต่กลับให้ค่าแรงยึดติดที่สูงพอสมควร[16] อย่างไรก็ตาม ค่าแรงยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกยังขึ้นอยู่กับแรงยึดเกาะระหว่างชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์กับเนื้อฟันสเคลอโรติกด้วย นอกจากนั้นบางครั้งยังมีกลุ่มแบคทีเรียฝังอยู่ที่ชั้นผิวนอกซึ่งทำให้ชั้นไฮบริดมีแบคทีเรียปะปนอยู่

มีเหตุผลเพียงพอที่จะสรุปว่าถ้าชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์มีความหนามากกว่า 0.5 ไมโครเมตร การใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ทำได้เพียงละลายแร่ธาตุแค่ผิวนอกของชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์เท่านั้น ไม่สามารถผ่านลงไปถึงชั้นเนื้อฟันสเคลอโรติกได้ ดังนั้นเมื่อมีการทดสอบแรงยึดเกาะระหว่างวัสดุบูรณะกับเนื้อฟันสเคลอโรติกกลุ่มนี้ ความล้มเหลวของการยึดติดเกิดจากรอยแยกระหว่างชั้นไฮบริดที่มีแบคทีเรียฝังอยู่หรือชั้นไฮบริดที่เกิดกับผิวนอกของชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์หรือระหว่างชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์กับเนื้อฟันสเคลอโรติก

3. เนื้อฟันสเคลอโรติกที่มีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ที่หนาแบบไม่ต่อเนื่อง (มีความหนามากกว่า 0.5 ไมโครเมตร)

เนื้อฟันสเคลอโรติกชนิดนี้พบได้บริเวณส่วนที่ลึกสุดของรอยโครูปลิ่ม มีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ที่ไม่ต่อเนื่องและแบคทีเรียกระจายอยู่ทั่วไปเป็นจุดๆ ดังนั้นชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นจึงเกิดได้กับเนื้อฟันสเคลอโรติกตำแหน่งที่ไม่มีชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ปกคลุมซึ่งมีความหนาประมาณ 10-15 ไมโครเมตร หรือเกิดชั้นไฮบริดบางๆ จากการยึดกับชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไลซ์ร่วมกับมีแบคทีเรียฝังอยู่ภายใน การทดสอบแรงยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับเนื้อฟันสเคลอโรติกกลุ่มนี้ รอยแยกมักจะเกิดในตำแหน่งที่ชั้นไฮบริดมีกลุ่มแบคทีเรียฝังอยู่

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางการบูรณะรอยโรคบริเวณคอฟันที่เป็นเนื้อฟันสเคลอโรติก

ปัจจัยที่ส่งผลให้ค่าแรงยึดระหว่างสารยึดติดกับรอยโรคสเคลอโรติกมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับการยึดติดกับเนื้อฟันปกติจึงมาจากหลากหลายปัจจัยร่วมกันซึ่งพอจะรวบรวมได้ดังนี้[16]

1. การที่ชั้นไฮบริดมีกลุ่มแบคทีเรียปะปนฝังอยู่โดยรวมเป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริด (hybridized inter-microbial matrix)

2. การที่เนื้อฟันสเคลอโรติกมีการอุดตันของท่อเนื้อฟัน และมีแร่ธาตุปริมาณมากในชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไรซ์เป็นสิ่งต้านทานต่อการละลายแร่ธาตุของมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดของสารยึดติดระบบหรือกรดฟอสฟอริก จึงขัดขวางการเกิดชั้นไฮบริดที่ดีโดยเฉพาะถ้าชั้นไฮเปอร์-มิเนอรัลไรซ์มีความหนามากกว่า 0.5 ไมโครเมตร

3. ภายใต้ชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไรซ์ของเนื้อฟันสเคลอโรติกมีเส้นใยคอลลาเจนที่เสื่อมสภาพ

มีการศึกษามากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับค่าแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (Microtensile bond strength) โดยมีทั้งเปรียบเทียบการยึดติดระหว่างเนื้อฟันปกติกับเนื้อฟันสเคลอโรติกและเปรียบเทียบค่าแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกในแต่ละตำแหน่งของรอยโรค โดยที่การศึกษาส่วนใหญ่จะได้ค่าแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อฟันปกติ เช่นการศึกษาหนึ่งของ Kwong และคณะ[16] พบว่าค่าแรงยึดเมื่อใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์กับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าต่ำกว่าค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันปกติถึงร้อยละ 26 แต่ถ้าใช้กรดฟอสฟอริกกัดก่อนจะได้ค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกที่สูงขึ้นเล็กน้อย แต่ยังมีค่าต่ำกว่าการยึดกับเนื้อฟันปกติถึงร้อยละ 24 ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Yoshiyama และคณะ[14] ที่แสดงว่าค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกต่ำกว่าเนื้อฟันปกติ แต่บางการศึกษาแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกของรอยโครูปลิ่มเมื่อใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทช์เปรียบเทียบกับเซลฟ์เอทช์ ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบการยึดติดบริเวณขอบเหงือกที่พบว่าแรงยึดของสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ให้ค่าที่สูงกว่า[16]

วิธีการใช้กรดเพื่อละลายแร่ธาตุซ้ำ (double etch) ด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกกัดก่อนแล้วตามด้วยเซลฟ์-เอทช์ไพรเมอร์ซ้ำ พบว่าให้ค่าความแข็งแรงยึดที่เพิ่มมากขึ้นกับผิวเคลือบฟันแต่กลับให้ค่าที่ลดลงกับเนื้อฟัน[33] สาเหตุที่ทำให้เกิดผลดังกล่าวอาจมาจากมอนอเมอร์ไม่

สามารถแทรกซึมลงไปถึงชั้นเนื้อฟันที่ถูกกรดกัดได้อย่างสมบูรณ์[34]

นอกจากนั้นการที่มีกลุ่มแบคทีเรียฝังอยู่ในชั้นไฮบริดที่เกิดกับชั้นไฮเปอร์มิเนอรัลไรซ์อาจจะไม่เป็นปัญหาใหญ่ในระยะแรก เนื่องจากกลุ่มแบคทีเรียเองคล้ายกับชั้นสเมียร์ของเนื้อฟันปกติที่ปล่อยให้กรดและไพร์เมอร์ซึมผ่านเข้าสู่เนื้อฟันที่เกิดละลายแร่ธาตุและเป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริดได้ แต่ยังคงต้องศึกษาถึงผลการยึดติดว่ากลุ่มของแบคทีเรียในชั้นไฮบริดจะส่งผลเสียในระยะยาวหรือไม่

ในการบูรณะรอยโรคบริเวณคอฟันที่ทันตแพทย์ส่วนใหญ่ต้องการได้คือการยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟันอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มอายุของวัสดุบูรณะให้ยาวนานขึ้น แต่ปัญหาที่พบมักเกิดขึ้นเมื่อต้องบูรณะรอยโรคที่เป็นเนื้อฟันสเคลอโรติก การกำจัดผิวฟันที่มีลักษณะไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ด้วยวิธีการกรอผิวหรือใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงกัดออกจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้เพื่อเพิ่มค่าแรงยึดติดเชิงกล (micromechanical retention) ต่อเนื้อฟันสเคลอโรติก อย่างไรก็ตามความหนาของชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์มีค่าแตกต่างกันแม้แต่ในรอยโรคเดียวกัน การตรวจรอยโรคในคลินิกเพียงอย่างเดียวจึงเป็นการยากที่จะบอกได้ว่าที่ตำแหน่งนั้นมีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์หนาเพียงใดและได้กรอชั้นดังกล่าวออกอย่างเพียงพอหรือไม่ และถึงแม้ว่าชั้นไฮบริดจะสามารถสร้างขึ้นได้ถ้าชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์มีความบาง แต่คุณภาพของชั้นไฮบริดที่ได้ไม่แน่นอนและบางครั้งไม่คงตัว ดังนั้นจึงมีข้อแนะนำให้ทันตแพทย์กรอกำจัดผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกก่อนการทาสารยึดติดทุกครั้ง[16,35] ถึงแม้ว่าข้อแนะนำดังกล่าวอาจจะไม่ได้ช่วยทำให้ค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าสูงขึ้น แต่ถือว่าเป็นการป้องกันความล้มเหลวจากการยึดติดที่อาจเกิดขึ้นได้ นอกจากนั้นการใช้ประโยชน์จากเคลือบฟันที่อยู่ถัดจากรอยโรคโดยการใช้กรดกัดและทาสารยึดติดกับผิวเคลือบฟันเป็นสิ่งจำเป็นในการบูรณะรอยโรคบริเวณคอฟันที่ช่วยให้ประสบความสำเร็จได้[36]

สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีค่าความเป็นกรดไม่สูงไม่สามารถปรับสภาพเนื้อฟันสเคลอโรติกที่ชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์มีความหนามากกว่า 0.5 ไมโครเมตรได้ ซึ่งบริเวณดังกล่าวมักจะอยู่ที่ตำแหน่งลึกสุดของรอยโรค แต่ในภาพรวมค่าแรงยึดติดเชิงกลของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ต่อเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าใกล้เคียงกับสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ ถึงแม้ว่าทั้งสองระบบจะให้ค่าความแข็งแรงยึดที่น้อยกว่าการยึดกับเนื้อฟันปกติก็ตาม แต่ค่าดังกล่าวสูงพอที่จะช่วยยึดให้วัสดุบูรณะติดอยู่ในโพรงฟันแบบ class V ที่มีแรงบดเคี้ยวค่อนข้างสูงได้ถ้ามีการเพิ่มการยึดติดกับเคลือบฟันที่อยู่รอบรอยโรคร่วมด้วย แต่อย่างไรก็ตามมีหลายการศึกษาทางคลินิกที่แสดงให้เห็นว่าในระยะยาวอัตราความล้มเหลวของการยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีมากกว่าเนื้อฟันปกติ[37-39] เช่นการศึกษาหนึ่งที่แสดงว่าค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกเมื่อใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทช์เริ่มมีค่าลดลงจาก ร้อยละ 100 ภายในเวลา 6 เดือน และลดเหลือร้อยละ 75 ภายในเวลา 3 ปี[40] Van Dijken[41] ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการยึดติดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกของสารยึดติด โดยติดตามผลการยึดติดเป็นระยะเวลา 3 ปี พบว่าสารยึดติดระบบโททอลเอทช์แบบสามขั้นตอนและกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้ค่าการยึดติดที่ดีเป็นที่ยอมรับได้ ในขณะที่พบความล้มเหลวสูงเมื่อใช้สารยึดติดเซลฟ์เอทช์ชนิดทาขั้นตอนเดียวหรือที่เรียกว่าสารบอนดิงออล-อิน-วัน นอกจากนั้นมีบางการศึกษาที่แสดงค่าแรงยึดที่น่าพอใจเมื่อใช้วัสดุประเภทกลาสไอโอโนเมอร์กับเนื้อฟันสเคลอโรติก[42-44] แต่วัสดุประเภทกลาสไอโอโนเมอร์ยังมีข้อด้อยในเรื่องความแข็งผิวและความคงทนของสี ซึ่งสามารถชดเชยด้วยการอุดแบบแซนด์วิชเทคนิค[45] โดยการใช้วัสดุบูรณะประเภทกลาสไอโอโนเมอร์รองพื้นไว้ด้านในโพรงฟันก่อนบูรณะปิดทับด้วยเรซินคอมโพสิต โดยอาศัยคุณสมบัติที่ดีของกลาสไอโอโนเมอร์ ที่สามารถยึดติดกับเนื้อฟันด้วยพันธะทางเคมีและพันธะทางกลระดับจุลภาคเพื่อปรับสภาพเนื้อฟันสเคลอโรติกให้เหมาะสมกับการต่อการยึดติดมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่านภาพที่แสดงรอยต่อระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์กับเนื้อฟันสเคลอโรติก เนื่องจากมีปัญหาเรื่องความแห้ง (dehy-dration) ของชิ้นตัวอย่างในระหว่างขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน[19] ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อจะได้เข้าใจได้ดีขึ้นในเรื่องการยึดติดทางเคมี

