

ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีฟันของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก: การศึกษาในมนุษย์

Reliability and Validity in Tooth Color Measurement of Spectrophotometer and Intraoral Scanners : *In-vivo Study*

ชญชนก ปุระณะภักดี¹, ชัยวัฒน์ มณีบุญ¹

Tanchanok Puranapakdee¹, Chaiwat Maneenut¹

¹ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

¹Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีฟันธรรมชาติของมนุษย์ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก โดยใช้ฟันตัดซี่กลางด้านขวาบน (ซี่ 11) ของผู้ร่วมในการศึกษาจำนวน 50 คน ในการทดสอบ ทำความสะอาดฟันด้วยผงฟวมินิส ล้างด้วยน้ำจากที่เป่าลมและน้ำ บ้วนปากด้วยน้ำเปล่า ซับฟันให้แห้งด้วยผ้าก๊อช แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ตามเครื่องที่ใช้ในการวัดสี ได้แก่ กลุ่มเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต้าอีชีแอนด์ไฟว์ (VITA Easyshade® V) กลุ่มเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟ (TRIOS 3shape) และกลุ่มเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม (CEREC Omnicam) ทำการวัดสีฟันที่ตำแหน่งกึ่งกลางคอฟัน กึ่งกลางตัวฟัน และ กึ่งกลางปลายฟัน ตามลำดับบันทึกสีที่วัดได้เป็นค่าสีของไวต้าทริตีมาสเตอร์ (Vita 3D-MASTER) นำค่าที่บันทึกมาหาค่าความเชื่อมั่นที่แสดงถึงความไม่เปลี่ยนแปลงของสีที่วัดได้ในตัวอย่างเดียวกันเมื่อทำการวัดซ้ำ ๆ โดยใช้สถิติแลนดอล์ฟคัปป์ (Randolph kappa) และใช้สถิติไคสแควร์ (Chi's square) หาค่าความเที่ยงตรงที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือในการวัดได้สีที่ถูกต้อง ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเชื่อมั่นในการวัดสีฟันของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากหรือสทริเซฟอยู่ในระดับดี (อยู่ในช่วง 0.61-0.80) และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมอยู่ในระดับปานกลาง (อยู่ในช่วง 0.41-0.60) สำหรับความเที่ยงตรงในการวัดสีฟันเมื่อเทียบกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์พบว่า เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟมีค่าร้อยละ 28.2 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมมีค่าร้อยละ 27.7 ซึ่งทั้งสองค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.210$) สรุปได้ว่า ความเชื่อมั่นในการวัดสีฟันธรรมชาติของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟอยู่ในระดับดี เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมอยู่ในระดับปานกลาง ความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

คำสำคัญ : การวัดสีฟัน, การศึกษาในมนุษย์, เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก, สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

Abstract

The aim of this study was to evaluate and compare reliability and validity of spectrophotometer and intraoral scanners for human tooth color measurement. Subjects were right maxillary central incisors of 50 volunteers. The tooth was cleaned by pumice, rinsed with water spray and distilled water and moist dried with gauze. Color measurement was consecutively performed at cervical, middle and incisal areas by VITA Easyshade® V spectrophotometer, TRIOS 3shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner. The color was recorded as VITA 3D-MASTER color system. Data was analyzed using Randolph kappa for reliability and chi's square for validity. The result shown that

the reliability of VITA Easyshade® V spectrophotometer and TRIOS 3Shape intraoral scanner was in the good strength of agreement (between 0.61-0.80) and CEREC Omnicam intraoral scanner was in the moderate strength (between 0.41-0.60). The validity of TRIOS 3Shape intraoral scanner was 28.2 % and of CEREC Omnicam intraoral scanner was 27.7 % when compared to VITA Easyshade® V spectrophotometer. There was no significantly different in validity between CEREC Omnicam intraoral scanner and TRIOS 3Shape intraoral scanner ($p = 0.210$). It can be concluded that the reliability of VITA Easyshade® V spectrophotometer and TRIOS 3 shape intraoral scanner was in the good range and CEREC Omnicam intraoral scanner was in the moderate range. The validity of both intraoral scanners was not significantly different but significant less than VITA Easyshade® V spectrophotometer.

Keywords: Tooth color measurement, *In vivo* study, Intraoral scanner, Spectrophotometer

Received date:

Revised date:

Accepted date:

Doi:

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :

ธัญชนก ปุระณะภักดี, ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย โทร: 02-218-8795, 099-895-3568, อีเมล: toeeyyy@gmail.com

Correspondence to :

Tanchanok Puranapakdee, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Road, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand. Tel: 02-218-8795, 099-895-3568, Email: toeeyyy@gmail.com

บทนำ

วัตถุประสงค์หลักของการรักษาทางทันตกรรมบูรณะคือการบูรณะฟันให้ได้รูปร่างที่ดี สามารถใช้งานได้ และมีความสวยงาม ซึ่งความสวยงามนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเพราะฟันธรรมชาติมีลักษณะที่ค่อนข้างซับซ้อนและมีรายละเอียดต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของสีฟันซึ่งเป็นสีโดยรวมที่เกิดจากชั้นเคลือบฟัน เนื้อฟัน และโพรงประสาทฟัน โครงสร้างเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดแสงให้แสงส่องผ่าน หรือสะท้อนกลับได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ สีของฟันหลังและบริเวณรอบข้างของฟันก็มีอิทธิพลต่อสีของฟันด้วย ส่วนการมองเห็นสีฟันนั้นเกิดจากการที่แสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบกับฟันแล้วสะท้อนมายังตา จากนั้นตาและสมองจะทำงานร่วมกันเพื่อแปลงข้อมูลของแสงที่ได้รับให้กลายเป็นสีต่าง ๆ ปัจจัยที่กล่าวมาเหล่านี้ส่งผลต่อการเลือกสีทางทันตกรรม¹

การเลือกสีฟันที่จะบูรณะให้ใกล้เคียงและกลมกลืนกับฟันธรรมชาติต้องอาศัยการประเมินสีฟันเพื่อการเลือกสีของวัสดุหรือส่งต่อและสื่อสารกับช่างทันตกรรมเพื่อสร้างชิ้นงานที่มีสีตามต้องการ¹ ในการเทียบสีทางทันตกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสวยงามเช่น การบูรณะในฟันหน้า จะมีการทำแผนที่ภาพสี (color mapping)² ของฟันโดยแบ่งฟันออกเป็นสามตำแหน่งคือ คอฟัน กึ่งกลางฟัน และปลายฟันเนื่องจากในแต่ละตำแหน่งจะมีความหนาของเคลือบฟัน และเนื้อฟัน

