

ผลของการมีรูเปิดสกรูต่อความต้านทานการแตกหักของครอบฟันโมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงบนรากเทียม

ธณิศวรร อินทรปรีชา* ชีรพันธ์ สอสกุล** สุบิน พัวศิริ*** ศุภรัตน์ สุขโท** พิศเพลิน ชนาเทพาพร**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของการมีและไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟัน โมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานะเอสทีเอ็มแอลบนรากเทียม โดยขึ้นรูปชิ้นงานครอบฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งด้วยกระบวนการเคด/แคมเป็นครอบฟันที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูยึดบนหลักยึดรากเทียม จำนวน 40 ชิ้น แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่มีรูเปิดสกรู (CS) กลุ่มที่ 2 เซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่ไม่มีรูเปิดสกรู (CNS) กลุ่มที่ 3 คานะเอสทีเอ็มแอลที่มีรูเปิดสกรู (KS) และกลุ่มที่ 4 คานะเอสทีเอ็มแอลที่ไม่มีรูเปิดสกรู (KNS) ชิ้นงานทุกชิ้นจะผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 30 วินาที สลับกับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 30 วินาที เป็นจำนวน 10,000 รอบ โดยมีระยะพักที่อุณหภูมิห้อง 30 วินาที และให้แรงแบบวัฏจักรด้วยการวางหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมบนกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันในแนวคิง ให้แรงกด 50 นิวตัน ความถี่ 4 เฮิรตซ์ จำนวน 250,000 รอบ ก่อนทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบสากล ด้วยการใส่หัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมวางบนกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันในแนวคิง ที่ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกระทั่งครอบฟันแตกหัก แล้วนำชิ้นงานไปวิเคราะห์ที่พื้นผิวรอยแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางและการทดสอบที่ ($p < 0.05$) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางพบว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรู (CS และ KS) มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักแตกต่างจากครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรู (CNS และ KNS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักระหว่างครอบฟันยี่ห้อเซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานะเอสทีเอ็มแอลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.072$) ทั้งนี้จากการทดสอบที่พบว่าค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันทั้งสองยี่ห้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟันทั้งสองยี่ห้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันยี่ห้อเดียวกันในกรณีที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูพบว่าครอบฟันแต่ละยี่ห้อที่มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงสรุปได้ว่าการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟัน โมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงมีค่าความต้านทานการแตกหักน้อยกว่าการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟัน อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟันทั้งสองยี่ห้อ

คำไ้รหัส: รูเปิดสกรู/ความต้านทานการแตกหัก/ ครอบฟัน/ โมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูง/ รากเทียม

Received: May 30, 2023

Revised: Sep 09, 2023

Accepted: Oct 05, 2023

บทนำ

ทันตกรรมรากเทียมเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากวัสดุเฉื่อย (Inert material) ปลูกฝังในเนื้อเยื่อช่องปากได้ต่อเยื่อเมือกหรือเยื่อหุ้มปริทันต์ในกระดูก เพื่อให้การยึดอยู่และรองรับสิ่งประดิษฐ์ฟันเทียมชนิดติดแน่นหรือฟันเทียมบางส่วนถอดได้ การบูรณะทดแทนการสูญเสียฟันซึ่งเดิวนิยมใช้ทันตกรรมรากเทียมมากกว่าสะพานฟันชนิดติดแน่นหรือฟันเทียมบางส่วนถอดได้ เนื่องจากทันตกรรมรากเทียม

ไม่ต้องกรอแต่งฟันหลักหน้าและหลังต่อสันเหงือกไร้ฟัน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวอาหารได้ดีกว่าฟันเทียมบางส่วนถอดได้² ซึ่งการสูญเสียฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งเพียงซี่เดียวที่เป็นตำแหน่งรับแรงเค้นหลักฟันออกนอกช่องปากและอยู่ในเขตความสวยงามสำหรับผู้ป่วยที่มีแนวยิ้มสูงจำเป็นต้องบูรณะด้วยครอบฟันที่มีความแข็งแรงและความสวยงาม^{2,3} ปัจจุบันครอบฟัน โมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความ

* นักศึกษาหลักสูตรการฝึกอบรมทันตแพทย์ประจำบ้านเพื่อวุฒิบัตร สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

** สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

*** แขนงวิชาทันตสาธารณสุข สาขาวิชาทันตกรรมบ้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

โปร่งสูง (High translucent monolithic zirconia crown) ได้พัฒนาคุณสมบัติเชิงกลและความสวยงามให้เหมาะสมสำหรับบูรณะทดแทนการสูญเสียฟัน โดยสามารถออกแบบเป็นครอบฟันที่ไม่มีหรือมีรูเปิดสกรูตามวิธีการยึดครอบฟันบนรากเทียม

ครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูจะยึดกับหลักยึดด้วยซีเมนต์คล้ายกับวิธีการยึดครอบฟันบนฟันหลักแบบดั้งเดิม โดยมีลักษณะด้านบดเคี้ยวที่มีความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ ทำให้เกิดความทนทาน (Passivity) ระหว่างครอบฟันกับหลักยึด จึงช่วยลดแรงเค้นที่กระทำต่อรากเทียมได้ แต่การรื้อครอบฟันในกรณีที่ครอบฟันแตกหรือสกรูหลวมทำได้ยาก และมักพบปัญหาซีเมนต์ส่วนเกินคงเหลือได้ขอบเหงือกทำให้เนื้อเยื่อรอบสิ่งปลูกฝังอักเสบ (Peri-implantitis) สำหรับครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูจะยึดกับหลักยึดด้วยซีเมนต์นอกช่องปากก่อนนำไปยึดกับรากเทียมด้วยสกรูและอุดปิดรูเปิดสกรูด้วยเรซินคอมโพสิต โดยสามารถรื้อครอบฟันที่แตกหรือมีสกรูหลวมออกมาแก้ไขได้ง่าย ใช้บูรณะในรายที่มีช่องว่างสันเหงือกไร้ฟันในแนวด้านบดเคี้ยว-ครอบฟันน้อยกว่า 8.0 มิลลิเมตรได้ และลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนทางชีวภาพรอบรากเทียมจากปัญหาซีเมนต์ส่วนเกิน⁴⁻⁷ แม้ว่าการมีรูเปิดสกรูจะทำให้ความสวยงามของครอบฟันลดลง แต่รูเปิดสกรูปกติจะมีขนาดอย่างน้อย 1.2 มิลลิเมตร หรือเท่ากับขนาดสกรูยึดและก้านไขควงของรากเทียมแต่ละระบบ⁸ จึงไม่มีผลต่อความสวยงามมากนัก

Hussien และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 ศึกษาการบูรณะฟันกรามน้อยบนด้วยครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียยี่ห้อซีนอสตาร์บล็อก (Zenostar block, Wieland Dental + Technik GmbH & Co KG, Germany) ที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูบนรากเทียมที่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling process) และให้แรงแบบวัฏจักร (Cycling load) ขนาด 20 ถึง 200 นิวตัน จำนวน 5,000 รอบ พบว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเท่ากับรูเปิดสกรูบนหลักยึดและครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 2,047.8 นิวตัน และ 2,028.7 นิวตัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁹ อย่างไรก็ตาม Rosa และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 ศึกษาการบูรณะฟันกรามน้อยด้วยครอบฟันที่มีโครงสร้างฐานเซอร์โคเนียยี่ห้ออัปเซรา (Upcera, Shenzhen Upcera, China) เคลือบเซรามิกยี่ห้อวีเอ็มไนน์ (VM9, Vita Zahnfabrik, Germany) แบบไร้ปุ่มฟัน พบว่าครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูและครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 2,239 นิวตัน และ 932 นิวตัน ตามลำดับ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹⁰ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mokhtarpour และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 พบว่าเซอร์โคเนียยี่ห้อโคพรานซีอาร์ไอ (Coproan Zr-i, Whitepeaks, Germany) ที่ใช้บูรณะฟันตัดซึ่งกลางบนด้วยครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูและครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูความกว้างในแนวด้านแก้ม-เพดานและด้านใกล้กลาง-ใกล้กลางเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตรและ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ ภายหลังจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 888.3 นิวตัน และ 610.4 นิวตัน ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹¹ ซึ่ง Khalifa และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 พบว่าโมโนลิธิคเซอร์โคเนียยี่ห้อคาตานิเซอร์คอนบล็อก (Katana Zircon block, Kuraray Noritake, Japan) ที่ใช้บูรณะฟันกรามล่างซึ่งที่หนึ่งด้วยครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูและครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ภายหลังจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 6,193.7 และ 3,282.6 นิวตัน ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹² Du และคณะ ในปี ค.ศ. 2018 ศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element analysis) พบว่าการใช้เซอร์โคเนียบูรณะฟันกรามล่างด้วยครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูและครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร มีค่าความเค้นสะสมสูงสุด (Maximum equivalent stress) บริเวณปุ่มฟันด้านแก้มน้อยกว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จึงอาจทำให้ครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดใหญ่มีแนวโน้มแตกหักมากกว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเล็ก¹³

ครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่ใช้ในการบูรณะทางทันตกรรมรากเทียมในช่วงแรกเป็นเซอร์โคเนียที่มีการเติมอิตเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3) ร้อยละ 3 โดยโมล เรียกว่าอิตเทรียมเตตระโกนอลเซอร์โคเนียโพลีคริสตัล (Yttrium-tetragonal zirconia polycrystal: Y-TZP) หรือทริวาย-ทีซีพี (3Y-TZP) ที่มีค่าความทนแรงดัดสูงตั้งแต่ 1,000 ถึง 1,500 เมกะปาสคาล แต่ครอบฟันที่ได้มีความทึบแสงไม่สวยงาม จึงพัฒนาเป็นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การปรับอุณหภูมิเผา การปรับขนาดเกรน การเติมอิตเทรียมออกไซด์เพิ่มเป็นร้อยละ 4 ถึง 5 โดยโมล การลดปริมาณหรือกำจัดอะลูมินาและสิ่งเจือปน ทำให้ครอบฟันที่ได้มีความโปร่งแสง สีสวยงาม สามารถใช้บูรณะได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง แต่ความแข็งแรงของวัสดุลดลง มีค่าความทนแรงดัดอยู่ในช่วงระหว่าง 400 ถึง 1,300 เมกะปาสคาล¹⁴ ปัจจุบันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสง

สูงได้พัฒนามาเป็นรูปแบบมัลติเลเยอร์ (Multilayer) ที่มีลำดับความโปร่งแสงจากปลายฟันตัด-คอฟันหรือด้านบดเคี้ยว-คอฟันเลียนแบบชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟันของฟันธรรมชาติ เช่น โมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร์คอน เอกซ์ทีเอ็มแอล (Cercon xt ML, Dentsply Sirona, USA) และ ยี่ห้อคาตนะเอสทีเอ็มแอล (Katana STML, Kuraray Noritake, Japan)

โมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อ เซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคาตนะเอสทีเอ็มแอลเป็น เซอร์โคเนียที่เติมอิตเทรียมออกไซด์ร้อยละ 5 โดยโมล เป็น พาร์เชียลลิสเทเบิลเซอร์โคเนีย (Partially stabilized zirconia: Y-PSZ) หรือไฟว์วาย-เพออสซี (5Y-PSZ) ขึ้นรูปครอบฟันด้วย กระบวนการแคด/แคม (CAD/CAM) และเผาขึ้นงานได้อย่าง รวดเร็ว จึงนิยมใช้วัสดุดังกล่าวทำครอบฟันสำหรับบูรณะฟัน ในบริเวณที่ต้องการความสวยงามเป็นเลิศและความแข็งแรงสูง แม้ว่าจะมีการศึกษาความต้านทานการแตกหักของโมโนลิธิค เซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงแบบมัลติเลเยอร์หลายยี่ห้อ แล้วก็ตาม แต่ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานการ แตกหักของโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อ เซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคาตนะเอสทีเอ็มแอลใน รูปแบบของครอบฟันที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูสำหรับบูรณะฟัน ทางทันตกรรมรากเทียม ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของการมีและ ไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความ โปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคาตนะ เอสทีเอ็มแอลบนรากเทียม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้แผ่นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความ โปร่งแสงสูง 2 ยี่ห้อ คือ เซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและคาต นะเอสทีเอ็มแอล ความหนา 14.0 มิลลิเมตร ที่มีส่วนประกอบ และคุณสมบัติตามเอกสารแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ของ

บริษัทผู้ผลิต^{15,16} (ตารางที่ 1) โดยแผ่นโมโนลิธิคเซอร์โคเนีย จะขึ้นรูปด้วยกระบวนการแคด/แคมเป็นครอบฟันที่มีและไม่มี รูเปิดสกรู แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่มีรูเปิดสกรู (CS) กลุ่มที่ 2 เซอร์ คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่ไม่มีรูเปิดสกรู (CNS) กลุ่มที่ 3 คาตนะ เอสทีเอ็มแอลที่มีรูเปิดสกรู (KS) และกลุ่มที่ 4 คาตนะเอส ทีเอ็มแอลที่ไม่มีรูเปิดสกรู (KNS)

การเตรียมชิ้นงาน นำแผ่นอะคริลิกใสรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร หนา 1.0 มิลลิเมตร ที่มีรู ตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.3 มิลลิเมตร สวมเข้ากับ แพลตฟอร์ม (Platform) ของแบบถอดรากเทียม (IS fixture level lab analog, Neobiotech, Korea) จากนั้นยึดหลักยึดราก เทียม (IS cemented abutment (hex type), Neobiotech, Korea) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตร ความสูงจากด้านบด เคี้ยวถึงเส้นสันสุด 5.2 มิลลิเมตร และความสูงปลอกเหงือก (Gingival cuff height) 2.0 มิลลิเมตร บนแบบถอดรากเทียม ด้วยสกรู ขันสกรูด้วยไขควงให้แน่นด้วยแรงดึงมือ หลักยึดที่ ยึดกับแบบถอดรากเทียมจะนำมาฝังในอะคริลิกเรซินชนิดบ่ม เองในท่อพลาสติกพีวีซีทรงกระบอกตันขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางวงนอก 28 มิลลิเมตร โดยให้แนวแกนรากเทียมอยู่ กึ่งกลางท่อพลาสติกตั้งฉากกับพื้นราบและให้แผ่นอะคริลิก ใสรูปวงกลมแนบกับขอบบนของท่อพลาสติกพีวีซี ด้วยการ ใช้ชิ้นนำแนวดูราเลย์ (Duralay jig) ที่เตรียมไว้สวมหลักยึด รากเทียมเข้ากับแท่งสำรวจความขนาน (Analyzing rod) ที่ ติดตั้งกับเครื่องสำรวจความขนาน (Ney® Surveyor, Dentsply International, Inc., York, United States) (รูปที่ 1A) เมื่อ อะคริลิกเรซินบ่มตัวเต็มที่จึงถอดชิ้นนำแนวดูราเลย์ออกจาก หลักยึดและถอดแผ่นอะคริลิกใสรูปวงกลมออกจากแบบถอด รากเทียมตามลำดับ จะได้ท่อพลาสติกพีวีซีทรงกระบอกตันที่ มีหลักยึดและแบบถอดรากเทียมที่มีแพลตฟอร์มอยู่เหนือต่อ อะคริลิกเรซิน 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและคุณสมบัติของโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูง

Table 1 Composition and mechanical properties of high translucent monolithic zirconia

Material	Composition (% by mass)	Flexural strength (three-point bending test)	Lot No.
Cercon xt ML (Dentsply Sirona, York, PA, USA)	ZrO ₂ 86%, Y ₂ O ₃ 9%, HfO ₂ 3%, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Other oxide < 2%	~ 750 MPa	18038982, 18041956
Katana STML (Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan)	ZrO ₂ + HfO ₂ 88 - 93%, Y ₂ O ₃ 7 - 10%, Other oxide 0 - 2%	748 MPa	EDZSW

