

การรั่วซึมของฟันที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตอินเลย์โดยใช้สารยึดเรซินก่อนและหลังการฟอกสีฟัน

Leakage of Tooth restored with Resin Composite Inlay using Resin adhesive Before and After Bleaching

สปัน เล็งเลิผล (Spun Lenglerdphol)* มรกต เปี่ยมใจ (Morakot Piemjai)**

บทคัดย่อ

สมมติฐานของงานวิจัยนี้คือ การฟอกสีฟันส่งผลให้พบการรั่วซึมเพิ่มมากขึ้น เมื่อบูรณะโดยการยึดชั้นเรซินคอมโพสิตอินเลย์ด้วยสารยึดเรซิน โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อเปรียบเทียบระยะรั่วซึมที่ขอบของวัสดุบูรณะที่ยึดด้วยสารยึด เรซินยึดชั้นเรซินคอมโพสิตอินเลย์ของฟันในกลุ่มควบคุมที่ปราศจากการรั่วซึมกับฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 นำฟันกรามน้อยจำนวน 10 ซี่ สุ่มแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 5 ซี่ คือ กลุ่มควบคุมที่ไม่ผ่านการฟอกสีฟัน และกลุ่มบูรณะหลังการฟอกสีฟัน ทำการเตรียมฟันทั้งสองกลุ่มโดยบูรณะด้วยชั้นเรซินคอมโพสิตอินเลย์ ยึดด้วยสารยัดเควิบอนด์กับเมตาฟิโพล ทำการทดสอบการรั่วซึมด้วยสีย้อมเบสิคฟุซซิน วิเคราะห์ระยะรั่วซึมทางสถิติด้วย Mann-Whitney U test ผลการทดลองไม่พบการรั่วซึมในกลุ่มควบคุม การรั่วซึมในกลุ่มที่บูรณะหลังการฟอกสีฟันที่ด้านเคลือบรากฟันกับเนื้อฟันมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และการรั่วซึมที่ขอบด้านเคลือบรากฟันกับเนื้อฟันมากกว่าสูงกว่าด้านเคลือบฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันไม่สามารถสร้างเชื่อมยึดที่กระหว่างฟันกับสารยัดเรซินทำให้พบการรั่วซึม โดยด้านเคลือบรากฟันและเนื้อฟันได้รับผลกระทบสูงกว่าด้านเคลือบฟัน

ABSTRACT

The study hypothesis was that tooth-bleaching could increase leakage of tooth restored by resin composite inlay using resin adhesive. The objective was to compare the leakage distance between negative control and teeth that were bleached by 38% hydrogen peroxide. Ten human premolars were randomly divided into 2 groups of 5 teeth each: control group (no bleaching) and bleached before restored group. All specimens in both groups were prepared and fixed resin-composite inlays using AQ Bond and Metafil Flo. Leakage test was performed using basic fuchsin dye. Leakage distance was statistically analyzed with Mann-Whitney U test at $p < 0.05$. No leakage was found in control group whereas the leakage in bleached group was significantly higher than control group at cementum/dentin margins. The significant difference in higher leakage distance at cementum/dentin margin than that of enamel margin was revealed. This result suggests that bleached teeth could not provide proper hybrid layer between tooth and resin so the leakage was found at the tooth-resin interface. The cementum and dentin has higher effect than enamel.

คำสำคัญ : การรั่วซึม การฟอกสีฟัน สารยัดเรซิน

Key Words : leakage, tooth-bleaching, resin adhesive

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

การบูรณะฟันเพื่อให้ปราศจากการรั่วซึมนั้นทำได้ยาก โดยเฉพาะการบูรณะบนผิวเนื้อฟัน (dentin) กลไกการรั่วซึมเกิดขึ้นในชั้นเนื้อฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (demineralized dentin) อาจเกิดทั้งในขั้นตอนการยึดชิ้นงานด้วยซีเมนต์ [1] และในขั้นตอนการเชื่อมเนื้อฟันด้วยสารยึดเรซินที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ [2] การสร้างชั้นเชื่อมต่อที่มีส่วนผสมระหว่างเรซินและฟัน (hybridized layer) ที่สมบูรณ์ สร้างได้โดยการทำความสะดวกผิวฟันด้วยสารละลายกรดที่เหมาะสม เพื่อคงสถานะที่ทำให้สารยึดเรซินสามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปสู่ผิวฟันที่เตรียมไว้ด้านล่างได้ทั้งหมด เมื่อฉายแสงเกิดกระบวนการโพลิเมอร์ (polymerization) จึงได้ชั้นเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ ไม่หลงเหลือชั้นเนื้อฟันที่สูญเสียแร่ธาตุซึ่งมีรูพรุนเล็กๆ ไว้เป็นทางผ่านของการรั่วซึม [2]

