



ประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระต่อการ ยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสี

วรรณธนะ สัตตบรรณสุข ท.บ., ประ.ด. (ทันตแพทยศาสตร์)
ทรงศิริ พงษ์บุรณกิจ ท.บ., ป. บัณฑิต (วิทยาเอ็นโดดอนต์)

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ภาควิชาทันตกรรมหัตถการและวิทยาเอ็นโดดอนต์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระต่อความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอน (เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์) กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในภายหลังการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูง (โอพลัสเซนส์ บูซท์)

วัสดุและวิธีการ ใช้ฟันกรามน้อยบนสภาพสมบูรณ์ ไม่มีรอยโรค และไม่เคยได้รับการบูรณะใดๆ มาก่อน โดยตัดรากฟันออกและแบ่งครึ่งส่วนตัวฟันในแนวด้านแก้ม-ด้านหลัง ใช้หัวกรอกากเพชรทรงสอบกรอผนังโพรงเนื้อเยื่อในเพื่อลอกเลียนขั้นตอนการเปิดทางเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในการรักษาคลองราก จากนั้นแบ่งชิ้นฟันทั้งหมดเป็น 4 กลุ่มทดลองได้แก่ (1) กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ทำการฟอกสี (2) กลุ่มที่ทำการฟอกสีด้วยโอพลัสเซนส์ บูซท์ (3) กลุ่มที่ใช้สารละลายไฮเดียมแอสคอร์เบทภายหลังการฟอกสีฟัน และ (4) กลุ่มที่ใช้สารละลายคะตะเลสภายหลังการฟอกสีฟัน บูรณะวัสดุเรซินคอมโพสิตบนผิวเนื้อฟันด้วยสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ เก็บชิ้นงานไว้ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของสารยึดติดกับเนื้อฟัน ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานภายหลังการแตกหักด้วยกล้องถ่ายภาพในช่องปากร่วมกับโปรแกรมแสดงภาพผ่านระบบคอมพิวเตอร์ รวมทั้งตรวจสอบลักษณะผิวเนื้อฟันของกลุ่มทดลองต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

ผลการศึกษา จากการศึกษาทางสถิติพบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการฟอกสีมีความแข็งแรงพันธะเฉือนกับเนื้อฟันสูงที่สุด ($p < 0.001$) รองลงมาเป็นกลุ่มที่ใช้สารละลายไฮเดียมแอสคอร์เบท และกลุ่มที่ใช้สารละลายคะตะเลส ภายหลังการฟอกสีฟัน ($p < 0.001$ และ $p \leq 0.007$ ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มที่ทำการฟอกสีฟันและบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตทันที มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนน้อยกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.0035$) ซึ่งส่วนใหญ่พบการแตกหักของชิ้นงานภายในชั้นสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิต นอกจากนี้ในกลุ่มทดลองดังกล่าว ยังพบการหลุดของเรซินคอมโพสิตจากชิ้นงานก่อนการทดสอบถึงร้อยละ 40 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าชั้นสเมียร์และสเมียร์พืดของทุกกลุ่มทดลองที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไพรเมอร์ของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์นั้นถูกละลายออกไปเป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งพบการเผยของเส้นใยคอลลาเจนได้อย่างชัดเจน

สรุป สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทและสารละลายคะตะเลสสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยืดของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์กับเนื้อฟันที่ผนังโพรงเนื้อเยื่อในภายหลังการฟอกสีด้วยโอพลีเลสเซนส์ บู้ชท์ได้ แต่ไม่เท่ากับกรณีเนื้อฟันที่ไม่ได้ทำการฟอกสี โดยสารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทให้ผลที่ดีกว่าสารละลายคะตะเลสอย่างมีนัยสำคัญ

(ว ทันต จุฬาฯ 2555;35:79-92)

คำสำคัญ: การฟอกสี; ความแข็งแรงพันธะ; คะตะเลส; โซเดียมแอสคอร์เบท; ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

บทนำ

ปัจจุบันนี้ประชาชนหันมาให้ความสนใจในเรื่องของรูปลักษณ์และบุคลิกภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะรูปร่างและสีของฟันซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดรอยยิ้มที่สวยงามและประทับใจ ปัญหาการเปลี่ยนสีของฟัน (Tooth discolouration) มีสาเหตุรูปแบบ และความรุนแรงที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการแก้ไขปัญหาฟันเปลี่ยนสีนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น การกำจัดคราบสีบนผิวฟันในกรณีที่มีการเปลี่ยนสีของฟันมีสาเหตุจากปัจจัยภายนอก (Extrinsic discolouration) รวมถึงการฟอกสีฟัน (Bleaching or Tooth-whitening techniques) และการบูรณะเพื่อปกปิดสีของฟันที่ผิดปกติ เช่น การทำวีเนียร์ (Veneer) หรือครอบฟัน (Crown) ในกรณีการเปลี่ยนสีของฟันซึ่งมีสาเหตุจากปัจจัยภายใน (Intrinsic discolouration)¹⁻³

การฟอกสีฟันเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการแก้ไขปัญหาฟันเปลี่ยนสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีการเปลี่ยนสีของฟันที่เกิดขึ้นภายหลังการรักษาคลองราก เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ต้องสูญเสียเนื้อฟันและมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแก้ไขปัญหาฟันเปลี่ยนสีด้วยวิธีอื่น¹⁻³ อย่างไรก็ตามแม้ว่าการฟอกสีฟันจะให้ผลสำเร็จที่ดีในการแก้ไขปัญหาฟันเปลี่ยนสี แต่ก็มีรายงานเป็นจำนวนมากที่กล่าวถึงผลข้างเคียงต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของประสิทธิภาพการยึดระหว่างสารยึดติดกับโครงสร้างของฟันที่ผ่านการฟอกสี⁴⁻⁸ สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการหลงเหลือของออกซิเจนและอนุมูลอิสระต่างๆ ที่ได้จากการสลายตัวของสารประกอบเพอร์ออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการฟอกสีฟัน เช่น อนุมูลไฮดรอกซิล (HO[•]) หรืออนุมูลเพอร์ไฮดรอกซิล (HO₂[•]) ซึ่งออกซิเจนและอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถขัดขวางปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเรซินในสารยึดติด ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ^{1,2} การเว้นระยะเวลาหลังจากที่ทำการฟอกสีฟันไปแล้วประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ออกซิเจนและอนุมูลอิสระที่หลงเหลืออยู่

สลายตัวไปจนหมดก่อนการบูรณะฟันเป็นวิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติด⁹⁻¹¹ อีกทั้งทำให้เกิดเสถียรภาพของสี (Color stability) ที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการฟอกสีได้³ แต่ทว่าการใช้วัสดุบูรณะชั่วคราวปิดบริเวณทางเปิดเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในระหว่างช่วงระยะเวลาดังกล่าว อาจเสี่ยงต่อการรั่วซึมบริเวณขอบของวัสดุบูรณะกับผนังโพรงเนื้อเยื่อใน รวมไปถึงการหลุดออกของวัสดุบูรณะชั่วคราว ซึ่งจะทำให้เกิดการแทรกซึมของแบคทีเรียเข้าไปภายในคลองรากที่รักษาเสร็จแล้ว อันเป็นสาเหตุหนึ่งของความล้มเหลวในการรักษาคลองราก^{12,13}

ปัจจุบันมีการนำสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ชนิดต่างๆ เช่น โซเดียมแอสคอร์เบท (Sodium ascorbate) และคะตะเลส (Catalase) มาใช้ร่วมในการบูรณะฟันภายหลังการฟอกสี^{9,10,14-17} โซเดียมแอสคอร์เบทเป็นเกลือของกรดแอสคอร์บิกซึ่งถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระ รวมทั้งมีความเป็นพิษต่ำ และไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ (Biological change) อันเป็นอันตรายต่อร่างกาย ทำให้มีความปลอดภัยในการนำมาใช้งานทางคลินิก^{9,10,14-16} ส่วนคะตะเลสเป็นเอนไซม์ที่พบได้ในสิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากการสร้างพลังงานในกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของร่างกาย¹⁸ ซึ่งทางทันตกรรมมีรายงานถึงความสามารถดังกล่าวของคะตะเลสในผู้ป่วยโรคปริทันต์อักเสบ¹⁹ การใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง (Direct pulp capping)²⁰ รวมถึงการใช้กำจัดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการฟอกสีฟัน¹⁷ การศึกษาเป็นจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าการใช้สารต้านอนุมูลอิสระทั้งสองชนิดนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติด รวมทั้งลดการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างสารยึดติดกับโครงสร้างของฟันได้เมื่อทำการบูรณะทันทีภายหลังการฟอกสี^{10,14-17}

โอพัลเลสเซนส์ บู๊ซท์ (Opalescence® Boost; Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) เป็นผลิตภัณฑ์สารฟอกสีที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแนะนำว่าสามารถใช้สำหรับการฟอกสีฟันภายหลังการรักษาคลองราก²¹ ทันตแพทย์ผู้ทำการรักษาจะใส่สารฟอกสีให้สัมผัสกับผนังโพรงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 10 นาทีแล้วล้างออก โดยสามารถทำซ้ำได้ทั้งหมด 3 ครั้งหรือภายในเวลา 30 นาทีเพื่อให้ได้ผลเป็นที่พอใจ²¹ การฟอกสีฟันด้วยวิธีดังกล่าวซึ่งใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูงนั้นสามารถลดระยะเวลาในการรักษาลงได้เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้สารฟอกสีชนิดอื่น ๆ หรือวิธีที่ใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่ำหรือที่ความเข้มข้นใกล้เคียงกันใส่ในโพรงเนื้อเยื่อและทำการเปลี่ยนสารฟอกสีเป็นครั้ง ๆ ตามระยะเวลาที่กำหนด^{3,22} ซึ่งหากการใช้สารต้านอนุมูลอิสระดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสารยัดติดได้ก็จะสามารถทำการบูรณะฟันถาวรได้ทันทีภายหลังการฟอกสี อันอาจเป็นทางเลือกที่สะดวกและลดระยะเวลาการรักษาได้อย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระต่อความแข็งแรงพันธะของสารยัดติดระบบเซลพีเอทซ์ 2 ชั้นตอนกับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในภายหลังการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูง รวมทั้งตรวจสอบลักษณะผิวเนื้อฟันภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด โดยมีสมมติฐานว่าง (Null hypotheses) ทางสถิติของงานวิจัยคือ (1) ไม่มีความแตกต่างของความแข็งแรงพันธะของสารยัดติดระบบเซลพีเอทซ์กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในระหว่างกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฟอกสีและกลุ่มที่ผ่านการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูงรวมกับการใช้สารต้านอนุมูลอิสระก่อนทำการบูรณะ และ (2) ไม่มีความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดต่อความแข็งแรงพันธะของสารยัดติดระบบเซลพีเอทซ์กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในที่ได้รับการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูง

วัสดุและวิธีการ

ใช้ฟันกรามน้อยบนจำนวน 80 ซี่ ซึ่งได้รับการถอนออกตามแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันของผู้ป่วยที่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 15-25 ปี และได้รับความยินยอมจากผู้ป่วย

เพื่อนำฟันมาใช้ในการศึกษานี้ ฟันทั้งหมดอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีรอยโรค และไม่เคยได้รับการบูรณะใดๆ มาก่อน รวมทั้งไม่มีการทำสัญลักษณ์ใดๆ ที่จะสามารถระบุถึงแหล่งที่มาหรือข้อมูลทางชีวภาพของผู้ป่วยได้ โดยเก็บรักษาฟันไว้ในสารละลายไทมอล (Thymol solution) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาใช้ทำการศึกษากายในระยะเวลาไม่เกิน 6 เดือนภายหลังการถอน

การเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะของสารยัดติดกับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อใน

ใช้หัวกรอกากเพชรทรงสอบดี 16 (Tapered diamond bur D16) ร่วมกับเครื่องกรอความเร็วสูงตัดส่วนรากฟันออกที่ตำแหน่งต่ำกว่ารอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (Enamel-cementum junction) ประมาณ 2 มิลลิเมตร โดยกระทำภายใต้สภาวะที่มีน้ำระบายความร้อนตลอดเวลา จากนั้นแบ่งส่วนตัวฟันที่ได้ในแนวด้านแก้ม-ด้านลิ้น (Buccal-lingual) บริเวณใกล้กับกึ่งกลางยอดปุ่มฟันทั้งสองด้านโดยให้แนวในการตัดขนานกับแกนตามยาวของฟัน เนื่องจากโครงสร้างทางกายวิภาคของโพรงเนื้อเยื่อในของฟันกรามน้อยบนมีลักษณะแคบในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (Mesial-distal) จึงพิจารณาเลือกชิ้นฟันด้านใดด้านหนึ่งที่ผนังโพรงเนื้อเยื่อในไม่ได้รับผลกระทบจากการตัดแบ่งส่วนตัวฟันมาใช้ในการศึกษา กำจัดเศษเนื้อเยื่อในออกด้วยปากคีบและใช้หัวกรอกากเพชรทรงสอบดี 16 เตรียมผนังโพรงเนื้อเยื่อในให้เรียบเพื่อลดความเสี่ยงขั้นตอนการเปิดทางเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อใน (Access opening) ในการรักษาคลองราก โดยเปลี่ยนหัวกรอใหม่ในการเตรียมชิ้นฟันทุก ๆ 5 ซี่ และกระทำโดยผู้วิจัยเพียงท่านเดียว จากนั้นแบ่งชิ้นฟันที่ได้ทั้งหมดออกเป็น 4 กลุ่มโดยการสุ่มตัวอย่าง (Random assignment) กลุ่มละ 20 ซี่ ดังนี้

(1) กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม (Control group) ซึ่งไม่ได้ทำการฟอกสีที่ผนังโพรงเนื้อเยื่อใน

(2) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ทำการฟอกสี โดยผสมสารฟอกสีผลิตภัณฑ์โอพัลเลสเซนส์ บู๊ซท์ ทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ทาสารฟอกสีบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในด้วยแปรงขนานเล็กให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เป็นเวลา 10 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 นาที เป่าลมให้ผิวเนื้อฟันแห้ง²¹