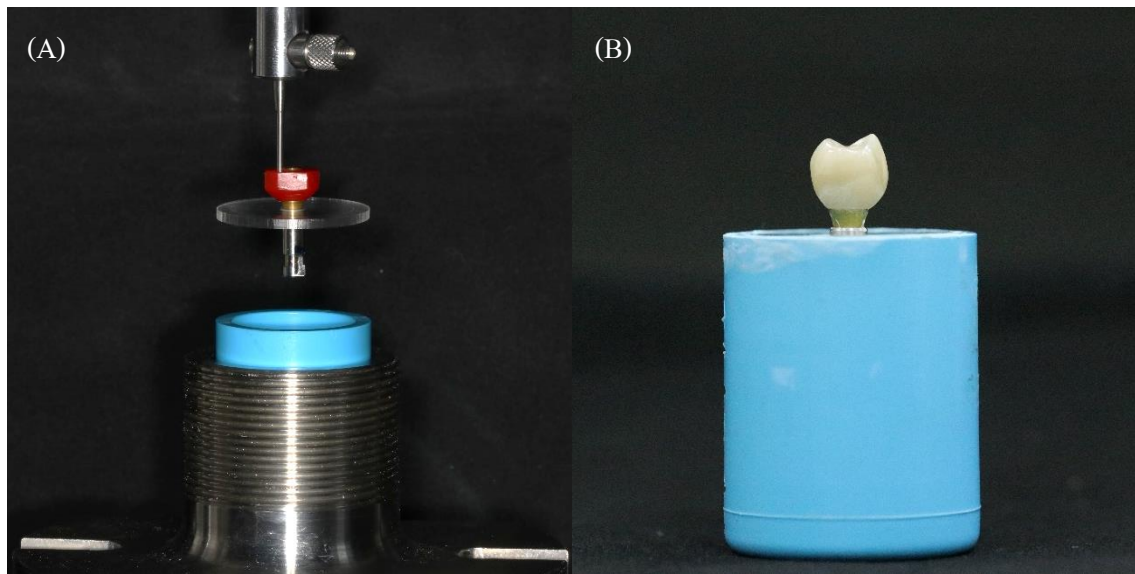
ท่อพลาสติกพีวีซีทรงกระบอกตันที่มีหลักยึดและแบบลอกรากเทียมจะนำไปใช้ทำการสแกนหลักยึดด้วยเครื่องสแกนสามมิติ (3D scanner: 3-shape scanner E3, imes-icore GmbH, Germany) เพื่อออกแบบครอบฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งทั้งแบบที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูด้วยโปรแกรมอิมพลานตูดิโอ 2018 (Implant studio™ 2018, 3Shape, Copenhagen, Denmark) โดยกำหนดรูปร่างทางกายวิภาคของครอบฟันให้มีขนาดความกว้างในแนวด้านแก้ม-ลิ้น 9.0 มิลลิเมตร ความยาวในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง 7.0 มิลลิเมตร ความสูงในแนวด้านบดเคี้ยว-ครอบฟันจากปุ่มฟันด้านแก้มถึงเส้นสิ้นสุด 8.0 มิลลิเมตร และความหนาบริเวณร่องกลางฟันด้านบดเคี้ยว 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูจะกำหนดให้รูเปิดสกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร เท่ากับขนาดรูเปิดสกรูบนหลักยึดในตำแหน่งกึ่งกลางของครอบฟัน จากนั้นกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องมือกลึงทางทันตกรรม (Dental milling machine: CORiTEC 250i, imes-icore GmbH, Eiterfeld, Germany) เมื่อได้ชิ้นงานแล้วจึงกรอตัดเดือยยึด (Retention pin) ครอบฟันออกจากแผ่นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคาตานะเอสทีเอ็มแอล นำครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่ได้ไปเผาในเตาเผาเซรามิกทางทันตกรรม (Dental ceramic furnace: InFire HTC speed furnace, Sirona, NY, USA) ตามโปรแกรมการเผาที่บริษัทแนะนำในแต่ละยี่ห้อ^{15,16} (ตารางที่ 2) ทำการบดแต่งและขัดครอบฟันทั้งหมดด้วยชุดขัดเซอร์โคเนียซิลมาสเตอร์ (ZiLMaster, Shofu, Germany) และวัดขนาดครอบฟันทุกชิ้นด้วยเวอร์เนียแบบดิจิตอล (Digital vernier caliper) ให้เท่ากับขนาดที่กำหนด จะได้ครอบฟันที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูของทั้งสองยี่ห้อ จำนวน 40 ชิ้น แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น

การยึดครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียกับหลักยึดแบ่งเป็น 2 วิธี คือ การยึดครอบฟันด้วยซีเมนต์ และการยึดครอบฟันด้วยสกรูและซีเมนต์ การยึดครอบฟันด้วยซีเมนต์สำหรับครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูจะเริ่มจากการยึดหลักยึดบนแบบลอกรากเทียมด้วยสกรูโดยใช้ไขควงกับประแจวัดแรงบิดขันสกรูด้วยแรง 30 นิวตันเซนติเมตร และใช้เครื่องมืออุดเรซินคอมโพสิต (Plastic instrument) อุดปิดรูเปิดสกรูของหลักยึดด้วยเทฟลอนเทป (Teflon tape) ให้เต็ม จากนั้นเตรียมพื้นผิวด้านในของครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูโดยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ขนาด 110 ไมครอน ที่ความดัน 2 บาร์ ห่างจากพื้นผิว 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 10 วินาที ด้วยเครื่องเป่าทราย (Sandblasting machine: Renfert basic classic, Hilzingen, Germany) และทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำกลั่นในเครื่องอัลตราโซนิค (Ultrasonic machine: Vitasonic II, Vita Zahnfabrik, Germany) เป็นเวลา 10 นาที เป่าแห้งด้วยกระบอกฉีดรวม (Triple syringe) ทาเคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส (Clearfil™ Ceramic Primer Plus, Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan) ที่ผิวด้านในของครอบฟันให้ทั่วเป็นชั้นบาง ๆ เป่าแห้งอีกครั้ง จากนั้นฉีกพานาเวียร์วีไฟว์เรซินซีเมนต์ (Panavia V5 resin cement, Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan) ลงในครอบฟัน ใช้เครื่องมือตรวจฟัน (Explorer) เคลี่ยซีเมนต์เป็นชั้นบาง ๆ ให้ทั่ว สวมครอบฟันบนหลักยึดแล้วใช้ตุ้มน้ำหนัก 5.0 กิโลกรัม กดบนครอบฟันให้ขอบของครอบฟันแนบสนิทกับเส้นสิ้นสุดของหลักยึดฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม (Dental curing light: Demi™ Plus, Kerr, California, USA) ที่ความเข้มแสง 1,100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ก่อนใช้เครื่องมือตรวจฟันกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกและฉายแสงซ้ำเป็นเวลา 40 วินาที (รูปที่ 1B)

ตารางที่ 2 โปรแกรมการเผาโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูง
Table 2 Sintering program of translucent monolithic zirconia

Material	Heating rate (°C/min)	Temp. 1 (°C)	Holding time (min)	Heating rate (°C/min)	Temp. 2 (°C)	Holding time (min)	Cooling rate (°C/min)	Temp. 3 (°C)	Holding time (min)	Cooling rate (°C/min)	Temp. 4 (°C)	Holding time (min)	Temp. 5 (°C)
Cercon xt ML	22	880	0	11	1,500	135	99	300	0	25	0	0	RT
Katana STML	10	1,550	120	-	-	-	10	RT	0	-	-	-	-

RT (Room temperature): อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 1 (A) การเตรียมชิ้นงาน (B) ชิ้นงานที่เตรียมเสร็จแล้ว
Figure 1 (A) Specimen preparation (B) Prepared specimen

การยึดครอบฟันด้วยสกรูและซีเมนต์สำหรับครอบฟันที่มีรูเปิดสกรู เริ่มจากการยึดหลักยึดบนแบบถอดรอกเทียมที่ฝังในท่อพลาสติกพีวีซีทรงกระบอกตันด้วยสกรูที่ขันให้แน่นด้วยแรงดึงมือ อุดปิดรูเปิดสกรูของหลักยึดด้วยเทฟลอนเทปให้เต็ม เพื่อป้องกันเรซินซีเมนต์ไหลเข้าไปในรูเปิดสกรู จากนั้นเตรียมพื้นผิวด้านในของครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูและยึดครอบฟันด้วยพานาเวียร์วีไฟว์เรซินซีเมนต์เช่นเดียวกับวิธีการยึดครอบฟันด้วยซีเมนต์ เมื่อยึดครอบฟันกับหลักยึดเสร็จแล้ว จึงใช้เครื่องมือตรวจพื้นนำเทฟลอนเทปออกจากรูเปิดสกรูของหลักยึด ใช้ไขควงกับประแจวัดแรงบิดขันสกรูอีกครั้งด้วยแรง 30 นิวตันเซนติเมตร ก่อนใช้เครื่องมืออุดเรซินคอมโพสิตอุดปิดรูเปิดสกรูด้วยเรซินคอมโพสิตฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอ็กซ์ที (Filtek™ Z350XT Universal Restorative, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) ให้เต็มแต่งให้ได้รูปร่างทางกายวิภาคด้านบดเคี้ยว ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมเป็นเวลา 40 วินาที ดบแต่งและขัดวัสดุอุดด้วยชุดขัดเรซินคอมโพสิต

