

THE EFFECT OF HYDROXYAPATITE TOOTHPASTE ON THE LESION DEPTH OF ARTIFICIAL INITIAL INTERPROXIMAL CARIES ADJACENT TO DIFFERENT RESTORATIVE MATERIALS

Awanrut MUANGTHONG¹, Dusit NANTANAPIBOON², Puliwan GORWONG³ and Wannakorn SRIARJ^{4*}

1 Program in Pediatric dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand

2 Department of Operative dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand

3 Dental Materials Research and Development Center, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand

4 Department of Pediatric dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand;
wannakorn.s@chula.ac.th (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 3 February 2025

Revised: 24 February 2025

Published: 4 March 2025

ABSTRACT

The objective was to compare the effects of toothpaste containing hydroxyapatite on the lesion depth of artificial initial interproximal caries adjacent to resin composite and glass ionomer cement. Specimens were prepared from the human upper premolars and embedded in acrylic bases. Artificial caries lesions were created within a window size of 1x1 mm. The specimens were randomly assigned to 4 groups according to restorative materials and toothpaste (n=10/group): group I resin composite + fluoride toothpaste, group II resin composite + fluoride and hydroxyapatite toothpaste, group III glass ionomer cement + fluoride toothpaste, and group IV glass ionomer cement+ fluoride and hydroxyapatite toothpaste. The specimens were subjected to a 14 days pH cycling at 37°C. The lesion depth was quantified using micro-CT and analyzed with the ImageJ software. A paired t-test was conducted to evaluate the differences in the lesion depth of artificial caries before and after pH cycling within each group. The differences in the percentage of lesion depth change between the groups were compared using the Welch's ANOVA followed by the Games-Howell post hoc test ($P < 0.05$). The findings revealed no statistically significant difference in the percentage change of lesion depth between fluoride toothpaste and fluoride toothpaste containing hydroxyapatite toothpaste ($p > 0.05$), when compared within the same restorative material group.

Keywords: Lesion Depth, Artificial Initial Caries, Hydroxyapatite, Toothpaste, Proximal Caries

CITATION INFORMATION: Muangthong, A., Nantanapiboon, D., Gorwong, P., & Sriarj, W. (2025). The Effect of Hydroxyapatite Toothpaste on the Lesion Depth of Artificial Initial Interproximal Caries Adjacent to Different Restorative Materials. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 18

ผลของยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อความลึกของรอยผุจำลองด้านประชิด ระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงที่ติดกับวัสดุบูรณะต่างชนิด

อวันรัตน์ เหมืองทอง¹, ดุสิต นันทนพิบูล², ปุฉิวรรณ กอวงษ์³ และ วรณกร ศรีอาจ^{4*}

- 1 ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 2 ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 3 ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 4 ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;
wanakorn.s@chula.ac.th (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของยาสีฟันที่มีส่วนผสมของไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อความลึกของรอยผุจำลองระยะเริ่มต้นของฟันด้านประชิดที่ติดกับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยเตรียมชิ้นงานจากชั้นเคลือบฟันกรามน้อยแท้บนของมนุษย์และฝังในฐานอะคริลิก สร้างรอยผุจำลองขนาดหน้าต่าง 1x1 มิลลิเมตร แบ่งกลุ่ม 4 กลุ่มตามวัสดุบูรณะและยาสีฟัน (n=10) โดยกลุ่ม 1 วัสดุเรซินคอมโพสิต และยาสีฟันฟลูออไรด์ กลุ่ม 2 วัสดุเรซินคอมโพสิต และยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ กลุ่ม 3 วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และยาสีฟันฟลูออไรด์ และกลุ่ม 4 วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ จากนั้นนำเข้ากระบวนการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่าง ระยะเวลา 14 วัน อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประเมินความลึกของรอยผุด้วยเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตรและโปรแกรมวิเคราะห์ภาพอิมเมจวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบเวลช์ และแบบทดสอบเกมส์ไฮเวลล์ ผลการศึกษาพบว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความลึกของรอยผุในยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ไม่แตกต่างจากยาสีฟันฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อบูรณะด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน

คำสำคัญ: ความลึกของรอยผุ, รอยโรคฟันผุจำลองระยะเริ่มต้น, ไฮดรอกซีอะพาไทต์, ยาสีฟัน, ฟันผุด้านประชิด

ข้อมูลอ้างอิง: อวันรัตน์ เหมืองทอง, ดุสิต นันทนพิบูล, ปุฉิวรรณ กอวงษ์ และ วรณกร ศรีอาจ. (2568). ผลของยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อความลึกของรอยผุจำลองด้านประชิดระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงที่ติดกับวัสดุบูรณะต่างชนิด. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 18

บทนำ

โรคฟันผุเป็นโรคเรื้อรังที่พบได้ทั่วโลก พบได้บ่อยและพบได้ในทุกช่วงอายุ จากผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ในปี 2566 พบว่า เด็กไทยอายุ 3 ปี มีความชุกในการเกิดโรคฟันผุ ร้อยละ 47 และมีอัตราการเกิดเพิ่มสูงขึ้นในเด็กอายุ 5 ปี พบว่า มีความชุก ร้อยละ 72.1 (สำนักงานทันตสาธารณสุข, 2560) แม้ว่าสภาวะโรคฟันผุในเด็กก่อนวัยเรียนจะมีแนวโน้มปราศจากโรคฟันผุเพิ่มขึ้น แต่ความชุกการเกิดโรคฟันผุในประเทศไทยยังคงอยู่ในระดับสูง การส่งเสริมและให้ทันตกรรมป้องกันเพื่อลดการเกิดโรคฟันผุระยะเริ่มต้นจึงยังคงเป็นสิ่งจำเป็น การแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์เป็นหนึ่งในวิธีการป้องกันฟันผุโดยการใช้กระบวนการทางกลกำจัดคราบจุลินทรีย์ ช่วยเพิ่มระดับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำลาย และช่วยให้ฟันสัมผัสกับฟลูออไรด์อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุ (Buzalaf, 2011) ในปัจจุบันเริ่มมีการนำสารคืนกลับแร่ธาตุอื่นๆ เช่น ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite) สังเคราะห์เข้ามาช่วยส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ โดยผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์จะสลายตัวให้แคลเซียมไอออนและฟอสเฟตไอออน (Juntavee, 2017) จากการศึกษาในอดีตพบว่า ยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์จะเกิดการตกตะกอน ช่วยสะสมแร่ธาตุและเกิดการคืนกลับของแร่ธาตุบริเวณผิวชั้นเคลือบฟัน รวมถึงทำให้ฟันผิวมีลักษณะเรียบมากขึ้น (Bossù et al., 2019) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์พบว่า ยาสีฟันฟลูออไรด์สามารถคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นที่ผิวชั้นเคลือบฟันได้มากกว่า มีระดับความลึกของรอยโรคฟันผุที่น้อยกว่า และมีความหนาแน่นของแร่ธาตุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กลุ่มยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์พบการคืนกลับแร่ธาตุน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (Körner et al., 2020) นอกจากนี้การศึกษาวิจัยมักเป็นการศึกษาบริเวณพื้นผิวเรียบ และยังไม่พบการศึกษาระบบฟันด้านปริศติ ซึ่งรอยโรคฟันผุบริเวณด้านปริศตินั้นตรวจพบได้บ่อยทั้งในฟันน้ำนมและฟันแท้ ในรอยโรคฟันผุที่ลุกลามจนเป็นโพรงจำเป็นต้องมีการบูรณะมักพบว่าฟันซี่ข้างเคียงมีรอยผุระยะเริ่มต้นร่วมด้วย การใช้วัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ซึ่งอยู่ข้างเคียงกับรอยผุมีส่วนช่วยส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุด้วยการปลดปล่อยแร่ธาตุฟลูออไรด์จากการศึกษาในอดีตพบว่าวัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุบริเวณรอยผุและส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุได้ดีกว่าวัสดุบูรณะกระจกไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน และวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (Guglielmi et al., 2016; Theerarath & Sriarj, 2022)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาถึงความสามารถของการคืนกลับแร่ธาตุในฟันผุระยะเริ่มต้นของยาสีฟันที่มีผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ในชั้นเคลือบฟันที่อยู่ในบริเวณพื้นผิวเรียบ การศึกษาในกลุ่มที่มีอาการเสียวฟัน และพบการศึกษายาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์น้อย รวมทั้งยังไม่พบการศึกษากลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของด้านปริศติ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันด้านปริศติที่ติดกับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตและกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เมื่อใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์และยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ โดยประเมินจากระดับความลึกของรอยโรคฟันผุ

การทบทวนวรรณกรรม

ฟันผุเป็นโรคที่พบได้บ่อยเกิดจากหลากหลายปัจจัยร่วมกัน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อปัจจัยการเกิดฟันผุ มีมากกว่าปัจจัยการป้องกันฟันผุจะทำให้กระบวนการสูญเสียแร่ธาตุเกิดมากกว่าการคืนกลับแร่ธาตุ ส่งผลให้เกิดฟันผุ แต่เมื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและเพิ่มปัจจัยป้องกันจะช่วยปรับสมดุลของการเกิดฟันผุได้ (Pitts et al., 2017) ยาสีฟันฟลูออไรด์จะช่วยส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุเข้าสู่ฟัน โดยฟลูออไรด์จะเข้าไปสะสมอยู่บนผลึกอะพาไทต์ และถูกดูดซับไว้บริเวณผลึกพื้นผิวฟันเกิดเป็นพันธะหลวมๆ และเกิดการสร้างพันธะกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ เกิดเป็นฟลูออโรไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Fluorohydroxyapatite) และฟลูอออะพาไทต์ (Fluorapatite) (Kidd and Fejerskov, 2016; Pitts et al., 2017) ระดับฟลูออไรด์ที่ต่ำและได้รับอย่างต่อเนื่องจะสามารถควบคุมการลุกลามและการกลับตัวของโรคฟันผุได้อย่างมีนัยสำคัญ (Buzalaf, 2011) ดังนั้นในชุดฟันน้ำนมจึงแนะนำให้แปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ความเข้มข้นมากกว่า

1,000 ส่วนในล้านส่วน ขึ้นไป และในชุดฟันผสมในเด็กและวัยรุ่น แนะนำให้แปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,450-1,500 ส่วนในล้านส่วน (Walsh et al., 2019)

ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์สังเคราะห์เป็นวัสดุที่มีลักษณะเลียนแบบผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ในธรรมชาติ มีสูตรโครงสร้างคือ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ ขนาดผลึก 50-100 นาโนเมตร (Bossù et al., 2019) ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพช่องปากที่มีส่วนประกอบของไฮดรอกซีอะพาไทต์หลากหลายรูปแบบ มีความเข้มข้นร้อยละ 5-24 ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์จะช่วยส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุโดยการสะสมและรวมตัวของแคลเซียมไอออนและฟอสเฟตไอออนบริเวณผิวชั้นเคลือบฟันที่มีการสูญเสียไฮดรอกซีอะพาไทต์ออกไป (Körner et al., 2020; Enax et al., 2019) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์จะช่วยให้ฟันผิวชั้นเคลือบฟันมีพื้นผิวเรียบมากขึ้น ค่าความหยาบของพื้นผิวลดลง (Bossù et al., 2019) ยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 10 สามารถส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นได้ไม่แตกต่างกับยาสีฟันฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน (Amaechi et al., 2019) แต่ส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุได้น้อยกว่ายาสีฟันฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้น 1,400 ส่วนในล้านส่วน (Guntermann et al., 2022) เมื่อเพิ่มไฮดรอกซีอะพาไทต์ให้มีความเข้มข้น ร้อยละ 20 พบว่า ช่วยส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุได้ไม่แตกต่างกับยาสีฟันฟลูออไรด์ 1,400 ส่วนในล้านส่วน (Tschoppe et al., 2011)

วัสดุบูรณะคอมโพสิตถูกพัฒนาเพื่อทดแทนการบูรณะด้วยวัสดุอมัลกัม มีการพัฒนาคุณสมบัติอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถเก็บรักษาเนื้อฟันส่วนที่ดีเอาไว้ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟันที่บูรณะ มีส่วนประกอบของวัสดุอุดแทรกที่ทำให้ทนทานต่อการสึก มีความแข็งแรงและผิวเรียบมากกว่าวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ รวมทั้งมีความแข็งแรงต้านต่อการแตกหักมากกว่า (Pinto et al., 2014) ขณะที่วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีคุณสมบัติโดดเด่นคือสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ จึงมักจะถูกเลือกใช้ในกรณีที่ผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูง กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ความหนืดสูง (High-viscosity GIC) ถูกพัฒนาให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นโดยเพิ่มเทคโนโลยีกลาสไฮบริด (Glass hybrid) ที่มีอนุภาคแก้วหลายขนาด ทำให้ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา มีคุณสมบัติต้านทานต่อการโค้งงอ ต้านทานต่อการสึกกร่อนและช่วยเพิ่มความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ไอออน จากการศึกษาผลของวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ต่อการส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียง ทั้งในห้องปฏิบัติการและการศึกษาทางคลินิกพบว่าวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์สามารถช่วยส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุได้ และช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุได้ (Guglielmi et al., 2016; Theerath and Sriarj, 2022)

สมมติฐานการวิจัย

ไม่มีความแตกต่างกันของระดับความสึกของรอยโรคในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันด้านประชิดที่ติดกับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตหรือการบูรณะด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เมื่อใช้ ยาสีฟันฟลูออไรด์และยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบการวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการศึกษาวิจัยในมนุษย์ (หมายเลข HREC-DCU 2024-031) และคณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (หมายเลข DENT CU-IBC 019/2024)

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1.9.6 สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) อ้างอิงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Akkuc et al. (2023) มีค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.6082866 กำหนดค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I error, α) เท่ากับ 0.05 และกำหนดค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error, β) ที่ 0.2 แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 4 กลุ่ม เมื่อคำนวณออกมาจะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 9 ชิ้น เมื่อทำการประมาณการสูญเสียกลุ่มตัวอย่างก่อนสิ้นสุดการทดลอง ร้อยละ 10 จะได้กลุ่มตัวอย่าง 10 ชิ้นต่อกลุ่ม จึงมีกลุ่มฟันตัวอย่างทั้งหมด 40 ชิ้น

การเตรียมชิ้นฟัน

คัดเลือกฟันกรามน้อยแท้บนด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า บริเวณด้านประชิดโดยคัดเลือกฟันที่ไม่มีรอยผุ รอยร้าว รอยขุ่นขาว ฟันที่ไม่มีการสะสมแร่ธาตุผิดปกติ หรือความผิดปกติของผิวเคลือบฟัน จากนั้นทำการขัดผิวฟันด้านประชิดด้วยกระดาษทราย แล้วตัดเป็นชิ้นฟันตัวอย่างขนาด 2x2 มิลลิเมตร หน้า 3 มิลลิเมตร สร้างจุดอ้างอิงที่ 1 บนชิ้นฟัน แล้วยึดด้วยอะคริลิกแบบบ่มตัวเองในแม่พิมพ์ ขัดให้เรียบด้วยกระดาษทราย และสร้างจุดอ้างอิงที่ 2 บนบล็อคออะคริลิก จากนั้นทาเคลือบชิ้นฟันด้วยน้ำยาทาเล็บให้เหลือช่องว่างบริเวณกึ่งกลางสำหรับทำรอยผ่าจำลองขนาดกว้าง 1x1 มิลลิเมตร แล้วนำไปสร้างรอยผ่าจำลองโดยแช่ในสารละลายสำหรับกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (Calcium 2.0 mmol/L ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.47 g/L), Phosphate 2.0 mmol/L (KH_2PO_4 0.27 g/L), Acetic acid 75 mmol (CH_3COOH 4.50 g/L) และปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่างด้วย 1.0 mol/l KOH ให้ได้ pH 4.4) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร/ชิ้น ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิพร้อมเขย่าในแนวราบ (Orbital Shaker Incubator, ES-20, Biosan, Latvia) (Stokey et al., 2011; Phyto et al., 2024)

นำชิ้นฟันในฐานอะคริลิกมาประเมินความลึกของรอยผุ ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร (Microcomputed tomography, SKYSCAN1272, Bruker, Germany) แล้วทำการจัดเข้ากลุ่มทดลองด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มย่อยที่มีการเรียงลำดับ (Permuted block randomization) โดยแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 4 กลุ่ม ตามวัสดุบูรณะและยาสีฟันที่ใช้ดังนี้

กลุ่ม 1: (C1) วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Filtek™ One Bulk Fill Restorative, สี A2, 3M™ ESPE, Minnesota, USA) ร่วมกับยาสีฟันฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ 1,500 ส่วนในล้านส่วน (SYSTEMA Ultra care & protect, Lion Corporation, Thailand) กลุ่ม 2: (C2) วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ ร่วมกับยาสีฟันฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ 1,498 ส่วนในล้านส่วน และไฮดรอกซีอะพาไทต์ความเข้มข้นร้อยละ 5 (CUDENT cooling peppermint, Thailand) กลุ่ม 3: (G1) วัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (EQUIA Forte®, High-viscosity GIC, สี A2, GC Corporation, Tokyo, Japan) ร่วมกับยาสีฟันฟลูออไรด์ กลุ่ม 4: (G2) วัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ร่วมกับ ยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์

เตรียมบล็อกอะคริลิกสำหรับบูรณะจำนวน 40 ชิ้น โดยมีขนาดของโพรงฟันด้านประชิดขนาดความกว้าง 4 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร ทำการบูรณะแต่ละกลุ่มตามชนิดของวัสดุ ใส่แมทริกซ์โลหะโดยใช้ทอฟเฟิลมายรีเทนเนอร์ (Tofflemire retainer) แล้วนำชิ้นฟันในฐานอะคริลิกมายึดติดกับบล็อกฟันอะคริลิกตามกลุ่มที่สุ่มไว้ด้วยกาวแท่งซิลิโคนให้บริเวณรอยผ่าจำลองแนบสนิทกับวัสดุบูรณะ จะได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น

กระบวนการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างภายในช่องปาก (pH cycling)

นำชิ้นฟันเข้ากระบวนการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างเป็นระยะเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิพร้อมเขย่าในแนวราบ โดยเริ่มกระบวนการจากสภาวะการสูญเสียแร่ธาตุ 3 ชั่วโมง ด้วยสารละลายสำหรับกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (2.2 mmol/L CaCl_2 , 2.2 mmol/L NaH_2PO_4 , 0.05 mol/L CH_3COOH และปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วย 1.0 mol/l KOH ให้ได้ pH 4.7) 2 ครั้งต่อวัน และสภาวะการคืนกลับของแร่ธาตุ 2 ชั่วโมง ด้วยสารละลายสำหรับกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุ (1.5 mmol/L CaCl_2 , 0.9 mmol/L NaH_2PO_4 , 0.15 mol/L KCl และปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วย 1.0 mol/l KOH ให้ได้ pH 7) คั่นกลางระหว่างกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ และแช่ชิ้นฟันในสารละลายยาสีฟัน 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 2 นาที โดยแช่ก่อนกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุครั้งแรก และภายหลังจากกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุครั้งที่สอง หลังจากนั้นแช่ในสารละลายสำหรับกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุข้ามคืน (Phyto et al., 2024; Dechachart, 2014; Thaveesangpanich et al., 2005) ซึ่งการเตรียมสารละลายยาสีฟัน เตรียมโดยใช้ยาสีฟัน 1 ส่วนต่อน้ำปราศจากไอออน 3 ส่วนโดยน้ำหนัก เมื่อครบ 14 วัน ชิ้นฟันจะถูกนำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและเก็บไว้ในตู้เก็บควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 100%

การประเมินความลึกของรอยผุ

ประเมินความลึกของรอยผุและความหนาแน่นของแร่ธาตุ ด้วยเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร ตั้งค่าเครื่องโดยเปรียบเทียบความหนาแน่นของแร่ธาตุกับ Calibration phantoms กำหนดค่าจากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ให้มีความต่างศักย์ 80 kV ,125 μm ระยะการหมุน 0.4 องศา หมุน 180 องศา และอะลูมิเนียมฟิลเตอร์ ความหนา 1 มิลลิเมตร (Akküç, Duruk, & Keleş, 2023) ค่าความละเอียดรูปภาพ 1024 x 1024 พิกเซล (Terakulvanich et al., 2022) ขนาดภาพมีระยะห่าง 10 ไมโครเมตรต่อสไลด์

จากนั้นนำภาพที่ได้จากโปรแกรม DataViewer software มาสุ่มภาพตัดแนวขวาง (Cross-sectional images) อย่างเป็นระบบ จำนวน 10 สไลด์ เพื่อไปประเมินความลึกของรอยผุ นำภาพที่ได้เข้าโปรแกรมวิเคราะห์ภาพอิมเมจ (ImageJ, National Institutes of Health, USA) ทำการวัดความหนาแน่นของแร่ธาตุในแต่ละระดับความลึกของรอยผุด้วยการวิเคราะห์ค่าระดับสีเทา (Grayscale value) กำหนดให้ระดับความลึกรอยผุชั้นเคลือบฟัน คือ ระยะทางจากพื้นผิวด้านบนสุดของผิวฟันตัวอย่างด้านที่มีรอยผุ จนถึงระดับที่เคลือบฟันมีความหนาแน่นของแร่ธาตุร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแร่ธาตุเคลือบฟันปกติ (Terakulvanich et al., 2022) หาค่าเฉลี่ยและบันทึกเป็นระดับความลึกของรอยผุของชั้นฟันตัวอย่างแต่ละชั้น โดยบันทึกทั้งค่าระดับความลึกรอยผุก่อนทดลองและหลังทดลอง คำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของรอยผุ (%change of lesion depth) (Kaewkamchai et al., 2024) จากสูตร

ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของรอยผุ =

$$\frac{(\text{ค่าเฉลี่ยระดับความลึกของรอยผุหลังทดลอง}-\text{ค่าเฉลี่ยระดับความลึกของรอยผุก่อนทดลอง})\times 100}{\text{ค่าเฉลี่ยระดับความลึกของรอยผุก่อนทดลอง}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 29.0.1 (SPSS version 29.0.1, SPSS Inc., USA) ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และการวัดการกระจายของข้อมูล (Standard deviation) ของความลึกของรอยผุ และค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงความลึกของรอยผุ ทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal distribution) ในแต่ละกลุ่มด้วยการทดสอบชาปิโร-วิลด์ (Shapiro-Wilk test) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบเลวีเน (Levene's test) การวิเคราะห์ความลึกของรอยผุจำลองก่อนและหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากในแต่ละกลุ่มการทดลอง ใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติด้วยการทดสอบที่แบบจับคู่ (Paired t-test) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความลึกของรอยผุ ระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบเวลช์ (Welch's ANOVA) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และใช้แบบทดสอบเกมส์ไฮเวลล์ (Games-Howell test) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีชั้นฟันตัวอย่างที่ถูกตัดเข้าจำนวน 40 ชิ้น แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 10 ชิ้น จากนั้นจะนำไปสร้างรอยผุจำลองระยะเริ่มต้น โดยมีค่าเฉลี่ยความลึกของรอยผุระยะเริ่มต้นในเบื้องต้นของชิ้นงานแต่ละกลุ่มอยู่ระหว่าง 108.7 ถึง 113.799 ไมโครเมตร จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระดับความลึกของรอยผุจำลองเบื้องต้นกับภายหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปาก ในกลุ่มวัสดุเรซินคอมโพสิตพบการเพิ่มขึ้นของความลึกของรอยผุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่กลุ่มวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์พบการเพิ่มขึ้นของความลึกของรอยผุไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของรอยผุระหว่างกลุ่มการทดลอง (ภาพที่ 1) พบว่า กลุ่มวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และยาสีฟันฟลูออไรด์มีค่าน้อยที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ ตามมาด้วยกลุ่มเรซินคอมโพสิตและยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ และกลุ่มเรซินคอมโพสิตและยาสีฟันฟลูออไรด์มีค่าน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ความ

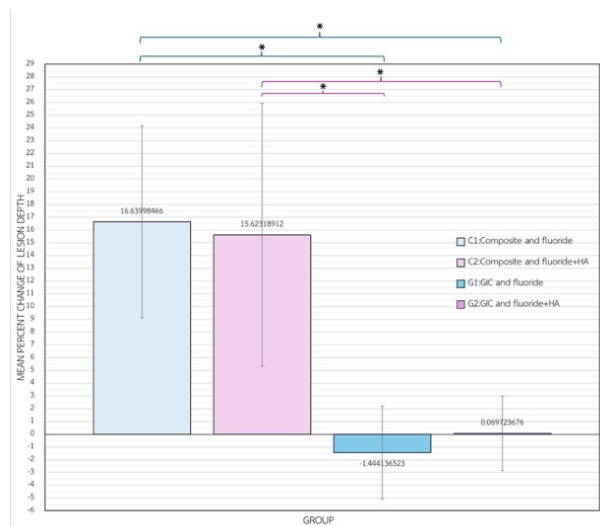
แตกต่างกันระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบเวลช์ และแบบทดสอบเกมส์โฮเวลล์ พบว่า ยาสีฟัน ฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ไม่แตกต่างจากยาสีฟันฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อใช้วัสดุ บูรณะเดียวกัน และพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกรอยผุของฟันด้านประชิดที่ติดกับวัสดุบูรณะ เรซินคอมโพสิต แตกต่างกับการบูรณะด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อใช้ยาสี ฟันฟลูออไรด์และยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความลึกรอยผุจำลองเบื้องต้น ความลึกรอยผุหลังผ่านการจำลอง สภาวะช่องปาก และร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกรอยผุ

| วัสดุบูรณะ | ยาสีฟัน | จำนวน | ค่าเฉลี่ยความลึกรอยผุ จำลองเบื้องต้น (μm) \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าเฉลี่ยความลึกรอยผุหลัง ผ่านการจำลองสภาวะช่อง ปาก (μm) \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าเฉลี่ยร้อยละการ เปลี่ยนแปลงความลึก รอยผุ \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|----------------------|---|-------|---|---|---|
| เรซิน | ยาสีฟันฟลูออไรด์ | 10 | 113.799 \pm 8.477 ^a | 132.867 \pm 14.583* | 16.640 \pm 7.5408 ^c |
| คอมโพสิต | ยาสีฟันฟลูออไรด์และ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ | 10 | 110.000 \pm 5.081 ^a | 127.2656 \pm 13.477* | 15.623 \pm 10.311 ^c |
| กลาสไอโอ- โนเมอร์ | ยาสีฟันฟลูออไรด์ | 10 | 112.167 \pm 7.964 ^a | 110.600 \pm 9.538 | -1.444 \pm 3.640 ^d |
| ซีเมนต์ | ยาสีฟันฟลูออไรด์และ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ | 10 | 108.700 \pm 7.365 ^a | 108.834 \pm 8.867 | 0.069 \pm 2.924 ^d |

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มด้วยสถิติ Paired t-test

ตัวอักษรเดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มทดลองด้วย สถิติ Welch ANOVA



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงความลึกรอยผุ

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองด้วยสถิติ Welch ANOVA

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของยาสีฟันที่มีไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อความลึกในรอยผุจำลองระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียง ที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้านประชิดด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และวัสดุกลาสไอโอ โนเมอร์ซีเมนต์ การจำลองรอยผุระยะเริ่มต้นในชั้นเคลือบฟันสร้างโดยการแช่ในสารละลายสำหรับกระบวนการสูญเสีย

แร่ธาตุ ตามการศึกษาของ Stookey et al. (2011) และ Phyo et al. (2024) พบว่ามีค่าเฉลี่ยความลึกของรอยผุระยะเริ่มต้นในเบื้องต้นของชิ้นงานแต่ละกลุ่มอยู่ระหว่าง 108.7 ถึง 113.799 ไมโครเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่กำหนด และพบว่าแต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความลึกของรอยผุเบื้องต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงความลึกของรอยผุเบื้องต้นทั้ง 4 กลุ่มมีความใกล้เคียงกัน

ในงานศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ภายใต้กระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก ตามการศึกษาของ Dechachart et al. (2014) และ Phyo et al. (2024) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุสลับกับกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ และจำลองการดูแลสุขภาพช่องปากขั้นพื้นฐาน โดยการแช่ชิ้นฟันในสารละลายยาสีฟัน 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 2 นาที การจำลองนี้สร้างให้มีความคล้ายคลึงกับสภาวะในช่องปากของผู้ป่วยที่มีภาวะความเสี่ยงในการเกิดฟันผุสูง (Buzalaf et al., 2010) และใช้วิธีการจำลองการสัมผัสของวัสดุบูรณะด้านประชิดกับฟันซี่ข้างเคียงโดยใช้แบบจำลองโพรงฟันด้านประชิดของฟันกรามน้อยที่สร้างขึ้นจากเรซินอะคริลิก ตามการศึกษาของ Theerath and Sriarj (2022) เพื่อให้ลักษณะของวัสดุบูรณะด้านประชิดมีความโค้งมนใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ และวัดผลด้วยวิธีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่มีการทำลายชิ้นฟันทำให้สามารถใช้ชิ้นฟันเดิมศึกษาต่อเนื่องได้และสามารถวัดผลที่ตำแหน่งเดิมได้

จากกระบวนการการเกิดฟันผุชั้นเคลือบฟันจะสูญเสียแร่ธาตุแคลเซียมไอออนและฟอสเฟตไอออน ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผลึกชั้นเคลือบฟันที่กว้างขึ้นและพื้นผิวที่นูนขึ้น ทำให้กรดสามารถแผ่ผ่านเข้าไปได้มากขึ้น เกิดการละลายตัวของแร่ธาตุใต้ต่อพื้นผิวฟัน และเมื่อกลับสู่สภาวะเป็นกลางจะเกิดกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุโดยแคลเซียมไอออนและฟอสเฟตไอออนจะค่อยๆ ตกตะกอนลงบนผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ร่วมกับการจับฟลูออไรด์สร้างพันธะกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ผิวฟัน (Kidd & Fejerskov, 2016; Pitts et al., 2017) ซึ่งการแช่สารละลายยาสีฟันจะจำลองแทนการแปรงฟัน ระยะเวลา 2 นาที ฟลูออไรด์ในยาสีฟันจะทำหน้าที่ช่วยจับกับแคลเซียมและฟอสเฟตไอออน ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ถูกเติมเข้ามาในยาสีฟันจะตกตะกอนและสะสมบริเวณที่พื้นผิวชั้นเคลือบฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุไปบางส่วนซึ่งมีลักษณะการเรียงตัวของผลึกไม่เป็นระเบียบ พื้นผิวขรุขระ โดยอาศัยการยึดติดเชิงกล (Mechanical interlocking) ร่วมการเกิดพันธะระหว่างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์และพื้นผิวชั้นเคลือบฟันด้วยแรงอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic forces) แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) และพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonds) (Fabritius-Vilpoux et al., 2018) ผลึกจะสลายตัวแล้วให้แคลเซียมและฟอสเฟตไอออนเมื่อสภาวะช่องปากเป็นกรด ช่วยให้เกิดการอิมมัลชันของแคลเซียมไอออนและฟอสเฟตไอออนได้เร็วขึ้น สามารถแพร่ผ่านรูใต้ต่อพื้นผิวชั้นเคลือบฟัน ทำให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุมากขึ้น แต่จากผลการศึกษาพบว่า ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของรอยผุที่ใส่ยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ไม่แตกต่างจากยาสีฟันฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อใช้วัสดุบูรณะเดียวกัน ซึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ในยาสีฟัน อาจจะยังไม่มากพอที่จะทำให้เห็นผลการคืนกลับแร่ธาตุที่แตกต่างจากยาสีฟันที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์เพียงอย่างเดียว

เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ กลุ่มยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์มีระดับความลึกรอยผุเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่กลุ่มยาสีฟันฟลูออไรด์มีระดับความลึกรอยผุลดลง แต่ยาสีฟันทั้งสองกลุ่มนี้เมื่อเปรียบเทียบความลึกรอยผุก่อนและหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปาก พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Tschoppe et al. (2011) โดยพบว่ากลุ่มยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีการสูญเสียความหนาแน่นของแร่ธาตุไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ใส่ยาสีฟันฟลูออไรด์ มีความลึกของรอยผุลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังการสร้างรอยโรคฟันผุ โดยยาสีฟันที่ใช้มีส่วนประกอบเป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์เพียงอย่างเดียวและมีความเข้มข้นร้อยละ 20 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สูงกว่าการศึกษานี้ อีกทั้งการศึกษาของ Tschoppe et al. (2011) ได้เก็บชิ้นงานไว้ในสารละลายส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุเพียงอย่างเดียวไม่ได้เข้าสู่กระบวนการจำลองสภาวะช่องปาก และจากการศึกษาในช่องปาก (*in-situ* study) ของ Najibfard et al. (2011) พบว่า ยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ความเข้มข้นร้อยละ 5 และร้อยละ 10 มีความลึกของรอยผุลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อ

เปรียบเทียบกับภายหลังการสร้างรอยโรคฟันผุเช่นเดียวกัน ซึ่งทั้งสองการศึกษาของ Tschoppe et al. (2011) และของ Najibfard et al. (2011) ทำการวัดความค่าการเปลี่ยนแปลงความลึกของรอยผุบริเวณพื้นผิวด้านเรียบของฟันด้วยวิธีการถ่ายภาพรังสีตามขวางระดับไมโครเมตร (Transverse microradiography) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษานี้ซึ่งวัดความลึกของรอยผุบริเวณด้านประชิดด้วยเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มเรซินคอมโพสิต ยาสีฟันทั้ง 2 กลุ่มมีระดับความลึกของรอยผุก่อนและหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ มีความลึกของรอยผุน้อยกว่ากลุ่มยาสีฟันฟลูออไรด์เล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากการตกตะกอนของแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสบนพื้นผิวของวัสดุบูรณะคอมโพสิตซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมแร่ธาตุสำรองตามการศึกษาของ Andrea Butera et al. (2021) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสบนพื้นผิวของวัสดุบูรณะคอมโพสิตเมื่อใช้ยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คืองานวิจัยนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ การจำลองสภาวะช่องปากเป็นการจำลองค่าความเป็นกรดต่างซึ่งเกิดจากการสร้างของแบคทีเรียภายในไบโอฟิล์มและการจำลองปริมาณแร่ธาตุที่อยู่ในน้ำลายซึ่งไม่สามารถจำลองสภาวะที่ซับซ้อนในช่องปากได้ทั้งหมดจึงไม่สามารถอ้างอิงกับสภาวะในร่างกายหรือทางคลินิกได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ชิ้นฟันที่นำมาทดลองเป็นฟันมนุษย์ซึ่งฟันในแต่ละบุคคลอาจจะมีคุณสมบัติการต้านทานต่อกรดที่ไม่เท่ากัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามชิ้นฟันตัวอย่างที่นำมาทดลองได้ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์การคัดเลือกฟัน และทำการสุ่มตัวอย่างเข้าแต่ละกลุ่มทดลองอย่างเท่าเทียมกันเพื่อลดอคติความแตกต่างของชิ้นฟันให้มากที่สุด

จากการศึกษานี้สรุปได้ว่า การใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ให้ผลลดความลึกของรอยโรคในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันด้านประชิดเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อบูรณะด้านประชิดด้วยวัสดุบูรณะชนิดเดียวกัน โดยวัสดุกระจกใสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุบริเวณรอยผุได้ดีกว่าเรซินคอมโพสิต ซึ่งการแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์เป็นปัจจัยป้องกันฟันผุพื้นฐานที่แนะนำให้แก่ประชาชนทุกคน ทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทย (2023) แนะนำให้เด็กที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไปควรใช้ยาสีฟันฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้น 1,400-1,500 ส่วนในล้านส่วน เพื่อช่วยในการป้องกันฟันผุและส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้น โดยยาสีฟันที่มีไฮดรอกซีอะพาไทต์ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถใช้ในการลดการฟันผุ ช่วยชะลอการดำเนินของรอยโรคฟันผุ ก่อนที่ฟันผุระยะเริ่มต้นจะพัฒนาเป็นโพรงฟันซึ่งจำเป็นต้องบูรณะและนำไปสู่วงจรการบูรณะซ้ำ (Repeat Restoration Cycle) ทำให้ผู้ป่วยและผู้ปกครองต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการรักษาฟันผุที่มากขึ้น

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

จากการศึกษาผลของยาสีฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อความลึกของรอยผุจำลองด้านประชิดระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงที่ติดกับวัสดุบูรณะต่างชนิด มีข้อเสนอแนะคือ ทันตแพทย์สามารถแนะนำยาสีฟันให้แก่ผู้ป่วยและผู้ปกครองได้ทั้ง 2 ประเภท ทั้งยาสีฟันฟลูออไรด์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ และยาสีฟันฟลูออไรด์ เนื่องจากให้ผลในการคืนกลับแร่ธาตุและชะลอการดำเนินของรอยโรคฟันผุได้ อีกทั้งมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ตามที่ทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทยแนะนำ นอกจากนี้ทันตแพทย์ควรพิจารณาเลือกใช้วัสดุบูรณะให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละบุคคลตามความเสี่ยงของการเกิดฟันผุ การใช้วัสดุบูรณะกระจกใสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์อาจจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการบูรณะฟันคลาสุที่ติดกับฟันซี่ข้างเคียงที่มีรอยผุระยะเริ่มต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

พิจารณาเพิ่มความเข้มข้นของไฮดรอกซีอะพาไทต์ในยาสีฟันให้มากขึ้น เพื่อประสิทธิภาพในการคืนกลับแร่ธาตุและป้องกันฟันผุที่มากขึ้น และพิจารณาศึกษาเพิ่มในทางคลินิกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Akküç, S., Duruk, G., & Keleş, A. (2023). Remineralization effect of three different agents on initial caries and erosive lesions: a micro-computed tomography and scanning electron microscopy analysis. *BMC Oral Health*, 23(1), 106.
- Amaechi, B. T., AbdulAzees, P. A., Alshareif, D. O., Shehata, M. A., Lima, P. P. D. C. S., Abdollahi, A., ... & Evans, V. (2019). Comparative efficacy of a hydroxyapatite and a fluoride toothpaste for prevention and remineralization of dental caries in children. *BDJ open*, 5(1), 18.
- Bossù, M., Saccucci, M., Salucci, A., Di Giorgio, G., Bruni, E., Uccelletti, D., ... & Polimeni, A. (2019). Enamel remineralization and repair results of Biomimetic Hydroxyapatite toothpaste on deciduous teeth: an effective option to fluoride toothpaste. *Journal of Nanobiotechnology*, 17, 1-13.
- Butera, A., Pascadopoli, M., Gallo, S., Lelli, M., Tarterini, F., Giglia, F., & Scribante, A. (2021). SEM/EDS evaluation of the mineral deposition on a polymeric composite resin of a toothpaste containing biomimetic Zn-carbonate hydroxyapatite (microRepair®) in oral environment: a randomized clinical trial. *Polymers*, 13(16), 2740.
- Buzalaf, M. A. R., Hannas, A. R., Magalhães, A. C., Rios, D., Honório, H. M., & Delbem, A. C. B. (2010). pH-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and limitations. *Journal of applied oral science*, 18, 316-334.
- Buzalaf, M. A. R. (Ed.). (2011). *Fluoride and the oral environment (Vol. 22)*. Karger Medical and Scientific Publishers.
- Dechachart, P., Phonghanyudh, A., Harnirattisai, C., & Nakornchai, S. (2014). Effects of glass ionomer sealant on occlusal surface to the changes of proximal enamel lesion. *Srinakharinwirot University Dental Journal*, 7, 43-50.
- Enax, J., Fabritius, H. O., Fabritius-Vilpoux, K., Amaechi, B. T., & Meyer, F. (2019). Modes of action and clinical efficacy of particulate hydroxyapatite in preventive oral health care— state of the art. *The Open Dentistry Journal*, 13, 274-287.
- Fabritius-Vilpoux, K., Enax, J., Herbig, M., Raabe, D., & Fabritius, H. O. (2019). Quantitative affinity parameters of synthetic hydroxyapatite and enamel surfaces in vitro. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 8(2), 141-153.
- Guglielmi, C. D. A. B., Calvo, A. F. B., Tedesco, T. K., Mendes, F. M., & Raggio, D. P. (2015). Contact with fluoride-releasing restorative materials can arrest simulated approximal caries lesion. *Journal of Nanomaterials*, 2015(1), 259753.
- Guntermann, L., Rohrbach, A., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2022). Remineralization and protection from demineralization: effects of a hydroxyapatite-containing, a fluoride-containing and a fluoride-and hydroxyapatite-free toothpaste on human enamel in vitro. *Head & Face Medicine*, 18(1), 26.
- Juntavee, A. (2017). Alternative Approaches in Pediatric Dental Caries Management. *The Journal of the Dental Association of Thailand*, 67, 179-88.
- Kaewkamchai, S., Thanyasrisung, P., Sukarawan, W., Samaranayake, L., Tuygunov, N., & Songsiripraduboon, S. (2024). Efficacy of silver diamine fluoride (SDF) in arresting dentin caries against inter-kingdom biofilms of *Streptococcus mutans* and *Candida albicans*. *Plos one*, 19(9), e0308656.

- Kidd, E. A., & Fejerskov, O. (2016). *Essentials of dental caries*. Oxford University Press.
- Körner, P., Schleich, J. A., Wiedemeier, D. B., Attin, T., & Wegehaupt, F. J. (2020). Effects of additional use of bioactive glasses or a hydroxyapatite toothpaste on remineralization of artificial lesions in vitro. *Caries research*, 54(4), 336-342.
- Najibfard, K., Ramalingam, K., Chedjieu, I., & Amaechi, B. T. (2011). Remineralization of early caries by a nano-hydroxyapatite dentifrice. *Journal of Clinical Dentistry*, 22(5), 139.
- Phyo, W. M., Saket, D., da Fonseca, M. A., Auychai, P., & Sriarj, W. (2024). In vitro remineralization of adjacent interproximal enamel carious lesions in primary molars using a bioactive bulk-fill composite. *BMC Oral Health*, 24(1), 37.
- Pinto, G. D. S., Oliveira, L. J. C., Romano, A. R., Schardosim, L. R., Bonow, M. L. M., Pacce, M., ... & Torriani, D. D. (2014). Longevity of posterior restorations in primary teeth: results from a paediatric dental clinic. *Journal of dentistry*, 42(10), 1248-1254.
- Pitts, N. B., Zero, D. T., Marsh, P. D., Ekstrand, K., Weintraub, J. A., Ramos-Gomez, F., ... & Ismail, A. (2017). Dental caries. *Nature reviews Disease primers*, 3(1), 1-16.
- Stookey, G. K. (2011). The Featherstone laboratory pH cycling model: a prospective, multi-site validation exercise. *American journal of dentistry*, 24(5), 322.
- Terakulvanich, P., Auychaiwatt, P., Ekkert, S., Jirakran, K., Trairatvorakul, C., & Sriarj, W. (2022). Fluoridated milk enhances the mineral density of artificial proximal carious lesions in situ. *Acta Odontologica Scandinavica*, 80(5), 346-353.
- Thaveesangpanich, P., Itthagaran, A., King, N. M., & Wefel, J. S. (2005). The effects of child formula toothpastes on enamel caries using two in vitro pH-cycling models. *International dental journal*, 55(4), 217-223.
- The Dental Association of Thailand. (2023). Guideline on Use of Fluoride in Dentistry. *The Journal of the Dental Association of Thailand*, 73(2), 92-103.
- Theerarath, T., & Sriarj, W. (2022). An alkasite restorative material effectively remineralized artificial interproximal enamel caries in vitro. *Clinical oral investigations*, 26(6), 4437-4445.
- Tschoppe, P., Zandim, D. L., Martus, P., & Kielbassa, A. M. (2011). Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *Journal of dentistry*, 39(6), 430-437.
- Walsh, T., Worthington, H. V., Glenny, A. M., Marinho, V. C., & Jeroncic, A. (2019). Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane database of systematic reviews*, (3).
- สำนักงานทันตสาธารณสุข. (2566). รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ประเทศไทย พ.ศ. 2566. สืบค้นจาก <https://dental.anamai.moph.go.th/th/national-oral-health-survey-report>.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2025 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).