บทที่ 2

หลักการและเหตุผล ทบทวนวรรณกรรม

อาการเสียวฟันจากภาวะเนื้อฟันไวเกิน (dentin hypersensitivity) เป็นปัญหาช่องปากที่พบได้มากถึงร้อยละ 30 ของประชากร[1] จัดเป็นการตอบสนองของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น[2] ปัจจุบันทฤษฎีการเกิดภาวะเนื้อฟันไวเกินตามหลักไฮโดรไดนามิกส์ (hydrodynamics theory) ของ Brannstrom ในปี 1964[3] ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย[11,13,14] โดยเชื่อว่าเมื่อท่อเนื้อฟันเกิดการเผยผึ่งและได้รับการกระตุ้น เช่น การรับประทานร้อนหรือเย็นจัด อากาศ การเสียดสีจากการแปรงฟัน เป็นต้น จะทำให้มีการเคลื่อนที่เข้าออกของของเหลวภายในท่อเนื้อฟันระหว่างโพรงประสาทฟันถึงชั้นเคลือบฟันหรือเคลือบรากฟันอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระตุ้นตัวรับความรู้สึกในเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน ส่งสัญญาณประสาทรับรู้ผ่านสมองและแปลผลเป็นอาการเสียวฟันแบบเฉียบพลัน โดยอาการนั้นสามารถหายได้เองและผู้ป่วยสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดอาการได้ (sudden, sharp, short duration, well localized pain)[15] มักพบร่วมกับการเกิดรอยโรคบริเวณคอฟันที่ไม่ใช่ฟันผุ (non-carious cervical lesions; NCCL)[16] และบ่อยครั้งพบว่าการรักษาทางปริทันต์เป็นปัจจัยร่วมในการเกิดอาการเสียวฟัน[17]

กลไกการลดอาการเสียวฟันสามารถเกิดขึ้นได้เองจากการตกตะกอนของผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับสารไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ในน้ำลาย ซึ่งเมื่อสภาวะภายในช่องปากมีค่าความเป็นด่างสูงขึ้นจะส่งเสริมให้เกิดการตกตะกอนในท่อเนื้อฟันมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามตะกอนที่เกิดนั้นไม่มีคุณสมบัติต้านทานต่อความเป็นกรดจากอาหารที่รับประทานหรือการเสียดสีจากการแปรงฟัน นอกจากนี้ในกรณีที่ผู้ป่วยมีปัญหาการหลั่งของน้ำลาย เช่น มีปริมาณน้ำลายน้อย ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำลายต่ำกว่าปกติ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวฟันต่ำลง ดังนั้นกลไกดังกล่าวอาจไม่เพียงพอต่อการลดอาการเสียวฟันในระยะยาว จำเป็นต้องใช้สารลดอาการเสียวฟันเพื่อรักษาและกำจัดอาการเสียวฟันต่อไป[18]

จากกลไกการเกิดอาการเสียวฟันตามข้างต้น การลดอาการเสียวฟันในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 หลักการ คือ การยับยั้งสัญญาณประสาทรับความรู้สึกจากการกระตุ้นโดยสิ่งเร้าด้วยการใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โพแทสเซียมอิออน ทำให้เส้นประสาทไม่สามารถเกิดรีโพลาไรเซชั่น (repolarization) ได้ และส่งผลลดการรับความรู้สึกในโพรงประสาทฟัน[19] แต่อาจกล่าวได้ว่าเป็นเพียงการรักษาอาการเสียวฟันแบบชั่วคราว เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมอิออนลดลงจะทำให้เกิดการส่งกระแสประสาทและสามารถรับความรู้สึกได้อีกครั้ง และอีกแนวทางหนึ่งเป็นการใช้สารที่ช่วยปิดท่อเนื้อฟันเพื่อหวังผลป้องกันการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันและลดอาการเสียวฟันได้[20] ในปัจจุบันการรักษาอาการเสียวฟันจากภาวะเนื้อฟันไวเกินด้วยสารลดอาการเสียวฟันส่วนใหญ่มุ่งพัฒนากลไกการปิดท่อเนื้อฟันเป็นหลัก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 หลักการใหญ่ดังนี้[21]

1. การตกตะกอนของแร่ธาตุในท่อเนื้อฟันโดยตรง (crystalline deposite) เช่น โพแทสเซียมออกซาเลต (potassium oxalate) เฟอริกออกซาเลต (ferric oxalate) สตรอนเชียมคลอไรด์ (strontium chloride) โดยทำปฏิกิริยากับแคลเซียมอิออนที่อยู่ในของเหลวในท่อเนื้อฟัน เกิดการตกผลึกภายในท่อเนื้อฟันซึ่งผลึกนั้นมีคุณสมบัติต้านทานการละลายน้ำสูงและลดการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันหลังได้รับการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมได้ รวมไปถึงฟลูออไรด์ในยาสีฟันก็สามารถตกตะกอนเป็นผลึกเกลือแคลเซียมฟลูออไรด์ช่วยลดอาการเสียวฟันได้เช่นกัน