ชิ้นงานทุกชิ้นจะนำไปเก็บในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำชิ้นงานทุกชิ้นผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling machine: HWB332R, CWB332R, TC301, King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok, Thailand) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 30 วินาที สลับกับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 30 วินาที เป็นจำนวน 10,000 รอบ โดยมีระยะพักที่อุณหภูมิห้อง 30 วินาที จำลองลักษณะการใช้งานภายในช่องปากเป็นเวลาหนึ่งปี¹⁷ แล้วนำชิ้นงานทุกชิ้นไปให้แรงแบบวัฏจักรด้วยเครื่องทดสอบความล้า (Fatigue machine: Instron E1000 Puls, Instron GmbH, Darmstadt, Germany) โดยวางหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 มิลลิเมตร บนกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันในแนวตั้ง ให้แรงกด 50 นิวตัน ความถี่ 4 เฮิรตซ์ จำนวน 250,000 รอบ ในน้ำกลั่นอุณหภูมิคงที่ 37 องศาเซลเซียส จำลองลักษณะการใช้งานในช่องปากเป็นเวลาครึ่งปี¹⁸ จากนั้นเก็บชิ้นงานทุกชิ้นในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบความต้านทานการแตกหัก

การทดสอบความต้านทานการแตกหัก นำชิ้นงานไปทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine: Lloyd, LR30K, Leicester, England) โดยยึดชิ้นงานเข้ากับฐานของเครื่องทดสอบสากล ให้แนวแกนรากเทียมตั้งฉากกับพื้นราบ วางหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 มิลลิเมตร สัมผัสกับกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันในแนวดิ่ง ให้แรงกดต่อชิ้นงานที่ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที กระทำต่อชิ้นงานจนกระทั่งครอบฟันแตกหัก ทำการบันทึกค่าความต้านทานการแตกหักสูงสุดที่วัดได้หน่วยเป็นนิวตัน (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การทดสอบความต้านทานการแตกหัก
Figure 2 Fracture resistance testing

การวิเคราะห์พื้นผิวรอยแตกหัก (Fractographic analysis) นำชิ้นงานครอบฟันที่แตกหักทุกชิ้นมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereomicroscope: Olympus DSX1000, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 34 เท่า ภายใต้แสงในทิศทางต่าง ๆ เพื่อดูทิศทางการขยายตัวของรอยร้าว (Direction of crack propagation) และบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดรอยแตก (Fracture origin) เบื้องต้น จากนั้นเลือกชิ้นงานออกมา 1 ชิ้นต่อกลุ่ม โดยทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำกลั่นในเครื่องอัล

ตราโซนิคเป็นเวลา 10 นาที เป่าแห้งด้วยกระบอกฉีดรวมก่อนนำไปเข้าสู่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 ถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำชิ้นงานยึดกับแท่งโลหะด้วยเทปกาวยึดเหนี่ยว และเคลือบพื้นผิวชิ้นงานด้วยทอง-พลาเดียม (TK8842 Gold Targer; Emitech, Ashfold, UK) โดยเครื่องฉาบเคลือบทอง (Sputter coater: K-500X, Ashford, UK) ก่อนนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: Hitachi S-300N, Osaka, Japan) ที่กำลังขยาย 120 เท่า ด้วยอัตราเร่งอนุภาค 20 กิโลโวลต์ สำหรับวิเคราะห์ทิศทางการขยายตัวของรอยร้าว จุดกำเนิดรอยแตก และลักษณะของรอยแตก

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 25 (IBM SPSS version 25, IBM, New York, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยนำค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักที่วัดได้แต่ละกลุ่มมาตรวจสอบความปกติในการแจกแจงข้อมูล (Normality test) ด้วยวิธีแชปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) จึงทำการหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการมีและไม่มีรูเปิดศกฐบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูง และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันโมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานะเอสทีเอ็มแอลด้วยการใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการมีและไม่มีรูเปิดศกฐของครอบฟันโมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงแต่ละยี่ห้อ และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันโมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงทั้งสองยี่ห้อในกรณีที่มีและไม่มีรูเปิดศกฐบนรากเทียมด้วยการทดสอบที (T-test)

ผล

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันคานะเอสทีเอ็มแอลที่ไม่มีรูเปิดศกฐ (KNS) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ $2,655.27 \pm 337.52$ นิวตัน รองลงมาคือครอบฟันเซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่ไม่มีรูเปิดศกฐ (CNS) มีค่าเท่ากับ $2,609.54 \pm 380.85$ นิวตัน ตามด้วยครอบฟันเซอรคอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่มีรูเปิดศกฐ (CS) และครอบฟันคานะเอสทีเอ็มแอลที่มีรูเปิดศกฐ (KS) มีค่าเท่ากับ $1,406.58 \pm 181.23$

นิวตัน และ $1,020.67 \pm 209.75$ นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนสองทางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักระหว่างครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดศกฐ (KNS และ CNS) และครอบฟันที่มีรูเปิดศกฐ (CS และ KS) พบว่าครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดศกฐมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,632.40 นิวตัน แตกต่างจากครอบฟันที่มีรูเปิดศกฐ ($1,213.62$ นิวตัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักระหว่างครอบฟันซี่ห้อยเคอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอล ($1,837.97$ นิวตัน) และครอบฟันซี่ห้อยเคอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอล ($2,008.06$ นิวตัน) พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.072$) โดยรูปแบบการมีหรือไม่มีรูเปิดศกฐและซี่ห้อยของโมโนลิธิคเซอรโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงมีอิทธิพลร่วมต่อค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟัน ($p = 0.024$)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบที่พบว่าค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันที่มีรูเปิดศกฐซี่ห้อยเคอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและซี่ห้อยคานาเอสทีเอ็มแอล (CS และ KS) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันที่ไม่มีรูเปิด

ศกฐซี่ห้อยเคอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและซี่ห้อยคานาเอสทีเอ็มแอล (CNS และ KNS) พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4) และเมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันซี่ห้อยเดียวกันในกรณีที่มีและไม่มีรูเปิดศกฐ พบว่าครอบฟันแต่ละซี่ห้อยมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5)

การศึกษาภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่พื้นผิวรอยแตกของครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดศกฐ (CNS และ KNS) พบจุดกำเนิดรอยร้าวด้านบดเคี้ยวที่ตำแหน่งให้แรงกดบนครอบฟันและขอบของครอบฟัน (รูปที่ 3A ถึง D) ส่วนครอบฟันที่มีรูเปิดศกฐ (CS และ KS) พบจุดกำเนิดรอยร้าวที่ขอบบนสุดของรูเปิดศกฐ (รูปที่ 3E และ F) โดยมีทิศทางการขยายตัวของรอยร้าวกระจายออกไปจากจุดกำเนิดไปตามแนวผนังตามแกนลงไปถึงบริเวณขอบของครอบฟัน นอกจากนี้บริเวณพื้นผิวรอยแตกยังพบแนวรอยแตกที่เป็นเส้นคมของอะเรสต์ไลน์ (Arrest line) และแนวรั้วลาชนานของทวิซฮักเคิล (Twist hackle)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลองทั้งหมด

Table 3 Mean fracture resistance and standard deviation of all experimental groups

Group	n	Mean (N)	Std. Deviation	95% CI for mean	
				Lower	Upper
CNS	10	2,609.54	380.85	2,337.09	2,881.98
CS	10	1,406.58	181.23	1,276.93	1,536.22
KNS	10	2,655.27	337.52	2,413.83	2,896.72
KS	10	1,020.67	209.75	870.63	1,170.72

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการมีและไม่มีรูเปิดศกฐบนครอบฟันซี่ห้อยเคอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและซี่ห้อยคานาเอสทีเอ็มแอล