การรั่วซึมเป็นทางผ่านของแบคทีเรียของเหลว ประจุไอออนระหว่างผนังโพรงฟันที่เตรียมกับวัสดุบูรณะ [3] ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการคิดสีที่ขอบวัสดุ อาการเสียวฟัน การแตกบิ่นหรือการหลุดออกของชิ้นงาน การเกิดฟันผุซ้ำ ตลอดจนการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันได้ในที่สุด [4] การตรวจสอบการรั่วซึมของการบูรณะฟันอาจทำได้หลายวิธี การใช้สีย้อมเป็นวิธีหนึ่งที่ทำได้ง่ายและตรวจสอบการรั่วซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสีย้อมสามารถแทรกซึมไปตามรอยรั่ว และเกาะติดกับชั้นเนื้อฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ ทำให้มองเห็นการคิดสีที่ชัดเจน [2]

ปัจจุบันการฟอกสีฟันได้ทำกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากผู้ป่วยให้ความสำคัญด้านความสวยงามมากขึ้น และเป็นการเปลี่ยนสีฟันธรรมชาติที่ทำได้ง่าย เห็นผลเร็ว แต่จากการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่า การฟอกสีฟันทำลายแท่งเคลือบฟันและเนื้อฟันในระดับไมครอน (micron) [5] ทำให้เกิดรูพรุนที่ผิวเคลือบฟันเพิ่มมากขึ้น ค่าความแข็งแรงดึงยึดและค่าความแข็งแรงดึงเฉือนของฟันที่ผ่านการฟอกสีและสาร

ยึดเรซินมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [6-11] ในการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลของการฟอกสีฟันต่อการรั่วซึมของการบูรณะ มักพบว่าการรั่วซึมในกลุ่มควบคุมอยู่แล้ว [12-14] จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าการรั่วซึมที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากผลกระทบจากการฟอกสีฟัน หรือจากการที่สารยึดเรซินนั้น ไม่สามารถสร้างชั้นเชื่อมต่อที่สมบูรณ์กับฟันได้

ในการศึกษานี้ได้ใช้สารยึดเรซินชนิดครดัดในตัว (self-etch adhesive) ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่ต้องมีการล้างน้ำและมีโอกาสเกิดความคิดพลาดระหว่างทำงานน้อย ได้มีการรายงานถึงการบูรณะฟันโดยใช้สารยึดเรซินชนิดนี้ว่าสามารถบูรณะฟันได้โดยปราศจากการรั่วซึมได้ [15] จึงเหมาะที่จะนำมาศึกษาเนื้อเยื่อฟันที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกสีฟันว่าจะส่งผลต่อการรั่วซึมอย่างไรเมื่อบูรณะด้วยสารยึดเรซิน เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาถึงทางเลือกของการรักษาทางทันตกรรมที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบระยะรั่วซึมที่ขอบทางด้านเคลือบฟัน และเคลือบรากฟันกับเนื้อฟัน ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตอินเลย์ที่ยึดด้วยสารยึดเรซินในฟันที่ไม่ผ่าน และ ผ่าน การ ฟอก สี ฟัน ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 38

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยของคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่ 1/2551 เลือกฟันกรามน้อยของมนุษย์ที่ไม่มีรอยผุหรือความผิดปกติใดๆ ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 6 เดือน จำนวน 10 ซี่ มาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

กลุ่มควบคุม

นำฟัน 5 ซี่ กรอขยายโพรงฟันเป็นลักษณะแบบกล่อง (box form) โดยใช้หัวกรอเร็วคาร์ไบด์แบบ