(3) กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ภายหลังทำการฟอกสีที่ผนังโพรงเนื้อเยื่อในตามขั้นตอนในกลุ่มที่ 2 แล้ว ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบท (Sodium L-ascorbate; Carlo Erba Reagenti, Rodano, Italy) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ปริมาตร 10 มิลลิกรัม ซึ่งเตรียมขึ้นใหม่ในแต่ละครั้งของการทดลองหยดผ่านผิวเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในทำการฟอกสีเป็นเวลา 10 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 นาที เป่าลมให้ผิวเนื้อฟันแห้ง^{14,15}

(4) กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่ใช้สารละลายคะตะเลส (C40-100MG Catalase from bovine liver; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ซึ่งเตรียมขึ้นใหม่ในแต่ละครั้งของการทดลอง หยดบนผิวเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในทำการฟอกสีแล้วใช้ก้อนสำลีขนาดเล็ก (Burnish) บนผิวเนื้อฟันเป็นเวลา 3 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 2 นาที เป่าลมให้ผิวเนื้อฟันแห้ง²⁰

นำชิ้นฟันที่เตรียมไว้ทั้ง 4 กลุ่มข้างต้นมาทำการบูรณะทันทีด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอนผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ (Clearfil SE Bond; Kuraray Medical, Okayama, Japan) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยทาไพรเมอร์ด้วยแปรงขนาดเล็กเป็นเวลา 20 วินาที เป่าลมเพื่อกำจัดไพรเมอร์ส่วนเกินและเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยออก ทาสารบอนด์เป็นชั้นบางๆ จากนั้นวางท่อพลาสติกใส (Tygon; Saint-Gobain Performance Plastics, Akron, OH, USA) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.75 มิลลิเมตร สูง 1 มิลลิเมตร บริเวณกึ่งกลางผนังโพรงเนื้อเยื่อใน บ่มให้สารบอนด์เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเป็นเวลา 10 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสงชนิดควอดซ์-ทังสเตน-ฮาโลเจน (Quartz-tungsten-halogen light curing unit) พีคาลักซ์ (Pekalux; Bayer Dental, Leverkusen, Germany) ซึ่งควบคุมความเข้มแสงจากเครื่องฉายแสงไม่ต่ำกว่า 550 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรตลอดการศึกษา นำเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอพี-เอกซ์ เอสเทติก สี เอ 3 (Clearfil AP-X Esthetic, shade A3; Kuraray Medical) ใส่ลงในท่อพลาสติกอย่างระมัดระวัง ใช้แผ่นพลาสติกใสขนาดเล็กปิดบริเวณรูเปิดของท่อพลาสติกและทำการบ่มให้เรซินคอมโพสิตเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยเครื่องฉายแสงชนิดเดียวกันเป็นเวลา 20 วินาที เก็บชิ้นฟันที่เตรียมเสร็จแล้วไว้ในภาชนะปิดภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์

(Relative humidity) ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การทดสอบความแข็งแรงพันธะเชิงระดับจุลภาคของสารยึดติดกับเนื้อฟัน

ก่อนการทดสอบความแข็งแรงพันธะเชิงระดับจุลภาค (Microshear bond strength) ของสารยึดติดกับเนื้อฟันนั้น ใช้ใบมีดผ่าตัด (Scalpel blade) ตัดท่อพลาสติกออกอย่างระมัดระวังและตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานที่เตรียมได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Model SZ-CTV; Olympus, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า ชิ้นงานที่มีความผิดปกติจากการเตรียม อาทิ รอยแยกที่บริเวณผิวเรซินคอมโพสิตและสารยึดติด หรือฟองอากาศขนาดใหญ่ภายในเรซินคอมโพสิต จะถูกคัดแยกออกและไม่นำมารวมในการศึกษานี้

ทำการทดสอบความแข็งแรงพันธะเชิงระดับจุลภาคด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (Model ZPS-DPU-100N; Imada, Aichi, Japan) และวัดค่าความแข็งแรงพันธะเชิงด้วยเครื่องวัดระบบดิจิทัล (Digital force gauge; Imada) ซึ่งเชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องทดสอบเนกประสงค์ ใช้ลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร คล้องขึ้นเรซินคอมโพสิตกับเครื่องทดสอบ โดยให้ระนาบของบริเวณยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับสารยึดติด ลวด และเครื่องทดสอบอยู่ในแนวเดียวกัน เคลื่อนลวดดังกล่าวด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาทีจนกระทั่งเกิดการแตกหักของชิ้นงาน

การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงาน

ชิ้นงานภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะเชิงระดับจุลภาคจะถูกนำมาตรวจสอบลักษณะของพื้นผิวภายหลังการแตกหักด้วยกล้องถ่ายภาพในช่องปากร่วมกับโปรแกรมแสดงภาพผ่านระบบคอมพิวเตอร์ (SoproLife; Acteon, Merignac cedex, France) ซึ่งจำแนกลักษณะการแตกหักของชิ้นงานออกได้ทั้งหมดเป็น 6 รูปแบบ คือ

1. การแตกหักแบบแอดฮีซีฟ (Adhesive failure) หมายถึง การแตกหักของชิ้นงานบริเวณรอยต่อของผิวเนื้อฟันกับสารยึดติด
2. การแตกหักแบบโคฮีซีฟในเนื้อฟัน (Cohesive failure in dentine) หมายถึง การแตกหักของชิ้นงานภายในชั้นเนื้อฟัน

3. การแตกหักแบบโคฮีซีฟในเรซิน (Cohesive failure in resin) หมายถึง การแตกหักของชิ้นงานภายในชั้นสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิต

4. การแตกหักแบบผสม (Mixed failure) หมายถึง การแตกหักของชิ้นงานที่มีลักษณะผสมกันระหว่างการแตกหักแบบแอดฮีซีฟและการแตกหักแบบโคฮีซีฟ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การแตกหักแบบผสมที่มีการแตกหักแบบแอดฮีซีฟเป็นส่วนใหญ่ (Mixed failure with more adhesive failure), การแตกหักแบบผสมที่มีการแตกหักแบบโคฮีซีฟในเนื้อฟันเป็นส่วนใหญ่ (Mixed failure with more cohesive failure in dentine) และการแตกหักแบบผสมที่มีการแตกหักแบบโคฮีซีฟในเรซินเป็นส่วนใหญ่ (Mixed failure with more cohesive failure in resin) โดยพิจารณาจากสัดส่วนการแตกหักแบบใดแบบหนึ่งที่มีพื้นที่มากกว่าร้อยละ 70 ของพื้นผิวที่เกิดการแตกหักทั้งหมด

