บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

วิธีไดเร็คบอนด์ทางทันตกรรมจัดฟัน

วิธีไดเร็คบอนด์เป็นวิธีการติดเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นบนผิวเคลือบฟันโดยตรง เช่น การติดแบรกเก็ตบนผิวเคลือบฟัน กระทำได้โดยเปลี่ยนสภาพผิวเคลือบฟัน ให้เกิดรูพรุนเล็ก ๆ มากมาย จากกรดบางชนิด จากนั้นจึงติดเครื่องมือบนผิวฟันโดยอาศัยเรซินเป็นวัสดุเชื่อม

Bounocore (1975) เป็นคนแรกที่ทดลองใช้กรดกัดผิวฟัน และติดเรซินลงบนผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัด เขาพบว่าเรซินติดบนผิวเคลือบฟันได้นานกว่าการติดเรซินบนผิวเคลือบฟันปกติที่ไม่ถูกกรดกัด

Newman (1969) เป็นคนแรกที่ใช้กรดกัดผิวฟันในทางทันตกรรมจัดฟัน และเรียกการติดแบรกเก็ตกับฟันโดยวิธีใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันนี้ว่าวิธีไดเร็คบอนด์

จะเห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยแบรกเก็ต, วัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน

แบรกเก็ต

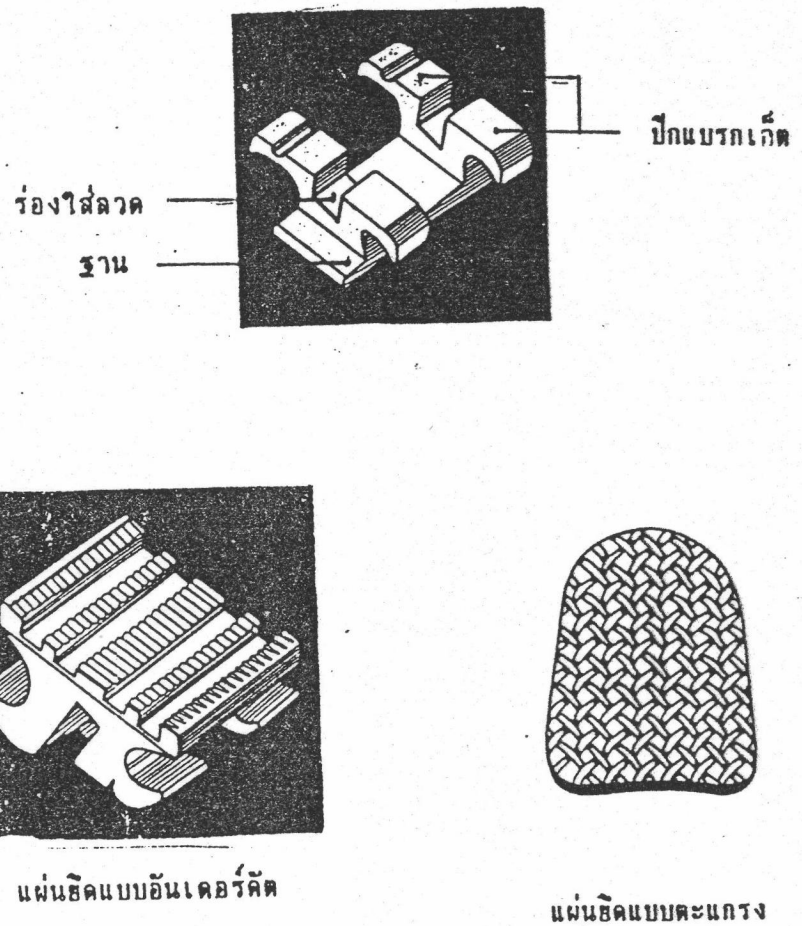
เป็นส่วนของเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน ชนิดติดแน่น ทำหน้าที่ยึดลวดให้ติดกับตัวฟัน มีส่วนประกอบของแบรกเก็ต (รูปที่ 1) ดังต่อไปนี้

1. ปีกแบรกเก็ต เป็นตำแหน่งที่ใช้ผูกลวดมัด หรือ คล้องยางรัด เพื่อยึดให้ต่อกับตัวฟัน ซึ่งต้องการให้เคลื่อนที่ไปตามร่อง โดยแรงของเครื่องมือ

2. ร่องใส่ลวดเป็นร่องสำหรับวางลวดมีขนาด .018 นิ้ว และ .022 นิ้ว ทั้งนี้ขนาดของร่องและลวดควรกระชับพอดี เพื่อป้องกันแรงเสียดทานที่อาจเกิดขึ้นระหว่างขอบของร่องกับลวด

3. ฐาน เป็นส่วนรองรับปีกแบรกเก็ตและร่องใส่ลวดเพื่อให้เชื่อมติดกับปลอกโลหะหรือ แผ่นยึด

4. แผ่นยึด แผ่นยึดมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขอบมนด้านบน เชื่อมติดกับส่วนฐานของแบรกเก็ต ด้านหลังทำเป็นตะแกรง หรือเจาะเป็นร่องด้วยแสง หรือทำเป็นอันเดอร์คัตด้วยเครื่องจักรเพื่อทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะเชิงกล กับเรซินในการติดแบรกเก็ตกับตัวฟันโดยวิธีไดเร็คบอนด์



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของแบรกเก็ต

ในปัจจุบันแบรกเก็ตที่ใช้ในวิธีไดเร็คบอนด์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. แบรกเก็ตพลาสติก

แบรกเก็ตพลาสติกมีข้อดีในด้านให้ความสวยงาม และสามารถสร้างพันธะเคมีกับวัสดุยึดได้ ทำให้มีความแข็งแรงในการยึดสูงกว่าแบรกเก็ตโลหะ แต่แบรกเก็ตพลาสติกก็มีข้อเสียบางประการ เช่น มีความแข็งแรงน้อยมักจะบิดหรือแตกหักในระหว่างการรักษา Aird และ Durning (1987) ได้ทำการศึกษาการแตกหักของแบรกเก็ตพลาสติกโดยการใช้ลวดและขนาดแรงที่ใช้ในการจัดฟัน พบว่าการใส่ลวดลงในร่องแบรกเก็ตไม่ว่าจะเป็น ลวดกลม หรือลวดสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือแม้แต่การผูกแบรกเก็ตด้วยลวดโลหะไร้สนิม สามารถเป็นปัจจัยทำให้เกิดการแตกหักของแบรกเก็ตพลาสติกได้ นอกจากนี้แบรกเก็ตยังมีการสึกกร่อนของร่องแบรกเก็ต ทำให้สูญเสียความสามารถในการควบคุมแนวแกนฟันของแบรกเก็ต เปลี่ยนสีได้ และต้องใช้วัสดุยึดโดยเฉพาะ

2. แบรกเก็ตเซรามิก

แบรกเก็ตเซรามิกถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อรวมเอาข้อดีของแบรกเก็ตพลาสติกในด้านความสวยงาม กับความแข็งแรงของแบรกเก็ตโลหะเข้าด้วยกัน เนื่องจากเซรามิกเป็นวัสดุที่มีความแข็งสูง ทนต่อความร้อนและการเสื่อมสภาพทางเคมีได้ดี แต่ก็มีจุดอ่อนที่ด้อยกว่าโลหะอยู่ประการเดียวคือ เซรามิกมีความเปราะสูง เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกัน เมื่อโลหะมีความเค้นเกิดขึ้นโมเลกุลของโลหะซึ่งยึดกันอยู่ด้วยพันธะโลหะสามารถที่จะบิดเบือนตำแหน่งไปเพื่อลดความเค้นลง แต่โครงสร้างโมเลกุลของเซรามิกมีตำแหน่งที่แน่นอนและยึดกันอยู่ในลักษณะสามมิติไม่สามารถบิดเบือนได้ เมื่อมีความเค้นเกิดขึ้นจนถึงจุดวิกฤต พันธะระหว่างโมเลกุลของเซรามิกก็จะแตกออกทำให้เกิดการแตกหักของเซรามิก

ดังนั้นหากมีรอยขีดข่วนหรือตำหนิบนชิ้นเซรามิกแล้ว เซรามิกมีโอกาสที่จะแตกออกจากกันได้ง่ายกว่าโลหะ

เมื่อมีแรงกระแทกทันทีทันใดบริเวณที่จะได้รับความเสียหายก็คือบริเวณที่มีความเปราะมากที่สุดซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเซรามิกหรือไม่ก็เป็นผิวเคลือบฟัน นอกจากนี้ความแข็งของแบรกเก็ตเซรามิกที่สูงมากสามารถทำให้ฟันคู่สบสึกได้ จึงควรให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในการใช้แบรกเก็ตชนิดนี้กับการรักษาผู้ป่วยที่มีการสบฟันลึก

ถึงแม้ว่าแบรกเก็ตเซรามิกจะให้ความแข็งแรงยึดสูงกว่าแบรกเก็ตโลหะแต่ก็อาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผิวเคลือบฟันได้มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมีแรงกระทำกับตัวแบรกเก็ต แบรกเก็ตโลหะจะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงส่วนหนึ่งไปในรูปของการบิดเบือนรูปร่างของโลหะทำให้ความล้มเหลวของการยึดเกิดขึ้นระหว่างฐานแบรกเก็ตกับวัสดุยึด ส่วนในแบรกเก็ตเซรามิกซึ่งมีความแข็งสูงแบรกเก็ตจึงสามารถรับแรงได้สูงและส่งผ่านแรงทั้งหมดผ่านวัสดุยึดไปยังผิวเคลือบฟัน ซึ่งหากความแข็งแรงในการยึดระหว่างฐานแบรกเก็ตและวัสดุยึดดีมากการแตกหักก็จะเกิดขึ้นในตัวแบรกเก็ตเองหรือในวัสดุยึดหรือภายในผิวเคลือบฟัน

3. แบรกเก็ตโลหะ

แบรกเก็ตโลหะที่ใช้ในเทคนิคไดเร็คบอนด์ ได้ถูกดัดแปลงมาจากแบรกเก็ตแบบเดิมที่ใช้เชื่อมติดกับปลอกโลหะรัดฟัน

ในปี ค.ศ. 1967 Mitchell ได้เสนอรายงานการทดลองใช้แบรกเก็ตทางทันตกรรมจัดฟันติดเข้ากับฟันโดยตรง โดยไม่ต้องใช้ปลอกโลหะรัดฟัน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการเปรียบเทียบแรงยึดของซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อแบรกเก็ตดังกล่าวในการเคลื่อนฟันธรรมชาติ แบรกเก็ตที่นำมาใช้เป็นแบรกเก็ตที่ใช้ในวิธี เอจไวส์ (Edgewise Technic)

แบรกเก็ตโลหะที่มีการนำมาใช้กับวิธีไดเร็คบอนด์อย่างจริงจังในระยะแรกทำโดยการดัดแปลงจากแถบโลหะที่ใช้ทำปลอกโลหะรัดฟัน โดยการเชื่อมแถบโลหะขนาดเล็กเข้ากับตัวแบรกเก็ตด้วยไฟฟ้า และเจาะรูเล็ก ๆ จำนวน 7-8 รูลงบนแถบโลหะดังกล่าวเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับวัสดุยึด จากนั้นได้มีการผลิตแบรกเก็ตที่มีฐานมีลักษณะเป็นรูพรุนโดยรอบตามขอบของฐานแบรกเก็ตเพื่อนำมาใช้กับวัสดุยึดซึ่งสามารถบ่มตัวได้ด้วยแสงเหนือม่วง ในช่วงต้นศตวรรษ 1970 ด้วยหวังว่าวัสดุยึดจะสามารถบ่มตัวได้ด้วยแสงเหนือม่วงจากรูเล็ก ๆ ที่มีอยู่ตามขอบของฐานแบรกเก็ต ต่อมาได้มีการปรับปรุงแบรกเก็ตดังกล่าวมาเป็นแบรกเก็ตที่มีรูพรุนทั่วบริเวณฐานแบรกเก็ต วัสดุที่เกินออกมานี้เมื่อแข็งตัวจะเป็นส่วนที่ขัดขวางการผูกลวดรอบปีกของแบรกเก็ต อีกทั้งยังทำให้เกิดพื้นผิวหยาบซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดคราบจุลินทรีย์ได้ง่าย และเมื่อวัสดุที่อยู่ตามรูพรุนเหล่านี้แตกออกก็จะเป็นการเปิดโอกาสให้น้ำลาย เศษอาหาร และคราบจุลินทรีย์ หลุดลอดเข้าไปสะสมอยู่ระหว่างฐานแบรกเก็ตและวัสดุยึด

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและแก้ไขข้อเสียซึ่งเกิดจากแบรกเก็ตที่ฐานมีลักษณะรูพรุนจึงทำให้มีการพัฒนาแบรกเก็ตที่ด้านล่างของฐานมีลักษณะเป็นตะแกรงโลหะขึ้นมา ซึ่งฐานแบรกเก็ตแบบนี้จะมีส่วนเกาะเกี่ยว เป็นตะแกรงโลหะอยู่บริเวณส่วนล่างของฐานแบรกเก็ตที่จะสัมผัสกับผิวฟัน ส่วนของฐานที่เชื่อมติดกับตัวแบรกเก็ตจะเป็นแผ่นเหล็กไร้สนิมซึ่งเรียบและบาง ทั้งสองส่วนนี้จะถูกเชื่อมติดกันด้วยวิธีเชื่อมด้วยความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้า หรือใช้วิธีบัดกรีให้ติดกัน โดยมีโลหะผสมเป็นตัวกลางส่วนที่เป็นแผ่นโลหะไร้สนิมจะป้องกันไม่ให้วัสดุยึดส่วนเกินทะลักออกมาทางด้านหน้า และตะแกรงลวดที่อยู่ทางด้านหลังก็สามารถให้ความแข็งแรงในการยึดที่ดี

วัสดุยึด

ปัจจุบันวัสดุยึดที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่มคือ

1. เรซินชนิดบ่มตัวได้เองซึ่งมีเมธิลเมตาคริเลต เป็นโมโนเมอร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อะคริลิกเรซิน ซึ่งเรซินชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในการอุดฟันเป็นเวลานานมาแล้ว ต่อมาได้ถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันเพื่อยึดเครื่องมือชนิดติดแน่นเข้ากับผิวเคลือบฟัน วัสดุชนิดนี้ให้ผลดีในการยึดติดกับแบรกเก็ตพลาสติก เรซินชนิดนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของผงและน้ำซึ่งมีความเหลวเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้ซีลแลนต์ทาลงบนผิวฟันก่อน

อคริลิกเรซินที่ใช้ในงานทันตกรรมจัดฟัน มีหลายบริษัทผลิต เช่น

บริษัท จี เอ ซี

บริษัท ออมโก้

บริษัท ร็อกกี้ เมาท์เทน

บริษัท ที พี

บริษัท ยูนิเทค

2. ไดอะคริเลตเรซิน เป็นเรซินที่ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาและความยุ่งยากบางประการของอะคริลิกเรซินพัฒนาขึ้นมาจากเรซินของโบเวน มีความแตกต่างจากอะคริลิกเรซินคือเป็นโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้าง 3 มิติ ในขณะที่อะคริลิกเรซินมีโพลีเมอร์เป็นชนิดเส้นตรง จึงทำให้มีความแข็งแรง

สูงกว่า การหดตัวและการดูดซึมน้ำเมื่อแข็งตัวเต็มที่ น้อยกว่าอะคริลิกเรซิน

ในปัจจุบันวัสดุยึดที่นำมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน นอกจากใช้ในลักษณะการผสมส่วนเบสกับส่วนแคตาลิสต์เข้าด้วยกันแล้ว ได้มีการผลิตวัสดุยึดใหม่เพื่อความสะดวกในการใช้อีก 2 ระบบกล่าวคือ

1. วัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม วัสดุนี้จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของเบสซึ่งมีลักษณะเป็นเพสต์ และส่วนของสารเริ่มหรือเร่งปฏิกริยาซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวหรือเป็นเพสต์ วัสดุจะแข็งตัวเมื่อส่วนที่เป็นเพสต์ถูกกดด้วยแรงพอสมควรเป็นผลให้ส่วนของสารเริ่มปฏิกิริยาที่เป็นของเหลวซึ่งจะต้องทาลงบนผิวเคลือบฟันซึ่งใช้กรดกัดไว้แล้ว ในบริเวณด้านล่างของฐานแบรกเก็ตเข้าผสมและทำปฏิกริยากับส่วนเพสต์ เช่น Unique, Right-on, System 1+, Unite ฯลฯ หรือสัมผัสกับเพสต์อีกส่วนหนึ่งที่อยู่บนผิวเคลือบฟันที่ได้เตรียมไว้แล้ว เช่น Secure-on-touch ฯลฯ เมื่อจัดตำแหน่งเครื่องมือเข้าที่แล้วจึงออกแรงกดเครื่องมือให้อยู่กับที่ โดยปกติวัสดุก็จะแข็งตัวภายในเวลา 30-60 วินาที

ถึงแม้ว่าการติดแบรกเก็ตกับตัวฟันด้วยวัสดุชนิดที่ไม่ต้องผสมนี้จะทำได้ง่าย แต่ความแข็งแรงที่ได้จะน้อยกว่าวัสดุชนิดเพสต์สองส่วนผสมกัน และปริมาณของวัสดุที่ไม่ได้ทำปฏิกริยาไม่สามารถตรวจสอบได้

