

COMPARISON OF SURFACE ROUGHNESS OF NANOFILLED AND NANOHYBRID RESIN COMPOSITES AFTER USING DIFFERENT POLISHING SYSTEMS

Pacharapon LIMWONGTHONG¹ and Kornkamon SUKJIT¹

1 Restorative Department, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand

ARTICLE HISTORY

Received: 1 September 2025

Revised: 22 September 2025

Published: 7 October 2025

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to compare the surface roughness of nanofilled and nanohybrid resin composites after polishing with four different systems. **Materials and methods:** Twenty composite specimens were made in square stainless steel mold for each resin composites (total = 40 specimens, n = 5 for subgroup). Dimension of each specimen is 10x10x2 mm. The surface roughness of specimens were subsequently measured using profilometer for statical comparison. Results were analysed by two-way ANOVA and Bonferroni multiple comparison tests ($p < 0.05$). **Results:** Both material type and polishing system significantly affected surface roughness ($p < 0.05$). Among the polishing systems, Sof-Lex Disc produced the lowest surface roughness values, which were statistically lower compared with the other groups ($p < 0.05$). When comparing the two resin composites, Brilliant EverGlow demonstrated significantly smoother surfaces than Filtek Z350XT ($p < 0.05$) when polished with the Enhance®/PoGo® system. **Conclusion:** Within the limitations of this study, both Filtek Z350XT and Brilliant EverGlow showed the lowest surface roughness values when polished with the Sof-Lex Disc system, indicating that the choice of polishing system plays a critical role in achieving optimal surface smoothness.

Keywords: Resin Composites, Nanofilled, Nanohybrid, Surface Roughness, Polishing Systems

CITATION INFORMATION: Limwongthong, P., & Sukjit, K. (2025). Comparison of Surface Roughness of Nanofilled and Nanohybrid Resin Composites after Using Different Polishing Systems. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(10), 42

การเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลด์และนาโนไฮบริดภายหลังการขัดด้วยหัวขัดระบบต่างชนิดกัน

พชรพล ลิ้มวงษ์ทอง¹ และ กรกมล สุขจิตร์¹

¹ คณะทันตแพทยศาสตร์ สาขาทันตกรรมบูรณะ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลด์และนาโนไฮบริด ภายหลังการขัดด้วยหัวขัด 4 ระบบ ที่แตกต่างกัน วัสดุอุปกรณ์และวิธีวิจัย: ชิ้นงานตัวอย่างเรซินคอมโพสิตจำนวน 20 ชิ้น ถูกสร้างขึ้นโดยใช้แม่พิมพ์สแตนเลสทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับแต่ละชนิดของเรซินคอมโพสิตขนาด 10×10×2 มิลลิเมตร (รวม 40 ชิ้น โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย n = 5) จากนั้นทำการขัดตามระบบที่กำหนดและวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ ผลการทดลองถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติ two-way ANOVA และการทดสอบ Bonferroni multiple comparison ($p < 0.05$) ผลการวิจัย: พบว่าประเภทของวัสดุและระบบหัวขัดมีผลต่อค่าความหยาบผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยซอฟต์แวร์เล็กซ์ดิสก์ให้ค่าความหยาบต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุพบว่าบริลเลียนท์เอเวอร์โกลด์มีค่าความหยาบผิวดำกว่าฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอกซ์ทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโก บทสรุป: พบว่า ทั้งกลุ่มฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอกซ์ทีและบริลเลียนท์เอเวอร์โกลด์ที่ขัดด้วยซอฟต์แวร์เล็กซ์ดิสก์ ให้ความหยาบผิวน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: เรซินคอมโพสิต, นาโนฟิลด์, นาโนไฮบริด, ค่าความหยาบผิว, ระบบหัวขัด

ข้อมูลการอ้างอิง: พชรพล ลิ้มวงษ์ทอง และ กรกมล สุขจิตร์. (2568). การเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลด์และนาโนไฮบริดภายหลังการขัดด้วยหัวขัดระบบต่างชนิดกัน. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(10), 42

บทนำ

วัสดุบูรณะสีเหมือนเนื้อฟัน (tooth-colored material) เรซินคอมโพสิต (resin composite) เป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถบูรณะได้ทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง จากความต้องการของผู้ป่วยในการรักษาควบคู่กับความสวยงามนั้นมีเพิ่มมากขึ้น การยึดติดกับเนื้อเยื่อฟันธรรมชาติร่วมกับสารยึดติด และเป็นฉนวนความร้อน ความสำเร็จทางคลินิกของเรซินคอมโพสิตสามารถวัดที่ความสวยงามและอายุการใช้งานที่ยาวนาน (longevity) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับความเรียบของผิววัสดุที่เกิดจากการขัดอย่างมีคุณภาพ อย่างไรก็ตามพบว่าวัสดุดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะต้องได้รับการรื้อออกใหม่เนื่องจากผิวที่มีความหยาบมักจะก่อให้เกิดการผุซ้ำ รอยร้าวตามขอบวัสดุ และการเปลี่ยนสีของวัสดุ (Jefferies, 2007; Mjör et al., 2000) เพื่อให้งานบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตประสบความสำเร็จที่สูงนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีพื้นผิวของวัสดุที่เรียบและเงา การขัดผิวเรซินคอมโพสิตที่ไม่เพียงพอสามารถก่อให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ การอักเสบของเหงือก การเปลี่ยนสีของตัววัสดุ และยังสามารถทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่พอใจที่บริเวณผิวสัมผัสนั้น (Aykent, et al., 2010; Weitman & Eames, 1975; Bollenl, 1997) ปัจจัยที่มีผลต่อการขัดนั้นประกอบไปด้วยประเภทของเรซินคอมโพสิต เรซินโมโนเมอร์ ปริมาณและประเภทของวัสดุอุดแทรก (filler) และระบบหัวขัดต่างๆ โดยทั้งหมดนี้มีผลต่อความเรียบของผิววัสดุหลังจากการขัดทั้งสิ้น (Yap et al., 1997; Marghalani, 2010)

ปัจจุบันวัสดุนาโนฟิลด์และนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต (nanofilled and nanohybrid resin composite) ได้มีการพัฒนาจนทำให้วัสดุดังกล่าวสามารถขัดให้มีความหยาบน้อยได้เทียบเท่ากับไมโครฟิลด์เรซิน คอมโพสิต ถึงแม้ว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิดจะมีปริมาณเรซินแมทริกซ์น้อยกว่าไมโครฟิลด์เรซินคอมโพสิต แต่ขนาดของวัสดุอุดแทรกมีขนาดเล็กระดับนาโน ทำให้เวลาเกิดหลุมบริเวณที่วัสดุอุดแทรกหลุดหลังขัดมีขนาดเล็กมาก (ปิยนารถ เอกวรพจน์, 2557; เจลิมพล ลีไวโรจน์ และ มนตรี จันทรมังกร, 2550) จึงทำให้มีผู้สนใจศึกษาระบบขัดที่มีผลต่อความหยาบผิวของนาโนฟิลด์และนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต และพบว่าการศึกษาดังกล่าวยังมีผลที่ค่อนข้างขัดแย้งกันในเรื่องของค่าความหยาบของระบบขัดต่างชนิดกัน

ฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ที (Filtek Z350XT) เป็นนาโนฟิลด์เรซินคอมโพสิตที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จากการศึกษา ก่อนหน้าพบว่า ฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ทีสามารถให้ค่าความหยาบน้อยสุดเมื่อเทียบกับเตตริกอีโวซีแรม (Tetric EvoCeram) เอสเทต เอกซ์ (Esthet-X) ฟิลเทคแซตสองห้าศูนย์ (Filtek Z250) และแกรนด์โอ (Grandio) (Nair et al., 2016; Nithya et al., 2020) และจากการศึกษาของ Vinagre และคณะ ในปี ค.ศ.2023 พบว่า บริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ (Brilliant EverGlow) เป็นนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิตที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Coltene สามารถขัดให้ได้ค่าความหยาบน้อยสุดเมื่อเทียบกับฟิลเทคซูพรีมเอกซ์ทีอี (Filtek Supreme XTE) ซึ่งเป็นนาโนฟิลด์เรซินคอมโพสิตและเรซิน คอมโพสิตชนิดอื่นๆ (Vinagre et al., 2023) อย่างไรก็ตาม การศึกษาค่าความหยาบผิวของบริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ยังมีน้อย และยังไม่พบว่ามีผลการนำมาขัดเทียบกับฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ที นอกจากนี้บริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ยังถูกพัฒนาให้มีระบบโทนสีคู่ (duo shade system) ทำให้การเลือกสีเป็นไปได้ง่ายขึ้น เนื่องจากมีการรวม 2 โทนสีของวิต้า (vita shade) ให้กลายเป็น 1 โทนสี เพื่อให้เรซินคอมโพสิตชนิดนี้มีสีที่กลมกลืนไปกับฟัน

การศึกษานี้จึงมีความสนใจศึกษาเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวของฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ที และ บริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ ภายหลังการขัดด้วยหัวขัด 4 ระบบ ได้แก่ เดียเทคเชปการ์ด (Diatech Shapeguard, Coltene) เอนฮานซ์ และโปโก (Enhance® และ PoGo®, 3M ESPE) ซอฟเล็กซ์ดิสก์ (Sof-Lex disc, 3M ESPE) และวันกลอสส์ร่วมกับสารป้ายไคเรกเดีย (OneGloss และ DirectDia, Shofu) ด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ (profilometer)

การทบทวนวรรณกรรม

ประเภทของเรซินคอมโพสิตในวัย (resin composite classification)

เป็นการนำนาโนเทคโนโลยีมาผลิตทำให้วัสดุอัดแทรกมีขนาดเล็กลงถึง 0.001 ถึง 0.01 ไมโครเมตร และมีการพัฒนาการยึดติดกันระหว่างวัสดุอัดแทรกและเรซินแมทริกซ์ให้ดียิ่งขึ้น ทำให้เรซินคอมโพสิตชนิดนี้มีความแข็งแรงที่มากเนื่องจากสามารถอัดใส่ปริมาณวัสดุอัดแทรกได้เยอะ และสามารถขัดให้เรียบเงาเนื่องจากขนาดของวัสดุอัดแทรกที่เล็กมาก (Alzraikat et al., 2018) สามารถแบ่งเรซินคอมโพสิตชนิดนี้ได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

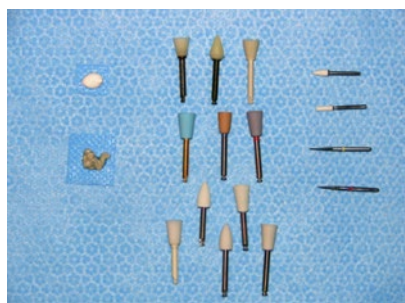
1) นาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต (Nanofilled resin composites) มีวัสดุอัดแทรก 2 แบบภายใน ได้แก่ นาโนเมอร์ (Nanomers) เป็นอนุภาคเล็กเดี่ยวที่ถูกสร้างขึ้นจากโครงสร้างของเซอร์โคเนีย (zirconia) หรือซิลิกา (silica) แล้วนำไปเตรียมผิวด้วยสารคู่ควบไฮโดรเจนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะกับเรซินแมทริกซ์ และนาโนคลัสเตอร์ (Nanoclusters) เป็นการนำอนุภาคข้างต้นมารวมเป็นกลุ่มก้อน (agglomeration) ภายใต้อุณหภูมิสูงแล้วเตรียมผิวด้วยสารคู่ควบไฮโดรเจนก่อนนำไปผสมกับนาโนเมอร์และเรซินแมทริกซ์ ทำให้สามารถใส่วัสดุอัดแทรกลงไปได้ถึงประมาณ 78% โดยน้ำหนัก วัสดุนี้จึงมีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อการสึกและแตกหักได้ดี และที่สำคัญคือ สามารถขัดเงาได้ง่าย (Alzraikat et al., 2018; Eakle & Bastin, 2019; Khurshid et al., 2015)

2) นาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต (Nanohybrid resin composites) ประกอบไปด้วย วัสดุอัดแทรกขนาดนาโนและขนาดไมโครผสมกัน ขนาดของอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 0.005 ถึง 0.02 ไมโครเมตร ทำให้สามารถขัดวัสดุได้เรียบเงาและสวยงาม มีความแข็งแรงและด้านการสึกที่สูง (Eakle & Bastin, 2019)

จากผลการทดลองของ Zhang และคณะ ในปี ค.ศ.2021 พบว่า เดตรีกอว์สกีแรม และฮาร์โมนิซ (Harmonize) ซึ่งเป็นนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิตสามารถขัดให้ได้ค่าความหยาบน้อยที่สุด (0.225 ไมโครเมตร) เมื่อนำไปเทียบกับฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์ซึ่งเป็นนาโนฟิลล์และฟิลเทคแซดสองห้าศูนย์ซึ่งเป็นไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิต (เรซินคอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด ได้ค่าความหยาบผิว 0.269 ไมโครเมตร) จากการขัดด้วยซอฟต์แวร์เลกซ์ดีส์ทุกกลุ่มตัวอย่างขึ้นงานอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Zhang et al., 2021)

วัสดุและอุปกรณ์การขัดทางทันตกรรม

เครื่องมือและวิธีการในการตกแต่งและขัดเงาทางทันตกรรมมีหลากหลายวิธี ประกอบไปด้วย หัวกรอคาร์ไบด์ หัวกรอเพชร หัวกรอหิน แผ่นและสายเคลือบผงขัด สารป้ายขัดเงา และหัวยางขัดรูปถ้วย ดอกบัว หรือรูปล้อ เป็นต้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงวัสดุและอุปกรณ์ในการตกแต่งและขัดเงา

มูมขาวบน คือ 2 หัวกรอหินขาวแข็ง (white stone) ที่ทำจากการเผาอะลูมิเนียมออกไซด์ มูมขาวล่าง คือ 2 หัวกรอผงเพชร ผังซ้าย คือ สารป้าย โดยซ้ายบน คือ สารป้ายขาวอะลูมิเนียมออกไซด์ ส่วนซ้ายล่าง คือ สารป้ายเพชร หัวขัดตรงกลางเป็นประเภทหัวขัดยางผงอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือเพชร (Jefferies, 2007)

1) หัวขัดเพชร (diamond finishing bur) หัวขัดเพชรมักถูกใช้ตกแต่งรูปร่างวัสดุที่บูรณะบนตัวฟัน เช่น เรซินคอมโพสิตและพอร์ซเลนให้มีรูปร่างตามทันตกายวิภาคศาสตร์ของฟัน มีกิริยาหลายขนาดตั้งแต่ 7 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร (ภาพที่ 1) (Jung, 1997)

2) หัวขัดยางรูปล้อ ถ้วย และดอกบัว (Rubber wheels, cups, and points) หัวขัดยางมักถูกใช้ในขั้นตอนการตกแต่งรูปร่าง และขัดเงาทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของอนุภาคที่ใช้ หัวขัดยางถูกออกแบบหลากหลายรูปร่างเพื่อให้สามารถเข้าไปทำงานในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดแต่ละอย่างได้ ตามภาพที่ 2 โดยผงขัดที่มักนำไปผสมได้แก่อะลูมิเนียมออกไซด์ ผงขัดเพชร ซิลิกอนคาร์ไบด์ ซิลิกอนไดออกไซด์ และเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Jefferies, 2007; Watanabe et al., 2005) อนุภาคที่นิยมใช้ฝังลงไปในตัวขัดยางมีขนาดประมาณ 40 ไมโครเมตร คือ อะลูมิเนียมไดออกไซด์ (Watanabe et al., 2005) ส่วนอนุภาคขนาดเล็กประมาณ 6 ไมโครเมตร จะนิยมเลือกใช้ออนุภาคเพชรฝังลงไป (Watanabe et al., 2005; Watanabe et al., 2006)