การตรวจสอบลักษณะผิวเนื้อฟันภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope) นั้นกระทำโดยสุ่มตัวอย่างฟันกรามน้อยบนจำนวน 8 ซี่ เตรียมผิวเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในและทำการฟอกสีฟันตามวิธีดังกล่าวข้างต้น ซึ่งขึ้นฟัน 4 ซี่ จะใช้เพื่อตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ผิวเนื้อฟันเมื่อผ่านการฟอกสี รวมถึงเมื่อใช้สารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดภายหลังการฟอกสี ในขณะที่ขึ้นฟันอีก 4 ซี่ จะใช้เพื่อตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผิวเนื้อฟันในแต่ละกลุ่มทดลองภายหลังการปรับสภาพด้วยไพโรเมอร์ของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ ซึ่งเมื่อทาไพโรเมอร์และเป่าลมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแล้วทำการกำจัดมอนอเมอร์ในไพโรเมอร์ดังกล่าวโดยล้างด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตรเป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลาอีก 5 นาที ขึ้นฟันทั้ง 8 ซี่ จะถูกนำมาผ่านกระบวนการในห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมชิ้นงานสำหรับตรวจสอบลักษณะผิวเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (JSM 5410 LV; JEOL, Tokyo, Japan)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าความแข็งแรงพันธะเคอของสารยึดติดกับเนื้อฟันในแต่ละกลุ่มทดลองมาตรวจสอบความปกติในการแจกแจงของข้อมูล (Normality) ด้วยค่าสถิติแชปโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk

test) และตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร (Homogeneity of variances) ด้วยค่าสถิติของเลอวิน (Levene's test) ซึ่งหากข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติและมีค่าความแปรปรวนของประชากรที่เท่ากันจะพิจารณาเลือกใช้สถิติแบบพาราเมตริก (Parametric statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูล แต่หากข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นโค้งปกติและมีค่าความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากันจะพิจารณาเลือกใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric statistics) ส่วนข้อมูลความถี่ของลักษณะการแตกหักของชิ้นงานภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะเคอจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติแบบนอนพาราเมตริกเนื่องจากเป็นข้อมูลมาตราการวัดระดับนามบัญญัติ (Nominal scale)

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS version 11.5 for Windows; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงพันธะเคอระดับจุลภาคของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในของแต่ละกลุ่มทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 1 โดยในระหว่างขั้นตอนการตัดต่อพลาสติกออกก่อนการทดสอบความแข็งแรงพันธะเคอระดับจุลภาคนั้นมีการหลุดของเรซินคอมโพสิต (Pre-test failure) จำนวนทั้งสิ้น 12 ชิ้นงาน (ตารางที่ 1) ซึ่งชิ้นงานดังกล่าวทั้งหมดไม่ถูกนำมารวมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าความแข็งแรงพันธะเคอระดับจุลภาคในกลุ่มทดลองที่ไม่ได้ทำการฟอกสีมีการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นโค้งปกติ ($p = 0.029$) รวมทั้งมีความไม่เท่ากันของความแปรปรวนของประชากร ($p < 0.001$) จึงพิจารณาใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจากการทดสอบสถิติครัสคัล-วัลลิส (Kruskal Wallis H test) พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเคอระดับจุลภาคในแต่ละกลุ่มทดลอง ($p < 0.001$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบพหุคูณในกลุ่มทดลองแต่ละคู่ด้วยสถิติแมน-วิทนียู (Mann-Whitney U test) พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการฟอกสีที่ผนังโพรงเนื้อเยื่อในมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเคอ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงพันธะเชื่อมระดับจุลภาคของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อใน (เมกกะพาสคาล) รวมถึงจำนวนชิ้นงานที่มีการหลุดออกของเรซินคอมโพสิตก่อนการทดสอบ (ชิ้น)

Table 1 Mean microshear bond strengths and standard deviations of Clearfil SE Bond adhesive to pulpal wall dentine (Megapascal) including number of specimens with pre-test failure (pieces)

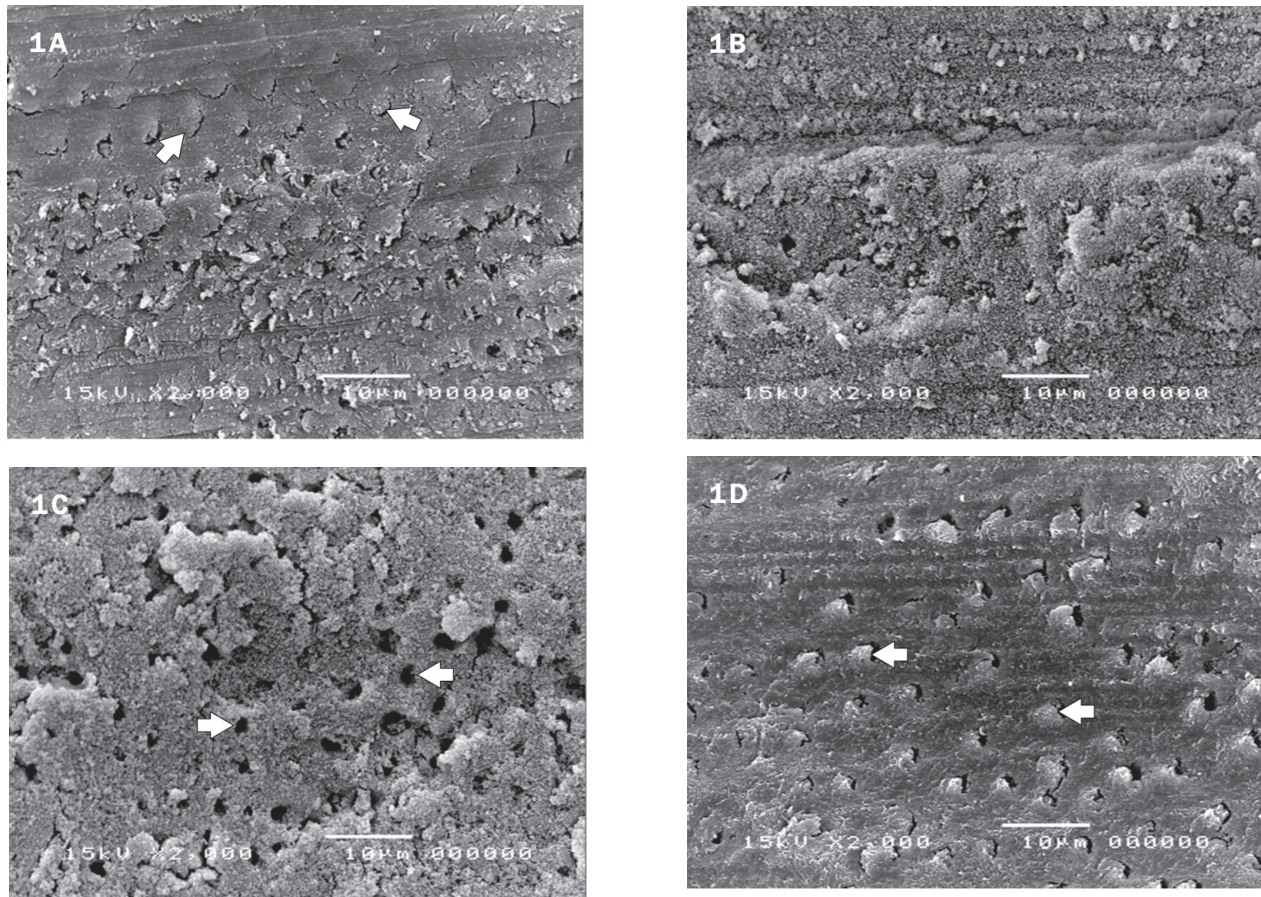
Group	Mean ± S.D. (Number of pre-test failure)
Group 1: Unbleach	15.04 ± 4.11 (0)
Group 2: Bleach	3.04 ± 1.43 (8)
Group 3: Bleach + Sodium ascorbate	9.25 ± 5.36 (0)
Group 4: Bleach + Catalase	5.29 ± 2.11 (4)

ระดับจุลภาคสูงที่สุด ($p < 0.001$) รองลงมาเป็นกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบท และกลุ่มที่ใช้สารละลายคตะเลสภายหลังกการฟอกสีฟันตามลำดับ ($p < 0.001$ และ $p < 0.007$ ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มที่ทำการฟอกสีฟันและบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตทันทีนั้นมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเชื่อมของสารยึดติดน้อยกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.0035$)

