

การเปรียบเทียบความแข็งผิวระดับจุลภาควิกเกอร์สในวัสดุอุดฟัน เซอร์โคโนเมอร์ อิมพ루ฟ ไซโอเมอร์และเรซินคอมโพสิต

ณัฐธิดา ลีลานุสรณ์ น.บ., นงวิภา พุฒิปาษ น.บ.,วท.ม.

สถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

Abstract: Vickers Microhardness Comparison of Zirconomer Improved, Giomer and Composite Resin

Natthira Leelanusorn, DDS., Nongwipa Putthipat, DDS., MSD

Institute of Dentistry, Department of Medical Services, Talad Khwan, Mueang Nonthaburi, Nonthaburi 11000

(E-mail: nongwipap@hotmail.com)

(Received: October 22, 2020; Revised: December 18, 2020; Accepted: December 30, 2020)

Background: Zirconomer improved is new glass ionomer cement formulations, reinforced zirconia in glass ionomer cements to increase strength, durability and fluoride releasing. Nano zirconia is higher translucency for a closer match to natural tooth. It may be ideal for permanent posterior restoration in patients who concern aesthetic properties and high caries incidence. **Objective:** To evaluate and compare surface hardness of zirconomer improved with composite resin and giomer. **Methods:** In this study, 45 disc-shaped experimental specimens were made from three different tooth colored restoration. All specimens were loaded on their surfaces at 1 hour, 24 hours and 7 days. The obtained data were analyzed by one-way ANOVA method ($p < 0.05$). **Result:** There was no statistically significant difference of surface hardness between composite resin and giomer over storage time. Surface hardness of zirconomer improved was increased with time and highest 76.82 kg/mm^2 at 7 days. There was statistically difference of Vickers hardness of zirconomer improved over storage time. There was statistically difference of significant surface hardness among the materials studied over storage time. **Conclusion:** Zirconomer improved showed higher surface hardness than resin composite at 7 days. Zirconomer improved showed lowest surface hardness at 1 h and increased with time.

Keyword: Zirconomer, Zirconomer improved, Glass Ionomer Cements, Surface hardness

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: เซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ เป็นกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีการพัฒนาสูตรโดยเสริมแรงด้วยอนุภาคนาโนของเซอร์โคเนีย ทำให้มีความแข็งแรง คงทน ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และมีความโปร่งแสง ทำให้มีสีคล้ายกับฟันธรรมชาติ อาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการบูรณะฟันหลังในบริเวณที่ต้องการความสวยงามและช่วยด้านทันตกรรมอุดฟันได้ **วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาความแข็งผิวระดับจุลภาควิกเกอร์สของวัสดุเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ เปรียบเทียบกับไซโอเมอร์และเรซินคอมโพสิต **วิธีการ:** เตรียมชิ้นทดสอบ 45 ชิ้นจากวัสดุบูรณะ 3 ชนิด วัดความแข็งผิวระดับจุลภาควิกเกอร์ส ที่ช่วงเวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 7 วัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการทดสอบความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$) **ผล:** เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุทั้ง 3 ชนิดในแต่ละช่วงเวลามีค่าความแข็งผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ช่วงเวลาที่ต่างกันของเรซิน คอมโพสิตและไซโอเมอร์ มีค่าความแข็งผิว

ไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าความแข็งผิวของเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และที่ 7 วันมีค่าความแข็งผิวสูงสุดอยู่ที่ 76.82 kg/mm^2 **สรุป:** เซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ มีค่าความแข็งผิวสูงกว่าเรซินคอมโพสิตเมื่อวัดที่ระยะเวลา 7 วัน โดยเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ ที่ 1 ชั่วโมง มีค่าความแข็งผิวน้อยที่สุดแต่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

คำสำคัญ: เซอร์โคโนเมอร์ เซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

บทนำ

ในปัจจุบันการอุดฟันมีแนวโน้มที่จะใช้วัสดุสีเหมือนฟันมากขึ้น เนื่องด้วยมีการเปลี่ยนแปลงหลักการเดิมจากการขยายเพื่อการป้องกัน (extension for prevention) ไปสู่การรักษาแบบบูรณาน้อย (minimally invasive)¹ เป็นเพราะมีการพัฒนาวัสดุและสารยึดติดทางทันตกรรม รวมทั้งมีการพัฒนาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

กับกระบวนการสูญเสียและการคืนกลับแร่ธาตุผิวฟัน ปัจจุบันวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันที่นิยมใช้ในการบูรณะฟันหลัง คือ กลาสไอโอโนเมอร์และเรซินคอมโพสิต โดยวัสดุทั้งสองนั้นมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน

เรซินคอมโพสิตนั้น มีสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ดี มีความแข็งแรงทนทานและมีความสวยงาม แต่ไม่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้เมื่อเทียบกับกลาสไอโอโนเมอร์ในการศึกษาวัสดุบูรณะฟันหลังด้วยเรซินคอมโพสิตพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของการบูรณะ เช่น การเกิดข้อบกพร่องบริเวณขอบรอยละ 2.4 การแตกหักบางส่วนร้อยละ 5.3 และที่มากที่สุดคือการเกิดฟันผุกลับซ้ำร้อยละ 73.9² ส่วนกลาสไอโอโนเมอร์มีข้อดี ได้แก่ ยึดติดกับผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยพันธะเคมี (chemical bond) มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อ (biocompatibility) สามารถกักเก็บและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม มีข้อด้อยหลายประการ เช่น มีความไวต่อความชื้นโดยจะดูดน้ำในช่วงแรกขณะก่อตัว มีความแข็งแรง และความต้านทานต่อการขัดถูต่ำ จึงได้มีการพัฒนาและสร้างวัสดุที่รวมสมบัติที่ดีของวัสดุทั้งสองเข้าไว้ด้วยกัน³ เช่น พอลิเอซิโดมอดิฟายด์เรซิน คอมโพสิต (polyacid modified resin composite) คอมโพเมอร์ (compomer) และ ไจโอเมอร์ (giomer) เป็นต้น กลาสไอโอโนเมอร์ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ เช่น ลดการแตกหักแบบเปราะ เพิ่มความแกร่ง (toughness) โดยการเติมสารสำคัญลงไปผสมกับวัสดุ หรือมีการดัดแปรด้วยวัสดุต่างชนิด เช่น โลหะ เรซิน และ เซอร์โคเนีย

ไจโอเมอร์ (giomer) เป็นวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันที่ได้รับการพัฒนา โดยใช้เทคโนโลยีในการผลิตส่วนผสมวัสดุอัดแทรก (filler) ทำให้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาทั้งหมดหรือบางส่วนทำให้ได้ส่วนของกลาสที่มีไอออนและกรดพอลิอัลคีนอิก (polyalkenoic acid) ซึ่งมีการกักเก็บฟลูออไรด์บริเวณพื้นผิวของวัสดุโดยมีฟลูออไรด์ 2 ประเภทคือ S-PRG (surface pre reacted glass ionomer) และ ฟลูออโรมินซิลิเกต กลาส (fluoroaluminosilicate glass) ทั้งนี้ การทำให้กลาสไอโอโนเมอร์เกิดปฏิกิริยานอกช่องปาก ทำให้ได้กลาสไอโอโนเมอร์ที่แข็งแรงเพราะไม่เกิดภาวะสูญเสียน้ำหรือรับน้ำในขณะที่วัสดุแข็งตัวซึ่งเป็นลักษณะเด่นของไจโอเมอร์ จากการศึกษาทางคลินิกในการบูรณะฟันหลังด้วยไจโอเมอร์ ในโพรงฟันแบบ คลาส I และ II พบว่าหลังจากติดตามผลเป็นระยะเวลา 8 ปี วัสดุส่วนใหญ่มีลักษณะพื้นผิว รูปร่าง สี มีคุณภาพดีและไม่พบการเกิดฟันผุกลับซ้ำ และเมื่อติดตามผลเป็นระยะเวลานานกว่า 13 ปี พบว่าผลส่วนใหญ่เป็นที่ยอมรับในทางคลินิก⁴

เซอร์โคเนีย คือ กลาสไอโอโนเมอร์ที่เสริมแรงด้วย เซอร์โคเนีย (Zirconia reinforced glass-ionomer) ที่ได้มีการพัฒนาขึ้นจากการเสริมอนุภาคของเซอร์โคเนีย เพื่อพัฒนาคุณสมบัติ

เชิงกลสำหรับเป็นวัสดุบูรณะในฟันหลังซึ่งต้องรับแรงบดเคี้ยวโดยมีความแข็งแรง (strength) และความคงทน (durability) และเนื่องจากคุณสมบัติด้านความสวยงามของ เซอร์โคเนียเมอร์ จึงได้มีการพัฒนาเป็นเซอร์โคเนียเมอร์ อิมพ루ฟ โดยมีการเปลี่ยนสูตรโดยใช้ อนุภาคนาโนของเซอร์โคเนีย ซึ่งมีความโปร่งแสงมากขึ้นทำให้สีที่คล้ายกับฟันธรรมชาติมากกว่า⁵

ดังนั้น การใช้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เสริมแรงด้วย เซอร์โคเนีย อาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการบูรณะฟันหลังในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม และ ช่วยต้านทานการเกิดฟันผุได้

สมบัติเชิงกลอย่างหนึ่งที่เป็นลักษณะที่สำคัญของวัสดุบูรณะ คือค่าความแข็งแรง โดยเป็นการบอกลถึงการเปลี่ยนรูปของของแข็งเมื่อมีแรงมากระทำ ในทางทันตกรรมใช้เป็นพารามิเตอร์ในการดูความต้านทานต่อแรงบดเคี้ยวและเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความทนต่อการสึกของวัสดุ นอกจากนั้นแล้วยังช่วยในการประเมินการเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวของวัสดุ⁶ ค่าความแข็งแรงมีความสัมพันธ์กับความทนแรงอัด ความทนต่อการสึกของวัสดุ เสถียรภาพระยะยาวของวัสดุเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมของช่องปาก และค่าความแข็งแรงยังเป็นตัวบ่งชี้ การเปลี่ยนแปลงจากคาร์บอนพันธะคู่เป็นพันธะเดี่ยว (degree of conversion) ของมอนอเมอร์

การวัดความแข็งแรงของวัสดุในงานทันตกรรมนิยมใช้การทดสอบความแข็งแรงแบบวิกเกอร์ส (Vicker hardness testing) เนื่องจากการทดสอบนี้เหมาะกับวัสดุที่มีขนาดเล็กและมีความแข็งแรงสูง⁷ บทความนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงระดับจุลภาควิกเกอร์สของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน ที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ ได้แก่ เซอร์โคเนียเมอร์ อิมพรูฟ เทียบกับไจโอเมอร์และเรซินคอมโพสิต โดยมีสมมติฐานว่าค่าความแข็งแรงของเซอร์โคเนียเมอร์ อิมพรูฟ เทียบกับไจโอเมอร์ และเรซินคอมโพสิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาค่าความแข็งแรงของ เซอร์โคเนียเมอร์ อิมพรูฟ ยังไม่มีการเผยแพร่ในวารสารใดจากการทบทวนวรรณกรรมในช่วงปี ค.ศ. 2017 ถึงปี ค.ศ. 2019 การเลือกวัสดุบูรณะฟันนั้นมียอดประกอบหลายอย่างโดยค่าความแข็งแรงนั้นอาจเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการเลือกใช้กลาสไอโอโนเมอร์ที่เสริมแรงด้วยเซอร์โคเนียในการบูรณะฟันหลัง

วัตถุประสงค์และวิธีการ

วัสดุอุดฟัน

เซอร์โคเนียเมอร์ อิมพรูฟ (Zirconomer improved, Shofu Inc), ไจโอเมอร์ (Beautifil II, Shofu Inc), เรซินคอมโพสิต ชนิดนาโนฟิลล์ (Filtek™ Z350 XT Universal Restorative, 3M ESPE, USA) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดวัสดุอุดฟันที่ใช้ทดสอบ

วัสดุ	บริษัทผู้ผลิต	ส่วนประกอบ
Zirconomer improved	Shofu INC, Japan	Fluoroaluminosilicate glass, Zirconium oxide pigments, Polyacrylic acid solution, Tartaric acid
Beautifil II	Shofu INC, Japan	Multifunctional glass filler and S-PRG (Surface Pre-reacted glass-ionomer) Aluminofluoro-borosilicate glass, Aluminum oxide, Bis-GMA, TEGDMA Filler load 83.3%wt (68.6%vol) shade A2
Filtek™ Z350 XT Universal Restorative	3M ESPE, USA	Nanosilica fillers, agglomerates zirconia/silica particles, UDMA, Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA Filler load (63.3%vol) shade A2

วิธีการทดลอง

ทำการเตรียมชิ้นทดสอบดังตารางโดยจำนวนตัวอย่างละ 15 ชิ้น โดยจะมีชิ้นทดสอบรวมทั้งหมด 45 ชิ้น ทดสอบความแข็งแรงวัสดุตามวิธีการของ Alireza⁸ โดยทำการผสมวัสดุเซอริโคโนเมอร์ อิมพรัฟ ตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนดแล้วบรรจุในแบบพิมพ์ที่ทำ

ด้วยโลหะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จากนั้นอัดวัสดุด้วยกระจกสไลด์ที่หุ้มด้วยพลาสติกผิวเรียบเพื่อไล่อากาศและนำลูกตุ้มน้ำหนักคงที่ 0.5 กิโลกรัม วางทับลงบนกระจกสไลด์เป็นเวลา 5 นาที แล้วกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออก นำวัสดุออกจากแม่พิมพ์และทาด้วยปิโตรเลียมเจลลี่ (รูปที่ 1)



