ว ทันต จุฬาฯ 2554;34:45-54
CU Dent J. 2011;34:45-54

บทวิทยาการ
Original Article

ความแข็งแรงดัดขวางของเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วในประเทศและต่างประเทศและเส้นใยโพลีเอทิลีน

พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์ ท.บ.[1]
อิศราวัลย์ บุญศิริ วท.บ., ท.บ., ป.บัณฑิต (ทันตกรรมประดิษฐ์), Cert. in Fixed Prosthodontics[2]

[1]นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ ศึกษาค่าความแข็งแรงดัดขวางของเรซินคอมโพสิตที่เสริมเส้นใย

วัสดุและวิธีการ ชิ้นงานเรซินคอมโพสิต 140 ชิ้นขนาด 2 x 2 x 25 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 7 กลุ่มๆ ละ 20 ชิ้น ได้แก่กลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมเส้นใย กลุ่มที่เสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยมี 4 กลุ่ม ปริมาณร้อยละ 10 20 30 40 โดยปริมาตรตามลำดับ กลุ่มเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูปจากต่างประเทศและกลุ่มเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีน โดยแต่ละกลุ่มแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 และ 30 วัน ทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวางด้วยเครื่องทดสอบสากลรุ่น 8874 ความเร็วหัวกด 1 มิลลิเมตรต่อนาที ใช้สถิติทดสอบแบบที วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการเปรียบเทียบพหุคูณ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการศึกษา กลุ่มเสริมเส้นใยมีความแข็งแรงดัดขวางสูงขึ้น กลุ่มแช่ในน้ำกลั่น 30 วัน มีค่าความแข็งแรงดัดขวางลดลง กลุ่มเสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสูงสุด กลุ่มเสริมด้วยเส้นใยแก้วในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร มีค่าความแข็งแรงดัดขวางใกล้เคียงกับกลุ่มเสริมด้วยเส้นใยแก้วสำเร็จรูปและกลุ่มเสริมด้วยเส้นใยโพลีเอทิลีน

สรุป การเสริมเส้นใยปริมาณเหมาะสมช่วยให้ชิ้นงานแข็งแรงขึ้น เมื่อนำชิ้นงานแช่น้ำนานขึ้นทำให้ความแข็งแรงลดลง

(ว ทันต จุฬาฯ 2554;34:45-54)

คำสำคัญ: *ความแข็งแรงดัดขวาง; เส้นใยแก้ว; เส้นใยโพลีเอทิลีน*

บทนำ

ในทางทันตกรรมมีการนำเส้นใยมาใช้นานกว่า 30 ปี และมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้น โดยเสริมในวัสดุอุดฟัน ชิ้นงานสะพานฟันหรือครอบฟันชั่วคราวใช้ทำเฝือกฟันในงานปริทันต์ ทำครอบฟันบนรากเทียม เสริมความแข็งแรงในวัสดุเรซินคอมโพสิต (resin composite) เพื่อทำเดือยฟันทดแทนส่วนของคลองรากฟันที่รักษารากแล้วบูรณะต่อด้วยแกนฟันและครอบฟัน[1,2] ในคลินิกการทำชิ้นงานสะพานฟันชั่วคราวใส่ให้ผู้ป่วยเพื่อรอชิ้นงานสะพานฟันถาวรนั้น ปัญหาที่พบคือชิ้นงานสะพานฟันชั่วคราวแตกหักเนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำได้แก่ เรซินคอมโพสิต และอะคริลิกเรซิน มีความแข็งแรงน้อยกว่าโลหะหรือโลหะเคลือบกระเบื้อง แรงที่เกิดจากการบดเคี้ยวในช่องปากมีหลายประเภท เช่น แรงกด แรงเฉือน แรงดึง ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นงาน[3] การเสริมความแข็งแรงในเรซินคอมโพสิต ด้วยเส้นใย เช่น เส้นใยคาร์บอน (carbon fiber) เส้นใยแก้ว (glass fiber) และเส้นใยโพลีเอทิลีน (polyethylene fiber) มีผลช่วยเพิ่มความแข็งแรง และต้านทานต่อการแตกหักของเรซินคอมโพสิต ที่ใช้ทำชิ้นงานสะพานฟันชั่วคราว[1-3]

การเสริมเส้นใยในเรซินคอมโพสิต หรือเสริมในวัสดุทำฐานฟันปลอมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นโดยมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น เมื่อมีแรงมากระทำเส้นใยจะช่วยกระจายแรง[4] ข้อดีอีกประการ คือ ทำให้ชิ้นงานมีน้ำหนักเบา[5-8] เนื่องจากเรซินคอมโพสิต และอะคริลิกเรซิน มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำทำให้ชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงมิติและทำให้ความแข็งแรงลดลง การเสริมเส้นใยช่วยให้ชิ้นงานลดการดูดซึมน้ำ ลดการเปลี่ยนแปลงมิติและคงความแข็งแรงไว้ได้[9,10] เส้นใยที่นิยมนำไปเสริมในเรซินคอมโพสิต ได้แก่ เส้นใยแก้ว เส้นใยโพลีเอทิลีนและเส้นใยคาร์บอน ซึ่งมีลักษณะการเรียงตัวหลายแบบเช่น เรียงตัวในทิศทางเดียว ตามแนวยาวหรือขนาน การใช้เส้นใยแก้วเสริมในเรซินคอมโพสิต และ อะคริลิกเรซิน เพื่อทำสะพานฟันชั่วคราวช่วยเพิ่มความแข็งแรง ลดการดูดซึมน้ำและใช้งานได้นานขึ้น โดยเฉพาะบริเวณจุดเชื่อมต่อ (connector) ซึ่งเป็นจุดอ่อนแอที่สุดของสะพานฟันชั่วคราว การเสริมเส้นใยบริเวณดังกล่าวช่วยเพิ่มความแข็งแรงในชิ้นงานได้[11] ในประเทศไทยยังไม่มีผู้ค้นคิดนำเส้นใยที่มีในประเทศมาใช้ในงานทางทันตกรรม โดยเส้นใยในทางทันตกรรมที่ใช้เสริมในเรซินคอมโพสิตที่ใช้อยู่เป็นชนิดสำเร็จรูปนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง จึงควรมีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของเรซินคอมโพสิตที่เสริมด้วยเส้นใยที่มีในประเทศ เพื่อนำมาใช้ในทางทันตกรรม ทำให้ต้นทุนในการผลิตชิ้นงานลดลงและยังช่วยประหยัดงบประมาณในการนำเข้าจากต่างประเทศได้

จากที่กล่าวมา ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแข็งแรงดัดขวาง (Flexural strength) ของเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยในทางทันตกรรมที่นำเข้าจากต่างประเทศกับที่เสริมเส้นใยที่ผลิตในประเทศไทย เพื่อประโยชน์ในการนำเส้นใยที่ผลิตในประเทศไทยมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ในทางคลินิกต่อไป

วัสดุและวิธีการ

เรซิน คอมโพสิตที่ใช้เป็นชนิดเหลว (flowable composite resin) บ่มตัวด้วยแสงยี่ห้อ ฟิลเท็คโฟล (Filtek™ Flow, 3M ESPE, St.Paul, USA.) เส้นใยแก้วสำเร็จรูปชนิดอี (E-glass fiber) ยี่ห้ออินเทอลิก(Interlig, ANGELUS, Londrina, Brazil) เส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปยี่ห้อริบบอนด์ (Ribbond polyethylene fiber, RIBBOND, Seattle, USA) และเส้นใยแก้วในประเทศไทยจากบริษัทเซ็นโกเบน ประเทศไทย (Saint-gobain,Thailand) มีการเรียงตัวเป็นแบบทิศทางเดียว ชนิดอี (Unidirectional E-glass fiber) โดยตัดเส้นใยแก้วสำเร็จรูปและเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปให้ได้ความยาว 25 มิลลิเมตร เตรียมไว้ในซองปิดสนิท การเตรียมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยตัดให้ได้ความยาว 25 มิลลิเมตรชั่งน้ำหนักเส้นใยในแต่ละกลุ่มดังนี้ ในชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณเส้นใยร้อยละ 10 20 30 40 โดยปริมาตร จะใช้เส้นใยน้ำหนัก 0.026 0.052 0.078 0.104 กรัม ตามลำดับ คำนวณจาก น้ำหนัก = ความหนาแน่น X ปริมาตร (โดยทราบความหนาแน่นของเส้นใยแก้วและปริมาตรของชิ้นงาน) นำเส้นใยแก้วในประเทศไทยทาสารโมโนบอนด์เอส (Monobond S, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ซึ่งเป็นสารไซเลนควบคู่ (Silane coupling agent) ทิ้งไว้ให้แห้งนาน 2 นาที ทาสารเฮลิโอบอนด์ (Heliobond, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ซึ่งเป็นสารยึดติด (Bonding agent) ทำชิ้นงานทดสอบด้วยเบ้าแบบทองเหลืองขนาด 2 x 2 x 25 มิลลิเมตร สามารถแยกเป็นสองชั้นแต่ละชั้นหนา 1 มิลลิเมตร กลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใย ฉีดเรซินคอมโพสิตชนิดเหลวลงในเบ้าแบบทองเหลือง ฉายแสงนาน 40 วินาทีด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงคงที่วางตั้งฉากและใกล้ชิ้นงาน