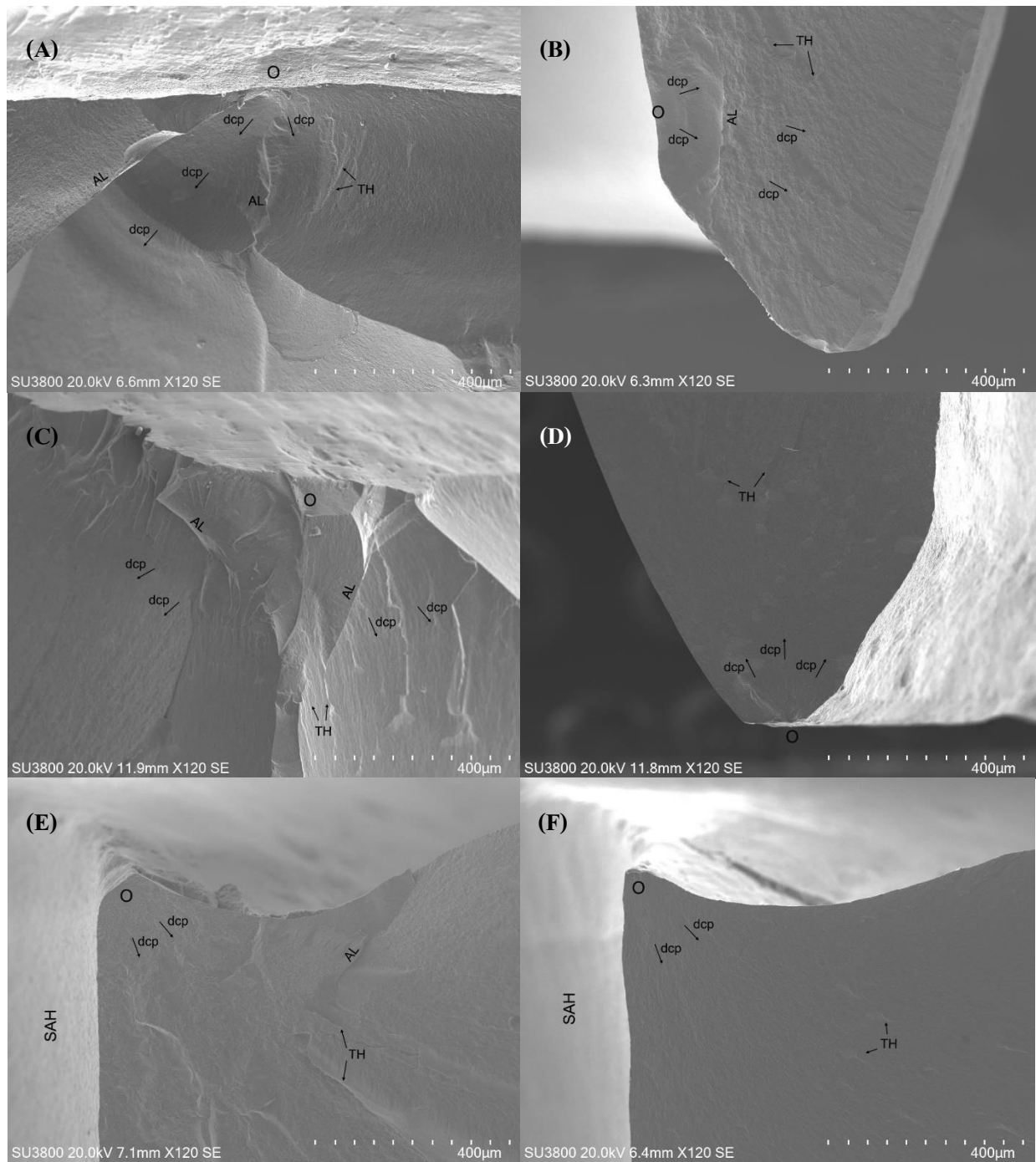
Table 4 Comparison of the mean fracture resistance between crowns with and without screw access holes for Cercon xt ML and Katana STML.

Group	Mean $\pm$ S.D. (N)		p-value
	Cercon xt ML	Katana STML	
With screw access hole	1,406.58 $\pm$ 181.23	1,020.67 $\pm$ 209.75	< 0.001
Without screw access hole	2,609.54 $\pm$ 380.85	2,655.27 $\pm$ 337.52	0.779

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันแต่ละซี่ห้อยในกรณีที่มีและไม่มีรูเปิดศกฐ

Table 5 Comparison of the mean fracture resistance of each brand, with and without screw access holes.

Group	Mean $\pm$ S.D. (N)		p-value
	With screw access hole	Without screw access hole	
Cercon xt ML	1,406.58 $\pm$ 181.23	2,609.54 $\pm$ 380.85	< 0.001
Katana STML	1,020.67 $\pm$ 209.75	2,655.27 $\pm$ 337.52	< 0.001



หมายเหตุ: O คือ จุดกำเนิดรอยแตก, dcp คือ ทิศทางการขยายตัวของรอยร้าว, TH คือ ทวิซแฮกเคิล, AL คือ อะเรสไลน์, และ SAH คือ รูเปิดสกรู
Note: O = fracture origin, dcp = direction of crack propagation, TH = twist hackle, AL = arrest line, and SAH = screw access hole

รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวบริเวณจุดกำเนิดรอยแตกของครอบฟันโมโนลิธิเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 120 เท่า โดยที่ (A และ B) ด้านบนและขอบของครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูหรือรูเชื่อมคอนเนกซ์ที่เอ็มแอล (C และ D) ด้านบนและขอบของครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูหรือรูเชื่อมคอนเนกซ์ที่เอ็มแอล (E) บริเวณขอบบนของรูเปิดสกรูของครอบฟันที่มีรูเชื่อมคอนเนกซ์ที่เอ็มแอล และ (F) บริเวณขอบบนของรูเปิดสกรูของครอบฟันที่มีรูเชื่อมคอนเนกซ์ที่เอ็มแอล

Figure 3 Surface of the fracture area of the high translucent monolithic zirconia crowns with SEM at 120x (A, B) Occlusal surface and margin on Cercon xt ML crown without screw access hole (C, D) Occlusal Surface and margin on Katana STML crown without screw access hole (E) Top of the screw access hole on Cercon xt ML crown and (F) Top of the screw access hole on Katana STML crown

บทวิจารณ์

การศึกษานี้พบว่าการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหัก (1,213.62 นิวตัน) น้อยกว่าการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟัน (2,632.40 นิวตัน) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Rosa และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 ที่พบว่าครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูที่มีโครงสร้างฐานเซอร์โคเนียหรือโลหะเคลือบเซรามิกมีค่าความต้านทานการแตกหักของครอบฟันมากกว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูในวัสดุชนิดเดียวกัน¹⁰ การศึกษาของ Mokhtarpour และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 และ Khalifa และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 พบว่าการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันส่งผลให้ค่าความต้านทานการแตกหักลดลง เนื่องจากการสร้างรูเปิดสกรูบนครอบฟันทำให้โครงสร้างเซอร์โคเนียที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุทั้งชิ้นเกิดความเสียหาย เมื่อเผาครอบฟันจึงเกิดการหดตัวของวัสดุเข้าสู่ศูนย์กลางช่องว่างที่เป็นรูเปิดสกรู ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุมีค่าลดลง^{11,12,19} แต่ในการศึกษาของ Hussien และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 กลับพบว่าครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีรูและไม่มีรูเปิดสกรูมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในการศึกษานี้ได้ให้แรงแบบวัฏจักรโดยวางหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 มิลลิเมตรบนกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันในแนวตั้ง ขนาดแรงกด 50 นิวตัน ความถี่ 4 เฮิร์ตซ์ จำนวน 250,000 รอบ ที่อุณหภูมิคงที่ 37 องศาเซลเซียส ก่อนทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยการวางหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 มิลลิเมตร ลงบนกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันในแนวตั้งกระทำต่อชิ้นงานจนกระทั่งครอบฟันแตกหัก ซึ่งแตกต่างจาก Hussien และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 ที่ใช้หัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายมนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.8 มิลลิเมตร กดลงบนกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันที่มีแผ่นดีบุกหนา 1.0 มิลลิเมตร วางก้นกลางระหว่างหัวกดกับครอบฟัน ให้แรงแบบวัฏจักรขนาด 20 ถึง 200 นิวตัน จำนวน 5,000 รอบ และทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.8 มิลลิเมตร ลงบนตำแหน่งกึ่งกลางสันขวางของครอบฟันจนกระทั่งชิ้นงานแตกหัก ด้วยการให้แรงแบบวัฏจักรที่น้อยกว่าและขนาดหัวกดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าการศึกษานี้ทำให้แรงกระทำแบบวัฏจักรไม่เพียงพอและจุดที่แรงกระทำต่อครอบ

ฟันอยู่ห่างจากตำแหน่งร่องกลางด้านบดเคี้ยวของครอบฟันมากเกินไปไม่เหมือนการใช้งานของฟันธรรมชาติ อีกทั้งการมีแผ่นดีบุกก้นกลางระหว่างหัวกดกับครอบฟันอาจเป็นผลให้ค่าความต้านทานการแตกหักระหว่างครอบฟันที่มีรูและไม่มีรูเปิดสกรูไม่แตกต่างกัน การศึกษานี้กำหนดให้ครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูมีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร เท่ากับขนาดรูเปิดสกรูบนหลักยึดรากเทียมในตำแหน่งกึ่งกลางของครอบฟัน โดยกำหนดขนาดตามการศึกษาของ Wadhvani และ Chung ในปี ค.ศ. 2015 ที่กล่าวว่ารูเปิดสกรูบนครอบฟันควรมีขนาดเท่ากับขนาดสกรูยึดและก้านไขควงของรากเทียมแต่ละระบบ⁸ ซึ่งรูเปิดสกรูในการศึกษานี้มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาของ Rosa และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 และ Khalifa และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร^{10,12} ส่วนการศึกษาของ Mokhtarpour และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 มีขนาดความกว้างในแนวแกม-เพดานและใกล้กลาง-ไกลกลางเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตรและ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ¹¹ ด้วยขนาดรูเปิดสกรูบนครอบฟันในการศึกษานี้ที่มีขนาดเล็กจึงมีผลต่อความต้านทานการแตกหักของครอบฟันได้น้อยกว่าในกรณีที่ครอบฟันมีรูเปิดสกรูขนาดใหญ่ สอดคล้องกับผลการศึกษาดัวยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของ Du และคณะ ในปี ค.ศ. 2018 พบว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร มีค่าความเค้นสะสมสูงสุดบริเวณปุ่มฟันที่ได้รับแรงกดน้อยกว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากเส้นรอบวงของรูเปิดสกรูอยู่ใกล้กับจุดให้แรงกดแก่ครอบฟัน จึงทำให้ครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดใหญ่มีแนวโน้มแตกหักมากกว่าครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูขนาดเล็ก¹³ อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา มีระเบียบวิธีวิจัยแตกต่างกัน เช่น การเลือกใช้ชิ้นฟัน การออกแบบครอบฟัน วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ขนาดหัวกดและลักษณะการให้แรงกด รวมถึงรูปแบบการจำลองลักษณะการใช้งานในช่องปากที่แตกต่างกัน อาจทำให้การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแต่ละการศึกษาไม่สามารถทำได้ ดังนั้นในการแปลผลจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยที่แตกต่างกันนี้ด้วย

โมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อ เซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานะเอสทีเอ็มแอลเป็นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียจัดอยู่ในกลุ่มไฟว์วาย-พีเอสซีที่มีส่วนประกอบของเซอร์โคเนียและออกไซด์อื่น ๆ ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อ เซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานะเอสทีเอ็มแอลมี

ปริมาณส่วนประกอบของอิตเทรียมออกไซด์ร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก²⁰ และ 8.15-8.5 โดยน้ำหนัก^{21,22} ตามลำดับ ทำให้โมโนลิธิคเซอร์โคเนียมีโครงสร้างผลึกส่วนใหญ่อยู่ในรูปคิวบิกเฟสและรองลงมาเป็นเฟสโกลอสเฟส มีค่าความทนแรงดัดประมาณ 750 เมกะปาสกาล สอดคล้องกับการศึกษาที่พบค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานาเซสทีเอ็มแอลบนรากเทียมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงระหว่างยี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานาเซสทีเอ็มแอลกลับพบว่าแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันทำให้โครงสร้างของเซอร์โคเนียได้รับความเสียหาย^{11,12,19} ส่งผลให้ความต้านทานการแตกหักของครอบฟันกลุ่ม KS มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม CS นอกจากนี้การได้รับแรงเค้นกระทำซ้ำ ๆ ใกล้กับบริเวณรูเปิดสกรูภายใต้สภาวะจำลองการเสื่อมสภาพ (Aging) ทำให้โมโนลิธิคเซอร์โคเนียยี่ห้อคานาเซสทีเอ็มแอลที่มีปริมาณอิตเทรียมออกไซด์น้อยกว่าและมีปริมาณสัดส่วนของโครงสร้างผลึกคิวบิกเฟสต่อเฟสโกลอสเฟสน้อยกว่าโมโนลิธิคเซอร์โคเนียยี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอล มีคุณสมบัติต้านทานการเกิดโลเทอร์มัลดีเกรเดชัน (Low thermal degradation) ลดลง²² สอดคล้องกับการศึกษาของ Kolakarnprasert และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 ที่พบการเปลี่ยนรูปโครงสร้างผลึกของแผ่นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงแบบมัลติเลเยอร์ โดยมีการเปลี่ยนรูปโครงสร้างผลึกจากเฟสโกลอสเฟสไปเป็นโมโนคลินิกเฟสที่ผิวชั้นเคลือบฟันของแผ่นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงเพิ่มขึ้น ภายหลังการแช่ชิ้นงานในน้ำกลั่นในชุดไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal vessel) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 100 ชั่วโมง²³ ในการศึกษาที่มีการมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันร่วมกับการนำชิ้นงานผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะและการให้แรงแบบวัฏจักรมีแนวโน้มทำให้โมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อคานาเซสทีเอ็มแอลที่มีปริมาณส่วนประกอบของอิตเทรียมออกไซด์น้อยกว่า เกิดการเปลี่ยนรูปโครงสร้างผลึกเฟสโกลอสเฟสไปเป็นโมโนคลินิกเฟสได้มากกว่ายี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอล ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันกลุ่ม KS มีค่าน้อยกว่ากลุ่มทดลองอื่น ในการศึกษาได้การเตรียมพื้นผิวของ

ครอบฟันในทุกกลุ่มด้วยวิธีเชิงกลและทางเคมีร่วมกันซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและให้ผลดีที่สุด²⁹ คือการเตรียมพื้นผิวเชิงกลโดยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอนุภาคนอกไซด์ขนาดเล็ก ที่ความดัน 1-2 บาร์ เพื่อเพิ่มความขรุขระและทำให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค ตามด้วยวิธีทางเคมีด้วยการใช้มอนอเมอร์ทำงาน (Functional monomer) เช่น เท็นเอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; 10-MDP) ที่ทำหน้าที่คล้ายสารตัวเชื่อม ให้การยึดติดระหว่างพื้นผิวเซอร์โคเนียกับหลักยึดรากเทียมที่เป็นโลหะ ช่วยให้ความแข็งแรงยึดติดเพิ่มขึ้น ยกเว้นกลุ่มครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูที่มีการเตรียมพื้นผิวเพิ่มเติมที่พื้นผิวด้านในรูเปิดสกรูของครอบฟันด้วยสารยึดติดก่อนอุดปิดด้วยเรซินคอมโพสิต ซึ่งการยึดติดระหว่างพื้นผิวของเซอร์โคเนียและวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการแตกหักของครอบฟัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงประเด็นดังกล่าวแต่อย่างใด ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ทำให้ความต้านทานการแตกหักของวัสดุลดลง เช่น ความหนาแน่นของแผ่นเซอร์โคเนียที่มาจากกระบวนการผลิตที่สัมพันธ์กับรูพรุนและรอยร้าวในเนื้อวัสดุ โปรแกรมการเผาที่สัมพันธ์กับขนาดเกรนของเซอร์โคเนีย และรอยร้าวเล็ก (Microcrack) บริเวณพื้นผิวที่เกิดจากการขัดแต่งวัสดุ¹¹

การศึกษานี้พบว่าค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงระหว่างยี่ห้อเซอร์คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคานาเซสทีเอ็มแอล แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟันทำให้ครอบฟันมีความเป็นเนื้อเดียวกัน โครงสร้างของเซอร์โคเนียไม่ได้รับความเสียหายจากขั้นตอนการสร้างรูเปิดสกรู^{11,12} รวมถึงโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงทั้งสองยี่ห้อมีส่วนประกอบของเซอร์โคเนียและออกไซด์อื่น ๆ ในปริมาณใกล้เคียงกัน ทำให้ทั้งสองยี่ห้อคุณสมบัติเชิงกลคล้ายกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Kolakarnprasert และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 พบว่าชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟันของแผ่นโมโนลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงแบบมัลติเลเยอร์มีส่วนประกอบของเซอร์โคเนีย อิตเทรียมออกไซด์ และออกไซด์อื่น ๆ ในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ด้วยการมีปริมาณส่วนประกอบของรงควัตถุที่เป็นเหล็กและไทเทเนียมที่กระจายอยู่ในแต่ละชั้นของวัสดุแตกต่างกัน อาจมีผลต่อเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกเฟสโกลอสเฟสในแต่ละชั้น

