ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟัน

สุจิราภา แข่งขัน* จารุมา ศักดิ์ดี* กุลนันทน์ ดำรงวุฒิ*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบสีบริเวณคอฟันหลังบูรณะด้วยเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ตัดปลายรากฟันกรามน้อย 18 ซี่ เปิดเข้าสู่คลองรากฟันและขยายด้วยหัวกรอเกทส์กลิดเดน อุดปลายรากด้วยเควิท ใส่สำลีและสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาไลน์ในคลองราก แบ่งฟันเป็น 3 กลุ่มแบบสุ่ม อุดเอ็มทีเอแองเจลลัส ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ บริเวณคอฟันหนา 3 มิลลิเมตร บูรณะทางเปิดคลองรากฟันด้วยคอมโพสิต วัดสีฟันบริเวณคอฟันด้านแก้มก่อนและหลังอุด 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ด้วยเครื่อง VITA Easyshade ในระบบซีแล็ปและนำมาคำนวณเดลต้าอี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Two-way ANOVA ($p < 0.05$) ตัดฟันในทิศใกล้กลาง-ไกลกลางเพื่อสังเกตสีเนื้อฟันและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการพรรณนา

ผลการศึกษา: เอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้สีบริเวณคอฟันเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกช่วงเวลา และไม่ทำให้เนื้อฟันที่สัมผัสวัสดุเปลี่ยนสี

สรุป: การอุดบริเวณคอฟันด้วยเอ็มทีเอแองเจลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟันไม่แตกต่างกัน และเนื้อฟันที่สัมผัสวัสดุไม่มีการเปลี่ยนสี

คำสำคัญ: เอ็มทีเอแองเจลลัส ไบโอเดนทีน เรโทรเอ็มทีเอ การเปลี่ยนสีบริเวณคอฟัน

**ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110*

The Effect of Fast Setting Bioceramic on Cervical Tooth Discoloration

Sujirapa Kaengkan* Jaruma Sakdee* Kunlanun Damrougvute*

Abstract

Objective: compare the change in color of the cervical tooth area after restored with MTA-Angelus, Biodentine®, and RetroMTA.

Materials and Methods: Eighteen premolars teeth were prepared by cutting at the apical root. The teeth were drilled to open access, instrumented with Gates Glidden, sealed with Cavit™ at apical root. Cotton soaked with phosphate buffer saline was used to obturate canal. The teeth were randomly divided into 3 groups, MTA-Angelus, Biodentine®, and RetroMTA were filled with 3 mm thickness at cervical area. The access was restored with composite. The tooth color change was measured at cervical area with VITA Easyshade before and at 2, 4, 8, and 20 weeks after restoration in CIELAB system and calculated Delta E. Two-way ANOVA ($p < 0.05$) was used to analyze the result. Teeth were then sectioned mesio-distally for examined the changes of the tooth color and the result were discussed descriptively.

Results: No significant change of tooth color at cervical level between MTA-Angelus, Biodentine®, and RetroMTA at 2, 4, 8, and 20 weeks. Furthermore, MTA-Angelus, Biodentine®, and RetroMTA did not change the color of tooth in contact with the material.

Conclusions: MTA-Angelus, Biodentine®, and RetroMTA did not change the color of tooth at cervical level significantly and did not change the color of tooth in contact with the material.

Keywords: MTA Angelus, Biodentine, RetroMTA, Cervical tooth discoloration

**Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.*

บทนำ (Introduction)

ในการรักษาฟันเนื้อเยื่อในตาย (pulp necrosis) ปลายรากฟันพัฒนาไม่สมบูรณ์มีหลายปัจจัยต้องพิจารณา เนื่องจากฟันที่มีรากฟันสั้นและบางจึงทำให้ฟันเสี่ยงต่อการแตกหัก ในปัจจุบันการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ (regenerative endodontics) เป็นอีกทางเลือกในการรักษาที่มีการเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้าง pulp-dentin complex เพื่อคงหน้าที่ทางสรีระวิทยาที่ปกติของฟันซี่นั้นไว้ (1) วิธีการรักษาซึ่งอ้างอิงตาม American Association of Endodontists (AAE) เมื่อมีการกระตุ้นเลือดเข้ามาในคลองรากฟันแล้ววัสดุที่ใช้ปิดทับด้านบนลิ่มเลือดควรมีคุณสมบัติเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ (biocompatibility), ไม่ส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagen), มีความแนบสนิทที่ดี, มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลชีพ และกระตุ้นให้มีการสร้างสะพานเนื้อฟัน (dentin bridge) เมื่อสัมผัสกับของเหลวจากร่างกาย จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำมิเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกตหรือเอ็มทีเอ (Mineral trioxide aggregation, MTA) ซึ่งมีชื่อทางการค้าโพรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA) มาใช้เป็นวัสดุในการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ ถึงแม้ว่าโพรรูทเอ็มทีเอจะมีคุณสมบัติต่าง ๆ เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน แต่โพรรูทเอ็มทีเอยังมีข้อด้อยคือมีระยะเวลาก่อตัว (setting time) นานทำให้ต้องนัดหมายผู้ป่วยมาทำการรักษาหลายครั้ง, ส่งผลให้ฟันเปลี่ยนสีหลังจากรักษา และมีราคาแพง นำมาสู่การคิดค้นวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับโพรรูทเอ็มทีเอและใช้ระยะเวลาในการก่อตัวที่น้อยกว่า เช่น เอ็มทีเอแองเจลลัส (MTA Angelus™) ใช้ระยะเวลาก่อตัว 15 นาที, ไบโอเดนทีน (Biodentine™) ใช้ระยะเวลาก่อตัว 12 ± 1 นาที (2) และเรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®) ใช้ระยะเวลาก่อตัว 18.1 ± 2.4 นาที (3) ในขณะที่โพรรูทเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาการก่อตัว 165 นาที (4)

ปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของกลไกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันขึ้น หนึ่งในสาเหตุหลักคือบิสมัทออกไซด์ (bismuth oxide) ที่เป็นสารทึบรังสี (radiopacifier) ในโพรรูทเอ็มทีเอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน จากการศึกษาของ Vallés และคณะในปี 2013 (5) ศึกษาผลกระทบของแสงและออกซิเจนต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุพบว่าเมื่อโพรรูทเอ็มทีเอสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะส่งผลให้วัสดุเริ่มมีการเปลี่ยนสีตั้งแต่ที่ระยะเวลา 120 วินาที วัสดุไบโอเซรามิกกลุ่มใหม่จึงเปลี่ยนสารทึบรังสีที่ใช้ เช่น เอ็มทีเอแองเจลัสใช้แคลเซียมทังสเตต (calcium tungstate), ไบโอเดนทีนใช้สารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) และเรโทรเอ็มทีเอใช้สารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนีย (calcium zirconia complex) โดยพบว่าสารทึบรังสีทั้งสามชนิดนี้ไม่ส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีหลังจากรักษาและจากหลายการศึกษาพบว่าเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีนและเรโทรเอ็มทีเอมีคุณสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกับโพรรูทเอ็มทีเอทำให้เอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีนและเรโทรเอ็มทีเอเป็นวัสดุทางเลือกที่จะนำมาใช้ในงานรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์แทนโพรรูทเอ็มทีเอได้ ฟันที่ได้รับการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์มักมีรากฟันที่สั้นและบางซึ่งเสี่ยงต่อการแตกหักบริเวณคอฟัน (cervical root fracture) การปิดทับด้านบนของลิ่มเลือดด้วยโพรรูทเอ็มทีเอในบริเวณส่วนต้นของคลองรากฟันเชื่อว่าสามารถช่วยเสริมความแข็งแรงบริเวณคอฟันได้ (6) แต่เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องการทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีในทางคลินิกจึงนิยมอุดโพรรูทเอ็มทีเอใต้ต่อรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) 1-2 มิลลิเมตร ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุไบโอเซรามิกที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟันรวมถึงมีระยะเวลาก่อตัวที่สั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ เพื่อช่วยเสริมความแข็งแรง ลดปัญหาเรื่องความสวยงาม และสามารถรักษาเสร็จภายในครั้งเดียวซึ่งจะช่วยลดโอกาสการติดเชื้อซ้ำ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

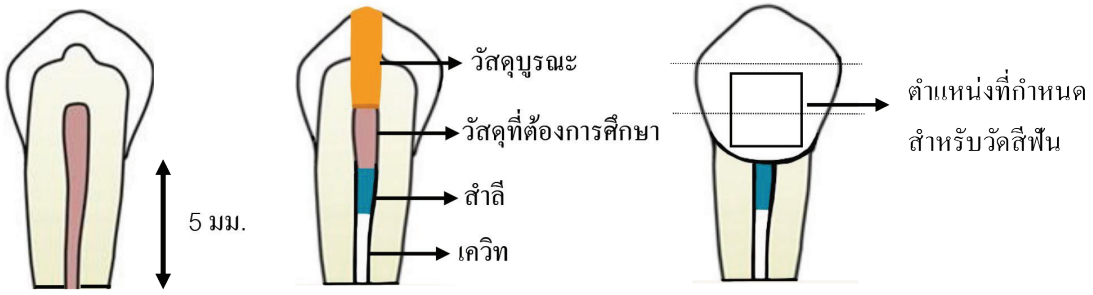
การเตรียมฟัน

หลังจากได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC/E-398/2563) การเตรียมฟันในการศึกษานี้ประยุกต์จากการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ ปี 2016 (7) ร่วมกับการศึกษาของ Kohli และคณะและ

คณะ ปี 2015 (8) นำฟันแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำความสะอาดเนื้อเยื่ออ่อนและคราบสี (stain) ด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายไฟฟ้า (ultrasonic scaler) และขัดฟันด้วยผงพิวมิส (pumice) ร่วมกับน้ำ จากนั้นตัดส่วนปลายรากฟันในทิศทางตั้งฉากกับแกนฟันโดยใช้หัวกรอเคลือบกากเพชรทรงกระบอก (cylindrical shape diamond bur) ร่วมกับน้ำ (water spray) จนเหลือความยาวของรากฟัน 5 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ทางด้านแก้ม (buccal surface) เปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันทำความสะอาดและขยายคลองรากฟันด้วยการใช้หัวกรอเกทส์กลิดเดน (gates Glidden drill) ตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับ ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ตามด้วยอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นจึงล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ (sterile paper point) อุดปิดบริเวณปลายรากฟันด้วยเควิท (Cavit®, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) หนา 3 มิลลิเมตร เก็บฟันไว้ในกล่องพลาสติกใสเพื่อให้ฟันสัมผัสกับแสงธรรมชาติและมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิห้องตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

การเตรียมการทดสอบ

แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซี่ โดยการสุ่ม อุดสำลีในคลองรากฟันจนถึงระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันด้านแก้ม ใส่สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาไลน์ในคลองรากฟันปริมาณ 0.1 มิลลิลิตรเพื่อจำลองสารละลายของเหลวร่างกาย ซับสารละลายส่วนเกินด้วยแท่งกระดาษซับ จากนั้นจึงผสมเอ็มทีเอแองเจลลัส (MTA Angelus™, Angelus Soluções Odontológicas, Londrina PR, Brazil), ไบโอเดนทีน (Biodentine™, Septodont, Saint-Maur-des-fossés Cedex, France) และเรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®, BioMTA, Seoul, Korea) ตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต โดยนำวัสดุใส่ส่วนต้นของคลองรากฟันและบริเวณโพรงเนื้อเยื่อใน อุดวัสดุให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร กดวัสดุให้แนบกับโพรงฟันด้วยเอ็นโดดอนติก พลักเกอร์ (endodontic plugger) ร่วมกับแท่งกระดาษซับ วัดความหนาของวัสดุอุดด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของวัสดุอุดด้วยภาพถ่ายรังสี และปิดทับวัสดุด้วยสำลีชุบน้ำหมาด เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 นาที ตรวจสอบว่าวัสดุก่อตัวสมบูรณ์แล้วจึงบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยวิทรีบอนด์ (Vitrebond™; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) และเรซินคอมโพสิต Filtek Z350 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) สี A 3 โดยในกลุ่มควบคุมหลังจากอุดสำลีในคลองรากฟันและใส่สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาไลน์แล้วทำการบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยวิทรีบอนด์และเรซินคอมโพสิต