มากที่สุด ส่วนกลุ่มที่เสริมเส้นใยทำการยึดเบ้าแบบทองเหลืองชั้นแรกให้อยู่บนแผ่นแก้วไม่ให้ขยับ ฉีดเรซินคอมโพสิต ชนิดเหลวลงในเบ้าแบบทองเหลืองชั้นแรก นำเส้นใยวางตำแหน่งกึ่งกลางโดยเส้นใยต้องฝังอยู่ในเรซินคอมโพสิต นำเบ้าแบบทองเหลืองชั้นที่สองวางให้ตรงตำแหน่งฉีดเรซินคอมโพสิตชนิดเหลวลงในเบ้า นำแผ่นพลาสติกใสแข็งทับชั้นบนด้วยก้อนน้ำหนักขนาด 3 กิโลกรัม ทับแผ่นพลาสติกเพื่อให้เรซินส่วนเกินไหลออกมา ฉายแสงที่ชิ้นงานด้วยเครื่องฉายแสง 40 วินาทีจนชิ้นงานแข็งตัว นำชิ้นงานที่ได้ออกจากเบ้าชิ้นงานฉายแสงเพิ่มในตู้ฉายแสงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวสมบูรณ์นาน 1 นาที นำชิ้นงานที่แข็งตัวสมบูรณ์ขัดแต่งบนกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1000 ที่ขึงตึงบนกระจกขัดขณะเปียก ขัดไปในทิศทางเดียว นำชิ้นงานวัดด้วยเวอร์เนียร์ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตรให้ได้ขนาด 25 x 2 x 2 มิลลิเมตร ได้ชิ้นงาน 140 ชิ้น แบ่งเป็น 7 กลุ่มๆ ละ 20 ชิ้นดังนี้ กลุ่มไม่เสริมเส้นใยเป็นกลุ่มควบคุม (NF) กลุ่มเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณเส้นใยแต่ละกลุ่มร้อยละ 10 20 30 40 โดยปริมาตร (GF 10%, 20%, 30%, 40%) กลุ่มเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป (G-Inter) และกลุ่มเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูป (Ribbond) แบ่งกลุ่มละ 10 ชิ้น แช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสนาน 7 วัน และ 30 วันตามลำดับ ทำชิ้นงานเพิ่มในแต่ละกลุ่มๆ ละ 2 ชิ้น เพื่อเป็นชิ้นงานก่อนทำการกดทดสอบและนำชิ้นงานหลังการทดสอบมาตัดที่ตำแหน่งแตกหัก นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดเพื่อสังเกตลักษณะการยึดติดของเส้นใยกับเรซิน เมทริกซ์ ของชิ้นงานก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบ ทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวางด้วยเครื่องทดสอบสากลรุ่น 8874 ความเร็วหัวกด 1 มิลลิเมตรต่อนาทีที่ระยะห่างระหว่างแท่นวางสองข้างเท่ากับ 20 มิลลิเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

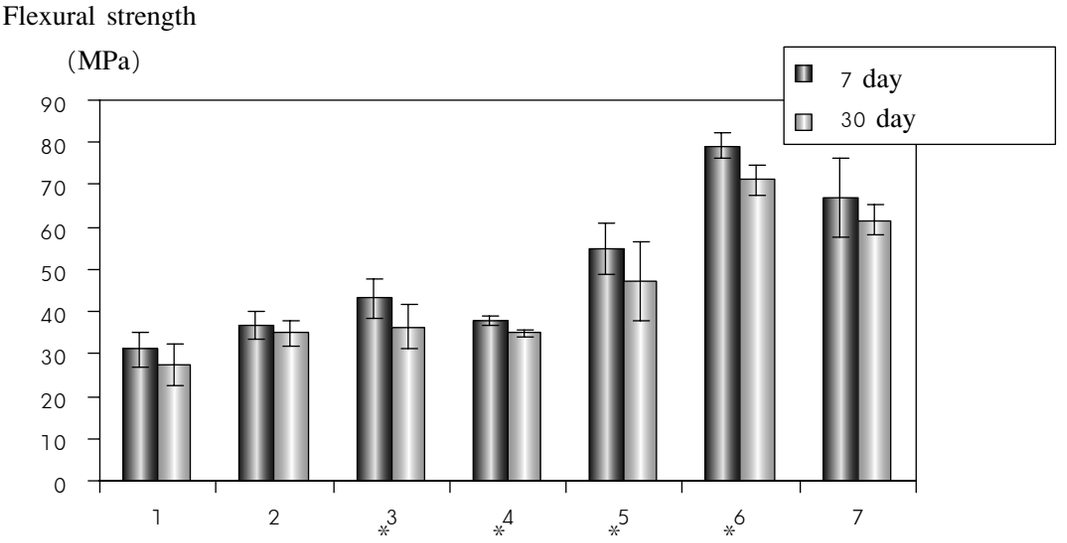
ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส เวอร์ชั่น 11.5 วิเคราะห์ข้อมูลกำหนดค่านัยสำคัญที่ 0.05 ใช้สถิติวิเคราะห์การทดสอบแบบทีและความเป็นอิสระต่อกัน (Independent-Samples T Test) เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มชิ้นงาน 7 วันและ 30 วัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มชิ้นงานแต่ละชนิดและการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparisons) ชนิดแทมเฮน (Tamhane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของกลุ่มชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นนาน 30 วันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มแช่ในน้ำกลั่นนาน 7 วัน มีค่าลดลงในทุกกลุ่มการทดลอง กลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่เสริมด้วยเส้นใยแก้วสำเร็จรูปและเสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยปริมาตร ค่าความแข็งแรงดัดขวางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ไม่เสริมเส้นใย เสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปและเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยร้อยละ 40 โดยปริมาตร มีค่าความแข็งแรงดัดขวางลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงในรูปที่ 1

กลุ่มที่แช่น้ำกลั่นนาน 7 วัน ทุกกลุ่มของชิ้นงานเสริมเส้นใยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นกลุ่มเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ 30 โดยปริมาตร มีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 40 โดยปริมาตร ที่ไม่แตกต่างกัน และกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตรมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกับกลุ่มเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูปและกลุ่มเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงในตารางที่ 1

ในกลุ่มที่แช่ในน้ำกลั่นนาน 30 วัน ทุกกลุ่มของชิ้นงานเสริมเส้นใยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มไม่เสริมเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตรมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 10 และร้อยละ 20 โดยปริมาตรมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกับกลุ่มเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูปและเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 1 แสดงค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ย (หน่วยเป็นเมกะปาสคาล) ของกลุ่มทดสอบแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 และ 30 วัน

*แสดงกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

(1 ไม่เสริมเส้นใย 2 เสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูป 3 เสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูปต่างประเทศ 4 เสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 10 5 เสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 20 6 เสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 30 และ 7 เสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 40)

Fig. 1 Flexural strength (MPa) of all test groups that soaked in distill water 37°C at 7 and 30 days.

*Significant difference between the means ($p < 0.05$).

(1. NF, 2. Ribbond, 3. G-Inter, 4. GF 10%, 5. GF 20%, 6. GF 30%, 7. GF 40%).

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบเชิงซ้อนค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ย (หน่วยเป็นเมกะปาสคาล) ของทุกกลุ่มชิ้นงานที่แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน

Table 1 The comparative flexural strength (MPa) group of specimens that soaked in distill water at 37°C for 7 days.

Specimen	N	Mean	SD	Tamhane
NF7	10	31.147	4.09	A
Ribbond7	10	36.956	3.33	A, B
G-inter7	10	43.271	4.74	B
GF7 10%	10	37.805	1.16	B
GF7 20%	10	54.949	6.24	C
GF7 30%	10	79.244	3.03	D
GF7 40%	10	67.002	9.45	C , D

Significant difference between the means with different letters ($p < 0.05$).

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบเชิงซ้อนค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ย (หน่วยเป็นเมกะปาสคาล) ของทุกกลุ่มชิ้นงานที่แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน

Table 2 The comparative flexural strength (MPa) group of specimens that soaked distill water 37°C at 30 days.

Specimen	N	Mean	SD	Tamhane
NF30	10	27.442	4.66	A
Ribbond30	10	34.892	3.19	B
G-inter30	10	36.366	5.14	B
GF30 10%	10	35.035	0.88	B
GF30 20%	10	47.121	9.43	B
GF30 30%	10	71.078	3.63	C
GF30 40%	10	61.686	3.70	D

Significant difference between the means with different letters ($p < 0.05$).

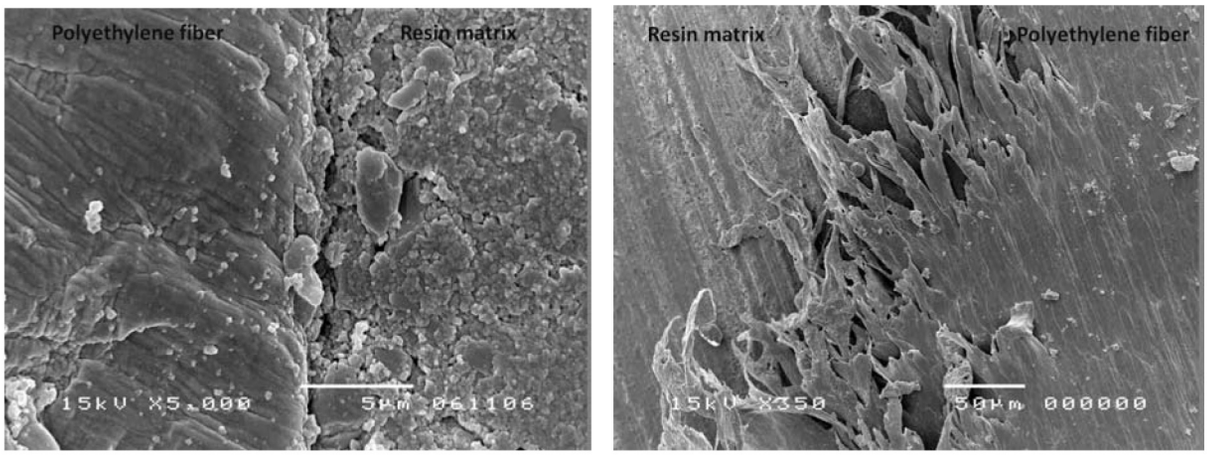
ผลการส่องชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

หน้าตัดของเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปก่อนและหลังทำการทดสอบ พบว่าเส้นใยโพลีเอทิลีนกับเรซินเมทริกซ์ ไม่มีการเชื่อมยึดติดกัน (รูปที่ 2) หน้าตัดของเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ 10 โดยปริมาตร ก่อนทำการทดสอบ พบว่ามีการเชื่อมยึดติดกันของเมทริกซ์กับเส้นใย (รูปที่ 3A) หลังทำการทดสอบพบมีการสูญเสียการเชื่อมยึดติดในบางพื้นที่ (รูปที่ 3B)

วิจารณ์

งานวิจัยนี้ศึกษาค่าความแข็งแรงดัดขวางของชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตเสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใย โดยเลือกระยะเวลาในการแช่ชิ้นงานในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส คือ 7 และ 30 วัน เหตุผลที่เลือกระยะเวลาดังกล่าวเพื่อจำลองชิ้นงานสะพานฟันชั่วคราวในช่องปากของคนไข้ขณะรองานสะพานฟันจริงจากห้องปฏิบัติการทันตกรรม Cal และคณะ[9] กล่าวว่า การเสริมเส้นใยแก้วลงในชิ้นงานสะพานฟันช่วยลดการดูดซึมน้ำและลดการเปลี่ยนแปลงมิติของชิ้นงานได้ ส่วนลักษณะและชนิดของเส้นใยแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมิติของชิ้นงานและการดูดซึมน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดซึมน้ำในชิ้นงานโพลีเมอร์ที่แช่ในน้ำกลั่นเริ่มคงที่ในวันที่ 14-90 และพบว่ามีการดูดซึมน้ำมากที่สุดวันแรก คล้ายกับงานวิจัยของ Chow และคณะ[12] ที่นำชิ้นงาน อะคริลิคเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีน แช่น้ำนาน 100 วัน พบว่าช่วยลดการดูดซึมน้ำและการเปลี่ยนแปลงมิติของชิ้นงานโดยเกิดการดูดซึมน้ำตั้งแต่วันแรกและคงที่ในวันที่ 20-25 Vallitu[13] กล่าวว่าการแช่ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วในน้ำนาน ทำให้สารยึดคู่ควบที่ทำหน้าที่เพิ่มการยึดติดกันของเรซินเมทริกซ์กับเส้นใยแก้วเกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ทำให้คุณสมบัติการยึดติดลดลง ค่าความแข็งแรงดัดขวางจึงลดลงตามระยะเวลาของการแช่ในน้ำ ปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานในงานวิจัยนี้มีการดูดซึมน้ำได้แก่ ชิ้นงานมีรูพรุน รอยร้าวหรือแตกและการเชื่อมติดกันบริเวณรอยต่อของเส้นใยกับเรซินคอมโพสิตไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการแช่ชิ้นงานทุกกลุ่มในน้ำกลั่นนาน 7 วัน และ 30 วัน พบค่าความแข็งแรงดัดขวางมีแนวโน้มที่ลดลงในทุกกลุ่มการทดลองเมื่อแช่ในน้ำนานขึ้น

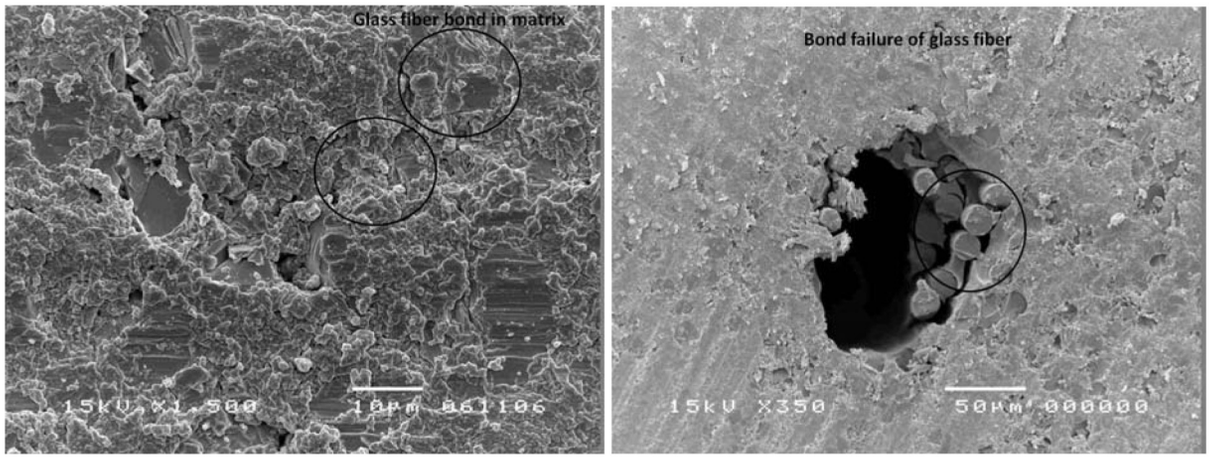
การศึกษาครั้งนี้ใช้วัสดุหลัก ๆ สองชนิด ได้แก่ เรซินคอมโพสิตและเส้นใย โดยเรซินคอมโพสิต ฟิลเท็คโฟลที่ใช้เป็นชนิดเหลว สามารถนำไปใช้งานหลายด้าน เช่น อุดฟัน



2A **2B**

รูปที่ 2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดบนหน้าตัดของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีน สำเร็จรูปก่อน (2A) และหลัง (2B) ทำการทดสอบที่กำลังขยาย 5,000 เท่า และ 350 เท่า ตามลำดับ

Fig. 2 Scanning electron microscope of cross-section of polyethylene fiber reinforced composite group (Ribbond) before testing (2A, x5,000) and after testing (2B, x350).



3A **3B**

รูปที่ 3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดบนหน้าตัดของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตรก่อน (3A) และหลัง (3B) ทำการทดสอบที่กำลังขยาย 1,500 เท่า และ 350 เท่า ตามลำดับ [วงกลมแสดงหน้าตัดของเส้นใยที่มีลักษณะการเชื่อมยึดกับเรซินเมทริกซ์ ก่อน (3A) และหลังทำการทดสอบ (3B)]

Fig. 3 Scanning electron microscope of cross-section glass fiber reinforced composite group (GF10) before testing (3A, x1,500) and after testing (2B, x350).

[The circles demonstrate cross-section of glass fiber bonded in resin matrix before testing (3A) and after testing (2B)].