การจำแนกลักษณะการแตกหักของชิ้นงานภายหลังกการทดสอบความแข็งแรงพันธะเชื่อมได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งไม่พบรูปแบบการแตกหักภายในชั้นเนื้อฟันในทุกกลุ่มทดลอง จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การทดสอบของฟิชเชอร์ (Fisher's exact probability test) ไม่พบความแตกต่างของลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานภายหลังกการแตกหักระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้ทำการฟอกสีกับกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทภายหลังกการฟอกสีฟัน ($p = 0.695$) และระหว่างกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทกับกลุ่มที่ใช้สารละลายคตะเลสภายหลังกการฟอกสีฟัน ($p = 0.113$) ในขณะที่กลุ่มที่ฟอกสีฟันและทำการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตทันทีมีลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานภายหลังกการแตกหักแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.008$) โดยส่วนใหญ่เป็นการแตกหักภายในชั้นสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิต

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงให้เห็นถึงการปกคลุมของชั้นสเมียร์ (Smear layer) บนผิวเนื้อฟัน รวมทั้งพบสเมียร์พ러그 (Smear plug) อุดอยู่ภายในท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubule) ในกลุ่มที่ไม่ได้ทำการฟอกสี (รูปที่ 1A) ภายหลังกการฟอกสีพบว่าพื้นผิวเนื้อฟันมีลักษณะขรุขระคล้ายกับถูกปกคลุมด้วยชั้นสเมียร์ซึ่งเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ (รูปที่ 1B) ส่วนกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบท ภายหลังกการฟอกสีจะมีลักษณะผิวเนื้อฟันคล้ายกับกลุ่มที่ทำการฟอกสีเพียงอย่างเดียว แต่พบรูเปิดของท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วไป (รูปที่ 1C) ขณะที่กลุ่มที่ใช้สารละลายคตะเลสภายหลังกการฟอกสีนั้นพบว่าผิวเนื้อฟันมีลักษณะเรียบ รวมทั้งมีการอุดตันของท่อเนื้อฟัน (รูปที่ 1D)

เมื่อทำการปรับสภาพผิวเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในด้วยไพรเมอร์ของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ พบว่าชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันของทุกกลุ่มทดลองถูกละลายออกไปเป็นส่วนใหญ่ และพบรูเปิดของท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วไป (รูปที่ 2A-2D) โดยกลุ่มทดลองที่ทำการฟอกสีฟันรวมถึงกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทและสารละลายคตะเลสภายหลังกการฟอกสีนั้นจะพบการเผยขอเส้นใยคอลลาเจน (Collagen fibre) บนผิวเนื้อฟันได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 2B-2D)



รูปที่ 1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงผิวเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในของกลุ่มทดลองต่างๆ.

Fig. 1 SEM images of dentine surface at pulp chamber wall in various experimental conditions.

รูปที่ 1A กลุ่มที่ไม่ได้ทำการฟอกสีฟัน: พบการปกคลุมของชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟัน รวมทั้งพบสเมียร์พลัคอุดอยู่ภายในท่อเนื้อฟันโดยทั่วไป (ลูกศร).

Fig. 1A Unbleach group: Smear layer is observed to cover the dentine surface. Smear plugs are also generally presented in the dentinal tubules (arrows).

รูปที่ 1B กลุ่มที่ทำการฟอกสีฟัน: ผิวเนื้อฟันมีลักษณะขรุขระ คล้ายกับการถูกปกคลุมด้วยชั้นสเมียร์ซึ่งเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ.

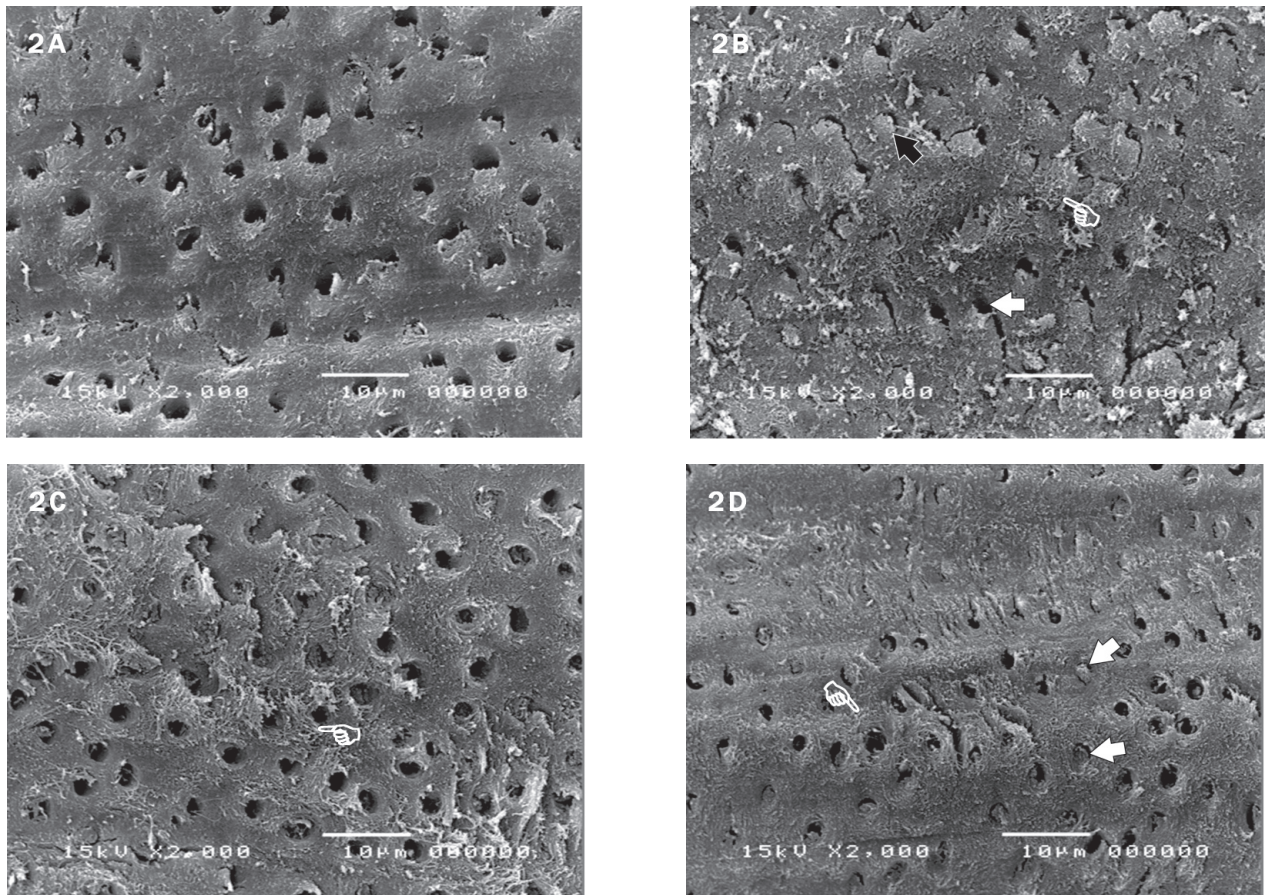
Fig. 1B Bleach group: Dentine surface is irregular, seemingly be covered by loosely-bound smear layer.

รูปที่ 1C กลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทภายหลังการฟอกสีฟัน: ผิวเนื้อฟันมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มที่ทำการฟอกสีฟันเพียงอย่างเดียว โดยพบรูเปิดของท่อเนื้อฟันที่ไม่มีการอุดตัน (ลูกศร).

Fig. 1C Bleach + Sodium ascorbate group: Dentine surface is found to be similar to the bleach group. Patent dentinal tubule openings can be seen without occlusion (arrows).

รูปที่ 1D กลุ่มที่ใช้สารละลายอะซาลเสภายหลังการฟอกสีฟัน: ผิวเนื้อฟันมีลักษณะเรียบ พบการอุดตันของท่อเนื้อฟันเป็นส่วนใหญ่ (ลูกศร).

Fig. 1D Bleach + Catalase group: Dentine surface is smooth with most of the dentinal tubule orifices are occluded (arrows).



รูปที่ 2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงผิวเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในของกลุ่มทดลองต่างๆ ภายหลังจากปรับสภาพด้วยไพรเมอร์ของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์.

Fig. 2 SEM images of dentine surface at pulp chamber wall in various experimental conditions after conditioning with primer of Clearfil SE Bond.

รูปที่ 2A กลุ่มที่ไม่ได้ทำการฟอกสีฟัน: ผิวเนื้อฟันไม่ถูกปกคลุมด้วยชั้นสเมียร์ รวมทั้งพบรูเปิดของท่อเนื้อฟันโดยทั่วไป.

Fig. 2A Unbleach group: In general, dentine surface is free of smear layer with opened dentinal tubule orifices are also observed.

รูปที่ 2B กลุ่มที่ทำการฟอกสีฟัน: พบการเผยของเส้นใยคอลลาเจนบนผิวเนื้อฟันอย่างชัดเจน (มือชี้) รูเปิดของท่อเนื้อฟันในบางบริเวณเปิด (ลูกศรสีขาว) ขณะที่บางบริเวณยังพบมีการอุดตัน (ลูกศรสีดำ).

Fig. 2B Bleach group: The exposed collagen fibres are clearly seen (pointer). Dentinal tubule orifices are opened (white arrow), while those in some areas are still obliterated (black arrow).

รูปที่ 2C กลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมแอสคอร์เบทภายหลังการฟอกสีฟัน: ผิวเนื้อฟันมีการเผยของเส้นใยคอลลาเจน (มือชี้) ท่อเนื้อฟันส่วนใหญ่เปิด.

Fig. 2C Bleach + Sodium ascorbate group: Dentine surface reveals collagen fibril network (pointer) with exposed dentinal tubule openings.

รูปที่ 2D กลุ่มที่ใช้สารละลายคะตะเลสภายหลังการฟอกสีฟัน: ผิวเนื้อฟันมีการเผยของเส้นใยคอลลาเจน (มือชี้) โดยในบางบริเวณยังคงพบการอุดตันของท่อเนื้อฟัน (ลูกศร).

Fig. 2D Bleach + Catalase group: Dentine surface shows exposed collagen fibril network (pointer) with closed dentinal tubule orifices are also detected in some areas (arrows).

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนชิ้นงานจำแนกตามลักษณะการแตกหัก (ชิ้น)

Table 2 Number of specimens classified by failure type (pieces)

Group	Failure type					
	1	2	3	4	5	6
Group 1: Unbleach	17	0	0	1	0	2
Group 2: Bleach	2	0	1	0	0	9
Group 3: Bleach + Sodium ascorbate	16	0	0	3	0	1
Group 4: Bleach + Catalase	7	0	1	5	0	3

Failure type 1: Adhesive failure

Failure type 2: Cohesive failure in dentine

Failure type 3: Cohesive failure in resin

Failure type 4: Mixed failure with more than 70% adhesive failure

Failure type 5: Mixed failure with more than 70% cohesive failure in dentine

Failure type 6: Mixed failure with more than 70% cohesive failure in resin

วิจารณ์

จากผลการศึกษานี้พบว่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมระดับจุลภาคของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ชั้นตอนผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อของกลุ่มที่ไม่ได้ฟอกสีมีค่าสูงกว่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมของกลุ่มที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยสารฟอกสีผลิตภัณฑ์โอพัลเลสเซนส์ บูซท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งพบความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดต่อความสามารถในการยึดของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ กับเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในภายหลังการฟอกสี จึงปฏิเสธสมมติฐานว่าทั้งสองของงานวิจัย

เป็นที่ทราบกันดีว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถขัดขวางปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเรซิน ส่งผลให้ความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดกับโครงสร้างของฟันภายหลังการฟอกสีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา^{4,9,11,14,16,17} รวมทั้งในการศึกษานี้ยังพบการหลุดออกของเรซินคอมโพสิตจากชิ้นงานก่อนการทดสอบ (Pre-test failure) ถึงร้อยละ 40 อันแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดที่ลดลงในกลุ่มที่ทำการฟอกสีฟัน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสาร

ออกซิไดซ์ (Oxidising agent) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สามารถแทรกซึมผ่านโครงสร้างของฟันเข้าไปได้ง่าย ซึ่งจะสลายตัวให้ออกซิเจนและอนุมูลอิสระต่างๆ ในการทำปฏิกิริยากับสารสี (Pigment) หรือโครโมฟอร์ (Chromophore) ภายในโครงสร้างของฟันโดยการทำลายพันธะคู่ของคาร์บอน (Carbon double bond) ในสารสีดังกล่าว ทำให้สารสีมีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างชั่วคราว การดูดซับแสงจึงลดลง และส่งผลให้สีของฟันจางลงได้¹⁻³ อย่างไรก็ตามออกซิเจนและอนุมูลอิสระต่างๆ จากการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นก็สามารถสลายพันธะคู่ของคาร์บอนในเรซินขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้เช่นกันโดยทำให้เกิดการทำลายพันธะคู่ของคาร์บอนในระหว่างขั้นแผ่ขยายสายพอลิเมอไรส์ส่งผลให้ขั้นสิ้นสุดของสายพอลิเมอไรส์ของเรซินเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์^{14,15,23} นอกจากนี้มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระดังกล่าวสามารถทำลายแคมฟอร์ควิโนน (Camphorquinone) ซึ่งเป็นสารเริ่มปฏิกิริยาบ่มด้วยแสง (Photoinitiator) ของเรซินได้²³ จากสาเหตุดังกล่าวทั้งหมดจึงส่งผลให้สารยึดติดมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่ำลง รวมถึงมีประสิทธิภาพที่ด้อยลงในการยึดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสี ดังแสดงให้เห็นจากลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะในกลุ่มที่

ฟอกสีฟันและทำการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตทันทีนั้นจะพบการแตกหักภายในชั้นสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิตเป็นส่วนใหญ่