และส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุได้²³ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แผ่นโมโนลิธิคเซอร်โคเนียความหนา 14 มิลลิเมตร ขึ้นรูปชิ้นงานครอบฟันในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยโมโนลิธิคเซอร်โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อคาคานะเอสทีเอ็มแอลมีความหนาของชั้นมัลติเลเยอร์ในแผ่นโมโนลิธิคเซอร်โคเนียคิดเป็นสัดส่วนของชั้นเคลือบฟัน: ชั้นทรานซิชันที่หนึ่ง: ชั้นทรานซิชันที่สอง: ชั้นเนื้อฟัน เท่ากับ 4.9: 2.1: 2.1: 4.9 มิลลิเมตร แตกต่างจากโมโนลิธิคเซอร်โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร်คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่มีสัดส่วนความหนาในแต่ละชั้น เท่ากับ 3.6: 1.8: 1.8: 6.8 มิลลิเมตร แม้ว่าครอบฟันที่ได้จากการมีความหนาของชั้นมัลติเลเยอร์และการกระจายตัวของรงควัตถุในแต่ละชั้นที่แตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูทั้งสองยี่ห้อบนรากเทียม

เมื่อส่องพื้นผิวรอยแตกของชิ้นงานผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรู (CNS และ KNS) มีจุดกำเนิดรอยแตกบริเวณจุดให้แรงกดบนด้านบดเคี้ยวของครอบฟันและผนังด้านในบริเวณขอบครอบฟัน โดยมีทิศทางการขยายตัวของรอยร้าวกระจายออกจากจุดกำเนิดรอยแตกไปตามแนวมุขตามแกนของครอบฟัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Oilo และคณะ ในปี ค.ศ. 2013 พบว่าเมื่อครอบฟันได้รับแรงเค้นกด (Compressive stress) ที่ด้านบดเคี้ยว จะทำให้เกิดแรงเค้นดึง (Tensile stress) ที่ขอบครอบฟันในลักษณะอำเภอออกด้านข้างจากผนังตามแกนของครอบฟัน²⁶ ส่วนครอบฟันที่มีรูเปิดสกรู (CS และ KS) จะพบจุดกำเนิดรอยแตกเฉพาะบริเวณขอบบนสุดของรูเปิดสกรูบนครอบฟัน มีทิศทางการขยายตัวของรอยร้าวกระจายตัวตามแนวมุขตามแกนลงมาถึงบริเวณขอบครอบฟันทั้งสองข้าง เหตุเพราะบริเวณขอบบนสุดของรูเปิดสกรูที่เกิดจากการกลึงมีลักษณะเป็นมุมแหลมจึงรับแรงเค้นกดได้ลดลง²⁵ เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยการให้แรงกดจึงทำให้ครอบฟันเกิดการแตกหักได้ง่าย

การรักษาทางทันตกรรมรากเทียมเพื่อทดแทนการสูญเสียฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งโดยใช้โมโนลิธิคเซอร်โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร်คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคาคานะเอสทีเอ็มแอลบูรณะด้วยครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูจะได้ครอบฟันที่มีความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ มีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีคุณสมบัติเชิงกลและความต้านทานการแตกหักสูงกว่าการบูรณะด้วยครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูทำให้ความสวยงามลดลงจากการมีวัสดุอุดปิดรูเปิดสกรู ขอบบนสุดของรูเปิดสกรูยังเป็นบริเวณที่อ่อนแอและเป็นจุดกำเนิดการ

แตกหักของครอบฟันได้ จากการศึกษาครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูทั้งสองยี่ห้อที่มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 2,632.40 นิวตัน และครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูเฉพาะยี่ห้อเซอร်คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลที่มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 1,406.58 นิวตัน มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยแรงบดเคี้ยวปกติในช่องปากบริเวณฟันหลัง (220 นิวตัน)²⁶ และมากกว่าแรงบดเคี้ยวในรายที่มีนิสัยทำงานนอกหน้าที่ (1,181 นิวตัน)²⁷ ในการบูรณะทดแทนการสูญเสียฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งกรณีที่ฟันคู่สบเป็นฟันธรรมชาติ ครอบฟันหรือสะพานฟัน จึงสามารถบูรณะด้วยครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูเฉพาะยี่ห้อเซอร်คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูทั้งสองยี่ห้อ แต่การบูรณะด้วยครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูยี่ห้อคาคานะเอสทีเอ็มแอลที่มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักเท่ากับ 1,020.67 นิวตัน เหมาะสำหรับการบูรณะเฉพาะในรายที่มีแรงบดเคี้ยวปกติ ส่วนในกรณีที่ฟันคู่สบเป็นฟันเทียมบางส่วนถอดได้สามารถบูรณะด้วยครอบฟันที่มีและไม่มีรูเปิดสกรูจากวัสดุทั้งสองยี่ห้อได้ ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีทางทันตกรรมประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการในการรักษาของผู้ป่วยอย่างรวดเร็วและมีเวลาจำกัด ทำให้ทันตแพทย์สามารถใช้โมโนลิธิคเซอร်โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงให้การบูรณะด้วยครอบฟันในวันเดียว (One-day crown) แก่ผู้ป่วย ช่วยให้ผู้ป่วยไม่ต้องใส่ครอบฟันชั่วคราว ลดระยะเวลาและจำนวนครั้งของการรักษา ด้วยการใช้โปรแกรมการเผาเร็ว (Speed sintering) แทนโปรแกรมการเผาปกติ ทำให้ได้ชิ้นงานครอบฟันในระยะเวลาไม่นาน โดยโปรแกรมการเผาเร็วของโมโนลิธิคเซอร်โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร်คอนเอกซ์ทีเอ็มแอลและยี่ห้อคาคานะเอสทีเอ็มแอลจะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 50 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ ดังนั้นก่อนเลือกใช้โมโนลิธิคเซอร်โคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงสำหรับบูรณะด้วยครอบฟันบนรากเทียมจึงควรพิจารณาให้ครอบคลุมและเหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย อย่างไรก็ตามมีรายงานการเกิดสกรูหลวมภายหลังการบูรณะด้วยรากเทียม ทำให้เมื่อผู้ป่วยใช้งานครอบฟันไประยะหนึ่งจำเป็นต้องกลับมาพบทันตแพทย์เพื่อขันสกรูยึดกลับเข้าที่เดิมแล้วอุดปิดรูเปิดสกรูด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต²⁸ การบูรณะด้วยครอบฟันที่มีรูเปิดสกรูบนรากเทียมสามารถอุดหรือวัสดุอุดปิดรูสกรูและหารูเปิดสกรูได้ง่าย แต่การบูรณะด้วยครอบฟันที่ไม่มีรูเปิดสกรูบนรากเทียมในกรณีที่ต้องการขันสกรูยึดครอบฟันให้แน่นจะต้องกรอเจาะเปิดหารูสกรูผ่านครอบฟัน อาจมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลและความแข็งแรงของครอบฟันบนรากเทียมได้⁴

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ได้ควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหัก อย่างไรก็ตามอาจไม่สามารถจำลองสภาวะการใช้งานจริงในช่องปากได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการเลียนแบบสภาวะการเสื่อมสภาพรูปแบบอื่น ๆ การกรอเจาะหาทางเปิดรูสกรูผ่านครอบฟันที่มีขนาดของรูเจาะต่างกัน การเตรียมพื้นผิวบริเวณรูเปิดสกรู หรือผลของสารยึดติดที่อยู่ระหว่างวัสดุอุดปิดและพื้นผิวด้านในรูเปิดสกรูของครอบฟันโมโนลิธิคเซอร่าโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงต่อความต้านทานการแตกหักในอนาคต

บทสรุป

1. การมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร่าโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักน้อยกว่าการไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟัน
2. การมีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร่าโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงยี่ห้อเซอร่าคอนเอกซ์ทีเอ็มแอล มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักมากกว่ายี่ห้อคาตานะเอสทีเอ็มแอล
3. การไม่มีรูเปิดสกรูบนครอบฟันโมโนลิธิคเซอร่าโคเนียที่มีความโปร่งแสงสูงทั้งสองยี่ห้อ มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอขอบพระคุณนายสถาบัน สมมิตร และนายสานิต บัวนิล พนักงานวิทยาศาสตร์ หน่วยวิจัยชีววัสดุ ประจำห้องปฏิบัติการวิจัยชีววัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับคำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent 2017;117(5):e1-e105.
2. Misch CE. Single-tooth replacement: treatment options. Contemporary implant dentistry 3rd ed: Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.; 2008. p. 327-66.
3. Misch CE. Preimplant prosthodontics: overall evaluation, specific criteria, and pretreatment prostheses. Contemporary implant dentistry 3rd ed: Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.; 2008. p. 233-75.
4. Wittneben JG, Joda T, Weber HP, Brägger U. Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. Periodontol 2000 2017;73(1):141-51.
5. Shetty S, Garg A, Shenoy K K. Principles of screw-retained and cement-retained fixed implant prosthesis: a critical review. J Interdiscip Dent 2014;4(3):123-9.
6. Jivraj S. Screw versus cemented implant restorations: The decision-making process. J Dent Implant 2018; 8(1):9-19.
7. Sailer I, Mühlemann S, Zwahlen M, Hammerle CH, Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates. Clin Oral Implants Res 2012;23 (Suppl 6):163-201.
8. Wadhvani C, Chung KH. Limiting the dimension of a screw-access hole with an interim screw-retained prosthesis. J Prosthet Dent 2015;113(6):648-50.
9. Hussien AN, Rayyan MM, Sayed NM, Segaan LG, Goodacre CJ, Kattadiyil MT. Effect of screw-access channels on the fracture resistance of 3 types of ceramic implant-supported crowns. J Prosthet Dent 2016; 116(2):214-20.
10. Rosa L, Borba M, Mallmann F, Fornari F, Della Bona A. Influences of screw access hole and mechanical cycling on the fracture load of implant-supported crowns. Int J Prosthodont 2019;32(5):423-29.
11. Mokhtarpour H, Eftekhari Ashtiani R, Mahshid M, Tabatabaian F, Alikhasi M. Effect of screw access hole preparation on fracture load of implant-supported zirconia-based crowns: an in vitro study. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects 2016;10(3):181-8.
12. Khalifa AE, Mostafa D, Khamis MM. Influence of screw access channel on all ceramic cement-retained implant supported posterior crowns. Int J Sci Res 2016;5(5):2252-58.
13. Du L, Li Z, Chang X, Rahhal O, Qin B, Wen X, et al. Effects of the screw-access hole diameter on the biomechanical behaviors of 4 types of cement-retained implant prosthodontic systems and their surrounding cortical bones: a 3D finite element analysis. Implant Dent 2018;27(5):555-63.

14. Zhang Y, Lawn BR. Novel zirconia materials in dentistry. *J Dent Res* 2018;97(2):140-7.
15. Kuraray Noritake Dental Inc. (2019). KATANA™ Zirconia Technical Guide. Retrieved March 17, 2020, from http://www.kuraraynoritake.com/world/product/cad_materials/pdf/katana_zirconia_technical_guide.pdf.
16. Dentsply Sirona. (2019). Cercon® xt ML Instructions for Use. Retrieved March 10, 2020, from <http://assets.dentsplysirona.com/flagship/en/explore/lab/dental-lab/cercon/LAB-IFU-Cercon-xt-ML-EN-DE-ES-FR-IT-50537620-2022-11.pdf>.
17. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, et al. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;29:295-308.
18. Khawanpuang N, Maneenut C. Fracture resistance of endodontically treated upper premolar with MOD cavity restored by direct resin composite combined with fiber-reinforced composite post. *J Dent Assoc Thai* 2020;7(4):252-261.
19. Torrado E, Ercoli C, Al Mardini M, Graser GN, Tallents RH, Cordaro L. A comparison of the porcelain fracture resistance of screw-retained and cement-retained implant-supported metal-ceramic crown. *J Prosthet Dent* 2004;91(5):532-7.
20. Dentsply Sirona. Cercon xt ML [Internet]. York, PA: Dentsply Sirona; c2016-2022 [updated 2019 Feb; cited 2020 May 17] Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en-hr/discover/discover-by-brand/cercon-xt-ml.html>.
21. Pereira GKR, Guilardi LF, Dapieve KS, Kleverlaan CJ, Rippe MP, Valandro LF. Mechanical reliability, fatigue strength and survival analysis of new polycrystalline translucent zirconia ceramics for monolithic restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018;85:57-65.
22. Chevalier J. What future for zirconia as a biomaterial? *Biomaterials* 2006;27(4):535-43.
23. Kolakarnprasert N, Kaizer MR, Kim DK, Zhang Y. New multi-layered zirconias: Composition, microstructure and translucency. *Dent Mater* 2019;35(5):797-806.
24. Øilo M, Kvam K, Tibballs JE, Gjerdet NR. Clinically relevant fracture testing of all-ceramic crowns. *Dent Mater* 2013;29(8):815-23.
25. Shadid RM, Abu-Naba'a L, Al-Omari WM, Asfar KR, El Masoud BM. Effect of an occlusal screw-access hole on the fracture resistance of permanently cemented implant crowns: a laboratory study. *Int J Prosthodont* 2011;24(3):267-9.
26. Proeschel PA, Morneburg T. Task-dependence of activity/ bite-force relations and its impact on estimation of chewing force from EMG. *J Dent Res* 2002;81(7):464-8.
27. Hidaka O, Iwasaki M, Saito M, Morimoto T. Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal contact area, and average bite pressure. *J Dent Res* 1999;78(7):1336-44.
28. Kourtis S, Damanaki M, Kaitatzidou S, Kaitatzidou A, Roussou V. Loosening of the fixing screw in single implant crowns: predisposing factors, prevention and treatment options. *J Esthet Restor Dent* 2017;29(4):233-46.
29. Ozcan M, Cura C, Valandro LF. Early bond strength of two resin cements to Y-TZP ceramic using MPS or MPS/4-META silanes. *Odontology* 2011;99(1):62-7

ผู้รับผิดชอบบทความ

พิศเพลิน ชนาเทพพร

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

โทรศัพท์ : 081 262 9191

โทรสาร : 043 202 862

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : cptipe@kku.ac.th

Effect of Present a Screw Access Hole on The Fracture Resistance of High Translucent Monolithic Zirconia Crown on Dental Implant

Intarapreecha T* Sosakul T** Puasiri S*** Sooktho T** Chanatapaporn P**

Abstract

The objective of this study was to compare the fracture resistance of high translucent monolithic zirconia crowns (Cercon xt ML and Katana STML) with a screw access hole to those without a screw access hole on implants. The maxillary first premolar crowns were made using the CAD/CAM process as crowns, both with and without a screw hole, on the implant abutments in 40 specimens, which can be divided into four groups (n=10). These include: Group 1 Cercon xt ML with a screw access hole (CS); Group 2 Cercon xt ML without a screw access hole (CNS); Group 3 Katana STML with a screw access hole (KS); and Group 4 Katana STML without a screw access hole (KNS). All specimens were thermocycled for 10,00 cycles between 5°C to 55°C, with a dwell time of 30 seconds at room temperature. Also, cyclic loading was applied by placing a stainless-steel sphere indenter on the center of the transverse ridge of the crowns. The cyclic load was applied to a load of 50 N, with a frequency of 4 Hz, for 250,000 cycles before fracture resistance testing with a universal testing machine. Moreover, a stainless-steel sphere indenter was placed on the center of the transverse ridge of the crowns with a crosshead speed of 0.5 mm/min. until the crowns fractured. The fracture specimens were analyzed the fracture surface under a scanning electron microscopy. Data was analyzed by two-way analysis of variance test (ANOVA) and t-test ($p < 0.05$). Two-way ANOVA results showed that the crowns with a screw access hole (CS and KS) had a significantly different mean fracture resistance, comparing to the crowns without a screw access hole (CNS and KNS) ($p < 0.001$). Furthermore, the mean fracture resistance between Cercon xt ML and Katana STML crowns was not statistically significant ($p = 0.072$). The t-test analysis revealed that the mean fracture resistance of both brands with a screw access hole on the crown was statistically significantly different ($p < 0.05$), while the mean fracture resistance of both brands without a screw access hole was not statistically significantly different ($p > 0.05$). For analyzing the mean of fracture resistance of the same brand, both with and without a screw access hole, it was shown that each brand of the crown had a statistically significant difference ($p < 0.05$). In conclusion, high translucent monolithic zirconia crowns with a screw access hole had less fracture resistance than those without a screw access hole. However, there was no difference in the mean fracture resistance between the two brands of crowns without a screw access hole.

Key words: Screw access hole/ Fracture resistance/ Crown/ High translucent monolithic zirconia/ Implant

Corresponding Author

Pitpern Chanatapaporn

Department of Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Khon Kaen University,

Amphur Muang, Khon Kaen.

Tel. : +66 81 262 9191

Fax. : +66 4 320 2862

Email : cptipe@kku.ac.th

* Residency Training Program in Prosthodontics, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.

** Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.

*** Division of Dental Public Health, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.