2. การใช้สารที่ทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของของเหลวในท่อเนื้อฟัน เช่น กลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde) หรือฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ทำหน้าที่ยึดหมู่เอมีน (amine group) ของโปรตีนเข้าด้วยกันและทำให้โปรตีนที่ตกตะกอนนั้นมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ อย่างไรก็ตามสารดังกล่าวจัดเป็นสารคงสภาพเนื้อเยื่อ (tissue fixative agent) ชนิดรุนแรง อาจเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อในช่องปากได้จึงควรใช้อย่างระมัดระวัง

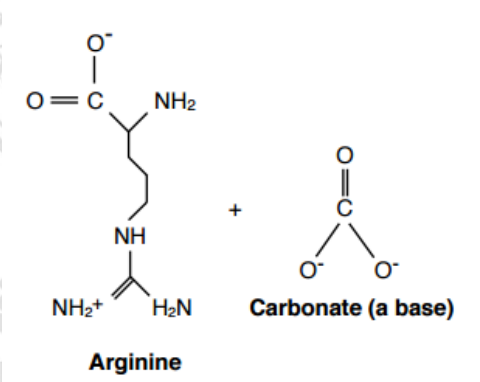
3. การใช้เรซินปิดท่อเนื้อฟัน เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวในท่อเนื้อฟันได้รับการกระตุ้นโดยตรงและป้องกันการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟัน แต่อาการเสียวฟันอาจเกิดขึ้นได้ใหม่เมื่อเรซินเสื่อมสภาพหรือหลุดออก นิยมใช้ในกรณีผู้ป่วยมีอาการเสียวฟันเฉพาะซี่มากกว่าการเสียวฟันทั่วทั้งปาก

การใช้ยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากลดอาการเสียวฟันเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการรักษาอาการเสียวฟัน เนื่องจากง่ายต่อการใช้งาน อีกทั้งผู้ป่วยยังสามารถหาซื้อผลิตภัณฑ์ได้เองตามร้านค้าทั่วไป มีการพัฒนาส่วนประกอบและสารออกฤทธิ์ในยาสีฟันชนิดใหม่มากมาย รวมถึงมีการศึกษาเกี่ยวกับสารโปรอาร์จินและโนวามินมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรอาร์จิน (Pro-Argin)

Kleinberg ในปี 2002[22] ได้คิดค้นสารลดอาการเสียวฟันเพื่อเป็นองค์ประกอบในยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากลดเสียวฟัน “โปรอาร์จิน” ประกอบด้วยกรดอะมิโนอาร์จีนีน (arginine) ไบคาร์บอเนต (bicarbonate) และแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) โดยกลไกของการตกตะกอนในท่อเนื้อฟันเกิดจากกรดอะมิโนอาร์จีนีนซึ่งมีสภาพขั้วเป็นบวกเข้ายึดกับเนื้อฟันซึ่งมีสภาพขั้วเป็นลบ และมีการยึดกันระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับโครงสร้างเส้นใยคอลลาเจนในเนื้อฟันรวมไปถึงมีการแทรกซึมการยึดเกาะลงไปในท่อเนื้อฟันด้วย กรดอะมิโนอาร์จีนีนและแคลเซียมคาร์บอเนตจะทำให้เนื้อฟันบริเวณนั้นเกิดสภาพความเป็นด่าง เหนี่ยวนำให้แคลเซียมและฟอสเฟตในน้ำลายตกตะกอนเกิดเป็นผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตในท่อเนื้อฟันเพิ่มมากขึ้น ป้องกันการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันจากการกระตุ้นของสิ่งแวดล้อมและส่งผลลดอาการเสียวฟันได้ อีกทั้งยังพบว่าผลึกที่เกิดขึ้นนั้นมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการต้านทานกรดจากอาหาร รวมไปถึงแรงดันภายในโพรงประสาทฟัน[23] จึงสามารถใช้ลดอาการเสียวฟันได้จริงตั้งแต่ครั้งแรกที่ใช้และให้ผลดีขึ้นเมื่อใช้อย่างต่อเนื่องนาน 2 สัปดาห์[24] ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารออกฤทธิ์โปรอาร์จิน เช่น คอลเกตเซนซิทีฟโปรรีลีฟ (Colgate® Sensitive Pro-Relief™) เอลเม็กซ์เซนซิทีฟโปรเฟสชันนั่ล (Elmex® Sensitive-Professional™) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงสูตรโครงสร้างอาร์จีนีนและคาร์บอเนต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวฟันของโปรอาร์จิน

การศึกษาของ Que และคณะ ในปี 2010[25] พบว่าการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จินสามารถลดอาการเสียวฟันในผู้ป่วยที่มีภาวะเนื้อฟันไวเกินได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้ยาสีฟันหลอกที่ไม่มีส่วนผสมของสารลดอาการเสียวฟันใด ๆ หลังใช้แปรงฟันอย่างต่อเนื่อง วันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ และยังพบว่าผลการลดอาการเสียวฟันของยาสีฟันผสมโปรอาร์จินสูตรที่

ช่วยให้ฟันขาว (whitening formula) และสูตรดั้งเดิมไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Fu และคณะ ในปี 2010[26] ที่พบว่ายาสีฟันผสมโปรอาร์จินสามารถลดอาการเสียวฟันได้ทันทีหลังใช้ยาสีฟันดังกล่าวถูวนบริเวณคอฟันที่มีอาการเสียวฟันนาน 1 นาที

การศึกษาถึงประสิทธิภาพของน้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จินความเข้มข้นร้อยละ 0.8 ของ Boneta และคณะ ในปี 2013[27] พบว่าเมื่อใช้น้ำยาบ้วนปากปริมาตร 20 มิลลิลิตร กลั้วปากนาน 30 วินาที วันละ 2 ครั้งติดต่อกันนาน 2 สัปดาห์สามารถลดอาการเสียวฟันในผู้ป่วยได้มากกว่าน้ำยาบ้วนปากผสมโพแทสเซียมไนเตรต (potassium nitrate) ความเข้มข้นร้อยละ 2.4 อย่างมีนัยสำคัญเมื่อทดสอบโดยการใช้ลมเป่า และเมื่อใช้อย่างต่อเนื่องนาน 4 สัปดาห์จะสามารถลดอาการเสียวฟันได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อทดสอบโดยการเขี่ยที่เนื้อฟันด้วยเครื่องมือตรวจฟัน คล้ายคลึงกันกับการศึกษาของ Markowitz ในปี 2013[28] ที่พบว่าเมื่อใช้น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จินความเข้มข้นร้อยละ 0.8 วันละ 2 ครั้งนาน 2 สัปดาห์ สามารถลดอาการเสียวฟันเมื่อใช้ลมเป่าและเขี่ยที่เนื้อฟันด้วยเครื่องมือตรวจฟันได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้น้ำยาบ้วนปากผสมโซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ซึ่งไม่มีผลลดอาการเสียวฟัน และเมื่อใช้น้ำยาบ้วนปากผสมโปรอาร์จินความเข้มข้นดังกล่าวต่อเนื่องนาน 6 สัปดาห์จะสามารถลดอาการเสียวฟันได้มากกว่าน้ำยาบ้วนปากผสมโพแทสเซียมไนเตรตความเข้มข้นร้อยละ 2.4

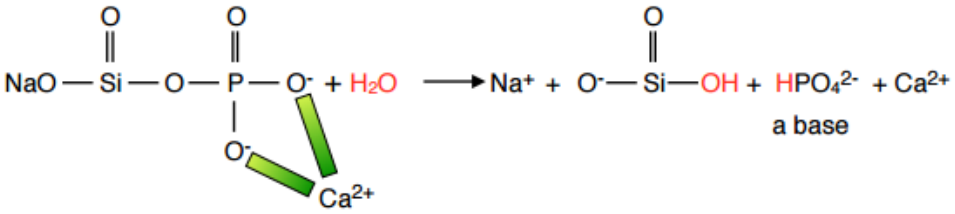
จะเห็นได้ว่าการใช้ยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของโปรอาร์จินให้ผลลดอาการเสียวฟันได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ยาสีฟันลดเสียวฟันผสมโปรอาร์จินเป็นเพียงการรักษาอาการเสียวฟันเบื้องต้น อาการเสียวอาจกลับเป็นได้ใหม่หากไม่ใช้ผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องและไม่มีการกำจัดสาเหตุของการเกิดอาการเสียวฟัน[20]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>โนวามิน (Novamin)</u>

โนวามินเป็นกลุ่มแก้วชีวภาพ (bioactive glass) ที่ประกอบด้วยแคลเซียมโซเดียมฟอสโฟซิลิเกต (calcium sodium phosphosilicate) สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำหรือน้ำลายส่งผลให้เกิดกลไกเริ่มแรกคือมีการแตกตัวของโซเดียมอิออนแลกเปลี่ยนกับไฮโดรเจนอิออนในน้ำลายอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันมีการปลดปล่อยแคลเซียมและฟอสเฟตอิออนในกลุ่มแก้วชีวภาพ ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้นชั่วคราว ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนระหว่างแคลเซียมและฟอสเฟตอิออนจากกลุ่มแก้วชีวภาพกับแคลเซียมและฟอสเฟตอิออนในน้ำลาย เกิดเป็นชั้นแคลเซียมฟอสเฟตเคลือบบนผิวเนื้อฟัน รวมถึงภายในท่อเนื้อฟันด้วย[29] ซึ่งจะสามารถลดอาการเสียวฟันจากการอุดตันของท่อเนื้อฟันได้[30] เมื่อมีการสร้างชั้นแคลเซียมฟอสเฟตดังกล่าวอย่างต่อเนื่องจะเกิดเป็นผลึกไฮดรอกซีคาร์บอเนต

อะพาไทต์ (hydroxycarbonate apatite) ที่มีโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ในฟัน[31] ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารโนวามิน เช่น เซนโซดายน์ รีแพร์แอนด์โพรเท็ก (Sensodyne® Repair and Protect) เป็นต้น



รูปที่ 2.2 แสดงปฏิริยาการแตกตัวของแคลเซียม โซเดียม และฟอสเฟตอิออนของโนวามิน

ประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวฟันของโนวามิน

Wang และคณะ ในปี 2010[32] ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการถึงประสิทธิภาพในการอุดตันท่อเนื้อฟันของโนวามินเปรียบเทียบกับสารลดอาการเสียวฟันอื่น ๆ ผลพบว่าเมื่อนำฟันที่ตัดด้านบดเคี้ยวออกจนเหลือเป็นพื้นผิวเนื้อฟันทั้งหมด จำลองการเกิดแรงดันในโพรงประสาทฟันร่วมกับการแปรงฟันด้วยยาสีฟันชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของผลึกในท่อเนื้อฟัน พบว่ายาสีฟันที่มีส่วนผสมของโนวามินมีประสิทธิภาพในการอุดตันท่อเนื้อฟันได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโพแทสเซียมไนเตรตและโพแทสเซียมซิเตรต (potassium citrate)

การศึกษาถึงประสิทธิภาพการคงอยู่ของผลึกไฮดรอกซีคาร์บอเนตอะพาไทต์ที่แทรกอยู่ในท่อเนื้อฟันภายหลังจากการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมโนวามินเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ทั้งการทนทานต่อกรดจากอาหาร การขัดสีจากการแปรงฟัน รวมไปถึงความสามารถในการต้านทานต่อแรงดันภายในโพรงประสาทฟันด้วย โดย Wang และคณะ ในปี 2011[33] ใช้เครื่องมือวิเคราะห์สารโดยใช้อินฟราเรด (Attenuated total reflection fourier transform infrared; ATR/FT-IR) เพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบโครงสร้างของแร่ธาตุที่ตกตะกอนจากการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมโนวามินปริมาณ 1 กรัมด้วยแรง 2 นิวตัน วันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 2 นาที เป็นเวลา 7 วัน เก็บชิ้นงานในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและเปลี่ยนน้ำลายเทียมทุก 24 ชั่วโมง พบปริมาณธาตุแคลเซียม ฟอสเฟต และคาร์บอนจำนวนมากซึ่งแสดงให้เห็นว่าโนวามินอาจส่งเสริมให้เกิดการกลับคืนของแร่ธาตุ (remineralization) ได้ อีกทั้งยังมีการวัดสภาพซึมผ่านได้ของเนื้อฟัน (dentin permeability) ที่ผ่านการแปรงด้วยยาสีฟันตามที่ได้กล่าวข้างต้นเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ผ่านการแช่สารละลายอีดีทีเอ (Ethylenediamine

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

tetraacetic acid; EDTA) ผลพบว่าเนื้อฟันมีสภาพซึมผ่านได้เพียงร้อยละ 14.9 น้อยกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งมีสภาพซึมผ่านได้ร้อยละ 100 ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อแช่ชิ้นงานที่ผ่านการแปรงด้วยยาสีฟันผสมโนวามินในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 6 เป็นเวลา 1 นาทีเพื่อจำลองกรดจากอาหารและทดสอบสภาพซึมผ่านได้ของเนื้อฟันอีกครั้ง พบว่าสภาพซึมผ่านได้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 29 แสดงให้เห็นว่าโนวามินมีประสิทธิภาพในการลดการซึมผ่านได้ของท่อเนื้อฟันและมีความทนทานต่อกรดได้ในระดับหนึ่ง เมื่อนำเนื้อฟันที่ผ่านการแปรงด้วยยาสีฟันผสมโนวามินแล้วมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะพบชั้นคล้ายผลึกที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenous crystal-like layer) คงอยู่บนผิวเนื้อฟันและแทรกซึมลงในท่อเนื้อฟันเป็นส่วนใหญ่หลังผ่านการแช่ชิ้นงานในกรดซิตริก

จะเห็นได้ว่าโนวามินเป็นสารลดอาการเสียวฟันที่สามารถแตกตัวและเกิดการตกผลึกอุดตันท่อเนื้อฟันได้จริง อีกทั้งการศึกษาทางคลินิกก็พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้ยาหลอก[34,35]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต ส่วนประกอบ และวิธีการใช้งานของยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากลดอาการเสียวฟัน

Product name and manufacturer	**Composition**	**Application technique**
Colgate® Sensitive Pro-Relief™ toothpaste	Arginine 8%, Calcium carbonate, Aqua, Sorbital, Bicarbonate, Sodium Loryl Sulphate, Sodium Monofluorophosphate (1450 ppmF^-)	1. Apply to a gentle toothbrush making sure to brush all sensitive areas of the teeth. Brush twice daily. 2. Directly applied to the sensitive tooth with fingertip and gently massaged for 1 minute, once a week or less frequently.
Colgate® Sensitive Pro-Relief™ mouthwash	Arginine 0.8%, Water, Glycerine, Sorbitol, Propylene Glycol, PEG-40, Tetrapotassium Pyrophosphate, Hydrogenated Castor Oil, L-Arginine, Aroma, PVM/MA Copolymer, Polysorbate 20, Menthol, Tetrasodium Pyrophosphate, Benzyl Alcohol, Sodium Fluoride (225 ppm F^-), Sodium Saccharin, Citric Acid, Methylisothiazolinone	Use 20 ml. of mouthwash. Rinse for 30 seconds. Do not swallow. Use twice a day - morning and evening. Rinse cap after use. Recommended to use after brushing with Colgate® Sensitive Pro-relief™ toothpaste and a gentle toothbrush.
Sensodyne® Repair and Protect toothpaste	Glycerin, PEG 8, Silica, Calcium Sodium Phosphosilicate (NOVAMIN), Aroma, Cocamidopropyl Betaine, Sodium Monofluorophosphate, Titanium Dioxide, Carbomer, , Limonene, Sodium Saccharin, Sodium Monofluorophosphate 1.08% w/w (1450 ppmF^-)	Brush twice a day and not more three times, minimize swallow and split out.

การศึกษาเกี่ยวกับค่าความแข็งแรงยึดติดของเนื้อฟันที่ได้รับการปรับสภาพด้วยสารลดอาการเสียวฟัน

การศึกษาถึงค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างผิวฟันที่ถูกเตรียมด้วยยาสีฟันผสมโนวามินยังมีผู้ทำการทดลองน้อย Yang และคณะ ในปี 2014[36] ศึกษาค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันที่ทาสารลดอาการเสียวฟัน 3 ชนิดซึ่งมีส่วนผสมของแคลเซียม คือ เซนโซดายนรีแพร์แอนด์โพรเท็กที่มีส่วนผสมของโนวามิน คอลเกตเซนซิทีฟโปร-รีลีฟที่มีส่วนผสมของโปรอาร์จิน และทูธมูส (Tooth Mousse, GC Corp, Tokyo, Japan) ที่มีส่วนผสมของเคซีนฟอสโฟเปปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate; CPP-ACP) พบว่าการใช้สารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์ชนิด 3 ขั้นตอน แอด-เปอร์สก็อตช์บอนด์มัลติเพอร์โพส (Adper™ Scotchbond Multi-purpose, 3M ESPE, USA) ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดมากกว่าสารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์ชนิด 2 ขั้นตอน แอดเปอร์ซิงเกิลบอนด์ทู (Adper™ SingleBond 2, 3M ESPE, USA) ในเนื้อฟันทุกกลุ่ม แต่จากการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตและเนื้อฟันที่ถูกเตรียมด้วยสารลดอาการเสียวฟันทั้ง 3 ชนิดเมื่อใช้สารยึดติดชนิดเดียวกันนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และให้ค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีการทาสารลดอาการเสียวฟันใด ๆ บนเนื้อฟัน เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่ากลุ่มที่ใช้คอลเกตเซนซิทีฟโปรรีลีฟ มีอนุภาคขนาดใหญ่อุดตันท่อเนื้อฟันแทบทั้งหมด และยังมีอนุภาคขนาดเล็กแทรกในเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) ด้วย กลุ่มที่ใช้ทูธมูสพบว่ามีอนุภาคเคลือบบาง ๆ บนผิวเนื้อฟันและแทรกซึมลงสู่ท่อเนื้อฟันได้เพียงระดับพื้นผิวเท่านั้น กลุ่มที่ใช้เซนโซดายนรีแพร์แอนด์โพรเท็กมีชั้นคล้ายผลึกที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันและแทรกแนบไปกับผนังท่อเนื้อฟันมากกว่าสารอื่น จากการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวการยึดติด (failure mode) พบว่าเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้น (adhesive failure) คือเกิดภายในเนื้อสารยึดติดมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Pei และคณะ ในปี 2013[37] พบว่าการเตรียมผิวฟันด้วยผงขัดลดอาการเสียวฟันที่มีส่วนผสมของโปรอาร์จิน คอลเกตเซนซิทีฟโปรรีลีฟ (Colgate® Sensitive Pro-Relief™ polishing paste) ไม่มีผลทำให้ความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคลดลง เมื่ออุดฟันที่ได้รับการเตรียมผิวเนื้อฟันด้วยผงขัดลดอาการเสียวฟันดังกล่าวร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ชนิดขั้นตอนเดียวจีบอนด์ (G-Bond, GC, Tokyo, Japan) ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวฟันด้วยสารใด ๆ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารยึดติดสองชนิดพบว่าการใช้จีบอนด์ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูงกว่าเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ (Clearfil S3 Bond, Kuraray Medical, Okayama, Japan) อย่างมีนัยสำคัญ และยังพบว่าการใช้สารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ในฟันที่ได้รับการ

เตรียมผิวเนื้อฟันด้วยผงขัดลดอาการเสียวฟันให้ค่าความแข็งแรงไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมเนื่องจากสารยึดติดทั้งสองจัดเป็นสารยึดติดชนิดกรดอ่อนปรับสภาพชั้นสเมียร์ (mild self-etch adhesive) ซึ่งมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดจะสามารถละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันพร้อมทั้งกำจัดชั้นสเมียร์บางส่วน ทำให้ยังหลงเหลือผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ในเนื้อฟันอยู่ ในสารยึดติดจีบอนด์มีกลุ่มทำงาน (functional monomer) คือ โฟร์เมทา (4-methacryloyloxyethyl-trimellitate anhydride; 4-META) และเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์มีกลุ่มทำงานคือเท็นเอ็มดีพี (10-methacryloyloxy-decyldihydrogen phosphate; 10-MDP) สามารถยึดเกาะกับแร่ธาตุแคลเซียมในผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ด้วยพันธะทางเคมี รวมไปถึงความสามารถในการกัดกร่อนผิวเนื้อฟันของมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดนี้เอง ทำให้กลุ่มทำงานสามารถแทรกซึมลงในชั้นเนื้อฟันและอาจส่งผลเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดได้ แต่ด้วยค่าความเป็นกรดด่างของสารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์มีค่าเท่ากับ 2.7 จึงมีความสามารถในการกัดกร่อนผิวเนื้อฟันได้น้อยกว่าสารยึดติดจีบอนด์ที่มีค่า 2.0 เนื่องจากความเป็น กรดของสารยึดติดจะถูกสะเทินด้วยความเป็นด่างของกรดอะมิโนอาร์จีนีนและแคลเซียมคาร์บอเนตบนผิวเนื้อฟันทำให้สารยึดติดไม่สามารถแทรกซึมลงในชั้นเนื้อฟันได้เพียงพอ จึงไม่มีผลเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติด อย่างไรก็ตาม Cavalcanti และคณะ ในปี 2013[38] พบว่าการเตรียมผิวเนื้อฟันด้วยยาสีฟันผสมโปรอาร์จิน คอลเกต-เซนซิทีฟโปรรีลีฟ ร่วมกับการใช้สารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์และเซลฟ์เอตช์ในการบูรณะฟัน มีผลทำให้ความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเนื้อฟันที่ไม่ได้ถูกเตรียมพื้นผิว เนื่องจากการสะสมของกรดอะมิโนอาร์จีนีนกับแคลเซียมคาร์บอเนตและการตกตะกอนของผลึกเกลือแคลเซียมฟอสเฟตในท่อเนื้อฟัน ทำให้ประสิทธิภาพในการกัดกร่อนผิวเนื้อฟันของสารยึดติดทั้งสองระบบลดลง ส่งผลให้เกิดชั้นไฮบริดที่ไม่เพียงพอและลดค่าความแข็งแรงยึดติดลงด้วย

<u>สารยึดติดทางทันตกรรม</u>

เมื่อศึกษาถึงประวัติความเป็นมาของสารยึดติดทางทันตกรรมในระยะเริ่มแรก Buonocore ในปี 1955[39] นำเอากรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ความเข้มข้นร้อยละ 85 ทาที่ผิวเคลือบฟันเพื่อทำความสะอาดผิวฟันและปรับสภาพผิวฟันให้มีพลังงานพื้นผิว (high surface energy) สูงขึ้นก่อนทำการยึดอะคริลิกเข้ากับฟันธรรมชาติ Fusayama และคณะ ในปี 1979[40] ค้นพบการเพิ่มการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตและฟันทั้งส่วนของเคลือบฟันและเนื้อฟันโดยการใช้สารยึดติดทางทันตกรรม พบว่าฟันที่ไม่ได้ใช้สารยึดติดร่วมมีค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคต่ำกว่าฟันที่ใช้สารยึดติดอย่างมีนัยสำคัญ Nakabayashi และคณะ ในปี 1982[41] ได้ทำการศึกษาถึงสารยึดติดพบว่ามีการยึดเคลือบฟันเข้ากับสารยึดติดที่ผ่านการพอลิเมอร์ไรซ์เซชั่นเกิดเป็นแท่งของเรซินที่ฝังตัวในร่องเล็กที่เรียกว่าเรซินแทก (resin tag) ส่วนการยึดติดในชั้นเนื้อฟันจะแตกต่างจากการยึดติดในเคลือบฟัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้ความแข็งแรงในการยึดติดต่ำเนื่องจากเรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic substrate) อีกทั้งความแข็งแรงในการยึดติดยังขึ้นกับการเรียงตัวและความหนาแน่นของท่อเนื้อฟัน ระดับความลึก ตำแหน่งของการกรอแต่งฟันและชนิดของเนื้อฟัน โดยท่อเนื้อฟันจะมีขนาดใหญ่และหนาแน่นมากในบริเวณใกล้กับโพรงประสาทฟัน และมีขนาดเล็กลงรวมทั้งมีความหนาแน่นลดลงในบริเวณผิวเนื้อฟันส่วนนอก (superficial dentin) จึงทำให้ประสิทธิภาพในการยึดติดคาดหวังได้ยาก นอกจากนั้นยังพบว่าของเหลวในท่อเนื้อฟันที่ไหลเข้าออกโพรงประสาทฟันตลอดเวลาจากการกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่าง ๆ จะรบกวนการยึดติดโดยตรงอีกด้วย[42]

การยึดติดที่เนื้อฟันจึงต้องเตรียมผิวเนื้อฟันให้มีความพร้อมรับสารยึดติด โดยอาศัยการกำจัดหรือปรับสภาพชั้นสเมียร์ (smear layer) ร่วมกับการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันให้เหลือโครงร่างเส้นใยคอลลาเจน (collagen network) ภายใน ทำให้เรซินมอนอเมอร์ (resin monomer) ในสารยึดติดสามารถไหลผ่านเข้าไปแทรกตามช่องว่างในโครงร่างนั้น ซึ่งเมื่อสารยึดติดเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นอย่างสมบูรณ์ก็จะเกิดการยึดติดเชิงกลในระดับจุลภาค กลายเป็นชั้นของการยึดติดระหว่างเรซินกับผิวเนื้อฟันที่เรียกว่าชั้นไฮบริด (hybrid layer) โดยจะมีเรซินฝังตัวเข้าไปตามท่อเนื้อฟันด้วย พบว่าชั้นไฮบริดที่มีความหนาน้อยแต่มีสารยึดติดแทรกซึมภายในโครงสร้างเส้นใยคอลลาเจนอย่างสมบูรณ์จะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่มาก กล่าวคือคุณภาพของชั้นไฮบริดมีความสำคัญต่อความแข็งแรงยึดติดมากกว่าความหนาของชั้นไฮบริด[43]

การจำแนกระบบของสารยึดติดในปัจจุบันให้ความสำคัญกับความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างพื้นผิวเนื้อฟันกับสารยึดติดโดยอาศัยการปรับสภาพของโพรงฟันก่อนทำการยึดติดสามารถจัดเป็น 2 ระบบดังนี้[44]

1. สารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์ (etch and rinse system) ประกอบด้วยขั้นตอนการเอตช์ด้วยกรด โดยส่วนใหญ่จะใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 30-40 ทาบริเวณส่วนของเคลือบฟันก่อน จากนั้นทากรดในส่วนของเนื้อฟันเป็นเวลานาน 15 วินาที แล้วล้างน้ำออก 15 วินาทีเช่นกัน ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาสารยึดติดระบบนี้ หลังจากการเอตช์ด้วยกรดและล้างน้ำออกจะมีขั้นตอนการทาสารปรับสภาพผิว (primer) และสารยึด (bonding) แยกออกจากกัน เกิดเป็นสารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์ชนิด 3 ขั้นตอน (three step total etch, multibottle adhesive) ในขณะที่การพัฒนาต่อมาจะนำเอาขั้นตอนการทาสารปรับสภาพผิวและสารยึดมารวมกันจนได้เป็นชนิด 2 ขั้นตอน (two step total etch, one bottle adhesive) การเอตช์เนื้อฟันด้วยกรดจะเป็นการกำจัดผลึกไฮดรอกซี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อะพาไทต์หรือแคลเซียมฟอสเฟตออกเกือบทั้งหมดคงเหลือเป็นโครงร่างเส้นใยคอลลาเจน ดังนั้นการยึดติดจึงขึ้นกับคุณภาพของการแทรกซึมเรซินในชั้นคอลลาเจนนั้น[45]

2. สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ (self-etch system) มีการกำจัดขั้นตอนการเตรียมผิวฟันจากการเอตช์ด้วยกรดและล้างน้ำออกเพื่อลดปัญหาการควบคุมความชื้นของเนื้อฟันก่อนทำการยึดติด และทำการปรับสภาพโครงสร้างของฟันโดยอาศัยมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (acidic monomer) เช่น โฟร์เมทา เท็นเอ็มดีพี ฟีนิลพี (phenyl-P) เป็นต้น ทำให้เนื้อฟันเกิดการละลายแร่ธาตุ (demineralization) พร้อมทั้งจัดการกับชั้นสเมียร์โดยกำจัดออกบางส่วน จึงสามารถลดโอกาสการเกิดอาการเสียวฟันหลังบูรณะได้[46] สารยึดติดระบบนี้จึงเป็นการรวบขั้นตอนการเอตช์ด้วยกรดและสารปรับสภาพผิวไว้ด้วยกัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ 2 ขั้นตอน (two step self-etch) ซึ่งแยกขั้นตอนการทาสารยึดออกมา และระบบขั้นตอนเดียว (one step self-etch, all in one system) ซึ่งมีการผนวกขั้นตอนการทาสารยึดเข้ากับสองขั้นตอนแรก มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดจะสามารถสร้างพันธะเคมีกับแคลเซียมในผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ยังหลงเหลืออยู่ในเนื้อฟันได้ อีกทั้งยังมีการแทรกซึมของเรซินในโครงร่างเส้นใยคอลลาเจนที่มีการกำจัดผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์บางส่วนด้วย

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันโดยใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบต่าง ๆ พบว่าสารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์ชนิด 3 ขั้นตอนให้ค่าสูงที่สุด ในขณะที่สารยึดติดระบบเอตช์แอนด์รินส์ชนิด 2 ขั้นตอนและระบบเซลฟ์เอตช์ชนิด 2 ขั้นตอนให้ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[45]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>การทดสอบความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค</u>

การอุดฟันด้วยวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเรซินคอมโพสิตจำเป็นต้องใช้ร่วมกับสารยึดติดทางทันตกรรมเพื่อช่วยให้วัสดุยึดติดกับฟันได้ พบว่าระบบสารยึดติดและชนิดของพื้นผิวฟันที่จะบูรณะว่าเป็นส่วนเคลือบฟันหรือเนื้อฟันนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงยึดติดของวัสดุบูรณะ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดติดเพื่อประเมินอัตราผลสำเร็จในการบูรณะ การศึกษานี้จึงเลือกใช้การทดสอบความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค นำเสนอโดย Sano และคณะ ในปี 1994[47] ซึ่งเป็นการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดเล็ก จึงสามารถตัดชิ้นงานจากฟันซี่หนึ่งได้เป็นจำนวนมาก พบว่าชิ้นงานที่นำมาทดสอบส่วนใหญ่จะเกิดการแตกหักระหว่างชั้นวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันหรือเกิดภายในชั้นสารยึดติด (adhesive failure) ลดการเกิด

ลักษณะการแตกหักภายในเนื้อฟันหรือในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure) และสามารถนำชิ้นงานมาวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวบริเวณรอยแตกโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดได้ด้วยเนื่องจากชิ้นงานมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กประมาณ 1 ตารางมิลลิเมตร อย่างไรก็ตามการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคนี้มีข้อจำกัด เนื่องจากต้องใช้เทคนิคและเครื่องมือเฉพาะในการทดสอบ การวัดค่าความแข็งแรงในชิ้นงานที่มีความแข็งแรงยึดติดต่ำกว่า 5 เมกะพาสคาล (megapascal, newton/mm^2, MPa) อาจเกิดการแตกหักก่อนการทดสอบ (pre-testing failure) ได้ จึงไม่เหมาะกับการทดสอบชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงยึดต่ำ และด้วยชิ้นงานที่มีขนาดเล็กจึงเกิดภาวะแห้งได้ง่าย อาจส่งผลทำให้การทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อน[48]

รูปร่างของชิ้นงานที่นำมาทดสอบความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคมีความสำคัญต่อการกระจายแรงเค้น (stress distribution) โดยการเตรียมชิ้นงานมีหลายรูปแบบ[49] ดังนี้

1. รูปแท่ง (stick)
2. รูปดัมเบลล์ (dumbbell)
3. รูปนาฬิกาทราย (hourglass)

ซึ่งการวิจัยนี้เลือกเตรียมชิ้นทดสอบเป็นรูปนาฬิกาทราย เนื่องจากสามารถทำให้เกิดการกระจายแรงเค้นลงบนบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตได้สม่ำเสมอ[49] เมื่อให้แรงดึงจึงจะเกิดการแตกหักของชิ้นงานบริเวณรอยต่อและลดการแตกหักของชิ้นงานบริเวณอื่นที่ไม่ต้องการได้ การคำนวณค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคทำได้โดยการนำค่าแรงดึงที่ทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักหารด้วยพื้นที่ผิวหน้าตัดบริเวณรอยต่อ ปัจจัยที่สำคัญต่อการทดสอบอีกประการคือลักษณะพื้นผิวฟัน ซึ่งต้องมีความเรียบสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดแรงดึงในลักษณะทำมุมตั้งฉากกับผิวเนื้อฟัน งานวิจัยนี้ได้ใช้อัตราเร็วในการทดสอบเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที เนื่องจากเป็นการให้แรงต่อชิ้นงานที่ทำให้เกิดความเค้นต่อเวลาที่สม่ำเสมอ[50]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved