

ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีของสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

Reliability and Validity in Color Measurement of Spectrophotometer and Intraoral Scanners : *In vitro* Study

ชญชนก ปุระณะภักดี¹, ชัยวัฒน์ มณีบุษย์¹, สายใจ มธุรสาลัย¹, ศันสนีย์ ตันติศิระ¹, ชนกกานต์ ธงสมบัติ¹

Tanchanok Puranapakdee¹, Chaiwat Maneenut¹, Saijai Mathurasai¹, Sansanee Tantisira¹, Chanokkarn Thongsombut¹

¹ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

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

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์กับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก โดยนำชุดเทียบสี วิต้า คลาสสิกัล (VITA classical) และ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ (VITA 3D master) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานอย่างละ 3 ชุดมาทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดที่ใช้คลื่นความถี่สูง นำแถบสีที่มีสีเดียวกัน 3 แถบใส่ลงไปบนชุดเทียบสีเหลืองและทำการวัดสีที่แถบสีอันกลางในกล่องสีดำเพื่อจำลองสภาวะในช่องปาก โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์วิต้าอีชีเชดไฟว์ (VITA Easychade® V) กลุ่มเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ (TRIOS 3shape) และกลุ่มเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคม (CEREC Omnicam) ทำการปรับเครื่องวัดให้ได้มาตรฐานก่อนทำการวัดและวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางฟัน (middle 1/3) ของแถบสีและบันทึกค่าที่ได้ เมื่อทำการวัดครบทุก 9 ครั้งจะปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนการวัดครั้งต่อไป นำค่าที่บันทึกได้มาทดสอบความเชื่อมั่นโดยใช้สถิติแลนดอล์ฟคัปปา (randolph kappa) ทหาร้อยละของความถูกต้องด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอส (SPSS) และใช้สถิติไควสแควร์ (chi's square) เปรียบเทียบความเที่ยงตรงจากร้อยละของความถูกต้อง ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคม อยู่ในระดับดีมาก (อยู่ในช่วง 0.8-1) ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ อยู่ในระดับดี (อยู่ในช่วง 0.61-0.8) สำหรับความเที่ยงตรงในการวัดสีนั้น เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์วิต้าอีชีเชดไฟว์ มีค่าร้อยละ 85.4 เมื่อวัดแถบสีของวิต้า คลาสสิกัล และ ร้อยละ 82.8 เมื่อวัดแถบสีของวิต้า ทรีดี มาสเตอร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ มีค่าร้อยละ 37.5 เมื่อวัดแถบสีของวิต้า คลาสสิกัล และ ร้อยละ 44.8 เมื่อวัดแถบสีของวิต้า ทรีดี มาสเตอร์ และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคม มีค่า ร้อยละ 62.5 เมื่อวัดแถบสีของวิต้า คลาสสิกัล และ ร้อยละ 48.4 เมื่อวัดแถบสีของวิต้า ทรีดี มาสเตอร์ เมื่อทดสอบด้วยสถิติไควสแควร์ ความสัมพันธ์แมคเนียร์ (McNemar correlation) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์เมื่อเทียบกับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ (P value=0.001) และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคม (P value= 0.036) และพบว่า ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคม ไม่แตกต่างจากเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ อย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่า เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์มีความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีมากที่สุด ความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็กคอมนิแคม มีค่าในระดับดีมากเช่นเดียวกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ มีค่าในระดับดี สำหรับความเที่ยงตรงนั้น เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์มีค่ามากกว่าเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : การวัดสี, สเปคโตรโฟโตมิเตอร์, ชุดเทียบสี, เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก

article in press

ตาและสมองจะทำงานร่วมกันเพื่อแปลงข้อมูลของแสงที่ได้รับให้กลายเป็นสีต่าง ๆ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความยากในการเลือกสีทางทันตกรรม¹

การเลือกสีฟันที่จะบูรณะให้ใกล้เคียงและกลมกลืนกับฟันธรรมชาติต้องอาศัยการประเมินเฉดสีฟันเพื่อส่งต่อและสื่อสารกับช่างทันตกรรม¹ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ชุดเทียบสี (shade guide) ใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) และใช้คัลเลอร์มิเตอร์ (colorimeter) วิธีที่ได้รับความนิยมมากคือการใช้ชุดเทียบสี โดยอาศัยการมองด้วยตาของทันตแพทย์เพียงอย่างเดียว วิธีนี้เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยภายในตัวบุคคล เช่น ประสบการณ์ ความชำนาญ และความล้าของสายตาทันตแพทย์ รวมถึงปัจจัยภายนอก เช่น สีและแสงจากสิ่งแวดล้อม² มีการศึกษาก่อนหน้านี้^{3,4} พบว่า งานบูรณะฟันด้วยวัสดุสีเหมือนฟันมีการเลือกสีผิดเฉดถึง ร้อยละ 44-63 จึงทำให้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดสีฟันได้แก่ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์และคัลเลอร์มิเตอร์ขึ้น เพื่อลดปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการวัดสี

สเปกโตรโฟโตมิเตอร์สามารถวัดปริมาณแสงและคลื่นที่มีการสะท้อนกลับมาภายหลังการกระทบลงบนพื้นผิวของฟัน⁵ เครื่องนี้ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ระบบวัดแสง และระบบประมวลผลที่สามารถแสดงผลในระบบ CIE lab และอาจแสดงผลในแบบระบบสีอื่น ๆ ได้ เช่น วิต้า คลาสสิกัล (VITA Classical) และ วิต้า ทริตี มาสเตอร์ (VITA 3D-MASTER) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสายตามนุษย์พบว่า สเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีความแม่นยำและเลือกสีได้ใกล้เคียงกับวัตถุนั้น ๆ มากกว่า^{6,7} นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของเครื่องวัดสีในห้องปฏิบัติการที่พบว่า เครื่องวัดสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เกือบทั้งหมดให้ค่าความเชื่อมั่นที่สูงและใกล้เคียงกันในระดับที่มากกว่าร้อยละ 96 แต่ความเที่ยงตรงนั้นมีความแตกต่างกันโดยอยู่ในช่วง ร้อยละ 67-93^{8,9} สำหรับคัลเลอร์มิเตอร์นั้น สามารถใช้วัดปริมาณแสงที่มีการสะท้อนกลับมาภายหลังการกระทบพื้นผิวของฟันได้เช่นเดียวกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แต่คัลเลอร์มิเตอร์ทำการตรวจจับเฉพาะบางช่วงของความยาวคลื่นของแสงเท่านั้นได้แก่ช่วงความยาวคลื่นของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงินโดยอาศัยตัวกรอง และให้ความเที่ยงตรงไม่ดีเท่าสเปกโตรโฟโตมิเตอร์^{6,7}

ในปี ค.ศ. 2017 ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการวัดสีในเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซึ่งเป็นเครื่องที่ไม่ได้เฉพาะเจาะจงในการวัดสี แต่เป็นเครื่องที่ผลิตขึ้นเพื่อบันทึกรายละเอียดภายในช่องปากทั้งฟันและเนื้อเยื่อบริเวณใกล้เคียงด้วยระบบดิจิทัล เมื่อเปรียบเทียบกับกรพิมพ์ปากแบบดั้งเดิมพบว่ามีความแม่นยำสูงเหนือกว่า เช่น ลดความจำเป็นของการใช้วัสดุพิมพ์ปากและปูนหล่อลดความไม่สบายของผู้ป่วย สามารถใช้เวลายาวนานมีประสิทธิภาพมากกว่า¹⁰⁻¹² รวมไปถึงลดขั้นตอนการทำงาน สามารถสื่อสารกับช่าง

ห้องปฏิบัติการและผู้ป่วยได้ดีขึ้น^{13,14} นอกเหนือจากความสามารถในการบันทึกรายละเอียดภายในช่องปากทั้งฟันและเนื้อเยื่อบริเวณใกล้เคียง เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากบางเครื่องสามารถเก็บภาพของฟันขณะทำการสแกนและสามารถเทียบสีฟันที่ต้องการจากข้อมูลที่ได้เก็บไว้ การเทียบสีมีหลักการการทำงานเหมือนโปรแกรมแต่งภาพโดยกำหนดจุดที่ต้องการบนภาพ จากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผลเทียบข้อมูลสีที่ใกล้เคียงกับสีฟันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากในปัจจุบันส่วนมากจะศึกษาเกี่ยวกับความแม่นยำของการพิมพ์ปาก¹⁵⁻¹⁹ ยังมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเทียบสีไม่มากนัก^{9,20,21} การศึกษาของ Godfredsen Kea⁹ รายงานว่าประสิทธิภาพการวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากเทียบเท่ากับคัลเลอร์มิเตอร์และการวัดสีด้วยสายตา การศึกษาของ Hyung-In และคณะ²⁰ พบว่า ความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากและคัลเลอร์มิเตอร์นั้นมีค่าที่ดีมาก แต่ความเที่ยงตรงของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากนั้นยังไม่เป็นที่น่าเชื่อถือนัก ผู้วิจัยได้เสนอว่าควรมีการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากเพิ่มมากขึ้น ส่วนการศึกษาของ Brandt และคณะ ในปี ค.ศ. 2017²¹ พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากดีกว่าการวัดสีด้วยสายตาและเทียบเท่าเครื่องวัดสีวีต้า อีซีเชดไฟว์ (VITA Easysshade[®] V) อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่กล่าวข้างต้นทำการทดสอบประสิทธิภาพในการวัดสีของเครื่องสแกนเนอร์เทียบกับเครื่องมือวัดสีอื่น ๆ โดยใช้ค่าแสดงผล CIE Lab เป็นหลักและเปรียบเทียบด้วยการหาค่าความแตกต่างของสี (delta E) แต่การปฏิบัติงานในทางคลินิกทันตกรรมทั่วไปนั้น การสื่อสารกับช่างทันตกรรมเพื่อให้สีที่ใกล้เคียงมากที่สุดมักใช้ค่าสีในระบบวิต้า คลาสสิกัล หรือวิต้า ทริตี มาสเตอร์ และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเทียบสีด้วยเครื่องมือวัดสีก็คือ ความเชื่อมั่น (reliability) ที่แสดงถึงความไม่เปลี่ยนแปลงของสีที่วัดได้ในตัวอย่างเดียวกันเมื่อทำการวัดซ้ำ ๆ และความเที่ยงตรง (validity) ที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือในการวัดสีได้ถูกต้อง²² การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะหา และเปรียบเทียบความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงระหว่างสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากในการวัดสีชุดเทียบสีที่นิยมใช้ในคลินิกทันตกรรม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์วีต้าอีซีเชดไฟว์ VITA Easysshade[®] V บริษัท VITA Zahnfabrik, Germany
2. เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทริออสทริเซฟ TRIOS บริษัท 3Shape, Denmark

