

BIAXIAL FLEXURAL STRENGTH OF RESIN COMPOSITE RESTORED WITH LAYERING TECHNIQUE

Taechinee TIEANCHAITHITIPHAN¹, Pithiwat UASUWAN² and Suchart WONGKHANTEE^{1*}

1 Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand;
suchwo@kku.ac.th (Corresponding Author)

2 Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand

ARTICLE HISTORY

Received: 14 June 2024

Revised: 28 June 2024

Published: 12 July 2024

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effects of layering technique and thickness on biaxial flexural strength of resin composite restoration. The disc shape of specimens were made from dentine shade (A2D) and enamel shade (A1E) resin composite (Filtek Z350XT, 3M ESPE, USA). The 0.6-1 mm thickness specimens were divided into 4 groups; dentine groups, enamel groups, fixed-dentine groups, fixed-enamel groups. The biaxial flexural strength of composite resin was evaluated using Ball-on-ring methods. The results of the study revealed that the restoration techniques and total restoration thickness significantly influence the biaxial flexural strength of composite resin (P value ≤ 0.05). When the total thickness is 1 mm, a one-layer of dentine shade restoration exhibits higher biaxial flexural strength compared to other groups (P value ≤ 0.05). Additionally, when comparing the same restoration technique, a 0.6 mm total thickness has biaxial flexural strength lower than a 1 mm total thickness (P value ≤ 0.05). Weibull modulus value is high, indicating reliable data due to low data distribution. Conclusion: When restoring composite resin veneers, it is important to consider the restoration technique and the material thickness.

Keywords: Resin Composite, Veneer, Layering Technique, Biaxial Flexural Strength, Weibull Modulus

CITATION INFORMATION: Tieanchaithitiphan, T., Uasuwan, P., & Wongkhantee, S. (2024). Biaxial Flexural Strength of Resin Composite Restored with Layering Technique. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 2(7), 23

ค่าความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการบูรณะร่วมกันเป็นชั้น ๆ

เตชินี เรียรชย์วุฒิตัพันธ์¹, พิธิวัต เอื้อสุวรรณ² และ สุชาติ วงศ์ขันตี^{1*}

1 สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; suchwo@kku.ac.th (ผู้ประพันธ์
บรรณกิจ)

2 สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการบูรณะร่วมกันเป็นชั้น ๆ และความหนาต่อความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิต ชั้นงานรูปทรงดิสก์หนา 0.6-1 มม. ทำขึ้นจากเรซินคอมโพสิตสีเนื้อฟัน A2D และสีเคลือบฟัน A1E (Filtek Z350XT, 3M ESPE, USA) แบ่งเป็น 4 กลุ่ม; กลุ่มสีเนื้อฟัน กลุ่มสีเคลือบฟัน กลุ่มสีเนื้อฟันคงที่สีเคลือบฟันต่างกัน และกลุ่มสีเคลือบฟันคงที่สีเนื้อฟันต่างกัน โดยใช้วิธีบอลลอนริงทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการบูรณะและความหนารวมของการบูรณะมีอิทธิพลต่อค่าความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \text{ value} \leq 0.05$) โดยพบว่า เมื่อความหนารวมที่ 1 มม. กลุ่มที่บูรณะด้วยสีเนื้อฟันเพียงชั้นเดียวมีค่าความทนแรงดัดมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \text{ value} \leq 0.05$) และเมื่อใช้วิธีการบูรณะแบบเดียวกัน ความหนารวมที่ 0.6 มม. มีค่าความทนแรงดัดต่ำกว่าความหนารวมที่ 1 มม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \text{ value} \leq 0.05$) ค่าไวบูลโมดูลัสที่ได้มีค่ามากเนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวน้อย ทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ สรุป ในการบูรณะเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยวิธีการบูรณะและความหนาของวัสดุด้วย

คำสำคัญ: เรซินคอมโพสิต, วีเนียร์, การบูรณะร่วมกันเป็นชั้น ๆ, ความทนแรงดัดขวางสองแกน, ไวบูลโมดูลัส

ข้อมูลการอ้างอิง: เตชินี เรียรชย์วุฒิตัพันธ์, พิธิวัต เอื้อสุวรรณ และ สุชาติ วงศ์ขันตี. (2567). ค่าความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการบูรณะร่วมกันเป็นชั้น ๆ. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 2(7), 23