Evans และ Powers (1985) ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงในการยึดของแบรกเก็ตเมื่อใช้วัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสมสามชนิด คือ Mono-Lok (บริษัทร็อกกี้เมาท์เทน) System 1+ (บริษัทลอมโก้) และ Unite (บริษัทยูนิเทค) เปรียบเทียบกับวัสดุยึดชนิดเพสต์สองส่วน คือ Concise (บริษัทสามเอ็ม) เมื่อใช้กับแบรกเก็ตที่ฐานมีลักษณะเป็นตะแกรงโลหะพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่าง ความข้นหนืดของวัสดุส่วนที่เป็นเพสต์ และความหนาของวัสดุที่ใช้กับความต้านทานต่อแรงดึงของวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม โดย System 1+ เป็นวัสดุที่มีความข้นหนืดสูงที่สุด และให้ความต้านทานต่อแรงดึงสูงที่สุดเมื่อมีความหนาของวัสดุน้อยมาก (น้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตร) แต่เมื่อวัสดุมีความหนาเพิ่มขึ้น System 1+ จะเป็นวัสดุชนิดแรกที่มีความล้มเหลวของการยึดเกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุ ส่วน Mono-Lok และ Unite เป็นวัสดุที่มีความข้นหนืดและความต้านทานต่อแรงดึงน้อยกว่า System 1+ เมื่อความหนาของวัสดุน้อยมากแต่เมื่อความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้นกลับมีความต้านทานต่อแรงดึงสูงกว่า โดยเฉพาะUnite สามารถต้านทานต่อแรงดึงจน

กระทั่งวัสดุมีความหนาถึง 0.38 มิลลิเมตร

2. วัสดุที่บ่มตัวด้วยแสงที่มองเห็นได้ วัสดุประเภทนี้บ่มตัวได้โดยแสงที่ส่องผ่านโครงสร้างของฟัน เช่น Fotofil, Durafil ฯลฯ ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกริยาโพลีเมอไรเซชันของไดอะคริเลตเรซินสามารถเกิดได้ใน 3 ลักษณะ คือ

2.1 โดยปฏิกริยาเคมี ในการใช้วัสดุประเภทนี้เวลาในการทำงานจะถูกจำกัดและสามารถติดแบรกเก็ตได้จำนวนน้อยต่อการผสม 1 ครั้ง

2.2 โดยพลังงานที่ได้จากแสงเหนือม่วงที่มีความยาวคลื่น 364-367 นาโนเมตร วัสดุประเภทนี้เคยได้รับความนิยมอยู่ระยะหนึ่งเนื่องจากทันตแพทย์สามารถควบคุมเวลาการก่อตัวของวัสดุได้

2.3 โดยการใช้ตัวกระตุ้นปฏิกริยา ซึ่งอาศัยแสงที่มองเห็นได้ (ความยาวคลื่น 440-480 นาโนเมตร) ในการกระตุ้นเพื่อให้เกิดปฏิกริยา ระบบนี้เป็นระบบที่มีข้อได้เปรียบมาก โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัยเนื่องจากช่วงของความยาวคลื่นที่ใช้จะไม่มีการเปล่งรังสีเหนือม่วงออกมา นอกจากนี้วัสดุส่วนที่เกินยังสามารถกำจัดออกได้ง่าย เวลาที่ใช้ต่อชี้ก็น้อยกว่าเวลาที่ใช้ด้วยแสงเหนือม่วง วัสดุยึดสามารถบ่มตัวได้ภายใต้ฐานแบรกเก็ตโลหะ

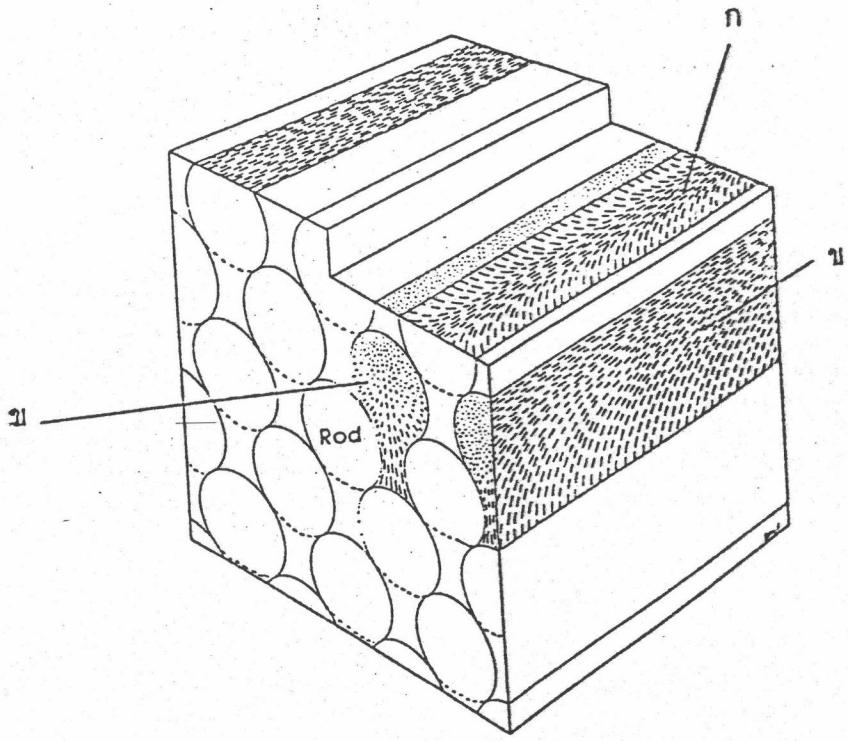
Tavas และ Watts (1984) พบว่าวัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยแสงที่ให้ความต้านทานแรงเฉือน/ปอกเท่าเทียมกับวัสดุที่บ่มตัวด้วยปฏิกริยาเคมี แต่มีข้อได้เปรียบในกรณีที่สามารถควบคุมการก่อตัวและทาวัสดุไว้บนแบรกเก็ตก่อนนำไปใช้ได้ จากการทดลองพบว่าการทาวัสดุไว้บนตัวแบรกเก็ตก่อนเป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง ไม่มีผลในการลดความแข็งแรงในการยึดของวัสดุชนิดนี้

ผิวเคลือบฟัน

เคลือบฟัน จัดว่าเป็นอวัยวะส่วนที่ประกอบด้วยแร่ธาตุมากที่สุด คือร้อยละ 96 เป็นสารประกอบอนินทรีย์ อีกร้อยละ 4 เป็นสารประกอบอินทรีย์และน้ำในส่วนของสารประกอบอนินทรีย์ของเคลือบฟัน จะประกอบด้วยผลึกแคลเซียมฟอสเฟต ที่เรียกว่า ไฮดรอกซีอะปาไทต์ แบบที่พบในกระดูก กระดูกอ่อน เนื้อฟัน และเคลือบรากฟัน ส่วนอนุภาคของสารชนิดอื่น เช่น สตรอนเทียม

แมกนีเซียม คาร์บอเนต ตะกั่ว และฟลูออไรด์ ถ้ามีอยู่ระหว่างการสร้างเคลือบฟัน จะถูกดูดซึมเข้าไปในผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์นี้ด้วย ผลึกของไฮดรอกซีอะปาไทต์ที่เรียงตัวกันอยู่อย่างเป็นระเบียบเรียกว่าอีนาเมล ปริซึม (รูปที่ 2) ด้วยลักษณะดังกล่าวเมื่อใช้กรดอนินทรีย์ที่มีความเข้มข้นพอเหมาะกัดผิวเคลือบฟัน (ในปัจจุบันนิยมใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 หรือ ร้อยละ 50) ผลึกของไฮดรอกซีอะปาไทต์ส่วนที่เรียงตัวตั้งฉากกับผิวเคลือบฟันจะมีการละลายตัวออกไปเกิดเป็นช่องว่างขนาดเล็กขึ้น เราจึงสามารถยึดแบรกเก็ตติดกับผิวเคลือบฟันได้โดยใช้วัสดุยึด ส่วนของวัสดุยึดจะแทรกตัวลงไปในช่องว่างขนาดเล็กเหล่านี้ ทำหน้าที่ยึดบริเวณฐานของแบรกเก็ตติดกับผิวเคลือบฟันอย่างไรก็ตามผิวของเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดนี้อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับ

1. การเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ในผิวเคลือบฟัน
2. ส่วนประกอบและรูปร่างของฟันแต่ละซี่
3. ความแตกต่างในส่วนประกอบของเคลือบฟันในแต่ละตำแหน่งบนตัวฟัน
4. ปริมาณของผิวเคลือบฟันที่ปราศจากปริซึมบนผิวฟันของฟันแต่ละซี่
5. ความผิดปกติของโครงสร้างทั้งในส่วนประกอบที่เป็นอินทรีย์และอนินทรีย์ของผิวเคลือบฟัน
6. ปริมาณของคราบฟันที่ปกคลุมผิวเคลือบฟันอยู่



รูปที่ 2 อินาเมลปริซึมตัดตามขวาง เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนมีลักษณะคล้ายรูกุญแจ ส่วนหัวแทรกอยู่ระหว่างส่วนหางของปริซึมข้างเคียง และเมื่อตัดตามยาวจะเห็นทั้งส่วนหัวและส่วนหางเป็นแถบกว้าง และแคบตามลำดับ การเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอปาไทต์ กลุ่มที่อยู่ตรงกลาง (ก) จะขนานกับแกนกลางของแท่งส่วนกลุ่มที่อยู่รอบนอก (ข) จะเรียงตัวแผ่ออกด้านข้างไปยังบริเวณขอบ

Bounocore (1955) กล่าวว่าการยึดเกาะระหว่างเรซินและฟันจะเพิ่มขึ้นได้จาก

1. การพัฒนาเรซินชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติการยึดเกาะดี

2. ปรับปรุงเรซินที่มีอยู่ให้มีการยึดเกาะดีขึ้น

3. ใช้สารยึดทาเป็นตัวเชื่อมระหว่างเรซินและฟัน

4. เปลี่ยนผิวเคลือบฟันโดยการใช้สารเคมีเพื่อให้ได้พื้นผิวที่เพิ่มการยึดเกาะ

Diedrich (1981) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า ผิวเคลือบฟันภายหลังจากการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 50 มีความแตกต่างกัน 4 ลักษณะได้แก่

1. ชนิดที่มีการกัดเซาะตรงกลาง

เกิดจากการละลายตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ที่อยู่ในบริเวณแกนกลางของปริซึมทำให้เกิดลักษณะคล้ายรวงผึ้งขึ้นบนผิวเคลือบฟัน

2. ชนิดที่มีการกัดเซาะรอบ ๆ

ผลจากการกัดของกรดต่อบริเวณกึ่งกลางของปริซึมน้อยมาก การละลายตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณขอบของปริซึม Diedrich ได้ตั้งข้อสังเกตุว่าลักษณะเช่นนี้อาจจะเกิดจากการกัดของกรดในส่วนของปริซึมที่วางตัวอยู่ลึกลงไปในผิวเคลือบฟันซึ่งเป็นผลมาจากความไวต่อการกัดของกรดที่ไม่เท่ากันของบริเวณบนผิวเคลือบฟัน

3. ชนิดที่มีการกัดเซาะทั่ว ๆ ไป

มักจะพบลักษณะเช่นนี้ในบริเวณผิวเคลือบฟันที่มีปริซึมน้อย โดยเฉพาะในฟันที่ขึ้นใหม่และส่วนคอฟันของฟันที่มีอายุมาก โดยผิวเคลือบฟันจะมีลักษณะเป็นรูพรุนปะปนไปกับปุ่มเล็ก ๆ ที่ยื่นขึ้นมา

4. มีลักษณะคล้ายดาวหรือต้นเฟิร์น

เป็นลักษณะที่พบได้น้อย เป็นผลเนื่องมาจากการเรียงตัวที่ผิดปกติของกลุ่มปริซึมซึ่งแตกต่างจากลักษณะของผิวเคลือบฟันดังกล่าวมาแล้ว

ในข้อ 1 และ 2 เป็นชนิดที่มีการกัดเซาะตรงกลางกับรอบ ๆ จะเป็นลักษณะที่สามารถยึดกับวัสดุยึดได้ดี ส่วนลักษณะในข้อ 3 และ 4 เป็นลักษณะที่ให้แรงยึดเกาะต่ำ

Sheykholeslam และ Brandt (1977) ได้ชี้ให้เห็นว่ามีปัจจัยอยู่สองกลุ่มที่มีอิทธิพลต่อการละลายตัวของผิวเคลือบฟัน และ รูปแบบที่เกิดจากการกัดกร่อนของผิวฟันด้วยกรดคือ

1. ปัจจัยก่อนฟันขึ้น (Pre-eruptive factor) ที่อาจมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและจุลกายวิภาคของฟันซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่ฟันยังมีการพัฒนาหรือก่อนที่จะขึ้นมาในช่องปาก เช่น การเกิดแร่ธาตุน้อย หรือรูปร่างผิดปกติ ของฟันแท้ เนื่องมาจากการติดเชื้อของรากฟันน้ำนม หรือการดูดซึมสารฟลูออไรด์จากอาหารและน้ำมาสะสมไว้มากเกินไปจนเกิดภาวะฟลูออโรซิส ขึ้นในผิวเคลือบฟัน และการได้รับฟลูออไรด์ที่เพียงพอจะมีผลให้ฟันอิ่มตัวด้วยฟลูออไรด์ สภาวะเช่นนี้จะเพิ่มความต้านทานของตัวฟันต่อการกัดกร่อนของกรด

2. ปัจจัยหลังฟันขึ้น (Post-eruptive factor) ได้แก่ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายตัวของผิวเคลือบฟันหลังจากที่ฟันได้ขึ้นมาในช่องปากแล้ว เช่น การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ จะเป็นสาเหตุให้ผิวเคลือบฟันมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดได้มากขึ้น นอกจากนี้การมีคราบจุลินทรีย์และ คราบฟันจะเป็นสิ่งที่ขัดขวางไม่ให้กรดแพร่ไปสู่ผิวเคลือบฟันได้

Fejerkov และคณะ (1984) รายงานว่าในขณะที่ฟันกำลังขึ้นนั้นผิวเคลือบฟันบริเวณกึ่งกลางและบริเวณเหนือคอฟันจะมีความหรุนมาก Oliver (1986) ได้ทำการทดลองยึดแบรกเก็ตเข้ากับผิวเคลือบฟันของฟันถาวรที่ยังไม่ขึ้นเปรียบเทียบกับการยึดแบรกเก็ตเข้ากับฟันถาวรที่ขึ้นมาในช่องปากแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

Nordenvall, Brannstrom และ Malmgren (1980) พบว่าไม่มีความแตกต่างของผิวฟันน้ำนมที่กัดด้วยกรดเป็นเวลา 15 วินาที และ 60 วินาที ส่วนในฟันแท้ที่มีอายุน้อย (อายุเฉลี่ย 13 ปี) ผิวฟันที่กัดด้วยกรดเป็นเวลา 15 วินาที จะมีลักษณะของผิวที่ยึดเกาะกับวัสดุยึดได้ดีกว่าผิวฟันที่กัดด้วยกรดเป็นเวลา 60 วินาที ส่วนในฟันแท้ที่มีอายุมากจะให้ผลกลับกับฟันแท้ที่มีอายุน้อย และหากไม่คำนึงถึงเวลาที่ใช้การกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดพบว่าฟันน้ำนมจะมีลักษณะของผิวเคลือบฟันที่สามารถยึดกับวัสดุยึดได้ดีที่สุด

Zidan และ Hill (1986) พบว่า

1. การสูญเสียผิวเคลือบฟันขึ้นกับความเข้มข้นของกรดซึ่งการสูญเสียที่มากที่สุดอยู่ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 20 - 50

2. ผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดฟอสฟอริคความเข้มข้นต่ำจะให้แรงยึดที่พอเพียง

3. ความยาวของหางของเรซินที่ยื่นเข้าไปในเคลือบฟันภายหลังกรดกัดแล้วไม่มีผลต่อแรงยึดเกาะของเรซินในที่นี้ 1 - 2 ไมครอน ก็เพียงพอ

4. การใช้กรดที่ความเข้มข้นต่ำจะทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยแต่ยังให้แรงยึดที่พอเพียง

ฟลูออไรด์

ได้มีการศึกษาถึงฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุโดยศึกษาถึงฟลูออไรด์ป้องกันฟันผุได้อย่างไร องค์ประกอบอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องในการป้องกันฟันผุนั้น มีการศึกษาถึงองค์ประกอบที่มีผลในการป้องกันฟันผุได้แก่ อาหาร, เชื้อบัคเตรี และตัวฟัน ฟลูออไรด์เป็นตัวหนึ่งที่มีผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว ทำให้ฟันผุช้าลงอันเนื่องมาจากกลไกการป้องกันฟันผุของฟลูออไรด์ที่ได้รับทางระบบ และเฉพาะที่ซึ่งจะช่วยให้มี

กลไกการป้องกันฟันผุของฟลูออไรด์ ได้แก่

1. การเพิ่มความต้านทานของเคลือบฟัน
2. การเพิ่มอัตราการเจริญของฟัน
3. การเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนในรอยโรค
4. การรบกวนความเป็นอยู่ของเชื้อบัคเตรี
5. การพัฒนารูปร่างของฟัน

การเพิ่มความต้านทานของเคลือบฟัน

ฟันผุเป็นโรคที่เกิดการละลายของเคลือบฟันโดยกรดที่เกิดจากคราบจุลินทรีย์การละลายนี้ถูกหยุดยั้งโดยฟลูออไรด์ในรูปของ ฟลูออออะปาไทต์ซึ่งเป็นสารที่คงทนต่อการละลายตัว การละลายตัวของเคลือบฟันเป็นขบวนการที่ซับซ้อนเพราะตัวไฮดรอกซีอะปาไทต์เป็นแร่ธาตุเชิงซ้อนและการละลายตัวขึ้นกับส่วนประกอบของตัวทำละลายซึ่งซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อ

เคลือบฟันอยู่ในสารละลายที่มีความเป็นกรด pH = 5.5 หรือต่ำกว่า (McCann และ Brudevold, 1966) จะเกิดการแตกตัวดังสมการนี้

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 8H^+ \longrightarrow 10\ Ca^{++} + 6HPO_4^{=} + 2H_2O$$

