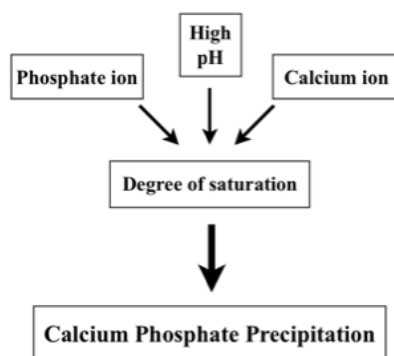


## บทที่ 5

### อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

โดยปกติแล้วในน้ำลายมนุษย์จะมีกลไกการลดอาการเสียวฟันตามธรรมชาติ ปริมาณแคลเซียม อีออน ฟอสเฟตอีออน และค่าความเป็นด่างในน้ำลายมนุษย์จะสามารถกระตุ้นให้เกิดการตกตะกอนของผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตบนผิวเนื้อฟันและภายในท่อเนื้อฟันได้<sup>(18)</sup> ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดอัตราการตกตะกอนดังกล่าวขึ้นกับปริมาณแคลเซียมอีออนเป็นสำคัญ<sup>(55)</sup> สอดคล้องกับการศึกษาของ Song และคณะ ในปี 2002 ที่กล่าวว่าค่าความเป็นด่างที่มากร่วมกับค่าสัดส่วนของแคลเซียมอีออนต่อฟอสเฟตอีออนที่สูง จะส่งเสริมให้เกิดการตกตะกอนของผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตมากขึ้นตามไปด้วย โดยในการศึกษาดังกล่าวพบว่าแคลเซียมและฟอสเฟตอีออนที่อยู่ในน้ำที่มีสภาวะความเป็นด่าง จะเกิดการตกตะกอนภายใน 90 นาที<sup>(56)</sup> ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับในน้ำลายเทียม<sup>(57)</sup> มีการศึกษาเกี่ยวกับการตกตะกอนของแคลเซียมฟอสเฟตพบว่าเกิดผลึกทั้งบนผิวเนื้อฟันและในท่อเนื้อฟัน<sup>(58,59)</sup> สามารถส่งเสริมให้เกิดการกลับคืนของแร่ธาตุสู่ผิวฟัน<sup>(60-63)</sup> ทั้งยังมีประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวฟันได้อีกด้วย<sup>(64)</sup> โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกตะกอนดังรูปที่ 5.1 ในปัจจุบันมีการพัฒนาส่วนประกอบและสารที่ผสมในยาสีฟันหรือน้ำยาบ้วนปากชนิดใหม่ที่จะช่วยเหนี่ยวนำให้เกิดการตกตะกอนแคลเซียมฟอสเฟตบนเนื้อฟันได้ไวขึ้น เป็นที่มาของการผลิตยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากลดอาการเสียวฟันผสมโปรอาร์จินและโนวามิน



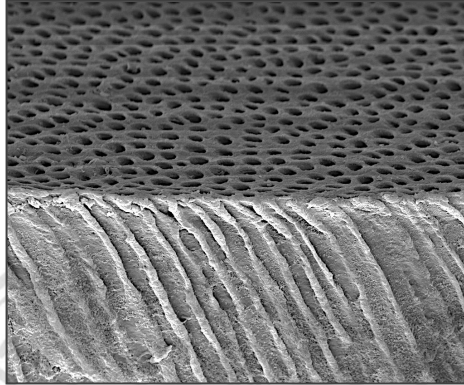
รูปที่ 5.1 แผนภาพแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกตะกอนของผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟต

(ดัดแปลงมาจาก Mukherjee ในปี 1968<sup>(57)</sup>)