ภาพที่ 2 หัวขัดยางรูปแบบต่างๆ

3) สารป้ายขัดเงา (polishing pastes) สารป้ายขัดวัสดุบูรณะทางทันตกรรมนิยมใช้ออนุภาคผงขัดที่ทำจากอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือเพชร (Jefferies, 1998) ผงขัดอะลูมิเนียมออกไซด์มักใช้คู่กับกลีเซอริน (glycerin based) มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1 ไมโครเมตรหรือน้อยกว่า ส่วนผงขัดเพชรนิยมใช้คู่กับกลีเซอรินเช่นเดียวกันแต่ขนาดอนุภาคผงขัดเฉลี่ยจะใหญ่กว่าอะลูมิเนียมออกไซด์ มีขนาดอยู่ที่ 10 ไมโครเมตร ไปจนถึงน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร (Ashe et al., 1996)

เนื่องด้วยขนาดของอนุภาคที่เล็กมากในสารป้ายขัดเงา จึงถูกนำมาใช้ขัดเงาในขั้นท้ายสุด อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยก่อนหน้านี้มีทั้งการใช้สารป้ายอีนาเมลไลซ์ (Enamelize) และสารป้ายไคเรกเดียในการทดลองพบว่าสารป้ายขัดเงาไม่สามารถขัดเงาให้มีความหยาบได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบหัวขัดชนิดอื่นๆ (Costa et al., 2007; Endo et al., 2010; Elmarsafy et al., 2023) แต่การศึกษาของการขัดด้วยสารป้ายยังมีการศึกษาไม่มากนัก

การศึกษานี้เลือก

1) เดียเทคเชปการ์ด เนื่องจากเป็นหัวขัดที่ยังมีการศึกษาน้อย แต่ให้ผลหลังขัดมีค่าความหยาบน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวันกลอส เอนฮานซ์ คอมโปมาสเตอร์ (CompoMaster) เว็นัสซูพรา (Venus Supra) และโคเมทสไปรัล (Komet spiral) (Elmarsafy et al., 2023; Amaya-Pajares et al., 2022; Wheeler et al., 2020)

2) เอนฮานซ์และโปโก เนื่องจากเป็นระบบหัวขัดที่ได้รับความนิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายและให้ค่าความหยาบได้ใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์ดิสก์ และในงานวิจัยก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่มักใช้เพียงแค่เอนฮานซ์หรือโปโกมาทดสอบเพียงชิ้นเดียว

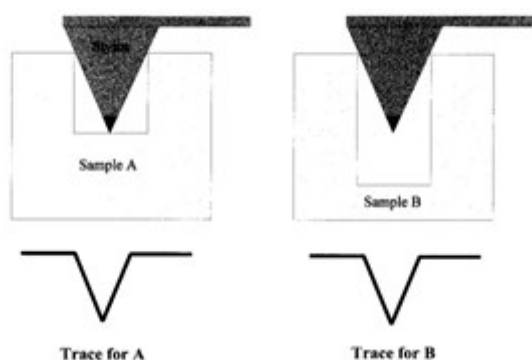
3) ซอฟเล็กซ์ดิสก์ เนื่องจากเป็นระบบหัวขัดที่ได้รับความนิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายและมีหลักฐานจากงานวิจัยส่วนใหญ่ว่าสามารถขัดเรซินคอมโพสิตได้ค่าความหยาบน้อยที่สุด

4) วันกลอสร่วมกับสารป้ายไคเรกเดีย เนื่องจากสารป้ายเป็นวัสดุสำหรับขัดเงาขั้นตอนสุดท้ายที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าระบบหัวขัดอื่นๆ จึงอาจอนุมานได้ว่าจะให้ค่าความหยาบหลังขัดน้อยที่สุด และยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับสารป้ายไม่มากนัก

ความหยาบผิว (Thanaphumphong et al., 2020)

การวัดความหยาบผิวจะคำนวณจากความแตกต่างในแนวแกนตั้ง หรือแกน y จะได้ค่าปกติของผิวจริง (real surface form) เทียบกับค่าที่ควรจะเป็นของวัตถุนั้น (ideal surface form) ส่วนแกนนอน หรือแกน x จะเป็นระยะทางที่หัววัดลากไปบนผิวชิ้นงาน ในด้านการวัดผิว (surface metrology) โดยมีวิธีการวัดลักษณะของผิววัตถุ (surface characterization technique) คือ โปรไฟล์มิเตอร์

ในปัจจุบันโปรไฟล์มิเตอร์แบบสัมผัสจะใช้หัววัดแบบเข็ม (stylus) เป็นตัวสัมผัสกับผิวของวัสดุ หัววัดมักจะทำจากวัสดุที่แข็งมาก (ส่วนใหญ่เป็นหัวเพชร) และมนกลม วิธีการวัดความหยาบผิวนั้นหัววัดจะถูกลากอยู่บนพื้นผิววัสดุ ทำให้เกิดการกดตัวขึ้นลงในแนวตั้งของหัววัด เมื่อลากผ่านบริเวณผิวที่ไม่เรียบ ลักษณะการกดขึ้นลงของหัววัดจะถูกขยายสัญญาณการสั่นสะท้อนแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าและประมวลผลออกมาในรูปของกราฟ และค่าความหยาบผิวในหน่วยไมโครเมตร การวัดด้วยโปรไฟล์มิเตอร์แบบสัมผัสถึงแม้จะมีข้อดีที่ความแม่นยำสูง แต่ก็มีข้อเสียหลายประการ เช่น ความแม่นยำจะลดลงหรือไม่สามารถวัดได้ที่มีร่องลึกแคบๆ หรือมีความบิดเบี้ยวของสันที่สูงชันบนพื้นผิววัสดุ นอกจากนี้ยังมีโอกาสทำให้เกิดความเสียหายบนผิววัสดุจากการลากผ่านของเข็ม ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์หากมีการวัดซ้ำที่ผิวเดิม (Thanaphumphong et al., 2020; Chamchong et al., 2009; Mabilieu & Sabokbar, 2008)



ภาพที่ 3 แสดงหัวเข็มของเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์

สามารถวัดได้เต็มความลึกของร่องหลุมในชิ้นงานตัวอย่าง A แต่ไม่สามารถวัดได้เต็มชิ้นงานตัวอย่าง B ที่ร่องหลุมมีความลึกและแคบมากกว่าขนาดของหัววัด โดยค่าความหยาบที่ได้จากทั้งสองชิ้นงานมีค่าเท่ากัน (Whitehead et al., 1999)

สมมติฐานการวิจัย

1) ผลของระบบหัววัด

H_0 : ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต ภายหลังการขัดด้วยเดี่ยวเทคเซปการ์ด เอนฮานซ์และโปโก ซอฟเล็กซ์ ดิสก์ และวันกลอสร่วมกับสารป้ายไคเรกเดี่ยวไม่แตกต่างกัน

H_A : ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต ภายหลังการขัดด้วยเดี่ยวเทคเซปการ์ด เอนฮานซ์และโปโก ซอฟเล็กซ์ ดิสก์ และวันกลอสร่วมกับสารป้ายไคเรกเดี่ยวแตกต่างกัน

2) ผลของชนิดวัสดุบูรณะ

H_0 : ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ทีและบิลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ ภายหลังการขัดด้วยระบบหัววัดต่างๆไม่แตกต่างกัน

H_A : ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ทีและบิลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ ภายหลังการขัดด้วยระบบหัววัดต่างๆแตกต่างกัน