สร้างและซ่อมชิ้นงานครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว โดยมีวัสดุอัดแทรกชนิดเซอร์โคเนีย ซิลิกา เป็นองค์ประกอบปริมาณร้อยละ 47 โดยปริมาตรและมีขนาด 0.01 ถึง 6.0 ไมครอน (ขนาดเฉลี่ย 1.5 ไมครอน) ส่วนเส้นใยที่ใช้เป็นชนิดเส้นใยแก้วและเส้นใยโพลีเอทิลีน โดยเส้นใยที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นเส้นใยสำเร็จรูปมีลักษณะของการเรียงตัวเป็นชั้นเดียวเรียงตัวเป็นระเบียบได้รับการถักมาจากทางบริษัทผู้ผลิตและมีปริมาณของเส้นใยที่แน่นอน ทำให้สามารถจัดเรียงเส้นใยในชิ้นงานได้ง่าย ระยะห่างของเส้นใยจากผิวชิ้นงานด้านดึงและด้านกดมีระยะที่ใกล้เคียงกันส่งผลให้การกระจายแรงของเส้นใยเมื่อเกิดแรงดัดมีการกระจายแรงใกล้เคียงกัน ค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยที่ได้จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกันกับการเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศปริมาณร้อยละ 10 และ 20 โดยปริมาตร ปริมาณของเส้นใยที่ใช้มีปริมาณน้อยสามารถจัดเรียงในชิ้นงานได้ง่ายมีผลต่อค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการเรียงตัวของเส้นใยแก้วในประเทศปริมาณร้อยละ 30 และ 40 โดยปริมาตร มีปริมาณเส้นใยมาก การจัดเรียงไม่สามารถจัดเรียงได้ในชั้นเดียว มีการวางซ้อนกันทำให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของชิ้นงานมีค่ามากกว่าชิ้นงานที่เสริมเส้นใยแก้วยี่ห้ออินเทอลิก ชิ้นงานทดสอบที่เสริมด้วยเส้นใยโพลีเอทิลีนและเส้นใยแก้วที่มีในประเทศปริมาณร้อยละ 10 และ 20 เช่นเดียวกับ Grandini[14] และคณะพบว่าคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วเพิ่มขึ้นถ้าปริมาณเส้นใยมากขึ้นแต่ไม่มากจนเกินไป ถ้าเส้นใยมีการเชื่อมยึดติดดีกับเรซินเมทริกซ์ เส้นใยจะทำหน้าที่เป็นสารอัดแทรกช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเรซินคอมโพสิต ส่วนการใช้สารยึดคู่ควบนั้น Vallittu[15] กล่าวว่า การใช้สารยึดคู่ควบกับเส้นใยแก้ว เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่ามีการเชื่อมกันของเส้นใยแก้วกับส่วนของโพลีเมอร์เมทริกซ์ ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงและต้านทานต่อการแตกหักเพิ่มขึ้น เกิดการยึดติดระหว่างโพลีเมอร์เมทริกซ์ กับผิวของเส้นใยแก้วด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเนื่องจากสารยึดคู่ควบจะเกิดปฏิกิริยาไซลอคเซน บอนด์ (Siloxane bond, Si-O-Si) เป็นพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) กับผิวของเส้นใยแก้วที่มีหมู่ซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักบนพื้นผิวต่างจากเส้นใยโพลีเอทิลีน ซึ่งไม่มีหมู่ซิลิกาเป็นองค์ประกอบบนพื้นผิว ดังนั้นกรณีชิ้นงานทดสอบเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน มีค่าความแข็งแรงดัดขวางไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใยอาจเกิดจากตัวเส้นใยเองไม่มีการเชื่อมยึดติดทางเคมีกับเรซินเมทริกซ์ ทำให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันและปริมาณเส้นใยที่เสริมนั้นมีปริมาณน้อย ส่วนในกลุ่มทดสอบเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนแช่นาน 30 วันมีค่าความแข็งแรงดัดขวางมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมเส้นใยเกิดจากผลของการดูดซึมน้ำ[9,10] ทำให้ชิ้นงานในกลุ่มไม่เสริมเส้นใยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95สอดคล้องกับการศึกษาของ Samadzadeh และคณะ[16] พบว่าข้อเสียเปรียบของเส้นใยโพลีเอทิลีน คือ การเตรียมพื้นผิวของเส้นใยเพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมีทำได้ยาก มีความซับซ้อนในการเตรียมและไม่เพียงพอต่อการเชื่อมติดกับเรซินเมทริกซ์ โดยการยึดติดของเรซินอาศัยการยึดติดทางกลเป็นส่วนใหญ่

กลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 7 และ 30 วัน มีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วและเสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูป เนื่องจากปริมาณของเส้นใยที่ใช้มีปริมาณที่ไม่มากจัดเรียงได้เป็นแถวเดียวความหนาของเรซินเมทริกซ์ของชิ้นงานจากจุดที่เกิดแรงดัดขวางถึงแถวที่จัดเรียงเส้นใยเป็นบริเวณที่เกิดการกระจายของแรงใกล้เคียงกันเมื่อมีแรงดัดขวางเกิดขึ้นเส้นใยช่วยกระจายแรงทำให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยที่ได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งการทดลองของ Lassila และ Vallitu[17] ที่เสริมเส้นใยแก้วในเรซินคอมโพสิต ในตำแหน่งต่าง ๆ พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางมากที่สุด พบในกลุ่มของชิ้นงานที่เสริมเส้นใยใกล้ด้านดึง เนื่องจากมีการกระจายแรงถึงเส้นใยก่อนเกิดการแตกหักทำให้เส้นใยมีการส่งผ่านแรงไปทั่วชิ้นงาน Dyer และคณะ[18] กล่าวว่าตำแหน่งและการเรียงตัวของเส้นใยมีอิทธิพลต่อแรงที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนเกิดการแตกหัก การเสริมเส้นใยบริเวณด้านดึงและด้านกดจะเพิ่มแรงต้านต่อแรงดัดงอได้ดีกว่าการเสริมเส้นใยในตำแหน่งอื่น ๆ โดยการศึกษานี้ได้ทำการเสริมบริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน เหตุผล เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่เตรียมชิ้นงานง่ายพยายามทำให้เรซินทั้งทางด้านกดและด้านดึงมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งสองด้าน และจำลองให้ใกล้เคียงในความเป็นจริงทางคลินิก โดยพบว่าการเสริมเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 30 และ 40 โดยปริมาตรในชิ้นงานเรซินคอมโพสิต ให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางสูง เนื่องจากเส้นใยมีปริมาณมากเรียงตัวหลายชั้นทำให้เส้นใยเรียงตัวใกล้กับด้านดึงและด้านกดมากแรงดัดงอมีการกระจายในเส้นใยก่อนเกิดการแตกหัก จึงเพิ่มความต้านต่อ

แรงดัดงอได้มากเป็นต้น Grandini และคณะ[14] ได้กล่าวไว้ว่าคุณสมบัติทางกลจะเพิ่มขึ้นถ้ามีปริมาณเส้นใยที่มากขึ้น แต่ไม่มากจนเกินไป เมื่อพิจารณาค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของการเสริมของเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 40 โดยปริมาตร ทั้งที่มีปริมาณเส้นใยที่มาก แต่พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยน้อยกว่าการเสริมของเส้นใยแก้วในประเทศไทยร้อยละ 30 โดยปริมาตร อธิบายได้ว่าถ้าปริมาณของเส้นใยแก้วไม่สมดุลกับปริมาณของเรซินเมทริกซ์ ทำให้ส่วนเรซินเมทริกซ์ ในชิ้นงานทดสอบน้อยเกินไป เมื่อกดชิ้นงานจะเกิดการแตกของเรซินเมทริกซ์ง่ายขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Tezvergil และ Vallitu[19,20] พบว่าการเพิ่มปริมาณของเส้นใยแก้วที่มากเกินไปทำให้ปริมาณเรซินเมทริกซ์น้อยลง พื้นที่ในการยึดติดกันน้อยลง ค่าความแข็งแรงดัดขวางลดลงทำให้สารยึดคู่ควบไหลแผ่ได้ยาก การเชื่อมยึดติดของเส้นใยกับเรซินเมทริกซ์เป็นไปได้ยากขึ้น ในการใช้งานทางคลินิกกรณีที่ต้องใส่สะพานฟันชั่วคราวเป็นระยะเวลานาน ๆ ให้คนไข้ระหว่างรอสะพานฟันถาวร การใช้เส้นใยเสริมเข้าไปในสะพานฟันชั่วคราวเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ถ้าเสริมบริเวณข้อต่อของสะพานฟันชั่วคราวจะทำให้มีความแข็งแรง ลดโอกาสการเกิดการแตกหักบริเวณข้อต่อของสะพานฟันชั่วคราวได้

ผลการศึกษาครั้งนี้ทำโดยใช้เส้นใยเสริมลงในเรซินคอมโพสิต พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางของชิ้นงานเมื่อแช่น้ำมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ได้แช่น้ำแต่ไม่สามารถสรุปถึงค่าความแข็งแรงดัดขวางของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยสำเร็จรูปได้ เนื่องจากปัจจัยของปริมาณเรซินเมทริกซ์ ปริมาณของเส้นใยที่เสริมและขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยแก้วในประเทศควรทำการศึกษาโดยสร้างชิ้นงานเหมือนจริงและจำลองสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับในสภาวะช่องปาก เช่น แช่ในน้ำลายเทียม อุณหภูมิและรูปร่างของชิ้นงาน และทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์เพื่อประกอบเป็นมาตรฐานในการใช้งานทางคลินิกต่อไป

สรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเสริมเส้นใยในทุกกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตสามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงดัดขวางได้อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ไม่เสริมเส้นใยที่แช่ในน้ำกลั่น 7 วัน

2. การแช่ชิ้นงานทดสอบในน้ำกลั่นนานขึ้นจาก 7 วัน เป็น 30 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ไม่เสริมเส้นใย เสริมเส้นใยโพลีเอทิลีนและเสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศปริมาณร้อยละ 40 โดยปริมาตร โดยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยลดลงแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3. กลุ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสูงสุด 79.244 เมกะปาสคาล (7 วัน) และ 71.078 เมกะปาสคาล (30 วัน) โดยในกลุ่มไม่เสริมเส้นใยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางต่ำที่สุด 31.147 เมกะปาสคาล (7 วัน) และ 27.442 เมกะปาสคาล (30 วัน)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการสนับสนุนทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์และกลุ่มวิทยานิพนธ์ให้แก่งานวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ

เอกสารอ้างอิง

1. Freilich MA, Meiers JC, Duncan JP, Goldberg AJ. Fiber-reinforced composites in clinical dentistry. Illinois: Quintessence Int, 2000. p. 1-25.
2. Noort RV. Introduction to dental materials. London: Mosby, 2002. p. 50-60.
3. Goldberg AJ, Burstone CJ, Hadjinikolaou I, Jancar J. Screening of matrices and fibers for reinforced thermoplastics intended for dental applications. J Biomed Mater Res. 1994;28:167-73.
4. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts:

push-out tests and SEM observations. Dent Mater. 2002;18:596-602.
5. Kosoric J, Cattani M, Bouillaguet S, Godin CH, Meyer JM. Reinforcement of composite resins with unidirectional glass fibers. Eur Cell Mater. 2002; 3:24-5.
6. Mannocci F, Sherriff M, Watson F, Vallittu PK. Penetration of bonding resins into fibre-reinforced composite posts: a confocal microscopic study. Inter Endo J. 2005;38:46-51.
7. Matinlinna JP, Lassila LVJ, Ozcan M, Yli-Urpo A, Valittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. Int J Prosthodont. 2004;17:155-64.
8. Anusavice JK. Phillips' Science Dental Materials. St Louis: Elsevier Science, 2003. p. 257-8.
9. Cal EN, Hersek N, Sahin E. Water sorption and dimensional changes of denture base polymer reinforced with glass fibers in continuous unidirectional and woven form. Int J Prosthodont. 2000;13:487-93.
10. Chai J, Takahashi Y, Hisama K, Shimizu H. Water sorption and dimensional stability of three glass fiber reinforced composites. Int J Prosthodont. 2004;17:195-9.
11. El-Ebashi MK, Craig RG, Peyton FA. Experimental stress analysis of dental restorations, VII: structural design and stress analysis of fixed partial dentures. J Prosthet Dent. 1970;23:177-83.
12. Chow TW, Cheng YY, Ladizesky NH. Polyethylene fiber reinforced polymethyl methacrylate-Water sorption and dimensional changes during immersion. J Dent. 1993;21:367-72.
13. Vallittu PK, Ruyter IE, Ekstrand K. Effect of water storage on the flexural properties of E-glass and silica fiber acrylic resin composite. Int J Prosthodont. 1998;11:340-50.
14. Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. Dent Mater. 2005;21:75-82.
15. Vallittu PK. Comparison of two different silane compounds used for improving adhesion between fibers and acrylic denture base material. J Oral Rehabil. 1993;20:533-9.
16. Samadzadeh A, Kugel G, Hurley E, Aboushala A. Fracture strengths of provisional restorations reinforced with plasma-treated woven polyethylene fiber. J Prosthet Dent. 1997;78:447-50.
17. Lassila LVJ, Vallittu PK. The effect of fiber position and polymerization condition on the flexural properties of fiber-reinforced composite. J Contemp Dent Pract. 2004;15:1-12.
18. Dyer SR, Lassila LVJ, Jokinen M, Vallittu PK. Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. Dent Mater. 2004;20:947-55.
19. Tezvergil A, Lassila LVJ, Yli-Urpo A, Vallitu PK. Repair bond strength of restorative resin composite applied to fiber-reinforced composite substrate. Acta Odontol Scand. 2004;62:51-60.
20. Vallittu PK. Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fibre-polymethyl methacrylate composite used in denture. J Oral Rehabil. 1998; 25:100-5.

Flexural strength of resin composite reinforced by domestic and imported glass fiber and polyethylene fiber

Pisaisit Chaijareenont, D.D.S.[1]
Issarawan Boonsiri, B.Sc., D.D.S., Grad. Dip. (Prosthodontics), Cert. in Fixed Prosthodontics[2]

[1]Graduate Student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[2]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstracts

Objective To study the flexural strength of fiber-reinforced resin composites

Materials and methods One hundred forty specimens sized 2 x 2 x 25 mm were divided into 7 groups (n = 20). The control group was without glass fiber. Four groups contained 10%, 20%, 30% and 40% by volume domestic glass fiber. One group contained imported glass fiber and the last group contained polyethylene fiber reinforcement. Each group was divided into 2 sub-groups (n = 10), and then immersed in distilled water at 37°C for 7 and 30 days respectively. Flexural strength tests were performed by the universal testing machine (Instron 8874) with a cross-head speed of 1 mm/min. Statistical analysis was performed by using t-test, one-way ANOVA and Multiple comparisons (α = 0.05).

Results Flexural strength increased in the glass fiber-reinforced groups and decreased in the 30-day immersion in distilled water groups. The highest flexural strength was found in the 30% by volume domestic glass fiber-reinforced group. The flexural strength of the 10% by volume domestic glass fiber-reinforced group was similar to that of the imported glass fiber and polyethylene fiber-reinforced groups.

Conclusion Appropriate amounts of glass fiber-reinforced could strengthen and lengthen the usage of the specimens. Longer immersion in distilled water reduced the strength of the specimens.

(CU Dent J. 2011;34:45-54)

***Key words**: flexural strength; glass fiber; polyethylene fiber*