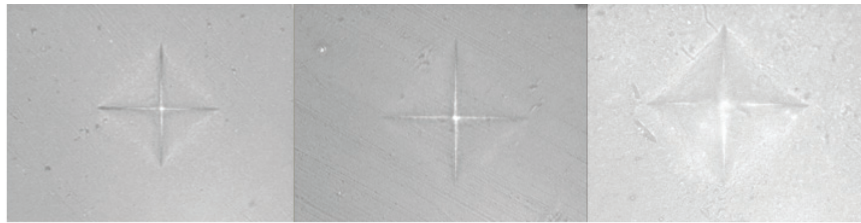
รูปที่ 1 แบบพิมพ์ที่ทำด้วยโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. หนา 2 มม. และชิ้นทดสอบ เซอริโคโนเมอร์ อิมพรัฟ เรซินคอมโพสิต และโจโอเมอร์ ตามลำดับ

กลุ่มเรซินคอมโพสิตและโจโอเมอร์นำวัสดุบรรจุใส่แบบพิมพ์เช่นเดียวกันปิดด้วยกระจกสไลด์ที่หุ้มด้วยพลาสติกผิวเรียบจากนั้นฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม(LED dental curing light) ยี่ห้อ Demi™ plus ด้านละ 20 วินาที นำวัสดุออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยชิ้นทดสอบทั้งหมด จะถูกนำมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าที่ละชิ้น เพื่อตรวจว่าไม่มีฟองอากาศหรือรอยร้าวก่อนจะนำชิ้นทดสอบทั้งหมดไปวัดค่าความแข็งแรงผิวตามช่วงเวลาที่กำหนดคือ 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 7 วัน วัดความแข็งแรงผิวด้วยเครื่อง Micro hardness tester รุ่น : FM-ARS 9000 วัดแบบวิกเกอร์แรงกด 100 กรัม เป็นเวลา 10 วินาที ทำการวัด 5 จุด ด้านบนของแต่ละชิ้นทดสอบโดยวัดบริเวณจุดกึ่งกลางและแบ่งพื้นที่ชิ้นทดสอบเป็น 4 ส่วนแล้ววัดแต่ละส่วนอีกอย่างละ 1 จุด โดยแต่ละจุดต้องห่างกันอย่างน้อย 100 ไมโครเมตร โดยรอยกดที่ได้จะถูกนำมา

ประเมินผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 500 เท่าและค่าความแข็งแรงผิววิกเกอร์ที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ย⁹ เมื่อวัดเสร็จระหว่างรอช่วงเวลาการวัดในครั้งถัดไปชิ้นทดสอบจะถูกเก็บในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวในแต่ละกลุ่มโดยใช้สถิติ one-way ANOVA

ผล

ในการศึกษครั้งนี้ทำการวัดค่าความแข็งแรงผิวของวัสดุบูรณะฟัน 3 ชนิด ได้แก่ เรซินคอมโพสิต โจโอเมอร์ และเซอริโคโนเมอร์ อิมพรัฟ ใน 3 ช่วงเวลา คือ 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 7 วัน ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าวัสดุทุกกลุ่มของการทดลองมีค่าความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงและ 7 วัน (รูปที่ 2)



Resin composite

Giomer

Zirconomer improved

รูปที่ 2 ลักษณะวัสดุเรซินคอมโพสิต ไจโอเมอร์และเซอร์โคโนเมอร์ อิมพ루ฟ ที่มีรอยของหัวกดของการทดสอบค่าความแข็งผิววิกเกอร์ส ผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 500 เท่า

เมื่อพิจารณาในแต่ละช่วงเวลาพบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งผิวของเรซินคอมโพสิตและไจโอเมอร์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเรซินคอมโพสิตมีค่าความแข็งผิวอยู่ในช่วง 72-74 kg/mm² และ ไจโอเมอร์อยู่ในช่วง 47-48 kg/mm²

เมื่อพิจารณาเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟในแต่ละช่วงเวลาพบว่าค่าความแข็งผิวมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ 1

ชั่วโมง มีค่าความแข็งผิวต่ำสุดมีค่าอยู่ที่ 40.55 kg/mm² ที่ 24 ชั่วโมง มีค่าความแข็งผิวเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 53.06 kg/mm² และที่ 7 วัน มีค่าโดยจะมีค่าความแข็งผิวสูงสุด ความแข็งผิวอยู่ที่ 76.82 kg/mm² และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าช่วงระยะเวลาทดสอบมีผลต่อความแข็งผิวของเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

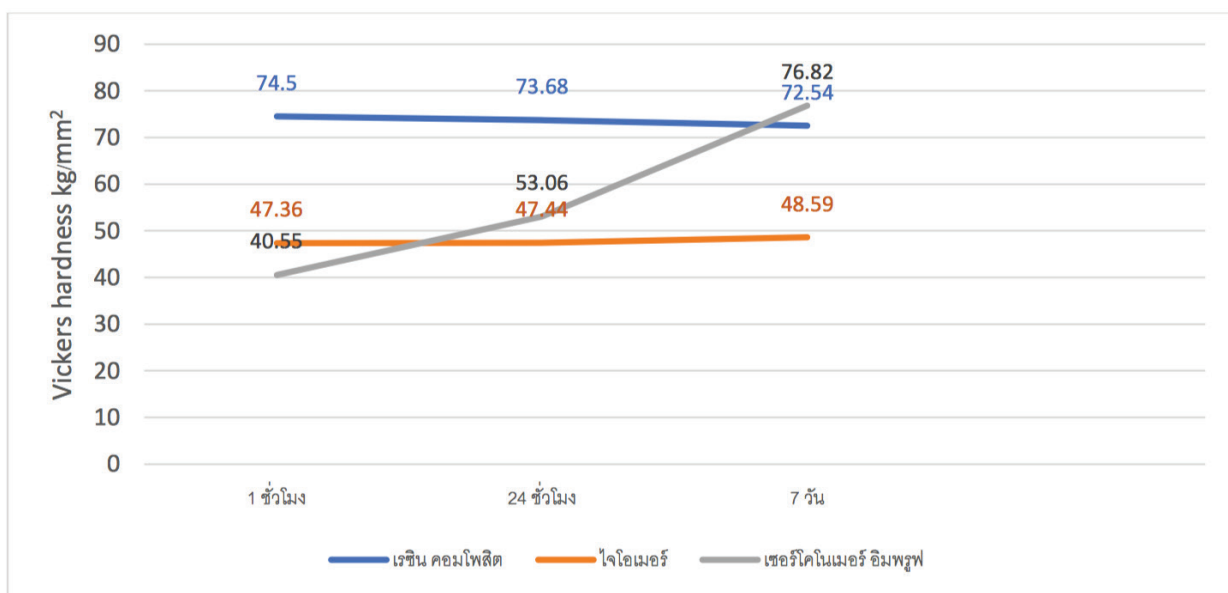
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวของวัสดุ เรซินคอมโพสิต ไจโอเมอร์และเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟที่ช่วงเวลาต่างๆ

ค่าความแข็งผิว (kg/mm ²)				p - value
กลุ่ม	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	7 วัน	
เรซินคอมโพสิต	74.50 ± 2.29 ^a	73.68 ± 0.91 ^a	72.54 ± 1.10 ^a	0.179
ไจโอเมอร์	47.36 ± 2.05 ^b	47.44 ± 1.94 ^b	48.59 ± 1.95 ^b	0.560
เซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ	40.55 ± 2.88 ^c	53.06 ± 2.74 ^d	76.82 ± 3.04 ^e	0.001

หมายเหตุ (mean ± SD, n=5) ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแต่ละวัสดุในช่วงเวลาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการทดลอง ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงค่าความแข็งผิวของเรซิน คอมโพสิต มีค่าสูงที่สุด คือ 74.50 kg/mm² ในขณะที่ ไจโอเมอร์ และ เซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ มีค่า ต่ำกว่า คือ 47.36 และ 40.55 kg/mm² ตามลำดับ และที่เวลา 24 ชั่วโมง ค่าความแข็งผิวของเรซินคอมโพสิตและไจโอเมอร์ มีค่าไม่แตกต่างจาก

1 ชั่วโมง ในขณะที่เซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ มีค่าเพิ่มขึ้น 53.06 kg/mm² และที่ 7 วัน พบว่าค่าความแข็งผิวของเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรูฟ มีค่า 76.82 kg/mm² ซึ่งมีค่ามากกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีค่าความแข็งผิวอยู่ที่ 72.54 kg/mm² (แผนภูมิที่ 1)



แผนภูมิที่ 1 ค่าความแข็งผิวเฉลี่ยของวัสดุบูรณะฟัน เรซินคอมโพสิต ใสโอเมอร์และเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรัฟ เปรียบเทียบในช่วงเวลา ต่าง ๆ

วิจารณ์

การทดสอบค่าความแข็งผิวของวัสดุบูรณะฟัน พบว่าการศึกษานี้ค่าของความแข็งผิวของ เรซินคอมโพสิตมีผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองอื่น เช่นการศึกษาของ Pontes¹⁰ Kaminedi¹¹ และค่าความแข็งผิวของใสโอเมอร์ ก็ให้ค่าที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Tanthanuch¹², Garoushi¹³ จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งผิวของทั้งเรซินคอมโพสิตและใสโอเมอร์ มีค่าคงเดิมซึ่งอธิบายได้จากหลายการศึกษาเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุเกิดจากปฏิกิริยาการบ่มตัวด้วยแสง (photo polymerization) จากสารเริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ได้แก่ แคมพลอร์ควิโนน (camphorquinone) และ tertiary amine ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นและเสร็จสมบูรณ์ บริเวณผิวของวัสดุมีการสัมผัสกับอากาศทำให้มีโมโนเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเรียกว่าชั้นออกซิเจนอินฮิบิติง (oxygen inhibiting layer) ซึ่งมีความหนาตั้งแต่ 10 – 200 μm แม้ว่าจะทำการตกแต่งรูปร่างหรือทำการขัดก็ไม่สามารถกำจัดชั้นนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งชั้นออกซิเจนอินฮิบิติงมีผลต่อค่าความแข็งผิวของวัสดุโดยวัสดุที่ถูกขัดจะมีค่าความแข็งผิวสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้โพลีเอสเตอร์สตริป (polyester strip) ช่วยป้องกันและลดการเกิด ออกซิเจนอินฮิบิติงได้ดีที่สุด¹⁴ นอกจากนั้นแล้วการขัดยังทำให้ค่าความแข็งผิวของกลาสไอโอโนเมอร์เพิ่มขึ้น¹⁵ แต่ในหลายการศึกษาแนะนำให้ขัดกลาสไอโอโนเมอร์หลัง 24 ชม.^{16,17} ในการทดลองนี้ไม่ได้ทำการขัดผิวของตัวอย่างทดสอบเพราะข้อจำกัดด้านเวลาของขั้นตอนทดสอบที่ 1 ชั่วโมง แต่มีการใช้โพลีเอสเตอร์สตริปในการปิดเพื่อช่วยทำให้ผิวขึ้นทดสอบเรียบและลดชั้นออกซิเจนอินฮิบิติง

ในการทดลองนี้ วัสดุที่ใช้ได้แก่ใสโอเมอร์และเรซินคอมโพสิตจัดอยู่ในกลุ่ม เมทาคริเลต เบส คอมโพสิต (methacrylate-base composite) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักเหมือนกันคือ วัสดุอัดแทรก (filler) เรซินเมทริกซ์ และสารคู่ควบ (coupling agent)¹⁸ จากผลการทดลอง พบว่าค่าความแข็งผิวของเรซิน คอมโพสิตมีค่าสูงกว่าใสโอเมอร์ อาจจะมาจากเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นชนิดนาโนฟิลล์ที่มีวัสดุอัดแทรกที่สูง (63.39vol) และวัสดุอัดแทรกมีขนาดเล็กทำให้การเรียงตัวมีความหนาแน่น มีผลทำให้มีค่าความแข็งผิวสูงกว่าใสโอเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kooi¹⁹ การมีปริมาณวัสดุอัดแทรกที่สูงมีผลต่อคุณภาพของวัสดุ เช่น ความทนแรงอัดที่สูง การหดตัวเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ต่ำ อัตราการสึกต่ำ มีความแข็งผิวสูงขึ้น จากการศึกษาของ Alzraikat²⁰ พบว่าค่าความแข็งผิวของเรซิน คอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ มีค่าสูงกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริดและไมโครฟิลล์ เนื่องจากการที่มีวัสดุอัดแทรกที่มากและอัดตัวกันอย่างหนาแน่น

แต่อย่างไรก็ตามใสโอเมอร์ก็มีปริมาณวัสดุอัดแทรกที่สูง (68.6%vol) เช่นกัน จากการศึกษาของ Schulze²¹ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งผิวไม่ใช่เพียงแค่องค์ประกอบของวัสดุอัดแทรก เช่น ขนาด และมีปริมาณวัสดุอัดแทรกที่มากแต่ขึ้นปัจจัยหลายอย่างได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี การกระจายตัวและชนิดของวัสดุอัดแทรก การมีฟองอากาศในวัสดุอัด การไม่เป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ หรือการมีผิวหน้าที่ถูกยับยั้งด้วยชั้นออกซิเจนอินฮิบิติง

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ค่าความแข็งผิวของเซอร์โคโนเมอร์ อิมพรัฟ เทียบกับใสโอเมอร์และเรซินคอมโพสิต ชนิดที่นำมาทดสอบ

นี้ ใน 3 ช่วงเวลามีค่าความแข็งผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ มีค่าความแข็งผิวที่ 7 วันสูงกว่าที่ 24 ชั่วโมงและ 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งผิวมีส่วนเกี่ยวข้องกับระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว ปรากฏการณ์นี้ เกิดขึ้นหลังจากขั้นตอนการเกิดเจลเลชัน (gelation phase) และเกี่ยวข้องกับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของการเชื่อมต่อนของเกล็ดออลูมิเนียมในวัสดุ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุจากปฏิกิริยาการก่อตัวของกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ซึ่งอาศัยปฏิกิริยาการตอบสนองซึ่งจะเสร็จสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ทำให้การวัดคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ 1 ชั่วโมงยังได้ค่าที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม พบว่ายังคงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องขององค์ประกอบหลังจาก 24 ชั่วโมงและพบว่าบางผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ความแข็งผิวของวัสดุเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือนยังคงมีค่าใกล้เคียงกับเวลา 24 ชั่วโมง²² แต่ก็มีหลายการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวของกลาสไอโอโนเมอร์ยังคงมีการดำเนินต่อไปจนถึง 14 วัน²³ หรือในบางการศึกษาพบว่าค่าความแข็งผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ยังเพิ่มขึ้นและคงที่ที่ 180 วัน⁶

การศึกษาคุณสมบัติการวัดค่าที่ 1 ชั่วโมงหลังจากผสมวัสดุเป็นการจำลองสภาวะในกรณีที่วัสดุอยู่ในช่องปากและได้สัมผัสแรงจริง ซึ่งการทดลองในครั้งนี้พบว่าค่าความแข็งผิวที่ 1 ชั่วโมงของเซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ มีค่า 40.55 kg/mm² ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ซึ่งอยู่ในช่วง 12-26 kg/mm²²² แต่ในก็พบว่าเซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ ยังคงมีค่าความแข็งผิวน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตและโจโอเมอร์ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์สของเซอรโคโนเมอร์ที่ 24 ชั่วโมง จากการศึกษาของ Sharafeddin³ มีค่าเท่ากับ 46.70 kg/mm² และในการศึกษาของ Asafarlal มีค่า 54.21 kg/mm²²⁴ ในการทดลองครั้งนี้ที่เวลา 24 ชั่วโมง ค่าของเซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ มีค่า 53.06 kg/mm² ซึ่งมีทั้งค่าที่มากกว่าและใกล้เคียงกับเมื่อเทียบกับ

กับเซอรโคโนเมอร์ คาดว่ามีสาเหตุมาจากองค์ประกอบของวัสดุทั้งสองใกล้เคียงแต่แตกต่างกันที่ลักษณะของวัสดุอัดแทรกเซอรโคเนียซึ่งในเซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ เป็นวัสดุอัดแทรกเซอรโคเนียขนาดนาโน ที่การทดลองวัดค่าความแข็งผิวที่ 7 วัน เซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ มีค่า 76.82 kg/mm² ซึ่งมีค่ามากกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีค่าความแข็งผิวอยู่ที่ 72.54 kg/mm²

การทดลองในครั้งนี้ทำการวัดค่าความแข็งผิววิกเกอร์สภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 500 เท่าและทำการกดพบว่าลักษณะของพื้นผิวของเรซินคอมโพสิต และโจโอเมอร์ มีลักษณะพื้นผิวที่เป็นเนื้อเดียวกันและเรียกว่าในขณะที่เซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟจะมีลักษณะของพื้นผิวที่มีรูพรุน

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในกลุ่มของวัสดุที่นำมาทดสอบเซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ มีค่าความแข็งผิวสูงกว่าเรซินคอมโพสิตเมื่อวัดที่ระยะเวลา 7 วัน จากคุณสมบัตินี้เองเซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ อาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการพิจารณาใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันหลัง การที่เซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟมีค่าความแข็งผิวที่สูง บ่งบอกถึง ความต้านทานต่อแรงบดเคี้ยวและความทนต่อการสึกของวัสดุเมื่อเทียบกับเรซินคอมโพสิตที่มีการใช้เป็นวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันในฟันหลัง ประกอบกับลักษณะเด่นของกลาสไอโอโนเมอร์ในการยึดติดกับเนื้อฟันและปลดปล่อยฟลูออไรด์ ทำให้เซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการบูรณะฟันหลัง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมองจากกล้องจุลทรรศน์พบว่า เซอรโคโนเมอร์ อิมพรุฟ มีลักษณะของพื้นผิวที่มีรูพรุน และความไม่สม่ำเสมอของวัสดุ รวมถึงปัจจัยเรื่องความคงตัวของอัตราส่วนของผงต่อน้ำในการผสมวัสดุ ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติและการเลือกใช้งานของวัสดุ ซึ่งในการเลือกใช้วัสดุบูรณะฟัน ควรมีการศึกษาครอบคลุมคุณสมบัติอื่นๆ ของวัสดุและการศึกษาในระยะเวลาที่นานขึ้น รวมถึงผลการศึกษาทางคลินิกต่อไป

References

1. Dalli M, Çolak H, Mustafa Hamidi M. Minimal intervention concept: a new paradigm for operative dentistry. J Invest Clin Dent 2012;3:167-75.
2. Kopperud SE, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I. Longevity of posterior dental restorations and reasons for failure. Eur J Oral Sci 2012;120:539-48.
3. Sharafeddin F, Shoale S, Kowkabi M. Effects of different percentages of microhydroxyapatite on microhardness of resin-modified glass-ionomer and zirconomer. J Clin Exp Dent 2017;9:e805-e811.
4. Gordan VV, Blaser PK, Watson RE, Mjör IA, McEdward DL, Sensi LG, et al. A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year recall examination. J Am Dent Assoc 2014;145:1036-43.
5. Albeshti R, Shahid S. Evaluation of Microleakage in Zirconomer®: A Zirconia Reinforced Glass Ionomer Cement. Acta Stomatol Croat 2018;52:97-104.
6. Zanata RL, Magalhaes AC, Lauris JR, Atta MT, Wang L, Navarro MF. Microhardness and chemical analysis of high-viscous glass-ionomer cement after 10 years of clinical service as ART restorations. J Dent 2011;39:834-40.

7. Wang L, D'Alpino PHP, Lopes LG, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci* 2003;11:162-7.
8. Moshaverinia A, Brantley WA, Chee WW, Rohpour N, Ansari S, Zheng F, et al. Measure of microhardness, fracture toughness and flexural strength of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer dental cements. *Dent Mater* 2010;26:1137-43.
9. Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P, Sfeikos T. Effect of Three Clinical Curing Treatments on Fluoride Release and Surface Hardness of Glass-Ionomer Cements. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2017;37: e197-e203.
10. Pontes LF, Alves EB, Alves BP, Ballester RY, Dias C, Silva CM. Mechanical properties of nanofilled and microhybrid composites cured by different light polymerization modes. *Gen Dent* 2013;61:30-3.
11. Kaminedi RR, Penumatsa NV, Priya T, Baroudi K. The influence of finishing/polishing time and cooling system on surface roughness and microhardness of two different types of composite resin restorations. *J Inter Soc Prev Community Dent* 2014;4:599-104.
12. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Siriporananon C, Ornprasert N, Mettasitthikorn W, Likhitpreeda S, et al. The effect of different beverages on surface hardness of nanohybrid resin composite and giomer. *J Conserv Dent* 2014;17:261-5.
13. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dent Mater J* 2018;37: 293-300.
14. Strnad G, Kovacs M, Andras E, Beresescu L. Effect of curing, finishing and polishing techniques on microhardness of composite restorative materials. *Procedia Technology* 2015;19:233-8.
15. Bala O, Arisu HD, Yikilgan I, Arslan S, Gullu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *Eur J Dent* 2012;6:79-86.
16. Irie M, Suzuki K, Watts DC. Delayed polishing technique on glass-ionomer restorations. *Japanese Dental Science Review* 2009;45:14-22.
17. Madhyastha PS, Hegde S, Srikant N, Kotian R, Iyer SS. Effect of finishing/polishing techniques and time on surface roughness of esthetic restorative materials. *Dent Res J* 2017;14:326-30.
18. Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater* 2010;26:337-44.
19. Kooi T, Tan Q, Yap AU, Guo W, Tay KJ, Soh MS. Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Oper Dent* 2012;37:665-71.
20. Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, Taha NA. Nanofilled resin composite properties and clinical performance: a review. *Oper Dent* 2018;43:E173-E190.
21. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater* 2003;19:612-9.
22. Moberg M, Brewster J, Nicholson J, Roberts H. Physical property investigation of contemporary glass ionomer and resin-modified glass ionomer restorative materials. *Clin Oral Investig* 2019;23:1295-308.
23. Ellakuria J, Triana R, Minguez N, Soler I, Ibaseta G, Maza J, et al. Effect of one-year water storage on the surface microhardness of resin-modified versus conventional glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2003;19:286-90.
24. Asafarlal S. Comparative Evaluation of Microleakage, Surface Roughness and Hardness of Three Glass Ionomer Cements–Zirconomer, Fujii IX Extra GC and Ketac Molar. *An. Vitro*; 2017.