ปรากฏการณ์นี้เกิดได้เมื่ออยู่ภายใต้คราบจุลินทรีย์ ซึ่งประจุของแคลเซียม, ฟอสเฟต และสารอื่น ๆ จะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อคราบจุลินทรีย์หยุดการเกิดกรด ความเป็นกรดด่าง (pH) จะเพิ่มขึ้นและการละลายของสารอนินทรีย์จะลดลงและเกิดการตกตะกอนของสารเหล่านี้ แคลเซียม, ฟอสเฟต และประจุอื่น ๆ ที่เกิดในสารละลายแผ่นคราบจุลินทรีย์จะเริ่มตกตะกอนจับเป็นสารประกอบขึ้น ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์นี้มีลักษณะเป็นวงจรโดยขึ้นกับความเปลี่ยนแปลงกรดด่าง ที่อยู่ในคราบจุลินทรีย์ การมีฟลูออไรด์ในสารละลายดังกล่าวจะลดการละลายตัวของชั้นเคลือบฟัน โดยกระตุ้นให้เกิดการตกตะกอนของไฮดรอกซีอะปาไทต์ และป้องกันการละลายของแคลเซียม, ฟอสเฟต และทำให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่าฟลูออะปาไทต์ตามสมการ

$$Ca_{10}\ (PO_4)_6(OH)_2 + 2\ F^- \longrightarrow Ca_{10}\ (PO_4)_6\ F_2 + 2OH^-$$

เมื่อไฮดรอกซีอะปาไทต์สัมผัสกับจำนวนฟลูออไรด์ ในปริมาณต่ำ (ประมาณ 1 ppm) จะเกิดผิวของฟลูออะปาไทต์บนผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ ผิวนี้จะควบคุมไม่ให้เกิดการละลายของชั้นเคลือบฟันได้ (Brown, Gregory และ Chow, 1977) ในการศึกษาของ Moreno และคณะ (1974) พบว่ากลุ่มไฮดรอกซิลจะถูกแทนที่ประมาณร้อยละ 58 เท่านั้น และเกิดการละลายตัวน้อยที่สุด ซึ่งตัวฟลูออไรด์ก็จะรวมกับกลุ่มไฮดรอกซิลบางตัวในโครงสร้างของอะปาไทต์ที่เกิดขึ้นใหม่อีก

ฟลูออไรด์จะลดฟันผุได้ 3 ทาง

ก. สามารถสะสมในรอยโรคเริ่มต้นในความเข้มข้นที่สูงเพียงพอที่จะลดการละลาย

ข. ลดคาร์บอเนตของเคลือบฟันซึ่งเป็นไอออนที่เพิ่มการละลาย

ค. หลังจากละลายโดยกรดก็จะมีฟลูออไรด์ไอออนรวมกับแคลเซียม, ฟอสฟอรัสจากแผ่นคราบจุลินทรีย์และน้ำลายจะทำให้เกิดการคืนแร่ธาตุกลับคืน

ก. การเพิ่มฟลูออไรด์บนผิวเคลือบฟัน

มีการศึกษาวิจัยหลายฉบับที่สนับสนุนแนวคิดที่ว่า ผิวเคลือบฟันที่มีฟลูออไรด์สูง จะมีอัตราการละลายต่ำกว่าผิวเคลือบฟันที่มีฟลูออไรด์ต่ำ อาจมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Deatherage (1943) พบว่า ผู้ที่ย้ายถิ่นจากแหล่งน้ำที่มีฟลูออไรด์ ผิวเคลือบฟันจะมีความต้านทานต่อฟันผุได้ถึง 20 ปี

Isaac และคณะ (1958) รายงานชั้นผิวเคลือบฟัน 2 ชั้นที่มีฟลูออไรด์ 460 และ 1080 ppm. มีการละลายแตกต่างกันเพียงร้อยละ 1.9 ในขณะที่ใต้ผิวเคลือบฟัน 2 กลุ่มที่มีความเข้มข้นฟลูออไรด์ 198 และ 219 ppm. มีการละลายแตกต่างกันร้อยละ 5.5

Mellberg, Englander และ Nicholson (1967) พบว่ามีการลดของดัชนีผุถอนอุด (DMFT Index) โดยการใช้วุ้น APF (Acidulated phosphate fluoride) เคลือบฟันทุกวันเป็นเวลา 2 ปี มีฟลูออไรด์ที่ผิว 4200 ppm DMFT ลดลงร้อยละ 80 ในขณะที่ถ้าใช้วุ้นฟอสเฟตฟลูออไรด์ที่เป็นกลาง พบว่ามีฟลูออไรด์ที่ผิว 1700 ppm DMFT ลดลงร้อยละ 75 แต่การลดลงของ DMFT ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Koch (1969) พบว่าฟันผุไม่ลดลง ถ้าใช้ 0.5% โซเดียมฟลูออไรด์บ้วนปากทุก 2 อาทิตย์เป็นเวลา 3 ปี แต่ฟันผุจะลดลงเมื่อใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ร้อยละ 0.1 แปรงฟันทุกวันเป็นเวลา 3 ปี

แม้ว่าการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่จะทำให้ฟันผุน้อยลงไม่มากนัก เพราะต้องขึ้นกับการสัมผัสฟลูออไรด์บ่อย ๆ แต่จะมีประโยชน์ในแง่จะเกิดการตกผลึกของฟลูออไรด์จำนวนมากบนผิวเคลือบฟัน

Englander และคณะ (1969) พบว่าถ้าใช้วุ้น APF 0.5% ทุกวันเป็นเวลา 2 ปี จะมีชั้นของฟลูออไรด์มาเคลือบและฟันผุจะลดลงมาก

Houwink และคณะ (1974) ใช้ 1% สแตนนัสฟลูออไรด์ 2 ครั้งต่อปีเป็นเวลา 9 ปี พบว่าจะช่วยป้องกันฟันผุในเวลา 5 ปี

Larson, Mellberg, Englander และ Senning (1976) ได้ทดลองในหนูพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ 150 ppm แล้ว ฟันผุจะลดลงอย่างมาก

Tyler, Poole, Stack และ Dowell (1986) ศึกษาความเข้มข้นของฟลูออไรด์และการละลายของผิวเคลือบฟันของฟันน้ำนมในเด็กชาวอังกฤษ 3 กลุ่มคือ กลุ่มแรกรวบรวมจากบริสตอลก่อนปี 1960 กลุ่มที่สองจากบริสตอล หลังจากปี 1975 ส่วนกลุ่มที่สามรวบรวมจากเบอร์มิงแฮมในเวลา 10 ปี หลังจากให้ฟลูออไรด์พบว่า 2 กลุ่มหลังมีฟลูออไรด์ที่ผิวมากกว่ากลุ่มที่ 1 พบว่าในบริสตอล ฟลูออไรด์สูงกว่า 3 เท่า เป็นฟลูออไรด์ที่ได้จากยาสีฟัน ส่วนในเบอร์มิงแฮมฟลูออไรด์สูงกว่า 3.4 เท่า เป็นฟลูออไรด์ที่ได้จากยาสีฟันและน้ำ ซึ่งในฟันของพวกเบอร์มิงแฮมจะแสดงการเพิ่มความต้านทานต่อกรดแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ เพียงร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบการละลายโดยการวัดความลึกของรอยที่เกิดการละลายเมื่อฟันถูกกรด

ความหนาของชั้นเคลือบฟัน ประมาณ 1000μ (1 mm) หรือมากกว่าแต่จะพบปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์มากที่สุดในชั้น 30 ถึง 50μ ซึ่งพบในฟันที่อยู่ในพื้นที่ที่มีปริมาณฟลูออไรด์สูง และใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ หลังจากฟันขึ้นแล้ว ดังนั้นจะพบปริมาณฟลูออไรด์ในชั้นผิวนอกสุดของเคลือบฟันเท่านั้น และความลึกเกิน 30 ถึง 50 μ จะเกิดการสูญเสียแร่ธาตุในระหว่างเกิดฟันผุ

เป็นการยากที่จะเปรียบเทียบการละลายของผิวเคลือบฟันในฟันแต่ละซี่ของคนเดียวกันหรือแม้แต่ส่วนหนึ่ง ๆ ของฟันซี่เดียวกัน เนื่องจากการกระจายของฟลูออไรด์ที่ไม่สม่ำเสมอ และมีส่วนประกอบอื่น ๆ บนผิวเคลือบฟัน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยทุกคนได้สรุปว่า จะลดการละลายของผิวเคลือบฟันในบริเวณที่มีฟลูออไรด์สูง แม้ว่าจะมีการกระจายของพื้นที่สูงและการวัดการละลายใช้วิธีต่างกัน ก็สรุปได้ว่าการลดการละลายเป็นส่วนหนึ่งของการป้องกันจากฟลูออไรด์

ดังนั้น ระดับของฟลูออไรด์ที่มีอยู่ในชั้นผิวฟันนั้น เชื่อว่าจะช่วยป้องกันฟันผุได้โดยวัดจากการละลายตัวของผิวเคลือบฟัน มีหลักฐานชี้ชัดว่าฟันที่อยู่ในแหล่งน้ำที่มีฟลูออไรด์จะมีฟันผุต่ำกว่าที่ไม่มีฟลูออไรด์ และยังเชื่อว่าการทาฟลูออไรด์เป็นการเพิ่มระดับฟลูออไรด์ และลดการละลายตัวของผิวเคลือบฟัน

ข. การลดคาร์บอเนต

ปัจจัยการละลายอื่น ๆ นั้นขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอเนตและฟลูออไรด์ในเคลือบฟัน เหมือนกับในกระดูก คาร์บอเนตเป็นแร่ธาตุที่สูญเสียในระยะแรกของฟันผุในสัดส่วนที่สูง (และแมกนีเซียม) มากกว่าในส่วนประกอบของเคลือบฟันที่สมบูรณ์ (Hallsworth, Weatherell และ Robinson, 1973) แสดงว่าไอออนนี้เป็นไอออนที่พร้อมจะละลายออกจากเคลือบฟันมากที่สุด

Ingram (1973) กล่าวว่าเมื่อไฮดรอกซีละปาไทต์ ถูกสร้างขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่มีระดับฟลูออไรด์น้อย คาร์บอเนตไอออนมีแนวโน้มที่จะติดเข้าไปในการเกิดผลึกและกั้นการจับของฟอสเฟต ทำให้ลดการเจริญของผลึกและทำให้ผลึกนั้นไม่บริสุทธิ์จึงมีการละลายตัวมากขึ้น จากผลึกขนาดเล็กและผลึกที่ไม่สมบูรณ์ ความเข้มข้นที่สูงขึ้นของฟลูออไรด์กลับมีผลตรงข้ามคือ เร่งการเจริญของผลึกและลดปริมาณของคาร์บอเนต

Nikiforuk, McLeod, Burgess, Grainger และ Brown (1962) แสดงให้เห็นว่าเคลือบฟันที่มีฟลูออไรด์สูงจะมีคาร์บอเนตต่ำ โดยเฉพาะในฟันที่มีความต้านทานฟันผุ

สัดส่วนคาร์บอเนตต่อฟลูออไรด์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญมากในกลุ่มที่มีฟลูออไรด์สูง และเคลือบฟันไม่ผุเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ สมมติฐานนี้ไม่ได้สรุปว่าฟลูออไรด์เป็นตัวที่ป้องกันเคลือบฟันแต่ผลโดยอ้อมของฟลูออไรด์ทำให้ลดคาร์บอเนตซึ่งมีผลต่อการละลายและการสร้างผลึกไฮดรอกซีละปาไทต์

Cutress (1972) สนับสนุนสมมุติฐานนี้เมื่อพบว่าระหว่างกลุ่มของฟันที่ได้จากพื้นที่ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ที่ต่ำ (P ระหว่าง 0.1-0.5) ระหว่างการละลายและฟลูออไรด์ที่ผิวเคลือบฟัน และมีความสัมพันธ์ที่สูง (P < 0.001) ระหว่างการละลายของเคลือบฟันและคาร์บอเนต

Larsen และ Jensen (1989) ได้ทดลองกับผิวเคลือบฟัน (ที่มีคาร์บอเนตด้วย) ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 2000-3000 ppm พบว่าผลของฟลูออไรด์ต่อการละลายน้อยมากเช่นเดียวกับผลที่ได้ของ Nelson, Featherstone, Duncan และ Cutress (1983) ที่เปรียบเทียบการละลายของก้อนละปาไทต์ที่มีคาร์บอเนตและมีฟลูออไรด์อยู่ 0, 76 และ 713 ppm.

ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่า เมื่อผิวเคลือบฟันมีคาร์บอเนตน้อย จะทำให้มีการละลายตัวของผิวเคลือบฟันน้อยลง เนื่องจากการสร้างผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์จะสมบูรณ์

ค. ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลเพิ่มความต้านทานของเคลือบฟัน

ของเหลวที่อยู่รอบ ๆ ฟัน เช่น น้ำลายและของเหลวของแผ่นคราบจุลินทรีย์จะมีฟลูออไรด์ และขณะที่ pH ลดต่ำลงเมื่อเกิดฟันผุความเข้มข้นของไอออนฟลูออไรด์อิสระจะมากขึ้นโดยมาจากแผ่นคราบจุลินทรีย์ (Birkeland และ Charlton, 1976)

การทดลองโดย Margolis และ Moreno (1990) พบว่าเมื่อ ไฮดรอกซีอะปาไทต์ละลายในน้ำลายที่เป็นกรด ส่วนของเหลวของแผ่นคราบจุลินทรีย์จะปล่อยแคลเซียม ฟอสฟอรัส และฟลูออไรด์ออกมาเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสารละลายอิ่มตัวของฟลูออะปาไทต์ซึ่งจะตกตะกอน เมื่อดึงแคลเซียมและฟอสฟอรัสออกจากสารละลายจะลดความอิ่มตัวลง ทำให้ไฮดรอกซีอะปาไทต์ละลายมากขึ้น จึงเกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟัน แต่จะทดแทนโดยการตกตะกอนของฟลูออออะปาไทต์ นั่นคือผลของฟลูออไรด์ในการลดการละลายโดยขบวนการย้อนกลับ

เมื่อเคลือบฟันละลายจะมีการปล่อยฟลูออไรด์เข้าสู่สิ่งแวดล้อม แต่ฟลูออไรด์ไอออนส่วนใหญ่มาจากแผ่นคราบจุลินทรีย์และน้ำลายซึ่งมาจากการดื่มน้ำและยาสีฟัน จึงทำให้ฟลูออไรด์มีการหมุนเวียนตลอดเวลา และเป็นการอธิบายว่าฟันผุลดลงได้ถ้าได้รับฟลูออไรด์แม้จะหลังจากฟันขึ้นเต็มที่แล้ว โดยธรรมชาติปัจจัยที่เพิ่มระดับความอิ่มตัวของอะปาไทต์ในสารละลายแผ่นคราบจุลินทรีย์ (เช่นการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียม หรือฟอสเฟตไอออน) หรือลดความเข้มของกรดที่มากระทำจะช่วยเพิ่มผลของฟลูออไรด์

<u>การเพิ่มอัตราการเจริญของฟัน</u>

ฟันที่ขึ้นใหม่จะสามารถรับฟลูออไรด์ได้ง่ายและดีกว่าฟันที่ขึ้นมาเป็นเวลานานและเชื่อว่า

ฟันที่ขึ้นใหม่ผิวเคลือบฟัน ยังมีแร่ธาตุไม่สมบูรณ์ ต้องใช้เวลาอีกหลายเดือนในการสะสมแร่ธาตุให้สมบูรณ์ ฟลูออไรด์จะช่วยให้เกิดการตกตะกอนของแร่ธาตุได้เร็วขึ้น

จากการศึกษาปรากฏการณ์ของฟลูออไรด์ในน้ำดื่มพบว่าการได้รับฟลูออไรด์หลังอายุ 6 ขวบ จะมีประสิทธิภาพป้องกันฟันผุได้น้อยกว่าการได้รับฟลูออไรด์ก่อนอายุ 6 ขวบ และจากการศึกษาปรากฏการณ์ของฟลูออไรด์เฉพาะที่ Harris (1959) ได้สรุปว่าการใช้โซเดียมฟลูออไรด์เฉพาะที่ ในช่วง 3,7,11,13 ปีต่อฟันน้ำนมและฟันแท้จะทำให้ฟันดูดซึมสารฟลูออไรด์ได้มาก เพราะเป็นระยะฟันกำลังขึ้น ช่วยให้ฟันแข็งแรงขึ้นเพราะฟลูออไรด์ จะตกตะกอนในพื้นผิวที่ยังมีลักษณะแร่ธาตุน้อยอยู่และยังช่วยเพิ่มอัตราการเจริญของฟันด้วย

การเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนในรอยโรค

G.V. Black ได้กล่าวว่า ความสำคัญของโรคฟันผุคือจุดขาวซึ่งมีลักษณะทึบแสง มีแร่ธาตุหายไปประมาณ 30-50μ จากผิวบนของเคลือบฟัน เมื่อสภาพทั่วไปเป็นกรดการละลายของแร่ธาตุจะเกิดขึ้นจนเป็นโพรง ถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปมีน้ำลายมากขึ้น ตำแหน่งดังกล่าวจะหยุดการละลาย เพราะเริ่มมีการตกตะกอนของแร่ธาตุในตำแหน่งนั้น สีน้ำตาลซึ่งเป็นผลของสารอินทรีย์จะหายไป ถึงแม้ว่าน้ำลายจะเป็นสารละลายที่เสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนตามธรรมชาติแต่ก็พบว่าฟลูออไรด์และสารละลายสังเคราะห์จะมีประสิทธิภาพมากกว่า