บทนำ

ในปัจจุบันงานบูรณะทางทันตกรรมเพื่อความสวยงามบริเวณฟันหน้าเป็นที่นิยมมาก เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนลักษณะ รูปร่าง และสีของฟันได้ รวมถึงการปรับตำแหน่งของฟันในกรณีที่มีการบิดตัวเพียงเล็กน้อย หรือแก้ไขช่องว่างระหว่างฟัน ทำให้ฟันมีการเรียงตัวที่สวยงาม ส่งผลให้ผู้ป่วยมีความมั่นใจในการใช้ชีวิตมากขึ้น โดยวิธีที่นิยมใช้ในการบูรณะฟันเพื่อความสวยงาม คือ “การบูรณะวีเนียร์ (Veneer)” (Leevairoj, 2003) หรือสามารถเรียกว่า “ฉาบฟัน” หรือ “เคลือบฟันเทียม” ซึ่งเป็นการกรอส่วนของเคลือบฟันเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.3-1 มิลลิเมตร แล้วนำวัสดุสีเหมือนฟันมายึดกับผิวฟันด้านหน้า โดยวัสดุที่ใช้ในการบูรณะมี 2 ประเภท ได้แก่ เรซินคอมโพสิต (Resin composite) และ พอร์ซเลนหรือเซรามิก (Porcelain/Ceramic) เรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุบูรณะที่มีสีเหมือนฟัน (Tooth-colored material) มีการใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับเป็นวัสดุบูรณะเพื่อความสวยงาม เพราะมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถยึดติดกับฟันธรรมชาติได้ด้วยการใช้สารยึดติดทางทันตกรรม (Dental adhesive) (Leevailoj & Chantaramungkorn, 2006) และมีสี วัสดุ ความทึบแสง หรือความโปร่งแสง (opacity/translucency) ที่หลากหลาย ทำให้ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้เพื่อเลียนแบบธรรมชาติของสีเนื้อฟันและสีเคลือบฟันได้ดี การบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ จะต้องใช้ในการออกแบบบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ (Layering technique) (Leevailoj, 2008) ที่เป็นการจำลองวัสดุให้เป็นส่วนของชั้นสีเคลือบฟันและชั้นสีเนื้อฟัน ทำให้มีการใช้วัสดุร่วมกันหลายสีในการบูรณะฟัน 1 ซี่ นอกจากความสวยงามที่ทันตแพทย์ต้องคำนึงถึงแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกข้อในการทำเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ คือความแข็งแรงของวัสดุ ซึ่งมีหลายการศึกษาที่ผ่านมา ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงของเรซินคอมโพสิตด้วยความทนแรงดัด (Flexural strength) และมักจะใช้วิธีการทดสอบแบบการดัดตามขวาง ซึ่งชิ้นงานจะมีความหนาอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร อย่างการศึกษาของ Rodrigues Junior และคณะ(2007) ผลที่ได้จึงไม่อาจสามารถนำมาเปรียบเทียบกับการบูรณะเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ที่มีความหนาน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ได้ นอกจากนี้มีการศึกษาที่ใช้การทดสอบด้วยวิธีการงอสองแกน แต่มักจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง เรซินคอมโพสิตที่บูรณะด้วยวัสดุ 1 ชนิดเพียงชั้นเดียวกับเซรามิกชนิดต่าง ๆ (Jalkh et al., 2019) ซึ่งไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับการบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบร่วมกันเป็นชั้นๆ ได้ และยังไม่พบการศึกษาที่มีการเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างการบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบชั้นเดียวและการบูรณะแบบเป็นชั้นๆ ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ การศึกษานี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาค่าความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตที่มีความหนาค่อนข้างบาง (ไม่เกิน 1 มิลลิเมตร) ที่มีการบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ ของวัสดุสีเนื้อฟันและสีเคลือบฟันที่ความหนาต่างกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในคุณสมบัติของวัสดุ และสามารถนำไปปฏิบัติใช้งานจริงทางคลินิกได้

การทบทวนวรรณกรรม

เรซินคอมโพสิต เป็นวัสดุบูรณะที่ทันตแพทย์ทั่วโลกนิยมใช้เพื่อทำการบูรณะฟันให้ผู้ป่วยในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวัสดุที่สามารถใช้งานได้ง่าย ให้ความสวยงาม สามารถแต่งให้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติได้ และมีความแข็งแรงที่เหมาะสม ตั้งแต่มีการคิดค้นและเริ่มใช้เรซินคอมโพสิต ได้มีการพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุให้ดีขึ้น โดยปรับเปลี่ยนส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิตมาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบหลัก (Primary component) ได้เป็น 2 ส่วน คือ เรซินแมทริกซ์ (Resin matrix) เป็นส่วนที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์หลากหลายชนิด ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ทำให้มอนอเมอร์ต่อกันกลายเป็นพอลิเมอร์ และวัสดุอัดแทรก (Filler) เป็นส่วนที่เพิ่มคุณสมบัติเชิงกลให้กับเรซินคอมโพสิต และไม่เกิดปฏิกิริยา โดยส่วนของเรซินแมทริกซ์ และวัสดุอัดแทรกจะไม่สามารถยึดเกาะกันได้ จึงมีการใช้สารควบคู่ไซเลน (Silane coupling agent) ในการปรับสภาพผิวของวัสดุอัดแทรกก่อน เพื่อเพิ่มการยึดเกาะ (Khawuthayakorn, 2015)

เรซินคอมโพสิตวีเนียร์ สามารถทำได้ทั้งการบูรณะโดยตรง (Direct resin composite veneer) หรือการบูรณะโดยอ้อม (Indirect resin composite veneer) ข้อดีคือ สามารถให้ความสวยงาม เลียนแบบลักษณะของฟันธรรมชาติได้ดี มีค่าใช้จ่ายในการรักษาที่ต่ำกว่าเซรามิกวีเนียร์ และเมื่อมีการบิ่นหรือแตกหัก สามารถทำการซ่อมแซมได้แก่ส่วนที่มี

ปัญหาได้ ไม่จำเป็นต้องรู้เพื่อทำใหม่ทั้งชิ้นงานเหมือนเซรามิกวีเนียร์ ในการบูรณะและตกแต่งเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ ให้มีความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ จะต้องอาศัยการบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ ด้วยเรซินคอมโพสิตที่มีสีและความโปร่งแสงที่แตกต่างกันในแต่ละชั้น เนื่องจากฟันประกอบด้วยเคลือบฟัน และเนื้อฟัน ซึ่งมีคุณลักษณะที่ต่างกัน (Garg & Garg, 2015)

