บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ธรรมชาติของเคลือบฟันปกติ (4)

เคลือบฟัน(enamel)จัดว่าเป็นอวัยวะส่วนที่ประกอบด้วยแร่ธาตุมากที่สุด คือร้อยละ 96 เป็นสารประกอบอนินทรีย์(inorganic materials) อีกร้อยละ 4 เป็นสารประกอบอินทรีย์(organic materials) และน้ำ

ในส่วนของสารประกอบอนินทรีย์ของเคลือบฟัน จะประกอบด้วยผลึกแคลเซี่ยมฟอสเฟต(calcium phosphate) ที่เรียกว่า ไฮดรอกซีอปาไทท์ (hydroxyapatite) แบบที่พบในกระดูก กระดูกอ่อน(cartilage) เนื้อฟัน(dentin) และเคลือบรากฟัน(cementum) ส่วนอนุภาคของสารชนิดอื่น เช่น สตรอนเทียม(strontium) แมกนีเซียม(magnesium) คาร์บอเนต(carbonate) ตะกั่ว(lead) และฟลูออไรด์ ถ้ามีอยู่ระหว่างการสร้างเคลือบฟัน จะถูกดูดซึมเข้าไปในผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์นี้ด้วย

แม้ว่าปริมาตรเกือบทั้งหมดของเคลือบฟัน จะมีผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์นี้อยู่กันอย่างหนาแน่น แต่ระหว่างผลึกจะพบว่ามีสารประกอบอินทรีย์เรียงตัวเป็นร่างแหละเอียดแทรกอยู่ คุณสมบัติทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ยังไม่เป็นที่ทราบกันดีนัก แต่ส่วนใหญ่จะเป็นพวกโปรตีนและมีโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide)บางส่วน ชนิดของโปรตีนยังจำแนกไม่ได้ว่าเป็นชนิดใดจึงเรียกกรดอะมิโนที่อยู่ในเคลือบฟันเหล่านี้ว่าอินาเมลโปรตีน(enamel protein)

ลักษณะทางกายภาพของเคลือบฟัน

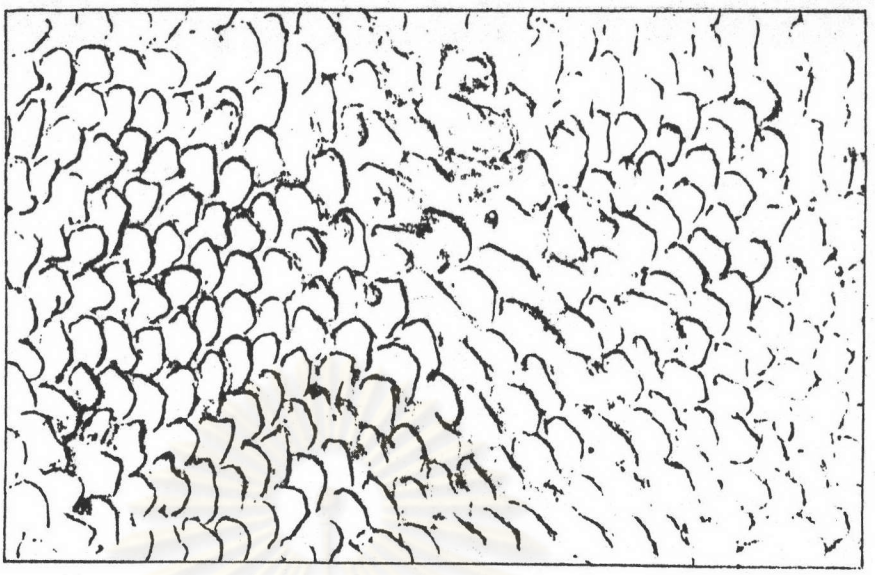
เพราะความที่เคลือบฟันประกอบด้วยแร่ธาตุสูงจึงมีความแข็งมาก และทนทานต่อแรงบดเคี้ยวสูง ความแข็งดังกล่าวนี้เองทำให้เคลือบฟันเปราะ แต่ความยืดหยุ่นของเนื้อฟันจะช่วยพยุงโครงสร้างของเคลือบฟันไว้ ในกรณีที่เนื้อฟันผุ เคลือบฟันจึงเปราะและแตกหักได้ง่าย

เคลือบฟันมีคุณสมบัติโปร่งแสงและมีหลายสี ตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงขาวออกเทา มีความหนาบางแตกต่างกัน หนาที่สุดประมาณ 2.5 มิลลิเมตร ความหนาที่ต่างกันนี้จะมีอิทธิพลต่อสีของเคลือบฟันด้วย เช่นในบริเวณที่เคลือบฟันบางจะเห็นสีของเนื้อฟันมากขึ้น ทำให้ฟันมีสีออกเหลือง

องค์ประกอบของเคลือบฟัน

เพราะคุณสมบัติการเป็นผลึกทำให้เคลือบฟันยากต่อการศึกษา จากการนำชิ้นส่วนฟันไปละลายแร่ธาตุออก(demineralizing section) จะพบแต่ช่องว่างๆอยู่ในส่วนที่เคยเป็นเคลือบฟัน เพราะส่วนของแร่ธาตุได้ละลายออกไป อย่างไรก็ดี ก็พอมองเห็นสารประกอบอินทรีย์เหลืออยู่บางส่วนให้ศึกษาลักษณะของเคลือบฟันได้บ้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

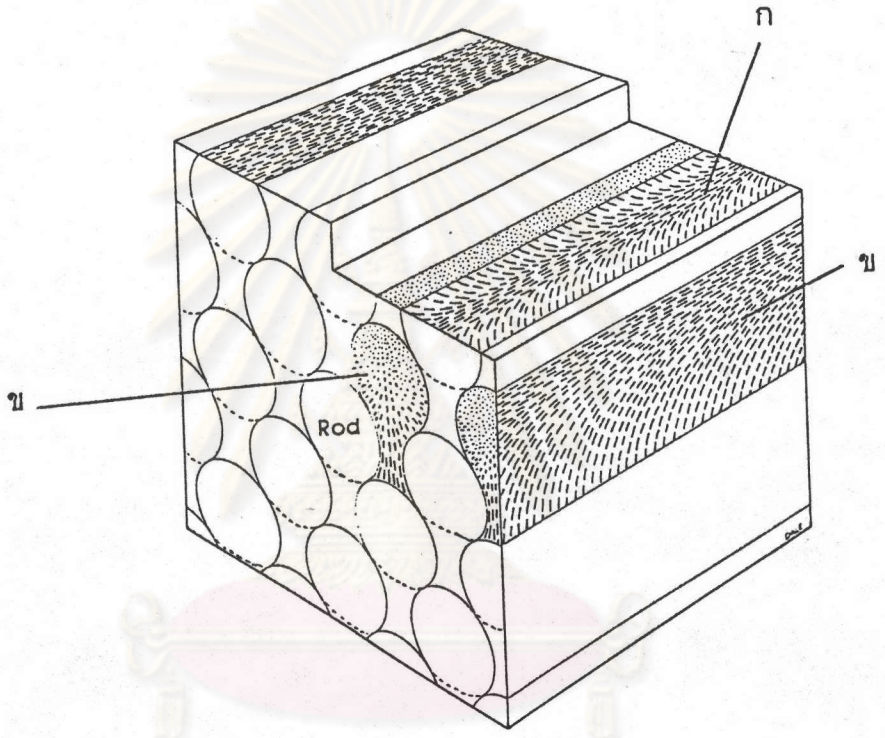


รูปที่ 4 เคลือบฟันที่มีการละลายของแร่ธาตุออกไป (decalcified enamel) แต่ยังมีสารประกอบอินทรีย์เหลืออยู่มากพอมองเห็นโครงสร้างของเคลือบฟันได้ (4)

โครงสร้างพื้นฐานของเคลือบฟันประกอบด้วยหน่วยที่เรียกว่า อินาเมลปริซึม(enamel prism) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกกลมผิวขรุขระ (roughly cylindrical rod) เรียงตัวเป็นแถวล้อมรอบแนวยาว(long axis)ของฟัน อินาเมลปริซึมแต่ละแถวจะมีทิศทางวิ่งตั้งฉากกับผิวฟัน แล้วค่อยๆ เอียงไปทางปุ่มฟัน(cusp)แล้วบานออก ที่บริเวณใกล้ปุ่มฟันนี้แนวของอินาเมลปริซึมจะทำมุมในแนวดิ่งมากขึ้น และที่บริเวณคอฟัน(cervical) แนวของอินาเมลปริซึมจะวางตัวในแนวนอน(horizontal) มีบางแถวเท่านั้นที่เอียงไปทางปลายราก(รูปที่ 7)

จากการตัดตามขวาง(cross-section) อินาเมลปริซึมจะมีลักษณะคล้ายรูกุญแจ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นหัวและหาง ส่วนหัวกว้างประมาณ 5 ไมครอน แทรกอยู่ระหว่างส่วนหางของปริซึมข้างเคียง ดังนั้นเมื่อตัดเคลือบฟันตามยาว จะเห็นทั้งส่วนหัวและส่วนหางของอินาเมลปริซึม ลักษณะเป็นแถบกว้างและแคบตามลำดับ

ส่วนหัวของปริซึมชี้ไปยังปลายปุ่มฟัน ส่วนหางชี้ไปยังบริเวณคอฟัน ในอินาเมลปริซึมแต่ละหน่วยจะประกอบด้วยผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ กลุ่มผลึกที่อยู่ตรงกลางแท่งปริซึมจะเรียงตัวขนานกับแกนกลางของแท่ง ส่วนกลุ่มผลึกที่อยู่รอบนอกจะเรียงตัวแผ่ออกด้านข้างไปยังบริเวณขอบ(รูปที่ 5)



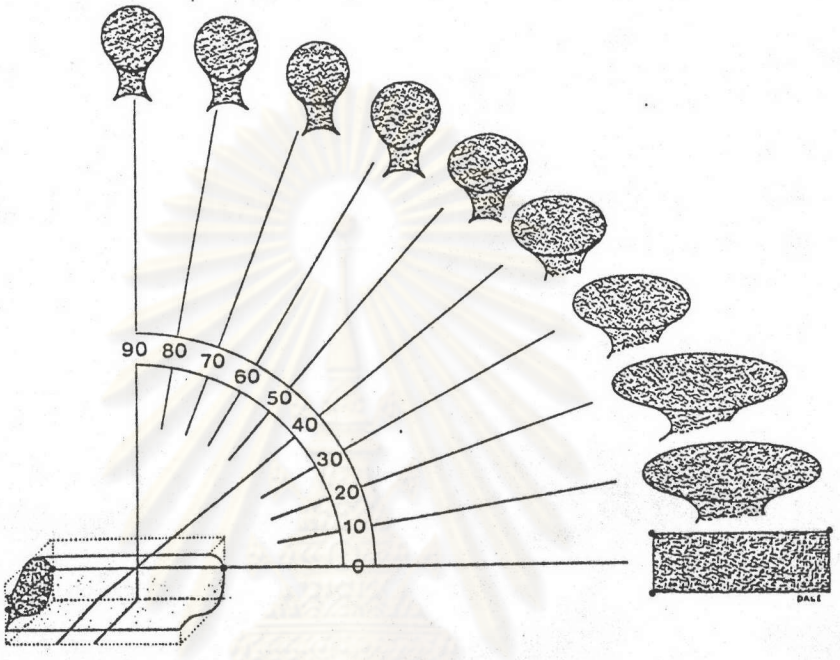
รูปที่ 5 อินาเมลปริซึมตัดตามขวาง เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอน มีลักษณะคล้ายรูกุญแจ(key hole) ส่วนหัวแทรกอยู่ระหว่างส่วนหางของปริซึมข้างเคียง และเมื่อตัดตามยาวจะเห็นทั้งส่วนหัวและส่วนหางเป็นแถบกว้าง และแคบตามลำดับ การเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์กลุ่มที่อยู่ตรงกลาง(ก)จะขนานกับแกนกลางของแท่ง ส่วนกลุ่มที่อยู่รอบนอก(ข)จะเรียงตัวแผ่ออกด้านข้างไปยังบริเวณขอบ (4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อินาเมลปริซึมจะถูกล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มปริซึม(prism sheath)ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ และเพิ่มจำนวนสารประกอบอินทรีย์ในช่องว่างระหว่างผลึก(intercrystal space) มากขึ้น เยื่อหุ้มปริซึมนี้จะไม่ล้อมรอบปริซึมทั้งหมด โดยจะล้อมรอบอยู่เพียง 3 ใน 4 ส่วนเท่านั้น และในบริเวณที่ปริซึมต่อกัน(interprismatic region) นี้ จะพบว่ามีอินาเมลโปรตีนมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ

การศึกษาเคลือบฟันโดยการเตรียมชิ้นส่วนแบบกราวด์เซคชั่น(ground section) นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา(light microscope) โดยใช้วิธีให้ลำแสงผ่าน(transmitted light) เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นผลึก ภาพที่เห็นจะได้จากการสะท้อนของแสงผ่านผลึก ย่อมเกิดการหักเหของแสงทำให้ภาพที่ได้ผิดความจริงไป นอกจากนี้จากการตรวจแบบกราวด์เซคชั่น ไม่สามารถให้รายละเอียดของความสัมพันธ์ระหว่างปริซึมและทิศทางของปริซึมได้ เนื่องจากปริซึมทุกอันจะมีลักษณะเป็นคลื่นและชิ้นส่วนที่ตัดมาดูแต่ละอันจะประกอบด้วยช่วงสั้นๆของแต่ละปริซึมเท่านั้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้การศึกษาโครงสร้างของเคลือบฟันทำได้ยาก การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนจะขจัดปัญหาการหักเหของแสงออกไปได้ แต่มีข้อจำกัดคือการศึกษาจะดูได้เฉพาะพื้นที่เล็กๆเท่านั้นในแต่ละครั้ง ปัญหาอื่นๆที่พบในการศึกษาโครงสร้างของเคลือบฟันคือ อินาเมลปริซึมมีผิวขรุขระ การตัดชิ้นส่วนที่ตำแหน่งต่างๆกันตามแนวยาวของผลึก ถ้ามุมที่ตัดอยู่ระหว่าง 30-40 องศา อาจถือได้ว่าเป็นการตัดตามขวาง(cross-section)ที่ถูกต้อง ซึ่งการคำนวณแนวการตัดที่ถูกต้องทำได้ยากมาก(รูปที่ 6)



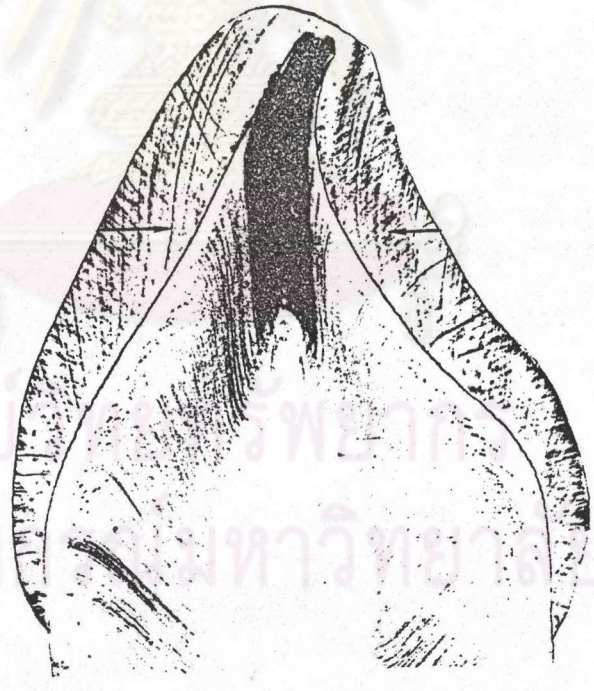
รูปที่ 6 ภาพหน้าตัดตามขวาง(cross-section)ของอินาเมลปริซึม ในมุมต่างๆกัน ในบางตำแหน่ง(0-30 องศา)จะไม่ถือว่าเป็นหน้าตัดตามขวางที่แท้จริง(4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

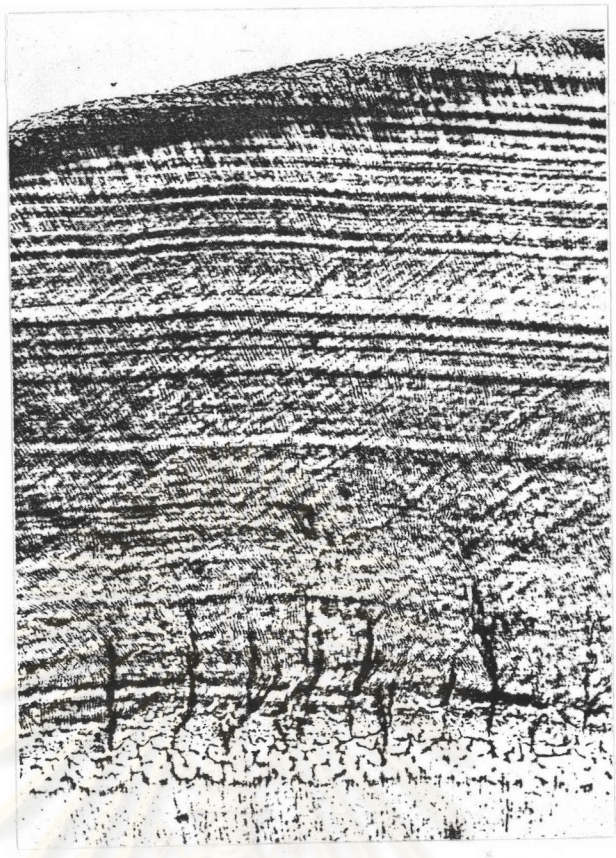
15481

ผิวเคลือบฟัน(enamel surface)

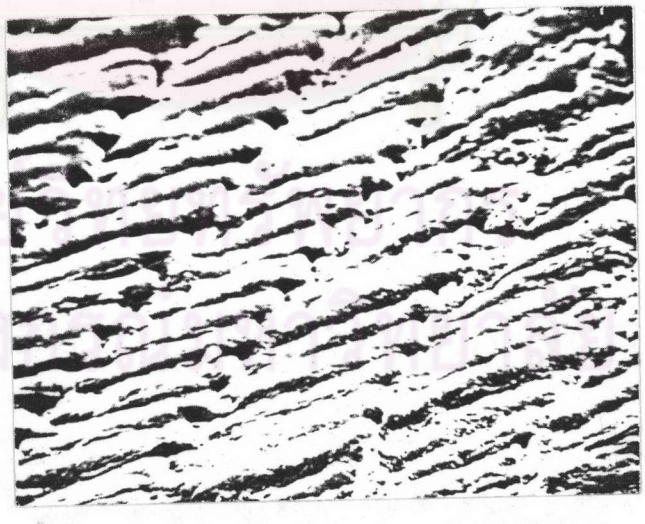
ลักษณะภายนอกของเคลือบฟันที่บริเวณผิวพบได้หลายแบบ โดยจะมีรอยเส้นที่เรียกว่า striae of Retzius ที่เกิดจากการโค้งงอตัวของอินาเมลปริซึม (รูปที่ 7,8,9) กระจายจากจุดเชื่อมระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน (dentino-enamel junction)มาสิ้นสุดที่ผิวนอกนี้ ปรากฏเป็นแนวร่องตื้นๆ ที่เรียกว่าเพอริไคมาตา(perikymata) ซึ่งเพอริไคมาตานี้จะเป็นเส้นในแนวนอนพาดผ่านผิวหน้าของตัวฟัน ขณะเดียวกันรอยแตกของเคลือบฟันก็จะปรากฏเป็นรอยขรุขระอยู่ในบริเวณต่างๆของผิวเคลือบฟันด้วย และจะพบฝ้าน้ำลาย (salivary pellicle)เกาะอยู่ทั่วไปบนผิวเคลือบฟัน ซึ่งฝ้านำลายเหล่านี้จะเกิดขึ้นใหม่ได้ทันทีในระยะเวลาอันสั้นมากหลังจากขัดฟันเสร็จ และคราบฟัน (dental plaque)ก็จะเกาะอยู่บนฝ้าน้ำลายดังกล่าว ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าคราบฟันดังกล่าวเป็นตัวการส่งเสริมการเกิดฟันผุ



รูปที่ 7 ภาพหน้าตัดตามยาวของฟันโดยวิธีกราวด์เซคชั่น แสดงให้เห็นรอยเส้นของ striae of Retzius ที่วิ่งจากจุดเชื่อมต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน ไปยังบริเวณผิวนอกสุดของเคลือบฟัน (4)



รูปที่ 8 ภาพหน้าตัดตามขวางของเคลือบฟันโดยวิธีกราวด์เซคชั่น แสดงให้เห็นรอยเส้น striae of Retzius (4)



รูปที่ 9 ภาพถ่ายอิเลกตรอนของอินาเมลปริซึมที่เรียงตัวขนานกันและมีการโค้งงอตัวลงเป็นระยะๆ ทำให้เกิดรอยเส้น striae of Retzius วิ่งจากมุมซ้ายล่างไปยังมุมขวาบน (4)

การเปลี่ยนแปลงของเคลือบฟันตามอายุ

เคลือบฟันจัดเป็นอวัยวะส่วนที่ปราศจากชีวิต และไม่สามารถสร้างเสริมซ่อมแซมขึ้นใหม่ได้ตามอายุที่เพิ่มขึ้น จะมีการสึกหรอไปเรื่อยๆ โดยเฉพาะในส่วนที่รับแรงจากการบดเคี้ยว ในคนสูงอายุบางคนจะพบว่ามีการสึกถึงส่วนของเนื้อฟันด้วย การเปลี่ยนแปลงของเคลือบฟันนี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านของสี คุณสมบัติการซึมผ่านของสาร(permeability) และสารประกอบภายในชั้นของเคลือบฟัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสัมพันธ์กับการลดลงของอัตราการเกิดฟันผุ

สีของเคลือบฟันจะคล้ำลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของเคลือบฟัน เนื่องจากมีการสะสมของสารอินทรีย์จากสภาพแวดล้อมภายในช่องปาก และอาจเกิดจากการมีสีคล้ำขึ้นของเนื้อฟันที่สะท้อนผ่านผิวเคลือบฟันซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งแสงออกมาให้เห็น

ผิวเคลือบฟันจะมีคุณสมบัติยอมให้สารซึมผ่านได้น้อยลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น เคลือบฟันในคนอายุน้อย จะยอมให้น้ำและสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กซึมผ่านรูระหว่างผลึกได้อย่างช้าๆ เมื่ออายุมากขึ้นรูนี้จะค่อยๆหายไป ในขณะที่ผลึกจะมีอนุภาคของสารสะสมและมีขนาดเพิ่มขึ้น และเนื่องจากรูระหว่างผลึกนี้จะเป็นที่อยู่ของน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำในเคลือบฟันจึงลดน้อยลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นด้วย ที่ผิวด้านนอกของเคลือบฟันจะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนสารกับสภาวะแวดล้อมภายในช่องปาก การได้รับปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มขึ้น เช่นจากการทาฟลูออไรด์เฉพาะที่(topical fluoride) จะมีผลต่อผิวเคลือบฟันด้านนอกด้วย

จากการสังเกตจะพบการลดลงของอัตราการเกิดฟันผุเมื่ออายุเพิ่มขึ้น อันอาจเป็นผลเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงที่ผิวเคลือบฟันดังกล่าว อย่างไรก็ดี ในส่วนของฟันบริเวณที่มีการเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุ เช่นบริเวณร่องและหลุมลึก

บนตัวฟันมีการสึกไปตามอายุ เป็นการลดพื้นที่ของฟันในส่วนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุลงด้วยเช่นกัน และในผู้ใหญ่มักบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทน้อยลง องค์ประกอบต่างๆดังกล่าวนี้ร่วมกับการได้รับปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้อัตราการเกิดฟันผุในผู้ใหญ่ลดลง

สาเหตุการเกิดการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟันในผู้ป่วยที่รับการจัดฟัน

การเกิดการละลายของแร่ธาตุ(decalcification) หรือรอยด่างขาว(white spot lesion)บนผิวเคลือบฟัน ก็คือปรากฏการณ์ของฟันผุระยะเริ่มแรก (5) ได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจนสิ้นสุดการรักษา(full term orthodontic treatment) เช่น Gorelick และคณะ (6) ได้สังเกตว่าร้อยละ 50 ของผู้ป่วยทั้งหมดจำนวน 121 คน ที่รับการจัดฟันนาน 2 ปี ภายหลังการถอดเครื่องมือออก พบว่ามีรอยด่างขาวของผิวเคลือบฟันเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเกิดมากที่สุดบริเวณฟันตัดบนด้านข้าง(lateral incisor) และพบเป็นมากในฟันตัดบน(maxillary incisor) ฟันเขี้ยวล่าง(mandibular canine) ฟันกรามน้อยล่างซี่แรก(mandibular first premolar) และฟันกราม(molar)ตามลำดับ ผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้ม(buccal)บริเวณที่อยู่ระหว่างเหงือกกับแบรกเกต(bracket) จะเกิดการละลายของแร่ธาตุมากที่สุด และจากการทดลองของ Mizrahi (7) ก็ยืนยันเช่นเดียวกันว่าฟันที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันจะเกิดรอยด่างขาวหรือมีการละลายของแร่ธาตุมากกว่าฟันที่มิได้รับการรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

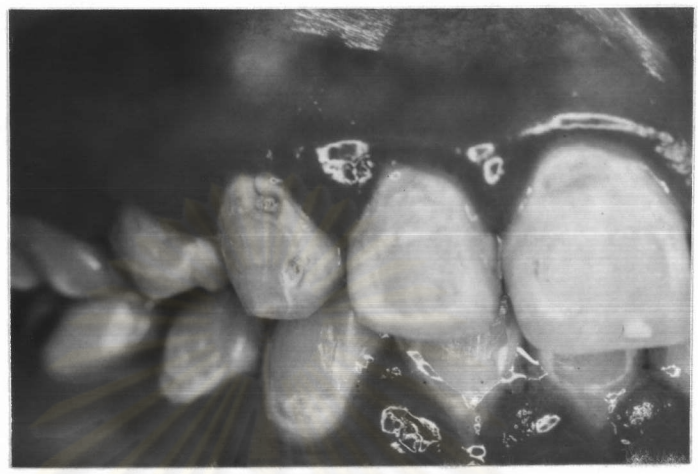
Ingerval (8) กล่าวว่านอกจากการเกิดรอยด่างขาวบนผิวเคลือบฟันแล้ว ผู้ที่รับการจัดฟันจะมีฟันผุหรือการอุดฟันมากกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการจัดฟันคิดเป็นร้อยละ 39 ต่อ 34 โดยพบฟันผุมากบริเวณด้านใกล้ริมฝีปาก(labial) และด้านใกล้ลิ้น(lingual)ของฟันหน้าบน พบน้อยกว่าในบริเวณด้านประชิด(interproximal)ของฟันที่ได้รับการสวมปลอกโลหะรัดฟัน และจะเป็นมาก

กับฟันที่ปลอกโลหะรัดฟันคลุมได้ไม่ถึงส่วนของเคลือบฟันบริเวณคอฟันด้านใกล้แก้ม คนไข้จะมีฟันผุทางด้านใกล้ลิ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับการผุทางด้านประชิด บางครั้งการผุเกิดโดยตรงภายใต้ปลอกโลหะรัดฟัน บางรายลุกลามถึงโครงสร้างภายในส่วนของเนื้อฟัน(dentin)ด้วย

Rossy และ Tinanoff (9) เชื่อว่าการติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันไม่ได้เพิ่มอุบัติการของการเกิดฟันผุ แต่เป็นการเพิ่มอุบัติการของการเกิดรอยด่างขาวมากกว่า การที่มีการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันมากขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากการติดเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น ทำให้กีดขวางขบวนการทำความสะอาดด้วยตนเอง(self cleansing mechanism)ของตัวฟัน และเพิ่มระดับสเตรปโตคอคคัส มิวแทน(Streptococcus mutan)ภายในช่องปาก ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ตัวนี้เป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดฟันผุในบริเวณพื้นผิวเรียบ หลุมและร่อง(pit and fissure)บนตัวฟัน นอกจากนั้นยังตรวจพบเชื้อชนิดนี้ในบริเวณที่เกิดฟันผุระยะเริ่มแรกด้วย

โดยทั่วไปแล้วการเกิดฟันผุระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน ในทางคลินิกจะมองเห็นลักษณะเป็นรอยด่างหรือจุดขุ่นขาว (5) จุดขุ่นขาวดังกล่าวจะมีความแข็งน้อยกว่าเคลือบฟันปกติรอบๆ เมื่อใช้ลมเป่าจะปรากฏลักษณะขุ่นขาวให้เห็นอย่างชัดเจน เมื่อนำไปตัดตามขวางในบริเวณจุดขุ่นขาวนี้ จะเห็นความผิดปกติของผิวเคลือบฟันชั้นนอก(intact surface layer) และบางครั้งจะลุกลามถึงชั้นใน(subsurface layer)ของเคลือบฟันด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 จุดขุ่นขาวที่ปรากฏบนผิวเคลือบฟันแสดงอาการผุระยะเริ่มแรก

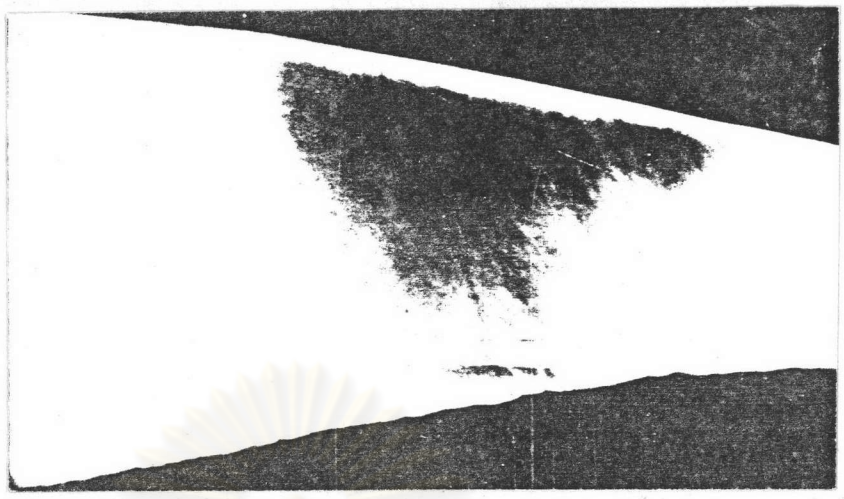
จากการทดลองและศึกษาโดยอาศัยเทคนิคต่างๆ เช่น ไมโครเรดิโอกราฟพี่(microradiography) การทดลองทางโพลาไรท์ไลท์(poralized light) ข้อมูลทางไมโครฮารท์เนส(microhardness data) และโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอน เป็นต้น สามารถสรุปลักษณะของจุดขุ่นขาวได้ดังนี้ (5)

1. ผิวเคลือบฟันที่ปกคลุมบริเวณรอยโรคชั้นนอกสุด(intact surface layer)มีลักษณะเป็นรูพรุน แต่ยังคงอุดมไปด้วยแร่ธาตุ(mineral-rich area)

2. ผิวเคลือบฟันชั้นใน(subsurface layer) ซึ่งเป็นจุดที่เกิดโรค(body of the lesion)มีแร่ธาตุอยู่ในระดับต่ำ ประมาณร้อยละ 10-70 ของปริมาตร

3. ลักษณะของผิวเคลือบฟันชั้นนอกของรอยผุระยะเริ่มแรกจะแตกต่างจากผิวเคลือบฟันปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



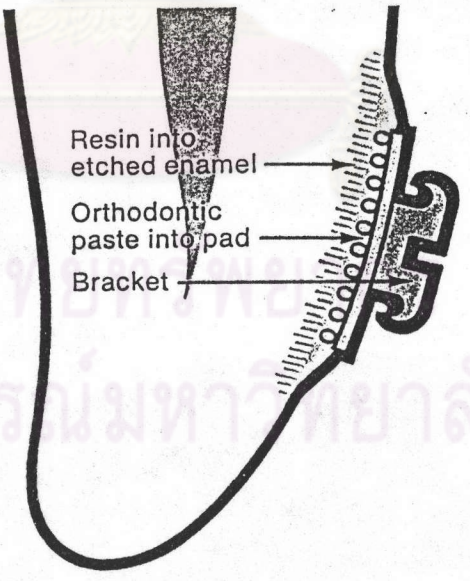
รูปที่ 11 ภาพถ่ายรอยผุของฟัน โดยใช้เทคนิคไมโครเรดิโอแกรม (microradiogram) แสดงให้เห็นรอยผุลึกของผิวเคลือบฟัน (10)

รูปที่ 12 ภาพแสดงการผุของฟัน (ภาพเดียวกันกับรูปที่ 11) แสดงโดยโทรทัศน์สี (colour television display) จะสังเกตเห็นว่าที่ผิวชั้นนอกของเคลือบฟันจะมีสภาพดี มีความทนทานต่อกรดได้ดีกว่าเพราะเป็นชั้นที่อุดมด้วยแร่ธาตุ ส่วนผิวเคลือบฟันด้านในซึ่งเป็นรอยผุ จะมีการละลายของแร่ธาตุมากกว่า (10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในผู้ป่วยที่รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ที่มีการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน มีสาเหตุจากหลายประการ คือ

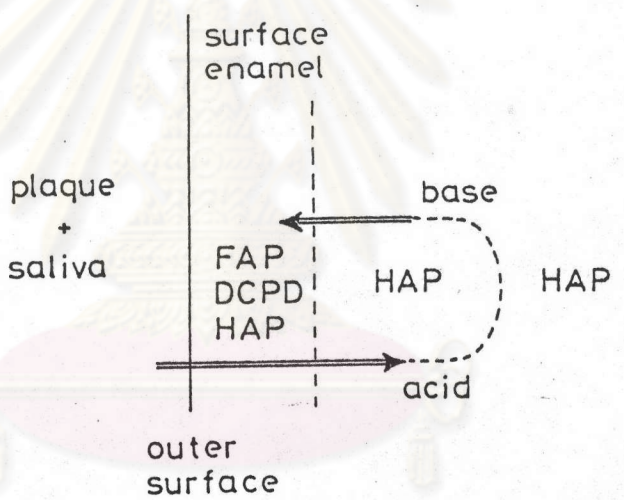
1. เครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น จะทำให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์มากขึ้น เนื่องจากสูญเสียขบวนการทำความสะอาดด้วยตนเองตามธรรมชาติ เพราะสภาพความโค้ง(contour)และลักษณะของตัวฟันเปลี่ยนแปลงไป(รูปที่ 13) คราบจุลินทรีย์จึงเกาะติดกับตัวฟันได้ง่ายโดยเฉพาะในบริเวณคอฟันด้านใกล้แก้มที่อยู่ระหว่างขอบเหงือกกับแบรกเกต หรือบัคเคิลทิวบ์(buccal tube) ซึ่งขนแปรงสีฟันเข้าไปทำความสะอาดได้ยาก ทำให้การแปรงฟันต้องใช้เวลา ใช้ความตั้งใจและความพยายามมากขึ้นกว่าปกติในการทำความสะอาดในแต่ละวัน สำหรับเด็กที่มีสุขภาพภายในช่องปากไม่ดีอยู่แล้วและไม่ค่อยเอาใจใส่ในการทำความสะอาด การจัดฟันจะทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูงขึ้น



รูปที่ 13 แสดงลักษณะความโค้งของตัวฟันที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อติดเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น

2. การใส่เครื่องมือจัดฟันทั้งชนิดติดแน่นและชนิดถอดได้ จะกระตุ้นให้ผู้ป่วยมีสภาพแวดล้อมภายในช่องปากเปลี่ยนแปลงไป โดยการมีระดับ pH ต่ำลง เพิ่มระดับความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรทเนื่องจากคราบจุลินทรีย์ติดได้ง่ายขึ้น มีการเพิ่มจำนวนของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทน และแลคโตแบซิลลัส (Lactobacillus) ในคราบจุลินทรีย์

โดยปกติแล้วที่ pH = 5.5 จะเป็นระดับวิกฤต(critical pH) ของการเกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน ซึ่งถ้า pH ต่ำลงกว่านี้ แร่ธาตุต่างๆจะถูกดึงออกจากผิวเคลือบฟัน(11)



HAP - Hydroxyapatite

FAP - Fluorapatite

รูปที่ 14 แสดงวงจรของการสลายตัวของผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ออกจากผิวเคลือบฟันชั้นนอก ซึ่งเป็นขบวนการเกิดการละลายของแร่ธาตุ (12)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การผสมซีเมนต์(cement)สำหรับติดปลอกโลหะรัดฟัน โดยใช้สัดส่วนระหว่างผงและน้ำซึ่งในที่นี้คือกรดฟอสฟอริคไม่ถูกต้อง หรือผสมไม่ถูกตามกรรมวิธี เป็นผลให้เกิดการละลายของซีเมนต์ที่อยู่ใต้ปลอกโลหะรัดฟันนั้นๆ และเกิดการสะสมของสารประเภทคาร์โบไฮเดรทในบริเวณนั้นแทน เมื่อสารคาร์โบไฮเดรทส่วนนี้ถูกนำไปใช้ในขบวนการสลายไกลโคเจนของจุลินทรีย์ ก็จะเกิดกรดขึ้น ทำให้ระดับ pH ในบริเวณนั้นลดลงเกินกว่าระดับวิกฤต จึงเกิดการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟันที่อยู่ใต้ปลอกโลหะรัดฟัน(รูปที่ 15)

รูปที่ 15 การเกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน ภายใต้ปลอกโลหะรัดฟันที่มีการละลายของซีเมนต์ออกไปบางส่วน

4. ซีเมนต์ที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน (orthodontic cement) บางชนิดจะมีส่วนของกรดฟอสฟอริคเหลืออยู่ภายหลังการผสม ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้ระดับ pH ภายใต้ปลอกโลหะรัดฟันอยู่ในระดับต่ำ จึงเกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันที่อยู่ภายใต้ปลอกโลหะรัดฟันได้

จากการศึกษาของ Costello และคณะ (13) พบว่าขณะที่ทำการยึดปลอกโลหะรัดฟัน จะทำให้ผิวเคลือบฟันมีลักษณะเหมือนถูกกรดกัด (acid etching enamel)ในขณะที่มีการแข็งตัวของซีเมนต์ แต่เมื่อซีเมนต์แข็งตัวดีแล้วก็จะไม่มีผลต่อเคลือบฟันอีก จึงเป็นการสรุปว่า การรื้อปลอกโลหะรัดฟัน

ออกมาเพื่อยึดใหม่ด้วยซีเมนต์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง(recementing)นั้น ไม่มีประโยชน์ในการป้องกันผิวเคลือบฟันแต่อย่างใด ขอเพียงแต่ให้คอยตรวจสอบรอยรั่วซึมเนื่องจากมีการละลายของซีเมนต์อย่างสม่ำเสมอ เมื่อเกิดขึ้นก็ให้รีบแก้ไขโดยเร็วจะเป็นการป้องกันการละลายของแร่ธาตุได้อีกวิธีหนึ่ง

5. การเลือกขนาดของปลอกโลหะรัดฟันที่ไม่พอดีกับตัวฟันหรือมีขนาดใหญ่เกินไปจนหลวม ทำให้ช่องว่างระหว่างผิวเคลือบฟันกับปลอกโลหะกว้างและไม่สามารถทำให้ขอบบนของปลอกโลหะแนบสนิทกับตัวฟันได้ พื้นผิวหน้าของซีเมนต์สัมผัสกับน้ำลายในช่องปากมากจึงมีโอกาสละลายได้ง่าย ทำให้เกิดช่องว่างเป็นที่สะสมของคราบจุลินทรีย์ได้

6. ไม่ได้ทำการอุดฟันที่ผุ หรือมีแนวโน้มว่าจะผุให้เรียบร้อยก่อนทำการติดเครื่องมือ ทำให้รอยผุนั้นลุกลามได้ง่าย

<u>การป้องกันและการแก้ไขการเกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน</u>

เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น พอสรุปได้ว่า การใช้วิธีติดเครื่องมือจัดฟันลงบนตัวฟันโดยตรง และการใส่ปลอกโลหะรัดฟันในทางทันตกรรมจัดฟันจะเป็นการส่งเสริมให้เกิดฟันผุได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในรายที่ผู้ป่วยมีสุขภาพและการรักษาความสะอาดภายในช่องปากไม่ดีพอ

ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่โดยตรงของทันตแพทย์ผู้ทำการจัดฟันให้แก่ผู้ป่วยที่จะต้องรับผิดชอบ ในการป้องกันมิให้เกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันขึ้น หรือถ้าเกิดขึ้นแล้วในระหว่างหรือภายหลังการรักษา ก็จะต้องทำการแก้ไขสภาวะของโรคให้หยุดยั้งลงและคืนสู่สภาพปกติ เพื่อกันการลุกลามของโรคฟันผุต่อไปอันจะทำให้ต้องสูญเสียฟันซี่นั้นๆไปอย่างน่าเสียดาย

การป้องกันรอยด่างขาวบนผิวเคลือบฟันอันเป็นระยะเริ่มแรกของการผุขึ้นกับการมีสุขภาพภายในช่องปากที่ดีเป็นสำคัญ และเป็นแนวทางการป้องกันประการแรกก่อนการใช้วิธีการอื่นๆ การนำฟลูออไรด์มาใช้ในการป้องกันฟันผุในทางทันตกรรมด้านอื่นๆกระทำกันมานานแล้วและมีการศึกษาผลของฟลูออไรด์กันอย่างกว้างขวาง ในทางทันตกรรมจัดฟันก็ตระหนักถึงความสำคัญของฟลูออไรด์และนำมาใช้ในการรูปแบบต่างๆ ซึ่งก็ให้ผลในการป้องกันและแก้ไขการเกิดการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาวิธีการอื่นๆอีกเช่น Schaeken และคณะ(14) ศึกษาวิธีการใช้คลอเฮกซิดีนทั้งชนิดวุ้นและในรูปของน้ำยาบ้วนปาก ในการลดปริมาณของเชื้อสเตรปโตคอคคัสภายในช่องปาก Clifton และคณะ(15) แนะนำการใช้สารตัวใหม่สำหรับขจัดคราบฟัน ชื่อว่า Sangulnaria Canadensis (พืชตระกูลหนึ่งที่มีรากสีแดงขึ้นอยู่ในประเทศอเมริกาและคานาดา) นำมาผสมในยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปากและใช้ในการฉีดล้างร่องปริทันต์(sulcus)ด้วยแรงเบาๆ โดยจะให้ผลดีต่อผู้ป่วยในการลดคราบฟัน ต้านทานฟันผุและเหงือกอักเสบ

Hughes และคณะ(16) ศึกษาการใช้สารชนิดต่างๆปิดทับเคลือบฟันก่อนการใส่ปลอกโลหะรัดฟัน เพื่อป้องกันการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟันในกรณีที่เกิดการหลุดของปลอกโลหะรัดฟันหรือซีเมนต์ละลาย และแนะนำว่าการใช้ UV-light activated bis-GMA resin ทาที่เคลือบฟันก่อนจะให้ผลในการป้องกันได้ดี

Margada และ Shannon (17) ศึกษาระยะเวลาที่ใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน(ecthing time)ที่เหมาะสม ในอันที่จะให้แรงยึดเกาะ(tensile bond strength)ระหว่างเครื่องมือจัดฟันกับผิวเคลือบฟันอย่างเพียงพอ เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียเคลือบฟันมากเกินความจำเป็น โดยสรุปว่าระยะเวลาที่เหมาะสมคือ 30 วินาที และแนะนำว่าการใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงๆ หรือใช้ระยะเวลาในการกัดผิวนานเกินกว่า 1 นาที กลับจะทำให้ผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดกลายเป็นผิวเรียบมากกว่าเป็นรูพรุนที่ดีสำหรับการยึดเกาะของวัสดุช่วยยึดและผิวเคลือบฟันจะถูกทำลายมากเกินความจำเป็น

Kvam และคณะ (18) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (zinc phosphate cement)กับกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์(glass ionomer cement)ในการใช้ยึดปลอกโลหะรัดฟัน พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์มีข้อดีคือทนต่อการละลายในช่องปากได้ดีกว่าและให้ฟลูออไรด์ จึงช่วยยับยั้งการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน ใช้ได้ดีในฟันที่มีรูปร่างผิดปกติซึ่งไม่สามารถทำให้ปลอกโลหะรัดฟันแนบสนิทได้ อย่างไรก็ดีสำหรับการปฏิบัติในทางคลินิกทำได้ไม่สะดวกนัก จึงไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเท่าการใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

หรือการคิดค้นวิธีการแปรงฟัน ที่สะดวกต่อคนไข้ในการทำความสะอาดได้อย่างหมดจดและการออกแบบแปรงสีฟันสำหรับคนไข้จัดฟันโดยเฉพาะ เหล่านี้ก็เพื่อจุดประสงค์เดียวกันคือ ป้องกันการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟันอันเป็นผลเนื่องมาจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

<u>บทบาทของฟลูออไรด์ในการแก้ไขการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟัน</u>

โดยปกติแล้ว ภายในช่องปากจะมีความสมดุลย์ของเกลือแร่ระหว่างฟันและน้ำลาย เมื่อฟันมีการสูญเสียแร่ธาตุออกมามากเกินขีดจำกัดก็จะทำให้เคลือบฟันอ่อนตัวลงและเกิดฟันผุขึ้น แต่ถ้าเราสามารถทำให้แร่ธาตุเหล่านั้นคืนกลับเข้าไปในตัวฟันได้ใหม่ ผิวเคลือบฟันก็จะกลับคืนสู่สภาพเดิม นั่นคือขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืน

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าสารที่มีผลในการส่งเสริมการเกิดขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนตัวหนึ่งได้แก่ ฟลูออไรด์ ซึ่งขบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะภายในช่องปากที่เหมาะสม และจำเป็นต้องมีสารอื่นช่วยในการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนด้วยได้แก่ พวกอนุภาคอิสระ(ion)ของธาตุแคลเซี่ยมและฟอสเฟตที่มีอยู่ในน้ำลาย ขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนจึงจะเกิดขึ้นได้ โดยสารดังกล่าวจะเข้าไปแทนที่ในบริเวณรอยโรคและอยู่ในรูปของผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ (5,9,19)

มีทฤษฎีมากมายที่กล่าวถึงบทบาทของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นข้อๆดังนี้ (20)

1. ฟลูออไรด์มีผลต่อผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์บนผิวเคลือบฟัน โดย
   1.1. ลดการละลายตัวของเคลือบฟัน
   1.2. ปรับปรุงรูปแบบการสร้างผลึก
   1.3. เป็นตัวเร่งให้มีการเสริมสร้างแคลเซี่ยมกลับคืนสู่เคลือบฟันทดแทนในส่วนที่สูญเสียไป
2. ฟลูออไรด์มีผลต่อคราบจุลินทรีย์ โดย
   2.1. ยับยั้งการสร้างเอนไซม์ของแบคทีเรีย
   2.2. ยับยั้งการแพร่ขยายของจุลินทรีย์ก่อโรค
3. ฟลูออไรด์มีผลต่อเคลือบฟัน โดย
   3.1. ละลายโปรตีน และ/หรือจุลินทรีย์
   3.2. ลดระดับพลังงานอิสระที่ผิวเคลือบฟัน(free energy surface)

ทฤษฎีข้างต้นนี้สรุปจากการศึกษาในระดับโมเลกุล จากการทดลองในห้องปฏิบัติการและบางส่วนจากการศึกษาทางคลินิก ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประโยชน์ของฟลูออไรด์ในด้านต่างๆต่อไป

1. <u>บทบาทของฟลูออไรด์ต่อผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์</u>

ก่อนจะกล่าวถึงบทบาทของฟลูออไรด์ต่อผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ ควรทราบลักษณะของผลึกดังกล่าวก่อน ผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์เป็นองค์ประกอบอนินทรีย์หลักของเนื้อเยื่อชนิดที่มีการสะสมของแร่ธาตุ(mineralized tissue) ในกระดูก เนื้อฟัน และเคลือบรากฟัน ผลึกนี้จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2300 + 200 นาโนเมตร(nm.) แต่ผลึกที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเคลือบฟันจะมีขนาดใหญ่เป็น 10 เท่า องค์ประกอบทางเคมีของผลึกนี้เมื่อคิดโดยน้ำหนัก

สามารถเขียนสูตรเคมีออกมาได้ดังนี้คือ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ มีอัตราส่วนของแคลเซี่ยมต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 1.67 ซึ่งในทางชีวภาพ(biological form) จริงๆแล้ว จะไม่เป็นไปตามสูตรเคมีดังกล่าวและอัตราส่วนของแคลเซี่ยมต่อฟอสฟอรัสจะน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะในทางชีวภาพนั้นผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์มักจะไม่บริสุทธิ์ เพราะมีอนุภาคของสารอื่นเข้าไปแทรกอยู่ในส่วนที่เป็นร่างแหระหว่างผลึก(apatite lattice) ซึ่งนอกจากอนุภาคของฟลูออไรด์แล้ว ส่วนมากอนุภาคของธาตุอื่นๆมักจะทำลายการเรียงตัวของผลึก (21)

ส่วนประกอบ	น้ำหนักแห้ง	โมล/ 100 กรัม
แคลเซี่ยม	36.4	0.91
ฟอสฟอรัส	17.4	0.56
แมกนีเซี่ยม	0.40	0.016
โซเดียม	0.66	0.029
โปตัสเซี่ยม	0.03	0.0008
คลอรีน	0.23	0.0065
ฟลูออไรด์	0.01	0.0005

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของเคลือบฟันคน
อัตราส่วนของแคลเซี่ยมต่อฟอสฟอรัส = 1.62 (22)

องค์ประกอบอนินทรีย์ส่วนใหญ่ของเคลือบฟันคน ได้แก่แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัส(ดังแสดงในตารางที่ 1) และนอกเหนือจากนั้นยังมีธาตุอื่นๆอีก 40 กว่าชนิด แต่มีปริมาณน้อยและจำนวนไม่คงที่ อนุภาคของธาตุต่างๆรวมทั้งฟลูออไรด์มักจะพบว่ามีปริมาณมากที่บริเวณผิวชั้นนอก และลดจำนวนลงในบริเวณที่

ลึกลงไป จึงอาจเป็นไปได้ว่าอนุภาคของธาตุเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ผลึกที่บริเวณผิวชั้นนอกของเคลือบฟัน

1.1. บทบาทของฟลูออไรด์ในการลดการละลายตัวของเคลือบฟัน

บทบาทของฟลูออไรด์ข้อนี้เริ่มแรกได้มาจากการที่มีผู้สังเกตพบว่าประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตที่มีฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำดื่ม จะมีฟันตกกระ(dental fluorosis) และฟันผุน้อย จึงเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าสืบต่อมาจนถึงในปัจจุบันและสามารถอธิบายได้ว่า เหตุใดฟลูออไรด์จึงมีผลต่อการลดลงของการละลายตัวของเคลือบฟัน ทั้งนี้จากการตรวจองค์ประกอบของเคลือบฟันในพื้นที่ที่มีฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำดื่ม จะประกอบด้วยสารฟลูออราปาไทท์ที่เกิดจากการที่ฟลูออไรด์เข้าไปแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิลในผลึกแคลเซี่ยมไฮดรอกซีอปาไทท์ (ซึ่งจะมีปริมาณฟลูออไรด์สูงถึง 38,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในขณะที่ฟลูออไรด์ที่มีอยู่ในเคลือบฟันทั่วๆไปจะมีเพียง 500-1500 ส่วนในล้านส่วนเท่านั้น)

เมื่อระดับ pH มากกว่า 5.5 อันเป็นจุดวิกฤตของการเกิดการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟัน โดยที่สารฟลูออราปาไทท์ทนทานต่อกรดได้ดีกว่าจึงช่วยลดการละลายของเคลือบฟันลงได้ถึงร้อยละ 60 - 70

ในฟันที่เพิ่งขึ้นเคลือบฟันจะยังไม่สมบูรณ์นักและมีคุณสมบัติให้สารซึมผ่านได้สูง ฉะนั้นอาจเป็นอันตรายเมื่อสัมผัสสารเคมีต่างๆได้ง่าย เมื่อฟันสัมผัสกับน้ำลายนานขึ้น รูพรุนที่บริเวณผิวนอกจะลดน้อยลงเนื่องจากมีผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์เกิดขึ้น การได้รับฟลูออไรด์จะช่วยเพิ่มความคงทนของผลึกและเร่งขบวนการเคลือบเงาผิว(surface glazing)ให้เร็วขึ้น โดยปราศจากการรบกวนต่อผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ที่ลึกลงไป (23) โดยจะปรากฏเป็นชั้นบางๆของฟลูออราปาไทท์อยู่ที่ผิวเคลือบฟันด้านนอก ล้อมรอบผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ไว้จึงเปรียบเสมือนหนึ่งทั้งหมดเป็นฟลูออราปาไทท์ (24)

1.2. <u>บทบาทของฟลูออไรด์ในการปรับปรุงรูปแบบของการสร้างผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์</u> เราสามารถใช้การหักเหของลำแสงเอกซเรย์ (x-ray diffraction) ในการตรวจสอบร่างแหระหว่างผลึก(apatite lattice)ได้ โดยส่องลำแสงเอกซเรย์ตรงไปที่ผิวหน้าด้านหนึ่งของผลึกและวัดมุมของการหักเหของรังสีที่สะท้อนออกมาในเชิงเส้น (diffraction line profile) ก็จะทราบความสมบูรณ์ของผลึกได้ ในผลึกที่มีโครงสร้างที่ดี เส้นกราฟของการหักเหของแสงที่สะท้อนออกมานี้ จะปรากฏเป็นยอดแหลมและคมชัดกว่า

สำหรับผลึกอปาไทท์ในทางชีวภาพจริงๆ จะมีขนาดเล็ก เพราะมีสารอื่นเจือปนอยู่มากทำให้ไม่บริสุทธิ์ เส้นกราฟของการหักเหของแสงที่ได้จึงมีรูปแบบที่ไม่ดี แต่การมีอนุภาคของฟลูออไรด์อยู่ด้วยแม้จะเป็นปริมาณน้อย จะมีผลในการสร้างผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ทั้งในฟันและในกระดูก ทั้งนี้อาจเนื่องจากอนุภาคของฟลูออไรด์ ช่วยทำให้เกิดการคืนกลับของแคลเซี่ยมฟอสเฟตเข้าสู่ผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์

การอธิบายบทบาทข้อนี้ของฟลูออไรด์โดยใช้ทฤษฎี"Void Theory" (20)ได้ดังนี้คือ ในผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์จะมีอนุภาคของแคลเซี่ยมเรียงตัวเป็นรูปสามเหลี่ยมในระนาบเดียวกัน จะมีกลุ่มไฮดรอกซิลที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนและออกซิเจนอยู่ตรงกลาง ในระดับที่เหนือกว่าหรือต่ำกว่าระนาบของอนุภาคของแคลเซี่ยมประมาณ 3 มิลลิเมตร ในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้นทำให้กลุ่มไฮดรอกซิลเกิดสลับตำแหน่งจากบนลงล่างหรือล่างขึ้นบน เป็นผลให้กลุ่มไฮดรอกซิลสองกลุ่มเคลื่อนที่เข้าหากัน และเกิดแรงหนีศูนย์กลาง(Steric interference)ขึ้น ทำให้กลุ่มไฮดรอกซิลหลุดหายไปจากผลึกและเกิดเป็นช่องว่างขึ้นในผลึก

โดยปกติแล้ว กลุ่มไฮดรอกซิลจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.9 นาโนเมตร ในขณะที่อนุภาคของฟลูออไรด์มีขนาดใหญ่กว่าคือ 13.3

นาโนเมตร อนุภาคของฟลูออไรด์จึงอยู่พอดีที่กึ่งกลางสามเหลี่ยมของอนุภาคของแคลเซี่ยมจึงมีความคงทนกว่า และยังให้ไฮโดรเจนบอนด์(hydrogen bond) สำหรับการยึดเกาะระหว่างผลึกที่แข็งแรงกว่า

1.3. บทบาทของฟลูออไรด์ในการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนสู่เคลือบฟันทดแทนในส่วนที่มีการสูญเสียไป ฟันผุเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ pH ภายในช่องปากลดลงเกินกว่าระดับวิกฤต(pH=5.5) เนื่องจากเกิดการย่อยสลาย(fermentation)ของสารอาหาร ซึ่งการสูญเสียแร่ธาตุนี้มิใช่ขบวนการของการละลายธรรมดา แต่เป็นขบวนการที่มีทั้งการละลายและการสร้างเสริมกลับเข้าไปใหม่ อีกทั้งยังมีการสร้างสารที่ทนต่อการละลายได้มากขึ้น สารประกอบพวกคาร์บอเนต ธาตุแคลเซี่ยม แมกนีเซี่ยม และโซเดียมจะละลายออกจากเคลือบฟัน ในขณะที่อนุภาคของฟลูออไรด์ สังกะสี ตะกั่ว อลูมิเนียม และเหล็กพยายามที่จะสะสมเข้าไป ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่าอนุภาคของฟลูออไรด์ร่วมกับสารที่มีอยู่ใน mineralizing solution จะให้ผลในทางส่งเสริมและเร่งขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนได้เร็วกว่าการที่มีเฉพาะ mineralizing solution เพียงอย่างเดียว (25)

โดยธรรมชาติแล้วขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนจะเกิดขึ้นได้เองภายในช่องปากภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แต่จะเกิดขึ้นได้ช้ากว่าเมื่อเทียบกับการเกิดขบวนการดังกล่าวภายในห้องทดลอง(19) น้ำลายจะมีความสามารถทำให้เกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนได้ เนื่องจากสารประกอบต่างๆที่มีอยู่ในน้ำลายเช่นแคลเซี่ยมและฟอสเฟต ขณะเดียวกันก็มีอนุภาคบางตัวที่ขัดขวางขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนรวมอยู่ด้วย เช่น อนุภาคของแมกนีเซี่ยม คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ดังนั้นประสิทธิภาพของฟลูออไรด์จะถูกลบล้างไปบ้างและเหลืออนุภาคของฟลูออไรด์เพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟัน(26) อย่างไรก็ดีความเร็วในการกลับหายดังเดิมหรือแข็งแรงขึ้นของรอยด่างขาว จะเพิ่มขึ้นจากการหายตามปกติในธรรมชาติเมื่อมีอนุภาคของฟลูออไรด์อยู่ด้วย

ความสามารถของฟลูออไรด์ ในการส่งเสริมการสร้างผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์จัดเป็นองค์ประกอบสำคัญในการต่อต้านฟันผุ สารละลายอิ่มตัวของแคลเซี่ยมฟอสเฟตร่วมกับฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำๆ จะให้ผลดีกว่าสารละลายชนิดอื่นเช่น สารละลายของออคตาแคลเซี่ยมฟอสเฟต(octacalcium phosphate) จะให้ผลึกที่ไม่ค่อยถาวร

ในกรณีที่เราสร้างสถานการณ์เลียนแบบฟันผุ(artificial caries lesion)ซึ่งจะมีการสูญเสียแคลเซี่ยมออกจากเคลือบฟัน พบว่าถ้ามีฟลูออไรด์อยู่ด้วยแม้จะในปริมาณต่ำ(2.5 - 5 ส่วนในล้านส่วน) จะสามารถช่วยให้เกิดขบวนการซ่อมแซมผลึกอปาไทท์ขึ้น โดยผลึกอปาไทท์จะดึงแคลเซี่ยมจากสารละลายที่มีแคลเซี่ยมและฟอสเฟตได้(27) ซึ่งข้อสรุปดังกล่าวได้จากการศึกษาขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนที่เกิดขึ้น ทั้งในฟันผุแบบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและในแบบที่สร้างสถานการณ์เลียนแบบฟันผุ โดยใช้กล้องโพลาไรท์ไลท์ (Polarizing microscopy)วัดการซึมได้(imbibition)ของสารละลายเข้าสู่บริเวณรอยโรค การเติมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ(1 - 10 ส่วนในล้านส่วน) เข้าไปในสารละลายที่มีแคลเซี่ยม จะช่วยเพิ่มทั้งปริมาณและอัตราเร็วในการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนได้เป็นอย่างมาก และพบว่าในบริเวณรอยโรคจะมีความหนาแน่นมากขึ้น นั่นคือรูพรุนจะลดน้อยลง นอกจากนั้นจากการที่มีฟลูออไรด์อยู่ในระหว่างการสร้างแร่ธาตุกลับคืน จะช่วยให้ผลึกอปาไทท์มีขนาดใหญ่ขึ้นทนต่อการละลายได้ดีขึ้น จึงช่วยป้องกันฟันผุ

จากการศึกษากลไกของขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืน พบว่าการกลับแข็งแรงดังเดิมของผิวเคลือบฟันจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับ pH ภายในช่องปากลดลง และที่ pH ที่กำหนดความเร็วจะแปรตามความเข้มข้นของฟอสเฟตและคาร์บอเนตที่มีอยู่ในน้ำลาย(23) ในทางตรงกันข้ามน้ำลายจะเป็นตัวการขัดขวางขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนด้วยเช่นกัน ในกรณีที่ขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จะมีสารพวก amorphous material เข้าเกาะในบริเวณผิวเคลือบฟันที่อ่อนตัวลง โดยแทรกอยู่ในช่องว่าง

ระหว่างผลึก(intercrystaline space) ซึ่งเป็นการจำกัดขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนที่จะเกิดต่อไป ดังนั้นเมื่อพบว่าบริเวณใดมีรอยด่างขาวเกิดขึ้น การเร่งขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนให้เกิดขึ้น โดยใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงๆจะทำให้ขบวนการดังกล่าวหยุดชะงักอยู่ที่ผิวชั้นนอกของเคลือบฟันเท่านั้น(19)

จากการศึกษาภาพถ่ายอิเลคตรอนของผิวเคลือบฟัน ที่ทำปฏิกิริยากับฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน พบว่าฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นน้อยจะช่วยเร่งอัตราการเสริมสร้างสารประกอบพวกฟลูออราปาไทท์ ปกคลุมอยู่บนผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัด โดยมีปฏิกิริยาเคมีดังนี้

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 2(F^-) \longrightarrow \underset{\text{(Fluoropatite)}}{Ca_{10}(PO_4)_6F_2} + 2(OH^-)$$

ส่วนการใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงมากกว่า 100 ส่วนในล้านส่วน จะก่อให้เกิดสารประกอบแคลเซี่ยมฟลูออไรด์เคลือบอยู่บนผิวเคลือบฟันมากกว่าที่จะเกิดเป็นผลึกฟลูออราปาไทท์ โดยมีปฏิกิริยาเคมีดังนี้

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 20(F^-) \longrightarrow \underset{\text{(calcium fluoride)}}{10CaF_2} + 6(PO_4) + 2(OH^-)$$

แคลเซี่ยมฟลูออไรด์จะยึดเกาะบนผิวเคลือบฟันในลักษณะของผลึกละเอียด ซึ่งตรวจสอบได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนและการหักเหของรังสีเอกซ์ ชั้นของแคลเซี่ยมฟลูออไรด์จะมีช่วงอายุจำกัดและไม่คงทนถาวร บางส่วนจะถูกขัดสีออกเนื่องจากแรงบดเคี้ยวและการไหลเวียนของน้ำลาย จากการศึกษาโดยใช้สารกัมมันตรังสี(radioisotope study)ของธาตุฟลูออไรด์(^{18}F) พบว่าจะมีปริมาณฟลูออไรด์คงเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ผิวเคลือบฟัน

แคลเซี่ยมฟลูออไรด์บางส่วนจะสลายตัว ให้อนุภาคของแคลเซี่ยมและฟลูออไรด์เมื่อความเข้มข้นของฟลูออไรด์รอบๆผิวเคลือบฟันลดน้อยลง

ซึ่งอนุภาคฟลูออไรด์นี้จะทำปฏิกิริยากับผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ต่อไป เขียนเป็นปฏิกิริยาเคมีรวมได้ดังนี้

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + CaF_2 \longrightarrow Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + (Ca^{2+}) + 2(F^-) + 2(OH^-)$$

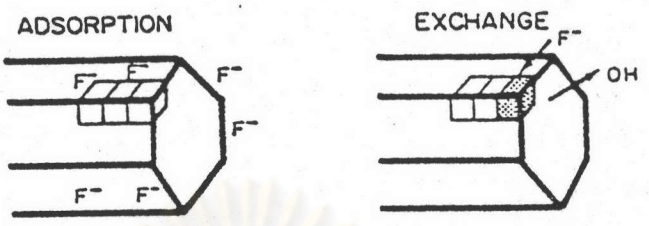
ดังนั้นการเกิดเป็นแคลเซี่ยมฟลูออไรด์ก่อนนี้ จะเปรียบเสมือนเป็นแหล่งเก็บอนุภาคฟลูออไรด์ไว้สำหรับแจกจ่ายให้กับผิวเคลือบฟันอย่างต่อเนื่องในปริมาณน้อยและพอเหมาะที่จะช่วยเร่งอัตราเร็วในการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนแก่เคลือบฟันในรูปของผลึกฟลูออราปาไทท์

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใช้ฟลูออไรด์ไม่ว่าจะมีความเข้มข้นสูงหรือต่ำก็ตาม ต่างสามารถก่อให้เกิดการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนแก่เคลือบฟันได้ต่างกันแต่เพียงว่า การสร้างผลึกฟลูออราปาไทท์จะเริ่มขึ้นทันทีเมื่อใช้ฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ และจะเกิดเป็นแคลเซี่ยมฟลูออไรด์ก่อนเมื่อใช้ฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นสูง ต่อมาจึงสลายตัวแล้วค่อยทำปฏิกิริยากับผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์เกิดเป็นผลึกฟลูออราปาไทท์ในภายหลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิกิริยาของฟลูออไรด์ต่อเคลือบฟัน

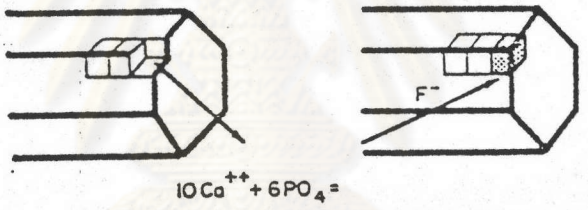
(Reactions of Fluoride with Tooth Minerals)



การสร้างผลึกกลับคืนมาใหม่

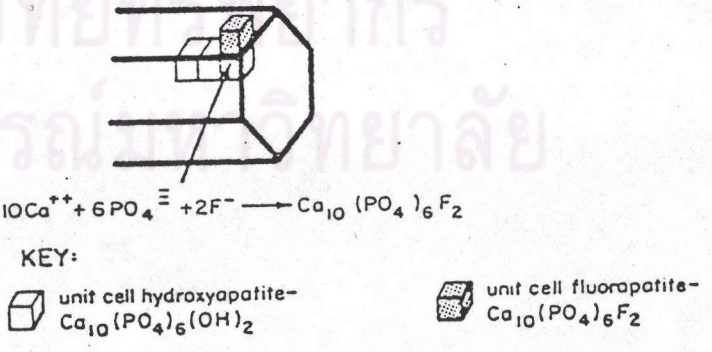
(Recrystallization)

(Dissolution and Reprecipitation)

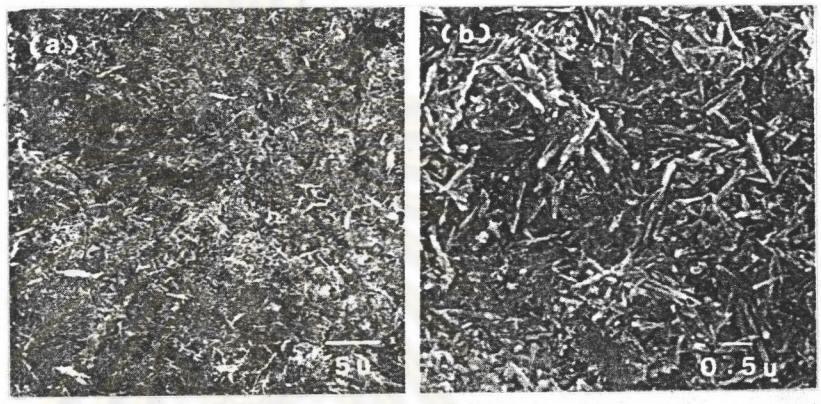


การตกผลึกและการเพิ่มขนาด

(Pricipitation Crystal Growth)



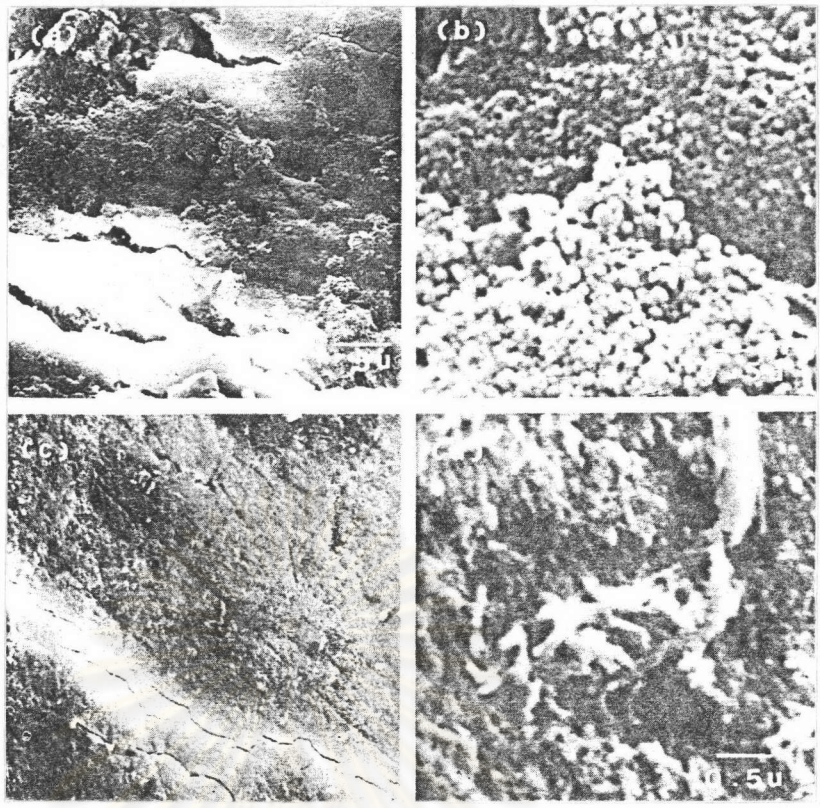
รูปที่ 16 ภาพแสดงปฏิกิริยาต่างๆของฟลูออไรด์กับผลึกอปาไทท์ ได้เป็นสารประกอบฟลูออราปาไทท์ (28)



รูปที่ 17 ภาพถ่ายผิวเคลือบฟัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด แสดงการเจริญของผลึกแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟันที่มีแร่ธาตุบางส่วนละลายไปในกรดอ่อน เมื่อแช่ในสารละลาย calcifying solution ที่ประกอบด้วย $CaCl_2$ 1.5 มิลลิโมล และ Na_2HPO_4 1.0 มิลลิโมล รวมกับ NaF 0.05 มิลลิโมล(ความเข้มข้นต่ำ) ที่ระดับ pH 7.0 โดยแช่ไว้นาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จะเห็นว่าที่เคลือบฟันจะมีการเจริญของผลึกแร่ธาตุเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 0.2 x 1.0 uM พอกพูนอยู่ในและบนผิวเคลือบฟัน (26)

a. ภาพขยาย 2,000 เท่า

b. ภาพขยาย 10,000 เท่า



รูปที่ 18 ภาพถ่ายผิวเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด แสดงการพอกพูนของแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟันที่แร่ธาตุบางส่วนละลายไปในกรดอ่อนเมื่อแช่ในสารละลาย 2 ชนิด นาน 24 ชั่วโมง

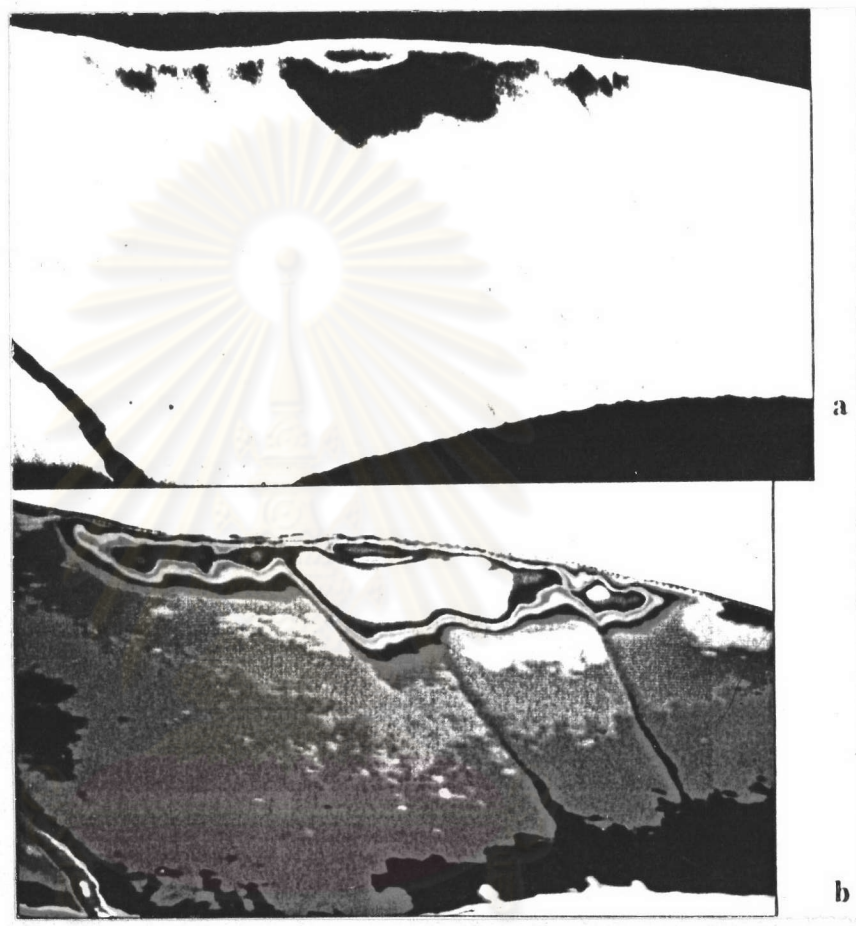
a,b. เมื่อแช่ในสารละลาย calcifying solution ที่ประกอบด้วย $CaCl_2$ 1.5 มิลลิโมล และ Na_2HPO_4 1.0 มิลลิโมล รวมกับ NaF 37.5 มิลลิโมล (ความเข้มข้นสูง) จะเห็นผลึกแร่ธาตุเป็นเม็ดกลมเล็กๆขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05 - 0.3 uM พอกพูนอัดแน่นอยู่บนผิวเคลือบฟันจนไม่สามารถมองเห็นลักษณะของผลึกแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันดั้งเดิม(a.ขยาย 2,000 เท่า, b.ขยาย 20,000 เท่า)

c,d. เมื่อแช่ใน NaF 37.5 มิลลิโมล เพียงอย่างเดียว จะเห็นว่ามีการพอกพูนของแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟันเช่นเดียวกัน แต่ลักษณะของผลึกแร่ธาตุที่เกิดใหม่จะเป็นก้อนกลมเล็กๆ และมีบางส่วนยาวเป็นแท่งยึดติดแน่นกับผิวเคลือบฟัน (c.ขยาย 2,000 เท่า, d.ขยาย 20,000 เท่า) (26)

ดังนั้น ฟลูออไรด์นอกจากจะมีผลในการส่งเสริมแร่ธาตุกลับคืนสู่ผิวเคลือบฟันปกติในส่วนต่างๆทั่วทั้งช่องปากแล้ว ยังมีผลต่อการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนในบริเวณรอยโรคบนผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะเป็นจุดด่างขาว โดยการศึกษาทดลองทั้งในห้องทดลองและภายใต้สภาพแวดล้อมจริงตามธรรมชาติ พบว่ารอยด่างขาวสามารถหายได้โดยขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนนี้ (2,5, 26,29)

จากการศึกษาของสุขุม ธีรดิลก(26) โดยทำการทดลองแช่ฟันวัวในกรดน้ำส้มเพื่อละลายแคลเซี่ยมออกจากเคลือบฟัน แล้วนำฟันวัวดังกล่าวไปทำปฏิกิริยากับฟลูออไรด์ที่เตรียมในรูปของยาสีฟัน และได้ให้ข้อสรุปผลการทดลองว่า เคลือบฟันที่มีการละลายของแร่ธาตุบางส่วนออกไปเนื่องจากกรดที่ถูกสร้างขึ้นภายในช่องปาก โครงสร้างของผิวเคลือบฟันจะยังคงรูปร่างเดิมอยู่ เมื่อแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์จะก่อให้เกิดการสะสมและสร้างเสริมแร่ธาตุขึ้นบนผิวและในเคลือบฟันอย่างเป็นระเบียบ แต่ไม่เป็นรูปร่างตามลักษณะของอินาเมลปริซึมปกติ ลักษณะของผลึกจะเหมือนกับผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ ซึ่งผลึกเหล่านี้จะมีการสะสมพอกพูนมากขึ้น เป็นการซ่อมแซมเคลือบฟันที่ถูกทำลายโดยกรดที่เกิดจากแบคทีเรียในช่องปากจึงเป็นการป้องกันฟันผุอย่างมีประสิทธิภาพ

Von der Fehr และคณะ(2) กล่าวว่ารอยด่างขาวของเคลือบฟันบริเวณใกล้ขอบเหงือกสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ โดยให้ผู้ป่วยบ้วนปากทุกวันด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นาน 2-4 เดือน ร่วมกับการฝึกปฏิบัติการรักษาความสะอาดภายในช่องปากให้ดีอยู่เสมอ ส่วน Hollender และ Koch (29) พบว่ารอยด่างขาวระยะเริ่มแรกบนเคลือบฟันด้านใกล้แก้มของฟันหน้าบนลดลง เมื่อให้ผู้ป่วยแปรงฟันด้วยยาสีฟันที่มีโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.22 และในบางส่วนของรอยด่างขาวพบว่ามีการหายได้โดยสมบูรณ์



รูปที่ 19 a. ภาพถ่ายรังสี (microradiogram) ของรอยผุบนผิวเคลือบฟัน จะเห็นผิวนอกสุดของผิวเคลือบฟันหน้าต่อรอยโรคมีการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืน ในขณะที่ด้านในยังคงเป็นบริเวณที่ระดับแร่ธาตุต่ำกว่าปกติ

b. แสดงลักษณะของรอยโรคเดียวกันในระบบโทรทัศน์สี (colour television display system) (10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. บทบาทของฟลูออไรด์ต่อแบคทีเรียในคราบจุลินทรีย์

2.1. ฟลูออไรด์มีผลรบกวนระบบเอนไซม์ของแบคทีเรีย

เป็นที่ทราบกันดีว่า อนุภาคของฟลูออไรด์สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้หลายชนิด เช่น enolase , succinic dehydrogenase , phosphatase , phosphoglycomutase , phosphoglycerate mutase และ acetylcholine เป็นต้น

ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ จะมีผลในการยับยั้งเอนไซม์และยังขึ้นกับชนิดของเอนไซม์ด้วย จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าเอนไซม์ร้อยละ 50 ถูกยับยั้งได้เมื่อใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้น 10^{-2} - 10^{-4} โมล แต่ที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมล จะให้ผลดีที่สุด ในขณะที่ 10^{-1} โมล (0.2 -190 ส่วนในล้านส่วน) ให้ผลในการยับยั้งน้อยที่สุด(30) ส่วนภายในช่องปากข้อมูลด้านนี้ยังขาดรายละเอียดอีกมาก

ความเข้มข้นของอนุภาคฟลูออไรด์ในน้ำลาย (ประมาณ 0.01 - 0.05 ส่วนในล้านส่วน) หรือในน้ำดื่ม (1 ส่วนในล้านส่วน)ไม่เพียงพอในการยับยั้งเอนไซม์ต่างๆที่กล่าวนามข้างต้น enolaseซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในขบวนการ glycolysis และการสร้างกรดจากขบวนการย่อยสลายสารอาหารของแบคทีเรีย จะถูกยับยั้งลงครึ่งหนึ่งเมื่อมีฟลูออไรด์ความเข้มข้น 0.5 ส่วนในล้านส่วน นอกจากนี้ enolase ยังมีผลต่อพลังงานอิสระ(energy dependent) ที่ใช้ในการส่งผ่านน้ำตาลเข้าสู่ตัวเซลแบคทีเรียภายในช่องปาก(เช่นแบคทีเรียพวก S.mutan , S.sanguis , S.salivarius) ดังนั้นการมีอนุภาคของฟลูออไรด์จึงช่วยลดการสะสมสารโพลีแซคคาไรท์ภายในตัวเซลแบคทีเรียด้วย และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า ถ้าต้องการยับยั้งการสร้างกรดของแบคที่เรียแล้วจะต้องใช้ฟลูออไรด์ในระดับความเข้มข้นระหว่าง 1 - 19 ส่วนในล้านส่วนเป็นอย่างน้อย

ถึงแม้ว่าความเข้มข้นในน้ำลายของฟลูออไรด์จะน้อยมาก แต่ที่ผิวนอกสุดของเคลือบฟันจะมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์สูงมาก โดยอาจสูงถึงหลายพันล้านส่วน และในคราบจุลินทรีย์เองก็จะมีฟลูออไรด์สะสมอยู่ด้วยในปริมาณที่มากกว่าที่มีในน้ำลาย(คือประมาณ 20 ส่วนในล้านส่วน) ซึ่งยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ถึงรูปแบบของฟลูออไรด์ที่มีอยู่ในคราบจุลินทรีย์ โดยพบฟลูออไรด์บางส่วนในรูปของอนุภาคอิสระอยู่ในของเหลวนอกเซล(extracellular fluid) บางส่วนยึดเกาะอยู่กับเซลแบคทีเรีย และบางส่วนยึดเกาะกับส่วนของคราบจุลินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ สันนิษฐานว่าฟลูออไรด์ที่มีอยู่ในคราบจุลินทรีย์จะยึดอยู่กับแร่ธาตุที่มีในคราบจุลินทรีย์นั้นๆ เช่นเดียวกับที่มีอยู่ในผลึกอปาไทท์ในเคลือบฟัน ซึ่งมิได้เป็นอนุภาคอิสระ ในภาวะที่ pH ต่ำลงจึงจะเกิดการแตกตัว(ionized) ให้อนุภาคฟลูออไรด์อิสระออกมาจากคราบจุลินทรีย์

2.2. <u>ฟลูออไรด์มีผลต่อจุลินทรีย์ก่อโรค(cariogenic flora) ภายในช่องปาก</u> S.mutan จัดเป็นเชื้อสเตรปโตคอคคัสภายในช่องปากที่มีระดับความรุนแรงที่สุดในการก่อโรค จากการฉีดเชื้อนี้เข้าไปในร่างกายสัตว์ทดลอง(host) พบว่าจะทำให้เกิดการเน่าเปื่อยขึ้นภายในร่างกาย และภายในช่องปากจะพบเชื้อชนิดนี้มากในคราบจุลินทรีย์ที่ได้จากบริเวณที่มีฟันผุ

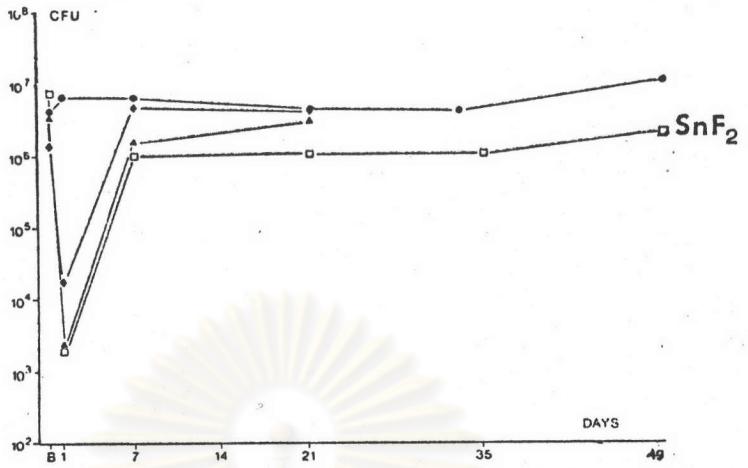
จากการศึกษาพบว่าระดับ S.mutan จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายใน 1 สัปดาห์ ภายหลังการทำความสะอาดฟันด้วยครีมผสมฟลูออไรด์ ในขณะที่การใช้ครีมที่ไม่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ไม่มีผลต่อการลดปริมาณเชื้อ S.mutan อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถ้าใช้ acidulated phosphate fluoride (APF gel) ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์สูงถึง 12,300 ส่วนในล้านส่วน ทา 5-10 ครั้ง นาน 10 นาที ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยทดลองทำในเด็กนักเรียนวัยรุ่นชายกลุ่มหนึ่ง พบว่าไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มระดับฟลูออไรด์ในเคลือบฟัน ยังมีผลต่อระดับ S.mutan ในคราบจุลินทรีย์อีกด้วย โดยปริมาณ S.mutan ในคราบจุลินทรีย์ที่อยู่ในบริเวณด้านประชิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและจะยังคงมีอยู่ในระดับต่ำต่อไปอีกอย่างน้อย 12 สัปดาห์

แต่สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ชนิด S.sanguis กลับไม่พบการเปลี่ยนแปลง(31,32)

ในทางตรงกันข้าม การใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำๆ (20 ส่วนในล้านส่วน หรือน้อยกว่า)จะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อเชื้อจุลินทรีย์และการสังเคราะห์กรดของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งกลไกที่ฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงๆมีผลต่อจุลินทรีย์ที่อยู่ในคราบจุลินทรีย์ โดยการลดปริมาณจุลินทรีย์ลงนั้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดนัก อาจอธิบายจากคุณสมบัติพิเศษของ S.mutan ที่สามารถยึดเกาะกับเนื้อเยื่อแข็ง(เช่นผิวฟัน)โดยอยู่ในลักษณะเป็นแผ่นบางๆ แต่ไม่สามารถยึดเกาะกับเนื้อเยื่อบุผิวภายในช่องปากได้ และโดยที่ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ใช้ในการทาเฉพาะที่มีฤทธิ์ทำลายแบคทีเรีย ดังนั้นจึงพบ S.mutan ในปริมาณน้อยในน้ำลาย ในขณะที่ S.sanguis นั้น สามารถยึดเกาะกับเนื้อเยื่ออ่อนทางด้านใกล้ลิ้นและร่องเหงือกได้ และสามารถรวมตัวกันใหม่(recolonized)อยู่บนผิวฟันได้อย่างรวดเร็วมากภายหลังการทำความสะอาดฟัน

ส่วนการศึกษาของ Schaeken และคณะ (14) พบว่าเมื่อทาสแตนนัสฟลูออไรด์(stannous fluoride ,SnF_2) ความเข้มข้นร้อยละ 8 ในผู้ป่วยและติดตามผลในเวลา 1,7,21,35 และ 49 วัน ตามลำดับ พบว่าจำนวน S.mutan จะลดลงในวันที่ 1 - 7 และจะเพิ่มจำนวนจนถึงระดับปกติในวันที่ 21 (รูปที่ 20)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 20 กราฟแสดงผลการลดลงของจำนวน S.mutan ในบริเวณหลุมและร่องฟัน(pit and fissure)ในวันที่ 1 -7 และและเพิ่มสู่ระดับปกติในวันที่ 21 (14)

และจากการทดลองของ Klock และคณะ (33) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบในผู้ใหญ่ที่มีอัตราการเกิดฟันผุสูง และมีปริมาณ S.mutan ในน้ำลายสูง เมื่อให้บ้วนปากด้วยสแตนนัสฟลูออไรด์นาน 2 ปี พบว่าจำนวน S.mutan ในน้ำลายลดลง และมีฟันผุน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

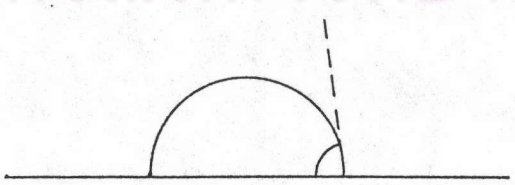
3. บทบาทของฟลูออไรด์ต่อผิวเคลือบฟัน

3.1. ฟลูออไรด์มีผลต่อการละลายตัวของโปรตีน และ/หรือเชื้อจุลินทรีย์ อนุภาคของฟลูออไรด์และโมโนฟลูออโรฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นต่ำๆ(20 - 200 ส่วนในล้านส่วน)สามารถละลายโปรตีนเช่น อัลบูมิน(albumin) และไกลโคโปรตีน(glycoprotein) จากไฮดรอกซีอปาไทท์ที่สังเคราะห์ขึ้นได้ และแม้ในระดับที่ต่ำมากๆถึง 1 -5 ส่วนในล้านส่วน ก็มีผลต่อการดูดซับโปรตีนเข้าสู่ผลึกไฮดรอกซีอปาไทท์ได้ การใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นที่สูงขึ้น(10,000 ส่วนในล้านส่วน) จะลดการดูดซับเชื้อจุลินทรีย์พวก S.mutan ต่อผลึกไฮดรอกซี

อปาไทท์ (20)

จากเหตุดังกล่าวสันนิษฐานว่าอนุภาคฟลูออไรด์จะแย่งจับกับประจุบวก(cationic site) เช่น อนุภาคแคลเซี่ยม(Ca^{++}) แล้วเข้าไปแทนที่กลุ่มกรดโปรตีน(acidic protien group) บนผิวเคลือบฟันที่ส่วนหนึ่งได้มาจากไกลโคโปรตีนในน้ำลาย ยังเป็นที่น่าสงสัยว่าฟลูออไรด์ที่ได้จากน้ำดื่มที่มีความเข้มข้นเพียง 1 ส่วนในล้านส่วนนั้น จะมีผลมากน้อยเพียงใดต่อการละลายโปรตีนและการดูดซับของจุลินทรีย์บนตัวฟัน เนื่องจากไม่พบว่าการใช้ฟลูออไรด์สามารถลดปริมาณคราบจุลินทรีย์ทั้งในสัตว์ทดลองและในคน(34) อย่างไรก็ดีการใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงๆทาที่เคลือบฟัน ไม่เพียงแต่จะมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์เท่านั้น ยังมีคุณสมบัติในการย่อยสลายแบคทีเรียด้วย ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่า มีผลต่อเฉพาะ S.mutan เท่านั้น หรือมีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่มีอยู่ในคราบจุลินทรีย์ด้วย

3.2. <u>ฟลูออไรด์สามารถลดพลังงานอิสระที่ผิว(free energy surface)</u> โดยปกติน้ำสามารถแผ่กระจายไปบนพื้นผิวต่างๆได้ มุมที่หยดน้ำทำกับพื้นผิวเรียกว่า แรงตึงผิว(surface tension) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพลังงานอิสระที่ผิว จากการทดลองในช่องปากมนุษย์พบว่า อนุภาคฟลูออไรด์ที่แตกตัวมาจากสารประกอบของโลหะพวกเงิน ดีบุก และโคบอลท์ จะลดแรงตึงผิว โดยดูจากมุมของหยดน้ำกับพื้นผิวที่ลดลง



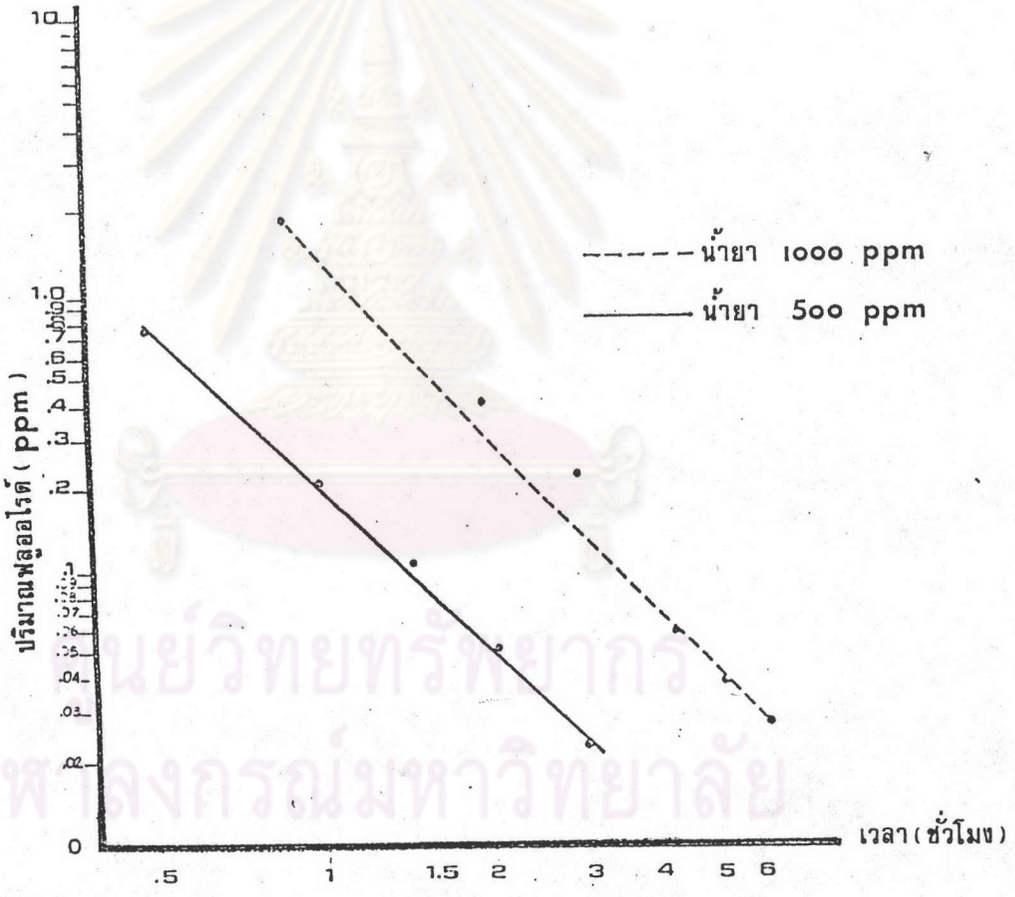
รูปที่ 21 มุมที่หยดน้ำทำกับพื้นผิว มีค่าเท่ากับแรงตึงผิว

ซึ่งอนุภาคฟลูออไรด์ที่ได้จากการแตกตัวของสารประกอบเกลือฟลูออไรด์ชนิดอื่นๆ เช่น พวกโครมิค(chromic) ,คิวปริค(cupric) , สังกะสี, โซเดียม และสแตนนัสคลอไรด์(stannous chloride) จะไม่มีคุณสมบัติข้อนี้ Glantz(35) เชื่อว่าโลหะพวกเงิน ,โคบอลท์ และ นิเกิล จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสร้างสารฟลูออโรคาร์บอน(fluorocarbon)จากส่วนที่เป็นอินทรีย์สารในเคลือบฟัน จึงทำให้ฟลูออไรด์มีผลในการต้านทานการผุ แต่ทฤษฎีข้อนี้มีข้อจำกัดหลายประการเช่น ไม่น่าจะเป็นไปได้ว่ามีการสร้างสารฟลูออโรคาร์บอนขึ้นมาได้ ณ อุณหภูมิห้อง หรือที่อุณหภูมิภายในร่างกายก็ตาม อีกประการก็คือ เป็นข้อยกเว้นสำหรับโซเดียมฟลูออไรด์ ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าโซเดียมฟลูออไรด์มีผลในการต้านทานฟันผุได้อย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ในทางทันตกรรมจัดฟัน

โดยทั่วไปน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จะมีปริมาณฟลูออไรด์ตั้งแต่ 125 - 10,000 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งบางส่วนคงจะต้องกลืนลงไปบ้างไม่มากไม่น้อย Bossert และ Dunning(37)ได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้ ผลปรากฏว่าหลังจากที่อมน้ำยาฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 2-3 นาที แล้วบ้วนทิ้ง ฟลูออไรด์ประมาณร้อยละ 6 จะถูกกลืนลงไปและถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้



รูปที่ 22 การขจัดฟลูออไรด์ในน้ำลายหลังจากอมน้ำยาบ้วนปาก (38)

ในกรณีที่บ้วนปากด้วยน้ำยาฟลูออไรด์ ถ้าหากไม่มีแหล่งสะสมฟลูออไรด์ในช่องปากแล้ว ฟลูออไรด์เหล่านี้จะถูกชะล้างหายไปอย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่าฟลูออไรด์จะกลับเข้าสู่ช่องปากอีกโดยมากับน้ำลาย แต่จำนวนฟลูออไรด์ในน้ำลายนี้น้อยมากจนอาจไม่ได้ผลในทางทันตกรรมป้องกันเลย โดยน้ำลายที่เก็บจากท่อน้ำลายจะมีฟลูออไรด์เพียง 0.01 -0.03 ส่วนในล้านส่วน และฟลูออไรด์ที่เก็บจากช่องปากจะมีจำนวนสูงกว่าจากท่อน้ำลายประมาณ 2-3 เท่า ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำลายจะเพิ่มขึ้นได้เมื่อได้รับฟลูออไรด์จากภายนอก เช่น จากการทาหรือรับประทาน แต่จะเพิ่มขึ้นไม่มาก การรับประทานฟลูออไรด์ 10 มิลลิกรัม ทำให้ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำลายเพิ่มขึ้นเพียง 10 เท่า คือประมาณ 0.2 ส่วนในล้านส่วน (39) หากใช้น้ำยาฟลูออไรด์ความเข้มข้นประมาณ 1000 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้ระดับฟลูออไรด์ในน้ำลายสูงถึง 5 ส่วนในล้านส่วน และจะคงอยู่นานกว่า 24 ชั่วโมง (40)

จากการทดลองในนิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปรากฏว่าภายหลังอมน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 - 0.2 นาน 1 นาทีแล้วบ้วนทิ้ง ฟลูออไรด์ในน้ำลายจะสูงขึ้น และจะมีอยู่ในน้ำลายประมาณ 20 -70 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งปริมาณฟลูออไรด์จะลดลงอย่างรวดเร็วใน 3 นาทีแรก แต่ฟลูออไรด์ในน้ำลายจะมีมากกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน นานตั้งแต่ 20 - 60 นาที สุดแล้วแต่ความเข้มข้นที่ใช้ การใช้น้ำยาบ้วนปากความเข้มข้นร้อยละ 0.2 จะทำให้ฟลูออไรด์ในน้ำลายในช่องปากสูงกว่าปกติอยู่นานถึง 6 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณฟลูออไรด์จะลดลงประมาณ 0.23 ส่วนในล้านส่วนต่อนาที ถ้าให้บ้วนน้ำหนึ่งครั้งภายหลังอมน้ำยาบ้วนปาก ฟลูออไรด์จะลดลงเหลือ 10 ส่วนในล้านส่วน แล้วจึงค่อยๆลดลงสู่ระดับปกติ (0.03 ส่วนในล้านส่วน) ภายใน 1 ชั่วโมง (38)

แหล่งสะสมฟลูออไรด์ในช่องปากนอกเหนือจากน้ำลาย ก็คือคราบจุลินทรีย์ ซึ่งฟลูออไรด์ในคราบจุลินทรีย์นี้มีความสำคัญในการป้องกันฟันผุเพราะฟลูออไรด์นี้สะสมใกล้ชิดกับตัวฟันมากที่สุด จึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับเคลือบฟันหลาย

ประการ กล่าวคือ คราบจุลินทรีย์เป็นที่อยู่อาศัยของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นต้นเหตุของโรคฟันผุ การมีฟลูออไรด์ในคราบจุลินทรีย์จึงมีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ด้วย และโดยที่อนินทรีย์สารหลายอย่างที่มีอยู่ในคราบจุลินทรีย์ เช่น แคลเซี่ยมฟอสเฟต ฟลูออไรด์ และอื่นๆ สามารถแลกเปลี่ยนไปมากับส่วนประกอบของเคลือบฟันได้ จึงมีผลในการป้องกันฟันผุโดยฟลูออไรด์ที่สะสมอยู่ในคราบจุลินทรีย์นี้

ฟลูออไรด์ที่มีอยู่ในคราบจุลินทรีย์นี้ ได้มาจากฟลูออไรด์ในอาหาร น้ำดื่ม หรือจากการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ ฟลูออไรด์ในคราบจุลินทรีย์มักจะสูงกว่าฟลูออไรด์ในน้ำลายถึง 100 - 1000 เท่า(40) โดยมีอยู่ประมาณ5 - 10 ส่วนในล้านส่วน การมีคราบจุลินทรีย์ในช่องปากจะเป็นการช่วยเสริมประสิทธิภาพของการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ทั้งชนิดทาและอมบ้วนปาก หากไม่ทำความสะอาดคราบจุลินทรีย์ออกก่อนแล้ว จะทำให้ฟลูออไรด์แทรกซึมเข้าตัวฟันมากขึ้น

จากการทดลองของ Zero และคณะ (3) เพื่อหาปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลืออยู่ภายในช่องปาก ภายหลังการใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์และน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ พบว่าในกลุ่มทดลองที่ให้แปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์อย่างเดียวและกลุ่มที่แปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ก่อน ตามด้วยการบ้วนปากด้วยน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ ชนิดโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 (ประกอบด้วยฟลูออไรด์ 225 ส่วนในล้านส่วน) จะมีปริมาณฟลูออไรด์เหลืออยู่น้อยกว่ากลุ่มทดลองที่แปรงฟันด้วยยาสีฟันหลอก(placebo) ก่อนบ้วนปากด้วยน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์เกือบ 2 เท่า และเมื่อวัดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำลายทันทีภายหลังการบ้วนปาก จะมีปริมาณฟลูออไรด์คงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 17 ของปริมาณฟลูออไรด์จากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ทั้งหมด (ประกอบด้วยฟลูออไรด์ 225 ส่วนในล้านส่วน) ซึ่งปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลืออยู่นี้จะลดปริมาณลงจนเข้าสู่ระดับปกติภายใน 8 ชั่วโมงหลังจากการบ้วนปาก อันเนื่องมาจากขบวนการขจัดฟลูออไรด์ได้แก่ การกลืน การไหลเวียนของน้ำลาย การทำงานของกล้ามเนื้อภายในช่องปาก การดื่ม การรับประทาน และจากการดูดซึมของเนื้อเยื่อภายในช่องปาก ในขณะเดียวกันก็มีขบวนการเก็บสะสมหรือให้ฟลูออไรด์ออกสู่ช่องปากด้วย

เช่น การขับฟลูออไรด์ออกมาจากต่อมน้ำลาย ปริมาตรของน้ำลายที่เหลืออยู่ภายในช่องปาก การยึดเกาะของฟลูออไรด์กับเคลือบฟัน ฟลูออไรด์ที่สะสมอยู่ในคราบจุลินทรีย์ และเนื้อเยื่ออ่อนภายในช่องปาก เช่น บริเวณลิ้น หรือบริเวณร่องเหงือก(vestibule)บางตำแหน่ง และจากการศึกษาของ Lagerlof และ Dawes(41) พบว่าในคนที่อายุมากและมีเหงือกร่นจะมีช่องว่างระหว่างฟัน (interproximal space)มาก ทำให้เหลือปริมาณน้ำลายในช่องปากมากกว่าคนปกติทั่วๆไป จึงมีผลต่อปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลืออยู่ด้วย

นอกจากนั้น Zero และคณะ (3) ยังพบว่าในกลุ่มทดลองที่มีการบ้วนปากก่อนนอนด้วยน้ำยาฟลูออไรด์ จะมีอนุภาคฟลูออไรด์คงเหลืออยู่ในช่องปากมากกว่าเมื่อเทียบกับการบ้วนปากในตอนเช้า ซึ่งเป็นผลเนื่องจากต่อมน้ำลายมีการขับน้ำลายออกมาน้อยกว่าตอนตื่นนอน ขบวนการขจัดฟลูออไรด์ก็เกิดขึ้นน้อยกว่าตอนตื่นนอนด้วย และโดยที่สภาวะของคราบพันในขณะนั้นเป็นด่าง เวลานอนจึงเป็นเวลาที่น่าจะเหมาะสม สำหรับการเกิดขบวนการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนได้ดีกว่า

การใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์เป็นวิธีการให้ฟลูออไรด์แบบเฉพาะที่วิธีหนึ่งที่ผู้ป่วยสามารถปฏิบัติได้ง่ายด้วยตนเอง มีประสิทธิภาพ ประหยัด ปลอดภัย เหมาะสำหรับการใช้ร่วมกับฟลูออไรด์แบบอื่นๆ และทันตแพทย์ควรแนะนำให้ใช้สำหรับบ้วนปากตลอดไปตราบเท่าที่ยังมีฟันอยู่ในช่องปาก (43) ในเด็กที่กำลังรับการจัดฟัน การให้ทั้งน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์และการรับประทานฟลูออไรด์ชนิดเม็ด จะให้ผลต่อฟันทั้งแบบเฉพาะที่และผลต่อระบบร่างกาย

เนื่องจากการใช้น้ำยาผสมฟลูออไรด์อมบ้วนปาก เป็นวิธีการหนึ่งที่สะดวก ถ้าเด็กตั้งใจทำอย่างสม่ำเสมอ ก็อาจเป็นวิธีการที่ทำให้เด็กได้รับฟลูออไรด์อีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (44) และประโยชน์อีกประการคือช่วยกระตุ้นให้เด็กเพิ่มความสนใจเอาใจใส่รักษาความสะอาดภายในช่องปากนอกเหนือไปจากการแปรงฟันโดยทั่วๆไปตามปกติ

ผลในการป้องกันฟันผุของน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ ขึ้นกับความถี่ในการใช้และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำยา และไม่เพียงแต่ผลในการต้านทานฟันผุจะสูงขึ้น แต่จะช่วยให้เด็กจำง่ายขึ้นเพราะทำทุกวันระหว่างที่รับการจัดฟัน โดยให้บ้วนปากด้วยน้ำยาผสมฟลูออไรด์ ภายหลังการแปรงฟันครั้งสุดท้ายในวันนั้นทันที เพื่อให้น้ำยาได้สัมผัสกับผิวเคลือบฟันโดยตรง ใช้น้ำยาประมาณ 5 -10 มิลลิลิตร อมไว้นานประมาณ 1 -2 นาที แล้วค่อยบ้วนออก และเพื่อให้ได้ผลดียิ่งขึ้นควรห้ามดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารใดๆภายหลังจากนั้นนาน 30 นาที

ในปี ค.ศ.1965 Torell และ Ericsson (45) พบว่ามีการลดลงของค่าดัชนี DMFS ร้อยละ 50 ในเด็กอายุ 10 ปีที่บ้วนปากด้วยน้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 จำนวน 10 มิลลิลิตร ทุกวันนาน 2 ปี

แม้ว่าน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์จะมีผลในการต่อต้านฟันผุในฟันที่ขึ้นแล้วก็ตาม แต่จะมีประโยชน์สูงสุดในฟันที่กำลังขึ้น เพราะฟันที่กำลังขึ้น การสร้างตัวและสะสมแร่ธาตุของผลึกยังไม่สมบูรณ์ การได้รับฟลูออไรด์เข้าสู่ผิวเคลือบฟันในช่วงนี้ จะช่วยให้เคลือบฟันทนทานต่อการละลายได้ดีขึ้น (46) และการให้ผู้ป่วยได้รับฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำๆระหว่างการจัดฟัน จะช่วยป้องกันเคลือบฟันที่เกิดการละลายของแร่ธาตุได้ เช่น บริเวณเคลือบฟันส่วนที่ถูกคลุมด้วยปลอกโลหะรัดฟันที่หลวมหลุด หรือมีการละลายของซีเมนต์ออกไปบางส่วน เกิดเป็นช่องว่างเป็นที่กักเก็บเศษอาหารโดยที่ผู้ป่วยไม่สามารถทำความสะอาดได้ Wisth (47) พบว่าสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่นฟลูออไรด์ที่ได้จากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ สามารถซึมผ่านซีเมนต์ที่ใช้ยึดปลอกโลหะรัดฟันทางทันตกรรมจัดฟันได้ ดังนั้นจึงมีผลในการป้องกันฟันผุต่อผิวเคลือบฟันส่วนที่ปลอกโลหะรัดฟันคลุมอยู่ได้ และในการติดเครื่องมือจัดฟันลงบนตัวฟันโดยตรง ขบวนการทำความสะอาดในบริเวณด้านประชิด จะถูกขัดขวางโดยลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (orthodontic arch wire) การให้ฟลูออไรด์ด้วยวิธีนี้จึงให้ผลในการป้องกันการผุของเคลือบฟันในส่วนนี้ด้วย

Von der Fehr และคณะ (2) พบว่าการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟันที่เกิดในบริเวณด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้น จะมีการกลับคืนของแร่ธาตุได้เมื่อบ้วนปากเป็นประจำทุกวันด้วยน้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ0.2 ร่วมกับการรักษาความสะอาดภายในช่องปากอย่างดีเป็นเวลานาน 2 เดือน และเช่นเดียวกัน ในผู้ป่วยที่เกิดการละลายของแร่ธาตุจากเคลือบฟันภายหลังการถอดเครื่องมือจัดฟัน สามารถหายได้หรืออย่างน้อยมีการเสริมสร้างแร่ธาตุกลับคืนในบางส่วนโดยการใช้น้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 อมบ้วนปากทุกวัน นาน 2 - 4 เดือน

ส่วนภาควิชาทันตกรรมจัดฟันของมหาวิทยาลัย Oslo ได้แนะนำการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์แก่ผู้รับการจัดฟันทั้งก่อนติดเครื่องมือจัดฟัน ขณะกำลังทำการรักษาและภายหลังถอดเครื่องมือจัดฟันออกแล้วดังนี้ (49)

1. <u>ก่อนใส่หรือติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน</u>

1.1. เคลือบฟันด้วย APF-gel

1.2. บ้วนปากวันละครั้งด้วยน้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.05

2. <u>ระหว่างการรักษา</u> ให้บ้วนปากวันละครั้งด้วย น้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และเพิ่มเป็นวันละ 2 ครั้ง ในผู้ป่วยที่มีแนวโน้มว่าฟันจะผุง่าย

3. <u>ภายหลังถอดเครื่องมือจัดฟันออกแล้ว</u>

3.1. สำหรับผู้ป่วยทั่วๆไป ให้บ้วนปากวันละครั้งด้วยน้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05

3.2. สำหรับผู้ป่วยที่เกิดการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน ให้บ้วนปากวันละครั้งด้วยน้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นาน 2 - 4 เดือน หลังจากนั้นบ้วนปากต่อไปด้วยน้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 วันละครั้ง

ส่วนในสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ.1974 (50) ได้มีประกาศเรื่องการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์สำหรับบุคคลทั่วๆไปดังนี้

1. น้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ที่มี pH ประมาณ 7 เป็นน้ำยาบ้วนปากที่ปลอดภัยและให้ผลในการลดอัตราการเป็นโรคฟันผุ โดยใช้บ้วนปากสัปดาห์ละ 1 ครั้ง หรือ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง

2. น้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ที่มี pH ประมาณ 7 เป็นยาบ้วนปากที่ปลอดภัย และให้ผลในการลดอัตราการเป็นโรคฟันผุ โดยใช้อมบ้วนปากวันละ 1 ครั้ง

3. น้ำยาแอซิคดูเลตเตทฟอสเฟตโซเดียมฟลูออไรด์ ที่มี pH ประมาณ 4 ซึ่งจะให้อนุภาคฟลูออไรด์ประมาณร้อยละ 0.02 เป็นยาบ้วนปากที่ปลอดภัย และให้ผลในการลดอัตราการเป็นโรคฟันผุโดยอมบ้วนปากวันละ 1 ครั้ง

นอกจากนี้ จากที่ประชุมของ International Workshop on Fluoride and Dental Caries Reductions เมื่อปี ค.ศ.1974 (50) ได้เสนอว่า การใช้ยาบ้วนปากฟลูออไรด์นั้นจะใช้ในแบบที่เป็นกลางหรือเป็นกรด (neutral or acidulated form) ก็จะปลอดภัยและให้ผลเช่นเดียวกัน และควรใช้ในเด็กที่มีอายุ 6 ขวบขึ้นไป ไม่ว่าจะอยู่ในบริเวณที่ใช้น้ำดื่มที่มีฟลูออไรด์หรือไม่มีฟลูออไรด์อยู่ด้วยก็ตาม

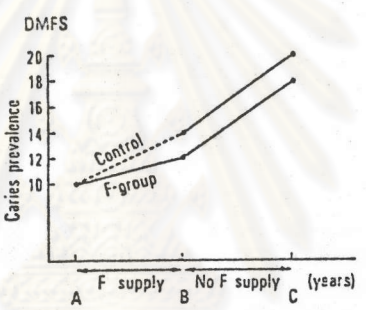
สำหรับแอซิคดูเลตเตทฟอสเฟตฟลูออไรด์นั้น ประกอบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์(phosphate buffer)ที่ pH 4 โดยเชื่อว่าการเป็นบัฟเฟอร์จะเพิ่มการดูดซึมฟลูออไรด์ที่ผิวเคลือบฟัน และลดการละลายตัว(40) อย่างไรก็ดีไม่ว่าจะเป็นแอซิคดูเลตเตทฟลูออไรด์แบบวุ้นหรือแบบสารละลาย ไม่พบว่าได้ผลในการป้องกันฟันผุดีกว่าการใช้น้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ที่มีฤทธิ์เป็นกลาง(34)

Jeansonne และ Feagin (48) แนะนำให้ใช้น้ำยาโซเดียมฟลูออไรด์ ซึ่งจะให้ผลดีกว่าสแตนนัสฟลูออไรด์ เพราะสแตนนัสฟลูออไรด์มักจะทำให้เกิดการสะสมของคราบสีเหลืองในบริเวณที่เป็นรอยโรคบนตัวฟัน ทั้งยังไม่ทนทานต่อสารละลายพวก aqueous solution และให้รสชาติคล้ายโลหะ(metallic taste)ทำให้ผู้ป่วยหลายคนไม่ชอบ

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์กับการป้องกันแบบอื่นๆ Birkeland และ Torell (1) ได้กล่าวสรุปไว้ดังนี้

- การบ้วนปากด้วยน้ำยาฟลูออไรด์และการแปรงฟัน ให้ผลในการลดอัตราการเกิดฟันผุเท่าเทียมกัน เมื่อใช้ฟลูออไรด์ความเข้มข้นเดียวกัน และความถี่ในการใช้เท่ากัน
- การรับประทานฟลูออไรด์ชนิดเม็ดทุกวัน ไม่ได้ให้ผลในการป้องกันฟันผุมากไปกว่าการบ้วนปากด้วยน้ำยาฟลูออไรด์สัปดาห์ละครั้ง
- การใช้ฟลูออไรด์เคลือบผิว(fluoride varnish) ทาเคลือบฟันในบริเวณที่เสี่ยงต่อการเกิดฟันผุเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ ไม่พบว่าให้ผลในการลดอัตราการเกิดฟันผุลงแต่อย่างใด และโดยลำพังการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงๆ พบว่าช่วยป้องกันการเกิดฟันผุในบริเวณด้านประชิดและพื้นผิวเรียบของเคลือบฟันได้ดีอยู่แล้ว
- การใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ร่วมกับการใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ พบว่าจะช่วยลดอัตราการเกิดฟันผุลงได้ร้อยละ 40 จากการใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ

(2 - 3 ปี) และเมื่อใช้เป็นระยะเวลานานๆ (7 ปี) พบว่าช่วยลดอัตราการเกิดฟันผุลงได้ถึงร้อยละ 50 ทั้งยังลดความจำเป็นในการบูรณะฟันลงร้อยละ 70 ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้มากและลดระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดรักษา นับเป็นมาตรการในการป้องกันการเกิดฟันผุในประชากรจำนวนมากได้ดี ไม่แพ้การเติมฟลูออไรด์ลงในน้ำประปา



รูปที่ 23 เปรียบเทียบค่า DMFS ระหว่างกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ (จากการรับประทาน การแปรงฟัน และบ้วนน้ำยา) กับกลุ่มควบคุม (1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเป็นพิษของฟลูออไรด์จากการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์

สุขุม ธีรดิลก (43) ได้กล่าวถึงการเป็นพิษของฟลูออไรด์ว่าอาจเกิดขึ้นในสองลักษณะคือ ชนิดเฉียบพลันและชนิดเรื้อรัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของฟลูออไรด์และระยะเวลาที่ได้รับ ซึ่งส่วนมากจะเกิดขึ้นจากการได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทาน

1. การเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน

ปริมาณฟลูออไรด์ที่รับประทานแล้วอาจทำให้ตายได้ จะมีค่าเฉลี่ย 50 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดังนั้นผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม ถ้ารับประทานฟลูออไรด์ในขนาด 2500 - 5000 มิลลิกรัม ครั้งเดียวอาจถึงตาย หรือในเด็กที่มีน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม ปริมาณฟลูออไรด์ที่เด็กรับประทาน 500 มิลลิกรัม ก็อาจทำให้ตายได้ การเป็นพิษอย่างเฉียบพลันถึงตายนั้นมิได้เกิดขึ้นบ่อยนัก แต่ก็อาจเกิดขึ้นได้โดยอุบัติเหตุ ในส่วนที่เกิดจากทันตแพทย์เป็นผู้ให้ยังไม่มีรายงานที่แน่ชัด

จากการศึกษาในผู้ป่วยที่ได้รับฟลูออไรด์เกินขนาด(51) พบว่าเริ่มแรกจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน น้ำลายออกมาก ปวดท้องและท้องร่วง ซึ่งอาการเหล่านี้เกิดเนื่องจากผลของฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นสูงทำให้เกิดความระคายเคืองต่อเยื่อบุทางเดินอาหาร ต่อมาเมื่อฟลูออไรด์ถูกดูดซึมเข้าร่างกายมากขึ้น จะมีอาการกระสับกระส่ายกระวนกระวาย ทั้งนี้เนื่องจากฟลูออไรด์มีผลกระตุ้นระบบประสาท ฟลูออไรด์ที่อยู่ในระบบเลือดสามารถรวมตัวกับแคลเซี่ยมได้ ดังนั้นระดับแคลเซี่ยมในเลือดจึงลดลงและเกิดการชักได้ และมักพบว่ามีการปวดตามกล้ามเนื้อทั่วๆไป ความดันโลหิตตก ทั้งนี้เข้าใจว่าเป็นผลจากการที่ฟลูออไรด์ไปกดศูนย์ควบคุมการหายใจ ถ้าได้รับฟลูออไรด์สูงถึงขนาดที่ทำให้ตาย(lethal dose) และไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้อง จนทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตภายใน 1 - 72 ชั่วโมง โดยสาเหตุใหญ่ของการเสียชีวิต

เนื่องมาจากระบบหัวใจไม่ทำงานและหัวใจวาย นอกจากนี้การเป็นพิษอย่างเฉียบพลันอาจเกิดกับไต(acute toxic nephritis)ได้เช่นกัน หรือการเป็นพิษอย่างเฉียบพลันชนิดร้ายแรงจนถึงตายนั้น อาจเกิดได้จากการแพ้ (allergic reaction) แต่โอกาสที่จะเกิดขึ้นมีน้อยมาก

2. การเป็นพิษอย่างเรื้อรัง

ได้มีการรวบรวมการเป็นพิษจากฟลูออไรด์ที่เกิดขึ้น เมื่อได้รับฟลูออไรด์โดยการกินในขนาดที่สูงๆเช่น การได้รับฟลูออไรด์ประมาณ 8 มิลลิกรัมต่อวัน และอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีฟลูออไรด์สูง มีรายงานว่าพบอาการเป็นพิษอย่างเรื้อรังต่อกระดูกโครงสร้าง(skeletal fluorosis) ถ้าได้รับปริมาณฟลูออไรด์ 20 - 80 มิลลิกรัม ต่อวัน และอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีสารฟลูออไรด์สูง เช่น ในน้ำดื่มน้ำใช้ที่มีฟลูออไรด์ 10 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 10 - 20 ปี พบว่าทำให้เกิดอาการเป็นพิษต่อกระดูกอย่างรุนแรง โดยผู้ป่วยจะมีรูปร่างและโครงกระดูกผิดปกติ ไม่สามารถเดินหรือทำงานตามปกติได้ (deformities and crippling fluorosis) และยังมีอาการทางประสาทร่วมด้วย(neurological disorder) เช่น มีความผิดปกติของการได้ยิน ปวดศีรษะ ชัก ส่วนการเป็นพิษอย่างเรื้อรังของฟลูออไรด์ต่ออวัยวะอื่นๆ เช่น ไต ตับ การทำให้เกิดความผิดปกติของเด็กในครรภ์หรือทำให้เกิดมะเร็งในคนนั้นยังไม่มีรายงานที่แน่นอน

สำหรับผลต่อฟัน ในแหล่งที่มีฟลูออไรด์ในน้ำดื่มมากกว่า 2 ส่วนในล้านส่วนขึ้นไป การได้รับเป็นเวลานานหลายปีขึ้นไป จะมีผลต่อฟันของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงแปดขวบ โดยทำให้เกิดฟันตกกระ(dental fluorosis)

การใช้ฟลูออไรด์ในทางทันตกรรมทุกรูปแบบ จะมีความปลอดภัยก็ต่อเมื่อใช้ในขนาดและระยะเวลาตามคำแนะนำอย่างถูกต้อง ยกเว้นในรายที่มีการแพ้เท่านั้น ซึ่งถ้าใช้แล้วแสดงอาการแพ้ให้เห็น ควรหยุดใช้ทันที

ในน้ำยาฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 20 มิลลิลิตร จะมีปริมาณฟลูออไรด์ประมาณ 10 - 20 มิลลิกรัมเท่านั้น แม้ว่าจะดื่มไปหมดก็ไม่เป็นอันตรายใดๆ อย่างไรก็ดีการใช้น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์นี้ควรเริ่มในเด็กที่รู้จักการบ้วนปากแล้วเท่านั้น ซึ่งไม่มีปัญหาใดๆสำหรับผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันในด้านความปลอดภัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย