ว ทันต จุฬาฯ 2551;31:339-48
CU Dent J. 2008;31:339-48

บทวิทยาการ
Original Article

ความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์

นัทธ์ชนัน วิทยเจียกขจร ท.บ., ป.บัณฑิต (ทันตกรรมหัตถการ)[1]
ชัยวัฒน์ มณีนุษย์ ท.บ., M.D.Sc., Ph.D.[2]

[1]นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ และเปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด

วัสดุและวิธีการ ทดสอบความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รีไลเอ็กซ์ยูร้อย แมกเซ็ม และมัลติลิงค์สปรินท์ และเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดผลิตภัณฑ์ แวริโอลิงค์ทู โดยใช้การทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรม หมายเลข 9917/2003 และ 4049/2000 ตามลำดับ วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการศึกษา ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดอยู่ระหว่าง 213.42 ± 3.74 - 278.82 ± 30.96 เมกะปาสคาล ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของแวริโอลิงค์ทู มีค่าสูงสุดแต่ในทางสถิติไม่มีความแตกต่างกับรีไลเอ็กซ์ยูร้อย และแมกเซ็ม ส่วนมัลติลิงค์สปรินท์มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดต่ำที่สุด และแตกต่างจากซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดของซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ระหว่าง 88.33 ± 4.64 - 148.56 ± 23.42 เมกะปาสคาล ความทนแรงดัดของแวริโอลิงค์ทู สูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างจาก รีไลเอ็กซ์ยูร้อย และมัลติลิงค์ สปรินท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแมกเซ็มมีค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดต่ำที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ยกเว้นกับผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ยูร้อย

สรุป เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เกือบทุกผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีความทนแรงอัดและความทนแรงดัดใกล้เคียงเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด โดยค่าดังกล่าวของทุกผลิตภัณฑ์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรม

(ว ทันต จุฬาฯ 2551;31:339-48)

คำสำคัญ: *ความทนแรงดัด; ความทนแรงอัด; เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์*

บทนำ

ในปัจจุบัน การบูรณะฟันเพื่อความสวยงามเป็นที่ต้องการของผู้ป่วยมากขึ้น การบูรณะโดยการสร้างชิ้นงานจากห้องปฏิบัติการ (indirect technique) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมและมีการพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้น การบูรณะด้วยวิธีดังกล่าวมีหลายขั้นตอน ขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งคือการใช้ซีเมนต์ยึดติดชิ้นงานเข้ากับโพรงฟัน (cementation)[1] ซีเมนต์ที่ใช้ยึดชิ้นงานควรมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรองรับแรงบดเคี้ยว ไม่เกิดการฉีกขาดบริเวณรอยต่อของชิ้นงานกับซีเมนต์หรือภายในเนื้อของซีเมนต์ สามารถป้องกันอันตรายจากสิ่งรบกวนภายนอกต่อเนื้อเยื่อในโพรงฟัน (pulp) ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อภายในช่องปาก สามารถแผ่เป็นแผ่นฟิล์มที่บาง มีความหนืดที่พอเหมาะ มีการละลายตัวในช่องปากต่ำ และสามารถยึดชิ้นงานให้ติดอยู่กับตัวฟันได้ยาวนาน[2]

เรซินซีเมนต์ (resin cement) เป็นซีเมนต์ประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ในการยึดชิ้นงานที่ต้องการความสวยงาม (tooth-colored indirect restoration) ซีเมนต์ชนิดนี้มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีและมีแรงยึดกับฟันสูง[3] ในอดีตที่ผ่านมา การใช้เรซินซีเมนต์ยึดชิ้นงานจะต้องใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบต่าง ๆ หากใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทช์ (total etch) จะมีการใช้กรดปรับสภาพผิวฟันตามด้วยการใช้สารไพรเมอร์ (primer) และสารยึดติด (bonding agent) ส่วนการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ (self etch) จะใช้สารไพรเมอร์ที่มีความเป็นกรดในการปรับสภาพผิวฟันก่อนใช้สารยึดติด การใช้เรซินซีเมนต์ร่วมกับสารยึดติดทำให้สามารถยึดชิ้นงานเข้าเป็นเนื้อเดียวกับฟันและช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักของชิ้นงานเซรามิกได้[4] อย่างไรก็ตาม เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดก็มีข้อด้อยในเรื่องของการใช้งานที่ยุ่งยาก (technique sensitive) มีความไวต่อความชื้น มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน และมีความลำบากในการกำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน[2,5] ปัจจุบัน มีการพัฒนาเรซินซีเมนต์ที่สามารถยึดกับฟันโดยไม่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับระบบสารยึดติด เรียกว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self-adhesive resin cement)[6] ซีเมนต์ชนิดนี้มีมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (acidic monomer) ทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟันเช่นเดียวกับการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ (self etch) และเป็นซีเมนต์ที่มีการรวมคุณสมบัติที่ดีของกลาสไอโอเนอร์ซีเมนต์และเรซินซีเมนต์ไว้ด้วยกัน[7] ทำให้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีการใช้งานที่ง่าย รวดเร็ว ลดข้อผิดพลาดระหว่างขั้นตอนการยึดติดชิ้นงานเข้ากับโพรงฟัน ลดการเสียวฟันภายหลังการบูรณะ (post operative sensitivity) และสามารถยึดติดได้ทั้งชิ้นงานโลหะ เซรามิก และเรซินคอมโพสิต

ค่าความทนแรงอัด (compressive strength) ของซีเมนต์ยึดชิ้นงานทางทันตกรรมเป็นค่าหนึ่งที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้งานทางคลินิก ซีเมนต์ที่มีค่าความทนแรงอัดสูงจะสามารถต้านทานต่อแรงบดเคี้ยวได้ดี[8] และมีความสัมพันธ์กับการแตกหักในเนื้อซีเมนต์และการหลุดของชิ้นงาน[9] ความทนแรงอัดของเรซินซีเมนต์ขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนประกอบของเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) รวมทั้งชนิดและปริมาณของสารอัดแทรก (filler) เกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรม (International Organization for Standardization, ISO) หมายเลข 9917/2003 ว่าด้วยซีเมนต์สำหรับเชื่อมยึด (luting cement) รองพื้น (liner) และบูรณะฟัน (restorative) ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (water-based) ระบุค่าความทนแรงอัดของซีเมนต์สำหรับเชื่อมยึดที่เวลา 24 ชั่วโมงว่าควรมีค่าอย่างน้อย 70 เมกะปาสคาล[10] การศึกษาของ White และ Yu[3] พบว่า ปริมาณของสารอัดแทรก (filler load) มีผลต่อความทนแรงอัด ความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรอล (diametral tensile strength) และความต้านทานต่อการกด (indentation) ในการศึกษาเปรียบเทียบเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซิน ซีเมนต์กับซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ นั้น Piwowarczyk และ Lauer[11] พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม (RelyX Unicem, 3M ESPE) มีค่าความทนแรงอัดน้อยกว่าเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบดูอัลเคียวร์ (dual-cure conventional resin cement) ในขณะที่ Kumbuloglu และคณะ[12] พบว่า รีไลเอ็กซ์ ยูนิเซ็มมีค่าความทนแรงอัดสูงสุด

ความทนแรงดัด (flexural strength) เป็นคุณสมบัติทางกลอีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญและมีค่าแตกต่างกันในซีเมนต์แต่ละชนิด ความทนแรงดัดเป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานต่อการโค้งงอของวัสดุเมื่อได้รับแรงบดเคี้ยวและป้องกันการหลุดของชิ้นงานได้[9,13] ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับการเกิดพอลิเมอร์ (degree of conversion)[14] ชนิดของมอนอเมอร์และสารอัดแทรกที่เป็นส่วนประกอบ[15] ตามเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมหมายเลข 4049/2000 ว่าด้วยวัสดุอุดฟัน (filling) วัสดุบูรณะและวัสดุเชื่อมยึดที่มีพอลิเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (polymer-based) ชนิดที่ 2 ประเภทที่ 3 ระบุค่าความทนแรงดัดของเรซินซีเมนต์ที่เวลา 24

ชั่วโมงว่าควรมีค่าอย่างน้อย 50 เมกะปาสคาล[16] จากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Piwowarczyk และ Lauer[11] และการศึกษาของ Kumbuloglu และคณะ[12] พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็มมีค่าความทนแรงดัดน้อยกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ การศึกษาของ Saskalauskaite และคณะ[17] พบว่ารีไลเอ็กซ์ ยูนิเซ็ม และแมกเซ็ม (Maxcem, Kerr) มีค่าความทนแรงดัดใกล้เคียงกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบดูอัลเคียวร์

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเซลฟ์แอดฮีซีฟ เรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ และเปรียบเทียบกับความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด โดยมีสมมติฐานคือ ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างจากเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด

วัสดุและวิธีการ

วัสดุที่ใช้เป็นเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ และเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบดูอัลเคียวร์ 1 ผลิตภัณฑ์ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ บริษัทผู้ผลิต และส่วนประกอบ แสดงไว้ในตารางที่ 1

ความทนแรงอัด

เตรียมชิ้นทดลองและทำการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมหมายเลข 9917/2003 โดยเตรียมชิ้นทดลองวัสดุเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์และซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดจำนวน 5 ชิ้นต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบหล่อทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ที่มีช่องสำหรับเตรียมชิ้นทดลองทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร และสูง 6 มิลลิเมตร ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเรซินซีเมนต์ และบริษัทผู้ผลิตที่ใช้ในการศึกษานี้

Table 1 shows composition and manufactures of resin cements used in this study

Resin cement	Composition
Variolink II (Ivoclar vivadent, Liechtenstein)	**Monomer matrix** : Bis-GMA, urethane dimethacrylate, and triethylene glycol dimethacrylate **Filler** : (The mean particle size is 0.7 μm) ; barium glass, ytterbium trifluoride, Ba-Al-fluorosilicate glass, and spheroid mixed oxide
RelyX U100 (3M/ESPE, USA)	**Catalyst** : Glass powder, substituted dimethacrylate, silane treated silica, sodium P-toluenesulfinate, calcium hydroxide **Base** : Glass powder, methacrylated phosphoric acid esters, triethylene glycol dimethacrylate, silane treatead silica, sodium persulfate
Multilink Sprint (Ivoclar-vivadent, Liechtenstein)	**Monomer matrix** : Dimethacrylate, acidic monomer, initiators / stabilizers- benzoylperoxide. **Filler**: (The mean particle size is 5 μm) barium glass, ytterbium trifluoride and silicon dioxide
Maxcem (Kerr ,USA)	**Resin Matrix** : acidic monomer- glyceroldimethacrylate dihydrogen phosphate (GPDM), comonomers including mono-, di-, and tri-functional methacrylate monomers, proprietary self-cure redox initiator, photoinitiator, stabilizer **Filler** : (the mean particle size is 3.6 μm) barium glass, fluoroaluminosilicate glass, fumed silica

ผ่าครึ่งสองชิ้นมาประกบกันและยึดด้วยสกรู จากนั้นวางแบบหล่อลงบนแถบเซลลูลอยด์ (celluloid strip) ที่วางอยู่บนแผ่นแก้วสไลด์ (glass slide) ผสมซีเมนต์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและใส่ลงไปในแบบหล่อจนเต็ม ปิดทับด้วยแผ่นฟิล์มพอลิเอสเทอร์ (polyester film) ตามด้วยแผ่นแก้วสไลด์ หนีบแผ่นแก้วทั้งสองให้แน่นด้วยตัวหนีบ (clamp) ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง (3M ESPE Elipar 2500, USA) ที่ความเข้มแสงเท่ากับ 500 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้เวลาตามที่บริษัทผู้ผลิตซีเมนต์กำหนด จากนั้นกลับด้านแบบหล่อเพื่อฉายแสงที่ซีเมนต์อีกด้านจนทั่ว ภายหลังการฉายแสง คลายตัวหนีบและนำชิ้นทดลองออกจากแบบหล่อ ฉายแสงที่ด้านข้างบริเวณส่วนกลางของชิ้นทดลองทรงกระบอกตามเวลาที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดอีกครั้งหนึ่ง ตรวจสอบชิ้นทดลองภายหลังการนำออกจากแบบหล่อ โดยจะคัดชิ้นทดลองออกถ้าพบมีฟองอากาศที่ผิวบนหรือผิวล่างของชิ้นทดลอง แล้วเก็บชิ้นทดลองในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator รุ่น Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงนับจากเริ่มฉายแสง จากนั้นนำชิ้นทดลองมาทดสอบความทนแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, Instron 8872, UK) โดยให้แรงไปยังชิ้นทดลองในแนวดิ่ง และกำหนดให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกด (cross-head speed) เท่ากับ 0.75 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งชิ้นทดลองเกิดการแตกหัก จากนั้นคำนวณค่าความทนแรงอัดโดยใช้สูตร

$$C = \frac{4\rho}{\pi d^2}$$

C คือ ความทนแรงอัด มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล

ρ คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดลองแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดลอง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสสำหรับวินโดวส์ (SPSS for windows, version 13.0) คำนวณค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนของประชากรเท่ากันจะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparison) ชนิดทูคีเอชเอสดี (Tukey HSD test) ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนไม่เท่ากันจะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน (Tamhane's test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ความทนแรงดัด