ร่วมกับการยึดติดเชิงกลระหว่างกลาสไอโอโนเมอร์กับเนื้อฟันสเคลอโรติกทั้งในระยะสั้นและยาวต่อไป

ในระยะหลังนี้มีการนำเสนอบทความที่น่าสนใจเนื่องจากมีแนวคิดแตกต่างไปจากวิธีการรักษาแบบข้างต้น ทั้งนี้ผู้เขียนบทความดังกล่าวถือว่าเนื้อฟันสเคลอโรติกเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการปกป้องตนเองตามธรรมชาติซึ่งจากการสะสมแร่ธาตุกลับคืน เปลี่ยนสภาพเนื้อฟันให้แข็งแรงขึ้นแม้ไม่เท่ากับเนื้อฟันปกติ จึงควรเก็บรักษาไว้ให้คงอยู่มากที่สุดโดยไม่ควรกรอผิวหรือใช้กรดกัดเพื่อบูรณะแต่อย่างใด[46-47] ในขณะที่บางแนวคิดมีความเห็นว่าควรกำจัดแบคทีเรียที่ฝังอยู่ในชั้นผิวของไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ออกให้หมดก่อนการบูรณะ[48-49] ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่จะกำจัดแบคทีเรียออกไปจากท่อเนื้อฟันได้หมด และมีการแนะนำให้ใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคเช่นคลอเฮกซิดีนร้อยละ 2 ทาในโพรงฟันก่อนการบูรณะหรือใช้สารยึดติดที่มีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อโรคเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยกำจัดแบคทีเรียที่อาจตกค้างอยู่ได้[50-51] แต่มีบางการศึกษา[52] ที่อ้างว่ายาฆ่าเชื้อโรคคลอเฮกซิดีนอาจมีผลเสียต่อค่าแรงยึด อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมมากกว่านี้เกี่ยวกับคุณสมบัติและความคงทนของสารยึดติดที่ยังคงมีเศษแบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่ในระยะยาวต่อไป

บทสรุป

โครงสร้างของรอยโรคเนื้อฟันสเคลอโรติกมีความซับซ้อนมากกว่าเนื้อฟันปกติ มักมีการสะสมของแร่ธาตุในชั้นผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกหรือที่เรียกว่าชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์ค่อนข้างสูง ร่วมกับมีการฝังตัวของกลุ่มแบคทีเรียในชั้นดังกล่าวด้วย สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการยึดติดของสารยึดติดทั้งสิ้น ถึงแม้ว่าแบคทีเรียที่ฝังอยู่ในชั้นผิวของเนื้อฟันสเคลอโรติกจะถูกรวมเป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริดได้แต่อาจก่อให้เกิดปัญหาในระยะยาวตามมา จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่มีข้อสรุปถึงวิธีจัดการที่ดีที่สุด นอกจากมีข้อแนะนำในการจัดการกับรอยโรคเนื้อฟันสเคลอโรติกดังนี้

- กรอผิวฟันส่วนบนที่เป็นชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์เพื่อกำจัดชั้นที่มากด้วยแร่ธาตุซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานต่อการละลายแร่ธาตุออก ถึงแม้ว่าข้อแนะนำดังกล่าวยากที่จะบอกได้ว่าได้กรอชั้นดังกล่าวออกอย่างเพียงพอหรือไม่ และอาจจะไม่ได้ช่วยทำให้ค่าความแข็งแรงยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าสูงขึ้น แต่ถือว่าเป็นการป้องกันความล้มเหลวจากการยึดติดที่อาจเกิดขึ้นได้

- อาศัยการยึดติดที่ดีกับเคลือบฟันที่อยู่รอบรอยโรคโดยกรอผิวเคลือบฟันเพื่อเปิดปลายผลึกเคลือบฟันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติด

- ในภาพรวมการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ชนิดทาสองขั้นตอนต่อเนื้อฟันสเคลอโรติกมีค่าความแข็งแรงยึดที่ใกล้เคียงกับสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ ยกเว้นในตำแหน่งลึกสุดของรอยโรคที่มีชั้นไฮเปอร์มินเนอรัลไลซ์มีความหนามาก สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทช์ที่มีค่าความเป็นกรดไม่สูงไม่สามารถปรับสภาพเนื้อฟันสเคลอโรติกได้ แต่ค่าดังกล่าวสูงพอที่จะช่วยยึดให้วัสดุบูรณะติดอยู่ในโพรงฟันที่มีแรงบดเคี้ยวค่อนข้างสูงได้ถ้ามีการเพิ่มการยึดติดกับเคลือบฟันที่อยู่รอบรอยโรคร่วมด้วย หลีกเลี่ยงใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ชนิดทาขั้นตอนเดียวหรือที่เรียกว่าสารบอนดิงออล-อิน-วัน เนื่องจากพบความล้มเหลวสูงในการยึดกับเนื้อฟันสเคลอโรติก

- ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจนเกี่ยวกับข้อสงสัยเรื่องแบคทีเรียที่ฝังตัวอยู่ว่า จะยังคงอยู่อย่างสงบโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาไปอีกนานเพียงใด นอกจากมีข้อแนะนำเพื่อลดความกังวลดังกล่าวโดยใช้สารยึดติดที่มีคุณสมบัติต่อต้านแบคทีเรีย หรือใช้ยาฆ่าเชื้อคลอเฮกซิดีนทาโพรงฟันก่อนการบูรณะ

- การบูรณะแบบแซนด์วิชเทคนิคโดยการใช้วัสดุบูรณะประเภทกลาสไอโอโนเมอร์รองพื้นไว้ด้านในโพรงฟันก่อนบูรณะปิดทับด้วยเรซินคอมโพสิต โดยอาศัยคุณสมบัติที่ดีของกลาสไอโอโนเมอร์ที่สามารถยึดติดกับเนื้อฟันด้วยพันธะทางเคมีและพันธะทางกลระดับจุลภาคเพื่อปรับสภาพเนื้อฟันสเคลอโรติกให้เหมาะสมกับการต่อการยึดติดมากยิ่งขึ้น

- อาจเลือกวิธีที่ไม่ต้องให้การรักษาในโพรงฟันบริเวณคอฟันที่เป็นเนื้อฟันสเคลอโรติกชนิดที่ไม่มีอาการใดๆ โดยถือว่าเนื้อฟันสเคลอโรติกเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อฟันที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อเป็นแนวป้องกันตามธรรมชาติซึ่งเปลี่ยนสภาพเนื้อฟันให้แข็งแรงขึ้นแม้ไม่เท่ากับเนื้อฟันปกติก็ตาม