หัวตรงปลายตัดปลายมน (232, Denaires, Zurich, Switzerland) กรอนำให้ได้ความลึกประมาณ 1.5 มม. จากนั้นใช้หัวกรอเร็วกากเพชร ความละเอียด 100 ไมครอน (204, Intensiv, Grandia, Switzerland) กับ ค้ำกรอพื้นแบบเร็วและมีน้ำหล่อเย็นตลอดเวลา ให้ได้ ขนาด 2 x 3 มม. ความลึกประมาณ 1.5 มม. โดยขอบ โพรงฟันใกล้ด้านบดเคี้ยวอยู่บนเคลือบฟันและด้าน ใกล้เหงือกอยู่บนเคลือบรากฟันกับเนื้อฟัน เตรียมโพรง ฟันซี่ละ 2 โพรงฟัน คือ ทางด้านใกล้แก้มและด้านใกล้ ลิ้น ทำการเตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์ โดยตรงจากโพรงฟันที่สร้างไว้โดยใช้วัสดุเรซินคอมโพสิต (C6D Filtek® Supreme Restoratives, 3M ESPE, MN, USA) นำชิ้น อินเลย์มาขัดกับฟันด้วย สารยึดเกาะคิบบอนด์ (AQ Bond, Sun Medical, Shiga, Japan) ร่วมกับเมตาฟิฟโล (Metafil Flo, Sun Medical, Shiga, Japan) ขัดบริเวณขอบให้เรียบโดยใช้ หัวกรอกากเพชรชนิดขัดละเอียด 8 ไมครอน (4205, Intensiv Grandia, Switzerland) ทำการตรวจสอบ บริเวณขอบของการบูรณะโดยใช้แว่นขยายกำลังขยาย 3 เท่า แล้วนำฟันไปแช่น้ำลายเทียม (ภาควิชาเภสัช วิทยา, คณะทันตแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

กลุ่มที่บูรณะหลังการฟอกสีฟัน

นำฟัน 5 ซี่ ที่วาดโพรงฟันไว้ตามขนาด เดียวกับกลุ่มควบคุม ทำการฟอกสีฟันโดยใช้น้ำยา ฟอกสีฟัน (Opalescence Boots, Ultradent, South Jordan, USA) ให้ครอบคลุมขอบเขตโพรงฟันที่วาดไว้ โดยรอบ 1 มม. ทิ้งน้ำยาฟอกสีฟันไว้เป็นเวลา 20 นาที กวนน้ำยาทุก 5 นาที ล้างน้ำยาฟอกสีฟันออกด้วยน้ำ สะอาดไหลผ่านโดยใช้ ทริปปเปิลไซลิงค์ 1 นาที ทำซ้ำ วิธีการเดิม 3 รอบ ตามวิธีการที่บริษัทกำหนด จากนั้น นำฟันไปบูรณะด้วยวิธีการเดียวกับกลุ่มควบคุม

นำฟันที่บูรณะทั้งหมดเคลือบด้วยน้ำยาทาเคลือบ 2 ชั้น ยกเว้นวัสดุบูรณะและบริเวณที่จะสัมผัสสีของ คือบริเวณวัสดุบูรณะและระยะห่าง 1 มม.จากขอบของ