การศึกษานี้ใช้ยาสีฟันผสมโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรริลิฟ น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรริลิฟ และยาสีฟันผสมโนวามิน เซนโซดาเซนริแพร์แอนด์โพรเท็ก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ลดอาการเสียวฟัน โดยใช้เวลาในการเตรียมเนื้อฟันแต่ละชนิดวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลานาน 14 วัน ร่วมกับการแช่ฟันในน้ำลายเทียมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเพื่อจำลองสภาวะให้ใกล้เคียงกับในช่องปากมากที่สุด โดยทั้งสารออกฤทธิ์โปรอาร์จินและโนวามินจำเป็นต้องอาศัยความเป็นด่างบนผิวเนื้อฟันจึงจะเหนี่ยวนำให้แคลเซียมและฟอสเฟตในน้ำลายหรือน้ำลายเทียม เกิดการตกตะกอนเป็นผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตเมื่อพิจารณาถึงกลไกการเกิดความเป็นด่างบนผิวเนื้อฟันนั้นมีความแตกต่างกันเนื่องด้วยส่วนประกอบของโปรอาร์จินและโนวามิน โดยโปรอาร์จินประกอบด้วยกรดอะมิโนอาร์จินีนและแคลเซียมคาร์บอเนตที่จะยึดกับเนื้อฟันและเส้นใยคอลลาเจนของเนื้อฟัน ทำให้เกิดสภาพความเป็นด่างขึ้น<sup>(22)</sup> ส่วนโนวามินนั้นเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือน้ำลายจะแตกตัวให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์และฟอสเฟตไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน<sup>(29)</sup> อย่างไรก็ตามทางบริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรริลิฟ ภายหลังการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรริลิฟเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวฟันสูงสุด การทดลองนี้จึงแบ่งกลุ่มการทดลองที่มีการเตรียมผิวฟันทั้งการแปรงฟันและการใช้น้ำยาบ้วนปากร่วมกันอีกกลุ่มหนึ่ง ในขณะที่กลุ่มที่เตรียมผิวเนื้อฟันด้วยยาสีฟันผสมโนวามิน เซนโซดาเซนริแพร์แอนด์โพรเท็กนั้นยังไม่มีผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากผสมโนวามิน จึงพิจารณาแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ตามชนิดการเตรียมผิวเนื้อฟัน แต่ละกลุ่มใหญ่แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยตามชนิดสารยึดติด

Prati และคณะ ในปี 2003<sup>(65)</sup> ได้ศึกษาผลของน้ำผลไม้รสเปรี้ยวซึ่งจัดเป็นกรดชนิดหนึ่งที่มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 2.4 ต่อการเกิดสภาพซึมผ่านได้ของเนื้อฟัน พบว่าการแช่เนื้อฟันในน้ำผลไม้รสเปรี้ยวนาน 5 นาทีสามารถกำจัดชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันและสเมียร์ปลั๊ก (smear plug) ได้เกือบทั้งหมด เนื้อฟันจึงเกิดสภาพซึมผ่านได้เพิ่มมากขึ้น เป็นการอธิบายสาเหตุของอาการเสียวฟันหลังดื่มเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดได้ โดยการจำลองการเกิดอาการเสียวฟันเพื่อใช้ในการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้โดยการแช่ฟันในสารละลายกรดชนิดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6 ซึ่ง Mordan และคณะ ในปี 1997<sup>(66)</sup> ได้ทำการทดลองแช่เนื้อฟันในสารละลายดังกล่าวนาน 2 นาทีพบว่าสามารถกำจัดชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันออกแทบทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่สารละลายกรดชนิดที่มีความเข้มข้นเดียวกันนี้เพียง 1 นาทีก็สามารถกำจัดชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันออกได้แทบทั้งหมดเช่นกัน<sup>(67)</sup> ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการขัดเนื้อฟันด้วยกระดาษทรายน้ำซิลิกอนคาร์ไบด์ 600 กริตเพื่อให้เกิดชั้นสเมียร์มาตรฐานและแช่เนื้อฟันในสารละลายกรดชนิดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 1.5 นาน 1 นาทีเพื่อจำลองการเกิดอาการเสียวฟันก่อนการเตรียมผิว

เนื้อฟันชนิดต่าง ๆ ยกเว้นกลุ่มควบคุมผลลบที่จะไม่แช่กรดซิดริกก่อนการแปร่งด้วยน้ำกลั่น โดยภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในการทดลองนี้พบว่ากรดซิดริกละลายชั้นสเมียร์บนเนื้อฟันให้บางลงจึงเผยให้เห็นรูเปิดของท่อเนื้อฟันอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงรูเปิดของท่อเนื้อฟันภายหลังการแช่เนื้อฟันในสารละลายกรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 6 นาน 1 นาที เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3,000 เท่า