สาเหตุที่เป็นไปได้อีกประการหนึ่งของการลดลงของประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดคือการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อฟัน มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าความแข็งผิว (Surface hardness) ความทนแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile strength) การทนความเค้น (Fracture toughness) และมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ของเนื้อฟันจะลดลงภายหลังการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทั้งนี้เนื่องมาจากการสลาย (Degrade) ของแคลเซียมและฟอสเฟต^{24,25} รวมถึงองค์ประกอบอินทรีย์สารในเนื้อฟันได้แก่คอลลาเจนและโปรตีนเมทริกซ์ (Matrix proteins) อื่น ๆ²⁶ ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพที่ลดลงของเนื้อฟันนั้นสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันได้เช่นกัน²⁷ อย่างไรก็ตามเหตุผลดังกล่าวอาจไม่ใช่สาเหตุหลักของการลดลงของความแข็งแรงพันธะระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟันที่ผ่านการฟอกสีในการศึกษานี้ แม้ว่าสารฟอกสีที่ใช้จะมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูง แต่ระยะเวลาในการฟอกสีนั้นถูกจำกัดเพียง 10 นาที ซึ่งอาจไม่เพียงพอในการทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อฟันเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ²⁴ ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงผิวเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีที่มีลักษณะขรุขระ ซึ่งยังถูกปกคลุมด้วยชั้นสเมียร์ที่เกาะตัวอย่างหลวม ๆ โดยไม่พบการเผยของเส้นใยคอลลาเจน สะท้อนให้เห็นว่าในระยะเวลา 10 นาทีของการฟอกสีฟันนั้น ผลของสารฟอกสีอาจยังคงจำกัดอยู่ภายในชั้นสเมียร์ และอาจไม่นานเพียงพอที่จะทำให้สารฟอกสีแทรกซึมเข้าไปยังโครงสร้างของเนื้อฟันที่อยู่ข้างใต้ได้ นอกจากนี้การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะในทุกกลุ่มทดลองพบว่าทั้งหมดเป็นการแตกหักแบบแอตชีฟ และ/หรือ การแตกหักแบบโคอีชีฟในเรซิน โดยไม่พบการแตกหักภายในชั้นเนื้อฟันแต่อย่างใด จึงอาจอนุมานถึงการลดลงของประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีในการทดลองนี้ได้ว่ามีสาเหตุหลักจากคุณสมบัติของสารยึดติดที่ต่ำลง ซึ่งเป็นผลจากการขัดขวางปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินโดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

การใช้สารละลายคະตะเลสส่งผลให้ความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ กับเนื้อฟัน

บริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในภายหลังการฟอกสีเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 70 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกำจัดอนุภาคอิสระของสารละลายดังกล่าว อย่างไรก็ตามแม้ว่าสารละลายคະตะเลสจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีได้ แต่ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดที่เพิ่มขึ้นนั้นยังต่ำกว่าในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทำการฟอกสีค่อนข้างมาก โดยมีค่าเพียงประมาณหนึ่งในสามของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะในกลุ่มควบคุมเท่านั้น ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาที่ผ่านมาในอดีต¹⁷ ปริมาตร ความเข้มข้น ตลอดจนวิธีการใช้สารละลายคະตะเลสในการทดลองนี้อ้างอิงจากการศึกษาที่ผ่านมา¹⁷ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสารละลายคະตะเลสที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตรนั้นอาจไม่เพียงพอในการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูงที่ใช้เป็นสารฟอกสีฟันในการศึกษานี้ได้¹⁸ นอกจากนี้การใช้สาลิก่อนเล็กลูสารละลายคະตะเลสบนผิวเนื้อฟันอาจทำให้ชั้นสเมียร์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฟอกสีนั้นอัดตัวกันแน่น และผสมรวมกับออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงให้เห็นผิวเนื้อฟันในกลุ่มที่ใช้สารละลายคະตะเลสภายหลังการฟอกสีฟันมีลักษณะเรียบและพบการอุดตันของท่อเนื้อฟัน ลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้โพเรเมอร์ของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ ไม่สามารถปรับสภาพผิวเนื้อฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการใช้งานสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ซึ่งปรับสภาพผิวเนื้อฟันพร้อมเกิดการแทรกซึมของมอนอเมอร์ลงไปในขณะที่เดียวกันโดยไม่มีการล้างน้ำออกนั้น อาจทำให้ออกซิเจนที่ตกค้างอยู่ในชั้นสเมียร์รวมเข้าไปอยู่ในชั้นสารยึดติดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินจึงถูกขัดขวาง และส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดนั้นไม่ดีเท่าที่ควร

สารต้านอนุมูลอิสระอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการศึกษานี้คือ โซเดียมแอสคอร์เบต โดยผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารละลายโซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ ในอดีต^{9,10,14-16} โซเดียมแอสคอร์เบตจะทำหน้าที่เป็นสารให้อิเล็กตรอน (Electron donor) โดยเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและอนุมูลอิสระต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ส่งผลให้ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินสามารถดำเนินต่อไปได้โดยไม่ถูกขัดขวาง^{9,14,28} สารยึดติดจึงมีประสิทธิภาพการยึดกับเนื้อฟัน

ที่ดีขึ้นภายหลังการฟอกสี รวมทั้งมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงให้เห็นจากการลดลงของการแตกหักแบบโคฮีซีฟในเรซินเมื่อทำการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะ อย่างไรก็ตามแม้ว่าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีได้ รวมทั้งมีประสิทธิภาพเหนือกว่าการใช้สารละลายคตะเลส แต่ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะที่เพิ่มขึ้นนี้ยังมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทำการฟอกสีฟันซึ่งคิดเป็นเพียงร้อยละ 60 เท่านั้น การศึกษาของ Freire และคณะพบความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ²⁸ ซึ่งปริมาณรวมถึงความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการศึกษานี้ อาจไม่เพียงพอในการเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของสารฟอกสีผลิตภัณฑ์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 ได้ทั้งหมด ส่งผลให้ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเรซินยังอาจถูกยับยั้งได้ จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับการศึกษาในอนาคตหากใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งอาจเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันที่ผ่านการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูงให้ใกล้เคียงกับกรณีการยึดกับเนื้อฟันที่ไม่ได้ทำการฟอกสีได้

โดยภาพรวมของผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าการใช้สารต้านอนุมูลอิสระอันได้แก่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 และสารละลายคตะเลสตามวิธีการที่กล่าวไปแล้วข้างต้นจะไม่สามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนของสารยึดติดให้อยู่ในระดับที่ทัดเทียมกับกรณีการยึดกับเนื้อฟันที่ไม่ได้ทำการฟอกสีได้ แต่ทว่าสารยึดติดก็มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีการยึดกับเนื้อฟันทันทีภายหลังการฟอกสี วิธีการดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการบูรณะฟันภายหลังการฟอกสีนอกเหนือไปจากการเว้นระยะเวลาลงหลังจากที่ทำการฟอกสีฟันประมาณ 1-2 สัปดาห์ก่อนการบูรณะฟันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดดังที่หลายการศึกษาแนะนำ⁹⁻¹¹ อย่างไรก็ตามยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคตถึงชนิด ปริมาณ และรูปแบบของสารต้านอนุมูลอิสระที่เหมาะสมปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานทางคลินิก

รวมไปถึงวิธีการอื่น ๆ ที่อาจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีได้ทันที เช่น การกรอผิวเนื้อฟันที่สัมผัสกับสารฟอกสีออก⁴ หรือการใช้สารยึดติดระบบเอทซ์แอนด์รีนซ์ (Etch-and-rinse adhesive)^{7,8} เป็นต้น ซึ่งทันตแพทย์จำเป็นต้องศึกษาถึงผลของวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ เพื่อให้การรักษาผู้ป่วยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยผู้ป่วยได้รับประโยชน์สูงสุด

สรุป

การฟอกสีเนื้อฟันบริเวณผนังโพรงเนื้อเยื่อในด้วยสารฟอกสีผลิตภัณฑ์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 นั้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดกับเนื้อฟันของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอนผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารละลายคตะเลสสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีได้ โดยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสารละลายคตะเลส แต่ทว่าสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ชนิดไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดของสารยึดติดผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์กับเนื้อฟันภายหลังการฟอกสีให้ทัดเทียมกับกรณีการยึดกับเนื้อฟันที่ไม่ได้ทำการฟอกสีได้

เอกสารอ้างอิง

1. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent.* 2006;34:412-9.
2. Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontology* 2000. 2008;48:148-69.
3. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod.* 2008;34:394-407.
4. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent.* 1999;12:177-80.
5. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations—a

- systematic review. *Dent Mater.* 2004;20:852-61.
6. Türkün M, Türkün LS. Effect of nonvital bleaching with 10% carbamide peroxide on sealing ability of resin composite restorations. *Int Endod J.* 2004;37:52-60.
 7. Timpawat S, Nipattamanon C, Kijssamanmith K, Messer HH. Effect of bleaching agents on bonding to pulp chamber dentine. *Int Endod J.* 2005;38:211-7.
 8. Moule CA, Angelis F, Kim GH, Le S, Malipatil S, Foo MS, et al. Resin bonding using an all-etch or self-etch adhesive to enamel after carbamide peroxide and/or CPP-ACP treatment. *Aust Dent J.* 2007;52:133-7.
 9. Shinohara MS, Peris AR, Pimenta LA, Ambrosano GM. Shear bond strength evaluation of composite resin on enamel and dentin after nonvital bleaching. *J Esthet Restor Dent.* 2005;17:22-9.
 10. Khoroushi M, Feiz A, Khodamoradi R. Fracture resistance of endodontically-treated teeth: effect of combination bleaching and an antioxidant. *Oper Dent.* 2010;35:530-7.
 11. Bittencourt ME, Trentin MS, Linden MS, de Oliveira Lima Arsati YB, França FM, Flório FM, et al. Influence of in situ postbleaching times on shear bond strength of resin-based composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 2010;141:300-6.
 12. Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod.* 1987;13:56-9.
 13. Madison S, Wilcox LR. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study. *J Endod.* 1988;14:455-8.
 14. Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, et al. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res.* 2001;80:1919-24.
 15. Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *J Dent.* 2005; 33:689-95.
 16. Muraguchi K, Shigenobu S, Suzuki S, Tanaka T. Improvement of bonding to bleached bovine tooth surfaces by ascorbic acid treatment. *Dent Mater J.* 2007;26:875-81.
 17. Kum KY, Lim KR, Lee CY, Park KH, Safavi KE, Fouad AF, et al. Effects of removing residual peroxide and other oxygen radicals on the shear bond strength and failure modes at resin-tooth interface after tooth bleaching. *Am J Dent.* 2004; 17:267-70.
 18. Northrop JH. The kinetics of the decomposition of peroxide by catalase. *J Gen Physiol.* 1925;20:373-87.
 19. Garg N, Singh R, Dixit J, Jain A, Tewari V. Levels of lipid peroxides and antioxidants in smokers and nonsmokers. *J Periodontal Res.* 2006;41:405-10.
 20. Alaçam A, Tulunoglu O, Oygür T, Bilici S. Effects of topical Catalase application on dental pulp tissue: a histopathological evaluation. *J Dent.* 2000; 28:333-9.
 21. Ultradent Products Inc., Opalescence® Boost, http://www.ultradent.com/products/instructions/opal_boost.pdf.
 22. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int.* 1992;23:471-88.
 23. Durner J, Stojanovic M, Urcan E, Spahl W, Haertel U, Hickel R, et al. Effect of hydrogen peroxide on the three-dimensional polymer network in composites. *Dent Mater.* 2011;27:573-80.
 24. Tam LE, Noroozi A. Effects of direct and indirect bleach on dentin fracture toughness. *J Dent Res.* 2007;86:1193-7.
 25. Cavalli V, Shinohara MS, Ambrose W, Malafaia FM, Pereira PN, Giannini M. Influence of intracoronary bleaching agents on the ultimate strength and ultrastructure morphology of dentine. *Int Endod J.* 2009;42:568-75.
 26. Sauro S, Mannocci F, Tay FR, Pashley DH, Cook

- R, Carpenter GH, et al. Deproteinization effects of NaOCl on acid-etched dentin in clinically-relevant vs prolonged periods of application. A confocal and environmental scanning electron microscopy study. *Oper Dent.* 2009;34:166-73.
27. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness, and Ca-concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dent Mater.* 1992;8:229-33.
28. Freire A, Souza EM, De Menezes Caldas DB, Rosa EA, Bordin CF, de Carvalho RM, et al. Reaction kinetics of sodium ascorbate and dental bleaching gel. *J Dent.* 2009;37:932-6.

Effectiveness of Antioxidants on Resin-Dentine Bond after Bleaching

Vanthana Sattabanasuk D.D.S., Ph.D. (Dental Science)

Songsiri Pongburanakit D.D.S., Grad. Dip. in Clinical Science (Endodontology)

Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University
Department of Operative Dentistry and Endodontics, Faculty of Dentistry, Mahidol University

Abstracts

Objective To evaluate the effectiveness of antioxidants on bond strengths of a two-step self-etch adhesive (Clearfil SE Bond) to pulp chamber dentine after bleaching with high concentration hydrogen peroxide (Opalescence® Boost).

Materials and methods Intact, non-carious, non-restored maxillary premolars were used. The roots were cut and the crown was bucco-lingually sectioned through the pulp chamber. Taper diamond bur was used to prepare the pulp chamber wall, imitating access opening step of the root canal therapy. The teeth were assigned to 4 groups: (1) Control group which was not bleached, (2) Bleach with Opalescence® Boost, (3) Bleach followed by sodium ascorbate solution, and (4) Bleach followed by catalase solution. Resin composite was afterward bonded to the treated dentine surface using Clearfil SE Bond. After storage under 100% relative humidity at 37°C for 24 hours, all bonded teeth were subjected to microshear bond strength test. The fractured surfaces were observed using an intra-oral camera with imaging computer software. Representative dentine surfaces under each experimental condition were examined using scanning electron microscope (SEM).

Results Upon statistical analyses, unbleach group presented highest shear bond strength to dentine ($p < 0.001$), followed by the groups using sodium ascorbate solution and catalase solution ($p < 0.001$ and $p \leq 0.007$, respectively). Bleach group showed significantly lower shear bond strength compared with others ($p \leq 0.0035$) and most specimens failed in bonding/resin composite layer. Moreover, 40 per cent of the specimens in this group were also recorded as "pre-test failure". Under SEM observations, most of smear layer and smear plug were dissolved after treatment with primer of Clearfil SE Bond. Collagen fibres were also clearly observed.

Conclusion Application of sodium ascorbate solution and catalase solution could improve the bonding effectiveness of Clearfil SE Bond to pulp chamber dentine after bleaching with Opalescence® Boost, however not equal to the dentine that was not bleached. Sodium ascorbate solution showed better result than catalase solution significantly.

(CU Dent J. 2012;35:79-92)

Keywords: bleaching; bond strength; catalase; hydrogen peroxide; sodium ascorbate