เตรียมชิ้นทดลองและทำการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมหมายเลข 4049/2000 โดยเตรียมชิ้นทดลองจากวัสดุเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์และเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดจำนวน 5 ชิ้นต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบหล่อทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีช่องสำหรับเตรียมชิ้นทดลองที่มีความยาว 25 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร และกว้าง 2 มิลลิเมตร วางแบบหล่อบนแถบเซลลูลอยด์ที่อยู่บนแผ่นแก้วสไลด์ ผสมซีเมนต์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและใส่ซีเมนต์ลงในแบบหล่อให้เต็ม ปิดทับด้วยแผ่นฟิล์มพอลิเอสเทอร์และตามด้วยแผ่นแก้วสไลด์ หนีบแผ่นแก้วทั้งสองให้แน่นด้วยตัวหนีบ ฉายแสงที่ซีเมนต์ตามเวลาที่บริษัทผู้ผลิตซีเมนต์กำหนดด้วยเครื่องฉายแสงที่ความเข้มแสงเท่ากับ 500 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยเริ่มจากปลายหนึ่งของแบบหล่อแล้วเลื่อนตำแหน่งซ้อนทับกันประมาณครึ่งวงกลมจนถึงปลายของแบบหล่ออีกข้างหนึ่ง จากนั้นกลับด้านแบบหล่อเพื่อฉายแสงที่ซีเมนต์อีกด้านหนึ่งจนทั่ว เมื่อฉายแสงเสร็จแช่ชุดตัวอย่างในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสในตู้ควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงคลายตัวหนีบออก นำชิ้นทดลองออกจากแบบหล่อและตรวจสอบชิ้นทดลอง โดยจะคัดชิ้นทดลองออกถ้าพบว่ามีฟองอากาศที่ผิวบนหรือผิวล่างของชิ้นทดลอง เก็บชิ้นทดลองในน้ำที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนับจากเริ่มฉายแสงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นนำชิ้นทดลองมาทดสอบความทนแรงดัดสามจุด (three-point bending test) ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ โดยให้แรงไปยังชิ้นทดลองในแนวดิ่ง และกำหนดให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดเท่ากับ 0.75 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งชิ้นทดลองมีการแตกหัก คำนวณค่าความทนแรงดัดโดยใช้สูตร

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

σ คือ ความทนแรงดัด มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล

F คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดลองแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน

l คือ ระยะระหว่างจุดสองจุดที่รองรับชิ้นทดลองขณะวางอยู่บนอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดลอง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h คือ ความหนาของชิ้นทดลอง มีหน่วยมิลลิเมตร

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสสำหรับวินโดวส์ คำนวณค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดของเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนของประชากรเท่ากันจะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูคีเอชเอสดี ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนไม่เท่ากันจะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการศึกษา

ความทนแรงอัด

ผลการทดสอบความทนแรงอัดที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า เรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์มีค่าความทนแรงอัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมหมายเลข 9917/2003 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 70 เมกะปาสคาล จากการวิเคราะห์ทางสถิติและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูคีเอชเอสดีพบว่า แวริโอลิงค์ทู (Variolink II) มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดมากที่สุด คือ 278.82 ± 30.96 เมกะปาสคาล แต่ไม่มีความแตกต่างจากแมกเซ็ม (Maxcem) และรีไลเอ็กซ์ยูร้อย (RelyX U100) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความทนแรง อัดเท่ากับ 276.8 ± 23.0 และ 262.21 ± 13.59 เมกะปาสคาล ตามลำดับ มัลติลิงค์สปรินท์ (Multilink Sprint) มีค่าเฉลี่ยของความทนแรงอัดต่ำสุดคือ 213.42 ± 3.74 เมกะปาสคาล และมีความแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ความทนแรงดัด

ผลการทดสอบความทนแรงดัดของซีเมนต์ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า เรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์มีค่าความทนแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมหมายเลข 4049/2000 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 50 เมกะปาสคาล การวิเคราะห์ทางสถิติและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน พบว่าแวริโอลิงค์ทูมีค่าเฉลี่ยของความทนแรงดัดสูงที่สุดคือ 148.55 ± 23.42 เมกะปาสคาล แต่ไม่มีความแตกต่างจากมัลติลิงค์สปรินท์ และรีไลเอ็กซ์ยูร้อยซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความทนแรงดัดเท่ากับ 124.23 ± 12.37 และ 104.89 ± 10.05 เมกะปาสคาล ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแมกเซ็ม ($p < 0.05$) ที่มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดต่ำสุดคือ 88.3 ± 4.64 เมกะปาสคาล อย่างไรก็ตามแมกเซมก็มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดัดไม่แตกต่างจากรีไลเอ็กซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความทนแรงอัดและความทนแรงดัด

Table 2 shows mean and standard deviation of the compressive strength and flexural strength.