จากผลการศึกษาลักษณะเนื้อฟันที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวแต่ละชนิด พบว่าชั้นสเมียร์ใหม่ที่เกิดขึ้นหลังจากการแปร่งผิวเนื้อฟันที่ผ่านการกำจัดชั้นสเมียร์ด้วยกรดซิดริกด้วยน้ำกลั่นนาน 1 นาที วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 14 วัน จะส่งผลให้เกิดสเมียร์ลึกลับปิดท่อเนื้อฟันบางส่วนเท่านั้น ซึ่งในการทดลองจะเรียกกลุ่มนี้ว่ากลุ่มควบคุมผลบวก (Positive Control) อีกทั้งชั้นสเมียร์ดังกล่าวยังมีความหนาน้อยกว่ากลุ่มควบคุมผลลบ (Negative Control) อย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8

Pashley และคณะ ในปี 1981<sup>(67)</sup> ศึกษาผลของการแช่เนื้อฟันในสารละลายกรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 6 ต่อการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟัน โดยหลังแช่เนื้อฟันในกรดซิดริกเป็นเวลานาน 60 วินาที จะเกิดการละลายแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตในเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟัน (peritubular dentin) ออก ซึ่งจัดเป็นเนื้อฟันชนิดที่มีอนินทรีย์สาร (inorganic part) มาก ส่งผลทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันมีความกว้างมากขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อฟันในความถี่ระดับเดียวกันที่ไม่ผ่านการแช่กรดซิดริก อย่างไรก็ตาม Marshall และคณะ ในปี 1998<sup>(68)</sup> พบว่าการแช่เนื้อฟันในสารละลายกรดซิดริกที่มีค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 1 นานไม่เกิน 30 นาทีจะมีความสามารถในการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันรอบท่อฟันและระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) ไม่เกิน 1 ไมครอนและ 0.7 ไมครอนตามลำดับ โดยในการศึกษานี้ใช้สารละลายกรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 6 ที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1.5 นาน 1 นาที จึงสามารถอนุมานได้ว่ากรดซิดริกที่ใช้จะสามารถละลายแร่ธาตุบริเวณผิวเนื้อฟันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นหรือแทบไม่มีผลละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันเลย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า

การกำจัดชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดของสารยึดติดเคลือบฟิลเอสออบอนด์ได้เมื่อเทียบกับเนื้อฟันที่ยังมีชั้นสเมียร์หลงเหลืออยู่จากการกรอแต่งโพรงฟัน เนื่องจากมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดที่แทรกซึมผ่านชั้นสเมียร์จะเกิดปฏิกิริยาสะเทินกับแร่ธาตุในชั้นสเมียร์นั้น ส่งผลลดประสิทธิภาพการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันได้ชั้นสเมียร์ลง<sup>(69)</sup> สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่ากลุ่ม Positive Control มีค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคสูงกว่ากลุ่ม Negative Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการใช้สารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลและเคลือบฟิลเอสออบอนด์ อาจเนื่องมาจากการละลายแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตในเนื้อฟันหลังแช่เนื้อฟันในกรดซิตริกจะทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กบนผิวเนื้อฟัน<sup>(68,70)</sup> ซึ่งเป็นการเพิ่มการยึดติดเชิงกลเมื่อใช้สารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอล นอกจากนี้การมีชั้นสเมียร์ที่บางลงจะส่งผลทำให้ความแข็งแรงยึดติดของสารยึดติดเคลือบฟิลเอสออบอนด์กับเนื้อฟันมีค่าสูงขึ้นได้

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเนื้อฟันกลุ่มที่เตรียมฟันผิวด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จิน (Pro-Argin) จะพบผลึกมูมมขนาดต่าง ๆ กัน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-2 ไมครอนในชั้นสเมียร์ที่ปกคลุมผิวเนื้อฟันและปิดท่อนเนื้อฟันเกือบทั้งหมด อีกทั้งยังพบผลึกกระจายอยู่ทั่วไปภายในท่อนเนื้อฟันส่วนต้นด้วย โดยมีลักษณะคล้ายคลึงกับเนื้อฟันกลุ่มที่เตรียมฟันผิวด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จินร่วมกับน้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จิน (Pro-Argin + MW) ส่วนเนื้อฟันกลุ่มที่เตรียมฟันผิวด้วยยาสีฟันผสมโนวามิน (Novamin) พบผลึกมูมมในชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันและปิดท่อนเนื้อฟันเกือบทั้งหมดเช่นกัน โดยผลึกมีขนาดใกล้เคียงกับสองกลุ่มแรก นอกจากนี้ยังพบผลึกขนาดใหญ่ประมาณ 5 ไมครอนหลงเหลือบนผิวชั้นสเมียร์อยู่บางตำแหน่งอีกด้วย จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุที่ประกอบอยู่ในก้อนคล้ายผลึกของทั้งสามกลุ่มพบว่าประกอบด้วยธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตซึ่งน่าจะมาจากการเหนี่ยวนำให้แคลเซียมและฟอสเฟตในยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากร่วมกับในน้ำลายเทียมให้ตกตะกอนเป็นผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตบนผิวเนื้อฟัน โดยเนื้อฟันกลุ่ม Novamin จะพบธาตุซิลิกาในผลึกในปริมาณเล็กน้อยด้วย ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 สอดคล้องกับ Wang และคณะ ในปี 2011<sup>(33)</sup> ที่ได้ทำการทดลองโดยแบ่งฟันออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่แช่ในน้ำลายเทียม กลุ่มที่แปรงด้วยน้ำกลั่นและกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมโนวามิน ผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุในชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันพบว่ากลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันผสมโนวามินมีปริมาณธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบธาตุซิลิกาที่ไม่พบในชั้นสเมียร์ของกลุ่มอื่นอีกด้วย ทั้งนี้ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าแคลเซียมและฟอสเฟตที่เกิดการตกตะกอนเป็นผลึกในท่อนเนื้อฟันนั้นมาจากในส่วนของน้ำลายเทียมหรือจากยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากที่ใช้ในการศึกษานี้เนื่องจากในส่วนประกอบทั้งโปรอาร์จินและโนวามินต่างมีแคลเซียมและฟอสเฟตเช่นกัน

เมื่อพิจารณาสารยึดติดที่ใช้ในการทดลองนี้พบว่าออปติบอนด์เอฟแอลซึ่งจัดเป็นสารยึดติดระบบเอดซ์แอนดรีนส์ชนิด 3 ขั้นตอน มีการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5 ในการเตรียมผิวเนื้อฟันเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ทั้งหมดร่วมกับการละลายแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตในเนื้อฟันเหลือเป็นโครงร่างเส้นใยคอลลาเจนก่อนทาสารปรับสภาพและสารยึดติดตามลำดับ โดยเรซินมอนอเมอร์ในสารยึดติดจะแทรกตัวในชั้นโครงร่างคอลลาเจนเกิดเป็นชั้นไฮบริดซึ่งมีความหนาประมาณ 4-5 ไมครอน<sup>(45)</sup> ร่วมกับการแทรกซึมในท่อเนื้อฟันที่เรียกว่าเรซินแทรก สารยึดติดระบบนี้จึงอาศัยการยึดเชิงกลระดับอนุภาคกับเนื้อฟันเท่านั้น<sup>(53)</sup> ดังนั้นหากกรดฟอสฟอริกสามารถกำจัดชั้นสเมียร์และละลายแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตบนเนื้อฟันที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวแต่ละชนิดได้ไม่ต่างจากเนื้อฟันปกติ ค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของสารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลกับเนื้อฟันทุกกลุ่มควรมีค่าไม่แตกต่างกัน

ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับสารที่ช่วยเหนียวน้ำให้เกิดการตกตะกอนของฟลิกแคลเซียมฟอสเฟตและประสิทธิภาพในการส่งเสริมแร่ธาตุกลับคืนสู่ผิวเคลือบฟันและเนื้อฟัน เช่น โปรอาร์จินโนวามิน และเคซีนฟอสโฟเปปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งส่วนใหญ่ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันว่าสารเหล่านี้ทำให้ฟันมีความแข็งแรงผิวสูงขึ้นและมีความต้านทานต่อกรดมากขึ้น<sup>(29,61,71-73)</sup> โดย Sattanabanasuk และคณะ ในปี 2009<sup>(74)</sup> พบว่าฟลิกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตบนเนื้อฟันที่ได้รับการเตรียมผิวด้วยทูลมุสซึ่งมีเคซีนฟอสโฟเปปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบนั้นมีความต้านทานต่อกรดฟอสฟอริก ส่งผลให้การแทรกซึมของเรซินในเนื้อฟันเมื่อใช้สารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลเกิดได้ยากขึ้นและส่งผลให้ความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคมีค่าต่ำกว่าเนื้อฟันปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Cavalcanti และคณะ ในปี 2013<sup>(38)</sup> ที่ได้ทดลองใช้สารยึดติดระบบเอดซ์แอนดรีนส์ชนิด 2 ขั้นตอน แอดเปอร์ซิงเกลบอนด์ทุกกับเนื้อฟันที่ได้รับการเตรียมผิวด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรริลีฟ นาน 12 วัน โดยจะแปรงฟันวันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที และแช่ฟันในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสระหว่างการเตรียมผิวเนื้อฟันแต่ละครั้ง พบว่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคมีค่าต่ำกว่าการยึดติดกับเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

จากสองการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการใช้กรดฟอสฟอริกของสารยึดติดระบบเอดซ์แอนดรีนส์ไม่สามารถกำจัดฟลิกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตได้ ทำให้ยังคงมีผลดังกล่าวหลงเหลือภายในท่อเนื้อฟัน สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าเมื่อใช้สารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลกับเนื้อฟันกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จิน (Pro-Argin OP) ยาสีฟันผสมโปรอาร์จินร่วมกับน้ำบ้วนปากผสมโปรอาร์จิน (Pro-Argin + MW OP) และยาสีฟันผสมโนวามิน (Novamin OP) มีค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคต่ำกว่ากลุ่มควบคุมผลลบและบวก (Negative Control OP)

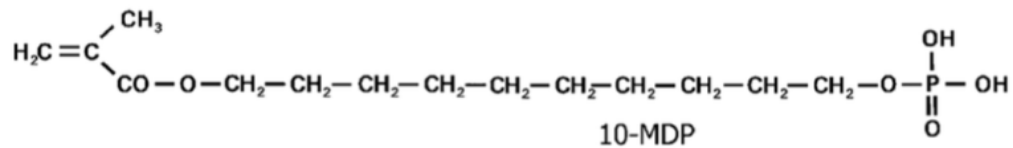
และ Positive Control OP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกรดฟอสฟอริกไม่สามารถกำจัดผลึกภายในท่อเนื้อพินจากการเตรียมพื้นผิวด้วยยาสีพินและ/หรือน้ำยาบ้วนปากลดอาการเสียวฟันผสมโปรอาร์จินและโนวามินนาน 14 วันออกได้ทั้งหมด ทำให้การยึดติดเชิงกลของเนื้อพินและสารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลลดลงด้วย ทั้งนี้การละลายแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตในเนื้อพินปกติยังเกิดขึ้นคงเดิม ซึ่งสัมพันธ์กับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่พบว่าชั้นไฮบริดของเนื้อพินทั้ง 5 กลุ่มมีลักษณะใกล้เคียงกัน

