

เอสพีอาร์จีเทคโนโลยีในงานทันตกรรม: บทความปริทัศน์แบบกระชับ ได้ใจความ

อวิรุทธ์ คล้ายศิริ*,** จารุกฤษ วงษ์สังข์*** ธนัช สีลาอุดม*** ธนาศักดิ์ รัชฌมณี*
ศัลลิสยา สีลาพงศ์ฤกษ์* นันทวรรณ กระจำงตา*

บทคัดย่อ

ฟิรรีแอกเต้ดกลาสส์ไอโอโนเมอร์ (พีอาร์จี) เทคโนโลยี เป็นเทคโนโลยีการสร้างวัสดุอุดแทรกชนิดใหม่ที่สามารถปลดปล่อยไอออนได้ 6 ชนิด ประกอบด้วยโซเดียมไอออน สตรอนเชียมไอออน อะลูมิเนียมไอออน โบรอนไอออน ซิลิกาไอออน และฟลูออรีนไอออน โดยเรียวัสดุอุดแทรกชนิดนี้ว่า วัสดุอุดแทรกพีอาร์จี ซึ่งมีสมบัติช่วยส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ ลดการสูญเสียแร่ธาตุต่อต้านสภาพความเป็นกรด ยับยั้งการเกิดคราบจุลินทรีย์ และยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคฟันผุ ดังนั้นจึงมีการนำวัสดุอุดแทรกพีอาร์จีใส่ในวัสดุทันตกรรมเพื่อหวังผลจากสมบัติข้างต้น โดยบทความปริทัศน์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ สมบัติของวัสดุอุดแทรกพีอาร์จี และการประยุกต์ใช้วัสดุอุดแทรกพีอาร์จีในงานทันตกรรม

คำสำคัญ: วัสดุทางทันตกรรม วัสดุอุดแทรก ฟิรรีแอกเต้ดกลาสส์ไอโอโนเมอร์

*สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

**ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 95 หมู่ 8 ถ.พหลโยธิน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

***คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

S-PRG Technology in Dentistry: A Concise Review

Awiruth Klaisiri^{*,**} Jarukit Vongsang^{***} Thanach leelaudom^{***}
Thanasak Rakmanee^{*} Seelassaya Leelaponglit^{*} Nantawan Krajangta^{*}

Abstract

Pre-reacted glass-ionomer (PRG) technology is a technology that produces new filler materials, which can release six ions including Sodium ion, Strontium ion, Aluminium ion, Boron ion, Silica ion, and Fluorine ion so this filler material is called PRG filler. Its properties are to help promote remineralization, reduce demineralization, have acid buffering capacity, an anti-plaque effect, and bacteriostatic effect on dental caries prevention. Therefore, PRG filler has been incorporated into dental material. The objectives of this review article are to evaluate the fundamental science, properties, and applications of PRG filler in dentistry.

Keywords: Dental materials, Filler, Pre-reacted glass-ionomer

**Division of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, 99, M.18, Klongluang, Pathumthani, 12120, Thailand.*

***Dental Division Thammasat University Hospital 95, M.8, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120, Thailand.*

****Faculty of Dentistry, Thammasat University, 99, M.18, Klongluang, Pathumthani, 12120, Thailand.*

บทนำ (Introduction)

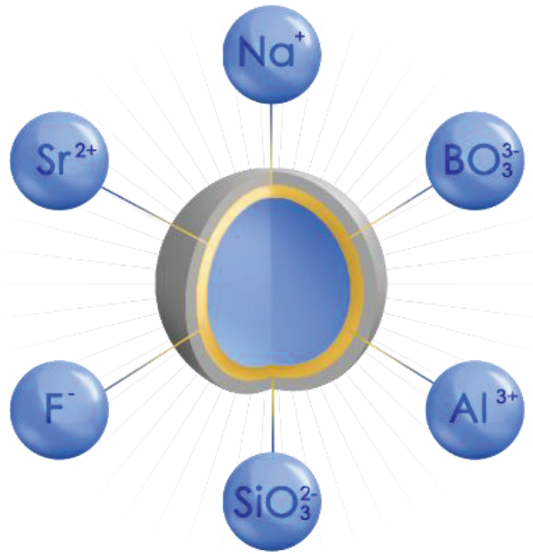
พรีรีแอคเตดกลาสไอโอโนเมอร์เทคโนโลยี ถูกพัฒนาขึ้นใน ค.ศ. 2000 โดยบริษัท โชฟู (Shofu) ประเทศญี่ปุ่น โดยมีความคิดจะพัฒนาวัสดุอุดแทรก (filler) ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรม ซึ่งวัสดุอุดแทรกที่ใส่ลงไปนั้นจะมีสมบัติเป็นไบโอแอคทีฟ (bioactive) คือ มีสมบัติที่สามารถช่วยในการคืนกลับแร่ธาตุ เพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อฟัน สามารถปล่อยฟลูออไรด์และไอออนต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยปฏิกิริยากรด-ด่าง ระหว่างฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาส (fluoroaluminosilicate glass) ทำปฏิกิริยากับกรดโพลีอะคริลิก (polyacrylic acid) โดยเรียกวัดอุดแทรกชนิดนี้ว่า วัสดุอุดแทรกฟิออาร์จี ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ฟูลลี่พรีรีแอคเตดกลาสไอโอโนเมอร์ หรือเอฟฟิออาร์จี (fully pre-reacted glass ionomer, F-PRG) เป็นการทำให้ปฏิกิริยาของวัสดุอุดแทรกโดยสมบูรณ์ ซึ่งจะมิข้อเสียในเรื่องของระยะเวลาการปล่อยฟลูออไรด์ที่สั้นกว่า หากเทียบกับอีกชนิด คือ เซอร์เฟสพรีรีแอคเตดกลาสไอโอโนเมอร์หรือเอสฟิออาร์จี (surface pre-reacted glass ionomer, S-PRG) ซึ่งเกิดการทำให้ปฏิกิริยาเฉพาะบริเวณพื้นผิวเท่านั้น จึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการปล่อยฟลูออไรด์ (1) โดยพรีรีแอคเตดกลาสไอโอโนเมอร์เทคโนโลยีนี้ ถูกเรียกอย่างสั้น ๆ ว่า ไจโอเมอร์เทคโนโลยี (Giomert technology)

ปัจจุบันได้มีการนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิออาร์จีใส่รวมในผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรมหลากหลายชนิด โดยวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิออาร์จินั้นมีสมบัติในการปล่อยฟลูออไรด์และเก็บกักฟลูออไรด์ (fluoride release and recharging ability) ต่อด้านสภาพความเป็นกรด (acid-buffering capacity) ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุ (enhancing remineralization) เสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างฟัน (strengthening of tooth structure) ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (bacteriostatic) และยับยั้งการสร้างคราบจุลินทรีย์ (anti-plaque effect) (2) เนื่องจากสมบัติที่ดีเหล่านี้ จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิก เช่น การรักษากภาวะเนื้อฟันไวเกิน (dentinal hypersensitivity) การป้องกันโรคฟันผุในบริเวณที่ทำความสะอาดได้ยาก เช่น โดยรอบแบร็คเกตทันตกรรม

จัดฟัน (orthodontic bracket) (3) หรือในบริเวณที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุสูง เช่น รากฟันที่เผยผิง (4) รอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้น (5) เคลือบหลุมร่องฟัน (dental sealant) (6) สารยึดติดแบร็คเกต (7) วัสดุบูรณะฟันในงานบูรณะ (8) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษานำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิออาร์จีไปประยุกต์ใช้ในฐานฟันเทียมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน (heat cured acrylic resin) วัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อ (tissue conditioner) (9) ผลมในยาสีฟัน (10) วัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน (pulp capping material) (11) ซีเมนต์อุดคลองรากฟัน (root canal sealer) (12) และยาสำหรับใส่ในคลองรากฟัน (pulp dressing material) (13)

วัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิออาร์จี (S-PRG filler)

วัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิออาร์จีได้มาจากการผลิตโดยเทคโนโลยีที่ใช้ฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาสส์มาทำปฏิกิริยากับกรดโพลีอะคริลิกเฉพาะบริเวณพื้นผิวเท่านั้น โดยกระบวนการแรกของการผลิต คือ การปรับรูปทรงของฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาสส์ให้เป็นทรงกลมและเคลือบด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง (14) ซึ่งพื้นผิวที่ได้หลังจากการเคลือบด้วยซิลิกอนไดออกไซด์จะมีความพรุน หลังจากนั้นนำกรดโพลีอะคริลิกมาทำปฏิกิริยากับฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาสส์ในสภาวะที่มีน้ำซึ่งจะเกิดเป็นชั้นซิลิเซียสไฮโดรเจล (siliceous hydrogel) ที่ทำให้เกิดการปล่อยไอออนทั้ง 6 ชนิดออกมา หลังจากนั้นจะทำให้แห้งโดยการแช่แข็ง (freeze-drying) ทำให้มีลักษณะเป็นซีโรเจล (xero-gel) โดยเมื่อเสิร์ฟลิ้นจะได้วัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิออาร์จีที่ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ชั้น (รูปที่ 1) ชั้นนอกสุด เรียกว่า ชั้นเซอร์เฟสโมดิฟายอิงก์ (surface modifying phase) ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรง ชั้นกลาง เรียกว่า ชั้นพรีรีแอคเตดกลาสไอโอโนเมอร์ (pre-reacted glass ionomer phase) โดยชั้นนี้จะมีไอออนกักเก็บไว้ และชั้นในสุดคือ ฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาสส์ หรือเรียกว่ามัลติฟังก์ชันนอลกลาสส์คอร์ (multi-functional glass core)



รูปที่ 1 โครงสร้างวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จี

Fig 1. Structure of S-PRG fillers.

จากโครงสร้างนี้ทำให้วัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีมีความสามารถในการปลดปล่อยไอออนทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบด้วย โซเดียมไอออน (sodium ion) สตรอนเทียมไอออน (strontium ion) อะลูมิเนียมไอออน (aluminium ion) โบรอนไอออน (boron ion) ซิลิกาไอออน (silica ion) และฟลูออไรด์ (fluoride) ได้ยาวนานขึ้นมากกว่าวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จี (5,15) โดยความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์นี้จะเกิดเมื่อวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีสัมผัสกับน้ำ ซึ่งน้ำจะซึมผ่านเข้าสู่ชั้นซีโรเจลทำให้เกิดปฏิกิริยากรด-ด่างขึ้นอีกครั้ง ส่งผลให้เกิดการปล่อยฟลูออไรด์และไอออนต่าง ๆ ออกมาโดยความสามารถในการปล่อยไอออนเหล่านี้จะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป แต่เนื่องจากโครงสร้างที่มีรูพรุนของชั้นเซอร์เฟสโมดิฟายอิงกันนี้ ทำให้ฟลูออไรด์จากภายนอก เช่น ยาสีฟัน หรือน้ำยาบ้วนปากที่มีฟลูออไรด์

สามารถซึมผ่านกลับเข้าไปในชั้นซิลิเซียสไฮโดรเจลได้ด้วยลักษณะโครงสร้างนี้จึงทำให้วัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีมีความสามารถในการเก็บกักฟลูออไรด์ได้ (16,17)

สมบัติของวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จี

มีรายงานสมบัติของวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จี (ตารางที่ 1) ดังนี้

1. ปล่อยฟลูออไรด์และเก็บกักฟลูออไรด์ (18)
2. ต่อต้านสภาพความเป็นกรด (15)
3. ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุ (19)
4. เสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างฟัน (7)
5. ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (20)
6. ยับยั้งการสร้างคราบจุลินทรีย์ (21)

ตารางที่ 1 สมบัติของไอออนที่ปล่อยจากวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์จี (ดัดแปลงจาก Najma Hajira, 2015) (1)

Table 1. Properties of ion released from S-PRG fillers (Modified from Najma Hajira, 2015) (1).

ไอออน	สมบัติ
ฟลูออรีนไอออน	สร้างฟลูออโรโรอะพาไทต์ (fluoroapatite) ต่อต้านแบคทีเรีย ส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ
โบรอนไอออน	ยับยั้งการสร้างคราบจุลินทรีย์ ด้านการอักเสบ
อะลูมิเนียมไอออน	ลดอาการเสียวฟัน
ซิลิกาไอออน	ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุ ส่งเสริมการหายของแผล
สตรอนเทียมไอออน	สร้างสตรอนเทียมอะพาไทต์ (strontiumapatite) ด้านการอักเสบ
โซเดียมไอออน	กระตุ้นการทำงานของไอออนชนิดอื่น ๆ

การประยุกต์ใช้วัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีในงานทันตกรรม

1. ทันตกรรมบูรณะ

1.1 การรักษารอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้น

ปัจจุบันแนวทางการรักษารอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้นใช้แนวคิดเชิงทันตกรรมอนุรักษ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ความเข้มข้นสูงแต่มีข้อจำกัด คือระยะเวลาออกฤทธิ์ที่สั้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เรซินซีลแลนต์ หรือเรซินอินฟิลเทรชัน ซึ่งสามารถเป็นได้เพียงการป้องกันทางกายภาพ (physical barrier) เท่านั้น จึงได้มีการนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีใส่ในวัสดุเรซินพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชื่อว่า ฟีอาร์จีแบรีเออร์โคต (PRG barrier coat, Shofu, Kyoto, Japan) (4)

ในปี 2016 Alsayed และคณะ ได้ศึกษาถึงผลของฟีอาร์จีแบรีเออร์โคตต่อการเพิ่มความแข็งแรงของเคลือบฟันในรอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้น พบว่าฟีอาร์จีแบรีเออร์โคตสามารถเพิ่มความแข็งแรงของรอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้นในบริเวณที่ทำการบูรณะนอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเคลือบฟันบริเวณรอบ ๆ วัสดุบูรณะได้อีกด้วยแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์และการสร้างผลึกใหม่โดยเป็นทั้งชนิดฟลูออโรอะพาไทต์และสตรอนเทียมอะพาไทต์ ซึ่งเป็นสมบัติของวัสดุเคลือบฟันที่ดี (22) ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาของ Wakamatsu และคณะ ในปี 2018 ที่ใช้ฟีอาร์จีแบรีเออร์โคตในการรักษารอยโรคฟันผุ ระยะเริ่มต้นในเด็ก 7 คน อายุระหว่าง 8 ถึง 15 ปี มีฟันผุระยะเริ่มต้นทั้งหมด 17 ซี่ ทำการติดตามการรักษาเป็นเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน พบว่ารอยขาวขุ่นมีขนาดเล็กลงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าฟีอาร์จีแบรีเออร์โคตสามารถหยุดการดำเนินของโรคฟันผุระยะเริ่มต้นและสามารถส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุเข้าสู่ฟันได้ (5)

นอกจากนี้ยังมีเรซินอินฟิลเทรชันผลิตภัณฑ์ไอคอน (Icon, DMG, Hamburg, Germany) ที่สามารถใช้รักษารอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้นได้เช่นกัน จากการศึกษาพบว่าสามารถปรับปรุงด้านความสวยงามของลักษณะขาวขุ่นในรอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้นได้ทันทีหลังการรักษาและทำให้รอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้นมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกด้วย (23) แต่ผลิตภัณฑ์ไอคอนไม่สามารถเก็บและปล่อยฟลูออไรด์ได้โดยเมื่อเปรียบเทียบกับฟีอาร์จีแบรีเออร์โคต พบว่า ฟีอาร์จีแบรีเออร์โคตเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บและปล่อยฟลูออไรด์ได้ ต้องอาศัยระยะเวลาการออกฤทธิ์ของฟลูออไรด์ที่ยาวนานกว่า ดังนั้นจึงพบว่าการรักษาด้วยฟีอาร์จีแบรีเออร์โคตไม่สามารถปรับปรุงด้านความสวยงามของลักษณะขาวขุ่นในรอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้นได้ทันทีหลังการรักษา

1.2 การรักษารากฟันผุ

รากฟันผุสามารถพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ โดยสาเหตุที่ทำให้รากฟันโผล่ออกมาในช่องปาก คือ ภาวะเหงือกกรัน โรครปริทันต์ และการแปรงฟันผิดวิธี (24) ประกอบกับเคลือบรากฟันเป็นส่วนที่ง่ายต่อการถูกทำลาย เนื่องจากมีส่วนประกอบของแร่ธาตุอยู่น้อย ทำให้การดำเนินของโรคฟันผุบริเวณรากฟันรวดเร็วกว่าบริเวณเคลือบฟัน (25) โดยการบูรณะสามารถทำได้ค่อนข้างยาก การป้องกันจึงเป็นแนวทางที่ควรนำมาใช้เป็นลำดับแรก เมื่อเกิดรากฟันโผล่ เช่น การใช้ยาป้ายฟันที่มีฟลูออไรด์ การใช้ฟลูออไรด์วาร์นิช และการแปรงฟันที่ถูกต้อง แต่วิธีเหล่านี้เป็นการป้องกันแบบชั่วคราวและยังต้องอาศัยความร่วมมือที่ดีของคนไข้ (26) ในปี 2012 Ma และคณะ จึงได้ศึกษาผลของการใช้ฟิออาร์จีแบรีเออร์โคตในการปกป้องผิวรากฟันไม่ให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ โดยใช้รากฟันที่นำเคลือบรากฟันออก ทำการเคลือบด้วยฟิออาร์จีแบรีเออร์โคต แล้วนำไปแช่สารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.5 เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นใช้เครื่องเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร (micro-CT scanning) ในการถ่ายภาพและประเมินผล พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ฟิออาร์จีแบรีเออร์โคตมีเงาดำที่ผิว ซึ่งแสดงถึงการสูญเสียแร่ธาตุ โดยมีความลึกประมาณ 200 ไมโครเมตร แต่กลุ่มที่ใช้ฟิออาร์จีแบรีเออร์โคตกลับไม่พบเงาดำ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถปกป้องผิวรากฟันไม่ให้เกิดรากฟันผุได้ (4)

1.3 การรักษากภาวะเนื้อฟันไวเกิน

แนวทางในการรักษากภาวะเนื้อฟันไวเกิน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะตามการใช้งาน คือ สารที่สามารถใช้เองได้ที่บ้าน มักอยู่ในรูปแบบของยาสีฟัน และน้ำยาป้ายฟัน โดยมีส่วนผสมของโพแทสเซียมหรือสตรอนเซียม เป็นต้น สารที่ต้องใช้โดยทันตแพทย์ เช่น การใช้ฟิออาร์จีแบรีเออร์โคต (27) ซึ่งข้อจำกัดของสารที่ใช้เองที่บ้าน คือระยะเวลาการใช้ที่ค่อนข้างนานกว่าจะเห็นผล (28)

การศึกษาของ Ravishankar และคณะ ในปี 2018 ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการลดอาการเสียวฟันในกลุ่มทดลอง 20 คน พบว่าฟิออาร์จีแบรีเออร์โคต

สามารถลดอาการเสียวฟันได้ โดยวัดค่าจากมาตราวัดความปวดด้วยสายตา (visual analog scale, VAS) ลดลงจาก 2.3 เหลือ 0 ภายหลังจากใช้ทันทีทั้งการกระตุ้นโดยการสัมผัส (tactile stimulation) และการกระตุ้นด้วยการเป่าลม (air blow stimulation) และเพิ่มเป็น 1.5 และ 1.7 ตามลำดับ ใน 1 เดือน จึงควรมีการศึกษาถึงเรื่องของการป้องกันและความทนต่อการสึก (wear resistance) ในระยะยาวเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต (29)

1.4 วัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

หลุมร่องฟันเป็นตำแหน่งที่เศษอาหารมักจะสะสมได้ง่ายและทำความสะอาดได้ยากจึงเกิดคราบจุลินทรีย์สะสมค้างอยู่ ซึ่งเป็นตำแหน่งเสี่ยงสูงที่ก่อให้เกิดโรคฟันผุ ดังนั้นการใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันหรือซีลแลนท์เพื่อปิดหลุมร่องฟันที่ลึกช่วยให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้นเป็นการป้องกันโรคฟันผุและเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายจึงเป็นที่นิยมใช้ (30) วัสดุที่ใช้ส่วนมากเป็นเรซิน เนื่องจากให้แรงยึดติดที่ดีแต่ต้องอาศัยวิธีการควบคุมความชื้นที่ดี หรือการใช้วัสดุจำพวกกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass-ionomer cement) ที่มีสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ ส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุสู่ผิวฟันได้แต่แรงยึดติดจะน้อยกว่าวัสดุที่เป็นเรซิน (31)

ในปี 2018 Ntaoutidou และคณะ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีวัสดุยึดเกาะชนิดเอสฟิออาร์จีเป็นส่วนประกอบ โดยผลิตภัณฑ์ คือบิวติซีลแลนท์ (Beautisealant, Shofu, Kyoto, Japan) กับซีลแลนท์ปกติ คือซีลอิท (Seal it, Spident CO Ltd, Korea) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นฟันกราม 218 ซี่ในเด็กอายุ 8 ถึง 12 ปี จำนวน 81 คน ทำการติดตามการศึกษา 18 เดือน พบว่าบิวติซีลแลนท์มีการหลุดของวัสดุมากกว่าซีลอิทเนื่องจากบิวติซีลแลนท์เป็นสารเคลือบหลุม ร่องฟันชนิดเซลฟ์เอตซ์แบบขั้นตอนเดียว (one step self-etch sealant) ทำให้มีแรงยึดติดของตัววัสดุกับเคลือบฟันที่ต่ำกว่าซีลอิทที่ใช้กรดฟอสฟอริกในการเตรียมผิวเคลือบฟันก่อนทำการเคลือบหลุมร่องฟัน (6)

1.5 วัสดุบูรณะฟัน

ปัจจุบันเรซินคอมโพสิตมีความนิยมใช้มากในการบูรณะโพรงฟัน ข้อดี คือมีความสวยงาม แต่ก็ยังมีรายงานว่าเกิดฟันผุซ้ำ (secondary caries) อยู่มาก จึงมีการพัฒนาสมบัติของเรซินคอมโพสิตให้มีความสามารถในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียโดยใช้เอสฟิวอาร์จีฟิลเลอร์ (32)

มีการศึกษาของ Miki และคณะ ในปี 2016 ถึงความสามารถของไอออนที่ปล่อยออกมาจากเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีในอัตราส่วนที่ต่างกันต่อผลการต้านเชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) ผลการศึกษา พบว่าผลในการต้านเชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์ของอะลูมิเนียมไอออนและซิลิเกตจะมีผลเฉพาะในเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีร้อยละ 100 โดยต่างจากผลของบอเรตและฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจากการมีฟิลเลอร์เพียง 1 ใน 4 ก็สามารถยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์ได้แล้ว แสดงให้เห็นว่าไอออนสำคัญที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์ที่ผิวของเรซินคอมโพสิตขณะเซตตัวแล้ว คือบอเรตและฟลูออไรด์ (32)

มีการศึกษาของ Kurokawa และคณะ ในปี 2015 ในการติดตามผลของการใช้เรซินคอมโพสิตที่มีส่วนผสมของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จี ชื่อผลิตภัณฑ์ บิวตีฟิลทู (Beautiful II, Shofu, Kyoto, Japan) โดยการใช้สารยึดติดในระบบเซลฟ์เอตซ์แบบชั้นตอนเดียวในการบูรณะฟันในฟันหลังแบบที่หนึ่งและสอง (class I, II) จำนวน 31 ซี่ เป็นเวลา 3 ปี ซึ่งได้ผลว่าหลังจากที่ทำการบูรณะไปแล้วภายหลังไม่พบฟันที่เกิดอาการเสียวฟันภายหลังการทำหัตถการ (post-operative sensitivity) และฟันผุซ้ำ โดยถึงแม้จะมีตัวอย่างจำนวน 13 ซี่ที่เกิดความไม่เหมาะสมภายหลัง 3 ปี แต่ก็ไม่พบฟันผุซ้ำเป็นผลจากความสามารถในการปล่อยไอออนของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีที่มีความสามารถในการต่อต้านฟันผุได้ (8)

2. ทันตรกรรมรักษาคลองรากฟัน

2.1 วัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน

การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง คือการรักษาเนื้อเยื่อในแบบคงความมีชีวิตเป็นหัตถการที่ทำให้ในกรณีที่เกิดการเปิดเผยของเนื้อเยื่อในจากการกำจัดฟันผุ (33) ซึ่งมีเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกตหรือเอ็มทีเอ (mineral trioxide aggregate, MTA) เป็นวัสดุที่ให้ผลดีในการกระตุ้นการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ (tertiary dentine) มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) มีความเหมาะสม และให้ผลในการรักษาที่ดี (34) แต่ก็มีข้อจำกัดคือราคาสูง ระยะเวลาก่อตัวนาน และทำให้ฟันเปลี่ยนสี (35) จึงมีการเริ่มใช้สารยึดติด โดยมีแนวคิดที่จะทำให้เกิดชั้นไฮบริด (hybrid layer) เพื่อความเหมาะสม มีการศึกษาถึงการนำสารยึดติดสามารถสร้างชั้นไฮบริดได้สมบูรณ์ แต่ใช้ระยะเวลาเวลานานกว่าเคลือบไฮดรอกไซด์ (36) จึงมีการศึกษานำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีมาใช้ร่วมกับสารยึดติดใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน

ในปี 2016 มีการศึกษาของ Kawashima และคณะ โดยนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีผสมกับสารยึดติดแบบเซลฟ์เอตซ์ในอัตราส่วนต่างกัน ร้อยละ 13 ร้อยละ 27 และร้อยละ 40 โดยมวล เพื่อประเมินการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในฟันหนู ซึ่งผลที่ได้ คือ สารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีร้อยละ 13 โดยมวลสามารถกระตุ้นการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิที่สมบูรณ์ได้ไม่ต่างจากเอ็มทีเอในเวลา 28 วัน เนื่องจากวัสดุอุดแทรกชนิดเอสฟิวอาร์จีมีปริมาณซิลิเกตปล่อยออกมามากที่สุด ซึ่งเป็นไอออนสำคัญในการสะสมแร่ธาตุของเมทริกซ์ และไม่มีความเป็นพิษอีกด้วย (11)

การศึกษาของ Takahashi และคณะ ในปี 2019 ได้ศึกษาถึงความสามารถในการปล่อยไอออน สมบัติทางกายภาพ และการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในฟันหนูในรูปแบบเอสฟิวอาร์จีซีเมนต์ที่มีค่าความเป็นกรด-ต่างเท่ากับ 1, 3.96 และ 4.37 โดยผลที่ได้ คือซีเมนต์ที่มี

ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1 ได้ผลการสร้างเนื้อฟัน ดติยภูมิลักษณะสมบูรณ์ไม่ต่างจากเอ็มทีเอใน 4 สัปดาห์ โดยซีเมนต์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1 นี้ ปล่อย สตรอนเซียมโออออนในปริมาณที่พอดีรวมถึงบอเรต โออออนและซิลิเกตที่มากเพียงพอต่อการกระตุ้นการ สร้างเนื้อฟันดติยภูมิ มีเสถียรภาพเชิงมิติ (dimensional stability) และยังมีค่าความทนแรงอัด (compressive strength) ที่ดีอีกด้วย จึงทำให้เอสพีอาร์ซีซีซีเมนต์สามารถ สร้างเนื้อฟันดติยภูมิได้ และมีแนวโน้มว่าจะสามารถนำไปใช้ในคลินิกได้ (37)

2.2 ซีเมนต์อุดคลองรากฟัน

ซีเมนต์อุดคลองรากฟันหรือซีลเลอร์ เป็น วัสดุที่ใช้ร่วมกับวัสดุอุดคลองรากฟันเพื่อเข้าไปเติมเต็ม ช่องว่างระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน เพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างที่ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ โดยสมบัติที่ควรมีในซีลเลอร์ คือความเข้ากันได้ทางชีวภาพ มีเสถียรภาพเชิงมิติ และสามารถต่อต้านเชื้อ จุลชีพได้ จึงมีการนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์ซีมาใช้ เป็นส่วนผสมในซีเมนต์ต้นแบบของการอุดคลองรากฟัน โดยยังอยู่ในช่วงทดลอง

มีการศึกษาของ Han และคณะ ในปี 2011 ถึง ความสามารถในการปล่อยและการแทรกซึมของโออออน จากซีลเลอร์ต้นแบบนี้เข้าไปในผนังคลองรากฟัน ผลที่ได้ คือซีลเลอร์ต้นแบบสามารถปล่อยโออออนและแทรกซึม อยู่ในเนื้อฟันส่วนนอกได้ โดยมีปริมาณฟลูออไรด์ สตรอนเซียมโออออน บอเรต และซิลิเกตมากที่สุด เมื่อ เวลาผ่านไป 90 วัน (12)

การศึกษาของ Miyaji และคณะ ในปี 2020 ได้ศึกษาสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพของซีลเลอร์ ต้นแบบเทียบกับซิลิกาซีลเลอร์ (silica sealer) และ ความสามารถในการต่อต้านเชื้อเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิสหรืออีพีคาลิส (*Enterococcus faecalis*, *E. faecalis*) ซึ่งได้ผลว่าซีลเลอร์ต้นแบบมีความสามารถ ในการต่อต้านเชื้ออีพีคาลิสได้ และดูผลการเกิดการ อักเสบโดยฉีดซีลเลอร์ทั้ง 2 ชนิดไปที่ใต้ผิวหนังหนู คือ ซีลเลอร์ต้นแบบมีค่าการอักเสบอยู่ที่ 1 ซึ่งน้อยกว่า

ซิลิกาซีลเลอร์ที่มีค่า 1.5 นอกจากนี้ซีลเลอร์ต้นแบบ ยังมีผลด้านการอักเสบดีกว่าซิลิกาซีลเลอร์ โดยดูจาก ปริมาณเม็ดเลือดขาวที่มีซีดี 68 (CD 68 positive cell) และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase positive granulocyte) น้อยกว่าซิลิกาซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (38)

ในปี 2020 Kawashima และคณะ ได้ศึกษา ผลของซีลเลอร์ต้นแบบต่อกลไกในการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงเพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะ (differentiation) ของ ออสติโอบลาสต์ (osteoblast) ในหนู โดยการดูผลการ กระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของออสติโอบลาสต์นั้นจะวัด จากการทำงานของเอนไซม์แอลคาไลน์ฟอสฟาเทส (alkaline phosphatase) และเซียโลโปรตีนของกระดูก (bone sialoprotein) ซึ่งสามารถอธิบายกลไกจากผลของ โออออนที่ปล่อยออกมาจากวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์ซี คือสตรอนเซียมโออออนที่จับกับตัวรับแคลเซียมเซนซิงก์ (calcium-sensing receptor, CaSR) ซึ่งเป็นตัวรับ เฉพาะที่ผิวเซลล์ของออสติโอบลาสต์ ทำให้เกิดการ กระตุ้นการส่งสัญญาณภายในเซลล์ จึงทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะของออสติโอบลาสต์ได้ ซึ่งสมบัติที่ยังต้องศึกษาเพิ่มเติมของซีลเลอร์ต้นแบบนี้ คือความแนบสนิท (sealing ability) สมบัติเชิงกล (physical properties) และเสถียรภาพเชิงมิติที่ทนนำไปใช้งานจริงในทางคลินิก (39)

2.3 ยาสำหรับใส่ในคลองรากฟัน

ยาสำหรับใส่ในคลองรากฟันใช้เพื่อกำจัด เชื้อแบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟันและ ช่วยในการหายของรอยโรคบริเวณรอบปลายรากฟัน แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารที่นิยมใช้ เนื่องจากความ สามารถในการต่อต้านแบคทีเรียและกระตุ้นการหาย ของรอยโรคปลายรากฟัน แต่ก็มีข้อจำกัด คือแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ไม่สามารถกำจัดเชื้ออีพีคาลิสได้ (40) และ ทำให้โครงสร้างของคลองรากฟันอ่อนแอลง จึงมี การนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์ซีมาใช้ เนื่องจากมี สมบัติในการต่อต้านแบคทีเรียและกระตุ้นการหายของ รอยโรคปลายรากฟันได้ โดยยังอยู่ในช่วงทดลอง (38,39)

การศึกษาของ Xiong และคณะ ในปี 2020 ถึงผลของการใช้ยาสำหรับใส่ในคลองรากฟันต้นแบบนี้ในการรักษาพยาธิสภาพรอบรากฟันเปรียบเทียบกับการใช้กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยศึกษาในฟันหนู จำนวน 60 ซี่ ผลที่ได้คือ ลักษณะการหายทางจุลกายวิภาคของพยาธิสภาพรอบรากฟันของการใช้ยาต้นแบบได้ผลไม่ต่างจากการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นผลจากบอเรตและสตรอนเซียมโอออนที่มีผลลดการสร้างสารตั้งต้นในการอักเสบ (pro-inflammatory cytokines) ช่วยในการเกิดการสร้างหลอดเลือดใหม่ (angiogenesis) และช่วยในการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะของไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) และออสติโอคลาสต์ (39, 41,42) นอกจากนี้วัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จียังมีสมบัติในการต้านการอักเสบ โดยลดการทำงานของแมโครเฟจ (macrophage) และออสติโอคลาสต์ (osteoclast) (38,43) และยังสามารถปล่อยโอออนเข้าไปในผนังคลองรากฟันเพื่อเสริมความแข็งแรงได้อีกด้วย (12) การศึกษาต่อไปจึงควรศึกษาความแข็งแรงของผนังคลองรากฟันในระยะยาวเทียบกับการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (13)

3. ทันตรกรรมประดิษฐ์

3.1 วัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อ

วัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อนำมาใช้หรือฉาบด้านสัมผัสเนื้อเยื่อของฐานฟันเทียม เพื่อการปรับปรุงสภาพเนื้อเยื่อในช่องปากที่บาดเจ็บให้กลับคืนสู่สภาพปกติ (44) ด้วยลักษณะของวัสดุที่มีรูพรุนมาก ทำให้มีแบคทีเรียและเชื้อราเข้าไปสะสมได้ง่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคปากอักเสบเหตุฟันเทียมได้ (denture stomatitis) (45,46) ดังนั้นการทำความสะอาดฟันเทียมจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยการใช้แปรงสีฟันทำความสะอาดและการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์ แต่วิธีเหล่านี้จะทำให้วัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อถูกทำลายหรือเสื่อมสภาพได้ (47,48) ดังนั้น ในปี 2018 Takakusaki และคณะ จึงได้ศึกษาผลของการใช้วัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อที่ผสมวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จี เพื่อหวังผลในการยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อราแคนดิดาอัลบิแคนส์หรือซีอัลบิแคนส์

(*Candida albicans, C. albicans*) พบว่าเมื่อผสมวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และร้อยละ 20 โดยมวล สามารถลดการยึดเกาะของซีอัลบิแคนส์ที่พื้นผิวของวัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อได้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษานี้ คือที่อัตราส่วนร้อยละ 10 เนื่องจากอัตราส่วนร้อยละ 20 จะทำให้เกิดความขรุขระที่พื้นผิวของวัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการยึดเกาะของซีอัลบิแคนส์มีมากขึ้น การศึกษาในอนาคตจึงควรมีการศึกษาในระยะยาวและดูผลในการรักษาโรคปากอักเสบเหตุฟันเทียมในคลินิก (9)

3.2 ฐานฟันเทียมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

การเกิดปากอักเสบเหตุฟันเทียมมีสาเหตุเกิดจากฟันเทียมที่หลวมและการดูแลความสะอาดของฟันเทียมไม่ดี จึงทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราซีอัลบิแคนส์ (49) โดยมีหลายวิธีที่ใช้ในการลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา เช่น การใช้ยาต้านเชื้อราเฉพาะที่ในช่องปากหรือทางระบบ แต่ก็ยังไม่มียาที่แน่ชัด (50) โดยวิธีที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นวิธีการใช้สารฆ่าเชื้อ (51) โดยมีรายงานพบว่าฟลูออไรด์และบอเรตมีฤทธิ์ต้านเชื้อราซีอัลบิแคนส์ได้ (52,53) นอกจากนี้การใช้ฟันเทียมชนิดอะคริลิกเรซินจะทำให้ฟันหลักยึดมีความเสี่ยงในการเกิดฟันผุได้ง่ายมากยิ่งขึ้น (54) จึงมีการศึกษาในการนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีมาใช้ในฐานฟันเทียมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

โดยการศึกษาของ Tsutsumi และคณะ ในปี 2016 ได้ศึกษาผลของการนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีมาใช้ในฐานฟันเทียมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนในการต้านการเจริญเติบโตของซีอัลบิแคนส์ในสภาพเพาะเชื้อ โดยใช้อัตราส่วนของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จี ร้อยละ 0 ร้อยละ 5 ร้อยละ 10 และร้อยละ 20 โดยมวล พบว่าการมีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีส่งผลให้การเจริญเติบโตของซีอัลบิแคนส์ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลจากบอเรตและฟลูออไรด์ แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีด้วยตัวเองแม้ว่าปริมาณโอออนที่ปล่อย

ออกจากวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีจะมีอัตราส่วนที่มากขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดความไม่เรียบของพื้นผิวฟันเทียมมากขึ้นเช่นกันโดยพื้นผิวที่ไม่เรียบนี้จะทำให้ซีลบีแคนส์ยึดเกาะได้ง่ายขึ้น (55)

การศึกษาของ Kiatsiroat และคณะ ในปี 2019 เรื่องความสามารถในการเก็บกักฟลูออไรด์ของฐานฟันเทียมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนที่มีส่วนประกอบของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีร้อยละ 20 โดยมวล ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของฟันเทียมตามไอเอสโอ 1567 (ISO 1567) (56) โดยติดตามผู้ป่วย 48 คน เทียบกับกลุ่มฐานฟันเทียมอะคริลิกเรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จี เป็นเวลา 1.5 ปี โดยแช่ในสารละลายฟลูออไรด์ 5,000 ส่วนในล้านส่วน ทุกวันตั้งแต่วันที่ 15 เป็นต้นไป ผลที่ได้คือในกลุ่มที่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีมีปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำลายมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (57)

3.3 เรซินซีเมนต์สำหรับยึดงานบูรณะทางอ้อม
เรซินซีเมนต์เป็นซีเมนต์ทางทันตกรรมที่ใช้ยึดชิ้นงานบูรณะทางอ้อมกับฟันหลัก ซึ่งบิวติเซ็ม (Beauticem, Shofu, Kyoto, Japan) เป็นผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ที่ผสมวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จี บิวติเซ็มเป็นเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์แอคทีฟที่ไม่ต้องการการปรับสภาพผิวของฟันหลักโดยสารยึดติด จึงมีค่าแรงยึดติดกับฟันหลักต่ำกว่าเรซินซีเมนต์ระบบอื่น ๆ โดยการศึกษาของ Sismanoglu และคณะ ในปี 2020 พบว่าบิวติเซ็มมีความเป็นพิษต่อเซลล์มากกว่าเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องจากบิวติเซ็ม มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้ซึ่งฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงที่ปล่อยออกมาจะสามารถเกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ได้ (58)

4. ทันตกรรมจัดฟัน

ปัญหาที่พบได้บ่อยในการจัดฟัน คือการเกิดฟันผุที่บริเวณรอบหรือใต้เครื่องมือจัดฟันแบบติดแน่น (bracket) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ทำความสะอาดได้ยาก และมีการปรับสภาพเคลือบฟันจากการใช้กรดเพื่อเตรียมผิวเคลือบฟันในการใช้สารยึดติด (59) Tomiyama

และคณะ ในปี 2008 ได้ศึกษาเปรียบเทียบการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุระหว่างสารยึดติดชนิดใหม่ที่มีส่วนประกอบของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีผลิตภัณฑ์ บิวติออโธบอนด์หรือบีโอบี (BeautyOrtho Bond, BOB, Shofu, Kyoto, Japan) กับสารยึดติดชนิดอื่น ๆ ที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จี พบว่าบีโอบีสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุได้มากกว่าสารยึดติดที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จี เนื่องจากบีโอบีเป็นสารยึดติดที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ จึงมีความสามารถในการต่อต้านสภาพความเป็นกรด และส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟันได้ (7)

5. การผสมในยาสีฟัน

ปัจจุบันสมาคมทันตแพทย์อเมริกา (American Dental Association, ADA) มีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการป้องกันฟันผุมากกว่าการใช้ฟลูออไรด์เพียงอย่างเดียว (60) โดยมีการศึกษามากมายเกี่ยวกับการใช้วัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีถึงความสามารถในการป้องกันและยับยั้งฟันผุ โดยมีรายงานว่า การใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในคนที่มีความเสี่ยงต่อฟันผุสูง (61) Amaechi และคณะ ในปี 2018 จึงศึกษาผลของปริมาณวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีที่เหมาะสมต่อการป้องกันการละลายแร่ธาตุของเคลือบฟันเป็นเวลา 14 วัน เทียบกับการใช้ 1,100 ส่วนในล้านส่วนของโซเดียมฟลูออไรด์ พบว่าร้อยละ 5 โดยมวลของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างจากอัตราส่วนร้อยละ 20 และร้อยละ 30 โดยมวล (10)

บทสรุป (Conclusion)

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพาร์จีสามารถนำไปรวมกับวัสดุทางทันตกรรมอื่น ๆ เพื่อให้มีสมบัติเป็นไบโอแอคทีฟ ในปัจจุบันได้มีผลิตภัณฑ์ในกลุ่มดังกล่าวที่นำมาใช้ในทางคลินิกแล้ว เช่น งานทันตกรรมบูรณะ ทันตกรรมจัดฟัน และทันตกรรมสำหรับเด็ก โดยข้อดี คือส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุลดการสูญเสียแร่ธาตุ มีความสามารถในการลดสภาพ

ความเป็นกรด และต่อต้านแบคทีเรีย อีกทั้งนิยมใช้กับสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอตซ์แบบชั้นตอนเดียวจึงทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายและประหยัดเวลาในคลินิก แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของความแข็งแรงในการยึดติด การทนต่อการสึก และผลของการบดกันในระยะยาว จึงควรมีการศึกษาในระยะยาวต่อไป นอกจากนี้วัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์จียังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานทันตกรรมรักษารากฟันและทันตกรรมประดิษฐ์ แต่ยังคงอยู่ในขั้นตอนของการศึกษาทดลองเพื่อนำมาใช้ในทางคลินิกต่อไป โดยแนวทางการพัฒนาของไอโอเมอร์เทคโนโลยีในอนาคต อาจมีทิศทางที่ปรับปรุงสมบัติของวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีให้มีความแข็งแรง สวยงามมากขึ้น สามารถเก็บและปล่อยฟลูออไรด์ได้นานขึ้นและสามารถนำวัสดุอุดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีมาใช้ในงานบูรณะทางอ้อมได้

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Najma Hajira NSW, Meena N. GIOMER-The intelligent particle (new generation glass ionomer cement). *Int J Dent Oral Health*. 2015; 2.(4):1-5. doi <http://dx.doi.org/10.16966/2378-7090>. 166.
2. Hosoya Y, Ando S, Otani H, Yukinari T, Miyazaki M, Garcia-Godoy F. Ability of barrier coat S-PRG coating to arrest artificial enamel lesions in primary teeth. *Am J Dent*. 2013;26(5): 286-90.
3. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod*. 1982;81(2):93-8.
4. Ma S, Imazato S, Chen JH, Mayanagi G, Takahashi N, Ishimoto T, et al. Effects of a coating resin containing S-PRG filler to prevent demineralization of root surfaces. *Dent Mater J*. 2012;31(6):909-15.
5. Wakamatsu N, Ogika M, Okano T, Murabayashi C, Kondo T, Inuma M. Effect of tooth surface coating material containing S-PRG filler on white spot lesions of young permanent teeth. *Pediatr Dent J*. 2018;28(1):40-5.
6. Ntaoutidou S, Arhakis A, Tolidis K, Kotsanos N. Clinical evaluation of a surface pre-reacted glass (S-PRG) filler-containing dental sealant placed with a self-etching primer/adhesive. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2018;19(6):431-7.
7. Tomiyama K, Mukai Y, Teranaka T. Acid resistance induced by a new orthodontic bonding system in vitro. *Dent Mater J*. 2008;27(4):590-7.
8. Kurokawa H, Takamizawa T, Rikuta A, Tsubota K, Miyazaki M. Three-year clinical evaluation of posterior composite restorations placed with a single-step self-etch adhesive. *J Oral Sci*. 2015;57(2):101-8.
9. Takakusaki K, Fueki K, Tsutsumi C, Tsutsumi Y, Iwasaki N, Hanawa T, et al. Effect of incorporation of surface pre-reacted glass ionomer filler in tissue conditioner on the inhibition of *Candida albicans* adhesion. *Dent Mater J*. 2018; 37(3):453-9.
10. Amaechi BT, Kasundra H, Joshi D, Abdollahi A, Azees PAA, Okoye LO. Effectiveness of S-PRG filler-containing toothpaste in inhibiting demineralization of human tooth surface. *Open Dent J*. 2018;12:811-9. doi:10.2174/1874210601812010811.
11. Kawashima S, Shinkai K, Suzuki M. Effect of an experimental adhesive resin containing multi-ion releasing fillers on direct pulp-capping. *Dent Mater J*. 2016;35(3):479-89.

12. Han L, Okiji T. Evaluation of the ions release/incorporation of the prototype S-PRG filler-containing endodontic sealer. *Dent Mater J.* 2011;30(6):898-903.
13. Xiong B, Shirai K, Matsumoto K, Abiko Y, Furuichi Y. The potential of S-PRG root canal dressing for treating apical periodontitis in rats. *Int Endod J.* 2020;54. doi: 10.1111/iej.13414.
14. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: A review and a proposal for classification. *Materials (Basel).* 2020;13(10):2313. doi: 10.3390/ma13102313.
15. Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dent Mater J.* 2010;29(4):392-7.
16. Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-approach and ultra-morphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater J.* 2008;27(3):315-39.
17. Burtea LC, Prejmerean C, Prodan D, Baldea I, Vlassa M, Filip M, et al. New pre-reacted glass containing dental composites (giomers) with improved fluoride release and biocompatibility. *Materials (Basel).* 2019;12(23):4021. doi: 10.3390/ma12234021.
18. Shimazu K, Ogata K, Karibe H. Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dent Mater J.* 2011;30(6):923-7.
19. Ito S, Iijima M, Hashimoto M, Tsukamoto N, Mizoguchi I, Saito T. Effects of surface pre-reacted glass-ionomer fillers on mineral induction by phosphoprotein. *J Dent.* 2011;39(1):72-9.
20. Nomura R, Morita Y, Matayoshi S, Nakano K. Inhibitory effect of surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) eluate against adhesion and colonization by *Streptococcus mutans*. *Sci Rep.* 2018;8(1):5056. doi:10.1038/s41598-018-23354-x.
21. Saku S, Kotake H, Scougall-Vilchis RJ, Ohashi S, Hotta M, Horiuchi S, et al. Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dent Mater J.* 2010;29(2):193-8.
22. Alsayed EZ, Hariri I, Nakashima S, Shimada Y, Bakhsh TA, Tagami J, et al. Effects of coating materials on nanoindentation hardness of enamel and adjacent areas. *Dent Mater.* 2016; 32(6):807-16.
23. Klaisiri A, Rattanaburi J, Thamrongananskul N, Sriamporn T, Krajangta N. Management of initial carious lesion by resin infiltration technique. *SWU Dent J.* 2020;13(2):65-76.
24. Imazato S, Ikebe K, Nokubi T, Ebisu S, Walls AW. Prevalence of root caries in a selected population of older adults in Japan. *J Oral Rehabil.* 2006;33(2):137-43.
25. Ogaard B, Rolla G, Arends J. *In vivo* progress of enamel and root surface lesions under plaque as a function of time. *Caries Res.* 1988;22(5):302-5.
26. Donovan T. Critical appraisal: Protocol for the prevention and management of root caries. *J Esthet Restor Dent.* 2008;20(6):405-11.
27. Davari A, Ataei E, Assarzadeh H. Dentin hypersensitivity: etiology, diagnosis and treatment; a literature review. *J Dent (Shiraz).* 2013;14(3):136-45.
28. Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137(7):990-8; quiz 1028-9.

29. Ravishankar P, Viswanath V, Archana D, Keerthi V, Dhanapal S, Lavanya Priya KP. The effect of three desensitizing agents on dentin hypersensitivity: A randomized, split-mouth clinical trial. *Indian J Dent Res.* 2018;29(1):51-5.
30. Ahovuo-Saloranta A, Forss H, Walsh T, Nordblad A, Makela M, Worthington HV. Pit and fissure sealants for preventing dental decay in permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;7(7):CD001830. doi: 10.1002/14651858.CD001830.
31. Mejare I, Mjor IA. Glass ionomer and resin-based fissure sealants: a clinical study. *Scand J Dent Res.* 1990;98(4):345-50.
32. Miki S, Kitagawa H, Kitagawa R, Kiba W, Hayashi M, Imazato S. Antibacterial activity of resin composites containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler. *Dent Mater.* 2016; 32(9):1095-102.
33. Schroder U. Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. *J Dent Res.* 1985;64(Spec No):541-8.
34. Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR. The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Int Endod J.* 2005;38(11):834-42.
35. Marciano MA, Duarte MA, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig.* 2015;19(9):2201-9.
36. Taira Y, Shinkai K, Suzuki M, Kato C, Kato Y. Direct pulp capping effect with experimentally developed adhesive resin systems containing reparative dentin-promoting agents on rat pulp: mixed amounts of additives and their effect on wound healing. *Odontology.* 2011;99(2): 135-47.
37. Takahashi Y, Okamoto M, Komichi S, Imazato S, Nakatsuka T, Sakamoto S, et al. Application of a direct pulp capping cement containing S-PRG filler. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(4):1723-31.
38. Miyaji H, Mayumi K, Miyata S, Nishida E, Shitomi K, Hamamoto A, et al. Comparative biological assessments of endodontic root canal sealer containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler or silica filler. *Dent Mater J.* 2020;39(2):287-94.
39. Kawashima N, Hashimoto K, Kuramoto M, Bakhit A, Wakabayashi Y, Okiji T. A novel bioactive endodontic sealer containing surface-reaction-type prereacted glass-ionomer filler induces osteoblast differentiation. *Materials (Basel).* 2020;13(20):4477. doi: 10.3390/ma13204477.
40. Farhad A, Mohammadi Z. Calcium hydroxide: a review. *Int Dent J.* 2005;55(5):293-301.
41. Nzietchueng RM, Dousset B, Franck P, Benderdour M, Nabet P, Hess K. Mechanisms implicated in the effects of boron on wound healing. *J Trace Elem Med Biol.* 2002;16(4):239-44.
42. Qin H, Yang Z, Li L, Yang X, Liu J, Chen X, et al. A promising scaffold with excellent cytocompatibility and pro-angiogenesis action for dental tissue engineering: Strontium-doped calcium polyphosphate. *Dent Mater J.* 2016; 35(2):241-9.
43. Metzger Z. Macrophages in periapical lesions. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16(1):1-8.
44. Murata H, Hamada T, Djulaeha E, Nikawa H. Rheology of tissue conditioners. *J Prosthet Dent.* 1998;79(2):188-99.

45. Verran J, Maryan CJ. Retention of *Candida albicans* on acrylic resin and silicone of different surface topography. *J Prosthet Dent.* 1997;77(5):535-9.
46. Bilhan H, Sulun T, Erkose G, Kurt H, Erturan Z, Kutay O, et al. The role of *Candida albicans* hyphae and Lactobacillus in denture-related stomatitis. *Clin Oral Investig.* 2009;13(4):363-8.
47. Machado AL, Giampaolo ET, Vergani CE, Pavarina AC, Salles Dda S, Jorge JH. Weight loss and changes in surface roughness of denture base and relined materials after simulated tooth-brushing in vitro. *Gerodontology.* 2012;29(2):e121-7.
48. Buergers R, Rosentritt M, Schneider-Brachert W, Behr M, Handel G, Hahnel S. Efficacy of denture disinfection methods in controlling *Candida albicans* colonization *in vitro*. *Acta Odontol Scand.* 2008;66(3):174-80.
49. Ercalik-Yalcinkaya S, Ozcan M. Association between oral mucosal lesions and hygiene habits in a population of removable prosthesis wearers. *J Prosthodont.* 2015;24(4):271-8.
50. Chandra J, Mukherjee PK, Leidich SD, Faddoul FF, Hoyer LL, Douglas LJ, et al. Antifungal resistance of candidal biofilms formed on denture acrylic *in vitro*. *J Dent Res.* 2001;80(3):903-8.
51. Salerno C, Pascale M, Contaldo M, Esposito V, Busciolano M, Milillo L, et al. Candida-associated denture stomatitis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011;16(2):e139-43.
52. De Seta F, Schmidt M, Vu B, Essmann M, Larsen B. Antifungal mechanisms supporting boric acid therapy of *Candida vaginitis*. *J Antimicrob Chemother.* 2009;63(2):325-36.
53. Meurman JH, Kari K, Waltimo T, Kotiranta A, Inkeri J, Samaranayake LP. *In vitro* antifungal effect of amine fluoride-stannous fluoride combination on oral *Candida* species. *Oral Dis.* 2006;12(1):45-50.
54. Featherstone JD, Singh S, Curtis DA. Caries risk assessment and management for the prosthodontic patient. *J Prosthodont.* 2011;20(1):2-9.
55. Tsutsumi C, Takakuda K, Wakabayashi N. Reduction of *Candida* biofilm adhesion by incorporation of prereacted glass ionomer filler in denture base resin. *J Dent.* 2016;44:37-43.
56. Kamijo K, Mukai Y, Tominaga T, Iwaya I, Fujino F, Hirata Y, et al. Fluoride release and recharge characteristics of denture base resins containing surface pre-reacted glass-ionomer filler. *Dent Mater J.* 2009;28(2):227-33.
57. Kiatsirirote K, Sitthisetapong T, Phantumvanit P, Chan DCN. Fluoride-releasing effect of a modified resin denture containing S-PRG fillers on salivary fluoride retention: A randomized clinical study. *Caries Res.* 2019;53(2):137-44.
58. Sismanoglu S, Demirci M, Schweikl H, Ozen-Eroglu G, Cetin-Aktas E, Kuruca S, et al. Cytotoxic effects of different self-adhesive resin cements: Cell viability and induction of apoptosis. *J Adv Prosthodont.* 2020;12(2):89-99.
59. Kinch AP, Taylor H, Warltier R, Oliver RG, Newcombe RG. A clinical trial comparing the failure rates of directly bonded brackets using etch times of 15 or 60 seconds. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(6):476-83.
60. Rethman MP, Beltran-Aguilar ED, Billings RJ, Hujoel PP, Katz BP, Milgrom P, et al. Nonfluoride caries-preventive agents: executive summary of evidence-based clinical recommendations. *J Am Dent Assoc.* 2011;142(9):1065-71.

61. Clarkson JE, Ellwood RP, Chandler RE.
A comprehensive summary of fluoride dentifrice
caries clinical trials. Am J Dent. 1993;6(Spec
No):S59-106.

ติดต่อบทความ:

รศ.ทพ.อวิรุทธ์ คล้ายศิริ

สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 02 986 9051

อีเมล: Dentton@staff.tu.ac.th

Corresponding author:

Assoc.Prof.Dr. Awiruth Klaisiri

Division of Restorative Dentistry, Faculty of

Dentistry, Thammasat University

99 M.18 Klongluang, Pathumthani, 12120,

Thailand.

Tel: (662) 986 9051

E-mail: Dentton@staff.tu.ac.th

Received Date: Jul 20, 2021

Revised Date: Aug 27, 2021

Accepted Date: Nov 25, 2021