Products	Compressive strength (MPa)	Flexural strength (MPa)
Variolink II	278.82 ± 30.96 [a]	148.56 ± 23.42 [a]
Maxcem	276.80 ± 23.00 [a]	88.33 ± 4.64 [b]
Rely X U100	262.21 ± 13.59 [a]	104.89 ± 10.05 [a b]
Multilink sprint	213.42 ± 3.74 [b]	124.23 ± 12.37 [a]
ISO 9917/2003	Minimum 70	-
ISO 4049/2000	-	Minimum 50

In each column, same superscript letter means not significantly different ($p > 0.05$).

วิจารณ์

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เป็นซีเมนต์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ เพื่อให้ใช้งานง่าย ลดขั้นตอนการทำงาน และลดการเสียวฟันหลังการบูรณะ การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐานทางกลทางกายภาพและทางเคมีจึงมีความสำคัญ เพื่อเป็นข้อมูลให้ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้ซีเมนต์ได้อย่างถูกต้อง การศึกษานี้เกี่ยวกับการทดสอบความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดหนึ่งของคุณสมบัติทางกลของเรซินซีเมนต์ที่บ่งบอกถึงความต้านทานต่อแรงบดเคี้ยวและป้องกันการหลุดของชิ้นงาน[13]

การศึกษาเกี่ยวกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเรซินซีเมนต์ที่มีการใช้ระบบสารยึดติดร่วมด้วยกับรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็มซึ่งเป็นเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์แรกที่ผลิตขึ้นมา[11, 12, 17, 18] ในการศึกษานี้ใช้รีไลเอ็กซ์ยูร้อยซึ่งเป็นเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่พัฒนามาจากรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม ซีเมนต์ทั้งสองมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันแต่มีรูปแบบการใช้งานแตกต่างกัน รีไลเอ็กซ์-ยูนิเซ็ม จะมีลักษณะเป็นผงกับของเหลวที่บรรจุในแคปซูล เมื่อใช้งานจะผสมในเครื่องผสมโรโตมิกซ์ (Rotomix) ในขณะที่รีไลเอ็กซ์ ยูร้อยมีลักษณะเป็นเพส (paste) สองหลอด เมื่อใช้งานจะต้องทำการผสมให้เข้ากันด้วยพายสำหรับผสมโดยการใช้มือ (hand-mixed) สำหรับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดซึ่งเป็นตัวเปรียบเทียบกับเซฟล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์นั้น การศึกษานี้เลือกใช้แวริโอลิงค์ทู เนื่องจากแวริโอลิงค์ทูเป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดทั้งระบบไลท์เคียวร์ (light cure) และดูอัลเคียวร์ที่มีการศึกษาและวิจัยในทางทันตกรรมอย่างแพร่หลาย ซึ่งจากผลการศึกษาเกี่ยวกับความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของแวริโอลิงค์ทูพบว่ามีค่าสูงเมื่อเทียบกับเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ[11, 12, 19]

แม้ว่าเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถเกิดปฏิกิริยาก่อตัวได้สองรูปแบบ (dual cured) แต่สำหรับชิ้นทดลองที่นำมาทดสอบความทนแรงอัดที่มีความสูงถึง 6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมนั้น เมื่อมีการฉายแสงที่แต่ละด้านของแบบหล่อ แสงที่ผ่านลงไปยังชิ้นงานนั้นอาจจะไม่สามารถทำให้บริเวณตรงกลางของชิ้นงานเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวจากการฉายแสงได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น ภายหลังการนำชิ้นทดลองออกจากแบบหล่อผู้วิจัยจึงฉายแสงที่ส่วนกลางของชิ้นทดลองทรงกระบอกตามเวลาที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้วัสดุทั้งชิ้นมีการเกิดพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์[12, 20, 21] ส่วนการเตรียมชิ้นทดลองสำหรับการทดสอบความทนแรงดัดนั้น ภายหลังฉายแสงได้นำชุดตัวอย่างแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 15 นาทีก่อนนำออกจากแบบหล่อ เพื่อเป็นการชดเชยการเปลี่ยนแปลงมิติของวัสดุที่มีการหดตัวภายหลังการฉายแสงซึ่งอาจมีผลต่อค่าความทนแรงดัดของเรซินซีเมนต์ได้ ทั้งนี้ การศึกษาของ Yap และ Teoh[22] พบว่า ขนาดของชิ้นทดลองที่ใช้ในการทดสอบมีผลต่อค่าความทนแรงดัดของวัสดุ

ค่าเฉลี่ยของความทนแรงอัดของเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมประมาณ 3-4 เท่า ซึ่งน่าจะเป็นผลของการเกิดพอลิเมอร์และการที่มีสารอัดแทรกประกอบอยู่ในซีเมนต์เหล่านี้ White และ Yu[3] พบว่าปริมาณสารอัดแทรกที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความทนแรงอัดและความทนแรงดึงแบบไดอะเมทรัลของซีเมนต์เพิ่มขึ้น

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ยูร้อยและแมกเซ็มมีความทนแรงอัดไม่แตกต่างจากเรซินซีเมนต์ที่ใช้งานร่วมกับสารยึดติด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่มีปริมาณของสารอัดแทรกใกล้เคียงกัน อีกทั้งรีไลเอ็กซ์ยูร้อยและแมกเซ็มยังมีส่วนประกอบบางส่วนซึ่งได้แก่ ฟอสโฟรูเลทเมทาคริเลท (phosphorulated methacrylate) และอนุภาคแก้ว ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากรด-เบสเหมือนกับที่เกิดในการผสมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ซึ่งช่วยทำให้คุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์ดีขึ้น สำหรับมัลติลิงค์-สปรินท์นั้น เป็นซีเมนต์ที่มีปริมาณสารอัดแทรกน้อยกว่าเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ และมีมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดเป็นส่วนประกอบ ซึ่งค่าความเป็นกรดภายหลังผสมค่อนข้างสูง ความเป็นกรดนี้จะทำลายสารประกอบเอมีนซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญต่อปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ ทำให้ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของซีเมนต์ชนิดนี้ต่ำกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น[23] นอกจากนี้ มีความเป็นไปได้ว่ามัลติลิงค์สปรินท์ไม่มีส่วนประกอบของฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาส (fluoroaluminosilicate glass) ที่จะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่เป็นกรดและเกิดปฏิกิริยากรด-เบสได้เช่นเดียวกับรีไลเอ็กซ์ยูร้อยและแมกเซ็มตามที่บริษัทผู้ผลิตอ้างไว้ จึงทำให้มัลติลิงค์สปรินท์มีค่าความทนแรงอัดน้อยกว่าซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยที่บ่งชี้ถึงการทำปฏิกิริยากรด-เบสของฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสกับมอนอเมอร์ที่เป็นกรดของเซฟล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ หรือบ่งชี้ว่าปริมาณของฟลูออไรด์

ที่เป็นส่วนประกอบในเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เพียงพอที่จะช่วยป้องกันฟันผุได้

ในการใช้งานทางคลินิก ซีเมนต์ใช้ยึดชิ้นงานควรมีค่าความทนแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรม คือ มากกว่า 50 เมกะปาสคาล เพื่อให้สามารถทนต่อแรงบดเคี้ยวและความเค้นที่เกิดจากการทำงานชนิดนอกหน้าที่ (parafunctional stress) ในสภาพช่องปากที่มีความชื้นและมีอุณหภูมิไม่คงที่ได้[24] เรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีค่าความทนแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมกำหนดไว้ ความทนแรงดัดของซีเมนต์ขึ้นอยู่กับระดับของการเกิดพอลิเมอร์[14] ชนิดของมอนอเมอร์ และสารอัดแทรกที่เป็นส่วนประกอบ[15] แวริโอลิงค์ทูจะมีค่าความทนแรงดัดมากที่สุดเนื่องจากมีปริมาณสารอัดแทรกมากกว่าเมื่อเทียบกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ และมีส่วนประกอบของยูริเทนไดเมทาคริเลทหรือยูดีเอ็มเอ (urethane dimethacrylate, UDMA) ซึ่งโดยพื้นฐานของมอนอเมอร์ชนิดนี้จะมีความยืดหยุ่นมากกว่าบีสฟีนอลเอไกลซีดิลไดเมทาคริเลทหรือบีสจีเอ็มเอ (bisphenol-A-glycidyldimethacrylate, Bis-GMA) ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอนุมูลอิสระ (free radical) ได้ง่ายกว่าส่งผลทำให้เกิดการเชื่อมโยง (crosslinking) ของมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น[25] ผลการศึกษาที่ได้นี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Pixowarczyk และ Lauer [11] และของ Kumbuloglu และคณะ[12] คือ เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีค่าความทนแรงดัดต่ำกว่าเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด อย่างไรก็ตาม ในทางสถิติ ไม่มีความแตกต่างระหว่างแวริโอลิงค์ทูกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ยูร้อยและแมกเซ็มส่วนซีเมนต์ที่มีค่าความทนแรงดัดต่ำสุดคือแมกเซ็ม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแวริโอลิงค์ทูและมัลติลิงค์สปรินท์ แม้ว่าแมกเซ็มจะมีไฮโดร-ฟิลิกมอนอเมอร์ (hydrophilic monomer) และมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์อื่น ๆ แต่แมกเซ็มมีชนิดของมอนอเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบมากกว่า รวมทั้งมีสารเริ่มต้นปฏิกิริยาเป็นแบบรีดอกซ์ (redox initiators) ซึ่งอาจจะมีผลทำให้การเกิดพอลิเมอร์ต่ำกว่าเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์อื่น ๆ ได้ อย่างไรก็ตามผลของการศึกษานี้มีความแตกต่างกับการศึกษาของ Saskalauskaite และคณะ[17] ที่พบว่าแมกเซ็มมีค่าความทนแรงดัดสูงกว่าเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น

รูปแบบวิธีการผสมซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีความแตกต่างกัน แมกเซ็มและมัลติลิงค์สปรินท์ถูกผสมให้เข้ากันเองทันทีขณะบีบออกจากปลายหลอด แต่แวริโอลิงค์ทูและรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็มเป็นเพส 2 หลอดที่ผสมให้เข้ากันด้วยพายผสม โดยปกติการผสมด้วยพายรวมถึงการตักเรซินซีเมนต์ที่ผสมเสร็จแล้วใส่ในแบบหล่อจะพบว่ามีฟองอากาศแทรกอยู่ภายในเนื้อเรซินซีเมนต์ และอาจส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุได้มากกว่าเรซินซีเมนต์ที่ถูกผสมให้เข้ากันเองทันทีขณะบีบออกจากปลายหลอด แต่จากผลการศึกษานี้พบว่า ความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเรซินซีเมนต์ที่ผสมด้วยพายมีค่ามากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการคัดชิ้นทดลองที่พบว่ามีฟองอากาศที่ผิวบนและผิวล่างออกในการทดสอบคุณสมบัติความทนแรงอัดและความทนแรงดัด ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการลดโอกาสที่จะเกิดการแตกหักที่ง่ายลงได้ส่วนหนึ่ง และความเป็นเนื้อเดียวกันของเรซินซีเมนต์ที่ถูกผสมให้เข้ากันเองทันทีขณะบีบออกจากปลายหลอดอาจจะไม่มีผลต่อความสมบูรณ์ของการเกิดพอลิเมอร์ รวมทั้งมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติดังกล่าวน้อยกว่าปัจจัยอื่น ๆ เช่น ชนิดของมอนอเมอร์และปริมาณสารอัดแทรก [3, 14]

แม้ว่าค่าความทนแรงอัดและความทนแรงดัดของเรซินซีเมนต์นั้นจะสามารถอ้างอิงได้จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตรวมทั้งคุณสมบัติทั้งสองผ่านเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรมมาแล้วก่อนออกจำหน่าย แต่การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่าดังกล่าวของแต่ละผลิตภัณฑ์ยังเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากจะต้องควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องด้วย การที่ผู้วิจัยเพียงคนเดียวทำการทดสอบคุณสมบัติของแต่ละผลิตภัณฑ์อาจเป็นการควบคุมความแปรปรวนภายในตัวของผู้ทดลอง (intra-operator variability) ได้ ซึ่งผลการเปรียบเทียบจะเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากกว่าการนำข้อมูลของแต่ละบริษัทมาเปรียบเทียบกันโดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างของผู้ทำการทดสอบเลย

แม้ว่าการศึกษานี้แสดงผลว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีความทนแรงอัดและแรงดัดที่ค่อนข้างสูงเทียบเท่าได้กับเรซินซีเมนต์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรม แต่ก็ควรมีการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ ความเป็นกรดหลังผสม ความหนาของฟิล์มซีเมนต์ การดูดซึมน้ำ และการละลายน้ำ เพื่อประกอบในการพิจารณาเลือกใช้ และเนื่องจากเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุที่ค่อนข้างใหม่ การศึกษาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ และการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์เซลฟ์แอดฮีซีฟ

เรซินซีเมนต์เองยังมีน้อย จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือ ข้อมูลจากการศึกษาในคลินิก

สรุป

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีความทนแรงอัดและความทนแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนานาชาติทางทันตกรรม และมีคุณสมบัติใกล้เคียงเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบดูอัลเคียวร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้นิพนธ์ขอขอบคุณ กองทุนเพื่อการวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และศูนย์วิจัยทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Dietschi D, Magne P, Holz J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. Quintessence Int. 1994;25(10):659-77.
2. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. J Prosthet Dent. 1999;81(2):135-41.
3. White SN, Yu Z. Physical properties of fixed prosthodontic, resin composite luting agents. Int J Prosthodont. 1993;6(4):384-9.
4. Groten M, Probster L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. Int J Prosthodont. 1997;10(2):169-77.
5. Christensen GJ. Seating nonmetal crowns or fixed partial dentures with resin cement. J Am Dent Assoc. 1998;129(2):239-41.
6. RelyX™ Unicem. Self-adhesive universal resin cement. Technical product profile. Minnessota USA: 3M ESPE 2002.
7. Piwowarczyk A, Windmuller B, Lauer H-C, Mahler A. *In-vitro* study of the mechanical properties of luting cements. J Dent Res. 2002;81(Spec Iss A): A-413, Abstract #3342.
8. White SN, Yu Z. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. J Prosthet Dent. 1993;69(6):568-72.
9. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. J Prosthet Dent. 1999;81(5):597-609.
10. International Organization for Standardization. Dentistry-Water-based cements-Part 1: Power/ Liquid acid-base cements ISO 9917:2003 [cited; Available from:http://www.iso.org/iso/prods services/ ISOstore/ store.html]
11. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. Oper Dent. 2003;28(5):535-42.
12. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. Int J Prosthodont. 2004;17(3):357-63.
13. Shen C. Dental cements. In: Anusavice K, editor. Phillips'science of dental material. 11th ed. Philadelphia: Saunder,2003:443-94.
14. Lu H, Mehmood A, Chow A, Powers JM. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. J Prosthet Dent. 2005; 94(6):549-54.
15. Peutzfeldt A. Dual-cure resin cements: in vitro wear and effect of quantity of remaining double bonds, filler volume, and light curing. Acta Odontol Scand. 1995;53(1):29-34.
16. International Organization for Standardization. Dentistry-Polymer-based filling, restorative and luting materials ISO 4049:2000 [cited; Available from:http://www.iso.org/iso/prods-services/ ISOstore/ store.html]
17. Saskalauskaite E, Tam LE, McComb D. Flexural

strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. J Prosthodont. 2008;17(4):262-8.

18. Frankenberger R, Lohbauer U, Schaible RB, Nikolaenko SA, Naumann M. Luting of ceramic inlays *in vitro:* marginal quality of self-etch and etch-and-rinse adhesives versus self-etch cements. Dent Mater. 2008;24(2):185-91.
19. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. J Oral Rehabil. 2002;29(3):257-62.
20. Darr AH, Jacobsen PH. Conversion of dual cure luting cements. J Oral Rehabil. 1995;22(1):43-7.
21. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. J Prosthet Dent. 2003;89(2):127-34.
22. Yap AU, Teoh SH. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and mini-flexural tests. J Oral Rehabil. 2003;30(2):171-7.
23. de Souza Costa CA, Hebling J, Randall RC. Human pulp response to resin cements used to bond inlay restorations. Dent Mater. 2006;22(10):954-62.
24. Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. Int J Prosthodont. 1995;8(2):155-61.
25. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. Dent Mater. 1998;14(1):51-6.

The compressive strength and flexural strength of self adhesive resin cements

Natchanan Withayajeakkhajorn D.D.S., Certificate in Clin. Sc. (Operative Dentistry)[1]
Chaiwat Maneenut D.D.S., M.D.Sc., Ph.D.[2]

[1] Graduate student, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[2] Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Objective To study the compressive strength and flexural strength of self-adhesive resin cements and compare to those of conventional resin cement

Materials and methods Compressive and flexural strengths of three self-etching resin cements [Rely X U100 (3M ESPE), Maxcem (Kerr), Multilink sprint (Ivoclar vivadent)] were determined and compared to those of conventional resin cement [Variolink II (Ivoclar vivadent)], using ISO 9917/2003 and ISO 4049/2000 regimens. The data were statistically analyzed using one-way ANOVA at $p = 0.05$.

Results Mean compressive strengths of all cements were between 213.42 ± 3.74 and 278.82 ± 30.96 MPa. Variolink II showed the highest strength which was not significant different from those of RelyX U100 and Maxcem. Multilink sprint had the lowest compressive strength and significant different from those of the others. Mean flexural strengths of cements were between 88.33 ± 4.64 to 148.56 ± 23.42 MPa. Variolink II showed the highest strength which was not significant different from those of RelyX U100 and Multilink sprint. Maxcem had the lowest flexural strength and significantly different from those of the others, but not from RelyX U100.

Conclusion Most self-adhesive resin cements used in this study presented both compressive and flexural strengths comparable to those of conventional resin cement. The aforementioned values were also higher than those for ISO standard.

(CU Dent J. 2008;31:339-48)

Key words: *compressive strength; flexural strength; self-adhesive resin cement*