3) อิทธิพลร่วม

H_0 : อิทธิพลร่วมของชนิดเรซินคอมโพสิตกับระบบหัววัดไม่มีผลต่อความหยาบผิว

H_A : อิทธิพลร่วมของชนิดเรซินคอมโพสิตกับระบบหัววัดมีผลต่อความหยาบผิว

วิธีการดำเนินวิจัย

การออกแบบงานวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาค่าความหยาบผิวของฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ที และบริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ ภายหลังการขัดด้วยหัวขัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ เดียเทคเชปการ์ด เอนฮานซ์และโปโก ซอฟเล็กซ์ดิสก์ และวันกลอสส์ร่วมกับสารป้ายไคเรกเดีย ซึ่งประเมินผลโดยใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตได้ขนาด รูปร่างตามกำหนด อยู่ในระนาบขนานกับพื้นราบ เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตมีรอยแตกหักหรือมีฟองอากาศหลังบ่มตัวเมื่อส่องด้วย กล้องไมโครสโคป

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

จะทำการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยทำการทดลองนำร่อง (pilot study) จำนวน 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้น (Antonson et al., 2011) แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*power 3.1.9.4 ค่า α เท่ากับ 0.05 และ กำลังทดสอบ (1- β) ร้อยละ 80

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1) วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1.1) เรซินคอมโพสิตฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอกซ์ที (Filtek Z350XT ของ 3M ESPE) สี A3 Body และบริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ (Brilliant EverGlow ของ Coltene) สี A3/D3

ตารางที่ 1 เรซินคอมโพสิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ชนิด	แมทริกซ์	วัสดุอัดแทรก	ขนาดอนุภาค (ชนิด)	สี
Filtek™ Z350 XT (3M ESPE, USA)	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA, PEGDMA	ZrO ₂ /SiO ₂ nanocluster, SiO ₂ nanofiller (78.5% โดยน้ำหนัก หรือ 63.3% โดยปริมาตร)	Nanocluster: 0.6-1.4 μ m Nanofiller: 20 nm	A3 Body
Brilliant EverGlow™ (Coltene, Switzerland)	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA	Prepolymerized filler with glass and nano-silica, aggregated and nonaggregated colloidal nanosilica and barium glass (79% โดยน้ำหนัก หรือ 64% โดย ปริมาตร)	20-1,500 nm (Nanohybrid)	A3/D3

1.2) เดียเทคเชปการ์ด (Diatech Shapeguard) เอนฮานซ์และโปโก (Enhance® และ PoGo®) ซอฟเล็กซ์ดิสก์ (Sof-Lex Disc) และวันกลอสส์ร่วมกับสารป้ายไคเรกเดีย (Onegloss และ DirectDia paste)

ตารางที่ 2 ระบบหัวขัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ระบบ	ชนิด	ประเภทผงขัด	อนุภาคผงขัด (μ m)
Diatech Shapeguard (Coltene, Switzerland)	Pink (wheel)	Diamond abrasive particles	4-8
	Gray (wheel)	impregnated in a silicone matrix	1-4

ระบบ	ชนิด	ประเภทผงขัด	อนุภาคผงขัด (μm)
Enhance® และ PoGo® (Dentsply, USA)	Enhance® finishing system (wheel)	Aluminium oxide and silicon dioxide impregnated cured urethane dimethacrylate resin polisher	40
	PoGo® polishing system (wheel)	Diamond and silicon dioxide impregnated cured urethane dimethacrylate resin	7
Sof-lex disc (3M ESPE, USA)	Medium (สีส้มแดง)	Aluminum oxide impregnated in a thermoplastic elastomer matrix	40
	Fine (สีส้ม)		24
	Extra fine (สีเหลือง)		8
OneGloss ร่วมกับ DirectDia paste (Shofu, Japan)	OneGloss (wheel)	Aluminum oxide and silicon dioxide impregnated in synthetic rubber (polyvinylsiloxane)	85
	Paste แนะนำให้ใช้ร่วมกับ Super Snap Buff Disk (เป็นผ้าสักหลาดรูปล้อ)	20% Diamond, Titanium dioxide, Glycerin	2-4

1.3) กระดาษทรายเบอร์ 600

1.4) แผ่นแก้วสไลด์ (Glass slide) หน้า 1 มิลลิเมตร

1.5) ใบมีดเบอร์ 12 (Blade No.12)

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.1) แม่แบบขึ้นรูปวัสดุ (stainless steel mold) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้าง 10*10 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร

2.2) เครื่องฉายแสง 1,000 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร (SmartLite Pro modular LED curing light, Dentsply Sirona, USA)

2.3) เครื่องวัดความเข้มแสง (LITEX® meter, 3M ESPE, USA)

2.4) พลาสติกอินสตรูเมนต์ (Plastic instrument)

2.5) เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner)

2.6) ตาชั่งดิจิทัล (SF-400) มีหน่วยเป็นกรัม

2.7) เครื่องขัดกระดาษทราย (Ecomet™ 3, Buehler, USA)

2.8) ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Test Cabinets NÜve TK 120, Ankara, Turkey)

2.9) โปรไฟล์มิเตอร์แบบเข็ม (Profilometer, SR400-Surface Roughness Tester, Starret, USA)

2.10) ด้ามกรอแบบความเร็วต่ำ (slow speed handpiece)

2.11) กระบอกฉีดยา (triple syringe)

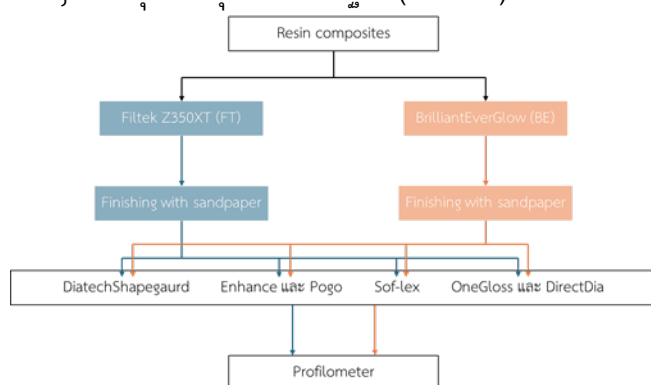
2.12) ที่จับคอนเดนเซอร์ (condenser clamp)

วิธีการดำเนินวิจัย

1) การเตรียมชิ้นงาน

เตรียมชิ้นงานด้วยเรซินคอมโพสิตขึ้นเป็นแผ่นดิสก์ทรงสี่เหลี่ยม ด้วยแม่แบบขึ้นรูปวัสดุสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้าง 10*10 มิลลิเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร โดยแบ่งชิ้นงานออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามชนิดเรซินคอมโพสิต ได้แก่ ฟิลเทคแซตสอง

หาคูณย์เอกซ์ที และบริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ แล้วนำกลุ่มใหญ่แต่ละกลุ่มมาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อยตามระบบหัวขัดต่าง ๆ และกลุ่มควบคุมเป็นค่าพื้นฐาน (baseline) รวมเป็น 8 กลุ่มย่อย ดังนี้



ภาพที่ 4 แสดงภาพรวมของการศึกษา

กลุ่มควบคุม (control group): คือ ค่าพื้นฐานของชิ้นงานทุกชิ้นหลังขัดด้วยกระดาษทราย

กลุ่มที่ 1: Filtek Z350XT + DiatechShapegaurd (ZD)

กลุ่มที่ 2: Filtek Z350XT + Enhance and PoGo (ZE)

กลุ่มที่ 3: Filtek Z350XT + Sof-lex disc (ZS)

กลุ่มที่ 4: Filtek Z350XT + OneGloss and DirectDia paste (ZO)

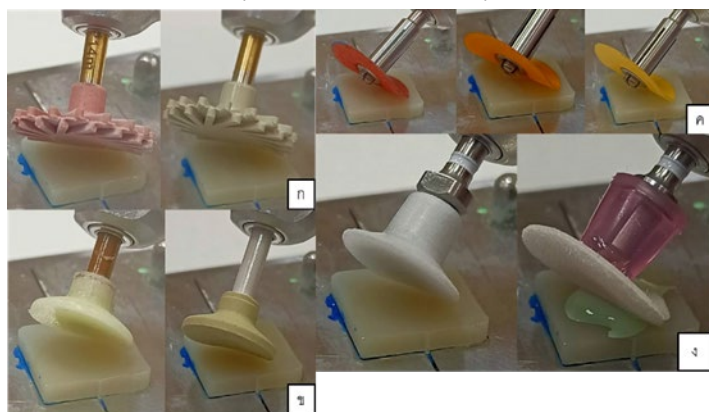
กลุ่มที่ 5: Brilliant EverGlow + DiatechShapegaurd (BD)

กลุ่มที่ 6: Brilliant EverGlow + Enhance and PoGo (BE)

กลุ่มที่ 7: Brilliant EverGlow + Sof-lex disc (BS)

กลุ่มที่ 8: Brilliant EverGlow + OneGloss and DirectDia paste (BO)

* ทุกกลุ่มจะขัดแห้งด้วยด้ามกรอแบบความเร็วต่ำที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที แรงกดเบา 40 กรัม พร้อมขัดถูเป็นวงกลมวนตามเข็มนาฬิกาเป็นเวลา 10 วินาที โดยวางหัวขัดตามภาพที่ 5 และตามเข็มนาฬิกาเป็นเวลา 10 วินาที ล้างน้ำพร้อมเป่าด้วยกระบอกฉีดรวม 10 วินาที แล้วเป่าแห้ง หลังจากนั้นทำขั้นตอนซ้ำเดิมด้วยหัวขัดที่ละเอียดขึ้นของแต่ละระบบ โดยจะทำการทดสอบ 1 หัวขัด ต่อ 5 ดิสก์ ยกเว้นซอฟเพล็กซ์และสารป้ายไคเรกเดียจะเปลี่ยนใหม่ทุกครั้งหลังขัดไปแล้ว 1 ดิสก์ (Antonson et al., 2011)



ภาพที่ 5 ก) แสดงการวางหัวขัดระบบเดียเทคเชปการ์ด ข) แสดงการวางหัวขัดระบบเอนฮานซ์และโปโก ค) แสดงการวางหัวขัดระบบซอฟเพล็กซ์ดิสก์ ง) แสดงการวางหัวขัดระบบวันกลอสร่วมกับสารป้ายไคเรกเดีย

โดยแต่ละกลุ่มมีขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน ดังนี้

1.1) เตรียมเรซินคอมโพสิตลงในแม่แบบด้วยพลาสติกอินสตรูเมนต์หนา 2 มิลลิเมตร กดทับด้วยแผ่นแก้วสไลด์บ่มเรซินคอมโพสิตให้เกิดโพลิเมอร์ไรเซชันเป็นเวลา 40 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสงฉายความเข้ม 1,000 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร

1.2) บ่มเรซินคอมโพสิตให้เกิดโพลิเมอร์ไรเซชันเป็นเวลา 40 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสง ที่ด้านบนห่างจากตัววัสดุ 1 มิลลิเมตร (วัดความเข้มแสงด้วยเครื่องวัดความเข้มแสงก่อนและหลังการบ่มเรซินคอมโพสิตในแต่ละกลุ่ม) นำวัสดุออกจากแม่แบบแล้วตัดส่วนเกินที่ไหลเผื่อออกมาก่อนหน้าด้วยไบมิดเบอร์ 12

1.3) นำชิ้นงานที่ได้ไปแช่ในน้ำกลั่นเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

1.4) พื้นผิวด้านบนของชิ้นงานจากทุกกลุ่มจะถูกขัดด้วยกระดาษทรายที่ความหยาบเบอร์ 600 นาน 10 วินาที ให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบสม่ำเสมอ โดยการวางชิ้นงานให้ราบขนานบนเครื่องขัด และกดด้วยนิ้วมือให้มีน้ำหนักประมาณ 40 กรัม (ภาพที่ 6) โดยเปลี่ยนกระดาษทรายใหม่เมื่อขัดครบ 5 ชั้น จากนั้นทำการล้างด้วยกระบอกฉีดรวมด้วยการเป่า น้ำและลมพร้อมกัน 10 วินาที เป่าลมให้แห้ง 10 วินาที เพื่อจำลองขั้นตอนการตกแต่งรูปร่างวัสดุให้เหมือนฟันหลังอุดด้วยหัวกรอเพชรชนิดละเอียดสูงที่มีความหยาบ 20-30 ไมโครเมตร

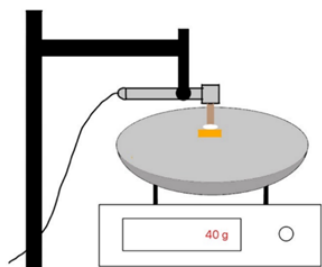


ภาพที่ 6 แสดงการขัดผิวของชิ้นงานตัวอย่างด้วยกระดาษทราย

1.5) แบ่งชิ้นงานที่ขัดแล้วเป็น 8 กลุ่มย่อยตามชนิดเรซินคอมโพสิตและระบบหัวขัด โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (sample random sampling)

1.6) นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที (Vinagre et al., 2023) หลังจากนั้นนำไปวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ ค่าความหยาบผิวที่ได้จะนำไปเป็นค่าพื้นฐานของแต่ละชิ้นงาน

1.7) ขัดชิ้นงานด้วยระบบหัวขัดที่จำแนกไปตามแต่ละกลุ่ม โดยต่อตำกรอบแบบความเร็วต่ำเข้ากับที่จับคอนเดนเซอร์ หลังจากนั้นขัดตามวิธีการขัดข้างต้นบนตาชั่งดิจิตอลเพื่อควบคุมให้น้ำหนักตอนขัดอยู่ที่ประมาณ 40 กรัม (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 แสดงวิธีการขัดชิ้นงานบนตาชั่งดิจิตอล

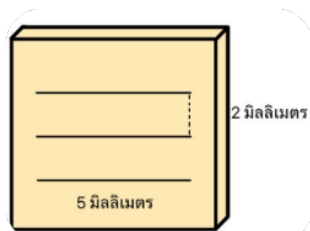
1.8) นำชิ้นงานหลังจากขัดเรียบแล้วไปทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์อีกครั้ง

1.9) หาค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทางเลขคณิต (R_a) ด้วยโปรแกรม Talysurf software

2) การวัดค่าความหยาบผิว

วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ทั้งหมด 3 ตำแหน่งต่อ 1 ชิ้นงานที่ด้านบน โดยแต่ละตำแหน่งห่างกัน 2 มิลลิเมตร และวัดเป็นระยะทาง 5 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทางเลขคณิต (R_a) ใน

กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์มีขนาดหัวเข็ม 5 ไมโครเมตร ความแรงของเข็มในการกด 150 มิลลิกรัม และความเร็วในการลากหัวเข็ม 1 มิลลิเมตรต่อวินาที (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แสดงตำแหน่งการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1) สถิติเชิงพรรณนา

แจกแจงค่า R_a ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของทุกกลุ่ม ร่วมกับบรรยายลักษณะพื้นผิวของวัสดุหลังทดสอบด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์

2) สถิติเชิงอนุมาน

ค่าเฉลี่ย R_a จะถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS 28 (SPSS inc., USA) โดยทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลด้วย Shapiro-wilk test และวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (homogeneous of variance) ด้วย Levene's test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) ดังนี้

- ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงปกติและไม่มี ความแตกต่างกันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม จะใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) ในการวิเคราะห์ผลของ R_a ของเรซินคอมโพสิตภายหลังการขัด โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบ Bonferroni

- ถ้าข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ และ/หรือมีความแตกต่างกันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม จะทำการทดสอบด้วยสถิติ Kruskal-wallis test โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบ Dunn's Bonferroni post hoc

ผลการวิจัย

ผลการทดลองค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า R_a และการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูล พบว่าทุกกลุ่มมีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนชิ้นงาน ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า R_a และการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูล

Group	n	Mean (μm)	Maximum (μm)	Minimum (μm)	SD (μm)	Shapiro-Wilk (p-value)
ZD	5	0.232	0.288	0.168	0.050	0.079
ZE	5	0.376	0.463	0.214	0.104	0.493
ZS	5	0.143	0.158	0.127	0.015	0.707
ZO	5	0.262	0.324	0.197	0.049	0.616
BD	5	0.264	0.342	0.231	0.046	0.639
BE	5	0.218	0.411	0.089	0.120	0.310
BS	5	0.150	0.202	0.090	0.045	0.248
BO	5	0.182	0.253	0.134	0.049	0.913

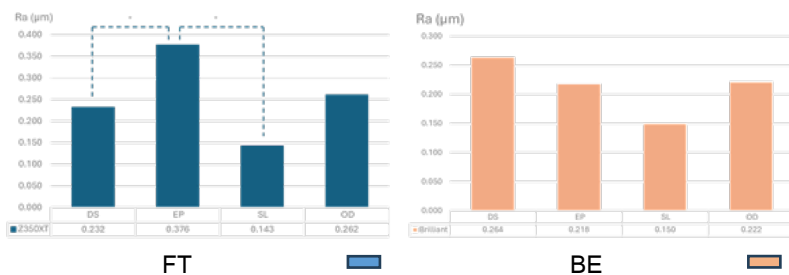
หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองแล้ว ได้นำค่าเฉลี่ยทั้งหมด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาวิเคราะห์อำนาจการทดสอบด้วยโปรแกรม G*Power พบว่า มีค่า Effect size = 0.6190 และเมื่อกำหนดค่า α เท่ากับ 0.05 และกำลังทดสอบ (1- β) ร้อยละ 80 ผลการคำนวณได้ว่าอำนาจการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8115

จากข้อมูลค่าเฉลี่ย R_a ของกลุ่มเรซินคอมโพสิตทั้ง 8 กลุ่ม ภายหลังจากขัดด้วยระบบต่างๆ เมื่อทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลด้วย Shapiro-wilk test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) พบว่า ข้อมูลจากทุกกลุ่มมีการแจกแจงปกติ และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มด้วย Levene's test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) พบว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหยาบผิวระหว่างเรซินคอมโพสิต 2 ชนิด และระบบหัดขัด 4 ระบบ ด้วยสถิติ two-way ANOVA พบว่า ชนิดเรซินคอมโพสิตมีอิทธิพลร่วมกับระบบหัดขัดทั้ง 4 ระบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีความแตกต่างของค่าความหยาบผิวระหว่างกลุ่มอย่างน้อย 1 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อนำมาเปรียบเทียบแจกแจงเป็นคู่ๆ ด้วยสถิติ Bonferroni พบว่า มีค่าแตกต่างกันทางสถิติบางกลุ่ม ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) โดยที่กลุ่ม FT ที่ขัดด้วยซอฟต์แวร์เล็คซัสให้ค่าความหยาบผิวน้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (0.143 ± 0.015 ไมโครเมตร) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโก ซึ่งเป็นกลุ่มที่ให้ค่าความหยาบผิวมากที่สุด (0.376 ± 0.104 ไมโครเมตร) ส่วนกลุ่มที่ขัดด้วยเดียเทคเชปการ์ด และกลุ่มที่ขัดด้วยวันกลอสร่วมกับสารป้ายไคเรกเดียให้ค่าความหยาบผิว 0.232 ± 0.050 ไมโครเมตร และ 0.262 ± 0.049 ไมโครเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 9) อย่างไรก็ตาม ภายใต้วงกลมบิลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบหัดขัดทั้ง 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ขัดด้วยซอฟต์แวร์เล็คซัสให้ค่าความหยาบผิวน้อยสุด (0.150 ± 0.045 ไมโครเมตร) และกลุ่มขัดด้วยเดียเทคเชปการ์ดให้ค่าความหยาบผิวมากที่สุด (0.264 ± 0.046 ไมโครเมตร) ส่วนกลุ่มที่ขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโก และกลุ่มที่ขัดด้วยวันกลอสร่วมกับสารป้ายไคเรกเดียให้ค่าความหยาบผิว 0.218 ± 0.120 ไมโครเมตร และ 0.222 ± 0.062 ไมโครเมตร (ตารางที่ 4) ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความหยาบผิวของกลุ่ม FT และ BE แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโกเท่านั้น โดยได้ค่าความหยาบผิว 0.376 ± 0.104 ไมโครเมตร และ 0.218 ± 0.120 ไมโครเมตร ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเรซินคอมโพสิตทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อขัดด้วยหัดขัดอีก 3 ระบบที่เหลือ (ภาพที่ 10)

ตารางที่ 4 ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทางเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่วัดโดยโปรไฟล์มิเตอร์แบบเข็ม

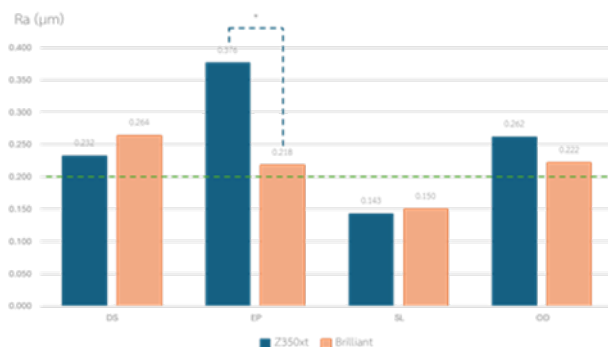
Resin	Finishing/polishing systems			
composites	DiatechShapegaurd (μm)	Enhance-POGO (μm)	Sof-lex (μm)	DirectDia paste (μm)
	R_a (mean $\pm$ SD)	R_a (mean $\pm$ SD)	R_a (mean $\pm$ SD)	R_a (mean $\pm$ SD)
FT	$0.232 \pm 0.050^{\text{acA}}$	$0.376 \pm 0.104^{\text{bdA}}$	$0.143 \pm 0.015^{\text{acA}}$	$0.262 \pm 0.049^{\text{cdA}}$
BE	$0.264 \pm 0.046^{\text{aA}}$	$0.218 \pm 0.120^{\text{aB}}$	$0.150 \pm 0.045^{\text{aA}}$	$0.222 \pm 0.062^{\text{aA}}$

*ตัวพิมพ์ใหญ่ในแถวแนวนอนที่แตกต่างกัน และตัวพิมพ์ใหญ่ในแถวแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยความหยาบผิวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) FT คือ ฟิลเทคแชดสามห้าศูนย์เอ็กซ์ที และ BE คือ บิลเลียนท์เอเวอร์โกลว์



*แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ภาพที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทางเลขคณิตของกลุ่ม FT และกลุ่ม BE ที่ได้รับการขัดด้วยหัวขัดระบบต่างๆ DS คือ เตียเทคเซปการ์ด EP คือ เอนฮานซ์และโปโก SL คือ ซอฟเล็กซ์ดิสก์ และ OD คือ วันกลอสร่วกับสารป้ายไคเรกเตีย



ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทางเลขคณิตระหว่างกลุ่ม FT และ BE และเส้นประสีเขียวแสดงระดับความหยาบผิวที่ระดับ 0.2 ไมโครเมตร (ลดการยึดเกาะของคราบจุลินทรีย์)

อภิปราย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลด์และนาโนไฮบริดภายหลังการขัดด้วยหัวขัดระบบต่างชนิดกัน 4 ระบบ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าการจะบูรณะเรซินคอมโพสิตให้ผลประสบความสำเร็จที่สูงนั้นจำเป็นต้องมีการขัดแต่งผิวของวัสดุให้เรียบและเงา ทั้งนี้เพื่อลดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ การอักเสบของเนื้อเยื่อปริทันต์ การเปลี่ยนสีของตัววัสดุ และเพื่อทำให้เกิดความพึงพอใจบริเวณผิวสัมผัสระหว่างเนื้อเยื่อของผู้ป่วยและผิวของวัสดุ (Aykent et al., 2010; Weitman & Eames, 1975; Bollenl et al., 1997) โดยปัจจุบันส่วนประกอบของทั้งเรซินคอมโพสิตและระบบหัวขัดที่ต่างชนิดกัน จะส่งผลโดยตรงต่อความหยาบผิวของวัสดุภายหลังการขัดทั้งสิ้น (Yap et al., 1997; Marghalani, 2010)

การศึกษานี้เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 600 เนื่องจากมีขนาดของอนุภาคผงขัดเทียบเท่าหัวขัดเพชรขนาดเล็กลงที่ใช้ในทางคลินิกซึ่งเป็นขั้นตอนการขัดบดแต่งก่อนที่จะขัดเงาด้วยหัวขัดระบบต่างๆ เพื่อให้เกิดค่าพื้นฐานของค่าความหยาบผิวที่สม่ำเสมอ (Endo et al., 2010) ในการศึกษาได้ติดตั้งด้ามกรอแบบความเร็วต่ำบนที่จับคอนเดนเซอร์ (condenser clamp) ร่วมกับตาชั่งดิจิตอลตามภาพที่ 7 เพื่อให้เกิดแรงกดระหว่างผิวเรซินคอมโพสิตและหัวขัดคงที่มากกว่าแรงที่ใช้จากผู้ทดลองโดยตรง

ผลที่ได้จากการศึกษานี้พบว่า กลุ่ม FT ที่ถูกขัดด้วยซอฟต์แวร์เล็กซ์ดิสก์ให้ค่าความหยาบผิวน้อยสุดเมื่อเทียบกับกลุ่ม FT ที่ขัดด้วยหัวขัดระบบอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Schmitt และคณะ ในปี ค.ศ.2011 และ Almohaimeed และคณะ ในปี 2014 และกลุ่ม BE ถูกขัดด้วยซอฟต์แวร์เล็กซ์ดิสก์ให้ค่าความหยาบผิวน้อยสุดเมื่อเทียบกับกลุ่ม BE ที่ขัดด้วยหัวขัดระบบอื่น เนื่องจากซอฟต์แวร์เล็กซ์ดิสก์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นการขัดถึง 3 ขั้นตอน ค่อยๆ ลดขนาดของอนุภาคผงขัด เมื่อเทียบกับระบบหัวขัดกลุ่มอื่นที่มีแค่ 2 ขั้นตอน ทำให้เกิดการสึกของผิววัสดุที่สม่ำเสมอไม่ว่าจะเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดใด

ก็ตาม นอกจากนี้วัสดุหนุน (backing) ของซอฟต์แวร์ดิสก์มีลักษณะยืดหยุ่นมากกว่า และอนุภาคผงขัดมีการเผยแผ่โดยตรงทำให้พื้นผิวของหัวขัดสัมผัสกับพื้นที่ผิวเรซินคอมโพสิตได้พอดีและมากกว่าหัวขัดระบบอื่น เกิดการกระจายของแรงกดลงวัสดุอย่างสม่ำเสมอและลดโอกาสในการเกิดความร้อนระหว่างขัด จากหลายๆการศึกษาที่ผ่านมาแนะนำให้ซอฟต์แวร์ดิสก์มาศึกษาและมีแนวโน้มที่จะได้ค่าความหยาบผิวหลังขัดดีที่สุด จึงเปรียบเทียบหัวขัดระบบนี้เสมือนเป็นมาตรฐานเทียม (pseudo standard) ส่วนเอนฮานซ์และโปโกมีแนวโน้มให้ค่าความหยาบผิวสูงที่สุด เนื่องจากวัสดุอัดแทรกสามารถฝังตัวลงในวัสดุหนุนที่เป็นเรซินยูรีเทนไดเมทาคริเลต ซึ่งมีลักษณะนุ่มและสีง่ายกว่าวัสดุหนุนที่เป็นซิลิโคนของเดียเทคเซปการ์ดและวันกลอส ทำให้อนุภาคผงขัดหลุดออกจากหัวขัดได้ง่ายกว่า (Elmarsafy et al., 2023; Schmitt et al., 2011a; Schmitt et al., 2011b; Almohaimeed & El Halim, 2014)

หากเปรียบเทียบความหยาบผิวระหว่างชนิดของเรซินคอมโพสิตพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มที่ขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโก โดยกลุ่ม BE จะให้ค่าความหยาบผิวน้อยกว่ากลุ่ม FT ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vinagre และคณะ ในปี 2023 กล่าวว่าเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกชนิดเซอร์โคเนีย (zirconia) (เป็นส่วนประกอบใน FT) ผสมอยู่มีแนวโน้มที่จะให้ค่าความหยาบผิวหลังขัดสูงกว่า เนื่องจากความแข็งผิวของวัสดุอัดแทรกเซอร์โคเนียมีค่าสูงกว่าวัสดุอัดแทรกชนิดอื่น (Vinagre et al., 2023)

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาพบว่าไม่มีเพียงเรซินคอมโพสิตที่ขัดด้วยซอฟต์แวร์ดิสก์เท่านั้นที่ให้ค่าความหยาบผิวดำกว่า 0.2 ไมโครเมตร เพื่อที่จะลดโอกาสในการสะสมของคราบจุลินทรีย์ (Bollen et al., 1997) และมีเพียงกลุ่ม FT ที่ขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโกเท่านั้นที่ให้ค่าความหยาบผิวมากกว่า 0.3 ไมโครเมตร ซึ่งมีโอกาสที่ผู้ป่วยจะสัมผัสได้ถึงความหยาบด้วยเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปาก (Jones et al., 2004)

จากสมมติฐานหลักทั้ง 3 ข้อของการศึกษานี้พบว่า ทั้ง 3 ข้อถูกปฏิเสธ เนื่องจาก 1) พบค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต ภายหลังการขัดด้วยเดียเทคเซปการ์ด เอนฮานซ์และโปโก ซอฟต์แวร์ดิสก์ และวันกลอสร่วมกับสารบ้ายไคเรกเดียแตกต่างกัน 2) พบค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอกซ์ทีและบริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ ภายหลังการขัดด้วยระบบหัวขัดต่างๆ แตกต่างกัน และ 3) พบว่ามีอิทธิพลร่วมของชนิดเรซินคอมโพสิตกับระบบหัวขัด มีผลต่อความหยาบผิว

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่า

- 1) ซอฟต์แวร์ดิสก์เป็นระบบหัวขัดที่ให้ค่าความหยาบผิวหลังขัดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอกซ์ทีที่เป็นนาโนฟิลต์เรซินคอมโพสิต และบริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ที่เป็นนาโนไฮบริดเรซิน คอมโพสิต ในขณะที่ค่าความหยาบผิวของกลุ่มที่ขัดด้วยเดียเทคเซปการ์ด เอนฮานซ์และโปโก และวันกลอสร่วมกับสารบ้ายไคเรกเดียแตกต่างกัน
- 2) บริลเลียนท์เอเวอร์โกลว์ให้ค่าความหยาบผิวดำกว่าฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอกซ์ทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อขัดด้วยเอนฮานซ์และโปโก อย่างไรก็ตามพบว่า เรซินคอมโพสิตทั้งสองชนิดมีค่าความหยาบผิวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อขัดด้วยหัวขัดอีก 3 ระบบ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ชิ้นงานตัวอย่างมีลักษณะแบนเรียบและแห้ง ไม่สามารถอนุมานผลที่ได้มาใช้ภายในช่องปากของผู้ป่วยที่วัสดุมีลักษณะโค้งมน ขึ้นและมีสภาพแวดล้อมอื่นๆต่างออกไปได้ทั้งหมด นอกจากนี้หัวขัดระบบเดียวกันเมื่อนำไปใช้กับเรซินคอมโพสิตต่างชนิดกัน หรือเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันถูกนำไปขัดด้วยหัวขัดต่างระบบกันมีแนวโน้มที่จะให้ค่าความหยาบผิวที่ต่างกัน ได้ เนื่องจากปัจจัยภายในองค์ประกอบของทั้งหัวขัดและเรซิน

นคอมโพสิตที่ต่างกันในแต่ละยี่ห้อ และปัจจัยภายนอกที่เกิดจากแรงกดของผู้ขัด ความเร็วรอบ และเวลาที่ใช้ในการขัด เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม ควรพิจารณาจากแต่ละการทดลองมาประกอบกัน

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล ลีไวยโรจน์ และ มนตรี จันทรมังกร. (2550). การบูรณะด้วยวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชันตำการพิมพ์.
- ปิยนารถ เอกวรพจน์. (2557). วัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต: ส่วนประกอบ การพัฒนา และการเลือกใช้ใช้งาน Dental resin composite: Composition, Development and Selection. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 6, 122-133.
- Almohaimeed, M., & El Halim, S. A. (2014). Influence of polishing procedures on properties of nano-composite resins. *Life Science Journal*, 11(3s), 120-124.
- Alzraikat, H., Burrow, M. F., Maghaireh, G. A., & Taha, N. A. (2018). Nanofilled resin composite properties and clinical performance: a review. *Operative dentistry*, 43(4), E173-E190.
- Amaya-Pajares, S. P., Koi, K., Watanabe, H., da Costa, J. B., & Ferracane, J. L. (2022). Development and maintenance of surface gloss of dental composites after polishing and brushing: Review of the literature. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(1), 15-41.
- Antonson, S. A., Yazici, A. R., Kilinc, E., Antonson, D. E., & Hardigan, P. C. (2011). Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*, 39, e9-e17.
- Ashe, M. J., Tripp, G. A., Eichmiller, F. C., George, L. A., & Meiers, J. C. (1996). Surface roughness of glass-ceramic insert-composite restorations: assessing several polishing techniques. *The Journal of the American Dental Association*, 127(10), 1495-1500.
- Aykent, F., Yondem, I., Ozyesil, A. G., Gunal, S. K., Avunduk, M. C., & Ozkan, S. (2010). Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *The Journal of prosthetic dentistry*, 103(4), 221-227.
- Bollenl, C. M., Lambrechts, P., & Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental materials*, 13(4), 258-269.
- Chamchong, D., Arwachanakan, S., Sooksuntisakoonchai, N., & Suwanprateeb, J. (2009). *Comparison of surface-hardness, surface-roughness and debris-retention of dentoform-tooth with alternative-materials*. Conference Paper, Conference: IADR General Session 2009.
- Costa, J. D., Ferracane, J., Paravina, R. D., Mazur, R. F., & Roeder, L. (2007). The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(4), 214-224.
- Eakle, W. S., & Bastin, K. G. (2019). *Dental materials: clinical applications for dental assistants and dental hygienists*. Elsevier Health Sciences.
- Elmarsafy, S. M., Abdelwahab, S. A., & Hussein, F. (2023). Influence of polishing systems on surface roughness of four resin composites subjected to thermocycling aging. *Dental Research Journal*, 20(1), 35.

- Endo, T., Finger, W. J., Kanehira, M., Utterodt, A., & Komatsu, M. (2010). Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dental materials journal*, 29(2), 213-223.
- Jefferies, S. R. (1998). The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dental Clinics of North America*, 42(4), 613-627.
- Jefferies, S. R. (2007). Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 379-397.
- Jones, C. S., Billington, R. W., & Pearson, G. J. (2004). The in vivo perception of roughness of restorations. *British dental journal*, 196(1), 42-45.
- Jung, M. (1997). Surface roughness and cutting efficiency of composite finishing instruments. *Operative dentistry*, 22(3), 98-104.
- Khurshid, Z., Zafar, M., Qasim, S., Shahab, S., Naseem, M., & AbuReqaiba, A. (2015). Advances in nanotechnology for restorative dentistry. *Materials*, 8(2), 717-731.
- Mabilleau, G., & Sabokbar, A. (2008). In vitro biological test methods to evaluate bioresorbability. In *Degradation Rate of Bioresorbable Materials* (pp. 145-160). Woodhead Publishing.
- Marghalani, H. Y. (2010). Effect of finishing/polishing systems on the surface roughness of novel posterior composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(2), 127-138.
- Mjör, I. A., Moorhead, J. E., & Dahl, J. E. (2000). Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. *International dental journal*, 50(6), 361-366.
- Nair, V. S., Sainudeen, S., Padmanabhan, P., Vijayashankar, L. V., Sujathan, U., & Pillai, R. (2016). Three-dimensional evaluation of surface roughness of resin composites after finishing and polishing. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 19(1), 91-95.
- Nithya, K., Sridevi, K., Keerthi, V., & Ravishankar, P. (2020). Evaluation of surface roughness, hardness, and gloss of composites after three different finishing and polishing techniques: an in vitro study. *Cureus*, 12(2).
- Schmitt, V. L., Puppini-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Ludwig, D., Ueda, J. K., & Sobrinho, L. C. (2011b). Effect of finishing and polishing techniques on the surface roughness of a nanoparticle composite resin. *Braz J Oral Sci.*, 10(2), 105-108.
- Schmitt, V. L., Puppini-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Nahsan, F. P. S., Alexandre Coelho Sinhoreti, M., & Baseggio, W. (2011a). Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *International Scholarly Research Notices*, 2011(1), 617672.
- Thanaphumpong, N., Arwatchanakan, S., Pwasiri, S., Suwanprateeb, J., & Arksornnukit, M. (2020). Comparison of Wear Resistance and Surface Hardness of Dentoform Tooth and Silane-treated Alumina Reinforced Epoxy Resin. *Khon Kaen University Dental Journal*, 23(1), 33-42.
- Vinagre, A., Barros, C., Gonçalves, J., Messias, A., Oliveira, F., & Ramos, J. (2023). Surface Roughness Evaluation of Resin Composites after Finishing and Polishing Using 3D-Profilometry. *International Journal of Dentistry*, 2023(1), 4078788.
- Watanabe, T., Miyazaki, M., & Keith Moore, B. (2006). Influence of polishing instruments on the surface texture of resin composites. *Quintessence International*, 37(1).

- Watanabe, T., Miyazaki, M., Takamizawa, T., Kurokawa, H., Rikuta, A., & Ando, S. (2005). Influence of polishing duration on surface roughness of resin composites. *Journal of oral science*, 47(1), 21-25.
- Weitman, R. T., & Eames, W. B. (1975). Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *The Journal of the American Dental Association*, 91(1), 101-106.
- Wheeler, J., Deb, S., & Millar, B. J. (2020). Evaluation of the effects of polishing systems on surface roughness and morphology of dental composite resin. *British Dental Journal*, 228(7), 527-532.
- Whitehead, S. A., Shearer, A. C., Watts, D. C., & Wilson, N. H. F. (1999). Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. *Dental Materials*, 15(2), 79-86.
- Yap, A. U. J., Lye, K. W., & Sau, C. W. (1997). Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Operative dentistry*, 22, 260-265.
- Zhang, L., Yu, P., & Wang, X. Y. (2021). Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *Journal of Dental Sciences*, 16(4), 1198-1203.

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).