บรรณานุกรม

1. Duke ES, Lindemuth J. Polymeric adhesion to dentin: contrasting substrates. *Am J Dent*. 1990; 3(6):264-70.
2. Duke ES, Lindemuth J. Variability of clinical dentin substrates. *Am J Dent*. 1991; 4(5):241-6.
3. Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological characterization of the interface between resin and sclerotic dentine. *J Dent*. 1994; 22(3):141-6.
4. Sakoolnamarka R, Burrow MF, Tyas MJ. Micromorphological study of resin-dentin interface of non-carious cervical lesions. *Oper Dent.* 2002; 27(5):493-9.
5. Gwinnett AJ, Jendresen M. Micromorphological features of cervical erosion after acid conditioning and its relation with composite resin. *J Dent Res* 1978; 7: 543-549.
6. Harnirattisai C, Inokoshi S, Shimada Y, Hosoda H. Adhesive interface between resin and etched dentin of cervical erosion/abrasion lesions. *Oper Dent* 1993; 18: 138-143.
7. Yoshiyama M, Suge T, Kawasaki A, Ebisu S. Morphological characterization of tube-like structures in hypersensitive human radicular dentine. *J Dent* 1996; 24: 57-63.
8. Kwong SM, Tay FR, Yip HK, Kei LH, Pashley DH. An ultra-structural study of the application of dentine adhesives to acid-conditioned sclerotic dentine. *J Dent* 2000; 7: 515-528.
9. Sakoolnamarka R, Burrow MF, Prawer S, Tyas MJ. Micromorphological investigation of noncarious cervical lesions treated with demineralizing agents. *J Adhes Dent* 2000; 2: 279-287.
10. Yoshiyama M, Noiri Y, Ozaki K, Uchida A, Ishikawa Y, Ishida H. Transmission electron microscopic characterization of hypersensitive human radicular dentin. *J Dent Res* 1990; 9: 1293-1297.
11. Mixson JM, Spencer P, Moore DL, Chappell RP, Adams S. Surface morphology and chemical characterization of abrasion/erosion lesions. *Am J Dent* 1995; 8: 5-9.
12. Duke ES, Robbins JW, Snyder DS. Clinical evaluation of a dentinal adhesive system: three-year results. *Quintessence Int* 1991; 22: 889-895.
13. Van Meerbeek B, Peumans M, Gladys S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Three-year clinical effectiveness of four total-etch dentinal adhesive systems in cervical lesions. *Quintessence Int* 1996; 27: 775-784.
14. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, Johnson MH, Pashley DH. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 1996; 75: 1404-1413.
15. Prati C, Chersoni S, Mongiorgi R, Montanari G, Pashley DH.Thickness and morphology of resin-infiltrated dentin layer in young, old, and sclerotic dentin. *Oper Dent* 1999; 24: 66-72.
16. Kwong SM, Cheung GS, Kei LH, Itthagarun A, Smales RJ, Tay FR, Pashley DH. Micro-tensile bond strengths to sclerotic dentin using a self-etching and a total-etching technique. *Dent Mater* 2002; 18: 359-369.
17. Gwinnett AJ, Kanca JA. Interfacial morphology of resin composite and shiny erosion lesions. *Am J Dent* 1992; 5: 315-317.
18. Sakoolnamarka R, Burrow MF, Tyas MJ. Micromorphological study of resin-dentin interface of non-carious cervical lesions. *Oper Dent* 2002; 27: 493-499.
19. Tay FR, Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: A review. *J Dent* 2004; 32: 173-196

20. Takuma S, Ogiwara H, Suzuki H. Electron probe and electron microscope studies of carious dentinal lesions with remineralized surface layer. *Caries Res* 1975; 9: 278-285.
21. Daculsi G, Kerebel B, Le Cabellec MT, Kerebel LM. Qualitative and quantitative data on arrested caries in dentine. *Caries Res* 1979; 13: 190-202.
22. Spranger H. Investigation into the genesis of angular lesions at the cervical region of teeth. *Quintessence Int* 1995; 26: 149-154.
23. Scheie AA, Fejerskov O, Lingstr?m P, Birkhed D, Manji F. Use of palladium touch micro-electrodes under field conditions for in vivo assessment of dental plaque pH in children. *Caries Res* 1992; 26: 44-52.
24. Clarkson BH, Feagin FF, McCurdy SP, Sheetz JH, Speirs R. Effect of phosphoprotein moieties on the remineralization of human root caries. *Caries Res* 1991; 25: 166-173.
25. Rees JS. The role of cuspal flexure in the development of abfraction lesions: a finite element study. *Eur J Oral Sci* 1998; 106: 1028-1032.
26. Gwinnett AJ, Tay FR, Pang KM, Wei SH. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 1996; 9: 140-144.
27. Coli P, Alaeddin S, Wennerberg A, Karlsson S. In vitro dentin pretreatment: surface roughness and adhesive shear bond strength. *Eur J Oral Sci* 1999; 107: 400-413.
28. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Tay FR, Oguchi H, Araki Y, Kubota M. Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. *J Dent* 2002; 30: 99-105.
29. Wang Y, Spencer P. Quantifying adhesive penetration in adhesive/dentin interface using confocal Raman microspectroscopy. *J Biomed Mater Res* 2002; 59: 46-55.
30. Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res* 2003; 82: 141-145.
31. Tay FR, Kwong SM, Itthagarun A, King NM, Yip HK, Moulding KM, Pashley DH. Bonding of a self-etching primer to noncarious cervical sclerotic dentin: interfacial ultrastructure and micro-tensile bond strength evaluation. *J Adhes Dent* 2000; 2: 9-28.
32. Vasiliadis L, Darling AI, Levers BG. The histology of sclerotic human root dentine. *Arch Oral Biol* 1983; 28: 693-700.
33. Torii Y, Itou K, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K. Effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent* 2002; 15: 305-308.
34. Walker MP, Wang Y, Swafford J, Evans A, Spencer P. Influence of additional acid etch treatment on resin cement dentin infiltration. *J Prosthodont* 2000; 9: 77-81.
35. Gwinnett AJ, Kanca JA. Interfacial morphology of resin composite and shiny erosion lesions. *Am J Dent* 1992; 5: 315-317.
36. Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Two year clinical evaluation of two dentine-adhesive systems in cervical lesions. *J Dent* 1993; 21: 195-202.
37. Horsted-Bindslev P, Knudsen J, Baelum V. 3-year clinical evaluation of modified Gluma adhesive systems in cervical abrasion/erosion lesions. *Am J Dent* 1996; 9: 22-26.
38. Mandras RS, Thurmond JW, Latta MA, Matranga LF, Kildee JM, Barkmeier WW. Three-year clinical evaluation of the Clearfil Liner Bond system. *Oper Dent* 1997; 22: 266-270.
39. Brunton PA, Cowan AJ, Wilson MA, Wilson NH. A three-year evaluation of restorations

placed with a smear-layer mediated dentin bonding agent in non-carious cervical lesions. *J Adhes Dent* 1999; 1: 333-341.

40. Tyas MJ, Burrow MF. Three-year clinical evaluation of one-step in non-carious cervical lesions. *Am J Dent* 2002; 15: 309-311.
41. Van Dijken JW. Clinical evaluation of three adhesive systems in Class V non-carious lesions. *Dent Mater* 2000; 16: 285-291
42. Neo J, Chew CL. Direct tooth-colored materials for non-carious lesions: a 3-year clinical report. *Quintessence Int* 1996; 27:183-188.
43. Matis BA, Cochran M, Carlson T. Longevity of glass-ionomer restorative materials: results of a 10-year evaluation. *Quintessence Int* 1996; 27: 373-382.
44. Brackett MG, Dib A, Brackett WW, Estrada BE, Reyes AA. One-year clinical performance of a resin-modified glass ionomer and a resin composite restorative material in unprepared Class V restorations. *Oper Dent* 2002; 27: 112-116.
45. Browning WD, Brackett WW, Gikpatrick RO. Two-year clinical comparison of a microfilled and hybrid resin-based composite in non-carious Class V lesions. *Oper Dent* 2000; 25; 46-50
46. Kusunoki M, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. The efficacy of dentine adhesive to sclerotic dentine. *J Den*t 2002; 30: 91-97.
47. Tani C, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. Efficacy of dentin bonding to cervical defects. *Dent Mater* 2001; 20: 359-368.
48. Handelman SL, Shey Z. Michael Buonocore and the Eastman Dental Center: a historic perspective on sealants. *J Dent Res* 1996; 75: 529-534.
49. Simonsen RJ. Pit and fissure sealant: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002; 24: 393-414.
50. Imazato S, Ehara A, Torii M. Ebisu. Anti-bacterial activity of dentine primer containing MPDB after curing. *J Dent* 1998; 26: 267-271.
51. Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Ebisu S. R Tay F. Antibacterial activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dent Mater* 2003; 19: 313-319.
52. Vieira RS, Silva IA Jr. Bond strength to primary tooth dentin following disinfection with a chlorhexidine solution: an in vitro study. *Pediatr Dent* 2003; 25:49-52.

ขอสำเนาบทความที่ :

ผศ.ทพญ. ทัดจันทร์ ครองบารมี ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50202

Reprint requests:

Assist. Prof. Tadchan Krongbaramee, Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50202

tadchan@hotmail.com