จากลักษณะชั้นสเมียร์และผลึกของเนื้อพินกลุ่ม Pro-Argin และ Pro-Argin + MW ที่คล้ายคลึงกัน เนื้อพินทั้งสองกลุ่มจึงน่าจะมีความแข็งแรงยึดติดที่ใกล้เคียงกันด้วย แต่จากการศึกษานี้กลับพบว่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของเนื้อพินกลุ่ม Pro-Argin + MW มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม Pro-Argin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้ทั้งสารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลและเคลียร์ฟิลเอสออบอนด์ อาจเนื่องมาจากในผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จินมีน้ำมันไฮโดรจีเนตแคสเตอร์ (hydrogenated castor oil) เป็นส่วนประกอบที่อาจขัดขวางการทำงานของสารยึดติด สังเกตได้ว่าผิวเนื้อพินกลุ่มดังกล่าวยังคงเหลือความมันบนผิวเนื้อพินขณะทาสารยึดติด และพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของกลุ่ม Pro-Argin + MW OP ยังมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่ม Novamin OP อาจเนื่องมาจากผลึกที่พบในเนื้อพินกลุ่ม Novamin ประกอบด้วยธาตุซิลิกาทำให้ขัดขวางต่อการยึดติดและส่งผลลดค่าความแข็งแรงยึดติดลงได้

อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของกลุ่ม Pro-Argin + MW OP นั้นยังให้ค่าสูงกว่ากลุ่ม Pro-Argin + MW SE เมื่อใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบจับคู่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าสารปรับสภาพของเคลียร์ฟิลเอสออบอนด์สารมีน้ำเป็นตัวทำละลาย (water-based primer) จึงเกิดความไม่เข้ากันกับน้ำมันบนผิวเนื้อพินนั้นและส่งผลให้การใช้สารยึดเคลียร์ฟิลเอสออบอนด์กับเนื้อพินที่เตรียมพื้นผิวชนิดนี้มีค่าต่ำที่สุดด้วย

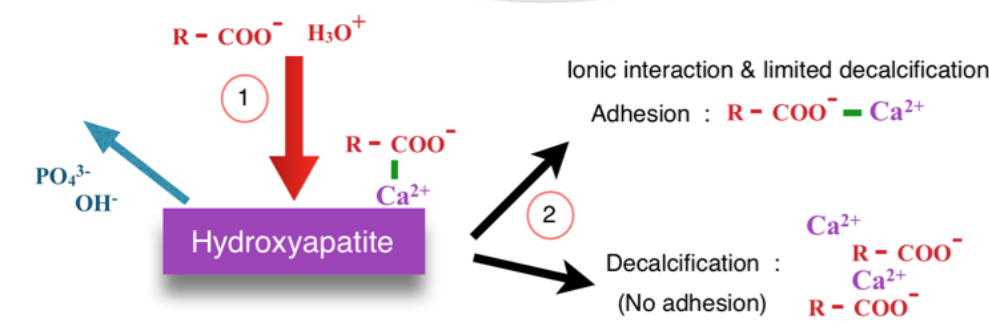
สารยึดติดเคลียร์ฟิลเอสออบอนด์จัดเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ชนิดกรดอ่อนปรับสภาพชั้นสเมียร์โดยมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1.9) จะละลายแร่ธาตุในเนื้อพินบางส่วนพร้อมกับเกิดการแทรกซึมของมอนอเมอร์ไปพร้อมกัน ทำให้เกิดชั้นไฮบริดในชั้นเนื้อพินที่สมบูรณ์<sup>(75,76)</sup> มีการรวมเอาชั้นสเมียร์เข้าเป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริดด้วย ซึ่งจะมีความหนาประมาณ 1 ไมครอน อีกทั้งการมีแคลเซียมหลงเหลือในไฮดรอกซีอะพาไทต์ส่งเสริมให้เกิดพันธะไอออนิกระหว่างกลุ่มทำงานในมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดและเนื้อพินได้ ดังนั้นสารยึดติดระบบนี้จึงอาศัยการยึดติดกับเนื้อพินทั้งการยึดเชิงกลระดับอนุภาคกับท่อเนื้อพินและการยึดเชิงเคมีร่วมกัน<sup>(44,45)</sup> โดย

มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดนี้มีกลุ่มทำงานคือ เท็นเอ็มดีพี ซึ่งจัดเป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริกที่มีโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 5.3<sup>(77)</sup>



รูปที่ 5.3 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของเท็นเอ็มดีพี<sup>(77)</sup>