Head (1912) เป็นผู้กล่าวคนแรกเกี่ยวกับการดึงแร่ธาตุคืนกลับโดยน้ำลาย

Myers, Hamilton และ Becks (1952) แสดงให้เห็นว่าเมื่อฟันสัมผัสกับสารละลาย $Na^{18}F$ แล้ว ^{18}F จะติดกับผิวเคลือบฟันเป็นชั้นบาง ๆ ถ้าความเข้มข้นของฟลูออไรด์สูงจะสามารถลงลึกไปในตำแหน่งที่เป็นรอยด่างขาวหรือผิวเคลือบฟันที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งแสดงว่าฟลูออไรด์จะเข้าสู่ผิวเคลือบฟันที่เริ่มผุได้ในสิ่งมีชีวิต

Dowse และ Jenkins (1957) ได้วิเคราะห์เคลือบฟันที่ฝนออกจากฟันที่เริ่มผุจากพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์สูงและต่ำ พบว่ามีความเข้มข้นของฟลูออไรด์บริเวณฟันผุสูงกว่าเคลือบฟันปกติที่ฝนออกมาที่ความลึกเท่ากันจากฟันชี่เดียวกันถึง 2-3 เท่า

Hallsworth และ Whetherell (1969) ได้ยืนยันว่ามีฟลูออไรด์สูงในฟันที่เริ่มผุ

Koulourides, Keller, Mansson-Hing และ Lilley (1980) ได้เสนอว่าการรับฟลูออไรด์หลังจากกัดกรดเป็นการปรับตัวต่อการเกิดฟันผุ

มีข้อสรุปที่เป็นไปได้หลายอย่างเกี่ยวกับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในเคลือบฟันที่ผุ ดังนี้

1. การละลายของผลึกอะปาไทต์ไปทำให้เคลือบฟันส่วนนั้นพรุนและทำให้ฟลูออไรด์จากน้ำลายและแผ่นคราบจุลินทรีย์เข้าไปในเคลือบฟันชั้นใน

2. ผลึกที่ละลายง่ายกว่ามีฟลูออไรด์ต่ำได้ละลายไปก่อนเหลือแต่พวกละลายยากจึงมีฟลูออไรด์สูง

3. ในช่วงที่มีการกัดของกรด มีการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนมีการสะสมอะปาไทต์ใหม่และได้รับฟลูออไรด์มากขึ้นจากสิ่งแวดล้อมของฟันที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์สูงกว่า (อย่างน้อย 0.05 ppm.) ในน้ำของเนื้อเยื่อ (0.01 ppm.) จากที่ผลึกสร้างขึ้นในตอนแรก

Backer Dirks (1966) ให้ความสนใจและรายงานว่า รอยโรคสีขาวในฟันของเด็ก 8 ขวบไม่เกิดเป็นรูผุและหายไปเมื่ออายุ 15 ปี ซึ่งคล้าย ๆ กับการศึกษาของ (von der Fehr, Loe และ Theilade, 1970; Edgar, Geddes, Jenkins, Rugg-Gunn และ Howell, 1978) เมื่อหยุดแปรงฟัน 23 วัน (Vonder Fehr และผู้ร่วมงาน) หรือแม้แต่ 9 วัน (Edgar และคณะ, 1978) ระหว่างนั้นอมบ้วนปากด้วย 10% ซูโครสวันละ 6 ครั้ง จะมีรอยโรคสีขาวซึ่งเป็นฟันผุระยะแรกเมื่อตรวจโดยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 15 เท่า) เมื่อให้รักษาสุขภาพในช่องปากและบ้วนปากด้วยน้ำยาฟลูออไรด์หลายอาทิตย์รอยโรคสีขาวก็หายไป

Hyde (1973) ใช้ 8% สแตนนัสฟลูออไรด์และ APF (1.2% ฟลูออไรด์) บริเวณที่เริ่มผุของฟันกรามชี่แรก ติดตามผลด้วยเอกซเรย์ ตรวจ ทุก 6 เดือน เป็นเวลา 2 ปี ผลที่ได้ค่อนข้างดีถ้ายิ่งทาฟลูออไรด์มากเท่าไหร่ โอกาสป้องกันฟันผุยิ่งมาก ไม่ว่าจะใช้ฟลูออไรด์ในรูปแบบใดก็ตาม

Koulourides, Cueto และ Pigman (1961) พบว่าสารละลายแคลเซียมฟอสเฟตจะทำให้ผิวฟันที่โดนกรดกัดแข็งขึ้น อัตราการแข็งขึ้นขึ้นกับระดับของการอิ่มตัวในสารละลายและภาวะกรดด่าง ถ้าภาวะการอิ่มตัวมาก, ภาวะกรดด่างมากจะเกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนรวดเร็วแต่ไม่สมบูรณ์ เพราะการตกตะกอนบนผิวมีขีดจำกัดคือ การกระจายของไอออนจะน้อยลง

ดังนั้นในผิวที่ค่อนข้างลึกจะเกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนในอัตราต่ำ

Silverstone (1972) รายงานว่าจะเกิดการตกตะกอนที่ผิวและค่อย ๆ ซึมซับลงไปในส่วนลึก การเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนจะประกอบไปด้วย แคลเซียม 1-5 มิลลิโมล ฟอสเฟต 1-3 มิลลิโมล และมีแคลเซียมต่อฟอสเฟตในอัตราส่วน 1.67 คล้ายกับไฮดรอกซีอะปาไทต์ ซึ่งอาจเตรียมจากการละลายไฮดรอกซีอะปาไทต์ ด้วยกรดและปรับสภาวะให้เป็นด่างใน pH 6-7 ด้วยโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

สารละลายไดแคลเซียมฟอสเฟต (Ca/P = 1.0) ใช้ในการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนของจุดด่างขาวเติม เกลือและฟลูออไรด์เข้าไปช่วยให้เกิดสมดุล และปรับระดับภาวะกรดด่างให้สารละลาย ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ น้ำลายก็ทำให้เกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนได้ แต่ให้ผลไม่ดีนัก ถึงแม้ความเข้มข้นของแคลเซียม และฟอสเฟตในน้ำลาย จะมีประสิทธิภาพ แต่ส่วนใหญ่จะรวมกับโปรตีนในน้ำลาย ดังนั้นการเกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนในน้ำลายจึงมีข้อจำกัด

ตัวเร่งให้เกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนบนผิวที่ถูกกรดกัดคือฟลูออไรด์พบว่าใน 1 ppm. จะถูกกระตุ้นเป็น 4 ถึง 5 เท่า ส่วนบริเวณจุดขาวจะเป็น 2 เท่าและพบการตกตะกอนแร่ธาตุบนผิวปกติ

การรบกวนความเป็นอยู่ของเชื้อบัคเตรี

ฟลูออไรด์ปริมาณต่ำจะป้องกันการเกิดกรดของจุลินทรีย์ ปริมาณสูงจะระงับการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ถ้ามีปริมาณของฟลูออไรด์สูงมาก จะทำให้จุลินทรีย์ตาย

Jenkin (1959) พบว่า ปริมาณฟลูออไรด์ต่ำป้องกันการเกิดกรดได้ เมื่อ pH 5 ฟลูออไรด์ 6 ppm จะป้องกันการเกิดกรดจากกลูโคส เมื่อฟลูออไรด์ 8 ถึง 10 ppm pH จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดภาวะด่างในน้ำลาย โซเดียมฟลูออไรด์กลับไม่มีผล เนื่องจากไม่มีการแตกตัวของฟลูออไรด์ในด่าง

การใช้ฟลูออไรด์ทาเฉพาะที่จะทำให้การสะสมแผ่นคราบจุลินทรีย์น้อยลง การบ้วนปากด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ หรือ เอมีนฟลูออไรด์จะทำให้แผ่นคราบจุลินทรีย์ลดลงร้อยละ 20 ถึง 30

Tinanoff, Brady และ Gross (1976) พบว่าการบ้วนปากด้วยน้ำยาฟลูออไรด์จะลดบัคเตรีลงสแตนนัสฟลูออไรด์จะมีประสิทธิภาพมากและจะลดการยึดติดของบัคเตรีด้วยกัน และกับผิวเคลือบฟัน

ฟลูออไรด์ไม่สามารถคงอยู่ในแผ่นคราบจุลินทรีย์ได้นอกจากจะเกาะอยู่โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง และทำให้มีผลต่อการยับยั้งการสร้างกรด

ส่วนประกอบของแผ่นคราบจุลินทรีย์ที่อาจจะจับฟลูออไรด์ได้ คือ

1. โปรตีนและโพลีเซคคาไรด์

2. แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส ที่เข้มข้นสูง ถ้าอยู่ในรูปของอะปาไทต์ (apatite) จะจับอย่างแน่นในรูปของฟลูออโรไฮดรอกซีอะปาไทต์

3. บัคเตรี

การเข้าสู่เซลบัคเตรีของฟลูออไรด์ (Murray และคณะ, 1991)

โดยปกติ pH ในเซลของบัคเตรีจะสูงกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอก ถ้า pH ของตัวกลางที่มีฟลูออไรด์ต่ำลง (เมื่อความเข้มข้นของ H^+ สูงขึ้น) บางส่วนของฟลูออไรด์ ไอออนจะเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนฟลูออไรด์ โมเลกุลซึ่งจะเข้าไปในเซลของบัคเตรีเพราะผนังเซลจะยอมให้ผ่านได้ (แต่ไม่ให้ฟลูออไรด์ไอออนอิสระผ่าน) เป็นการอธิบายว่าบัคเตรีไวต่อฟลูออไรด์ที่ pH ต่ำ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ เมื่อเข้าสู่ภาวะ pH สูงในเซลก็จะแตกตัวอีกครั้งเป็นไฮโดรเจน และฟลูออไรด์ไอออน ทำให้เกิดผลตามมา 3 อย่าง

1. จะลดความเข้มข้นของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ในเซลลงเพื่อคงสภาพความแตกต่างในและนอกเซลและเพิ่มให้มีการเข้าสู่เซลมากขึ้น

2. เพิ่มความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนในเซลซึ่งคิดว่าจะทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์

3. เพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (pH ต่ำลง) ในเซลอาจจะถึงระดับที่ pH ไม่เหมาะสมในการสร้างกรดของเอนไซม์ ดังนั้นอาจจะลดลงจนถึงหยุดในสมมติฐานนี้ การ

หยุดยั้งไม่ได้เกิดจากฟลูออไรด์ไอออนโดยตรงแต่ฟลูออไรด์ (โดยไฮโดรเจนฟลูออไรด์) เป็นตัวเพิ่มไฮโดรเจนไอออนในเซล

ปัจจัย 2 อย่างที่ควบคุมการเข้าสู่เซลของฟลูออไรด์ คือความเข้มข้นของฟลูออไรด์นอกเซลและความแตกต่างของ pH การเข้าสู่เซลไม่ขึ้นอยู่กับขบวนการเมตาบอลิซึม คือจะเกิดขึ้นแม้ว่าขาดน้ำตาล (แม้ว่ามีน้ำตาลก็เพิ่มการได้รับโดยการลดลงของ pH) และไม่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช่วง 22-37 ° C

ตำแหน่งหลักของการยับยั้งของฟลูออไรด์ใน Emden-Myerhof pathway (รูปที่ 3) ของการสร้างกรดคือ เอนไซม์ อีโนเลส ซึ่งเปลี่ยนกรดฟอสโฟไกลซีริค (PG) เป็นกรดฟอสโฟอีโนไพรูวิค (PEP) เมื่อปฏิกิริยานี้ถูกขัดขวางกรด PG จะรวมตัวกันและผลผลิตที่ตามมาเช่น PEP และ กรดแลคติกจะไม่เกิดขึ้นทำให้มีผลตามมาหลายอย่างในแผ่นคราบจุลินทรีย์ ได้แก่

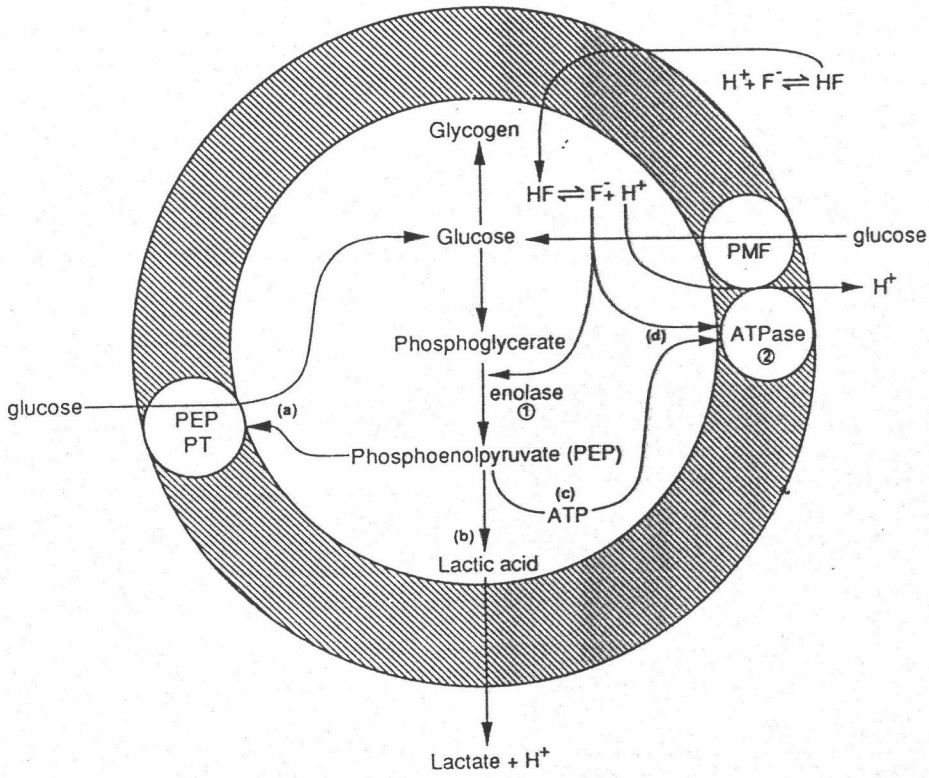
1. การสร้างแลคเตตลดลง จะทำให้ความสามารถของบัคเตรีในแผ่นคราบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดฟันผุลดลง

2. บัคเตรีจำนวนมาก ต้องการใช้กรด PEP ในการดึงกลูโคส (the PEP phosphotransferase system) ดังนั้นการดึงกลูโคสจะลดลงโดยฟลูออไรด์

3. บัคเตรีหลายชนิดรวมทั้งสเตรฟ มิวแทน รับกลูโคส (และสารอาหารบางชนิดด้วย) โดย "proton motive force" ขบวนการนี้ขึ้นกับความสามารถของตัวเชื้อในการขับโปรตอน ซึ่งควบคุมโดยเอมไซม์ซึ่งไวต่อฟลูออไรด์ คือ proton translocating ATP ases ว่ายับยั้งได้โดยความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ต่ำเท่ากับในสารละลายของแผ่นคราบจุลินทรีย์ ดังนั้นการลดการผลิต PEP และยับยั้ง การปล่อยโปรตอนเป็นกลไกของฟลูออไรด์ที่รบกวน
การรับกลูโคสของแบคทีเรีย

4. การรับกลูโคสที่ลดลงก็จะป้องกันการสังเคราะห์ไกลโคเจน (แป้งในเซลที่เก็บคาร์โบไฮเดรต) ซึ่งมีหน้าที่ทำให้บัคเตรีในปากสามารถสร้างกรดต่อเนื่องหลังจากอาหารที่เป็นน้ำตาลถูกชะล้างออกโดยน้ำลาย

5. ผลของฟลูออไรด์ในการลด pH ภายในบัคเตรีจากการแตกตัวของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ดังกล่าวมาแล้ว



รูปที่ 3 ไดอะแกรม แสดงวงจรการรับกลูโคสโดยบัคเตรี และตำแหน่งของการยับยั้งโดยฟลูออไรด์ (Murray และคณะ, 1991)

การพัฒนารูปร่างของฟัน

การใช้ฟลูออไรด์ทางระบบ จะช่วยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฟัน Forrest (1956) กล่าวว่า ในพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์สูงของประเทศอังกฤษ และแอฟริกาใต้มักพบฟันที่มีลักษณะยอดฟันกลมบน และร่องฟันตื้น

Waellenius (1959) รายงานว่า จากการวัดแบบจำลองฟัน 10,000 ชิ้นของเด็ก 419 คน พบว่าในกลุ่มที่มีฟลูออไรด์ในน้ำ 0.5-1.0 ppm. ฟันจะกว้างกว่ากลุ่มที่มีฟลูออไรด์น้อยกว่า 0.5 ppm อยู่ร้อยละ 1.7 แต่ส่วนใหญ่จะเห็นชัดในฟันล่างของเด็กผู้ชายและในฟันเด็กผู้หญิง ส่วนในฟันบนของเด็กผู้ชายนั้นแตกต่างกันเพียงร้อยละ 1

Simpson และ Castaldi (1969) รายงานว่าฟันในบริเวณที่มีฟลูออไรด์ 1.2 ppm ในแคนาดา จะมีขนาดใหญ่กว่าฟันในบริเวณที่มีปริมาณฟลูออไรด์น้อยและมีร่องฟันตื้นกว่าด้วย ความแตกต่างจะเห็นชัดเจนในฟันกรามล่าง นอกจากนั้นมุมระหว่างยอดฟันกว้างกว่าอีกด้วย

Lovius และ Goose (1969) ได้วัดยอดฟันจากกลุ่มเด็ก 100 คนจากพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์และไม่มีฟลูออไรด์ของ anglesey และสรุปว่าฟันกรามจะเล็กลงเล็กน้อยและยอดฟันเตี้ยลง แต่ไม่มีนัยสำคัญ

Aasenden และ Peebles (1974) ศึกษาในเด็ก 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นเด็กที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำดื่มฟลูออไรด์ แต่ให้ทานฟลูออไรด์ช่วงสั้น ๆ หลังจากเกิดโดยให้ฟลูออไรด์ 0.5 มิลลิกรัม จนถึง 3 ขวบ และต่อมาให้ 1.0 มิลลิกรัม กลุ่มที่สองเป็นเด็กมาจากที่เดียวกันแต่ไม่ได้รับฟลูออไรด์ กลุ่มที่สามมาจากเด็กที่อยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำดื่มฟลูออไรด์ลักษณะของ หลุมและร่องฟันในฟันถูกสังเกตุบันทึก และพบว่ากลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์กลุ่มแรกมีปริมาณ ฟันตกกระมากที่สุด มีร่องตื้นที่สุด ฟันผุน้อยที่สุด

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมฟลูออไรด์ในฟัน</u> (Mellberg และคณะ, 1983)

องค์ประกอบจัดแบ่งไว้ 3 อย่าง

1. ปัจจัยทางฟัน
2. รูปแบบของการให้
3. ขบวนการให้

1. ปัจจัยทางฟัน

1.1 อายุของฟัน ฟันที่เริ่มขึ้นในช่องปากจะมีแร่ธาตุน้อย แร่ธาตุของเคลือบฟันจะสมบูรณ์หลังจากระยะเวลาหนึ่ง เมื่อแคลเซียม, ฟอสเฟต และสารแร่ธาตุบางอย่างบรรจุเต็มที่ว่างระหว่างไฮดรอกซีอะปาไทต์ เมื่อรูพรุนลดลงจำนวนฟลูออไรด์จะซึมเข้าสู่เคลือบฟันก็ลดลง

1.2 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ตามธรรมชาติ เนื่องจากฟลูออออะปาไทต์ละลายได้น้อยกว่าไฮดรอกซีอะปาไทต์ ดังนั้นเคลือบฟันที่มีฟลูออไรด์ตามธรรมชาติสูงจะละลายตัวช้าและต้องการฟลูออไรด์น้อย

1.3 ตำหนิของเคลือบฟัน เช่นการเกิดฟันผุ, จุดขาวขุ่น, ส่วนแตกเล็ก ๆ, บริเวณแร่ธาตุน้อย ขอบของวัสดุอุด ผิวเคลือบฟันซึ่งมีการเสียดสี การสึกและผิวเคลือบฟันที่ถูกกรด ต้องการปริมาณฟลูออไรด์มากกว่าผิวเคลือบฟันปกติ

1.4 เนื้อฟัน/เคลือบรากฟัน ในชั้นเนื้อฟันและเคลือบรากฟันจะรับฟลูออไรด์ได้มากกว่าเคลือบฟัน

2. รูปแบบของการให้ฟลูออไรด์

2.1 ชนิดของฟลูออไรด์ จะพบว่าสแตนนัสฟลูออไรด์จะช่วยลดการละลายตัวของเคลือบฟันมากกว่า APF แต่ APF ดูดซึมได้ดีกว่า

2.2 pH pHต่ำผิวเคลือบฟันจะถูกละลาย แคลเซียมจะรวมกับฟลูออไรด์ เป็นแคลเซียมฟลูออไรด์ และมีการดูดซึมฟลูออไรด์เกิดขึ้น

2.3 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ ในแง่การใช้เฉพาะที่ฟลูออไรด์ยิ่งมีความเข้มข้นสูงจะทำให้มีการสะสมมากขึ้น

2.4 ส่วนผสม ของสารละลายฟลูออไรด์ ได้แก่

2.4.1 สารเพิ่มความข้น สารไฮดรอกซีเอทิวเซลลูโลสจะลดการดูดซึมของฟลูออไรด์ ดังนั้นต้องเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ให้สูงขึ้น แต่ถ้าความหนืดยิ่งมีมากการดูดซึมฟลูออไรด์จะ

ลดลง

2.4.2 <u>สารให้ความชื้น</u> ประกอบไปด้วยกลีเซลรอล, ซอร์บิทอลและ โพรไพลิน ไกลคอล ป้องกันความแห้งซึ่งจะลดการดูดซึมฟลูออไรด์ได้

2.4.3 <u>สารขัดสี</u> บางตัวก็ทำปฏิกิริยากับฟลูออไรด์อย่างรวดเร็วเช่น แคลเซียม คาร์บอเนต บางตัวก็ช้า เช่น ซินเตอร์ อลูมิเนียมออกไซด์ และบางตัวไม่ทำปฏิกิริยาเช่นโซเดียม เมตาฟอสเฟต สารประกอบซิลิกาจะทำปฏิกิริยากับฟลูออไรด์

$$\text{เป็น} \quad 6HF + SiO_2 \longrightarrow H_2SiF_6 + 2H_2O$$

แต่ตัว H_2SiF_6 เป็นฟลูออไรด์ที่แอคทีฟที่อยู่ในน้ำดื่มดังนั้นประสิทธิภาพก็ไม่ลดลง

3. ขบวนการให้ฟลูออไรด์

3.1 <u>ความสะอาดของผิวเคลือบฟัน</u> - การทำความสะอาดผิวเคลือบฟันจะช่วยให้ฟลูออไรด์ถูกดูดซึมได้ดีจากการทา การทำความสะอาดโดยวิธีขัดด้วยผงขัดจะกำจัดชั้นของน้ำลาย ซึ่งเป็นตัวขัดขวางการดูดซึมของฟลูออไรด์

3.2 <u>ผลของเวลา</u> - การใช้เวลาสัมผัสฟลูออไรด์นานจะมีผลของการแพร่ของฟลูออไรด์เข้าไปในเคลือบฟันนั้นมากขึ้น บางส่วนจะแพร่กลับออกมาใน 24 ชม. ในปริมาณฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นสูงการซึมผ่านเข้าสู่เคลือบฟันจะเร็วในช่วงแรกและจะช้าในเวลาต่อมา ยิ่งต้องการฟลูออไรด์ซึมเข้าไปลึกเท่าไรต้องใช้เวลามากเท่านั้น

3.3 <u>อุณหภูมิ</u> การตกตะกอนของฟลูออไรด์ในเคลือบฟันมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

3.4 <u>จำนวนครั้งของการให้</u> การสัมผัสกับฟลูออไรด์บ่อยมากจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.5 <u>การให้ APF และสแตนนัสฟลูออไรด์</u> มีการทดสอบโดยใช้ฟลูออไรด์ทั้ง 2 ชนิด รวมกันพบว่าเมื่อใช้ APF และตามด้วย SnF_2 ช่วยทำให้ผิวฟันบริเวณรากและเคลือบฟันละลายได้น้อยกว่าที่ใช้ตัวใด ตัวหนึ่งและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะล้างออกด้วยน้ำได้ยาก

3.6 <u>การกระทำผิวเคลือบฟันก่อน</u> ผิวเคลือบฟันที่ถูกกรด 0.01 ถึง 0.1 N กรดฟอสฟอริก ใน 1 นาที จะดูดซึมฟลูออไรด์ได้มากกว่า ผิวเคลือบฟันที่ไม่ถูกกรดกัด

3.7 <u>การใช้เคลือบฟันป้องกัน</u> การกระจายกลับออกมาจากเคลือบฟันของฟลูออไรด์จะละลายไปกับน้ำลาย การป้องกันการละลายกลับและการเพิ่มเวลาในการดูดซึมฟลูออไรด์ การใช้สารบางอย่างเคลือบไปบนผิวเคลือบฟันเช่น ไซยาโนอะคริเลต, ซิแลนท์ หรือเลคเกอร์ จะป้องกันการละลายไปกับน้ำลาย

3.8 <u>การเป็นประจุไฟฟ้า</u> - เนื่องจากฟลูออไรด์เป็นตัวไอออนและเคลื่อนที่ในวงจรไฟฟ้าจึงเชื่อว่าถ้ามีวงจรไฟฟ้าในฟันจะช่วยให้ฟลูออไรด์ดูดซึมได้ดีขึ้น แต่การทดลองยังไม่ชัดแจ้งนัก

<u>ขบวนการใช้ฟลูออไรด์ในผู้ป่วยจัดฟัน</u>

1. ผงขัดฟันผสมฟลูออไรด์

การใช้ผงทำความสะอาดและขัดฟัน (pumice, zircate และผงขัดอื่น ๆ) ก่อนการยึดแบรกเก็ตในการจัดฟันอาจทำให้สูญเสียผิวของเคลือบฟัน ซึ่งไม่ต้องการให้เกิดขึ้น โดยปกติผิวนอกของเคลือบฟันมีระดับของฟลูออไรด์สูงและต้านทานต่อฟันผุได้มากกว่าเคลือบฟันที่ถัดลงไป การสูญเสียฟลูออไรด์อาจแก้ไขโดยใช้ผงขัดฟลูออไรด์อาจจะกระจาย ซึ่งสามารถลดปริมาณฟันผุลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้ขัดทุก 6 เดือน ขณะที่ผลการใช้ผงขัดธรรมดาไม่มีนัยสำคัญ แม้ว่าผงขัดฟลูออไรด์จะดีกว่าผงขัดไม่มีฟลูออไรด์ในการป้องกันตามปกติ แต่ไม่สามารถจะใช้ทดแทนการให้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันได้

ในการค้นพบต่อมาชี้ว่าฟันผุลดลงหลังจากการใช้ผงขัดฟลูออไรด์ 2 อาทิตย์ต่อครั้ง แต่การให้ฟลูออไรด์โดยการขัดด้วยเครื่องมือหมุนไม่เหมาะกับการรักษาทางจัดฟัน

การใช้ผงขัดฟลูออไรด์ร่วมกับการให้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ ปรากฏว่ามีผลเพิ่มเพียงเล็กน้อย ตั้งแต่ที่พบว่าการใช้ผงขัดฟลูออไรด์ร่วมกับการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ไม่มีผลมากกว่าการให้

ฟลูออไรด์เฉพาะที่อย่างระมัดระวังร่วมกับ ผงขัดที่ไม่มีฟลูออไรด์

2. สารละลายฟลูออไรด์สำหรับใช้เฉพาะที่

สารละลายฟลูออไรด์เฉพาะที่ที่ใช้โดยทั่วไปคือ

2% neutral sodium fluoride (NaF)

acidulated phosphate fluoride (APF) ที่ pH ประมาณ 3 และมีฟลูออไรด์ ร้อยละ 1.2

และ 8-10% Stannous fluoride (SnF_2)

APF เป็นที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบัน สารละลายนี้มีความเป็นกรดจะช่วยให้เคลือบฟันได้รับฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นและฟอสเฟตที่เกินจะมีผลลดการละลายของเคลือบฟันและการสร้างแคลเซียมฟลูออไรด์ เหตุผลในการเลือก APF คือมีการสะสมฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันปกติมากกว่าสารตัวอื่น คล้ายกับว่าผลต้านฟันผุของฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงที่ให้ไม่บ่อยสัมพันธ์กับการเพิ่มระดับฟลูออไรด์ในเคลือบฟัน แต่ยังไม่เป็นที่ชัดเจนนัก ตามทฤษฎีว่าฟลูออไรด์มีผลในการลดฟันผุและเพิ่มการสะสมแร่ธาตุของเคลือบฟันที่มีแร่ธาตุต่ำ Jeansonne และ Feagin (1972) พบว่า NaF ให้ผลที่ต้องการมากที่สุด แม้ว่าการทดลองส่วนใหญ่ใช้ SnF_2 แต่ยังใช้น้อยกว่า NaF เนื่องจาก SnF_2 ทำให้เกิดสีในฟัน นอกจากนั้นยังไม่คงสภาพในสารละลาย และรสไม่ดีอีกด้วย

การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่โดยทำความสะอาดและทำฟันให้แห้งแล้วทาฟันให้ชุ่มด้วยสารละลายฟลูออไรด์เป็นเวลา 4 นาที และใช้สำลีชุ่มสารละลายทาบ่อย ๆ การใช้สารละลายอาจจะทาเพียง 1 ใน 4 ของปาก หรือครึ่งปากแล้วแต่บริเวณที่กันน้ำลายได้ในผู้ป่วยแต่ละคน ต้องไม่มีน้ำลายเข้ามาระหว่างการทา งดบ้วนปากหรือรับประทานอาหารหลังจากทาอย่างน้อย 1/2 ชั่วโมง

การใช้สารละลายฟลูออไรด์ในเด็ก อาจพัฒนาวิธีการโดยใส่สารละลายในถาด หรือใช้ในรูปของวุ้น ต่อมาได้มีการพัฒนาในการเพิ่มการคงอยู่และการแทรกซึมของการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่โดยการทากรดฟอสฟอริคเจือจางที่ฟันก่อนใช้ฟลูออไรด์จะเป็นการกัดเคลือบฟันอย่างอ่อน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการรับฟลูออไรด์อีกทางคือให้ฟลูออไรด์สัมผัสกับฟันนานขึ้น

I17156099.

ในการป้องกันหรือลดฟันผุข้างใต้และรอบ ๆ ปลอกโลหะรัดฟันของการรักษาทางจัดฟันมีหลายรายงานชี้ถึงประสิทธิภาพของการใช้สารละลายฟลูออไรด์เฉพาะที่หลายชนิดรวมทั้ง SnF_2, NaF และ APF Muhler (1970) รายงานว่ามีผลต้านฟันผุอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 2 ปี ของการทดลองในผู้ป่วยที่รักษาทางทันตกรรมจัดฟันด้วยผงขัดฟัน SnF_2 และทาด้วยสารละลาย 10% SnF_2 1 ครั้งแล้วให้ใช้ยาสีฟัน SnF_2

Dimitriadis และ Sassouni (1973) รายงานว่าการใช้ APF เฉพาะที่ลดการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันใต้ปลอกโลหะรัดฟันในการจัดฟันอย่างน้อย 6 อาทิตย์ในร้อยละ 70 ของผู้ป่วย

สรุป การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่โดยการทำความสะอาดและทำฟันให้แห้งอาจจะเป็นประโยชน์ก่อนการใส่เครื่องมือจัดฟัน การใช้สารละลาย NaF ที่เป็นกลางหรือกรด ต้องทำก่อนใส่เครื่องมือหลายวันและเมื่อปลอกโลหะรัดฟันต้องยึดติดใหม่ อย่างไรก็ตามสารละลายฟลูออไรด์นั้นอาจให้ยากจึงควรใช้วุ้นฟลูออไรด์จะเหมาะสมกว่าเมื่อใช้เป็นประจำ

3. วุ้นฟลูออไรด์

การใช้ฟลูออไรด์ในรูปวุ้น อาจจะเป็นการให้โดยทันตแพทย์โดยถาดเฉพาะบุคคลและ/หรือการใช้เองโดยใช้ถาดหรือแปรงฟัน (ตารางที่ 1) มีรายงานของผลสำเร็จของวุ้น (ตารางที่ 2) ไม่มากเท่ากับการใช้สารละลายฟลูออไรด์ แต่วิธีการได้ยอมรับมากขึ้นเพราะง่ายกว่าเมื่อเทียบกับขบวนการให้ปกติ เนื่องจากการกระจายตัวยากของวุ้น คือ การที่เคลือบฟันจะได้รับฟลูออไรด์อาจจะน้อยกว่าการใช้สารละลาย (Mellburg, Nicholson และ Trubmen, 1973) อย่างไรก็ตามก็มีข้อมูลว่าวุ้น APF มีความดีเทียบเท่า (Wei, 1973) หรือสูงกว่าฟลูออไรด์เฉพาะที่อื่น ๆ รวมทั้งสารละลาย APF ในการสะสมระดับของฟลูออไรด์ที่สูงกว่าในผิวเคลือบฟันและลดการเริ่มเกิด รวมทั้งการกระจายของรอยฟันผุในหลอดทดลอง (Silverstone, 1974) วุ้นอาจจะคงอยู่บนเคลือบฟันเป็นระยะนานกว่าสารละลายและไม่ถูกล้างออก ดังนั้นวุ้นจะช่วยคงสภาพแหล่งของฟลูออไรด์ไอออน บนผิวเคลือบฟันทำให้ได้รับต่อไป (Silverstone, 1974)

วุ้นฟลูออไรด์อาจจะมีทั้ง SnF_2 และ NaF แต่การศึกษาส่วนใหญ่จะใช้ APF และ SnF_2 วุ้น APF สำหรับการใช้ของทันตแพทย์มี 1.2% ฟลูออไรด์จากโซเดียมฟลูออไรด์ใน 0.1M กรดฟอสฟอริคที่เป็นวุ้นมี pH 3 เมื่อการใช้เป็นประจำวันที่บ้าน วุ้น APF จะมีฟลูออไรด์ต่ำลง และมีความเป็นกรดต่างสูงขึ้น วุ้น APF มีหลายบริษัท และมีรสต่าง ๆ กันตามความชอบ

การใช้วุ้น APF ในคลินิคให้โดยวิธีพิมพ์ฟันหรือทา การจะให้ผลดีที่สุดขึ้นอยู่กับการสัมผัสกันของวุ้นและผิวฟัน ซึ่งจำเป็นสำหรับการสะสมฟลูออไรด์วิธีการพิมพ์ฟันขึ้นกับ การใช้ถาดสำหรับแต่ละคน ซึ่งมีหลายชนิด (ถาดพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง, ถาดโฟม, ผงพิมพ์ฟัน, ถาดขี้ผึ้ง และอื่น ๆ) ซึ่งควรจะกระชับพอดีรอบ ๆ ฟันในขากรรไกร หลังจากการขัดและเป่าแห้งของฟัน ใส่วุ้น 2-3 มิลลิลิตรในถาดใส่ในปากคลุมฟันในแต่ละขากรรไกร 4 นาที ปัจจุบันมีถาดที่สามารถให้พร้อมกันทั้ง 2 ขากรรไกร วุ้นส่วนเกินและน้ำลายถูกกำจัดออกระหว่างการให้ เมื่อเอาถาดออกแล้วใช้สำลีเช็ดฟันผู้ป่วยงดรับประทานอาหารและบ้วนปาก 30 นาที

ในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน การใช้วุ้นฟลูออไรด์จะสะดวกขึ้นเมื่อใช้ในวันที่พิมพ์ปาก ทำแบบจำลองฟันเพื่อการศึกษา โดยอาจจะใช้ถาดโฟมที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง หรือแบบพิมพ์ฟันจากผงพิมพ์ฟันที่ปิดเฉพาะตัวฟัน ซึ่งทั้งสองอย่างสามารถให้ฟลูออไรด์ทั้ง 2 ขากรรไกร (โดยมีขอบถาดสั้นลง) ช่วยลดเวลาการให้ฟลูออไรด์ลงเหลือ 4 นาที ประโยชน์ของการให้วุ้น APF โดยการใช้แบบพิมพ์ฟันคือ แคลเซียมไอออนอิสระในผงพิมพ์ฟันอาจรวมกับฟลูออไรด์ตามผิวของผงพิมพ์ฟันและวุ้นฟลูออไรด์แต่ชั้นของวุ้นที่แตะกับฟันจะไม่มีผล (Silverstone, 1974) อาจจะพิมพ์ฟันเพิ่มอีกเพราะว่าเป็นการยาก ที่จะล้างวุ้นที่เหลือออกจากแบบพิมพ์ฟันก่อนเทปูน

การใช้วุ้น SnF_2 ไม่กว้างขวางเพราะไม่อยู่ตัวในตัวกลางที่เป็นน้ำซึ่งแก้ปัญหาโดยให้ SnF_2 อยู่ตัวในสารละลายกลีเซอริน

Landry และ Shannon (1973) รายงานการใช้วุ้นฟลูออไรด์ในผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันเป็นการทดลองระยะสั้น ซึ่งพบว่ามีการลดลงของการละลายของเคลือบฟันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้วุ้น 0.4% SnF_2 ทุกวัน โดยวิธีใส่วุ้นใส่ที่แปรงฟันแล้วทาที่ฟันทุกซี่ แล้วขยับแปรงเป็นเวลา 10 วินาที หลังจากแปรงฟันนอนทันที มีการศึกษาของ Shannon (1973) แสดงให้เห็นว่าร้อยละ 58 ของผู้ป่วยจัดฟันที่ไม่ใช้วุ้น มีการสูญเสียแร่ธาตุ เมื่อถอดปลอกโลหะรัดฟันออกหลังจาก 18-24 เดือนและมีเล็กน้อยเพียงร้อยละ 2 ของผู้ป่วย 51 คนที่ใช้วุ้น SnF_2 ทุกวัน มีการสูญเสียแร่ธาตุ

ของฟันในภาวะเดียวกัน เมื่อรสของวุ้น SnF_2 ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นและความเข้มข้นของสแตนนัสไอออนที่ไม่ติดสีส่วนผิวนอกของฟัน (Landry, 1973;Shannon, 1972) วิธีนี้จะเป็นประโยชน์มากขึ้นในผู้ป่วยจัดฟัน

สรุป วุ้นฟลูออไรด์เฉพาะที่มีการใช้ที่สะดวกในคลินิคจึงใช้แทนที่สารละลายฟลูออไรด์ก่อนติดเครื่องมือจัดฟัน การใช้วุ้น APF ควรจะทำเป็นประจำในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

ตาราง 1 การใช้โดยทั่วไปของวุ้นฟลูออไรด์เฉพาะที่

Fluoride compound	Fluoride		Application
	%	ppm	method
Professional-applied			
APF	1.2	12.300	mouthtray
NaF	0.9	9.040	mouthtray
Self-applied			
APF	0.5	5.000	mouthtray
NaF	0.5	5.000	mouthtray
			toothbrush
SnF_2	0.1	1.000	toothbrush

The percent concentration on a product label may apply to the concentrantion of either the fluoride ion or the fluoride compound [from Ripa, 1989].

ตารางที่ 2 การศึกษาการใช้วุ้นฟลูออไรด์โดยทันตแพทย์ในเด็กนักเรียนของชุมชนที่ขาดฟลูออไรด์

Authors	Number of applications per year	Study duration years	% DMFS (DFS) reduction
Szwejda ct al. [1967]	1	1	4
Szwejda [1971]	1	2	3
Horowitz [1969]	1	2	22
Horowitz and Doyle [1971]	1	3	24
Bryan and Williams [1968]	1	1	28
Ingraham and Williams [1970]	1	2	41
Cons et al. [1970]	1	4	18
Mainwaring and Naylor [1978]	2	3	14
Cobb et al. [1980]	2	2	35
Hagen and Bowden [1985]	2	2	30

Adapted from Ripa [1989].

4. น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์

ในเด็กที่รักษาทางทันตกรรมจัดฟัน อาจจะใช้ทั้งน้ำยาบ้วนปากและยาเม็ดเพื่อผลเฉพาะที่หรือผลทางระบบของฟลูออไรด์ ความสัมพันธ์ของผลของน้ำยาบ้วนปากและยาเม็ดยังไม่ได้ศึกษาอย่างสมบูรณ์ แต่พบว่าน้ำยาบ้วนปากอาจจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ฟลูออไรด์ (Aasenden, DePaola และ Brudevold, 1972) ประโยชน์อีกอย่างของการใช้น้ำยาบ้วนปากคือกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจสุขภาพในช่องปาก (Koch และ Lindhe, 1969)

การศึกษาน้ำยาบ้วนปากในระยะแรกโดย Bibby, Zander, McKellegaet และ Labunsky (1946) โดยใช้สารละลายกรดโซเดียมฟลูออไรด์ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการยับยั้งฟันผุของน้ำยาบ้วนปากที่มีสารละลายฟลูออไรด์เจือจางขึ้นอยู่กับความบ่อยในการบ้วนและความเข้มข้นของฟลูออไรด์ควรจะมีการบ้วนทุกวันมากกว่าทุกสัปดาห์ นอกจากมีผลในการต้านฟันผุอย่างสูง สารที่ใช้บ้วนทุกวันโดยทั่วไปคือ 0.05% NaF (250 ppmF), APF ที่มี 0.1 M ฟอสเฟตที่ pH 3-4 (200 ppmF) และ 0.1% SnF_2 (250 ppmF)

Torell และ Ericsson (1965) พบว่ามีการลด DMFTS ประมาณ ร้อยละ 50 ในเด็กอายุ 10 ขวบที่บ้วนปากทุกวันเป็นเวลา 2 ปี ด้วย 10 มิลลิลิตรของ 0.05% NaF

Aasenden และคณะ (1972) รายงานว่า ผลการต้านฟันผุของ NaF และ APF เหมือนกันแม้ว่าจะมีการสะสมฟลูออไรด์ในเคลือบฟันจาก APF มากกว่า ดังนั้นความบ่อยในการใช้ของความเข้มข้นฟลูออไรด์ต่ำจะมีผลจากกลไกไม่สัมพันธ์กับเพิ่มระดับของฟลูออไรด์ในเคลือบฟัน (Aasenden และคณะ, 1972)

ส่วนหนึ่งของฟลูออไรด์ถูกดูดซึมในช่องปากบางส่วนฟลูออไรด์จะเกาะในแผ่นคราบฟันทำให้มีผลต้านฟันผุ การใช้ SnF_2 บ้วนปากจะทำให้ฟันผุลดลงแม้แต่ในเด็กที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์ในน้ำซึ่งจะทำให้เกิดสีเหลืองในฟันในผู้ป่วยที่ทำความสะอาดในช่องปากไม่ดี

ระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน การบ้วนปากหลังการแปรงฟันครั้งสุดท้ายทุกวันเป็นสิ่งสำคัญมากเพื่อสารละลายสามารถสัมผัสกับผิวฟันโดยตรง เด็กควรจะใช้สารละลาย 5-10 มิลลิลิตร (ขึ้นกับสารและการใช้) อมกลั้วในปาก 1-2 นาที แล้วบ้วนทิ้ง

น้ำยาบ้วนปากที่มีฟลูออไรด์ให้ผลในการลดฟันผุอย่างมีนัยสำคัญในฟันที่ขึ้นแล้วโดยใช้ระยะเวลาพอสมควรและผลของฟลูออไรด์จะมีมากที่สุดในฟันที่ขึ้นหลังจากเริ่มมีการบ้วนปาก จะมีปฏิกิริยาที่ผิวฟันอันเนื่องมาจากการสะสมแร่ธาตุของผลึกยังไม่สมบูรณ์ จึงมีขนาดโตไม่เต็มที่และเป็นระยะสะสมแร่ธาตุ ซึ่งเปลี่ยนจากละลายง่ายและมีรูปร่างไม่แน่นอนเป็นละลายยากขึ้นและมีผลึกที่ดีขึ้น (Navia, 1972) การใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำทุกวันระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันมีความจำเป็นการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ทุกวันจะช่วยให้ต้านทานการสูญเสียแร่ธาตุใต้ปลอกโลหะรัดฟันที่ไม่แน่นและเพิ่มการสะสมแร่ธาตุของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุบางส่วนในบริเวณที่ติดกับปลอกโลหะรัดฟันนอกจากนั้น Wisth (1972) ยังพบว่าสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่นฟลูออไรด์ในน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์จะแทรกซึมผ่านซีเมนต์และป้องกันฟันผุอาจจะเกิดขึ้นแม้ว่าเคลือบฟันจะถูกปิดด้วยปลอกโลหะรัดฟันในวิธีไดเร็คบอนด์ ซึ่งการทำความสะอาดฟันอาจถูกขัดขวางโดยลวด แต่การใช้ฟลูออไรด์จะให้ผลป้องกันฟันผุได้

การกลืนน้ำยาบ้วนปากอาจจะมีประโยชน์ในฟันที่ยังไม่ขึ้น แม้ว่าจะเป็นช่วงสั้น ๆ ก่อนฟันขึ้น (Aasenden, 1972) จากการทดลองในเด็กอายุ 8-11 ปี ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีฟลูออไรด์ในน้ำประปาโดยให้ฟลูออไรด์ 1 มิลลิกรัมทุกวันในน้ำยาบ้วนปาก 5 มิลลิลิตรแล้วกลืนเมื่อต้องการผลต่อฟันที่กำลังจะขึ้นของการใช้ฟลูออไรด์ การใช้ฟลูออไรด์ขนาด 2 มิลลิกรัมทุกวันในผู้ป่วยจัดฟันที่เริ่มรักษาเมื่ออายุ 10-12 ปี นั้น ต้องมีการควบคุมปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มและแหล่งอื่น ๆ ด้วย เนื่องจากผลข้างเคียงจากการกลืนน้ำยาบ้วนปาก ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยควรจะให้ฟลูออไรด์เม็ดร่วมกับฟลูออไรด์บ้วนปากโดยหวังผลร่วมทั้งเฉพาะที่และทางระบบต่อฟันที่ยังไม่ขึ้น

von der Fehr, Loe และ Theilade (1970) พบว่าการสูญเสียแร่ธาตุของฟันด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้นสามารถแก้โดยการบ้วนปากทุกวันเป็นเวลา 2 เดือนด้วยสารละลาย 0.2% โซเดียมฟลูออไรด์และการรักษาสุขภาพช่องปากที่ดี คล้าย ๆ กัน ภายหลังการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุทำให้ มีการคืนแร่ธาตุกลับอย่างน้อยก็ส่วนหนึ่งของรอยโรคจะเกิดจากการใช้น้ำยาบ้วนปากที่มี 0.2% โซเดียมฟลูออไรด์ทุกวันเป็นเวลา 2-4 เดือน หลังจากเอาเครื่องมือออก

ดังนั้นการบ้วนปากทุกวันด้วยสารละลาย NaF หรือ APF เจือจางจะมีผลในการยับยั้งฟันผุและกระตุ้นความสนใจในสุขภาพช่องปาก ซึ่งควรจะแนะนำให้ผู้ป่วยใช้เป็นประจำทั้งระหว่างการรักษาและระยะคงสภาพฟัน การให้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ใช้ได้ทั้งผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันที่อยู่ในพื้นที่มีฟลูออไรด์ การที่จะมีผลต่อฟันกำลังขึ้นอาจจะได้รับจากการรับประทานน้ำยาบ้วนปาก หรือใช้น้ำยาบ้วนปากร่วมกับยาเม็ดฟลูออไรด์

ในศตวรรษที่ 50 และ 60 มีการศึกษาทางห้องปฏิบัติการและทางคลินิกถึงผลของสารละลายที่เป็นกลางของ 0.2% โซเดียมฟลูออไรด์ เมื่อใช้ทุกอาทิตย์หรือทุกคืนและอาจใช้ร่วมกับฟลูออไรด์วิธีอื่นในพื้นที่ที่ไม่มีฟลูออไรด์ โดยทั่วไปน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์มีผลในเด็กที่อยู่ในพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์ในน้ำต่ำและในเด็กที่ได้รับฟลูออไรด์ไม่เพียงพอ ต่อมาพบว่าน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์มีประโยชน์เพิ่มขึ้นในชุมชนที่มีฟลูออไรด์พอเพียงและในเด็กที่ฟันผุน้อยด้วย

น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ที่ใช้เป็นประจำเหมาะสำหรับทั้งเด็กและผู้ปกครอง อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของประโยชน์และราคาต้องคำนึงถึงโดยเฉพาะการลดลงของฟันผุในประเทศอุตสาหกรรม

การใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ร่วมกับการใช้ฟลูออไรด์วิธีอื่น ๆ

Blinkhorn, Holloway และ Davis (1983) แสดงการใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์และน้ำยาบ้วนปากร่วมกันมีผลมากกว่าการใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่นเดียวกัน Heifetz, Horowitz, Meyers และ Shou-Hua (1987) พบว่าการลดลงของฟันผุลดลงอย่างมีนัยสำคัญต่างจากยาเม็ด Horowitz และคณะ (1986) ศึกษาการป้องกันโดยใช้ยาเม็ดฟลูออไรด์และบ้วนปากทุกอาทิตย์กับยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ พบว่ามีการลดลงของฟันผุหลังจาก 11 ปี โดยเฉพาะด้านประชิด ประมาณร้อยละ 90 อย่างไรก็ตามในประชากรที่มีฟันผุต่ำ Ruiken และคณะ (1987) พบว่าอัตราเกิดฟันผุลดลงเฉพาะในเด็กที่ไม่ใช้ยาเม็ดฟลูออไรด์ Stephen, Kay และ Tullis (1990) รายงานในการทดลองว่ากลุ่มที่ใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์มีฟันที่ดีกว่าหรืออย่างน้อยก็เท่ากับกลุ่มที่ใช้ยาเม็ดฟลูออไรด์และน้ำยาบ้วนปากหรือกลุ่มใช้ยาเม็ดฟลูออไรด์

การศึกษาที่เปรียบเทียบผลของน้ำยาเคลือบฟันฟลูออไรด์และน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ Koch, Peterson และ Ryden (1979) พบว่าการใช้ Duraphat® ทุก 6 เดือนได้ผลดีกว่าบ้วนปากทุกอาทิตย์ด้วยสารละลาย 0.2% โซเดียมฟลูออไรด์

Seppa และ Pollanen (1987) รายงานผลการศึกษาทางคลินิคว่า Duraphat มีผลมากกว่าน้ำยาบ้วนปากสารละลาย 0.2% โซเดียมฟลูออไรด์ แต่จะดีกว่า Fluor Protector อย่างไรก็ตามทั้ง Kirkegaard, Petersen, Poulsens, Holm and Heidmann (1986) แสดงให้เห็นว่าผลของน้ำยาเคลือบฟันดีกว่าน้ำยาบ้วนปาก ต่อมาบ้วนปากด้วย APF และสารละลาย SnF_2 เพื่อให้ผลเพิ่มขึ้น แม้ว่าในทางห้องปฏิบัติการจะลดการละลายลง และเพิ่มการได้รับฟลูออไรด์ซึ่งมีผลต่อแผ่นคราบจุลินทรีย์ แต่ยังไม่มีผลทางคลินิคยืนยัน (Ripa, 1990)

จากการทดลองแสดงว่าฟลูออไรด์มีผลช้าลงและหยุดการยับยั้งฟันผุเมื่อ pH ของแผ่นคราบจุลินทรีย์ลดลงต่ำมาก การเติมสารต้านบัคเตรี เช่น คลอเฮกซิดีน และไอออนของโลหะ (Sn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Sr^{2+}) ลงในน้ำยาบ้วนปาก (Rolla and Saxegaard, 1990)

ในทางคลินิคการใช้ฟลูออไรด์และสารต้านบัคเตรีร่วมกันให้ผลดี Luoma, Murtomaa และ Nuuja (1978) ทดลองใส่ 0.05% คลอเฮกซิดีนและสารละลาย 0.04% โซเดียมฟลูออไรด์ พบว่าลดฟันผุลงร้อยละ 42 ในเด็กที่บ้วนทุกวัน Spets-Happonen, Luoma และ Forss (1991) พบว่าน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์-คลอเฮกซิดีน-สตรอนเตรียมจะช่วยควบคุมฟันผุในเด็กที่มีความถี่ฟันผุสูงแม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญ

น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ที่เติมเอมีนฟลูออไรด์ (125 ppmF) และสแตนนัสฟลูออไรด์ (125 ppmF, 420 ppm Sn^{2+}) ให้แผ่นคราบจุลินทรีย์และเหงือกอักเสบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นการเพิ่มเข้าไปในการทำความสะอาดช่องปากเป็นประจำ

5. ยาเม็ดฟลูออไรด์

การทดลองพบว่าการได้รับยาเม็ดฟลูออไรด์ทุกวัน (NaF หรือ APF) ทำให้เกิดการรับฟลูออไรด์อย่างสม่ำเสมอก่อนฟันขึ้นโดยไม่มีผลข้างเคียง (Pardins, 1972) แต่อาจจะเป็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายที่มีขนาดของฟลูออไรด์ที่ได้รับทางระบบอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ที่ไม่มีฟลูออไรด์

การศึกษาการให้ยาเม็ดฟลูออไรด์ (0.5-1 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นกับอายุ) แสดงว่าลดฟันผุในฟันแท้ร้อยละ 20-40 เมื่อเริ่มที่อายุ 6-9 ปี (Poulsen และ Moller, 1969) การยับยั้งฟันผุอาจจะเป็นผลจากผลเฉพาะที่ต่อฟันที่ขึ้นแล้ว แล้วหลังจากกลืนก็มีผลทางระบบต่อการพัฒนาโครงสร้างของฟัน ความสัมพันธ์ระหว่างผลต้านฟันผุของเฉพาะที่และระบบยังไม่ทราบแน่นอน Bibby, Wilkins และ Witol (1955) พบว่าฟันผุที่ลดลง จากการใช้ยาเม็ดฟลูออไรด์ละลายในปากโดยต้องกลืนทั้งหมด จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าการป้องกันฟันผุโดยยาเม็ดที่เคี้ยวนั้นส่วนใหญ่เป็นผลจากการได้รับฟลูออไรด์ก่อนฟันขึ้นหรือเริ่มขึ้นไม่นาน

6. ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์

ในท้องตลาดมียาสีฟันฟลูออไรด์หลายชนิด ส่วนใหญ่มีส่วนประกอบของโซเดียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟต ($NaPO_3F$), โซเดียมฟลูออไรด์, สแตนนัสฟลูออไรด์ หรือเอมีนฟลูออไรด์ มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนประมาณ 0.1% ฟลูออไรด์จะไม่จับกับส่วนประกอบอื่นแต่จะมีประสิทธิภาพในการลดฟันผุ ในการศึกษาที่ต่างกันไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้จึงไม่สามารถชี้ได้ว่ายาสีฟันฟลูออไรด์ชนิดใดดีกว่ากัน แต่การขัดสีนั้นขึ้นกับส่วนประกอบของยาสีฟัน การใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์อาจจะใช้ร่วมกับการให้ฟลูออไรด์ทางอื่นด้วยเนื่องจากเคลือบฟัน ขณะแปรงฟันจะได้รับฟลูออไรด์ในบริเวณจำกัดแม้แต่ในพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์ในน้ำดื่มอาจจะทำให้การลดลงของฟันผุอย่างมีนัยสำคัญในการเพิ่มผลการต้านฟันผุจากน้ำดื่มผสมฟลูออไรด์

การใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์ประจำในผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันควรใช้ร่วมกับฟลูออไรด์รูปแบบอื่น Marthaler (1971) ได้ตีพิมพ์ผลของยาสีฟันฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุทางคลินิค Rolla, Ogaard และ de Almeida Cruz (1991) สรุปว่ามีวิธีที่ง่ายที่สุดในการป้องกันฟันผุ คือ การแนะนำให้ใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์

7. ซีเมนต์ผสมฟลูออไรด์

ซิลิเกตซีเมนต์ที่ใช้ในการบูรณะฟันจะค่อย ๆ ปล่อยฟลูออไรด์ออกมาช้า ๆ และป้องกันเคลือบฟันรอบ ๆ จากฟันผุ ผู้วิจัยจึงพยายามเติมฟลูออไรด์ (ส่วนใหญ่ SnF_2 หรือ Na_2PO_3F) ในน้ำหรือผงของซีเมนต์ที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันรวมกับซิงค์ฟอสเฟต ซิลิโคฟอสเฟต ซิงค์ออกไซด์ยูจินอล และ คาร์บอกซิเลต ซีเมนต์ การเติมฟลูออไรด์อาจจะมีประโยชน์เพราะกรดในส่วนน้ำของซีเมนต์จะมีการกัดผิวเคลือบฟันแต่อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานว่าซีเมนต์ทางจัดฟันที่ใช้เป็นประจำทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ จากผลในหลอดทดลองที่ศึกษากับซีเมนต์ฟลูออไรด์เพิ่มการได้รับและแทรกเข้าไปลึกขึ้นของฟลูออไรด์เข้าสู่เคลือบฟันใต้ซีเมนต์ของปลอกโลหะรัดฟัน

8. เทคนิคการเคลือบและน้ำยาเคลือบฟันผสมฟลูออไรด์

การให้ฟลูออไรด์เฉพาะที่จะเกิดผลึกแคลเซียมฟลูออไรด์ที่ละลายได้บนผิวเคลือบฟันเนื่องจากความชื้น บางส่วนของ CaF_2 ถูกกำจัดไป (ใน 24 ชั่วโมง) ส่วนของ CaF_2 ที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นฟลูออละปาไทต์ที่คงสภาพ ปฏิกิริยานี้เกิดที่ผิวนอกบาง ๆ ของเคลือบฟันเท่านั้นดังนั้นการให้เฉพาะที่ต้องทำซ้ำเพราะการแลกเปลี่ยนไอออนจะลดลงอย่างรวดเร็ว

เทคนิคในการเคลือบใหม่เพื่อให้ฟลูออไรด์สัมผัสฟันนานขึ้นและให้มีการได้รับและแทรกซึมฟลูออไรด์มากขึ้นและเพื่อให้มีการเปลี่ยนไฮดรอกซีละปาไทต์เป็นฟลูโอละปาไทต์มากขึ้น

วิธีการเคลือบผิวฟันมีดังต่อไปนี้

1) การเคลือบด้วย sealing ยึดฟลูออไรด์ติดที่ด้านบดเคี้ยวและ/หรือผิวเรียบด้วยซีแลนท์ที่ยึดติดได้นานหลังจากทาฟลูออไรด์เฉพาะที่

2) เคลือบด้วยวานิชที่ปล่อยฟลูออไรด์ได้ช้าง 24 ชั่วโมงถึงหลายอาทิตย์

Newman และ Cimasoni (1971) พบว่า เมื่อเคลือบฟันได้รับ APF 1 นาที แล้วปิดด้วย สารยึดที่มี $NaPO_3F$ 2-3 เดือนจะมีการได้รับฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญเข้าไปลึกอย่างน้อย 60 ไมครอน การใช้ฟลูออไรด์วานิชไม่มีรายงานในผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟัน อย่างไรก็ตามการใช้

วานิชที่ไม่มีฟลูออไรด์เคลือบที่เคลือบฟันก่อนการยึดปลอกโลหะรัดฟัน พบว่ามีการป้องกันบ้าง

วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่คือการรักษาผิวฟันที่แข็งเพื่อให้ฟันผุช้าลง, หยุด หรือกลับสู่สภาพเดิม น้ำยาเคลือบฟันผสมฟลูออไรด์ที่ทำขายชนิดแรกโดย Schmidt (1964) โดยใช้ชื่อว่า Duraphat® (Woelm Pharma Co., Eschwege, FRG) Duraphat ประกอบด้วย 5% น้ำหนัก โซเดียมฟลูออไรด์ หรือ 2.26% ฟลูออไรด์ในโคโลโฟเนียมที่เป็นกลาง

ใน 1975 มีน้ำยาเคลือบฟันผสมฟลูออไรด์ชนิดที่ 2 Fluor Protector® (Vivadent, Schaan, Liechtenstein) แนะนำโดย Arends และ Schuthof (1975) Fluor Protector เป็นกรดและแข็งในอากาศเป็นชั้นบาง ๆ สีใส การใช้เคลือบโดยแปรงเล็ก ๆ หรือหลอดฉีด น้ำยาเคลือบฟันฟลูออไรด์ทั้งสองเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในยุโรปและเพิ่มขึ้นทั่วโลก อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะพิสูจน์โดยอเมริกันเดนตัล แอสโซซิเอชั่น คลอดชิล ในการรักษาทางฟัน แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับในสหรัฐ

9. วิธีอื่น ๆ

การให้ฟลูออไรด์ในผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟัน วิธีอื่น ๆ (ตาราง 3, 4) รวมทั้งการใช้ยางที่มี 10% โซเดียมฟลูออไรด์ (Wei and Bitner, 1973) ต้องมีการศึกษาถึงผลของการใช้ฟลูออไรด์ต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ 3 รายงานของวัสดุทางทันตกรรมที่ปล่อยฟลูออไรด์อย่างช้า ๆ จาก Toumba และ Curzon (1993)

Study	System	Effect
Fazzi et al. [1977]	amalgam	released fluoride, decreased with time;affects properties
Harary and Friedman [1984]	acrylic plates (orthodontic)	released fluoride, but frequent applications required
Masuhara et al. [1985]	cements	variable rate of fluoride release, short-term
Cooley et al. [1988]	composite resin	burst effect only
Cooley et al. [1989]	orthodontic cements	doubtful
Cooley et al. [1990]	fissure sealants	release for 7 days

Study	System	Effect
MeCourt et al. [1990]	liners and bases	transitory
Hatibovic-Kofman and Koch [1991]	glass ionomer cements	release up to 1 year

ตารางที่ 4 ผลของเครื่องมือในปากที่ปล่อยฟลูออไรด์อย่างช้า ๆ

จาก Toumba และ Curzon (1993)

Study	System	Duration	Finding
Cowsar et al. [1976]	copolymer	30-180 days	salivary F increase
Mirth [1980]	tablets/ capsules	16 H	salivary F increase
Mirth [1980]	acrosol	270 min	5 times salivary F increase
Mirth et al. [1982]	copolymer	1 month	salivary F increase
Kula et al. [1987]	copolymer	6 month	salivary F increase
Bashir [1988]	glass	up to 2 years	salivary F increase

Study	System	Duration	Finding
Toumba and Curzon [1992]	glass	6 month	salivary F increase

ตารางที่ 5 แบบแผนการให้ฟลูออไรด์สำหรับผู้ป่วยจัดฟันติดแน่นที่มหาวิทยาลัยออสโล ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน (มีฟลูออไรด์ในน้ำดื่มต่ำกว่า 0.1 ppm)

I. before insertion of fixed appliances

1) apf-gel treatment (associated with impression taking), and

2) daily mouth rinsing with 0.05% NaF

(caries prone patients should rinse twice daily)

II. throughout period of active treatment

daily rinsing with 0.05% NaF

(caries prone patients should rinse twice daily)

III. after removal of fixed appliances

A) routine patients:

daily rinsing with 0.05% NaF

B) patients having received demineralizations during treatment:

daily rinsing with 0.2% NaF for 2-4 months, followed by daily rinsing with 0.05% NaF in addition to F-mouth rinses

all patients should use a F-dentrifice throughout the treatment period

ผลเสียของฟลูออไรด์จากการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ (Kaminsdy และคณะ, 1990)

ความเป็นพิษเฉียบพลัน

อาการเฉียบพลันของการได้รับฟลูออไรด์ คือมีนงงอย่างรุนแรง,อาเจียน, มีน้ำลายมาก, ปวดท้องและท้องเสีย ในรายที่รุนแรงหรือเสียชีวิต จะมีอาการตามมาคือชัก, หัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะและโคม่า ปริมาณที่ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันอยู่ระหว่าง 1-5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณ 15-30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจทำให้ถึงตาย ผลเฉียบพลันในสัตว์ทดลองก็ปริมาณเดียวกับในคนค่า LD_{50} ของสารประกอบฟลูออไรด์ในสัตว์ทดลองในช่วงระหว่าง 20-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

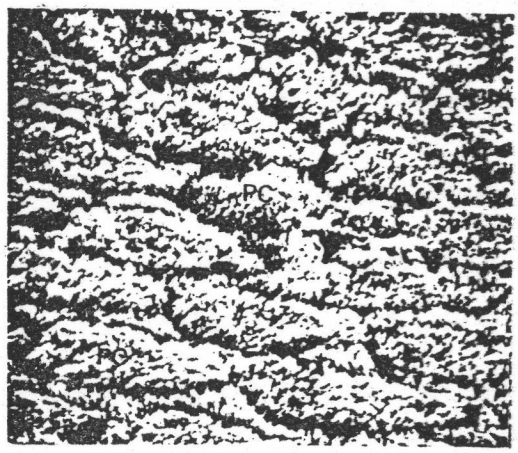
ปริมาณที่เป็นพิษของ 5 มิลลิกรัมฟลูออไรด์/กิโลกรัม อาจจะถึง 10 กิโลกรัมได้ ถ้าเด็ก 1 ขวบกินยาเม็ดฟลูออไรด์ขนาด 1 มิลลิกรัมเป็นจำนวน 50 เม็ด, 50 กรัมของยาสีฟันฟลูออไรด์ 1000 ppm หรือน้ำยาบ้วนปาก 0.2% โซเดียมฟลูออไรด์ จำนวน 50 มิลลิกรัม หรือน้ำยาบ้วนปาก 0.4% สแตนนัสฟลูออไรด์ กิน 2 เท่าของปริมาณนี้ก็จะเป็นพิษในเด็กอายุ 5 ขวบ อาการทางระบบทางเดินอาหารเล็กน้อยของอาการเฉียบพลันอาจจะเกิดที่ปริมาณต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมฟลูออไรด์/กิโลกรัม หรืออาจจะประมาณ 1 ใน 5 ของปริมาณที่เป็นพิษ น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ไม่ควรใช้ในเด็กอายุต่ำกว่า 6 ขวบ เนื่องจากเด็กยังไม่สามารถควบคุมการกลืนได้ดีพอ

การแพ้

มีอาการผื่นที่ผิวหนัง, อักเสบของเยื่อบุช่องปาก, ระคายเคืองระบบทางเดินอาหารและปวดหัว ซึ่งอาการจะดีขึ้นถ้าหยุดใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีฟลูออไรด์ ปฏิกิริยาส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นหลังจากได้รับฟลูออไรด์ 0.5 - 1 mg. ใช้น้ำยาฟลูออไรด์, ยาเม็ดฟลูออไรด์หรือยาสีฟัน ในการศึกษาของ Grmbergen (1974) พบปฏิกิริยาจากการดื่มน้ำที่มีฟลูออไรด์ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ในกลุ่มตัวอย่าง 60 คนจาก 300 คนที่คิดว่าแพ้ต่อฟลูออไรด์ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้รายงานอัตราของปฏิกิริยาบวกปลอมหรือลบปลอมของตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างนั้นเชื่อว่าการแพ้ฟลูออไรด์เองอาจมีผลต่อผลลัพธ์ทำให้ต้องมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่เป็นไปได้ของการแพ้ฟลูออไรด์และอัตราการเกิดการแพ้ในกลุ่มประชากรทั่วไป

บทบาทของฟลูออไรด์ต่อแรงยึดของเรซินกับผิวเคลือบฟัน

ได้มีการศึกษาบทบาทของฟลูออไรด์ต่อแรงยึดของเรซินกับผิวเคลือบฟันหลายฉบับ เช่น Sheykholeslam และคณะ (1972) ศึกษาแรงยึดของเรซินบนผิวเคลือบฟันหลังจากผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดแล้วทาด้วยฟลูออไรด์หลายชนิด เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ สแตนนัสฟลูออไรด์ พบว่ามีการลดลงของแรงยึดอย่างมีนัยสำคัญจากรูปที่ 4 ซึ่งเป็นภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัวที่กัดด้วยกรดฟอสฟอริค 50% เป็นเวลา 60 วินาที พบว่ารอบ ๆ ปริซึมจะถูกกัดออกมากกว่าแกนของปริซึม

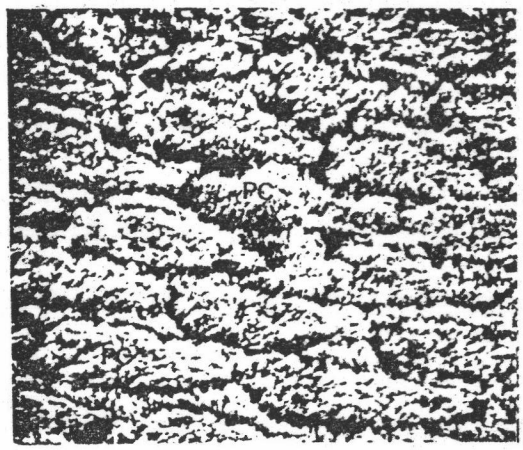


รูปที่ 4 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัว ที่กัดด้วยกรดฟอสฟอริค 50% เป็นเวลา 60 วินาที

เมื่อนำฟันที่ถูกกัดด้วยกรดแล้ว มาทาด้วย 8% สแตนนัสฟลูออไรด์ พบว่าไม่มีความแตกต่าง (รูปที่ 5) จากผิวที่ถูกกรดฟอสฟอริกกัด 50% เป็นเวลา 60 วินาที

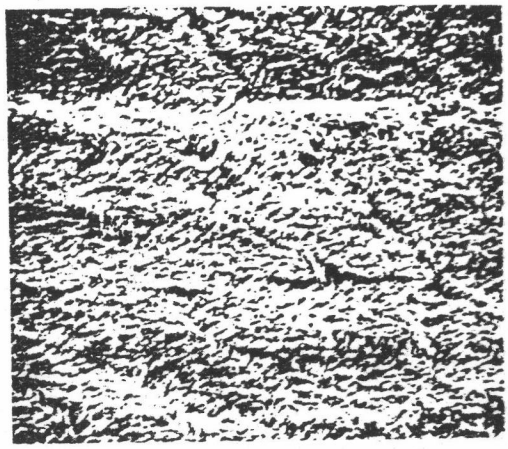
บทบาทของฟลูออไรด์ต่อแรงยึดของเรซินกับผิวเคลือบฟัน

ได้มีการศึกษาบทบาทของฟลูออไรด์ต่อแรงยึดของเรซินกับผิวเคลือบฟันหลายฉบับ เช่น Sheykholeslam และคณะ (1972) ศึกษาแรงยึดของเรซินบนผิวเคลือบฟันหลังจากผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดแล้วทาด้วยฟลูออไรด์หลายชนิด เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ สแตนนัสฟลูออไรด์ พบว่ามีการลดลงของแรงยึดอย่างมีนัยสำคัญจากรูปที่ 4 ซึ่งเป็นภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัวที่กัดด้วยกรดฟอสฟอริค 50% เป็นเวลา 60 วินาที พบว่ารอบ ๆ ปริซึมจะถูกกัดออกมากกว่าแกนของปริซึม



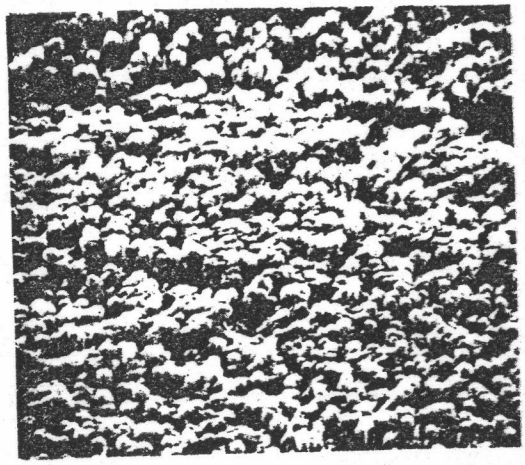
รูปที่ 4 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัว ที่กัดด้วยกรดฟอสฟอริค 50% เป็นเวลา 60 วินาที

เมื่อนำฟันที่ถูกกัดด้วยกรดแล้ว มาทาด้วย 8% สแตนนัสฟลูออไรด์ พบว่าไม่มีความแตกต่าง (รูปที่ 5) จากผิวที่ถูกกรดฟอสฟอริกกัด 50% เป็นเวลา 60 วินาที



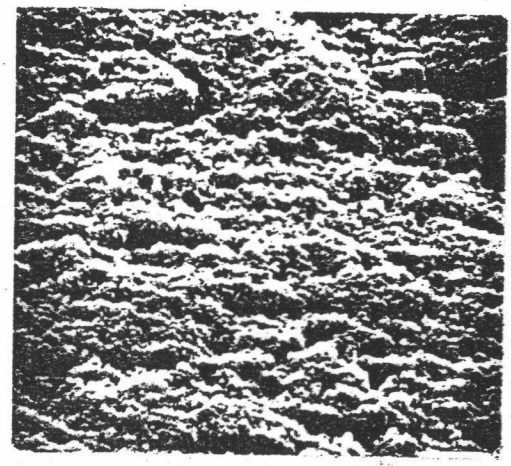
รูปที่ 5 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัวที่ทาด้วย 8% สแตนนัสฟลูออไรด์ภายหลังการกัดด้วยกรด

เมื่อนำฟันที่กัดด้วยกรดแล้วมาทาด้วย 2% โซเดียมฟลูออไรด์พบว่ามีการสะสมก้อนกลม ๆ ซึ่งคิดว่าเป็นแคลเซียมฟลูออไรด์บนผิว (รูปที่ 6)



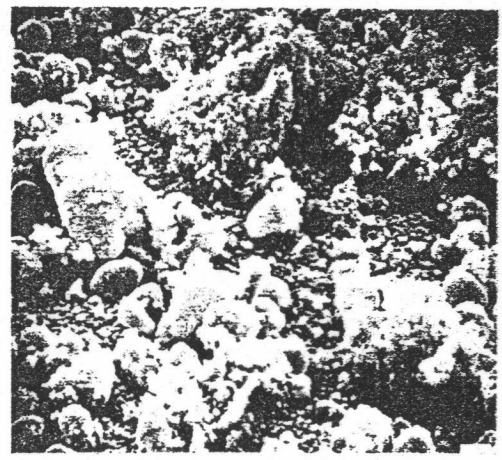
รูปที่ 6 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัดที่ทาด้วย 2% โซเดียมฟลูออไรด์ ภายหลังการกัดด้วยกรด

เมื่อนำฟันที่กัดด้วยกรดแล้วมาทาด้วยอะซิดูเลต โซเดียมฟลูออไรด์พบว่ามีการสะสมเป็นแผ่นบนผิว (รูปที่ 7)



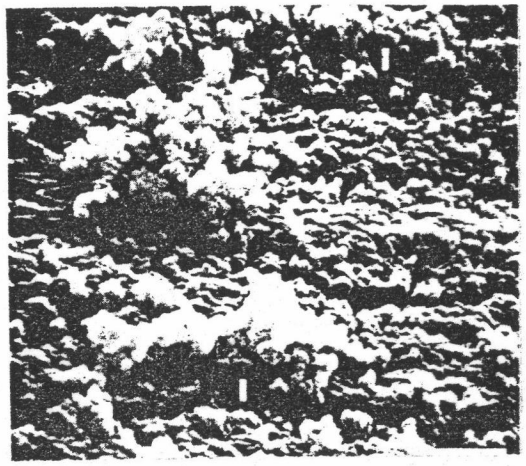
รูปที่ 7 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัวที่ทาด้วยอะซิดูเลต โซเดียมฟลูออไรด์ภายหลังการกัดด้วยกรด

เมื่อนำฟันที่กัดด้วยกรดแล้วมาทาด้วย 2% เซอร์โคเนียม เตตราฟลูออไรด์ พบว่า มีการสะสมก้อนกลม ๆ และลักษณะคล้ายเห็ดอย่างแน่นหนาบนผิวเคลือบฟัน (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัวที่ทาด้วย 2% เซอร์โคเนียม เตตราฟลูออไรด์ภายหลังการกัดด้วยกรด

เมื่อนำฟันที่กัดด้วยกรดแล้วมาทาด้วย 1% ติเตเนียม เตตราฟลูออไรด์ พบว่ามีการสะสมก้อนกลม ๆ บนผิว (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของเคลือบฟันวัว ที่ทาด้วย 1% ดิเดเนียม เตตราฟลูออไรด์ ภายหลังการกัดด้วยกรด

จากภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นว่าการทาฟลูออไรด์ทำให้เกิดการตกตะกอน ปิดผิวเคลือบฟันซึ่งบางส่วนลงไปอุดช่องว่างระหว่างปริซึม ทำให้ขัดขวางการแทรกของเรซิน และการสร้างหางของเรซิน นอกจากนั้นผลของฟลูออไรด์ทำให้ลดคุณสมบัติการเปียกของเคลือบฟัน

Low และคณะ (1975) ศึกษาแรงยึดของเรซินบนผิวเคลือบฟันที่ทาสารละลาย APF ก่อนและหลังการกัดของกรดพบว่า แรงยึดลดลงจาก 36.6 $\pm$ 9.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เป็น 4.9 $\pm$ 3.3 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และ 23.8 $\pm$ 6.3 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ส่วนการทาด้วยสารละลาย 8% สแตนนัสฟลูออไรด์ บนผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดแล้วพบว่า แรงยึดของเรซินเพิ่มขึ้นเป็น 55.7 $\pm$ 17.1 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เขาจึงแนะนำว่าไม่ควรใช้สารละลาย APF ก่อนการติดแบรกเก็ตในวิธีไดเร็คบอนด์

Bryant และคณะ (1985) ศึกษาผลของการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่บนผิวเคลือบฟันต่อแรงยึดของเรซินทางทันตกรรมจัดฟัน โดยใช้ APF สแตนนัสฟลูออไรด์ ดูราแฟทและฟลอร์โพรเทคเตอร์ พบว่า การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ต่อผิวเคลือบฟันก่อนการติดแบรกเก็ต 7 วัน ไม่มีผลเสียต่อแรงยึด เนื่องจากการกัดของกรดฟอสฟอริกภายหลังการทาฟลูออไรด์เฉพาะที่จะทำให้มีการสูญเสียผิวเคลือบฟันที่มีฟลูออไรด์สูงไป

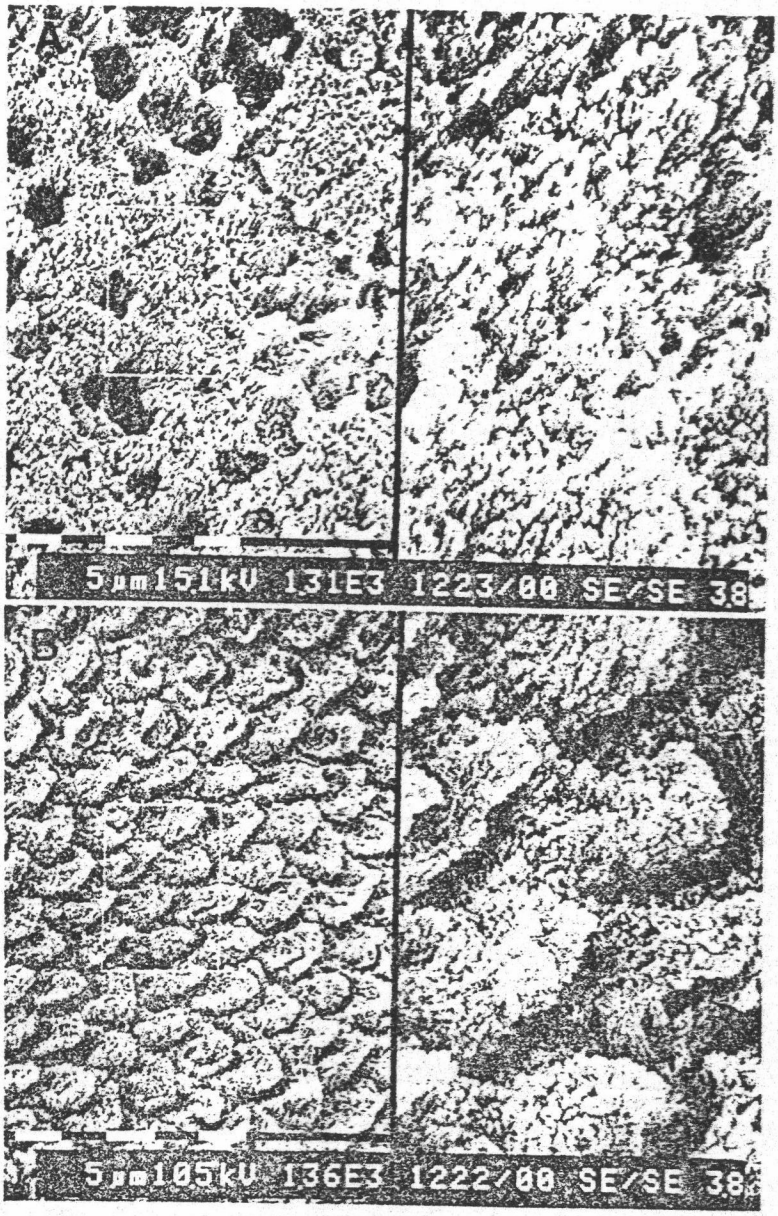
Thronton และคณะ (1986) ศึกษาผลของฟลูออไรด์ในกรดฟอสฟอริคต่อแรงยึดของเรซินทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งพบว่าไม่มีผลต่อแรงยึดของเรซินเขาได้สรุปว่าการเติมฟลูออไรด์ลงไปในกรดฟอสฟอริคไม่ขัดขวาง ผลการกัดของกรดบนผิวเคลือบฟัน

Opinya และคณะ (1986) ศึกษาแรงยึดของแบรกเก็ตบนฟันฟลูออโรซิสของชาวเคนยา ในวิธีไดเร็คบอนด์ พบว่าแรงยึดของฟันปกติของชาวเคนยา 41.52±14.55 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ฟันที่เป็นฟลูออโรซิสมีแรงยึดของแบรกเก็ต 49.20 ± 17.67 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร แต่เป็นฟันที่ได้กำจัดผิวหน้าของเคลือบฟันออกไปแล้ว เขาสรุปว่าการจะเพิ่มแรงยึดเป็นผลเนื่องมาจากการกำจัดผิวเคลือบฟันที่มีฟลูออไรด์สูงออกก่อนการใช้กรดกัด

Nan และ Sheen (1990) ศึกษาผลการใช้ฟลูออไรด์ต่อแรงยึดของแบรกเก็ตโดยเปรียบเทียบแรงยึดระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ 1.23% APF เป็นเวลา 4 นาที กับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ฟลูออไรด์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแรงยึดโดยในกลุ่มที่ให้ฟลูออไรด์มีค่า 0.71 ± 0.13 กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร และในกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ฟลูออไรด์ มีค่า 0.72 ± 0.11 กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร

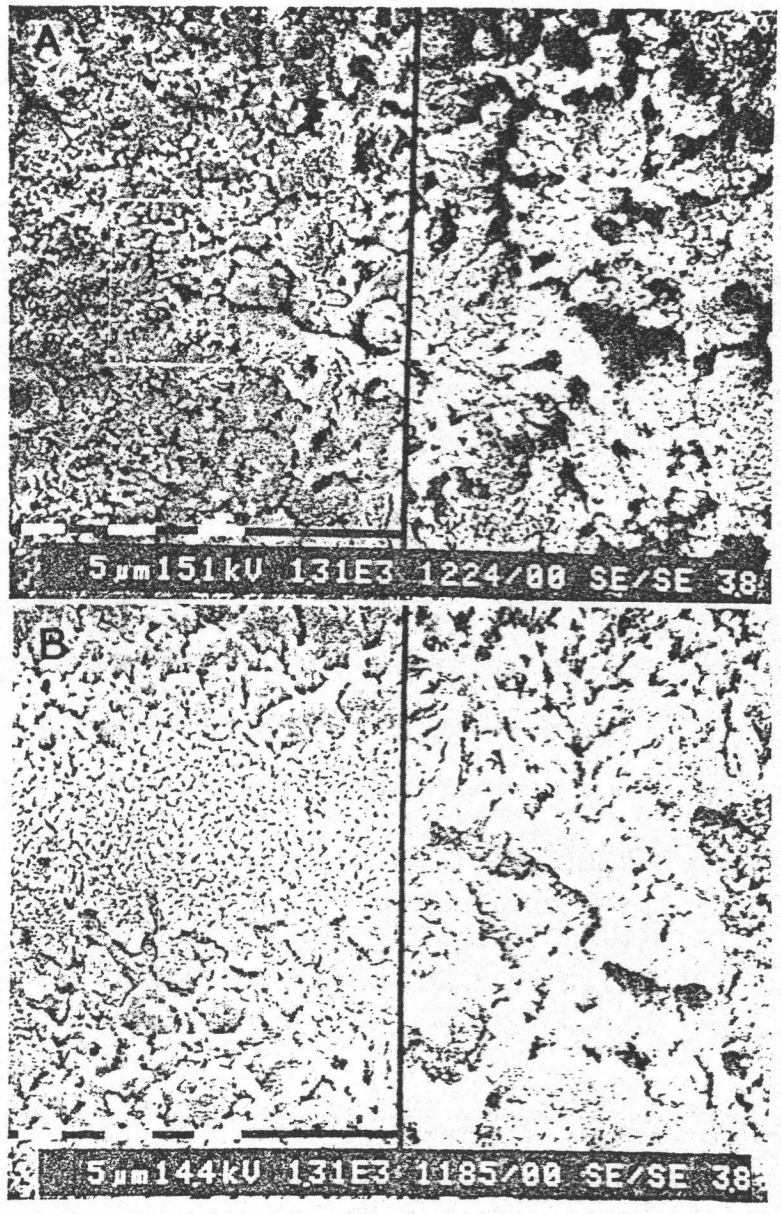
Ng'ang'a และคณะ (1992) ศึกษาแรงยึดของแบรกเก็ตต่อฟันที่เป็นฟลูออโรซิสมีฟลูออไรด์ 2888.5 ± 1081.7 ppm. และฟันปกติมีฟลูออไรด์ 1227.1 ± 526.3 ppm. โดยติดแบรกเก็ตด้วยเรซินหลังจากกัดด้วย 40% กรดฟอสฟอริก เป็นเวลา 60 วินาที วัดแรงยึดด้วยเครื่องมือทดสอบทั่วไป ได้ค่าเฉลี่ยของแรงยึดในฟันฟลูออโรซิส 7.8 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ในฟันปกติ 8.6 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าการติดแบรกเก็ตด้วยเรซินในฟันที่มีฟลูออไรด์สูง ก็ให้แรงยึดพอเพียงสำหรับงานทางด้านทันตกรรมจัดฟัน

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของฟันที่เป็นฟลูออโรซิสที่กัดด้วยกรดฟอสฟอริค 40% เป็นเวลา 60 วินาที พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันต่างกันโดย ในรูปที่ 10 ก. จะมีลักษณะการกัดของกรดตรงกลางปริซึม และในรูปที่ 10 ข. มีลักษณะการกัดของกรดรอบ ๆ ปริซึม



รูปที่ 10 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของฟันที่เป็นฟลูออโรซิส คนละซี่หลังจากกัดด้วยกรดฟอสฟอริก 40% เป็นเวลา 60 วินาที (กำลังขยาย ข้างซ้าย 1300 เท่า, ข้างขวา 3800 เท่า)

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของฟันปกติที่กัดด้วยกรดฟอสฟอริก 40% เป็นเวลา 60 วินาที พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันต่างกันในรูปที่ 11 ก. จะมีลักษณะการกัดของกรดบริเวณรอบ ๆ ปริซึม และหลงเหลือปริซึมไว้อย่างหนาแน่น ส่วนในรูปที่ 11 ข. จะมีลักษณะการกัดของกรดรอบ ๆ ปริซึมเช่นกันแต่แยกปริซึมได้ยาก



ก.

ข.

รูปที่ 11 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของฟันปกติคนละซี่ หลังจากกัดด้วยกรดฟอสฟอริก 40% เป็นเวลา 60 วินาที (กำลังขยายข้างซ้าย 1300 เท่า, ข้างขวา 3800 เท่า)

จากงานวิจัยหลาย ๆ ฉบับที่กล่าวถึงบทบาทของฟลูออไรด์ต่อแรงยึดของเรซินในวิธีไดเร็คบอนด์นั้น ยังหาข้อสรุปไม่ได้ว่ามีหรือไม่มีผลต่อแรงยึดของเรซินในวิธีไดเร็คบอนด์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาปริมาณของฟลูออไรด์บนผิวเคลือบฟันที่มีผลต่อแรงเฉือน/ปอก และกำลังแรงเฉือน/ปอกของแบรกเก็ตโลหะในวิธีไดเร็คบอนด์