ที่แตกต่างกัน ทำให้สีที่สะท้อนกลับออกมาไม่เหมือนกัน ส่วนการเทียบสีนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ชุดเทียบสี (shade guide) ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) และใช้เครื่องคัลเลอร์มิเตอร์ (colorimeter) ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมมากและใช้กันมานานคือ การใช้ชุดเทียบสี ซึ่งอาศัยการมองด้วยตาของทันตแพทย์เพียงอย่างเดียว วิธีการนี้มีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องคือ ปัจจัยภายในตัวบุคคล เช่น ประสบการณ์ ความชำนาญ และความล้าของสายตาทันตแพทย์ และปัจจัยภายนอก เช่น สีและแสงจากสิ่งแวดล้อม³ มีการศึกษาก่อนหน้าของ Haselton ในปี ค.ศ. 2000^{4,5} พบว่างานบูรณะฟันด้วยวัสดุสีเหมือนฟันที่เลือกสีโดยการใช้ชุดเทียบสีมีการเลือกสีผิดพลาดถึงร้อยละ 44-63 ต่อมาได้มีการผลิตเครื่องวัดสีเพื่อใช้ในทางทันตกรรมได้แก่ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์และคัลเลอร์มิเตอร์โดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ระบบวัดแสง และระบบประมวลผลที่สามารถแสดงผลในระบบซีไออีแลบ (CIE lab) และระบบสีไวต้าทริตัสเตอร์ (VITA 3D-MASTER) เครื่องจะวัดปริมาณแสงและคลื่นที่มีการสะท้อนกลับมาจากหลังตกกระทบลงบนพื้นผิวของฟัน⁶ เมื่อเปรียบเทียบกับสายตามนุษย์พบว่า สเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีความแม่นยำมากกว่าและเลือกสีได้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติหรือวัสดุที่อยู่ใกล้เคียง^{7,8} ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการวัดสีด้วยเครื่องมือ

วัดสีคือ ความเชื่อมั่น (reliability) ที่แสดงถึงความไม่เปลี่ยนแปลงของสีที่วัดได้ในตัวอย่างเดียวกันเมื่อทำการวัดซ้ำ ๆ และความเที่ยงตรง (validity) ที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือในการวัดได้สีที่ถูกต้อง⁹ มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการหลายการศึกษาที่พบว่า สเปคโตรโฟโตมิเตอร์หลายผลิตภัณฑ์ให้ค่าความเชื่อมั่นที่สูงและใกล้เคียงกันในระดับที่มากกว่าร้อยละ 96 แต่ความเที่ยงตรงนั้นมีความแตกต่างกัน โดยอยู่ในช่วงร้อยละ 67-93^{10,11} สำหรับเครื่องคัลเลอร์มิเตอร์นั้น สามารถวัดปริมาณแสงที่มีการสะท้อนกลับภายหลังตกกระทบพื้นผิวของฟันได้เช่นเดียวกับสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ แต่คัลเลอร์มิเตอร์จะทำการตรวจจับเฉพาะความยาวคลื่นของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน เท่านั้น และให้ความเที่ยงตรงไม่ดีเท่าสเปคโตรโฟโตมิเตอร์^{7,8}

ในปี ค.ศ. 2017 ได้มีการพัฒนาเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก เพื่อบันทึกรายละเอียดของฟันและเนื้อเยื่อบริเวณใกล้เคียงภายในช่องปากด้วยระบบดิจิทัล เพื่อใช้ทดแทนการพิมพ์ปากด้วยวัสดุพิมพ์ปาก ไม่ต้องเทปูนหล่อ ลดขั้นตอน ลดเวลา และความไม่สบายของผู้ป่วย¹²⁻¹⁴ รวมไปถึงสามารถสื่อสารกับช่างห้องปฏิบัติการและผู้ป่วยได้ดีขึ้น^{15,16} นอกจากนี้ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากบางผลิตภัณฑ์สามารถเก็บภาพของฟันและวัดสีฟันจากข้อมูลภาพที่เก็บไว้ได้ ซึ่งการวัดและเทียบสีมีหลักการการทำงานเหมือนโปรแกรมแต่งภาพ โดยกำหนดจุดที่ต้องการวัดสีในภาพ จากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผลเทียบข้อมูลสีที่ใกล้เคียงกับสีฟันมากที่สุด อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากในปัจจุบันส่วนใหญ่จะศึกษาเกี่ยวกับความแม่นยำในการลอกรายละเอียดของฟันและเนื้อเยื่อโดยรอบเทียบกับการพิมพ์ปากระบบดั้งเดิม¹⁷⁻²¹ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการวัดสีหรือเทียบสีของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากไม่มากนัก^{11,22,23} การศึกษาของ Gotfredsen Kea¹¹ รายงานว่า ประสิทธิภาพการวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากเทียบเท่ากับเครื่องคัลเลอร์มิเตอร์และการวัดสีด้วยสายตา การศึกษาของ Hyung-In และคณะ²² พบว่า ความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากและคัลเลอร์มิเตอร์นั้นมีค่าที่ดีมาก แต่ความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากนั้นยังไม่เป็นที่น่าเชื่อถือนัก ผู้วิจัยได้เสนอว่าควรมีการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากเพิ่มมากขึ้น ส่วนการศึกษาของ Brandt และคณะ ในปี ค.ศ. 2017²³ พบว่า ประสิทธิภาพการวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากดีกว่าการวัดสีด้วยสายตาและเทียบเท่าเครื่องวัดสีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์อิชี่เชดไฟว์ (VITA Easyshade[®] V) อย่างไรก็ตามการศึกษาที่กล่าวข้างต้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์เทียบกับเครื่องมือวัดสีอื่น ๆ โดยใช้ค่าแสดงผลของสีระบบซีไอแอลเป็นหลักและเปรียบเทียบด้วยการหาค่าความ

แตกต่างของสี (delta E) แต่การปฏิบัติงานในคลินิกทันตกรรมส่วนใหญ่เน้น การวัดสีฟันเพื่อเลือกสีวัสดุบูรณะหรือการสื่อสารกับช่างทันตกรรมเพื่อให้สีของวัสดุบูรณะที่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากที่สุดมักใช้ค่าสีในระบบไวต์อิชี่คลาสสิก (VITA classical) หรือ ไวต์อิชี่ทรีดีมาสเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานทันตกรรมเพื่อความสวยงามมักจะใช้การเทียบสีในระบบไวต์อิชี่ทรีดีมาสเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประเมินและเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของการวัดสีฟันในคลินิกด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากเมื่อวัดค่าสีในระบบไวต์อิชี่ทรีดีมาสเตอร์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

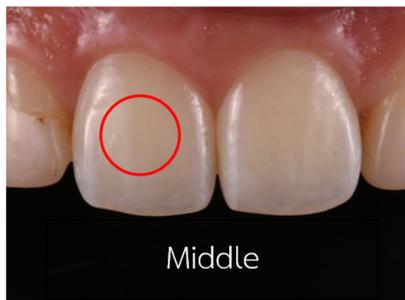
การดำเนินการวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ HREC-DCU 2019-035 จำนวนกลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมการศึกษาคำนวณจากโปรแกรม Reliability analytics ในเว็บไซต์ https://reliabilityanalyticstoolkit.appspot.com/sample_size?fbclid=IwAR1EBsR6gvDQdXdgsCiX9lmap7z6cj6VU9x5ZvsajbbGh5HLvxLQSMvXLzo โดยใช้ Non-parametric Binomial Reliability demonstration test เมื่อให้ค่า allowed test failure เท่ากับ 5 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับร้อยละ 80 ด้วยค่าความเชื่อร้อยละร้อยละ 95 (confidence level 95%) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 50 คน กำหนดช่วงอายุระหว่าง 20-65 ปี ใช้ฟันตัดซี่กลางด้านขวา (ซี่ 11) ของผู้ร่วมการทดลองในการวัดสี โดยมีเกณฑ์การคัดฟันเข้าคือ ฟันไม่มีวัสดุอุด รอยโรคฟันผุ คราบสี คราบจุลินทรีย์ เหงือกอักเสบ และโรคปริทันต์ มีฟันข้างเคียง ไม่เคยรักษาโรค และไม่อยู่ในระหว่างการฟอกสีฟัน โดยผู้ร่วมการทดลองจะได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการดูแลรักษาช่องปาก งดสูบบุหรี่และดื่มชา กาแฟ ในระหว่างการทดลอง

ก่อนการวัดสีฟัน ทำความสะอาดฟันที่จะทดสอบด้วยหัวขัดยางรูปถ้วย (rubber cup) กับผงฟิมมิส (pumice) จากนั้นล้างด้วยน้ำจากที่เป่าลมและน้ำ (triple syringe) แล้วให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า เช็ดฟันด้วยผ้าก๊อซแห้งให้สะอาด วัดสีฟันด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์อิชี่เชดไฟว์ บริษัท VITA Zahnfabrik, Germany เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ บริษัท 3Shape, Denmark และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็ก ออมนิแคม บริษัท Dentsply sirona, USA ตามลำดับ แสงโดยรอบช่องปากมาจากไฟเพดานห้องไม่ใช่ไฟจากเก้าอี้ทำฟัน กระบวนการวัดสีด้วยเครื่องแต่ละเครื่องจะใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที เมื่อทำการวัดครบ 10 ซี่ จะปรับเครื่องวัดให้ได้มาตรฐานอีกครั้งหนึ่ง²² และผู้เข้าร่วมการ

การศึกษาจะบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า เช็ดฟันด้วยผ้าก๊อชแห้งให้สะอาด ก่อนที่จะทำการวัดด้วยเครื่องอื่นต่อไป เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีของ ฟันที่มาจาก การสูญเสีย น้ำ (dehydration)

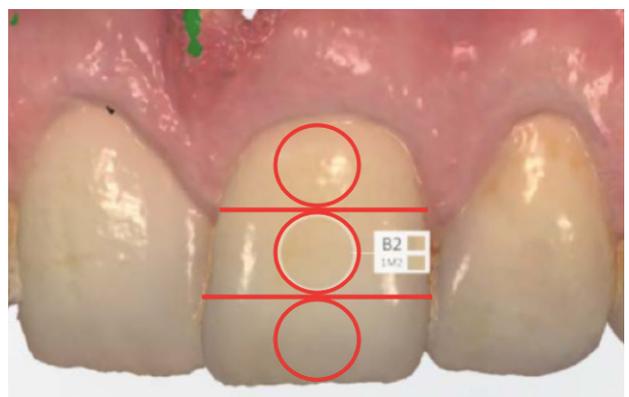
ในการวัดสีฟัน ผู้เข้าร่วมการศึกษานั่งตัวตรงในเก้าอี้ทำฟัน ในระดับสายตาของทันตแพทย์ ฟิงคิระบนที่ ฟิงคิระของเก้าอี้ทำฟัน ทันตแพทย์ยืนหันหน้าเข้าหาผู้เข้าร่วมการศึกษา รังริมฝีปากให้ห่าง ออกจากฟันด้วยอุปกรณ์รังริมฝีปาก เริ่มวัดสีด้วยเครื่องสเปคโตร โฟโตมิเตอร์ไวต์ไอซีแอดไฟว์ ที่ปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนการวัด และใช้รูปแบบการวัดแบบ tooth area โดยทำการวัดสีของฟันตัดซี่

กลางด้านขวา บริเวณส่วนคอฟัน ส่วนกลางฟัน และส่วนปลายฟัน ตำแหน่งละ 1 ครั้ง ให้ปลายเครื่องมือวัดแนบกับผิวฟันในตำแหน่ง ที่ต้องการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัด การวัดส่วนคอฟัน วางปลายเครื่องมือชิดกับขอบเหงือก การวัดส่วนกลางฟันวางปลาย เครื่องให้อยู่กึ่งกลางฟันโดยเหลือระยะบริเวณคอฟันและปลายฟัน เป็นความระยะที่เท่ากัน และการวัดส่วนปลายฟันนั้นวางปลายเครื่องมือ ชิดกับปลายฟัน (รูปที่ 1) ทำการบันทึกค่าสีที่ได้เป็นสีในระบบไวต์ค่า ทริติมาสเตอร์ ทำการวัดฟันซี่เดิมด้วยวิธีการเดิมอีก 2 ครั้ง จะได้ค่าสี บริเวณส่วนคอฟัน ส่วนกลางฟัน และส่วนปลายฟัน ตำแหน่งละ 3 ค่า



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งในการวัดสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ไอซีแอดไฟว์
 Figure 1 The areas of color measurement with spectrophotometer

จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการการศึกษาบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า เช็ดฟันด้วยผ้าก๊อชแห้งให้สะอาดก่อนที่จะทำการวัดสีฟันด้วยเครื่อง สแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟ โดยปรับเครื่องให้ได้มาตรฐาน ก่อนทำการวัดและสแกนฟันด้านริมฝีปาก (labial surface) ทันที โดยเริ่มการสแกนจากบริเวณด้านปลายฟัน (incisal area) มายัง ด้านคอฟัน (cervical area) ขณะทำการสแกน จะมีแสงจากปลาย เครื่องสแกนส่องที่ฟันตลอดเวลา เมื่อสแกนเสร็จจะมีรูปฟันปรากฏ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ทำการวัด ความยาวของฟันและแบ่งออกเป็นสามส่วนเท่า ๆ กันในแนวปลายฟัน- คอฟัน (inciso-cervical) วัดสีบริเวณกึ่งกลางของแต่ละบริเวณ บริเวณละ 1 ครั้ง (รูปที่ 2) บันทึกค่าสีที่ได้เป็นสีในระบบไวต์ค่าทริติ มาสเตอร์ ทำการสแกนฟันซี่เดิมและวัดสีในรูปอีก 2 ครั้ง รวมทั้งหมด จะเป็นการวัดหาค่าสี 3 ครั้งต่อฟันหนึ่งซี่ จะได้ค่าสีบริเวณส่วนคอฟัน ส่วนกลางฟัน และส่วนปลายฟัน ตำแหน่งละ 3 ค่า จากนั้น ให้ผู้เข้าร่วม การศึกษาบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า เช็ดฟันด้วยผ้าก๊อชแห้งให้สะอาด ก่อนที่จะทำการวัดสีฟันด้วยเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็ค ออมนิแคม ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการวัดด้วยเครื่องสแกนเนอร์ ภายในช่องปากหรือสทริเซฟ



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของการวัดสีในภาพฟันด้วยเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก
 Figure 2 The areas of color measurement with intraoral scanners

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมคำนวณออนไลน์คัปปา (online kappa calculator) ในเว็บไซต์ <http://justusrandolph.net/kappa> ในการวิเคราะห์ข้อมูลของสถิติเชิงพรรณนามาโดยใช้ สถิติแลนดอร์ฟคัปปา (randolph kappa) คำนวณหาความเชื่อมั่น ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ไอซีแอดไฟว์ เครื่องสแกนเนอร์ ภายในช่องปากหรือสทริเซฟ และ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก

ซีเล็คคอมนิแคม ส่วนค่าความเที่ยงตรงนั้นจะคำนวณร้อยละความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟและเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม โดยเทียบกับค่าสีที่วัดได้ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์อิชี่เจดไฟว์ นำค่าสีที่วัดได้มาคำนวณความถูกต้องแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (microsoft Excel) หลังจากนั้นนำค่าทั้งหมดเข้าโปรแกรมเอสพีเอสเอส (SPSS statistics version 22) กำหนดค่านัยสำคัญที่ $P=0.05$ เปรียบเทียบความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟและเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมโดยใช้สถิติไคว์สแควร์ (chi-square)

ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 50 คน เป็นหญิง 35 คน ชาย 15 คน ช่วงอายุระหว่าง 24-51 ปี โดยอายุเฉลี่ยของ

ผู้เข้าร่วมทดลองคือ 29.52 ปี และ ค่าฐานนิยมคือ 28 ปี การทดสอบความเชื่อมั่นหรือ Intra-rater agreement จะแสดงค่า Percent overall agreement, Free-marginal Kappa และค่า Asymptotic 95% confidence interval ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์อิชี่เจดไฟว์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อนำค่า Free-marginal Kappa ที่ได้มาเทียบกับการจัดแบ่งความเชื่อมั่นประเภทโคเฮนคัปปา (Cohen's kappa)²⁴ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์อิชี่เจดไฟว์และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากหรือสทรีเซฟอยู่ในระดับดี (ระหว่าง 0.61-0.80) ส่วนความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (ระหว่าง 0.41-0.60) โดยค่าความเชื่อมั่นในการวัดที่บริเวณคอฟฟันและกึ่งกลางฟันจะมีค่าใกล้เคียงกันและมากกว่าบริเวณปลายฟัน

ตารางที่ 1 แสดงค่า Intra-rater agreement ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์อิชี่เจดไฟว์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม ที่ตำแหน่งคอฟฟัน กลางฟัน และปลายฟัน

Table 1 Intra-rater agreement of spectrophotometer VITA Easyshade[®] V, TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner at cervical, middle and incisal areas

	Position	Intra-rater agreement		
		Percent overall agreement	Free-marginal Kappa	Asymptotic 95% confidence interval
VITA Easyshade [®] V	Cervical (N=50)	78.67 %	0.78	[0.69,0.87]
	Middle (N=50)	79 %	0.79	[0.70,0.88]
	Incisal(N=50)	70.67 %	0.70	[0.60,0.79]
TRIOS 3shape	Cervical (N=50)	78.67 %	0.78	[0.68,0.88]
	Middle (N=50)	78 %	0.77	[0.68,0.87]
	Incisal (N=50)	64 %	0.63	[0.52,0.72]
CEREC Omnicam	Cervical (N=50)	60 %	0.59	[0.48,0.69]
	Middle (N=50)	59.33 %	0.58	[0.47,0.69]
	Incisal (N=50)	54.67 %	0.53	[0.43,0.63]

เมื่อนำข้อมูลการวัดทั้งหมด 150 ครั้ง มาคำนวณหาความเที่ยงตรงจากค่าความถี่ในการวัดสีที่ถูกต้องของเครื่องมือสแกนเนอร์ทั้งสอง แบ่งตามตำแหน่งการวัดออกเป็น คอฟฟัน กึ่งกลางฟัน และปลายฟัน พบว่า เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟให้ค่า

ถูกต้องสูงสุดที่ตำแหน่งปลายฟันคือร้อยละ 36.6 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมให้ค่าถูกต้องสูงสุดที่ตำแหน่งคอฟฟันคือ ร้อยละ 37.3 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงในการวัดสีได้ถูกต้องโดยรวมที่ 3 ตำแหน่ง คอฟัน กึ่งกลางฟัน และ ปลายฟัน ของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือออสทริเซฟและเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม

Table 2 Validity of color measurement in percentage of TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner at cervical, middle and incisal areas

	TRIOS 3shape			CEREC Omnicam		
	Cervical (N=150)	Middle (N=150)	Incisal (N=150)	Cervical (N=150)	Middle (N=150)	Incisal (N=150)
Correct	14 % (21)	34 % (51)	36.6 % (55)	37.3 % (56)	19.34 % (29)	26.6 % (40)
Incorrect	86 % (129)	66 % (99)	63.3 % (95)	62.6 % (94)	80.6 % (121)	73.3 % (110)

เมื่อนำข้อมูลการวัดทั้งหมดมาคำนวณหาความเที่ยงตรงจากค่าความถี่ในการวัดสีที่ถูกต้องของเครื่องมือสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองมาเทียบกับค่าสีที่วัดด้วยเครื่องสเปคโทโฟโตมิเตอร์ไวต้าอีเช็ดไฟว์พบว่า เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือออสทริเซฟให้ค่าถูกต้องร้อยละ 28.2 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคมให้ค่าถูกต้องร้อยละ 27.7 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงในการวัดสีได้ถูกต้องโดยรวมของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือออสทริเซฟ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม

Table 3 Validity of overall color measurement in percentage of TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner

	TRIOS 3shape (N=450)	CEREC Omnicam (N=450)
Correct	28.2 % (127)	27.7 % (125)
Incorrect	71.7 % (323)	72.2 % (325)

และเมื่อนำผลการวัดทั้งหมดไปทดสอบด้วยไคร์สแควร์ความสัมพันธ์แมคเนมาร์ (McNemar correlation) พบว่า ความเที่ยงตรงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือออสทริเซฟและเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม ($P = 0.21$)

บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาและเปรียบเทียบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีฟันธรรมชาติของมนุษย์ของเครื่องสเปคโทโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายนอกช่องปากเนื่องจากการวัดสีในทางทันตกรรมมีความสำคัญต่อผลของการบูรณะฟัน โดยต้องมีความใกล้เคียงกับสีฟันธรรมชาติมากที่สุดเนื่องจากการมีการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การเทียบสีด้วยตาทำให้ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงที่ต่ำกว่าการใช้เครื่องสเปคโทโฟโตมิเตอร์^{25,26} การวัดสี

ด้วยตานั้นทำได้ง่ายแต่ไม่มีความแน่นอนและสีที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับตัวของผู้วัด ซึ่งมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องเช่น อายุ เพศ ประสบการณ์ การวัดสี ความล้าของตา^{27,28} การศึกษานี้จึงไม่ได้นำวิธีการวัดสีด้วยตาเปล่ามาเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม การวัดสีฟันเพื่อนำไปใช้งานทางคลินิกนั้นต้องมีการวัดในหลาย ตำแหน่ง ระยะเวลาหลายครั้ง เพื่อดูค่าความเชื่อมั่นของการวัด ซึ่งค่าที่ได้ควรจะเหมือนกันทุกครั้งแสดงถึงความเชื่อมั่นที่ดี และค่าสีที่วัดได้นั้นควรมีความใกล้เคียงหรือเหมือนกับสีของฟันธรรมชาติมากที่สุดซึ่งแสดงว่าการวัดนั้นมีความเที่ยงตรง เพราะทั้งสองปัจจัยจะส่งผลต่อสีของฟันหรือชิ้นงานที่ได้ ดังนั้น เครื่องวัดสีที่ใช้กันนั้นจะต้องมีทั้งความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงมากที่สุด จากผลการศึกษานี้พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเชื่อมั่นระหว่างเครื่องสเปคโทโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหนึ่งผลิตภัณฑ์ ส่วนความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องสเปคโทโฟโตมิเตอร์

มีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสีฟันและอายุของฟันพบว่า ฟันจะมีสีคล้ำขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยค่าของสีที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือค่าความสว่าง²⁹ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าสีที่วัดได้และนำมาคำนวณเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นและค่าความเที่ยงตรงนั้น ได้มาจากฟันซี่เดียวกัน อีกทั้งผู้เข้าร่วมการศึกษามีอายุเฉลี่ยประมาณ 28 ปี ทำให้ปัจจัยเรื่องอายุไม่ส่งผลต่อค่าสีที่วัดได้ในการศึกษานี้ นอกจากนี้ปัจจัยเรื่องอายุแล้ว ความขึ้นของฟันก็มีผลต่อสีของฟันเช่นกัน โดยมีการศึกษาของ Hüseyin และคณะ³⁰ พบว่า ฟันที่ผ่านการเสียน้ำมากกว่า 30 นาที จะมีค่าสีที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับสีฟันที่วัดเป็นค่าตั้งต้น ซึ่งในการศึกษานี้ครั้งนี้ได้ควบคุมการวัดสีของแต่ละเครื่องให้อยู่ภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที และมีการบ้วนปากด้วยน้ำเปล่าและเช็ดแห้งด้วยผ้าก๊อช ไม่ได้เป่าแห้งด้วยลมก่อนวัดด้วยเครื่องถัดไป ทำให้ปัจจัยเรื่องความแห้งของฟันไม่มีผลต่อค่าสีที่ได้ในการศึกษานี้ และในการศึกษานี้เลือกบันทึกค่าสีในระบบไวต้าทริตีมาสเตอร์เนื่องจากแถบสีไวต้าทริตีมาสเตอร์นั้นได้ทำขึ้นเพื่อลอกเลียนแบบการมองเห็นของตามมนุษย์ โดยการใช้ความรู้เกี่ยวกับเฉดสี

ความเข้มสี และความสว่าง เป็นพื้นฐานในการผลิต เมื่อเปรียบเทียบ กับชุดเทียบสีไวต์ค่าคลาสสิกัลพบว่า ชุดเทียบสีไวต์ค่าทรีตีมาสเตอร์ สามารถเลือกสีได้ใกล้เคียงพันธรรมาชาติมากกว่าและยังมีช่วงของสี ให้เลือกได้กว้างกว่าโดยมีการกระจายตัวของสีที่สม่ำเสมอ³¹ การบูรณะ ทางทันตกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสวยงามนิยมใช้ค่าสีจากชุดเทียบสี ไวต์ค่าทรีตีมาสเตอร์นี้ในการเลือกสีของวัสดุบูรณะทั้งในคลินิกโดยตรง และการสร้างงานจากห้องปฏิบัติการ และในการศึกษานี้ได้ใช้เครื่อง สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ค่าอีซีเชดไฟว์เป็นเครื่องมืออ้างอิงในการหา ความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากเนื่องจากการ ศึกษาที่พบว่า ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์นั้น ให้ค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดสีอื่น ๆ และมีความเที่ยงตรง มากกว่าสายตามนุษย์^{7,8} และมีการนำเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ มาใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิงในหลายการศึกษา^{23,32}

การวัดค่าสีของเครื่องต่าง ๆ ในการศึกษา นี้ จะทำให้ ตำแหน่งเดียวกันบนฟันซี่เดียวกัน โดยการวัดสีของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ค่าอีซีเชดไฟว์จะวัดและคำนวณค่าโดยตรงที่ฟัน ส่วนการวัดค่าสีด้วยเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองผลิตภัณฑ์นั้น จะต้องสแกนภาพออกมาก่อนแล้วจึงจะใช้โปรแกรมคำนวณค่าสีจาก ภาพฟันที่ได้จำนวน 3 ภาพต่อหนึ่งซี่ฟันที่สแกนมาเก็บไว้ในเครื่อง เมื่อ วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นตามการจัดแบ่งประเภทโคเฮนคัปปา²⁴ พบว่า เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ค่าอีซีเชดไฟว์และเครื่องสแกนเนอร์ ในช่องปากหรือสทริเซฟมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดี แสดงว่าภาพ ที่ได้จากการสแกนออกมาของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟของฟันแต่ละซี่ทั้ง 3 ภาพนั้นมีสีคล้ายคลึงกันมาก เมื่อ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมการประมวลค่าสีจากภาพของเครื่องจึงได้ค่า ความเชื่อมั่นของเครื่องอยู่ระดับดีเช่นเดียวกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Brandt และคณะที่พบว่า ค่าความเชื่อมั่น ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ค่าอีซีเชดไฟว์เท่ากับร้อยละ 76.6 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟเท่ากับ ร้อยละ 78.3 ซึ่งอยู่ในระดับดีเช่นกัน นอกจากนี้ ยังมีหลายการศึกษาที่พบว่า ความเชื่อมั่นในการวัดสีพันธรรมาชาติของมนุษย์ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ค่าอีซีเชดไฟว์และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก หรือสทริเซฟมีค่าในระดับเดียวกัน เช่น การศึกษาของ Ruskunas และคณะ³² พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของสเปคโตรเชด (spectroshade) เท่ากับร้อยละ 92 และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากหรือสทริเซฟ เท่ากับร้อยละ 87.2 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และการศึกษาของ Liberato และคณะ²⁵ พบว่า ความเชื่อมั่นของไวต์ค่าอีซีเชดมีค่า 0.805 และเครื่อง สแกนเนอร์ในช่องปากหรือสทริเซฟ มีค่า 0.874 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก เหตุที่ระดับความเชื่อมั่นของสองการศึกษาดังกล่าวมีค่ามากกว่าค่า ที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของ ขนาดฟัน ความหนาของฟัน และซี่ฟันที่วัด การศึกษาทางคลินิกที่วัดสีฟัน

มนุษย์ที่มีขนาดของฟันที่แตกต่างกันพบว่าจะส่งผลต่อตำแหน่งใน การวัดซ้ำของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์³³ นอกจากนั้น จำนวน ครั้งที่วัดในฟันซี่นั้น ๆ ก็อาจทำให้ค่าความเชื่อมั่นที่ได้แตกต่างกัน ในการศึกษานี้ได้ใช้ตำแหน่งในการวัดถึง 3 ตำแหน่ง ทำให้ได้จำนวน ค่าสีทั้งหมดที่ได้จากการวัดมากกว่าการศึกษาอื่น ๆ ที่กล่าวมา เมื่อนำมาค่าทั้งหมดมาคำนวณจึงทำให้ผลศึกษาแตกต่างจากการศึกษาที่ ผ่านมา นอกจากนั้น มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Ebeid และคณะ³⁴ ซึ่งศึกษาชิ้นงานเซรามิกไวต์ค่ามาร์กทู (VITA Mark II) 10 เฉดสีด้วย เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ค่าอีซีเชดไฟว์และเครื่องสแกนเนอร์ ภายในช่องปากหรือสทริเซฟและพบว่า ค่าความเชื่อมั่นในการวัดสี ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์เท่ากับร้อยละ 44.3 เครื่องสแกนเนอร์ ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟเท่ากับร้อยละ 51.7 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนาดของชิ้นงานที่ใช้วัดสีมี ขนาดใหญ่กว่าพันธรรมาชาติ จึงอาจทำให้การกำหนดตำแหน่งของการ วัดได้ไม่ตรงกันในทุกครั้งที่วัด และการศึกษานี้ก็ไม่ได้อธิบายถึง ตำแหน่งในการวางปลายเครื่องมือขณะวัดสี ซึ่งปัจจัยสองอย่างนี้ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าความเชื่อมั่นได้

ส่วนค่าความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคมในการศึกษานี้มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง อาจเป็นผล มาจากการสแกนเพื่อให้ได้ภาพของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคมจำนวน 3 ภาพจากฟัน 1 ซี่นั้นให้ภาพและสีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าสีของภาพที่ได้นั้นแสดงค่าสีของแต่ละ ภาพออกมาไม่เหมือนกัน จึงทำให้ค่าความเชื่อมั่นน้อยกว่าเครื่องอื่น ๆ จากการศึกษาก่อนหน้าของ Kim และคณะปี 2017 ที่เปรียบเทียบ ความแม่นยำของการขึ้นรูปเมื่อทำการสแกนตำแหน่งที่เตรียมขึ้นมา (artificial landmark) ทั้ง 5 ครั้งและนำมาวางซ้อนทับกัน (superimpose) ของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก 3 ผลิตภัณฑ์คือ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก CS3500 เครื่องสแกนเนอร์ภายใน ช่องปากซีเล็คคอมนิแคม และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ พบว่า เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอม นิแคมนั้นมีค่าแม่นยำต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสแกนเนอร์ ภายในช่องปากผลิตภัณฑ์อื่น ๆ^{35,36} ซึ่งอาจเป็นเพราะโปรแกรมการ สแกนเพื่อให้เกิดภาพของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็ค คอมนิแคมนั้นไม่ดีเท่าที่ควร เป็นเหตุทำให้ภาพแต่ละภาพที่ได้จาก การสแกนออกมานั้นมีความแตกต่างกันของสี

จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าตำแหน่งของฟันมีผลต่อ การวัดสี³⁷ โดยบริเวณกลางฟันของด้านประชิดริมฝีปากของฟันหน้า ให้สีที่สม่ำเสมอมากที่สุด³⁸ แต่ก็มีการศึกษาที่แนะนำว่าตำแหน่งที่ สามารถกำหนดตำแหน่งได้แน่นอนและควรวัดสีมากที่สุดนั้นคือบริเวณ คอฟฟัน³⁹ แต่ในการศึกษานี้พบว่า ในการใช้เครื่องสแกนเนอร์ภายใน ช่องปากซีเล็คคอมนิแคมจะมีความเที่ยงตรงมากที่สุดที่ตำแหน่งคอฟฟัน

ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟมีค่าความเที่ยงตรงสูงสุดที่ตำแหน่งปลายฟัน ซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่า การเก็บข้อมูลของเครื่องมือสแกนเนอร์ภายในช่องปากนั้นจำเป็นต้องสแกนภาพพื้นที่ต้องการวัดและฟันข้างเคียงเพื่อให้ได้ซึ่งภาพมาก่อนแล้วจึงทำการวัดสีอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการวัดสีของพื้นที่ขนาดใหญ่ก็น่าจะนำไปสู่การได้สีที่ไม่เที่ยงตรง⁴⁰ ซึ่งมีการศึกษาก่อนหน้านี้ได้แนะนำให้วัดสีฟันหลาย ๆ ตำแหน่ง โดยควรวัดอย่างน้อย 3 ตำแหน่งคือ คอฟันกลางฟัน และปลายฟัน จึงจะสามารถบอกถึงสีของฟันทั้งซี่และใช้ในการเลือกสีของวัสดุบูรณะเพื่อความสวยงามได้ถูกต้องมากกว่าการวัดตำแหน่งใดตำแหน่งเดียว³⁷

สำหรับการหาค่าความเที่ยงตรงจากค่าที่วัดได้ทั้งหมดโดยไม่ได้แยกตำแหน่งเทียบกับค่าสีที่วัดด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์พบว่า เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟให้ค่าถูกต้องร้อยละ 28.2 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคมให้ค่าถูกต้องร้อยละ 27.7 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ อธิบายได้ว่า อาจเนื่องมาจากขบวนการหรือขั้นตอนการได้มาซึ่งค่าสีที่มีหลายขั้นตอนและบริษัทผู้ผลิตเครื่องสแกนในช่องปากไม่ให้ความสำคัญในเรื่องสีมากนัก เช่น เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคมจะทำการเก็บภาพเป็นวิดีโอเพื่อเอาไปใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานซึ่งในการวัดสีก็จะนำภาพนั้นมาใช้ด้วย ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟนั้นทางบริษัทผู้ผลิตไม่เปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับหลักการเก็บภาพ ทำให้ไม่มีข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม การวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากนั้นจำเป็นต้องมีภาพจากการสแกนฟันก่อนแล้วจึงนำมาวัดสีในขั้นตอนถัดไป ทำให้มีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่าการประเมินค่าสีโดยตรงจากฟัน ทั้งเรื่องกล้องที่ใช้เก็บภาพ ขั้นตอนการสแกนภาพที่ต้องมีระยะโฟกัส การประมวลผลภาพให้ต่อเนื่องกัน รวมถึงต้องมีการกำหนดจุดวัดสีและการใช้โปรแกรมเพื่อคำนวณค่าสี สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจทำให้ความเที่ยงตรงในการวัดมีค่าน้อยดังที่พบในการศึกษานี้ แต่เมื่อทดสอบด้วยไควร์สแควร์ความสัมพันธ์แมคนิมาร์จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความเที่ยงตรงในการวัดสีสำหรับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสอง

การศึกษาของ Brandt และคณะ²³ พบว่า เมื่อใช้ค่าสีที่วัดด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ไอซ์เชดเป็นตัวเทียบ ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟจะมีค่าเท่ากับร้อยละ 43.9 ซึ่งมากกว่าการศึกษานี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rutkunas และคณะ³² ซึ่งใช้ค่าสีของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์สเปคโตรเซดเป็นตัวเทียบนั้นให้ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟเท่ากับร้อยละ 53.3 เมื่อวัดค่าสีในระบบไวต์พริตีมาสเตอร์ ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้ทั้งสองได้ทำการวัดสีเพียง

ตำแหน่งเดียวคือกึ่งกลางฟัน แตกต่างจากการศึกษานี้ที่แบ่งซี่ฟันออกเป็น 3 ตำแหน่ง ซึ่งมีการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าบริเวณปลายฟันจะมีความโปร่งใส (translucency) สูงทำให้สีของฟันหลังส่งผลการวัดสี และบริเวณคอฟันจะได้รับการกระจายของสีมาจากเหงือก³⁷ ทำให้บริเวณกึ่งกลางฟันด้านริมฝีปากของฟันหน้าให้สีที่สม่ำเสมอมากที่สุด³⁸ ดังนั้น การวัดทั้งสามตำแหน่งอาจเป็นเหตุที่ทำให้ค่าความเที่ยงตรงในการศึกษานี้ต่ำกว่าการศึกษาก่อนหน้าได้

สำหรับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคมนั้นโปรแกรมการวัดสีนั้นพึ่งถูกนำมาใช้ในเครื่องเมื่อปี ค.ศ. 2017 จึงมีการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับการวัดสีด้วยเครื่องสแกนเนอร์ซีเล็กคอมนิแคมเพียงการศึกษาเดียวซึ่งทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ³⁴ และพบว่า ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์หรือสทริเซฟเท่ากับร้อยละ 66 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคมเท่ากับร้อยละ 57 ซึ่งมากกว่าการศึกษานี้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาในห้องปฏิบัติการจะใช้ชิ้นงานที่มีสีกำหนดอยู่แล้วและการศึกษานี้มีความแตกต่างกันในเรื่องของเครื่องที่ใช้อ้างอิง ทำให้ไม่สามารถเอาผลมาเทียบกันได้ สุดท้ายแล้วเพื่อให้ได้มาซึ่งความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นของผลการศึกษา ควรมึวิธีการวัดสีและเครื่องมืออ้างอิงในการวัดที่เหมาะสมซึ่งปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือและการกำหนดมาตรฐานในการวัดสีที่เป็นสากล⁴⁰

ในการศึกษานี้ การวัดสีได้ค่าออกมาเป็นหน่วยนอมินอล (Nominal) คือ ตัวแปรที่จัดออกเป็นกลุ่ม ๆ ไม่สามารถเรียงลำดับก่อนหลังได้ ทำให้การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของแต่ละเครื่องได้ค่าน้อยกว่าเมื่อวัดค่าออกมาเป็นหน่วยที่เป็นตัวเลขและการเปรียบเทียบสีนั้นยังไม่ได้วิธีการที่เป็นมาตรฐานทำให้การเปรียบเทียบกับผลที่ได้ในการศึกษาอื่น ๆ นั้นทำได้ยาก เนื่องจากการสแกนเพื่อวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากนั้นยังไม่มีหลักการที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นจึงควรนำปัจจัยเหล่านี้มาทำการศึกษาต่อในอนาคต และเมื่อดูผลจากการศึกษานี้พบว่าเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ออกแบบมาสำหรับใช้งานในคลินิกเหมาะที่จะใช้ในการวัดสีฟันธรรมชาติ ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองมีความเที่ยงตรงน้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์จึงไม่เหมาะที่จะใช้วัดสีฟันกรณีที่ต้องการสีที่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากที่สุด อย่างไรก็ตาม อาจใช้เป็นเครื่องมือเสริมในการวัดสีฟันคร่าว ๆ และมีภาพประกอบ เพื่อใช้สื่อสารกับช่างทันตกรรม

บทสรุป

ในการวัดสีฟันธรรมชาติในคลินิก สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ไอซ์เชดไฟว์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทริเซฟให้ค่าเชื่อมั่นในระดับดี เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอม

นิคมให้ค่าความเชื่อมั่นในระดับปานกลาง ส่วนความเที่ยงตรงนั้น เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ไวต์ไอซีเชดไฟว์ แต่ทั้งสองเครื่องมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สรนันทร์ จันทรางศุ ผู้ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำด้านการใช้สถิติในงานวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาคทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent* 2008;99(5):361-8.
2. Ritter AV, Boushell LW, Walter R. Art and science of operative dentistry: Seventh edition 2018.
3. Haddad H, Jakstat H, Arnetzl Gea. Does gender and experience influence shade matching quality? *J Dent* 2009;37:e40-4.
4. Bergman B, Nilson H, Andersson M. A longitudinal clinical study of Procera ceramic-veneered titanium copings. *Int J Prosthodont* 1999;12(2):135-9.
5. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2000;83(4):396-401.
6. Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J* 2007;203(12):675-80.
7. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81(8):578-82.
8. Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent* 2014;42:48-52.
9. Tirakanan S. Research methodology in science. Bangkok: Publisher of Chulalongkorn university; 2008.
10. 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.
11. Gotfredsen K. Effectiveness of Shade Measurements Using a Scanning and Computer Software System: a Pilot Study. *Int J Oral Health Dent* 2015;1(2):1-4.
12. Schepke U, Meijer HJ, Kerdijk W, Cune MS. Digital versus analog complete-arch impressions for single-unit premolar implant crowns: Operating time and patient preference. *J Prosthet Dent* 2015;114(3):403-6 e1.
13. Sakornwimon N, Leevailoj C. Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *J Prosthet Dent* 2017;118(3):386-91.
14. Patzelt SB, Lamprinos C, Stampf S, Att W. The time efficiency of intraoral scanners: an *in vitro* comparative study. *J Am Dent Assoc* 2014;145(6):542-51.
15. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *Eur J Orthod* 2016;38(4):422-8.
16. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2014;146(5):673-82.
17. Dauti R, Cvinkl B, Franz A, Schwarze UY, Lilaj B, Rybaczek T, et al. Comparison of marginal fit of cemented zirconia copings manufactured after digital impression with lava C.O.S and conventional impression technique. *BMC Oral Health* 2016;16(1):129.
18. Abdel-Aziz T, Rogers K, Elathamna E, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *J Prosthet Dent* 2015;114(4):554-9.
19. Mostafa NZ, Ruse D, Nancy L, Chris CL. Marginal Fit of Lithium Disilicate Crowns Fabricated Using Conventional and Digital Methodology: A Three-Dimensional Analysis. *J Prosthodont* 2018;27:145-52.
20. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013;17(7):1759-64.
21. Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. *In vivo* precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig* 2016;20(7):1495-504.
22. Hyung-In Y, Ji-Won B, Ji-Man P, Youn-Sic C, Mi-Ae K, Minji K. A Study on Possibility of Clinical Application for Color Measurements of Shade Guides Using an Intraoral Digital Scanner *J Prosthodont* 2018:1-6.
23. Brandt J, Nelson S, Lauer HC, von Hehn U, Brandt S. *In vivo* study for tooth colour determination-visual versus digital. *Clin Oral Investig* 2017;21(9):2863-71.
24. Altman DG. Practical statistics for medical research. New York: Chapman & Hall/CRC Press. 1999.
25. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent* 2019;121(2):271-5.
26. Alsaleh S, Labban M, AlHariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent* 2012;40 Suppl 1:e82-7.

27. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *J Prosthet Dent* 1970;24(2):166-73.
28. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence Int* 2012;43(8):649-59.
29. Gomez-Polo C, Montero J, Gomez-Polo M, de Parga JA, Celemin-Vinuela A. Natural Tooth Color Estimation Based on Age and Gender. *J Prosthodont* 2017;26(2):107-14.
30. Hatirli H, Karaarslan ES, Yasa B, Kilic E, Yaylaci A. Clinical effects of dehydration on tooth color: How much and how long? *J Esthet Restor Dent* 2021;33(2):364-70.
31. Paravina RD, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont* 2002;15(1):73-8.
32. Rutkunas V, Dirse J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. *J Prosthet Dent* 2020;123(2):322-9.
33. Witkowski S, Yajima ND, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig* 2012;16(3):945-9.
34. Ebeid K, Sabet A, Della Bona A. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination. *J Esthet Restor Dent* 2020. doi: 10.1111/jerd.12687.
35. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wostmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Investig* 2015;19(8):2027-34.
36. Kim JE, Amelya A, Shin Y, Shim JS. Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark. *J Prosthet Dent* 2017;117(6):755-61.
37. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater* 1997;13(3):179-85.
38. Karamouzos A, Papadopoulou MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of *in vivo* spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007;34(8):613-21.
39. Dozic A, Kleverlaan CJ, Aartman IH, Feilzer AJ. Relations in color among maxillary incisors and canines. *Dent Mater* 2005;21(3):187-91.
40. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38 Suppl 2:e2-16.