จากแนวคิดเรื่องการยึดเกาะและการละลายแร่ธาตุ (adhesion-decalcification; AD- concept) ที่กล่าวว่าเมื่อกรดสัมผัสกับฟันจะเกิดการละลายแร่ธาตุขึ้น คาร์บอกซิเลตไอออน (carboxylate ion; R-COO<sup>-</sup>) ซึ่งเป็นประจุลบของกรดจะเข้ายึดกับแคลเซียมซึ่งเป็นประจุบวกของฟันด้วยพันธะไอออนิก เกิดเป็นเกลือแคลเซียม พร้อมกับปลดปล่อยฟอสเฟตไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน (hydroxide ion; OH<sup>-</sup>) จากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ของฟัน ทั้งนี้พบว่าชนิดของกรดมีความสำคัญต่อการสิ้นสุดการละลายแร่ธาตุของเนื้อฟัน โดยเกลือแคลเซียมที่เกิดจากเท็นเอ็มดีพีและกรดพอลิแอลกอฮอล์โนอิกจะมีความเสถียรมาก พันธะไอออนิกที่เกิดขึ้นไม่ถูกสลายต่อเนื่องจากกรดดังกล่าว การละลายแร่ธาตุจึงสิ้นสุดลง และทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับเนื้อฟันได้<sup>(45,76,78,79)</sup> ดังรูปที่ 5.4 ดังนั้นเท็นเอ็มดีพีในสารยึดติดเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์จึงอาจเกิดพันธะไอออนิกกับแคลเซียมในผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตในเนื้อฟันกลุ่ม Pro-Argin และ Novamin เช่นเดียวกัน



รูปที่ 5.4 แสดงผังแนวคิดเรื่องการยึดเกาะและการละลายแร่ธาตุ  
(ดัดแปลงมาจาก Van Meerbeek และคณะ ในปี 2011<sup>(76)</sup>)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณของแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตบนเนื้อฟันที่เพิ่มมากขึ้นอาจไม่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาคเมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดเคลียร์ฟิล เอสอีบอนด์เสมอไป แม้ว่าเห็นเอนดีฟี่จะสามารถเกิดพันธะเคมีกับแคลเซียมได้ก็ตาม เนื่องจากมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1.9 ซึ่งจัดว่าเป็นกรดอ่อนนั้นอาจเกิดปฏิกิริยาสะเทินกับแคลเซียมและฟอสเฟตนั้นได้ ส่งผลให้เกิดการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันน้อยลง โดยพบว่ากลุ่ม Pro-Argin SE ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดไม่ต่างจากกลุ่ม Negative Control SE และ Positive Control SE สอดคล้องกับการศึกษาของ Pei และคณะ ในปี 2013<sup>(37)</sup> ที่เตรียมผิวเนื้อฟันด้วยการกำจัดชั้นสเมียร์ จากนั้นใช้สารลดอาการเสียวฟันผสมโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรลิฟ โดยการใช้หัวฉีดรูปถ้วยขัดผิวเนื้อฟันนาน 6 วินาทีตามคำแนะนำของบริษัท แล้วจึงอุดด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับสารยึดติดสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ชนิดกรดอ่อนปรับสภาพชั้นสเมียร์เคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ที่มีกลุ่มทำงานเห็นเอนดีฟี่ (ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 2.7) พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาคไม่ต่างจากเนื้อฟันที่กำจัดชั้นสเมียร์เช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาในกลุ่ม Novamin SE พบว่ามีค่าความแข็งแรงยึดติดต่ำกว่าทั้งกลุ่ม Negative Control SE กลุ่ม Positive Control SE และกลุ่ม Pro-Argin SE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอาจเป็นผลมาจากเนื้อฟันกลุ่ม Novamin มีปริมาณแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตต่ำกว่ากลุ่ม Pro-Argin ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 จึงทำให้เกิดพันธะเคมีกับเนื้อฟันน้อยกว่า อีกทั้งยังมีธาตุซิลิกาที่ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสะเทินกับสารยึดติดได้มากขึ้นอีกด้วย สัมพันธ์กับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่พบว่าชั้นไฮบริดของกลุ่ม Pro-Argin SE และกลุ่ม Novamin SE มีความหนาประมาณ 2 ไมครอน ซึ่งหนากว่ากลุ่ม Negative Control SE ที่พบชั้นไฮบริดหนาเพียง 1 ไมครอน ซึ่งเป็นผลมาจากการรวมเอาแร่ธาตุที่อยู่ในชั้นสเมียร์เข้าเป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริดตามลักษณะการทำงานของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ ในขณะที่ชั้นไฮบริดของกลุ่ม Positive Control SE มีความหนาน้อยกว่า 1 ไมครอนเนื่องจากมีชั้นสเมียร์บางที่สุด ดังรูปที่ 4.11, 4.12 และ 4.14

เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบจับคู่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) เนื้อฟันกลุ่ม Pro-Argin และ Novamin ที่ใช้สารยึดติดเคลียร์ฟิล เอสอีบอนด์กลับให้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูงกว่าออฟติบอนด์เอฟแอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากการเกิดพันธะเคมีระหว่างผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตที่เกิดบนผิวเนื้อฟันกับเห็นเอนดีฟี่ในสารยึดติดเคลียร์ฟิล เอสอีบอนด์ซึ่งจะไม่พบพันธะเคมีดังกล่าวในสารยึดติดออฟติบอนด์เอฟแอล

จากการวิเคราะห์วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทางสถิติโดยใช้ไคสแควร์ (Chi-square) พบว่าข้อมูลชุดนี้ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนชนิดของความล้มเหลว

และชนิดการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน เนื่องจากมีเซลล์ที่มีความถี่ที่คาดไว้ต่ำกว่า 5 เกินร้อยละ 20 ของจำนวนเซลล์ทั้งหมด อีกทั้งยังมีบางเซลล์ที่มีค่า 0 อีกด้วย จึงพิจารณาไม่ใช้สถิติดังกล่าวในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื้อฟันกลุ่ม Negative Control และ Positive Control พบความล้มเหลวแบบผสมเป็นส่วนใหญ่ และมีแนวโน้มที่จะเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นเพิ่มมากขึ้นในเนื้อฟันกลุ่ม Pro-Argin และ Novamin ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการยึดติดของผลิตภัณฑ์เคลือบเคลือบฟอสเฟตกับเนื้อฟันมีความแข็งแรงน้อยกว่าเคลือบฟอสเฟตในเนื้อฟันธรรมชาติ ส่งผลทำให้เกิดการแตกหักภายในชั้นสารยึดติดหรือระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันได้มาก ทั้งนี้ในเนื้อฟันกลุ่ม Pro-Argin + MW จะพบความล้มเหลวระหว่างชั้นมากกว่าเนื้อฟันกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวชนิดอื่นเนื่องจากความมันบนผิวเนื้อฟันที่ยังหลงเหลือจากการใช้น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จิน แต่อย่างไรก็ตามยังพบความล้มเหลวแบบผสมเป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกัน

### การนำไปใช้ในคลินิก

จากผลการทดลองนี้พบว่าการใช้ยาสีฟันและ/หรือน้ำยาบ้วนปากลดอาการเสียวฟันผสมโปรอาร์จินและโนวามินทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เคลือบเคลือบฟอสเฟตบนผิวเนื้อฟันและภายในท่อเนื้อฟัน และส่งผลลดค่าความแข็งแรงยึดติดของเนื้อฟันกับเรซินคอมโพสิต ดังนั้นหากจำเป็นต้องบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตในผู้ป่วยที่มีอาการเสียวฟันและใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อบรรเทาอาการเสียวฟันเบื้องต้นก่อนมารับการรักษาควรพิจารณาใช้สารยึดติดเซลฟ์เอตซ์ที่มีกลุ่มทำงาน เช่น เท็นเอ็มดีพี เนื่องจากสามารถเกิดพันธะเคมีกับเคลือบฟันและผลิตภัณฑ์เคลือบฟอสเฟตได้ ในผู้ป่วยที่ใช้น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จินอาจแนะนำให้ผู้ป่วยงดการใช้น้ำยาบ้วนปากดังกล่าวก่อนมารับการอุดฟันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตได้