บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

อวัยวะปริทันต์ (Periodontal tissues)

อวัยวะปริทันต์ประกอบด้วยส่วนประกอบ 4 อย่าง ได้แก่

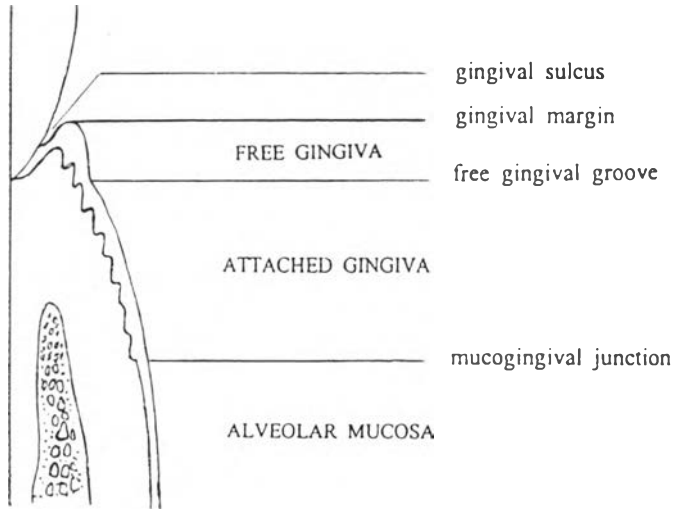
1. เหงือก (gingiva)
2. เอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament)
3. เคลือบรากฟัน (cementum)
4. กระดูกเบ้าฟัน (alveolar bone)

1. เหงือก (ภาพที่ 1)

เป็นส่วนหนึ่งของเยื่อเมือกช่องปากเกี่ยวกับการบดเคี้ยว (masticatory mucosa) คลุมอยู่บริเวณรอบคอฟัน และบางส่วนของกระดูกเบ้าฟัน มีขอบเขตตั้งแต่ขอบเหงือก (gingival margin) จนถึงรอยต่อเหงือกกับเยื่อเมือก (mucogingival junction) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน(Ainamo และ Loe, 1966; Lindhe และ Karring, 1993; Manson และ Eley, 1995a) คือ

1. เหงือกอิสระ (free gingiva) เป็นเหงือกส่วนที่อยู่รอบคอฟัน เริ่มจากขอบเหงือก มาถึงแนวเว้าเหงือกอิสระ (free gingival groove) เป็นผนังด้านนอกของร่องเหงือก (gingival sulcus) ส่วนเหงือกในบริเวณที่อยู่ระหว่างซี่ฟัน มีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม เรียกว่า เหงือกสามเหลี่ยมระหว่างฟัน (interdental papilla) ปกติแล้วเหงือกอิสระนี้จะแนบสนิทกับผิวฟัน แต่สามารถแยกออกได้ง่ายเมื่อมีวัตถุขนาดเล็ก เช่นเครื่องมือตรวจปริทันต์สอดผ่านลงไป ในฟันปกติสามารถวัดความลึกของร่องเหงือกได้ 1 - 3 มิลลิเมตร

2. เหงือกยึด (attached gingiva) เริ่มจากแนวเว้าเหงือกอิสระจนถึงรอยต่อเหงือกกับเยื่อเมือก เหงือกส่วนนี้ยึดติดแน่นกับผิวรากฟันและกระดูกเบ้าฟัน ความกว้างของเหงือกยึดจะแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณและแต่ละคน



ภาพที่ 1 : แสดงลักษณะ และขอบเขตของเหงือก

ลักษณะทางจุลกายวิภาคของเหงือก

เหงือกประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ เยื่อบุผิว (epithelium) และเนื้อเยื่อยึดต่อ (connective tissue) (ภาพที่ 2)

เยื่อบุผิว เป็นชนิดสทราทิไฟด์สความัส (stratified squamous) แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. เยื่อบุผิวช่องปาก (oral epithelium) เป็นเยื่อบุผิวด้านนอกของเหงือก เริ่มตั้งแต่ขอบบนสุดของเหงือก ไปสิ้นสุดที่รอยต่อเหงือกกับเยื่อเมือก ประกอบด้วยเซลล์ 4 ชั้น ลำดับจากชั้นที่อยู่ลึกสุดขึ้นมา ดังนี้

สทราตัม บาซาเล (stratum basale) เป็นชั้นที่อยู่ลึกที่สุด ชิดกับเนื้อเยื่อยึดต่อ

สทราตัม สไพโนซัม (stratum spinosum)

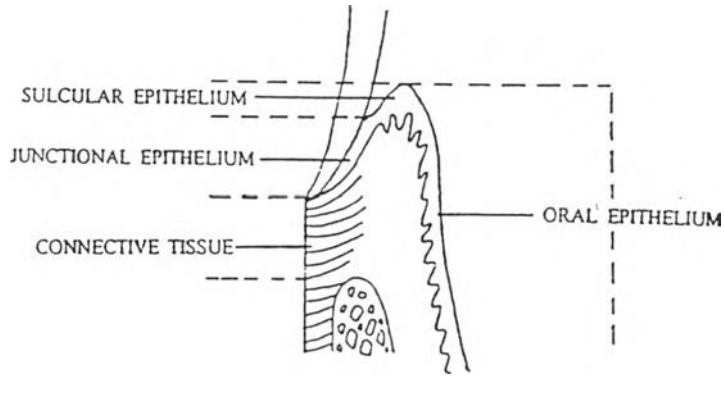
สทราตัม แกรนูโลซัม (stratum granulosum)

สทราตัม คอร์เนียม (stratum corneum) เป็นชั้นที่อยู่นอกที่สุด และมีลักษณะเคอราทิไนซ์ (keratinized) หรือพาราเคอราทิไนซ์ (parakeratinized)

2. เยื่อบุผิวร่องเหงือก (sulcular epithelium) เป็นผนังด้านข้างของร่องเหงือก เริ่มจากขอบเหงือก จนถึงบริเวณลึกสุดของร่องเหงือก เป็นส่วนที่ไม่สัมผัสกับผิวฟัน (Lindhe และ Karring, 1993)

3. เยื่อบุผิวเชื่อมต่อ (junctional epithelium) เป็นเยื่อบุผิวที่อยู่ด้านใน ต่อจากเยื่อบุผิวร่องเหงือก ไปสิ้นสุดที่จุดบนสุดของเนื้อเยื่อยึดต่อที่ยึดกับผิวรากฟัน เยื่อบุผิวเชื่อมต่อจะแนบกับผิวฟัน โดยยึดติดอยู่หลวมๆ ความยาวของเยื่อบุผิวเชื่อมต่อจะแตกต่างกันไปในฟันแต่ละซี่และแต่ละคน ในฟันปกติมีความยาวเฉลี่ย 0.97 มิลลิเมตร (Gargiulo และคณะ, 1961) ส่วนในฟันที่เป็นโรคปริทันต์ อาจพบเยื่อบุผิวเชื่อมต่อที่ยาวกว่า

<u>เนื้อเยื่อยึดต่อ</u> เป็นชนิดไฟบรัส (fibrous) ส่วนประกอบหลักของเนื้อเยื่อยึดต่อของเหงือก เป็นเส้นใยคอลลาเจน (collagen fiber) คือมีถึงร้อยละ 60 โดยปริมาตร มีเซลล์ประมาณร้อยละ 5 และร้อยละ 35 เป็นเส้นเลือด เส้นประสาท และสารระหว่างเซลล์ (Lindhe และ Karring, 1993)



ภาพที่ 2 : แสดงส่วนประกอบของเหงือก

รอยต่อเหงือกยึดฟัน (dentogingival junction)

เหงือกจะมีการยึดติดกับผิวฟันในบริเวณที่เป็นเยื่อบุผิวเชื่อมต่อและบริเวณเนื้อเยื่อยึดต่อที่อยู่ลึกลงมา และสิ้นสุดในบริเวณที่เป็นขอบบนของเอ็นยึดปริทันต์ (ภาพที่ 2) เยื่อบุผิวเชื่อมต่อเป็นเนื้อเยื่อที่บอบบาง มีแรงยึดภายในเนื้อเยื่อน้อย สัมผัสอยู่กับผิวฟันแต่ไม่มีการยึดแน่น จากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่าเซลล์ชั้นบนสุดของเยื่อบุผิวเชื่อมต่อไม่ได้แนบสนิทกับผิวฟัน แต่จะมีชั้นบาง ๆ 2 ชั้นคั่นอยู่ ซึ่งคล้ายกับลามินาลูซิดา (lamina lucida) และ ลามินาเดนซา (lamina densa) เยื่อบุผิวเชื่อมต่อยึดกับผิวฟันด้วย เบสเมนต์เมมเบรนชั้นใน (internal basement membrane) และเฮมิเดสโมโซม (hemidesmosome) (Lindhe และ Karring, 1993)

เนื้อเยื่อยึดต่อเป็นส่วนของเหงือกอีกส่วนหนึ่ง ที่ช่วยยึดเหงือกให้ติดกับฟัน ส่วนสำคัญที่ช่วยในการยึดคือเส้นใยคอลลาเจนที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก และสามารถแบ่งเป็นกลุ่มตามแนวการเรียงตัว และบริเวณที่ยึดของเส้นใยนั้น (ภาพที่ 3) ดังนี้ (Lindhe และ Karring, 1993; Manson และ Eley, 1995a)

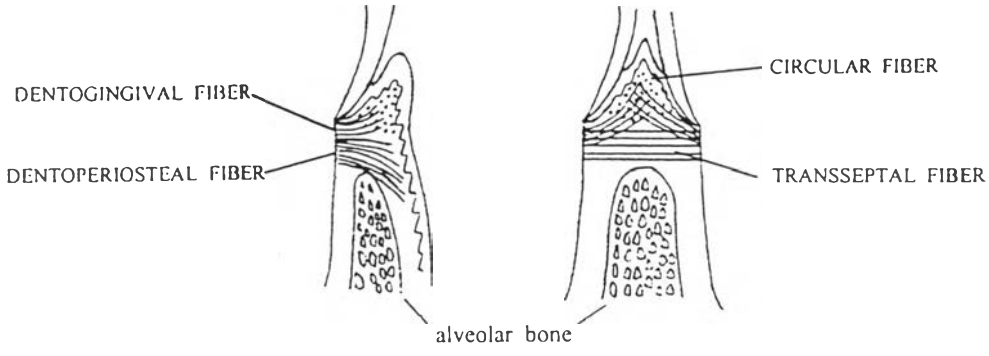
1. เส้นใยกลุ่มเซอร์คูลาร์ (circular fiber) เป็นกลุ่มที่ทอดตัวเป็นวงรอบฟันอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อยึดต่อของเหงือกอิสระ

2. เส้นใยกลุ่มเดนโตจิงจิวัล (dentogingival fiber) เป็นกลุ่มที่อยู่เหนือกระดูกเบ้าฟันปลายข้างหนึ่งฝังอยู่ในเคลือบรากฟัน ทอดเฉียงขึ้นคล้ายพัดไปในส่วนของเหงือกอิสระ และเหงือกสามเหลี่ยมระหว่างฟัน

3. เส้นใยกลุ่มเดนโตเพอริออสเทียล (dentoperiosteal fiber) เริ่มจากผิวรากฟันบริเวณเหนือกระดูกเบ้าฟันเช่นกัน แต่ทอดเฉียงลงมาสิ้นสุดในบริเวณที่เป็นเหงือกยึด

4. เส้นใยกลุ่มทรานส์เซปทัล (transseptal fiber) เป็นกลุ่มที่ทอดตัวเหนือกระดูกเบ้าฟันเชื่อมระหว่างฟัน 2 ซี่

การยึดระหว่างเนื้อเยื่อยึดต่อกับผิวรากฟันเป็นการยึดที่แข็งแรง ในฟันทั่วไปบริเวณของเนื้อเยื่อยึดต่อที่ยึดกับผิวรากฟันมีความยาวค่อนข้างคงที่ เฉลี่ยประมาณ 1.07 มิลลิเมตร(Gargiulo และคณะ, 1961)



ภาพที่ 3 : แสดงกลุ่มต่าง ๆ ของเส้นใยเหงือก

2. เอ็นยึดปริทันต์ (ภาพที่ 4)

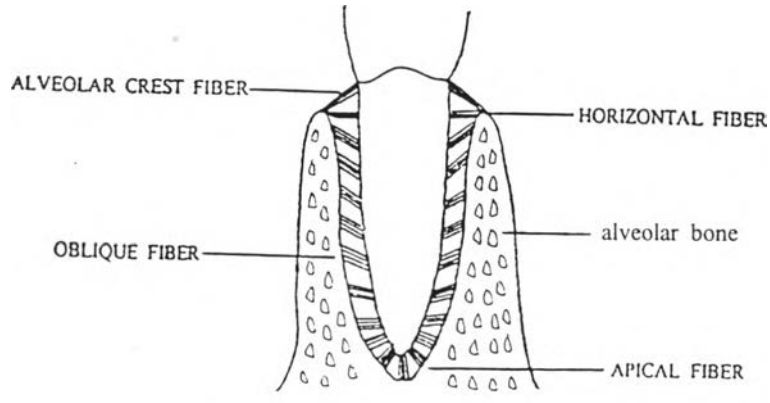
เป็นเนื้อเยื่อยึดต่อชนิดไฟบรัสที่มีเส้นเลือดและเส้นประสาทจำนวนมาก เส้นใยคอลลาเจนในช่องเอ็นยึดปริทันต์จะทอดเชื่อมระหว่างกระดูกเบ้าฟันและเคลือบรากฟัน โดยมีบางส่วนของเส้นใยฝังอยู่ในกระดูกเบ้าฟันและเคลือบรากฟัน ส่วนของเส้นใยที่เข้าไปฝังนี้เรียกว่าเส้นใยชาร์เปย์ (Sharpey's fiber) (Quigley, 1970) ความกว้างของช่องเอ็นยึดปริทันต์แตกต่างกันไป โดยปกติจะกว้างประมาณ 0.1 ถึง 0.3 มิลลิเมตร เส้นใยในช่องเอ็นยึดปริทันต์เหล่านี้สามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มๆ ได้ ตามตำแหน่งที่อยู่ และลักษณะการเรียงตัว ดังนี้

1. เส้นใยที่เรียงตัวบริเวณสันกระดูกเบ้าฟัน (alveolar crest fiber) เชื่อมระหว่างเคลือบรากฟันบริเวณคอฟัน กับสันกระดูกเบ้าฟัน

2. เส้นใยที่เรียงตัวตามแนวนอน (horizontal fiber) เชื่อมระหว่างเคลือบรากฟันมายังกระดูกเบ้าฟันส่วนบนๆ

3. เส้นใยที่เรียงตัวตามแนวเฉียง (oblique fiber) เป็นเส้นใยกลุ่มที่มีมากที่สุด ทำหน้าที่หลักในการยึดและพยุงฟันเอาไว้ เรียงตัวจากกระดูกเบ้าฟันเฉียงลงมายึดกับเคลือบรากฟันที่อยู่ใกล้ทางปลายรากมากกว่า

4. เส้นใยที่เรียงตัวบริเวณปลายรากฟัน (apical fiber) เชื่อมระหว่างปลายรากฟันกับส่วนล่างสุดของกระดูกเบ้าฟัน และอาจรวมถึงเส้นใยส่วนที่ยึดบริเวณง่ามรากฟันกรามกับกระดูกเบ้าฟันในบริเวณนั้น



ภาพที่ 4 : แสดงกลุ่มต่าง ๆ ของเอ็นยึดปริทันต์

3. เคลือบรากฟัน

เป็นเนื้อเยื่อยึดต่อที่แข็งเนื่องจากมีการสะสมของแร่ธาตุ ปกคลุมอยู่บนผิวรากฟัน เริ่มตั้งแต่ส่วนล่างสุดของเคลือบฟันซึ่งเรียกว่ารอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน(cemento-enamel junction) ไปถึงบริเวณปลายรากฟัน ลักษณะคล้ายคลึงกับกระดูก แต่ไม่มีเส้นเลือดและเส้นประสาทมาเลี้ยง ในสภาวะปกติจะไม่มีการละลายตัว แต่จะมีการพอกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หน้าที่สำคัญของเคลือบรากฟัน คือ เป็นที่ยึดของเส้นใยคอลลาเจนของเอ็นยึดปริทันต์และของเหงือก และคอยซ่อมแซมผิวรากฟันที่ได้รับอันตราย

เคลือบรากฟันแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. เคลือบรากฟันชนิดไม่มีเซลล์ (acellular cementum) จะไม่พบเซลล์อยู่ภายใน มักจะเป็นเคลือบรากฟันที่สร้างขึ้นตั้งแต่แรกในช่วงที่ฟันเริ่มสร้าง จนถึงฟันเริ่มขึ้น มักจะพบได้ในบริเวณใกล้คอฟัน

2. เคลือบรากฟันชนิดมีเซลล์ (cellular cementum) จะพบเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์เคลือบรากฟัน (cementocyte) ฝังอยู่ภายใน เป็นเคลือบรากฟันที่สร้างขึ้นหลังจากฟันขึ้นแล้ว และสร้างเพื่อตอบสนองกับการเคี้ยว อาจจะพบเป็นชั้นทับอยู่บนเคลือบรากฟันชนิดไม่มีเซลล์ได้ด้วย

ในฟันที่เป็นโรคปริทันต์อาจพบการทำลายเคลือบรากฟัน และมีแบคทีเรียฝังอยู่ในเคลือบรากฟันได้ ในการรักษาจำเป็นที่จะต้องกำจัดเคลือบรากฟันส่วนนี้ออกโดยการเกลารากฟัน

4. กระดูกเบ้าฟัน

กระดูกเบ้าฟันเป็นส่วนหนึ่งของกระดูกขากรรไกร ลักษณะเป็นเบ้ากระดูกล้อมรอบรากฟันเอาไว้ โดยมีเส้นใยของเอ็นยึดปริทันต์ยึดเชื่อมกับเคลือบรากฟันเอาไว้

ในฟันปกติที่ไม่เป็นโรคปริทันต์ ระดับของกระดูกเบ้าฟันจะขนานไปตามแนวรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) และห่างประมาณ 1 - 2 มิลลิเมตร แต่เมื่อเป็นโรคปริทันต์กระดูกเบ้าฟันจะถูกละลายไปในหลายๆลักษณะ

โรคปริทันต์อักเสบ (Periodontitis)

ลักษณะและอาการของโรคนี้ เป็นโรคที่มีการอักเสบและทำลายอวัยวะปริทันต์ทั้ง 4 ส่วน เหงือกมักจะมีการอักเสบ บวม แดง ถ้าเป็นเรื้อรังอาจจะมีลักษณะแน่นแข็ง หรือมีเหงือกร่น กระดูกเบ้าฟันจะถูกทำลายได้ทั้งในแนวระนาบและแนวดิ่ง

โรคปริทันต์อักเสบสามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (Fetner, 1994)

1. โรคปริทันต์อักเสบในผู้ใหญ่ (adult periodontitis) เป็นโรคปริทันต์อักเสบที่เกิดในผู้ป่วยที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไป

2. โรคปริทันต์อักเสบเริ่มเร็ว (early-onset periodontitis) เป็นโรคปริทันต์อักเสบที่เกิดในผู้ป่วยที่มีอายุต่ำกว่า 35 ปี สามารถแยกเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

2.1. โรคปริทันต์อักเสบในเด็กเล็ก (prepubertal periodontitis) พบได้น้อย จะพบการทำลายอวัยวะปริทันต์ของฟันน้ำนมอย่างรวดเร็ว และอาจมีการทำลายอวัยวะปริทันต์ของฟันแท้บางซี่ด้วย

2.2. โรคปริทันต์อักเสบในผู้เยาว์ (juvenile periodontitis) เริ่มเกิดในช่วงเป็นวัยรุ่น อายุ 11 - 21 ปี อาจจะเป็นเฉพาะฟันบางซี่ หรือเป็นกับฟันทุกซี่ก็ได้

2.3. โรคปริทันต์อักเสบลุกลามรวดเร็ว (rapidly progressive periodontitis) เริ่มเกิดในช่วงอายุ 20 - 35 ปี มักจะเป็นกับฟันเกือบทุกซี่

3. โรคปริทันต์อักเสบที่เกี่ยวข้องกับโรคทางระบบ (periodontitis associated with systemic disease) โรคบางอย่างเช่น โรคเบาหวาน โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง ความผิดปกติของเม็ดโลหิตขาว มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคปริทันต์อักเสบ

4. โรคปริทันต์อักเสบภาวะดื้อ (refractory periodontitis) เป็นกลุ่มผู้ป่วยที่เมื่อได้รับการรักษาจนหายดีแล้ว และสามารถรักษาความสะอาดช่องปากได้ดี แต่ก็กลับมาเป็นโรคอีก รวมทั้งกลุ่มที่แม้จะได้รับการรักษาอย่างดีเพียงใดและบ่อยเพียงใด ก็ไม่ตอบสนองต่อการรักษา ยังคงมีการดำเนินของโรคต่อไปเรื่อยๆ

สาเหตุของโรคปริทันต์อักเสบ

<u>คราบจุลินทรีย์ (dental plaque)</u> ข้อมูลจากการศึกษาในโรคปริทันต์อักเสบยืนยันถึงสาเหตุสำคัญที่สุดของการเกิดโรคปริทันต์อักเสบคือ เชื้อแบคทีเรีย หรือการสะสมของคราบจุลินทรีย์บนผิวฟันนั่นเอง ทั้งนี้การสะสมของคราบจุลินทรีย์จะมีเชื้อแบคทีเรียจำนวนมากหลายชนิด และเชื่อว่าเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้สามารถทำให้เกิดโรคเหงือกอักเสบ และโรคปริทันต์อักเสบได้ แต่มีเชื้อแบคทีเรียบางชนิดที่พบว่า มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคปริทันต์อักเสบที่มีความรุนแรงหรือเกิดขึ้นเร็วกว่าปกติ

แม้ว่าโรคปริทันต์อักเสบจะเป็นผลมาจากการสะสมของคราบจุลินทรีย์บนผิวฟัน แต่ในบางคนแม้จะมีคราบจุลินทรีย์สะสมเป็นเวลานาน ก็เกิดเพียงโรคเหงือกอักเสบ โดยไม่ลุกลามเป็นโรคปริทันต์อักเสบ จึงพอจะกล่าวได้ว่า โรคปริทันต์อักเสบมีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย แต่สภาวะการตอบสนองของแต่ละคนจะมีผลต่อการเกิดโรค ระยะเวลาที่เกิดโรค และความรุนแรงของโรคได้

<u>ปัจจัยเสริม</u> มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งเสริมให้เกิดโรคปริทันต์ได้เร็ว หรือรุนแรงมากขึ้น แบ่งเป็นปัจจัยเฉพาะที่ (local factors) และปัจจัยทางระบบร่างกาย (systemic factors)

<u>ปัจจัยเฉพาะที่</u> (Manson และ Eley, 1995b) คือสภาพหรือลักษณะภายในช่องปาก ที่ส่งเสริมให้มีการสะสมของคราบจุลินทรีย์ได้ง่าย และได้มาก หรือทำความสะอาดได้ยาก ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องทำให้เกิดโรคปริทันต์อักเสบตามมา เช่น ขอบของวัสดุอุดฟันไม่ดี รอยผุที่อยู่ชิดขอบเหงือก อาหารอัดติดซอกฟัน (food impaction) ฟันปลอมที่ออกแบบไม่ดี การใส่เครื่องมือจัดฟัน ฟันซ้อนเกไม่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง การหายใจทางปาก การสูบบุหรี่ การมีร่องบนผิวฟันในบริเวณใกล้ขอบเหงือก

ปัจจัยทางระบบร่างกาย (Manson และ Eley, 1995c) มีสภาวะทางร่างกายหลายอย่างที่มีผลต่อการเกิดโรคปริทันต์ ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงทางสรีระ (physical changes) เช่น การตั้งครรภ์ การเข้าสู่วัยรุ่น จะมีการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเพศ (sex hormones) ซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อต่างๆ เช่นฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) สามารถทำให้เกิดเคอราทิไนซ์มากขึ้น และเพิ่มปริมาณมิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide)ในเนื้อเยื่อยึดต่อ ฮอร์โมนพรอเจสเตอโรน (progesterone) เพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของหลอดเลือดในเหงือก

- โรคทางระบบบางชนิด เช่น ความผิดปกติของเม็ดโลหิตขาว โรคเบาหวาน มีผลต่อการเกิดโรคปริทันต์ ทั้งในด้านความรุนแรงของโรค ระยะเวลาการเกิดโรค และการรักษา

- โรคติดเชื้อบางชนิด เช่น โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง โรคเริม การติดเชื้อแคนดิดา (candida infection)

- การใช้ยาบางชนิด เช่น ยานีเฟดิพีน (nifedipine) ยาไซโคลสปอริน (cyclosporin) ยาเฟนิโตอิน (phenytoin) อาจทำให้เกิดการงอกเกินของเหงือก (gingival hyperplasia) ได้

- สภาวะทางโภชนาการ เชื่อว่าการขาดสารอาหารมีผลต่ออวัยวะปริทันต์ ทั้งในด้านความต้านทานต่อการเกิดโรค และการซ่อมแซมอวัยวะที่ถูกทำลาย จากการศึกษาหลายๆแห่งพบว่าในกลุ่มคนที่ขาดสารอาหารจะมีสภาพของอวัยวะปริทันต์ที่อักเสบมากกว่าในกลุ่มคนที่มีอาหารสมบูรณ์ แต่อาจจะเป็นเพราะในกลุ่มคนที่ขาดสารอาหารมักจะขาดการดูแลอนามัยช่องปากที่ดีด้วย

ร่องลึกปริทันต์ (periodontal pocket)

ในฟันปกติจะสามารถวัดความลึกของร่องเหงือกได้ 2 - 3 มิลลิเมตร เมื่อมีการสะสมคราบจุลินทรีย์เป็นเวลานาน จะเกิดปฏิกิริยาการอักเสบขึ้นในเนื้อเยื่อเหงือกส่วนที่อยู่รอบๆร่องเหงือก มีการทำลายเส้นใยคอลลาเจนในเนื้อเยื่อยึดต่อบริเวณที่อยู่ใต้เยื่อบุผิวเชื่อมต่อ และมีการเคลื่อนตัวของเยื่อบุผิวเชื่อมต่อลงมาในบริเวณที่เคยเป็นเนื้อเยื่อยึดต่อ พร้อมๆกันนั้นเยื่อบุผิวเชื่อมต่อในส่วนที่อยู่ด้านบน จะถูกแทรกซึมด้วยเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำให้การยึดเกาะระหว่างเซลล์น้อยลง และเปลี่ยนแปลงไปเป็นเยื่อบุผิวร่องเหงือกต่อไป(Carranza,1990a)

ขั้นตอนที่กล่าวโดยย่อนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความลึกของร่องเหงือกจาก 2 - 3 มิลลิเมตร จะลึกมากขึ้นตามลำดับ โดยทั่วไปจะจัดร่องเหงือกที่ลึก 4 มิลลิเมตรขึ้นไปว่า เป็นร่องลึกปริทันต์ (ในกรณีนี้ หมายถึงร่องเหงือกที่ลึกมากขึ้น เนื่องจากมีการทำลายการยึดเกาะของเนื้อเยื่อยึดต่อข้างล่าง แต่ถ้าเป็นร่องเหงือกที่ลึก เนื่องจากเหงือกบวมสูงขึ้น อาจไม่ใช่ร่องลึกปริทันต์)

การสูญเสียกระดูกเบ้าฟัน (alveolar bone loss)

การละลายของกระดูกเบ้าฟันเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโรคปริทันต์อักเสบ โดยต่อเนื่องมาจากการอักเสบของเหงือก ปฏิกิริยาการอักเสบจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไขกระดูกในกระดูกเบ้าฟัน ช่องไขกระดูกจะถูกแทรกซึมด้วยเม็ดเลือดขาว สารที่หลั่งจากเม็ดเลือดขาว เส้นเลือดที่สร้างใหม่ และเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (fibroblasts) ที่แบ่งตัวเพิ่มขึ้น เซลล์ทำลายกระดูก (osteoclasts) และเซลล์กลืนทำลาย (phagocytes) เพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดการละลายของกระดูก (Carranza, 1990b) ระดับการทำลายของกระดูกเบ้าฟันเป็นสิ่งสำคัญต่อการพยากรณ์โรค (prognosis) และต่อประสิทธิภาพของฟันซี่นั้นที่จะใช้งานต่อไป

รูปแบบการละลายของกระดูกเบ้าฟันในโรคปริทันต์

ในฟันที่เป็นโรคปริทันต์จะมีการละลายของกระดูกเบ้าฟันซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละคน และในฟันแต่ละซี่ รูปแบบการละลายของกระดูกเบ้าฟันมีหลายลักษณะ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (Carranza, 1990b)

1. การละลายตามแนวระนาบของกระดูกเบ้าฟัน (horizontal bone loss) ขอบของกระดูกเบ้าฟันถูกทำลายในแนวนอน หรือค่อนข้างตั้งฉากกับผิวรากฟัน เป็นลักษณะที่พบได้บ่อย

2. การละลายตามแนวดิ่งของกระดูกเบ้าฟัน (vertical bone loss) กระดูกจะละลายไปในแนวเฉียงๆ ไม่ตั้งฉากกับผิวรากฟัน โดยขอบกระดูกบริเวณที่ชิดฟันจะอยู่ต่ำกว่าขอบด้านนอก ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามจำนวนผนังกระดูกที่เหลือรอบรอยโรค เช่น รอยโรคที่มีกระดูก 3 ด้านเหลืออยู่รอบรากฟัน (three walled defects) รอยโรคที่มีกระดูก 2 ด้านเหลืออยู่รอบรากฟัน (two walled defects) รอยโรคที่มีกระดูกเหลืออยู่เพียงด้านเดียว (one walled defects)

3. แอ่งกระดูก (osseous craters) เป็นแอ่งเว้าของกระดูกบริเวณระหว่างฟัน โดยมีขอบกระดูกทางด้านแก้ม (buccal) และด้านลิ้น (lingual) สูงกว่าบริเวณตรงกลาง เป็นรอยโรคที่พบได้บ่อยโดยเฉพาะในฟันหลัง

4. รีเวอร์ส อาร์คิเทกเชอร์ (reverse architecture) เป็นลักษณะกระดูกระหว่างฟันที่ถูกทำลาย ทำให้กระดูกบริเวณระหว่างฟัน อยู่ต่ำกว่ากระดูกบริเวณที่ปกคลุมรากฟัน พบได้บ่อยในฟันบน

ช่องรากฟันกราม (furcation involvement)

ฟันกรามเป็นฟันที่มีหลายราก โดยทั่วไปมักจะมี 2 รากในฟันกรามล่าง และมี 3 รากในฟันกรามบน เมื่อมีการละลายของกระดูกเบ้าฟันในฟันกราม ลงมาจนถึงบริเวณที่เป็นง่ามรากฟัน ก็จะเกิดช่องง่ามรากฟันโผล่ขึ้นมา ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญอันหนึ่งของโรคปริทันต์

ช่องรากฟันกรามมีหลายลักษณะ จะแตกต่างกันไปในฟันแต่ละซี่ เช่นในฟันกรามล่างที่มี 2 ราก จะมีช่องรากฟันอยู่ในด้านแก้ม และด้านลิ้น ในฟันกรามบนมักจะมี 3 ราก จะมีช่องรากฟันอยู่ทางด้านแก้ม ด้านใกล้กลาง (mesial) และด้านไกลกลาง (distal) ส่วนในฟันกรามน้อยบนที่มี 2 ราก จะมีช่องรากฟันอยู่ทางด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลาง ทั้งนี้เป็นไปตามลักษณะทางกายวิภาคของฟัน

Hamp, Nyman และ Lindhe (1975) ; Carranza (1990) ได้แบ่งกลุ่มช่องรากฟันที่มีการละลายของกระดูกจนช่องรากฟันโผล่ เป็น 4 ระดับ ดังนี้ (ภาพที่ 5)

<u>ช่องรากฟันระดับที่ 1</u> (furcation class I) ช่องรากฟันมีความลึกในแนวระนาบที่วัดได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร เป็นรอยโรคในระยะเริ่มต้น มีกระดูกละลายเพียงเล็กน้อย อาจจะไม่สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงในภาพถ่ายรังสีได้ (Carranza, 1990d)

<u>ช่องรากฟันระดับที่ 2</u> (furcation class II) ช่องรากฟันมีความลึกในแนวระนาบที่วัดได้ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป แต่ยังไม่ทะลุออกทางช่องง่ามรากฟันอีกด้านหนึ่ง อาจจะมีการละลายของกระดูกในแนวดิ่งร่วมด้วย ฟันที่มีช่องรากฟันกรามระดับที่ 2 นี้ มีความแตกต่างกันได้มากในแง่ความรุนแรงของโรคและการรักษา กล่าวคือ บางซี่จัดอยู่ในกลุ่มเป็นโรคระยะเริ่มต้น แต่บางซี่จัด

อยู่ในกลุ่มที่มีปัญหารุนแรง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ความยาวของรากฟัน รากฟันกางหรือสอบเข้าหากัน ความลึกในแนวดิ่งของกระดูกที่ละลาย เป็นต้น

ช่องรากฟันระดับที่ 3 (furcation class III) ในระดับนี้มีการละลายของกระดูกที่อยู่บริเวณช่องรากฟัน จนกระทั่งเชื่อมทะลุจากช่องรากฟันด้านหนึ่ง ไปยังช่องรากฟันด้านอื่นได้ โดยยังมีเหงือกคลุมบริเวณช่องรากฟันอยู่

ช่องรากฟันระดับที่ 4 (furcation class IV) บางครั้งอาจจะมีการจัดช่องรากฟันกรามระดับที่ 4 เพิ่มขึ้น โดยกำหนดว่ามีการละลายของกระดูกบริเวณช่องรากฟันเหมือนระดับที่ 3 แต่มีเหงือกร่นลงมาจนเห็นช่องรากฟันได้

1 *2* *3*

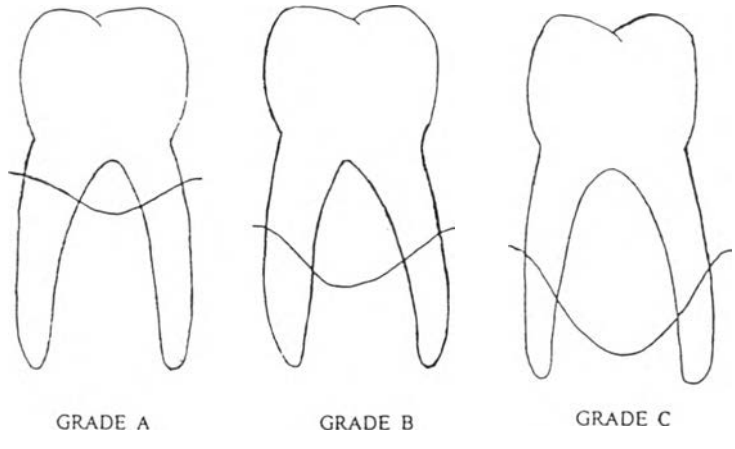
ภาพที่ 5 : แสดงช่องรากฟันกรามระดับต่าง ๆ (ฟันกรามซี่ที่ 1 มีช่องรากฟันระดับที่ 1, ฟันกรามซี่ที่ 2 มีช่องรากฟันระดับที่ 2 และฟันกรามซี่ที่ 3 มีช่องรากฟันระดับที่ 3 หรือ 4)

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งระดับความรุนแรงของช่องรากฟันในลักษณะอื่น โดย Tarnow และ Fletcher (1984) ได้แบ่งช่องรากฟันออกเป็นกลุ่มตามความลึกในแนวดิ่งของกระดูกที่ละลาย ดังนี้ (ภาพที่ 6)

ระดับที่ 1 (grade A) การละลายของกระดูกในแนวดิ่งไม่เกิน 1/3 ของความยาวง่ามราก ฟัน หรือต่ำกว่าจุดแยกราก 1 - 3 มิลลิเมตร

ระดับที่ 2 (grade B) การละลายของกระดูกในแนวดิ่งมากกว่า 1/3 แต่ไม่เกิน 2/3 ของ ความยาวง่ามรากฟัน หรือต่ำกว่าจุดแยกราก 4 - 6 มิลลิเมตร

ระดับที่ 3 (grade C) การละลายของกระดูกในแนวดิ่งมากกว่า 2/3 ของความยาวง่าม รากฟัน หรือต่ำกว่าจุดแยกรากตั้งแต่ 7 มิลลิเมตรขึ้นไป



ภาพที่ 6 : แสดงการแบ่งกลุ่มย่อยของช่องรากฟันกราม

การรักษาช่องรากฟันกราม

ปัญหาช่องรากฟันกรามมีวิธีรักษาได้หลายอย่าง ขึ้นอยู่กับระดับการละลายของกระดูก ลักษณะการละลายเป็นแนวระนาบหรือแนวดิ่ง ความลึกของร่องลึกปริทันต์ ตำแหน่งของซีเมนต์ และช่องง่ามรากฟัน ความสามารถในการทำความสะอาด ความพร้อมของผู้ป่วยและทันตแพทย์ผู้ รักษา ซึ่งพอจะสรุปวิธีการรักษาได้กว้างๆ ดังนี้

ช่องรากฟันกรามระดับที่ 1 อาจให้การรักษาโดย

- การขูดหินปูนและเกลารากฟัน ร่วมกับการสอนทำความสะอาด

- การผ่าตัดแบบมอร์ดิฟายด์วิดแมน (Genco,Rosenberg และ Evian, 1990)
- การแต่งรูปร่างฟัน (odontoplasty) (Basaraba, 1990)
- การตัดเนื้อเหงือก (gingivectomy) (Carranza, 1990d)

ช่องรากฟันกรามระดับที่ 2 อาจให้การรักษาโดย

- การขูดหินปูนและเกลารากฟัน ร่วมกับการสอนทำความสะอาด
- การร่นแผ่นเหงือกร่วมกับการแต่งรูปร่างฟัน (Basaraba, 1990)
- การทำให้เป็นอุโมงค์ (Hamp และคณะ, 1975)
- การตัดราก (Hamp และคณะ, 1975)
- การเปลี่ยนแปลงสภาพผิวรากฟัน (Grant และคณะ, 1988)
- การผ่าตัดเพื่อปลูกกระดูก (Carranza, 1991)
- การทำไกด์ทิชชูรีเจนเนอเรชัน (Metzler, 1991)

ช่องง่ามรากฟันกรามระดับที่ 3 และ ระดับที่ 4 อาจให้การรักษาโดย

- การขูดหินปูนและเกลารากฟัน ร่วมกับการสอนทำความสะอาด
- การทำให้เป็นอุโมงค์ (Carranza และ Jolkovsky, 1991)
- การแบ่งฟันเป็น 2 ซี่ (เฉพาะในฟันล่าง) (bicuspidization) (Grant และคณะ, 1988)
- การตัดราก (Basaraba, 1969)

การรักษาช่องรากฟันกรามโดยการอุดด้วยวัสดุอุดฟัน

การรักษาช่องรากฟันกรามโดยการอุดด้วยวัสดุอุดฟันยังมีการศึกษากันน้อย และมีผู้ทำไม่มากนัก มีผู้ศึกษาการใช้ วัสดุซิงก์ออกไซด์ยูจีนอลที่มีสารโพลีเมอร์ผสม (polymeric reinforced zinc oxide eugenol, IRM) อุดปิดช่องรากฟันกราม และรายงานผลทางคลินิกว่า สามารถป้องกันการผุและช่วยให้ทำความสะอาดบริเวณช่องรากฟันกรามได้ (Klingsberg และคณะ, 1981; Baer และคณะ, 1983)

Van Swol และคณะ(1989) ได้ศึกษาผลการใช้วัสดุ 3 ชนิดอุดช่องรากฟันกราม คือ ซิงก์ออกซีฟอสเฟตซีเมนต์ อมัลกัม และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยทำการศึกษาในลิง 4 ตัว แต่ละตัวใช้ฟัน จำนวน 4 ซี่ในการทดลอง โดยลิงแต่ละตัวได้รับการอุดฟันด้วยวัสดุทั้ง 3 ดังกล่าว

ซี่ละชนิด และอีก 1 ซี่ไม่ได้อุดซึ่งใช้เป็นกลุ่มควบคุม ในการทดลองครั้งนั้น ฟันที่ใช้ทดลองเป็นฟันปกติ ได้ทำการกรอสร้างให้เป็นลักษณะช่องรากฟันระดับที่ 2 หลังจากที่ฟันได้รับการอุดแล้วเป็นเวลา 6 สัปดาห์ 12 สัปดาห์ 18 สัปดาห์ และ24 สัปดาห์ ตามลำดับ ฟันทั้งหมดในกลุ่มทดลองและในกลุ่มควบคุมถูกนำมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ผลปรากฏว่าฟันในกลุ่มควบคุมมีลักษณะในช่องปากเป็นปกติ มีการสร้างกระดูกขึ้นใหม่ในบริเวณที่กรอเป็นช่องรากฟันเอาไว้ ส่วนฟันที่อุดด้วยซิงก์ออกซีฟอสเฟตซีเมนต์พบว่าเนื้อเยื่อโดยรอบวัสดุอุดมีการอักเสบมาก เห็นได้ชัดเจนในช่องปาก รวมทั้งภาพถ่ายรังสีก็พบมีเงาโปร่งรังสีใต้วัสดุอุดอย่างชัดเจน ฟันที่อุดด้วยอมัลกัม ลักษณะในช่องปากค่อนข้างปกติ แต่ในภาพถ่ายรังสีเห็นเงาโปร่งรังสีใต้วัสดุอุดชัดเจน เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเนื้อเยื่อมีการอักเสบแต่น้อยกว่าฟันที่อุดด้วยซิงก์ออกซีฟอสเฟตซีเมนต์ ฟันที่อุดด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ มีลักษณะในช่องปากค่อนข้างปกติ ภาพถ่ายรังสีเห็นเงาโปร่งรังสีเป็นแถบบางๆใต้วัสดุอุด เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า โดยรอบวัสดุมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อยึดต่อที่มีการอักเสบเล็กน้อย และมีการสร้างกระดูกขึ้นใหม่ที่ด้านนอกของเนื้อเยื่อนั้น

ในรายงานชิ้นนี้ได้สรุปว่า วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อร่างกาย และสามารถเลือกใช้ในการอุดปิดช่องรากฟัน โดยเฉพาะในกรณีที่มีรอยผุที่ช่องรากฟัน หรือผู้ป่วยไม่สามารถทำความสะอาดในช่องรากฟันได้ดีพอ

วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass ionomer cement)

ประวัติและวิวัฒนาการ

วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ถูกผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Wilson A.D. และ Kent B.E. ในปี 1969 (Wilson และ McLean, 1988a; Fujii, 1993) ในประเทศอังกฤษ และได้ตีพิมพ์รายงานครั้งแรกในปี 1971 ในชื่อ "The glass ionomer cement : A new translucent dental filling material. " (Wilson และ Kent, 1971) วัสดุนี้ถูกผลิตขึ้นจำหน่ายครั้งแรกในชื่อ "ASPA " โดยใช้อักษรตัวแรกของส่วนผสม คือ ส่วนผงที่เป็นผลึกแก้วอะลูมิโนซิลิเกต (Alumino Silicate glass) และส่วนของเหลวที่เป็นกรดโพลีอะคริลิก (Polyacrylic Acid)

ในระยะแรกส่วนของเหลวที่ใช้ มีเพียงกรดโพลีอะคริลิก เมื่อมีการศึกษาต่อมา พบว่าในส่วนของเหลว ถ้าผสมกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) เข้าไปด้วยจะทำให้ใช้ได้ง่ายขึ้น (Crips, Ferner และคณะ, 1975) คือช่วยเพิ่มระยะเวลาการทำงานขณะผสม (working time) และลดระยะเวลาการแข็งตัว (setting time) นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนของเหลวนี้เมื่อทิ้งเอาไว้นาน ๆ จะเกิดการจับตัวกันจนหนืดเป็นเจล (gel) ซึ่งแก้ไขโดยผสมกรดอิทาโคนิก (itaconic acid) เข้ากับกรดอะคริลิก จะลดปฏิกริยานี้ได้ (Crips, Lewis และ Wilson, 1975)

การพัฒนาอีกขั้นหนึ่งที่สำคัญคือ การแยกกรดที่มีโมเลกุลใหญ่ออกมาจากส่วนของเหลวแล้วนำมาผ่านกระบวนการอบแห้งภายใต้ความเย็นจัด (freezed dried) ทำให้แห้งเป็นผงแล้วผสมเข้ากับส่วนที่เป็นผลึกแก้วอะลูมิโนซิลิเกต เมื่อจะใช้ก็ผสมกับของเหลวที่เป็นน้ำ หรือกรดทาร์ทาริก (Wilson และ McLean, 1988a) เรียกซีเมนต์ชนิดนี้ว่า ชนิดวอร์เตอร์ ฮาร์ดเดนนิง (water hardening)

ส่วนประกอบของกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ (Wilson และ McLean, 1988b)

วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน มีส่วนประกอบที่ซับซ้อนและแตกต่างกันมาก วัสดุที่มีส่วนประกอบต่างกันก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักจะเหมือนกันคือ ผลึกแก้วอะลูมิโนซิลิเกต และส่วนที่เป็นโพลีอีเลกโทรไลต์ (polyelectrolyte)

<u>ผลึกแก้วอะลูมิโนซิลิเกต</u>

องค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา (silica , SiO_2) อะลูมินา (alumina , Al_2O_3) และแคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride , CaF_2) ทั้ง 3 อย่างนี้เป็นส่วนประกอบมากกว่าร้อยละ70 ของผลึก โดยจะมีส่วนประกอบอื่นๆอีกหลายอย่าง เช่น ครีโอไลท์ (cryolite , Na_3AlF_3) อะลูมิเนียมฟอสเฟต (aluminium phostphate , $AlPO_4$) และโซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride , NaF) ดังนั้นผลึกแก้วนี้อาจเรียกว่า แคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกต (calcium fluoro alumino silicate) ก็ได้

ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกเผาที่ 1100° C ถึง 1500° C จนหลอมเหลว แล้วถูกทำให้เย็นโดยเร็วโดยเทลงบนแผ่นโลหะ หรือเทลงในน้ำ แล้วนำมาบดเป็นผง โดยขนาดของผลึกจะแตก

ต่างไปตามวัตถุประสงค์การใช้ เช่นถ้าใช้สำหรับอุดฟันจะมีขนาดไม่เกิน 50 ไมโครเมตร (micrometre) ถ้าใช้สำหรับยึดครอบฟัน (luting cement) มีขนาดไม่เกิน 20 ไมโครเมตร

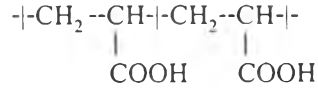
ส่วนที่เป็นโพลีอีเลกโทรไลต์

ส่วนประกอบนี้ทำหน้าที่เป็นทั้งสารอีเลกโทรไลต์ (electrolyte) และสารโพลีเมอร์ (polymer) สารโพลีอีเลกโทรไลต์นี้สามารถเรียกรวมๆได้ว่า กรดโพลีอัลคีโนอิก (polyalkenoic acid) ดังนั้นกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงมีชื่อที่กำหนดโดยองค์กรกำหนดมาตราฐานนานาชาติ (International Organization for Standardization) ว่า กลาสโพลีอัลคีโนเอตซีเมนต์ (Glass polyalkenoate cement) ส่วนที่เป็นโพลีอีเลกโทรไลต์นี้แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนประกอบที่เป็นกรด และส่วนประกอบที่เป็นน้ำ

ส่วนประกอบที่เป็นกรด

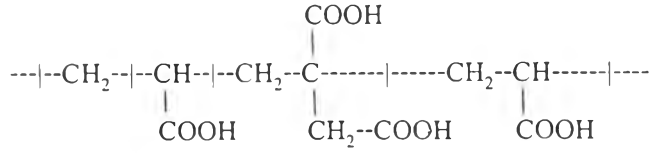
ส่วนประกอบนี้สามารถเตรียมในรูปของเหลวก็ได้ หรือนำมาทำให้แห้งแล้วผสมลงในผงของผลึกแก้วก็ได้ดังที่กล่าวแล้วในตอนต้น

กรดที่ใช้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ตัวที่สำคัญที่สุดคือ กรดโพลีอะคริลิก ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

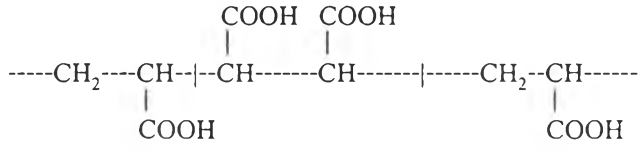


(polyacrylic acid)

และอาจเป็นโคโพลีเมอร์ (copolymer) ของ กรดอะคริลิก กับ กรดอิทาโคนิก หรือ กรดมาลีอิก (maleic acid) ซึ่งมีโครงสร้าง ดังนี้



(copolymer of acrylic and itaconic acid)



(copolymer of acrylic and maleic acid)

<u>ส่วนประกอบที่เป็นน้ำ</u>

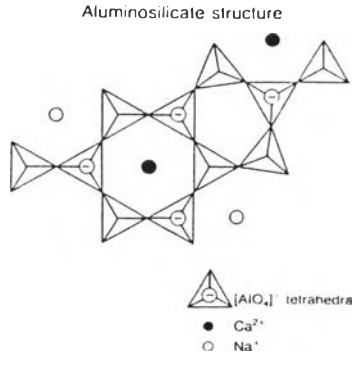
ถ้ากรดถูกเตรียมในรูปของเหลว ก็จะผสมอยู่กับส่วนที่เป็นน้ำ หรือสารละลายของกรดทาร์ทาริกในน้ำ ในกรณีที่กรดถูกทำให้แห้งและผสมในผลึกแก้ว ส่วนที่เป็นน้ำอาจจะเป็นน้ำบริสุทธิ์ หรืออาจจะเป็นสารละลายของกรดทาร์ทาริกในน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของแต่ละบริษัท

ปฏิกิริยาการแข็งตัว (Wilson และ McLean, 1988c; Hosoda,1993)

กลไกที่แน่นอนยังไม่ทราบ แต่พออธิบายได้ดังนี้

<u>ก่อนการเกิดปฏิกิริยา</u>

ผลึกของอะลูมิโนซิลิเกต มีโครงสร้างดังนี้ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 : แสดงโครงสร้างของผลึกอะลูมิโนซิลิเกต

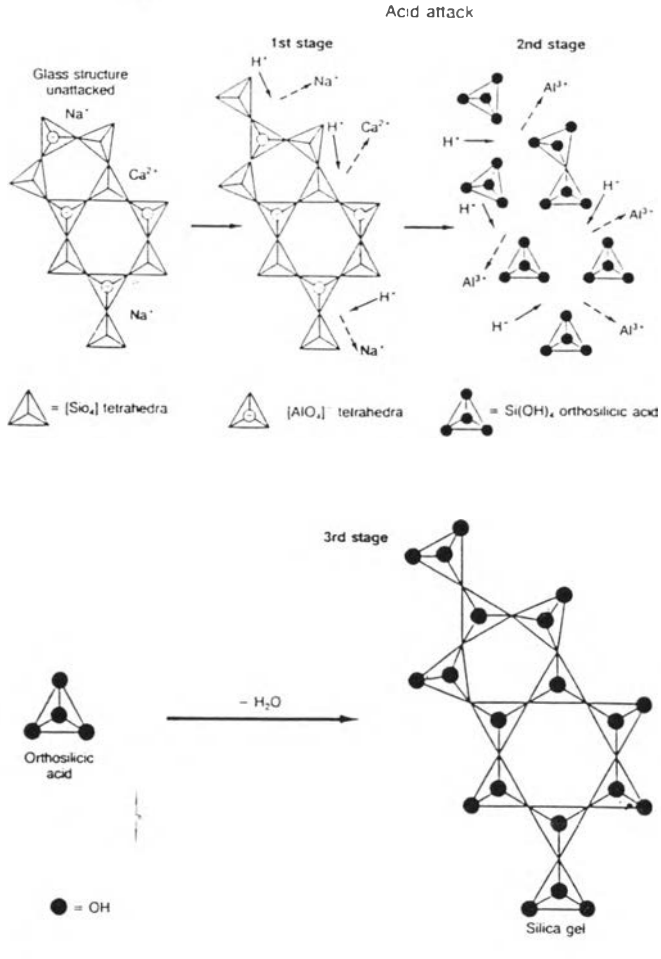
(Wilson และ McLean, 1988b)

<u>ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาของกรดกับผลึกแก้ว</u>

- เกิดการแตกตัวของ กลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl radical , COOH) ดังนี้

$$COOH \text{ ----> } COO^{-} + H^{+}$$

- หลังจากการแตกตัวของกลุ่มคาร์บอกซิลแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลง 3 ขั้นตอน ดังนี้ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 : แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง กรดและผลึกแก้วอะลูมิโนซิลิเกต

(Wilson และ McLean, 1988b)

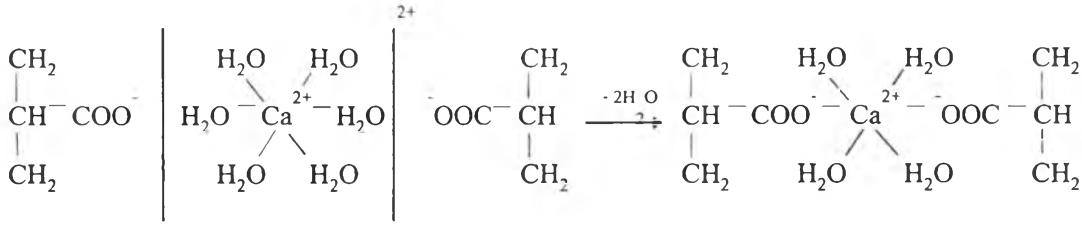
ระยะที่ 1 ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่เกิดขึ้นเข้าทำปฏิกิริยากับผลึกแก้ว เกิดการปล่อยแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และ โซเดียมไอออน (Na^+) ออกมาจากผลึกแก้ว มาอยู่ในส่วนของเหลว

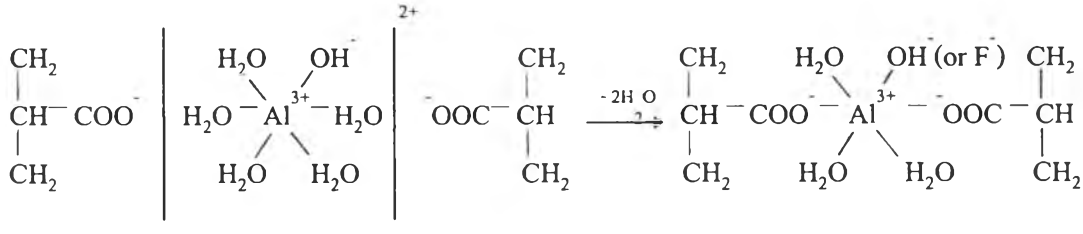
ระยะที่ 2 ไฮโดรเจนไอออน ยังคงทำปฏิกิริยากับผลึกแก้ว และมีการปล่อยอะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) ออกมา ส่วนนอกของผลึกอะลูมิโนซิลิเกตจะเปลี่ยนเป็นกรดซิลิซิก (silicic acid)

ระยะที่ 3 กรดซิลิซิก ที่เกิดขึ้นจับตัวกัน เป็นเจลของซิลิกา (silica gel) จับรอบผลึกแก้วเดิมที่เหลืออยู่หลังจากถูกไฮโดรเจนไอออนเข้าทำปฏิกิริยา

ขั้นตอนการเกิดเป็นเจล (gelation)

ไอออนของแคลเซียมและอะลูมิเนียม (Ca^{2+} , Al^{3+}) ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับกลุ่มคาร์บอกซิเลต (COO^-) เกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำและจับตัวกันเป็นเจลเกิดขึ้น (ภาพที่ 9)





ภาพที่ 9 : แสดงการเกิดเกลือโพลอะคริเลตของแคลเซียม และอะลูมิเนียม

(Hosada, 1993)

ขั้นตอนการแข็งตัว (hardening)

ปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้นจะเกิดขึ้นช้าๆอย่างต่อเนื่องมากกว่า 24 ชั่วโมง โดยในช่วงแรกปฏิกิริยาส่วนใหญ่จะมาจากเกลือแคลเซียมโพลีอะคริเลต (calcium polyacrylate) ส่วนในระยะต่อมาเป็นการแข็งตัวโดยเกลืออะลูมิเนียมโพลีอะคริเลต (aluminium polyacrylate)

บทบาทของน้ำในปฏิกิริยาการแข็งตัว

น้ำเป็นส่วนสำคัญในปฏิกิริยาการแข็งตัวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

1. น้ำเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยา

2. ในการเกิดเจลจำเป็นต้องมีน้ำร่วมด้วย

3. ถ้าสูญเสียน้ำในระหว่างที่กำลังเกิดปฏิกิริยา เช่นโดยการใช้ลมเป่า ปฏิกิริยาที่กำลังเกิดจะหยุดหรือลดลง ทำให้เกิดการแตกร้าวของวัสดุตามมาได้ และความแข็งแรงจะลดลง

4. ถ้าสัมผัสถูกน้ำในขณะกำลังแข็งตัว โดยเฉพาะ 10-30 นาทีแรกจะมีการละลายของไอออนต่างๆและสูญเสียไป และจะดูดซึมน้ำเข้าไปทำให้วัสดุบวมพองและสูญเสียคุณสมบัติที่ดี

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการแข็งตัว

1. อัตราส่วนของอะลูมินาต่อซิลิกาในผลึกแก้วในช่วงจำกัดระดับหนึ่ง ยิ่งอัตราส่วนนี้มากจะแข็งตัวเร็ว และระยะเวลาการทำงานสั้นลง

2. ขนาดของผลึกแก้ว ยิ่งผลึกแก้วมีขนาดเล็กละเอียดจะแข็งตัวเร็ว และระยะเวลาการทำงานสั้น

3. การผสมกรดทาร์ทาริก ช่วยให้แข็งตัวเร็วขึ้น แต่ระยะเวลาการทำงานยังคงเดิม

4. อัตราส่วนผงต่อน้ำที่ใช้ในการผสม ถ้าใช้ผงมากน้ำน้อยจะแข็งตัวเร็วและระยะเวลาการทำงานสั้นลง

5. อุณหภูมิขณะผสม ยิ่งอุณหภูมิสูงจะแข็งตัวเร็ว และระยะเวลาการทำงานสั้นลง

คุณสมบัติทางกายภาพ

ดังได้กล่าวแล้วว่าวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ของแต่ละบริษัทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันได้มาก อันเนื่องมาจากมีส่วนประกอบที่ต่างกัน Wilson และ McLean (1988d) ได้รวบรวมคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ผลิตในทางการค้า (ถึงปี 1984) ไว้ดังนี้ คือ

ระยะเวลาในการทำงาน (working time) อยู่ระหว่าง 1.3 - 3.8 นาที

ระยะเวลาการแข็งตัว (setting time) อยู่ระหว่าง 2.75 - 4.7 นาที

ความต้านทานแรงอัด (compressive strength) หลังแข็งตัว 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 140 - 195 MPa *

ความต้านทานแรงดึง (diametral tensile strength) หลังแข็งตัว 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 9.0 - 19.3 MPa

ความต้านทานการโค้งงอ (flexural strength) อยู่ระหว่าง 8.9 - 30.3 MPa

การละลายน้ำ (water leachable) หลังแข็งตัว 7 นาที อยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.29 - 2.12

การละลายน้ำหลังแข็งตัว 1 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.13 - 0.7

Wilson และ McLean (1988d) ได้พิจารณาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบวัสดุที่มีในขณะนั้นพบว่า Ketac-Fil มีคุณสมบัติที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการละลายในน้ำต่ำที่สุดและมีความแข็งแรง ซึ่งอาจจะเนื่องจากการใช้โคโพลีเมอร์ของกรดอะครีลิคและกรดมาลีอิกที่มีโครงสร้างที่แข็งแรง

นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงขนาดบ้างในช่วงแรก (dimensional change) และเมื่อแข็งเต็มที่แล้วการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นจะใกล้เคียงกับฟัน รวมทั้งมีการนำความร้อนและไฟฟ้าน้อย (Onose, 1993)

การยึดกับโครงสร้างของฟัน

จากการศึกษาพบว่า วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถยึดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันได้ ซึ่งเชื่อว่าเป็นการยึดด้วยพันธะเคมี (chemical bond) และพบว่าการยึดกับเคลือบฟันมีความแข็งแรงกว่าการยึดกับเนื้อฟัน

---

* MPa หมายถึง เมกกะปาสคาล (mega - pascal) มีค่าเท่ากับ 1,000,000 ปาสคาล (pascal) ปาสคาล เป็นหน่วยวัดแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

1 ปาสคาล = 1 นิวตัน ต่อ ตารางเมตร (Newton per squaremetres)

การยึดกับเคลือบฟัน

มีหลายทฤษฎีที่ใช้อธิบาย

- กลุ่มคาร์บอกซิลในสายของโพลีอะคริเลตยึดกับไฮโดรเจนไอออนบนผิวเคลือบฟัน ด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) และยึดกับแคลเซียมไอออนบนผิวฟัน ด้วยพันธะไอออนนิก (ionic bond) (Wilson , 1974)

- การศึกษาด้วยเครื่องอินฟราเรด สเปกโตรสโคป (infrared spectroscope) และการตรวจการดูดกลืนแสง ทำให้ได้ทฤษฎีว่า กลุ่มโพลีอะคริเลต จะแทรกในโมเลกุลของไฮดรอกซีอะปาไทต์(hydroxyapatite) บนผิวเคลือบฟัน โดยแทนที่แคลเซียมไอออน และฟอสเฟตไอออนที่ถูกปล่อยออกมา และเชื่อว่าจะมาสร้างเป็นแคลเซียมฟอสเฟต อะลูมิเนียมฟอสเฟต และเกลือโพลีอะคริเลต เป็นชั้นแทรกอยู่ระหว่างเคลือบฟันกับวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Wilson, Prosser และ Powis, 1983)

การยึดกับเนื้อฟัน

ยังมีความเห็นที่แตกต่างกันไป เนื่องจากโครงสร้างของเนื้อฟันมีคอลลาเจนเป็นส่วนประกอบอยู่มาก ประมาณร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก (Scott และ Symons , 1982a) และมีไฮดรอกซีอะปาไทต์ประมาณร้อยละ 75 ในขณะที่เคลือบฟันมีไฮดรอกซีอะปาไทต์ ถึงร้อยละ 96 (Scott และ Symons, 1982b) บางคนเชื่อว่าการยึดจะเกิดกับส่วนของไฮดรอกซีอะปาไทต์เท่านั้น (Beech, 1973) แต่บางคนเชื่อว่ามีการยึดในส่วนของคอลลาเจนด้วยพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนนิก เพราะคอลลาเจนก็มีส่วนประกอบที่เป็นทั้งกลุ่มอะมิโน (amino group) และกลุ่มคาร์บอกซิลด้วย (Wilson, 1974) การศึกษาของ Jackson (1986) ที่ทำในห้องทดลองพบว่า กรดโพลีอะคริลิกไม่มีการดูดซับบนเส้นใยคอลลาเจน จึงอาจเป็นไปได้ว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ไม่ได้ยึดกับคอลลาเจน จากการรวบรวมของ Wilson และ McLean (1988e) พบว่า แรงยึดของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์ กับเคลือบฟันอยู่ระหว่าง 2.6 - 9.6 MPa และกับเนื้อฟันอยู่ระหว่าง 1.1 - 4.5 MPa ในขณะที่คอมโพสิตเรซิน (composite resin) ยึดกับเนื้อฟันด้วยแรงประมาณ 22 MPa โดยใช้สารเดนทีนบอนดิง (dentine bonding agent) (Cooley, Tseng และ Barkmeir, 1991)

ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของร่างกาย (biocompatibility)

เนื่องจากวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เมื่อนำมาใช้ในการบูรณะฟันจะมีการสัมผัสโดยตรงกับเนื้อฟันและเคลือบฟัน รวมทั้งเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในช่องปาก เช่น ลิ้น กระพุ้งแก้ม จึงได้มีการศึกษากันมากถึงความปลอดภัยและผลต่อเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ผลต่อเนื้อเยื่อในโพรงฟัน

Plant และคณะ(1984) ได้ทำการอุดวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ลงในฟันที่จะถอนเพื่อจัดฟัน โดยกรอเพียงตื้น ๆ เปรียบเทียบกับวัสดุซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล พบว่าเนื้อเยื่อในโพรงฟันของฟันที่อุดด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ มีการอักเสบมากกว่าฟันที่อุดด้วยวัสดุซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล แต่ไม่มีผู้รับการทดลองคนใดมีอาการปวดหรือเสียวเลยภายในช่วงเวลาที่ทดลอง 1 - 30 วัน

Kawahara และคณะ (1979) ได้ศึกษาฟันของลิงที่ถูกกรอจนทะลุโพรงฟัน แล้วอุดด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เปรียบเทียบกับวัสดุซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล พบว่า วัสดุทั้งสองชนิดมีผลใกล้เคียงกัน กล่าวคือที่เวลา 60 วัน เนื้อเยื่อในโพรงฟันมีการอักเสบเล็กน้อย ซึ่งผู้รายงานกล่าวว่าการอักเสบนี้อาจจะเป็นผลมาจากการระคายเคืองจากแรงที่ใช้ขณะอุด จากการรั่วซึมที่ขอบของวัสดุ หรือ จากการปนเปื้อนของแบคทีเรียขณะกรอฟัน

Tsujimura(1983) ได้ศึกษาการอุดฟันในสุนัขด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ วัสดุซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล และซิลิเกตซีเมนต์ (silicate cement) โดยดูการตอบสนองของเนื้อเยื่อในโพรงฟันที่เวลา 3 วัน 30 วัน และ 60 วัน พบว่าฟันที่อุดด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีการอักเสบน้อยที่สุด

และเมื่อ Ohashi (1986) ศึกษาการอุดด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในฟันคน รายงานว่าในฟันที่ไม่มีรอยทะลุโพรงฟัน เนื้อเยื่อในโพรงฟันจะมีการอักเสบในระดับต่ำ แต่ในฟันที่มีรอยทะลุโพรงฟัน เนื้อเยื่อในโพรงฟันจะมีการอักเสบมาก

จากการศึกษาเกี่ยวกับผลของการอุดฟันด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ต่อเนื้อเยื่อในโพรงฟัน พอจะสรุปรวมได้ว่าการตอบสนองต่อ วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ของบริษัทต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันไป แต่โดยภาพรวมแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงในโพรงประสาทฟันเล็กน้อย ซึ่งไม่ทำให้มีอาการที่รู้สึกได้ ยกเว้นในกรณีที่ทะลุโพรงประสาทฟัน อาจจะมีการอักเสบได้มาก ในกรณีที่มีชั้นของเนื้อฟันที่ปิดโพรงประสาทฟันน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ควรจะปิดด้วยวัสดุอื่นก่อน เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Wilson และ McLean , 1988 e)

ผลต่อเซลล์ และเนื้อเยื่อต่าง ๆ

Meryon และคณะ (1983) ได้ทดลองผลของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ต่อเซลล์สร้างเส้นใย (fibroblasts) และ เซลล์มาโครฟาจ (macrophages) พบว่า วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ผสมใหม่ ๆ ยับยั้งการเจริญของเซลล์ที่เลี้ยงไว้ แต่ผลนี้จะน้อยลงหลังจากที่วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แข็งเต็มที่แล้ว

Kawahara และคณะ (1979) ได้ทดลองผลของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ต่อเซลล์จากเนื้อเยื่อในโพรงฟันของคนที่นำมาเลี้ยงในห้องทดลอง โดยเปรียบเทียบกับวัสดุโพลีคาร์บอกซีเลตซีเมนต์ และซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล พบว่าวัสดุทุกชนิดที่ผสมใหม่ ๆ จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน ผลดังกล่าวของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะลดลง โดยเซลล์กลับเพิ่มจำนวนขึ้นได้ ในขณะที่วัสดุอีก 2 ชนิดจะทำให้เซลล์ลดจำนวนลงเรื่อย ๆ

Mongkolnam(1992) ได้ศึกษาการใช้วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ที่แข็งเต็มที่แล้วฝังบริเวณหลังของหนูทดลองพบว่า จะมีการสร้างเนื้อเยื่อยึดต่อล้อมรอบวัสดุ และมีการอักเสบเพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของร่างกาย