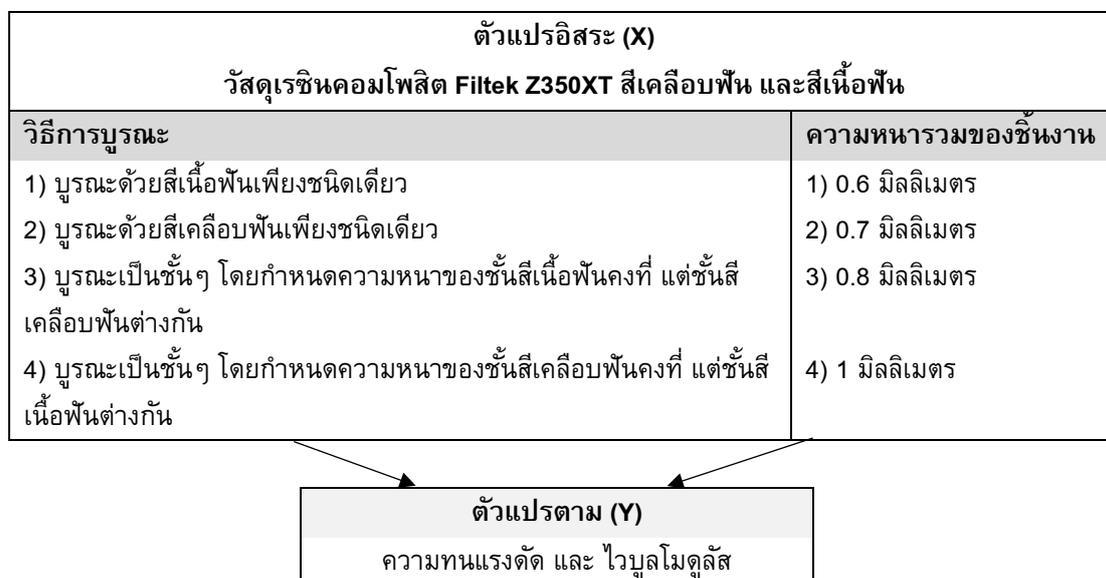
การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุที่มีความยืดหยุ่นแบบเรซินคอมโพสิต จะต้องมีการจำลองแรงที่สามารถเกิดขึ้นได้ในช่องปาก ซึ่งแรงเค้นดึง (Tensile strength) เป็นแรงที่มักนำมาใช้ทดสอบมากที่สุด แต่การจำลองแรงเค้นดึงสามารถทำได้ยากได้ห้องปฏิบัติการ จึงมักนิยมใช้ความทนแรงดัดเป็นตัวทดสอบแทน (Ilie et al., 2017) ความทนแรงดัดสามารถเรียกได้หลายชื่อ เช่น กำลังแรงดัดขวาง (Transverse strength) หรือ โมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of rupture) เป็นค่าที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำตั้งฉากกับพื้นที่ตัดขวางของวัสดุแล้วทำให้วัสดุเกิดการยืดออก และแตกหักในที่สุด สามารถทำได้ 2 วิธีหลัก คือ การดัดตามขวางและการงอสองแกน ในที่นี้จะพูดถึงการงอสองแกน เป็นวิธีที่นิยมใช้ทดสอบวัสดุที่มีความเปราะ เช่น เซรามิก (Jalkh et al., 2019) เรซินคอมโพสิต (Chung et al., 2004; Jalkh et al., 2019) เป็นต้น ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเป็นรูปทรงแผ่นดิสก์ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12 มิลลิเมตร และมีความหนา 1 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่นิยมใช้ทดสอบเนื่องจากมีขนาดเท่ากับความกว้างเฉลี่ยของฟันกราม การงอสองแกนมีวิธีทดสอบได้หลายแบบ หนึ่งในนั้นคือวิธีการบอลออนริง (Ball-on-ring) เป็นการนำเอาชิ้นงานทรงแผ่นดิสก์มาวางบนฐานรองรับที่เป็นวงแหวน และใช้ลูกบอลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เป็นหัวที่ทำให้เกิดแรงกระทำต่อชิ้นงานทดสอบ ข้อดีของวิธีการนี้คือทำให้เกิดแรงเค้นดึงสูงสุดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบ ไม่ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นงานที่ตำแหน่งไม่พึงประสงค์ และสามารถฉายแสงได้ในครั้งเดียวโดยไม่ทำให้เกิดปัญหาการซ้อนทับที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันไม่เท่ากัน (Kumar, 2012)

โดยปกติการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบความแข็งแรงของเรซินคอมโพสิต มักจะแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงที่ทดสอบได้ ร่วมกับค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งค่าที่ได้ในแต่ละการศึกษานำมาเปรียบเทียบกันได้ยาก จึงได้มีการนำโมดูลัสไวบูลมาใช้ในการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของผลที่ได้ โดยถ้าวัดโมดูลัสไวบูลมากหมายถึง ข้อมูลมีการกระจายตัวน้อย จะทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีมากขึ้น (McCabe & Carrick, 1986)

สมมติฐานการวิจัย

ความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตไม่ขึ้นกับอิทธิพลร่วมของวิธีการบูรณะ และความหนารวมที่บูรณะ

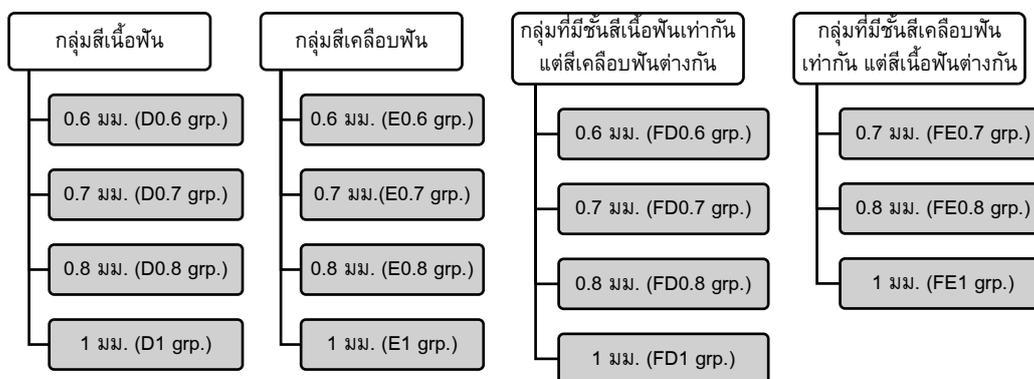
กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Experimental study) เพื่อเปรียบเทียบความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตยี่ห้อฟิลเทคแซตสามห้าศูนย์เอ็กซ์ทีของบริษัท 3M ESPE (USA) ที่มีการบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ โดยแบ่งกลุ่มทั้งหมดเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มสีเนื้อฟัน กลุ่มสีเคลือบฟัน กลุ่มที่มีชั้นสีเนื้อฟันเท่ากับที่ 0.3 มม. แต่สีเคลือบฟันต่างกัน และกลุ่มที่มีชั้นสีเคลือบฟันเท่ากับที่ 0.3 มม. แต่สีเนื้อฟันต่างกัน และแบ่งกลุ่มย่อยตามความหนารวมอีก 4 กลุ่มที่ความหนารวม 0.6, 0.7, 0.8 และ 1 มม. ยกเว้นกลุ่มมีชั้นสีเคลือบฟันเท่ากับแต่สีเนื้อฟันต่างกันจะไม่มีควมหนา 0.6 มม. โดยกำหนดขนาดตัวอย่างกลุ่มย่อยละ 15 ชิ้น



ภาพที่ 2 การแบ่งกลุ่มชิ้นงาน

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน เริ่มจากใช้พลาสติกอินสตรูเมนต์ดักเรซินคอมโพสิตชั้นที่ 1 (สีเนื้อฟันหรือสีเคลือบฟัน) ใส่ในแม่แบบสำหรับขึ้นรูปวัสดุรูปร่างทรงกระบอก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในขนาด 6 มิลลิเมตร ตามความหนาที่ต้องการที่เตรียมไว้ และวางทับด้านบนด้วยแผ่นโพลีเอสเตอร์ และแผ่นแก้วสไลด์ ตามลำดับ ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสงชนิดไดโอดเปล่งแสง ความเข้มแสง 1,250 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร ที่ด้านบนของชิ้นงาน จากนั้นนำแผ่นโพลีเอสเตอร์ และแผ่นแก้วสไลด์ออก สำหรับชิ้นงานกลุ่มควบคุมที่บูรณะเพียงชั้นเดียว สามารถนำชิ้นงานทำขั้นตอนต่อไปได้ ส่วนชิ้นงานบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ ให้ใส่แม่แบบสำหรับขึ้นรูปวัสดุตามความหนาที่ต้องการของชั้นที่ 2 ลงไปตามแท่งสลักให้วางอยู่บนแม่แบบขึ้นรูปวัสดุแผ่นแรก ใช้พลาสติกอินสตรูเมนต์ดักเรซินคอมโพสิตชั้นที่ 2 (สีเคลือบฟันหรือสีเนื้อฟัน) ใส่ในแม่แบบ และวางทับด้านบนด้วยแผ่นโพลีเอสเตอร์ และแผ่นแก้วสไลด์ ตามลำดับ จากนั้นฉายแสงเช่นเดิม จากนั้นนำวัสดุออกจากแม่แบบ หากมีส่วนเกินให้กำจัดออกด้วยใบมีด แล้ววัดขนาดของชิ้นงานด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ หากวัดแล้วขนาดของชิ้นงานมีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่าที่ต้องการ 0.03 มิลลิเมตร ชิ้นงานนั้นจะถูกคัดออกโดยทันที และไม่นำมาใช้ในการศึกษา นำชิ้นงานที่เตรียมทั้งหมดเก็บในตู้ทดลองควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาจึงนำชิ้นงานไปทดสอบความทนแรงดัดด้วยวิธีการบอลออนริง ด้วยเครื่องทดสอบแรงแบบสากล ที่มีฐานรองรับที่เป็นวงแหวนขอบแหลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตรในการออกแรงกระทำต่อชิ้นงานทางด้านบน ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตร/นาที จนเกิดการแตกหักของวัสดุ แล้วนำค่าแรงที่ได้ มาคำนวณตามสูตรของ Timoshenko and Woinowsky-Kreiger (1959) ดังนี้
$$\sigma_{max} = \frac{P}{h^2} \left\{ (1 + \nu) \left[0.485 \ln \left(\frac{a}{h} \right) + 0.52 \right] + 0.48 \right\}$$
 โดย " σ_{max} " = ความทนแรงดัดของวัสดุ หน่วยเป็น เมกะปาสคาล (MPa), " P " = แรงที่กระทำต่อวัตถุจนเกิดการแตกหัก หน่วยเป็น นิวตัน (N), " a " = รัศมีของวงแหวนที่รองรับชิ้นงานทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm), " h " = ความหนาของชิ้นงานที่ทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm), " ν " = อัตราส่วนของปัวซอง (Poisson's ratio) เท่ากับ 0.25 (Jalkh et al., 2019; Kumar et al., 2022) จากนั้นนำค่าความทนแรงดัดที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 28.0.1.0 for macOS (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) โดยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

(Descriptive Statistics) ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าสูงสุด(Maximum) ของความทนแรงดึงของทุกกลุ่ม เพื่อใช้อธิบายข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบพาราเมตริก (2-way ANOVA) โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และใช้สถิติไวบูลคำนวณความน่าเชื่อถือของข้อมูล จากสูตร $P_f = 1 - \exp \left[-N \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \right]$ โดย $m =$ ค่าไวบูลโมดูลัส, $\sigma_0 =$ ค่าคุณลักษณะความแข็งแรงของไวบูล (Weibull characteristic strength) และ $\sigma =$ ค่าความทนแรงดึง

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบความทนแรงดึงพบว่า ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และไวบูลโมดูลัสของความทนแรงดึงของแต่ละกลุ่ม ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงสูงสุด คือ กลุ่มสี่เหลี่ยมที่ความหนา 1 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 187.46 ± 9.39 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ กลุ่มสี่เหลี่ยมที่ความหนา 0.6 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 133.16 ± 19.31 เมกะปาสคาล สำหรับค่าไวบูลโมดูลัสพบว่า ค่ามีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อความหนารวมของเรซินคอมโพสิตมีค่ามากขึ้น โดยพบว่ากลุ่มสี่เหลี่ยมที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่มีค่ามากที่สุด (30.65) รองลงมาคือ กลุ่มสี่เหลี่ยมที่ความหนา 1 มิลลิเมตร (23.776) ส่วนกลุ่มสี่เหลี่ยมที่ความหนา 0.6 มิลลิเมตร มีค่าไวบูลโมดูลัสน้อยที่สุด (4.915)

สำหรับการเปรียบเทียบความทนแรงดึงระหว่างเรซินคอมโพสิตเมื่อมีอิทธิพลร่วมของวิธีการบรูณะ และความหนารวมที่บรูณะ พบว่า ปัจจัยวิธีการบรูณะ หรือความหนาแต่ละชั้นของชั้นสี่เหลี่ยมและ/หรือสี่เหลี่ยม และปัจจัยความหนารวมที่บรูณะ มีอย่างน้อย 2 กลุ่ม ที่ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของเรซินคอมโพสิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.002 และ <0.001 ตามลำดับ) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยความหนาแต่ละชั้นของชั้นสี่เหลี่ยมและสี่เหลี่ยม และปัจจัยความหนารวมที่บรูณะต่อค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของเรซินคอมโพสิต (P-value = 0.231) ดังตารางที่ 2

เมื่อพิจารณาตามปัจจัยวิธีการบรูณะ พบว่า เมื่อความหนารวมเท่ากันที่ 1 มิลลิเมตร กลุ่มที่บรูณะด้วยสี่เหลี่ยมเพียงอย่างเดียว มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของเรซินคอมโพสิตสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อความหนารวมเท่ากันที่ 0.6 0.7 และ 0.8 มิลลิเมตร พบว่า ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้หากพิจารณาตามความหนารวมที่บรูณะ พบว่า เมื่อบรูณะด้วยสี่เหลี่ยมเพียงอย่างเดียวที่ความหนารวม 0.6 และ 0.7 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงไม่มีความแตกต่างกัน แต่ที่ความหนารวม 0.6 และ 0.8 มิลลิเมตร และความหนารวม 0.6 และ 1 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อบรูณะด้วยสี่เหลี่ยมเพียงอย่างเดียว และบรูณะด้วยความหนาชั้นสี่เหลี่ยมที่ร่วมกับความหนาชั้นสี่เหลี่ยมแตกต่างกัน พบว่าความหนารวมที่ 0.6 และ 1 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการบรูณะด้วยความหนาชั้นสี่เหลี่ยมที่ร่วมกับความหนาชั้นสี่เหลี่ยมแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงในทุกความหนารวม ดังภาพที่ 3

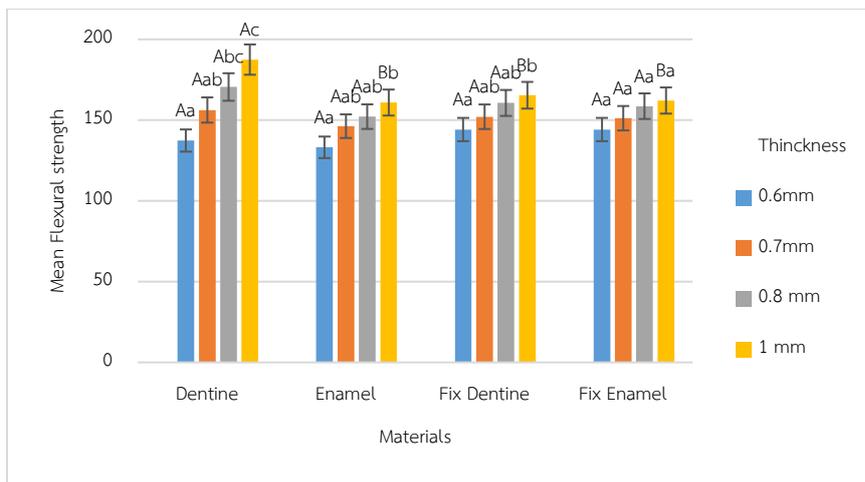
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และไวบูลโมดูลัสของความทนแรงดัดของแต่ละกลุ่ม

Group	Flexural strength (MPa)				Weibull modulus
	Mean \pm SD	Median	Minimum	Maximum	
D0.6	137.35 \pm 28.37	131.07	87.75	181.79	4.915
D0.7	156.25 \pm 26.00	152.63	121.72	207.02	7.118
D0.8	170.50 \pm 19.37	168.32	147.87	207.44	10.026
D1	187.46 \pm 9.39	187.25	171.39	203.03	23.776
E0.6	133.16 \pm 19.31	128.63	100.43	161.8	8.17
E0.7	146.25 \pm 20.92	152.99	88.22	168.8	7.105
E0.8	152.14 \pm 14.32	150.53	132.98	181.96	12.508
E1	160.88 \pm 6.29	160.47	150.31	172.41	30.65
FD0.6	144.16 \pm 32.2	140.84	86.78	201.41	5.3
FD0.7	152.09 \pm 21.03	147.79	121.26	197.16	8.575
FD0.8	160.63 \pm 18.12	156.84	135.97	199.11	10.417
FD1	165.39 \pm 12.46	167.68	132.19	184.50	15.117
FE0.7	151.17 \pm 23.82	153.61	103.46	187.84	7.465
FE0.8	158.62 \pm 13.26	159.45	132.28	181.69	14.337
FE1	162.13 \pm 8.23	158.38	153.35	183.70	21.199

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตด้วย 2-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	39974.223 ^a	15	2664.948	6.261	<.001
Intercept	5776932.988	1	5776932.988	13573.142	<.001
Type	6662.376	3	2220.792	5.218	.002
Thick	28283.193	3	9427.731	22.151	<.001
Type * Thick	5028.654	9	558.739	1.313	.231
Error	95337.762	224	425.615		
Total	5912244.973	240			
Corrected Total	135311.985	239			

a. R Squared =.295 (Adjusted R Squared =.248)



ภาพที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิต ตามวิธีการบรูณะและความหนาของวัสดุ โดยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดในการเปรียบเทียบระหว่างความหนาของวัสดุที่เท่ากัน แต่วิธีการบรูณะต่างกัน และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการบรูณะชนิดเดียวกัน แต่ความหนาของวัสดุแตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ.05)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแข็งแรงของเรซินคอมโพสิตที่มีความหนาค่อนข้างบาง (ไม่เกิน 1 มิลลิเมตร) ด้วยการทดสอบความทนแรงดัด เมื่อมีปัจจัยในการบรูณะด้วยวิธีการต่างกัน และชนิดของวัสดุที่ต่างกัน โดยมีการเตรียมชิ้นงานให้มีความหนาของวัสดุ 0.6-1 มิลลิเมตร เพื่อให้สอดคล้องกับการกรอแต่งฟันที่จะบรูณะด้วยเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ ซึ่งจะกรอเพียงชั้นเคลือบฟันเท่านั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Yu et al. (2019) พบว่า ความหนาของเคลือบฟันในแต่ละตำแหน่งของฟันมีความหนาต่างกัน โดยที่ฟันตัดกลางด้านบน มีความหนาของเคลือบฟันบริเวณคอฟัน 0.3-0.5 มิลลิเมตร และบริเวณกึ่งกลางฟันมีความหนา 0.6-1 มิลลิเมตร ดังนั้นการกำหนดความหนาของชิ้นงานในศึกษานี้ เพื่อให้เป็นตัวแทนของวัสดุในแต่ละตำแหน่งที่จะบรูณะ

ในส่วนของการทดสอบความแข็งแรง การศึกษานี้เลือกวิธีการทดสอบความแข็งแรงของเรซินคอมโพสิตด้วยการทดสอบความทนแรงดัด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมนำมาทดสอบเรซินคอมโพสิต โดยใช้วิธีการรอสองแกนแบบบอลอนริง เนื่องจากมีการศึกษาที่พบว่า วิธีการนี้เป็นหนึ่งในวิธีที่เหมาะสมในการนำมาใช้ทดสอบวัสดุทางทันตกรรมที่มีความเปราะ เพราะวิธีการอื่นพบว่า มีความเค้นการแตกหักที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นด้วยในการทดสอบ (Shetty et al., 1980) มีการศึกษาของ Kumar et al. (2022) ที่เปรียบเทียบการทดสอบวิธีการรอสองแกนระหว่างแบบบอลอนริง และ ริง ออนริง (Ring-on-ring) พบว่า การทดสอบด้วยวิธีการบอลอนริง ให้ค่าที่นำเชื่อถือกว่า เนื่องจากวิธีการบอลอนริง สามารถให้แรงต่อวัสดุด้วยพื้นที่หน้าตัดที่เล็กกว่า ทำให้เกิดแรงกระทำเพียงจุดเดียว ซึ่งค่าความทนแรงดัดที่ทดสอบได้ของเรซินคอมโพสิตในการศึกษานี้เป็นไปตามมาตรฐานสากล (ISO 4049) ที่กำหนดว่าจะต้องมีค่ามากกว่า 100 เมกะปาสคาล แสดงถึงวิธีการทดสอบที่เหมาะสม นอกจากนี้มีหลายการศึกษาที่นำสถิติไวบูลมาช่วยในการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ทดสอบ (Palin et al., 2003; Rodrigues-Junior et al., 2008) และในการศึกษานี้ได้ทำเช่นเดียวกัน พบว่า ค่าไวบูลโมดูลัสมีค่ามากขึ้นเมื่อมีความหนาของเรซินคอมโพสิตที่มากขึ้น แสดงว่า ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีค่าสูง อาจกล่าวได้ว่าในช่วงความหนาที่บาง ส่งผลให้ค่าความทนแรงดัดที่ทดสอบได้มีการกระจายตัวสูง นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าไวบูลโมดูลัสที่คำนวณได้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าระหว่าง 4.9-30.7 ซึ่งถือว่าค่อนข้างกว้าง สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่ยอมรับว่า เมื่อนำค่าโมดูลัสไวบูลของความแข็งแรงเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันของแต่ละการศึกษาเมื่อนำมารวมกันจะมีค่าที่กว้างมาก (Kumar & Zafar, 2023)

ในส่วนของการเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยการบูรณะและปัจจัยความหนาพบว่า วิธีการบูรณะส่งผลต่อความทนแรงดัดเมื่อเรซินคอมโพสิตมีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยการบูรณะเพียงชั้นเดียวด้วยวัสดุสีเนื้อฟันส่งผลให้มีความทนแรงดัดมากที่สุด ซึ่งต่างจากวิธีการบูรณะแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่างจากการศึกษาของ Fontes et al. (2012) ที่ได้ผลว่า เมื่อวัสดุมีความทึบจะให้ผลคุณสมบัติเชิงกลที่ต่ำกว่าวัสดุที่มีความใส เพราะเกิดการพอลิเมอร์ไรเซชันที่สมบูรณ์น้อยกว่า เนื่องจากแสงที่กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาผ่านได้น้อยกว่า สาเหตุที่ให้ผลแตกต่างกันอาจเป็นเพราะความหนาของชิ้นงานที่ทดสอบต่างกัน ในการศึกษาที่ใช้ความหนาที่ 1 มม. ซึ่งมีความหนาน้อยกว่า ทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้สมบูรณ์กว่า อย่างไรก็ตาม เรซินคอมโพสิตที่นำมาใช้ในการศึกษานี้จัดเป็นนาโนฟิลด์คอมโพสิต มีขนาดของวัสดุอัดแทรกหลากหลายที่ไม่มีข้อมูลปริมาณของแต่ละขนาดที่แน่นอน ซึ่งอาจจะมีสัดส่วนของปริมาณในแต่ละขนาดของวัสดุอัดแทรกไม่เท่ากันระหว่างสีเนื้อฟันและสีเคลือบฟัน มีบางการศึกษาที่พบว่า ขนาดของวัสดุอัดแทรกส่งผลต่อการดูดซับและการกระจายของแสงในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (Frank Caughman et al., 1995; Thomé et al., 2007) จึงอาจทำให้ค่าความทนแรงดัดของสีเนื้อฟัน และสีเคลือบฟันที่ระดับ 1 มม. ต่างกัน อีกทั้งโดยปกติเมื่อเรซินคอมโพสิตเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแล้ว มักจะเกิดชั้นที่ถูกยับยั้งโดยออกซิเจน (Oxygen inhibiting layer) ซึ่งจะมีเรซินที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์คงค้างอยู่จากการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับเรซินคอมโพสิตในชั้นต่อไปได้ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มีการใช้แผ่นพลาสติกใสคลุมก่อนฉายแสงเพื่อควบคุมความหนาในแต่ละชั้น ทำให้เรซินที่หลงเหลืออยู่น้อย ดังนั้นอาจส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างวัสดุได้ (Panchal & Asthana, 2020) ซึ่งอาจเป็นผลให้ความแข็งแรงของชิ้นงานที่บูรณะแบบเป็นชั้นๆ ต่ำกว่าการบูรณะเพียงชั้นเดียว นอกจากนี้ผลการศึกษานี้พบว่า การบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ ที่ความหนาแน่นเท่ากันที่ 0.6, 0.7 หรือ 0.8 มม. การเปลี่ยนแปลงของความหนาของสีเนื้อฟันหรือสีเคลือบฟัน ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเรซินคอมโพสิต

ในส่วนของวิธีการบูรณะที่เหมือนกัน แต่มีความหนาแน่นต่างกัน พบว่า ชิ้นงานที่มีความหนาแน่น 0.6 และ 1 มิลลิเมตร มีความทนแรงดัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่มที่บูรณะด้วยความหนาของสีเคลือบฟันคงที่และความหนาของสีเนื้อฟันต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Tribst et al. (2023) ที่ทดสอบการแตกหักของวีเนียร์ด้านสบฟัน พบว่า ที่ความหนาของวัสดุเรซินคอมโพสิต 0.5 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานการแตกหักที่ต่ำกว่าวัสดุที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร

สรุป ปัจจัยวิธีการบูรณะ และปัจจัยความหนาแน่นของเรซินคอมโพสิตต่างส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของวัสดุ แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย ดังนั้นในการเลือกบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตวีเนียร์ ทันตแพทย์อาจต้องพิจารณาถึงปัจจัยทั้ง 2 อย่างนี้ด้วย

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

จากผลการศึกษาค่าความทนแรงดัดของเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการบูรณะร่วมกันเป็นชั้นๆ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- 1) การเลือกใช้วิธีการทดสอบด้วยการงอสองแกน เป็นวิธีที่เหมาะสมในการทดสอบเรซินคอมโพสิตที่มีความบางและเปราะ สามารถให้ค่าได้ตามมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้ (ISO 4049)
- 2) การวิจัยนี้เป็นเพียงการทดลองที่จัดทำในห้องปฏิบัติการ โดยที่ไม่มีการยึดวัสดุติดกับผิวฟันจริง ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น และหากนำวัสดุไปยึดกับผิวฟันธรรมชาติแล้วอาจให้ผลลัพธ์ความแข็งแรงที่แตกต่างออกไป เนื่องจากมีตัวแปรในส่วนของสารยึดติดทางทันตกรรมมาเกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ผลจากการศึกษานี้ไม่อาจครอบคลุมได้ในเรซินคอมโพสิตยี่ห้ออื่น หรือรุ่นอื่น ดังนั้นควรศึกษากับวัสดุเรซินคอมโพสิตยี่ห้ออื่น หรือรุ่นอื่นเพิ่มเติม เพราะแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน อาจส่งผลทำให้ค่าความทนแรงดัดที่ได้มีความแตกต่างกันด้วย

2) ศึกษาค่าความทนแรงดัดของวัสดุหลังจากผ่านการจำลองการใช้งานต่างๆ เช่น เทอร์โมไซคลิก เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการจำลองการใช้งาน หรือศึกษาความแข็งแรงของวัสดุหลังจากนำไปยึดกับผิวฟันจริง จะทำให้ทราบคุณสมบัติของวัสดุได้ดีขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่นำมาประกอบกันแล้วสามารถประยุกต์ใช้ทางคลินิกได้ง่ายขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Chung, S. M., Yap, A. U. J., Chandra, S. P., & Lim, C. T. (2004). Flexural strength of dental composite restoratives: Comparison of biaxial and three-point bending test. *J. Biomed. Mater. Res.- Part B Applied Biomaterials*, 71(2), 278-283.
- Fontes, A. S., Mauro, E. D. I., Antonia, L. H. D., Sano, W., Física, D., Tecnológica, U., & Mourão, C. (2012). Study of the Influence of Pigments in the Polymerization and Mechanical Performance of Commercial Dental Composites. *Estudo Sobre a Influência dos Pigmentos na Polimerização e no Desempenho Mecânico dos Compósitos Dentais Comerciais*, 21(56), 468-472.
- Frank Caughman, W., Rueggeberg, F. A., & Curtis, J. W. (1995). Clinical Guidelines for Photocuring. *J. Am. Dent. Assoc.*, 126(9), 1280-1286.
- Garg, N., & Garg, A. (2015). Chapter 17- Composite Restorations. In *Textbook of Operative Dentistry* (3rd ed., pp. 252-316). Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Ilie, N., Hilton, T. J., Heintze, S. D., Hickel, R., Watts, D. C., Silikas, N., Stansbury, J. W., Cadenaro, M., & Ferracane, J. L. (2017). Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part I—Mechanical properties. *Dent. Mater. J.*, 33(8), 880-894.
- Jalkh, E. B. B., Machado, C. M., Giannini, M., Beltramini, I., De Toledo Piza, M. M., Coelho, P. G., Hirata, R., & Bonfante, E. A. (2019). Effect of thermocycling on biaxial flexural strength of CAD/CAM, bulk fill, and conventional resin composite materials. *Oper. Dent.*, 44(5), E254-E262.
- Khuwuthayakorn, Y. (2015). Chapter 1- Resin composite and Chapter 8- Resin composite veneer. In *Anterior Direct Resin Composite Restoration* (pp. 52-66, 183-219). SangSilp Chiang Mai printing service.
- Kumar, N. (2012). Inconsistency in the strength testing of dental resin-based composites among researchers. *Pak. J. Med. Sci. Q.*, 29(1), 205-210.
- Kumar, N., Ghani, F., Fareed, M. A., Riaz, S., Khurshid, Z., & Zafar, M. S. (2022). Bi-axial flexural strength of resin based dental composites-Influence and reliability of the testing method configuration. *Mater. Technol.*, 37(12), 2166-2172.
- Kumar, N., & Zafar, M. S. (2023). Weibull statistics for strength evaluation of viscoelastic resin-based dental composites. *J. Taibah Univ. Med. Sci.*, 18(5), 1099.
- Leevailoj, C. (2008). Chapter 3- Anterior tooth colored restorations; Layering Technique and Chapter 6- Resin composite veneer. In *The Art of Anterior Resin composite Restorations* (pp. 98-174, 278-307). Dental Idea Company Limited.
- Leevailoj, C., & Chantaramungkorn, M. (2006). Chapter 2- Tooth Color Material's Continuum. In *Posterior Tooth Colored Restorations* (pp. 56-74). Dental Idea Company Limited.
- Leevailoj, C. (2003). Chapter 1- Advantages, Disadvantages, Indications and Contraindications of Ceramic or Porcelain Veneer and Chapter 8- Resin Composite Veneer: Alternative Options of Veneer. In *VENEERS: The Art & Science of Esthetic Dentistry* (pp. 3-11, 164-169). Pansadesign.

- McCabe, J. F., & Carrick, T. E. (1986). A statistical approach to the mechanical testing of dental materials. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 2(4), 139-142.
- Palin, W. M., Fleming, G. J. P., Burke, F. J. T., Marquis, P. M., & Randall, R. C. (2003). The reliability in flexural strength testing of a novel dental composite. *J. Dent.*, 31(8), 549-557.
- Panchal, A. C., & Asthana, G. (2020). Oxygen inhibition layer: A dilemma to be solved. *J. Conserv. Dent.*, 23(3), 254-258.
- Rodrigues-Junior, S., Scherrer, S., Ferracane, J., & Della Bona, A. (2008). Microstructural characterization and fracture behavior of a microhybrid and a nanofil composite. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 24, 1281-1288.
- Shetty, D. K., Rosenfield, A. R., McGuire, P., Bansal, G. K., & Duckworth, W. H. (1980). Biaxial Flexure Tests for Ceramics. *American Ceramic Society Bulletin*, 59(12), 1193-1197.
- Thomé, T., Steagall, W., Tachibana, A., Braga, S. R. M., & Turbino, M. L. (2007). Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *J. Appl. Oral Sci.*, 15(6), 486-491.
- Tribst, J. P. M., Tach, Q., de Kok, P., Dal Piva, A. M. de O., Kuijs, R. H., & Kleverlaan, C. J. (2023). Thickness and Substrate Effect on the Mechanical Behaviour of Direct Occlusal Veneers. *Int. Dent. J.*, 73(5), 612-619.
- Yu, H., Zhao, Y., Li, J., Luo, T., Gao, J., Liu, H., Liu, W., Liu, F., Zhao, K., Liu, F., Ma, C., Setz, J. M., Liang, S., Fan, L., Gao, S., Zhu, Z., Shen, J., Wang, J., Zhu, Z., & Zhou, X. (2019). Minimal invasive microscopic tooth preparation in esthetic restoration: a specialist consensus. *Int. J. Oral Sci.*, 11(3), 31.

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: © 2024 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).