วัสดุไปทางด้านบดเคี้ยวและด้านรากฟัน นำไปแช่ใน สารละลายเบสิกฟุชชินเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก (Basic fuschin dye solution) โดยให้ปลายรากฟันอยู่ เหนือสารละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปตัดออกเป็น 2 ส่วน ในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นให้ ผ่านกึ่งกลางโพรงฟันที่บูรณะในแนวนานแกนฟัน ขัดชิ้นฟันให้ได้ระนาบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 400 - 1,200 ตามลำดับ นำชิ้นงานไปตรวจการร้าวซึมโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (Nikon Eclipse Model E400 Pol, Nikon, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 25 - 200 เท่า บันทึกภาพชิ้นงานในตำแหน่งเดียวกัน โดยการ ปรับตั้งระยะระหว่างกล้องกับชิ้นตัวอย่างและใช้มาตร วัดบนแผ่นสไลด์อ้างอิงมาวัดระยะแทรกซึมของสีย้อม บริเวณรอยต่อของฟันกับสารยึดเรซินด้วยโปรแกรม สำเร็จรูป Image-Pro Plus (Leeds Precision Instruments, Inc., Minneapolis, USA) หน่วยเป็น มิลลิเมตร วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Mann-Whitney U test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 13 (SPSS, Inc., Illinois, USA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ไม่พบการร้าวซึมในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ผ่าน การฟอกสี แต่พบการร้าวซึมในกลุ่มที่ผ่านการฟอกสี ฟันก่อนบูรณะ จากการวิเคราะห์ระยะร้าวซึมด้วย Mann-Whitney U test ระยะร้าวซึมในกลุ่มที่บูรณะหลัง การฟอกสีฟันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม ควบคุมซึ่งปราศจากการร้าวซึม แต่ไม่พบความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญที่เคลือบฟัน ส่วนที่ด้านเคลือบรากฟัน กับเนื้อฟันกลุ่มที่บูรณะหลังการฟอกสีฟันพบความ แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และระยะ ร้าวซึมที่ขอบด้านเคลือบรากฟันกับ เนื้อฟันมากกว่าที่ ขอบด้านเคลือบฟันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะการรั่วซึมของสีย้อมบริเวณรอยต่อของ
ฟันกับสารยึดเรซิน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบน
มาตรฐาน) หน่วยเป็นมิลลิเมตร

group	Enamel	Cementum/dentin
Control	0 ^A	0 ^A
Bleached	0.06±0.06 ^A	0.94±0.37 ^B

0 = ไม่พบการรั่วซึม

^{A,B} ตัวอักษรต่างกันหมายถึงระยะรั่วซึมแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การใช้กลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีการรั่วซึมในการศึกษา ทำให้การศึกษาผลกระทบจากการฟอกสีฟันธรรมชาติต่อการรั่วซึมในการบูรณะฟันได้อย่างชัดเจน การรั่วซึมที่ขอบด้านเคลือบฟันแสดงให้เห็นว่าการฟอกสีฟันส่งผลให้ประสิทธิภาพการเชื่อมยึดระหว่างสารยึดเรซินกับเคลือบฟันลดลง ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฟอกสีฟันทำลายแท่งเคลือบฟัน [5] เกิดการสร้างเรซินแทรกที่มีขนาดเล็กและไม่สามารถสัมผัส [6,10] รวมทั้งออกซิเจนอะตอมเดี่ยวที่แตกตัวจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารฟอกสีฟันมีการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ของสารยึดเรซินผ่านปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ [11,16] เมื่อการเชื่อมยึดระหว่างฟันกับสารยึดเรซินไม่สมบูรณ์จึงเกิดการรั่วซึมที่รอยต่อได้

ที่ด้านเคลือบรากฟันกับเนื้อฟันพบการรั่วซึมมากกว่ากลุ่มควบคุม และพบการติดสีที่รุนแรงกว่าด้านเคลือบฟันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของเนื้อฟันมีความแตกต่างจากเคลือบฟัน โดยเนื้อฟันมีส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ ร้อยละ 50 สารอินทรีย์ร้อยละ 30 โดยปริมาตร ทำให้โครงสร้างมีความอ่อนแอและซับซ้อน

กว่าเคลือบฟันซึ่ง สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถทำลายโครงสร้างของเนื้อฟันทั้งส่วนที่เป็นแร่ธาตุและเส้นใยคอลลาเจนได้มากกว่าทำให้โอกาสที่สารยึดเรซินจะแทรกซึมเข้าไปเติมเต็มตามช่องว่างที่เกิดขึ้นมีน้อยลง ประสิทธิภาพของการเชื่อมยึดระหว่างเรซินกับเนื้อฟันที่ผ่านการฟอกสีจึงลดลง เมื่อทำการฉายแสงให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ขึ้นเชื่อมต่อกันเกิดขึ้นอาจไม่สมบูรณ์ จึงเกิดการติดสีของสีย้อม [2] มากกว่าเคลือบฟันอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาต่อเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบูรณะฟันที่ไม่กระทบต่อการสร้างชั้นเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ปราศจากการรั่วซึมนั้นจะช่วยให้อายุการใช้งานของฟันที่บูรณะนานขึ้นและลดอาการแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากการรั่วซึมของการบูรณะฟันได้

สรุปผลการวิจัย

ฟันที่ผ่านการฟอกสีฟัน ทำให้ไม่สามารถบูรณะฟันให้ปราศจากการรั่วซึมได้ โดยพบการรั่วซึมที่รุนแรงด้านเคลือบรากฟันกับเนื้อฟัน มากกว่าด้านเคลือบฟัน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนการบูรณะฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันเพื่อลดผลกระทบจากการรั่วซึมที่จะส่งต่อการบูรณะทางทันตกรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

หน่วยวิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเพื่อสถานที่และเครื่องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ และบริษัท หนูเดิน จำกัด ที่เอื้อเพื่อน้ำยาฟอกสีฟัน

เอกสารอ้างอิง

1. Piemjai, M., and Nakabayashi, N. 2001. Effect of dentin conditioners on wet bonding of 4-META/MMA-TBB resin. *J Adhes Dent.* 3:325-31.
2. Piemjai, M., Watanabe, A., Iwasaki, Y., and Nakabayashi, N. 2004. Effect of remaining demineralised dentine on dental microleakage accessed by a dye penetration: how to inhibit microleakage? *J Dent.* 32:495-501.
3. Going, RE. 1972. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc.* 84:1349-57.
4. Kidd, EA. 1976. Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. *Br Dent J.* 141:305-10.
5. Piemjai, M., and Surakomponorn, J. 2006. Effect of tooth-bleaching on the tensile strength and staining by caries detector solution on bovine enamel and dentin. *Am J Dent.* 19: 387-92.
6. Titley, KC., Torneck, CD., Smith, DC., Chernecky, R., and Adibfar, A. 1991. Scanning electron microscopy observations on the penetration and structure of resin tags in bleached and unbleached bovine enamel. *J Endod.* 17:72-5.
7. Barkhordar, RA., Kempler, D., and Plesh, O. 1997. Effect of nonvital tooth bleaching on microleakage of resin composite restorations. *Quintessence Int.* 28:341-4.
8. Shinohara, MS., Rodrigues, JA., and Pimenta, LA. 2001. In vitro microleakage of composite restorations after nonvital bleaching. *Quintessence Int.* 32:413-7.
9. Miyazaki, M., Sato, H., Sato, T., Moore, BK., and Platt, JA. 2004. Effect of a whitening agent application on enamel bond strength of self-etching primer systems. *Am J Dent.* 17:151-5.
10. Sundfeld, RH., Briso, AL., De Sa, PM., Sundfeld, ML., and Bedran-Russo, AK. 2005. Effect of time interval between bleaching and bonding on tag formation. *Bull Tokyo Dent Coll.* 46:1-6.
11. Cadenaro, M., Breschi, L., Antoniolli, F., Mazzoni, A., and Di Lenarda, R. 2006. Influence of whitening on the degree of conversion of dental adhesives on dentin. *Eur J Oral Sci.* 114:257-62.
12. Crim, GA. 1992. Prerestorative bleaching: effect on microleakage of Class V cavities. *Quintessence Int.* 23: 823-5.
13. Ulukapi, H., Benderli, Y., and Ulukapi, I. 2003. Effect of pre- and postoperative bleaching on marginal leakage of amalgam and composite restorations. *Quintessence Int.* 34: 505-8.
14. Klukowska, MA., White, DJ., Gibb, RD., Garcia-Godoy, F., Garcia-Godoy, C., and Duschner, H. 2008. The effects of high concentration tooth whitening bleaches on microleakage of Class V composite restorations. *J Clin Dent.* 19: 14-7.
15. Piemja, M., Waleepitakdej, O., and Nakabayashi, N. 2009. No correlation between tensile bond strength and leakage-free margin [abstract]. *J Dent Res.* 88:100.
16. Rueggeberg, FA., and Margeson, DH. 1990. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Re.* 69:1652-8.