รูปที่ 1 แบบจำลองฟันในการศึกษา

Fig 1. Tooth model in this study

การประเมินสีบริเวณคอฟัน

กำหนดจุดที่ใช้ในการวัดสีฟันโดยการใช้หัวกรอเร็วเคลือบกากเพชรรูปเข็ม (needle-shaped diamond bur) ร่วมกับน้ำในการกรอบริเวณด้านใกล้แก้มขนาด 4 x 4 ตารางมิลลิเมตร โดยให้ความสูง 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณกลางฟัน (middle thirds) และอีก 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณคอฟัน (cervical thirds) ประเมินสีบริเวณคอฟันด้วยเครื่อง spectrophotometer (VITA Easyshade, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) โดยให้บริเวณพื้นหลังเป็นสีดำเพื่อจำลองสภาวะในช่องปาก ขณะประเมินสีฟันจะจับฟันบริเวณรากฟันด้วยผ้าก็อซชุบน้ำหมาด โดยฟัน 1 ซี่จะทำการประเมินสี 5 ครั้ง และนำมาคิดค่าเฉลี่ย และกำหนดให้ใช้ระยะเวลาในการประเมินสีฟันในแต่ละช่วงเวลาไม่เกิน 10 นาที โดยเลือกใช้วิธีการวัดสีฟันธรรมชาติ 1 จุดในการศึกษานี้ และทำการสอบเทียบ (calibrate) เพื่อปรับสมดุลแสงขาว (white balance) เครื่องมือทุกครั้งที่ทำการวัดสีฟัน

วิเคราะห์สีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้ CIE L*a*b* color order system คำนวณสีที่เปลี่ยนแปลงจากสมการ

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

ทำการวัดที่ 5 ระยะเวลา ดังนี้

- วัดสีบริเวณคอฟันก่อนอุดวัสดุ
- ΔE_1 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 2 สัปดาห์
- ΔE_2 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 4 สัปดาห์
- ΔE_3 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 8 สัปดาห์
- ΔE_4 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 20 สัปดาห์

โดยค่าเดลต้าอีที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.7 จึงจะสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า

การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการศึกษาที่ 20 สัปดาห์ นำฟันทุกซี่ที่ใช้ในการศึกษามาตัดตามทางยาว (longitudinally) ในทิศใกล้กลาง-ไกลกลาง (medio-distal direction) ด้วยหัวกรอคาร์โบรันดัมดิสก์ (carborundum disc) จากนั้นจึงนำชิ้นฟันไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม (OPMI pico, Carl Zeiss, Goeschwitzer, Germany) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุ

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลความแปรปรวนของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmokorov-Smirnov test วิเคราะห์ความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา และความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัสดุด้วยสถิติทดสอบทูเวย์ อโนวา (two-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้วิเคราะห์การเปลี่ยนสีของเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุโดยการพรรณนา

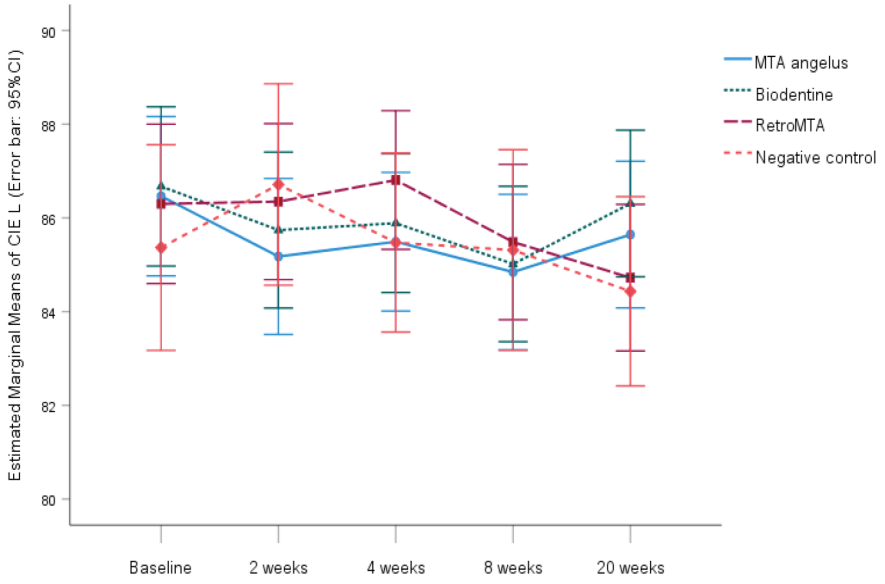
ผลการทดลอง (Results)

ตาราง 1 ค่าความสว่างของฟัน (CIE L*)

Table 1 Lightness of teeth (CIE L*).

กลุ่มการศึกษา	mean CIE L* parameter (±SD)				
	Baseline (L_0)	2 weeks (L_1)	4 weeks (L_2)	8 weeks (L_3)	20 weeks (L_4)
MTA angelus (5)	86.46 (± 1.59)	85.18 (± 1.56)	85.49 (± 1.52)	84.84 (± 1.55)	85.64 (± 1.57)
Biodentine (5)	86.67 (± 1.68)	85.74 (± 1.39)	85.89 (± 1.96)	85.02 (± 2.12)	86.31 (± 2.05)
RetroMTA (5)	86.30 (± 2.21)	86.35 (± 2.37)	86.81 (± 1.39)	85.48 (± 1.84)	84.72 (± 1.62)
Negative control (3)	85.37 (± 1.24)	86.71 (± 1.02)	85.47 (± 0.76)	85.31 (± 0.63)	84.43 (± 0.15)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างของฟัน ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส ไบโอเดนทีน เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 1) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา (P > 0.05)



รูปที่ 2 แผนภูมิเส้นแสดงความสว่างของฟันก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์

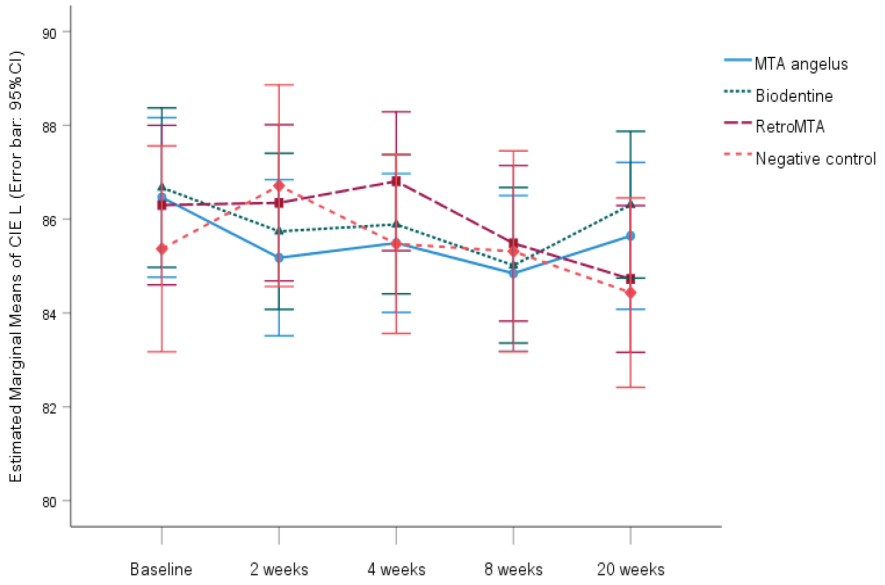
Fig 2. Lightness before teeth were restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.

ตาราง 2 ระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียว (CIE a*)

Table 2. green–red opponent colors (CIE a*).

กลุ่มการศึกษา	mean CIE a* parameter (±SD)				
	Baseline (a0)	2 weeks (a1)	4 weeks (a2)	8 weeks (a3)	20 weeks (a4)
MTA angelus (5)	-0.09 (± 0.27)	0.38 (± 0.51)	0.26 (± 0.39)	0.11 (± 0.40)	0.19 (± 0.46)
Biodentine (5)	0.24 (± 0.33)	0.60 (± 0.43)	0.54 (± 0.52)	0.47 (± 0.62)	0.39 (± 0.41)
RetroMTA (5)	0.18 (± 0.15)	0.39 (± 0.23)	0.36 (± 0.27)	0.49 (± 0.46)	0.41 (± 0.48)
Negative control (3)	0.53 (± 0.35)	0.61 (± 0.39)	0.64 (± 0.39)	0.39 (± 0.34)	0.39 (± 0.47)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟัน ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 2) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ($P > 0.05$)



รูปที่ 3 แผนภูมิเส้นแสดงระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟันก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์

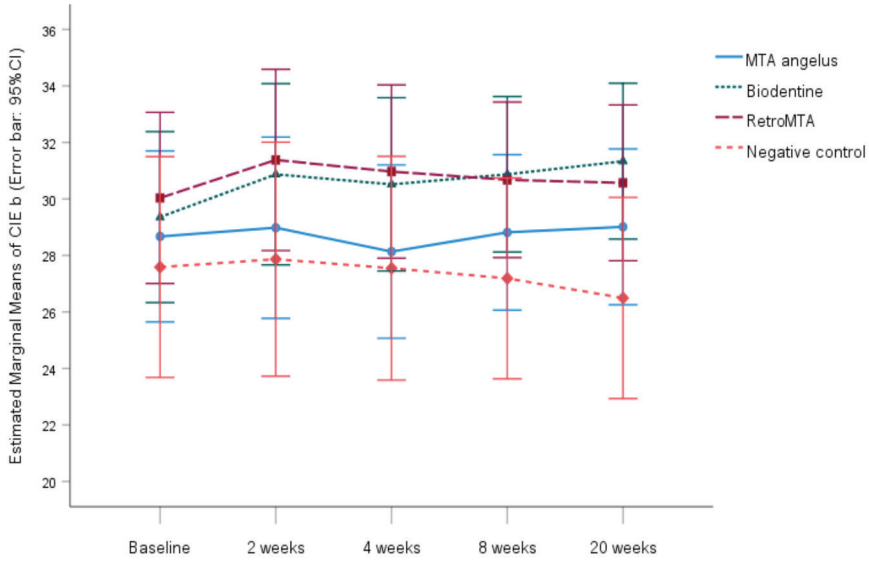
Fig 3. green–red opponent colors before teeth were restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.

ตาราง 3 ระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงิน (CIE b*)

Table 3. yellow–blue opponent colors.

กลุ่มการศึกษา	mean CIE b* parameter (±SD)				
	Baseline (b_0)	2 weeks (b_1)	4 weeks (b_2)	8 weeks (b_3)	20 weeks (b_4)
MTA angelus (5)	28.67 (± 4.35)	28.98 (± 4.25)	28.14 (± 4.12)	28.82 (± 4.14)	29.01 (± 3.88)
Biodentine (5)	29.36 (± 2.54)	30.87 (± 3.76)	30.52 (± 3.95)	30.87 (± 2.91)	31.34 (± 1.98)
RetroMTA (5)	30.04 (± 3.03)	31.38 (± 2.60)	30.97 (± 1.78)	30.68 (± 1.78)	30.57 (± 3.15)
Negative control (3)	27.59 (± 0.74)	27.87 (± 0.55)	27.55 (± 0.36)	27.19 (± 0.29)	26.49 (± 0.29)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟัน ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 3) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา (P>0.05)



รูปที่ 4 แผนภูมิเส้นแสดงระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟันก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8และ 20 สัปดาห์

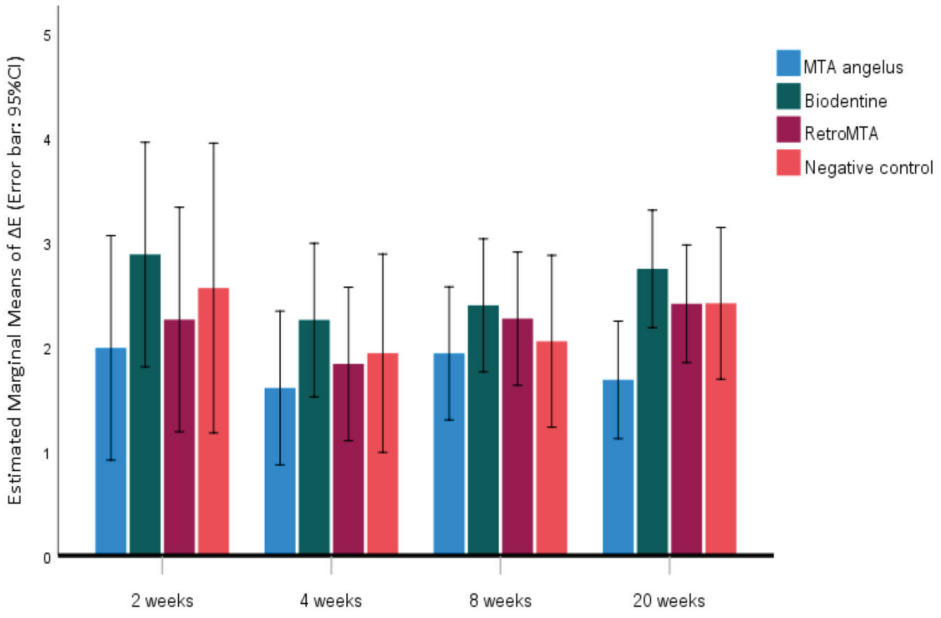
Fig 4. yellow–blue opponent colors before teeth were restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.

ตาราง 4 ค่า ΔE

Table 4. ΔE values.

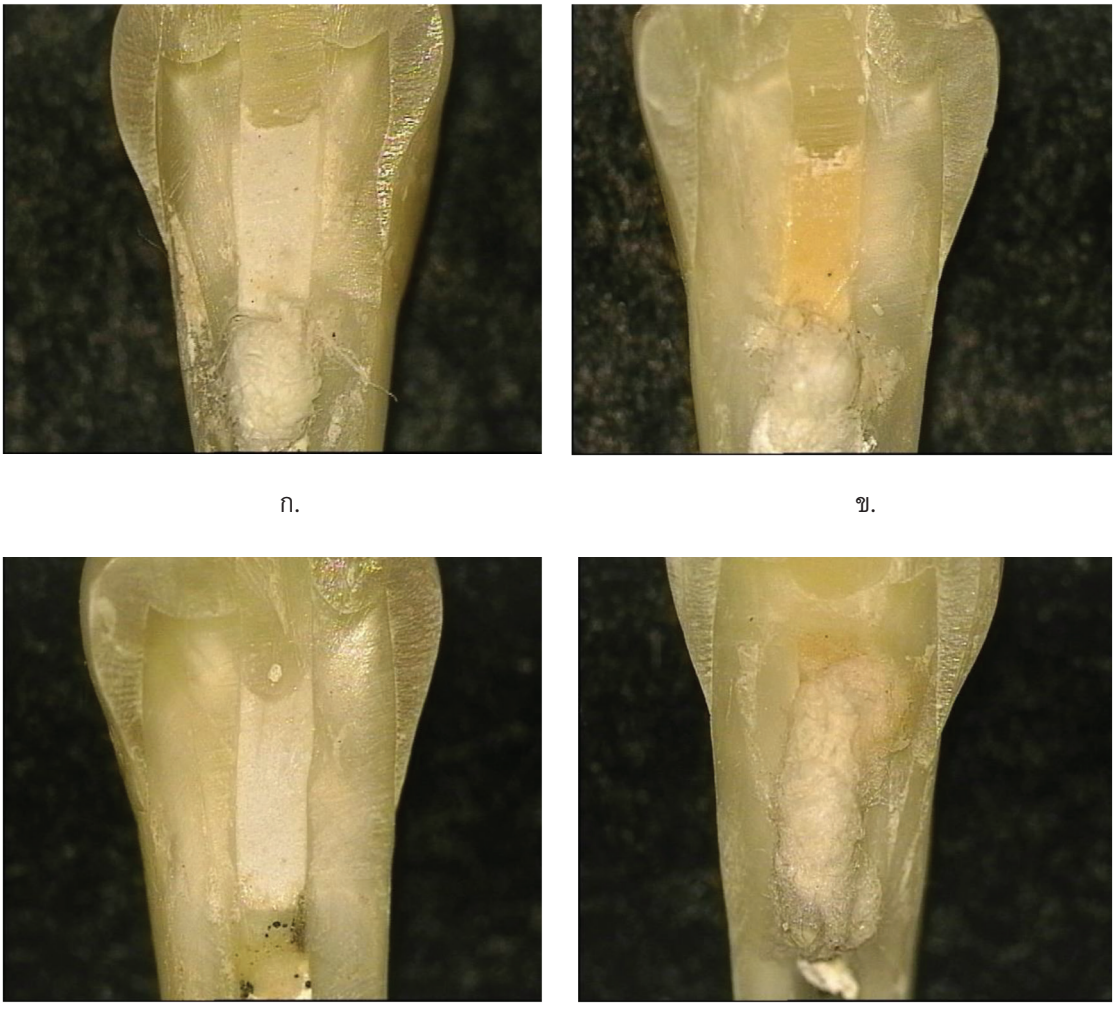
กลุ่มการศึกษา	mean ΔE parameter (±SD)			
	2 weeks (ΔE_1)	4 weeks (ΔE_2)	8 weeks (ΔE_3)	20 weeks (ΔE_4)
MTA angelus (5)	1.99 (± 0.79)	1.60 (± 0.81)	1.93 (± 0.58)	1.68 (± 0.45)
Biodentine (5)	2.88 (± 1.64)	2.25 (± 0.78)	2.39 (± 0.67)	2.74 (± 0.83)
RetroMTA (5)	2.26 (± 0.67)	1.83 (± 0.82)	2.27 (± 0.30)	2.41 (± 0.21)
Negative control (3)	2.56 (± 1.13)	1.94 (± 0.50)	2.05 (± 1.16)	2.41 (± 0.72)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนอุดวัสดุที่ได้จากการคำนวณภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอและกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 4) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา (P > 0.05)



รูปที่ 5 แผนภูมิแท่งแสดงค่า ΔE ระหว่างก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุที่ระยะเวลา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์

Fig 5. ΔE between value of teeth before restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 6 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมภายหลังบูรณะด้วย
ก. เอ็มทีเอแองเจลลัส, ข. ไบโอเดนทีน, ค. เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุม เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์
Fig 6. Dental operating microscope examination after restored with ก. MTA angelus,
ข. Biodentine, ค. RetroMTA and ง. Negative control 20 weeks.

บทวิจารณ์ (Discussion)

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการอุดด้วยไบโอเดนทีนบริเวณคอฟันเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะปี 2016 (7) ศึกษาที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ และการศึกษาของ Vallés และคณะ (9) ศึกษาที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 12 และ 24 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าฟันมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยของสีฟันค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไปเช่นเดียวกันกับผลจากการศึกษานี้ขัดแย้งกับการศึกษาของ Kohli และคณะปี 2015 (8) ซึ่งศึกษาที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์และการศึกษาของ Bhavya และคณะ ปี 2017 (10) ศึกษาที่ระยะเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของสีฟันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าผลจากการศึกษาทั้งสองจะพบว่าไบโอเดนทีนส่งผลให้ฟันมีค่าเฉลี่ยของสีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าเดลต้าอีอยู่ในช่วง 1.42-3.26 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3.7 จึงไม่สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่า (8,11) จึงยังกล่าวได้ว่าจากการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดรวมถึงในการศึกษานี้ไบโอเดนทีนไม่ส่งผลให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสี

ค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการอุดด้วยเรโทรเอ็มทีเอบริเวณคอฟันเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kang และคณะปี 2015 (12) ศึกษาที่ระยะเวลา 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ และการศึกษาของ Lim และคณะปี 2017 (13) ศึกษาที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าฟันมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกันโดยค่าเดลต้าอีของทั้งสองการศึกษาและการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่า 3.7 จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีฟันเมื่ออุดด้วยเรโทรเอ็มทีเอบริเวณคอฟัน

จากการศึกษานี้พบว่าเอ็มทีเอแองเจลลัสไม่ส่งผลให้ฟันมีค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกช่วงเวลาเช่นเดียวกัน แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าเอ็มทีเอแองเจลลัสจะส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12,14,15) เนื่องจากในปัจจุบันเอ็มทีเอแองเจลลัสได้มีการเปลี่ยนแปลงสารทึบรังสีจากบิสมัทออกไซด์มาใช้แคลเซียมทังสเตตจึงสามารถลดผลกระทบจากบิสมัทออกไซด์ที่ส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีได้

เมื่อนำผลการศึกษาของเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ ที่ระยะเวลาศึกษา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเดลต้าอีที่คำนวณได้ในการศึกษานี้อยู่ในช่วง 1.60-2.88 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งค่าเดลต้าอีในแต่ละการศึกษามีความแตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากการออกแบบการศึกษาที่แตกต่างกัน รวมถึงการใช้เอ็มทีเอแองเจลลัสรุ่นเก่าจึงทำให้ผลการศึกษาแตกต่างกับการศึกษานี้ Marconyak และคณะปี 2016 (14) พบว่าเมื่ออุดด้วยเอ็มทีแองเจลลัสฟันมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเดลต้าอีมากกว่า 3.7 สูงกว่าฟันที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนทีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Madani และคณะ ปี 2019 (15) พบว่าที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ ฟันที่ได้รับการอุดด้วยเอ็มทีเอแองเจลลัสมีค่าเดลต้าอีสูงกว่ากลุ่มไบโอเดนทีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในกลุ่มควบคุมที่ใช้สำลีร่วมกับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาไลน์ใส่แทนวัสดุที่ต้องการศึกษาพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปฟันในกลุ่มนี้ก็มีสีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยมีค่าเดลต้าอีอยู่ในช่วง 1.94-2.56 ซึ่งไม่แตกต่างจากทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะปี 2016 (7) พบว่าฟัน

ธรรมชาติที่ได้รับการอุดด้วยพลาสติกโฟมร่วมกับน้ำเกลือในบริเวณคอฟันและบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตมีสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ และการศึกษาของ Kang และคณะ ปี 2015 (12) พบว่าฟันธรรมชาติในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้อุดด้วยวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกมีการเปลี่ยนสีเช่นเดียวกันโดยแนวโน้มการเปลี่ยนสีของฟันเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เชื่อว่าการมีวัสดุในบริเวณโพรงฟันส่งผลให้ฟันสูญเสียความโปร่งแสง (translucency) จึงทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงเมื่อวัดสีฟันด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสงที่มีความแม่นยำสูง การศึกษาในเรื่องผลกระทบต่อสีฟันจึงจำเป็นต้องระลึกไว้เสมอถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแม้ไม่มีผลที่มาจากวัสดุที่ต้องการศึกษา

สาเหตุที่ทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีจากการใช้โพรรูทเอ็มทีเอคือบิสมัทออกไซด์ วัสดุไบโอเซรามิกกลุ่มใหม่จึงมีการเปลี่ยนสารทึบรังสี Marciano และคณะ ปี 2016 (16) พบว่าการใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทังสเตตเป็นสารทึบรังสีในพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ไม่ทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีและเมื่อนำไปทดสอบกับสารละลายคอลลาเจนเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อจำลองการสัมผัสกับคอลลาเจนในท่อเนื้อฟันพบว่าบิสมัทออกไซด์มีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีเทาในขณะที่เซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทังสเตตไม่มีการเปลี่ยนสี แม้ว่าการใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์เป็นสารทึบรังสีจะให้ผลการศึกษาที่ดีแต่อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนสารทึบรังสีในวัสดุอาจทำให้คุณสมบัติของไบโอเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงมีแนวคิดในการพัฒนาวัสดุไบโอเซรามิกที่องค์ประกอบหลักมีคุณสมบัติทึบรังสี เช่น การใช้สารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ร่วมกับแคลเซียมอลูมิเนตเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมอลูมิเนียมเซอร์โคเนต ($Ca_7ZrAl_6O_{18}$) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเรโทรเอ็มทีเอ (17) สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าไบโอเดนทีน, เอ็มทีเอแองเจลลัส และเรโทรเอ็มทีเอไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณตัวฟันจากวัสดุไบโอเซรามิกในอดีตที่ผ่านมามักมีการออกแบบการศึกษาโดยเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันและอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาในบริเวณโพรงเนื้อเยื่อในผ่านทางปลายรากฟัน (8,11,18) ซึ่งในการรักษาด้วยวิธีการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์นั้นวัสดุไบโอเซรามิกจะวางปิดทับบนลิ่มเลือดที่บริเวณคอฟัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงออกแบบวิธีการทดลองให้มีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงทางคลินิกโดยอ้างอิงการเตรียมฟันจากการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ ปี 2016 (7) โดยทำการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน และเตรียมคลองรากฟันจากบริเวณตัวฟันด้วยหัวกรอเกทส์กลิดเดนตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับ เพื่อควบคุมให้ฟันทุกซี่มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับวัสดุที่ต้องการศึกษาใกล้เคียงกัน และทำการล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตรเพื่อลดผลข้างเคียงของน้ำยาล้างคลองรากฟันที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิก (19-21) ถึงแม้จะมีการศึกษาพบว่าการเตรียมฟันโดยการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันจากบริเวณตัวฟันจะส่งผลให้ฟันมีสีที่เปลี่ยนไปเล็กน้อย แต่พบว่าไม่ส่งผลให้สีฟันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (15) ฟันทุกซี่ในการศึกษานี้จะถูกเก็บไว้ในกล่องใสความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิห้องตลอดการศึกษา และจากการศึกษานำร่อง (pilot study) ด้วยวิธีวิจัยนี้เมื่ออุดไวท์เอ็มทีเอแองเจลลัสรุ่นเก่าที่มีบิสมัทออกไซด์เป็นสารทึบรังสีบริเวณคอฟันพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ (ก่อนอุดวัสดุ 85.96 และที่ 5 สัปดาห์ 84.42) และมีค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ (ก่อนอุดวัสดุ 0.23 และที่ 9 สัปดาห์ -0.35) จากค่าความสว่างที่ลดลงและมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวที่มากขึ้นแสดงให้เห็นว่าวิธีวิจัยนี้สามารถแสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟันได้ แม้ว่าวัสดุที่ใช้ในการศึกษาเหล่านี้จะใช้อุดในส่วนคลองรากฟันแต่การนำมาอุดบริเวณโพรง

เนื้อเยื่อในโดยตรงจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นบริเวณตัวฟันได้ชัดเจน การศึกษาเรื่องผลของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณตัวฟันในอดีตรวมถึงการศึกษานี้จึงอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาบริเวณโพรงเนื้อเยื่อใน

ปัจจุบันมีการนำเครื่องวัดความเข้มของแสงและเครื่องวัดสีมาใช้เทียบสีฟันในคลินิก พบว่าการใช้เครื่องวัดความเข้มของแสงมีผลเที่ยงตรงสูง การศึกษาวิจัยนิยมวัดสีฟันในระบบ CIE L*a*b* และนำค่าสีที่วัดได้ทั้งสามมาคำนวณจะได้ค่าระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance) หรือเดลต้าอีซึ่งแสดงถึงสีของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป ในการศึกษานี้เลือกใช้เครื่องวัดความเข้มของแสง VITA Easyshade มาใช้ในการวัดผล เนื่องจาก VITA Easyshade เป็นระบบที่มีความเที่ยงตรงสูง นอกจากนี้ยังพบว่าแสงธรรมชาติจากภายนอกที่ระยะเวลาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเทียบสีฟันในระบบ CIE L*a*b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (22,23)

ในการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมเพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงด้วยตาเปล่าของสีเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุโดยตรงเมื่อเปรียบเทียบกับสีของเนื้อฟันบริเวณใกล้เคียงที่ไม่สัมผัสกับวัสดุที่ต้องการศึกษา พบว่าสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับเอ็มทีเอแองเจลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ รวมถึงกลุ่มควบคุมไม่เปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสง พบว่าทุกกลุ่มการศึกษาและทุกระยะเวลามีค่าเดลต้าอีน้อยกว่า 3.7 ซึ่งไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้ด้วยตาเปล่า

ความหนาของเนื้อฟันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อสีบริเวณคอฟันได้ (14,24) ในการศึกษานี้ใช้ฟันกรามน้อยล่างรากเดียวของมนุษย์ซึ่งมีความหนาของเนื้อฟันบริเวณคอฟันมากกว่าฟันหน้า แม้ว่าจะไม่พบความเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟันแต่จากการคำนวณค่าเดลต้าอีพบว่ามีแนวโน้มที่จะมีสีฟันเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลามากขึ้น เป็นไปได้ว่าฟันอาจมีการเปลี่ยนสีได้ในอนาคต นอกจากนี้ความทึบแสง (opacity) และความโปร่งแสงของเนื้อฟันและเคลือบฟันยังมีผลต่อสีฟัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณคอฟันซึ่งมีเคลือบฟันบางกว่าบริเวณอื่น สีของฟันในบริเวณนี้จึงได้รับอิทธิพลมาจากสีเนื้อฟันเป็นหลัก ดังนั้นหากวัสดุทำให้เนื้อฟันเปลี่ยนสีย่อมส่งผลต่อสีที่แสดงออกมาที่บริเวณคอฟันด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ความหนาแน่นและขนาดของท่อเนื้อฟันอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟันจึงมีหลายการศึกษา (25-27) แนะนำให้เคลือบเนื้อฟันด้วยสารยึดติด (dentin bonding agents) เพื่อปิดท่อเนื้อฟันลดการเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นจากการใช้วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกและยาที่ใช้ในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโด ดอนติกส์ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุต่อสีฟันโดยตรงแต่ในทางปฏิบัติในคลินิกอาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ผลกระทบจากยาที่ใส่ในคลองรากฟัน การสัมผัสกับลิ่มเลือดในคลองรากฟัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้พบว่าการนำเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอมาใช้ในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ไม่ส่งผลให้ฟันบริเวณคอฟันเกิดการเปลี่ยนสี

บทสรุป (Conclusion)

เอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ และนอกจากนี้พบว่าเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอไม่ทำให้เนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุเปลี่ยนสี

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบพระคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิทยาเอ็นโดดอนต์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และบุคลากรประจำภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. J Endod. 2007;33(4):377-90.

2. Gandolfi M, Siboni F, Polimeni A, Bossù M, Riccitiello F, Rengo S, et al. *In vitro* screening of the apatite-forming ability, biointeractivity and physical properties of a tricalcium silicate material for endodontics and restorative dentistry. Dent J. 2013;1(4):41-60.

3. Che J-L, Kim J-H, Kim S-M, Choi N-k, Moon H-J, Hwang M-J, et al. Comparison of setting time, compressive strength, solubility, and pH of four kinds of MTA. Korean J Dent Mater. 2016;43(1):61-71.

4. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Ford TP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod. 1995;21(7): 349-53.

5. Vallés M, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Bourdelande JL, Roig M. Influence of light and oxygen on the color stability of five calcium silicate–based materials. J Endod. 2013;39(4):525-8.

6. Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM. An update on clinical regenerative endodontics. Endod Topics. 2013;28(1):2-23.

7. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PM. Evaluation and comparison of occurrence of tooth discoloration after the application of various calcium silicate–based cements: an *ex vivo* study. J Endod. 2016;42(1):140-4.

8. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. J Endod. 2015;41(11):1862-6.

9. Vallés M, Roig M, Duran-Sindreu F, Martínez S, Mercadé M. Color Stability of Teeth Restored with Biodentine: A 6-month *in vitro* Study. J Endod. 2015;41(7):1157-60.

10. Bhavya B, Sadique M, Simon EP, Ravi SV, Lal S. Spectrophotometric analysis of coronal discoloration induced by white mineral trioxide aggregate and Biodentine: An *in vitro* study. J Conserv Dent. 2017;20(4):237-40.

11. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA-and ZnOE-based sealers. J Appl Oral Sci. 2013;21(2):138-44.

12. Kang S-H, Shin Y-S, Lee H-S, Kim S-O, Shin Y, Jung I-Y, et al. Color changes of teeth after treatment with various mineral trioxide aggregate–based materials: an *ex vivo* study. J Endod. 2015;41(5):737-41.

13. Lim Y, Choi N, Kim J, Kim S. Spectrophotometric Analysis of Crown Discoloration Induced by Various MTA Based Materials. J Korean acad pediatr dent. 2017;44(1):28-37.

14. Marconyak LJ, Kirkpatrick TC, Roberts HW, Roberts MD, Aparicio A, Himel VT, et al. A Comparison of Coronal Tooth Discoloration Elicited by Various Endodontic Reparative Materials. J Endod. 2016;42(3):470-3.

15. Madani Z, Alvandifar S, Bizhani A. Evaluation of tooth discoloration after treatment with mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture, and Biodentine® in the presence and absence of blood. Dent Res J. 2019;16(6):377.

16. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RFL, Guimaraes BM, Duarte MAH. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. J Endod. 2014; 40(8):1235-40.

17. Kim Y, Kim S, Choi N. Regenerative endodontic treatment without discoloration of infected immature permanent teeth using Retro MTA : Two case reports. J Korean acad pediatr dent. 2014;41(4):335-43.

18. Alsubait S, Al-Haidar S, Al-Sharyan N. A comparison of the discoloration potential for endosequence bioceramic root repair material fast set putty and proroot mta in human teeth: an in vitro study. J Esthet Restor Dent. 2017;29(1):59-67.

19. Camilleri J. Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. J Endod. 2014;40(3):436-40.

20. Keskin C, Demiryurek EO, Ozyurek T. Color Stabilities of Calcium Silicate–based Materials in Contact with Different Irrigation Solutions. J Endod. 2015;41(3):409-11.

21. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. Clin Oral Investig. 2015;19(9):2201-9.

22. Posavec I, Prpić V, Knezovic D. Influence of Light Conditions and Light Sources on Clinical Measurement of Natural Teeth Color using VITA Easyshade Advance 4.0® Spectro-photometer. Pilot Study. Acta Stomatol Croat. 2016;50:337-47.

23. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. J Prosthet Dent. 2009; 101(3):193-9.

24. Marques RB, Baroudi K, Santos AFCd, Pontes D, Amaral M. Tooth discoloration using calcium silicate-based cements for simulated revascularization *in Vitro. Brazilian Dental Journal.* 2021;32:53-8.

25. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Alikhasi M, Bagheri P, Camilleri J. Prevention of coronal discoloration induced by regenerative endodontic treatment in an ex vivo model. Clinical oral investigations. 2018;22(4):1725-31.

26. Akbari M, Rouhani A, Samiee S, Jafarzadeh H. Effect of dentin bonding agent on the prevention of tooth discoloration produced by mineral trioxide aggregate. Int J Dent. 2012;2012.

27. Khim TP, Sanggar V, Shan TW, Peng KC, Western JS, Dicksit DD. Prevention of coronal discoloration induced by root canal sealer remnants using Dentin Bonding agent: An *in vitro* study. J Conserv Dent. 2018;21(5):562-8.

ติดต่อบทความ:
อ.ทพญ.กุลนันทน์ ดำรงวุฒิ
ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์: 02 649 5212
อีเมล์: kunlanun_d@hotmail.com

Corresponding author:
Dr.Kunlanun Dumrongvute
Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.
Tel: 02 649 5212
E-mail: kunlanun_d@hotmail.com

Received Date: Aug 25, 2021
Revised Date: Oct 01, 2021
Accepted Date: Dec 16, 2021