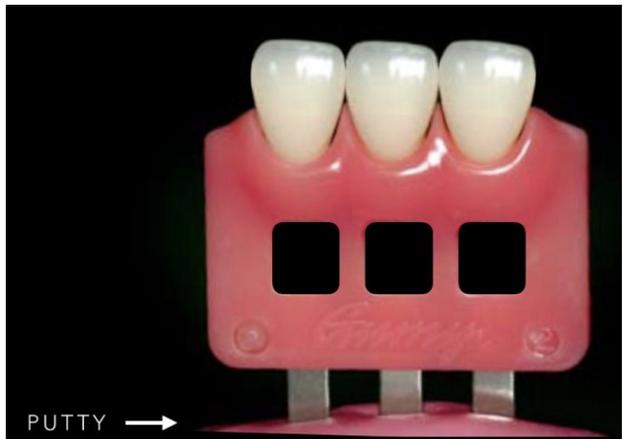
3. เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมมิแคม CEREC Omnicam บริษัท Dentsply sirona, USA
4. ชุดเทียบสีวีต้า คลาสสิก Vita Classical 16 แดบสี บริษัท VITA Zahnfabrik, Germany
5. ชุดเทียบสีวีต้า ทรีดี มาสเตอร์ Vita Toothguide 3-D Master 29 แดบสี บริษัท VITA Zahnfabrik, Germany
6. ชุดเทียบสีเหงือก Shofu gummy บริษัท Shofu, Japan
7. เครื่องทำความสะอาดที่ใช้คลื่นความถี่สูง Ultrasonic cleaner: 5210, HEIDOLPH, Germany

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. ซิลิโคนชนิดพัตตี้ (putty silicone) บริษัท DMG, Germany

วิธีการวิจัย

1. นำชุดเทียบสีวีต้า คลาสสิก (16 แดบสี) และวีต้า ทรีดี มาสเตอร์ (29 แดบสี) ชุดใหม่ (ปีที่ผลิต พ.ศ. 2562 หมดอายุ พ.ศ. 2567) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมาอย่างละ 3 ชุด ทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดที่ใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 15 นาที
2. นำแดบสีที่ต้องการวัดที่มีสีเดียวกันจากชุดเทียบสีทั้ง 3 ชุดใส่ลงไปที่ชุดเทียบสีเหงือก แล้ววางชิ้นงานในลักษณะตั้งบนฐานซิลิโคนที่เตรียมไว้ (รูปที่ 1) และทำการวัดสีหรือสแกนภาพที่แดบสีอันกลางในกล่องสีดำเพื่อจำลองสภาวะในช่องปาก^๑



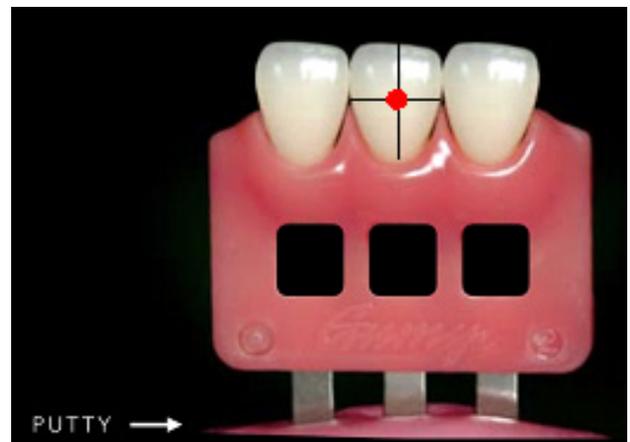
รูปที่ 1 แสดงชิ้นงานบนชุดเทียบสีเหงือกก่อนทำการวัดสี
 Figure 1 shade guides on gingival shade guide before color measurement

3. การวัดสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์วีต้าอีซีเอต ฟาย (กลุ่มที่ 1) ปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนการวัด แล้วใช้โหมดเทรนนิ่ง (training tooth) ใส่แบบซิลิโคนซึ่งเจาะรูบริเวณกึ่งกลางฟัน

ขนาดเท่ากับปลายเครื่องมือวัดสี (เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) ลงบนแดบสีอันกลาง วางปลายเครื่องมือวัดสีตั้งฉากกับผิวของแดบสี ทำการวัดโดยใช้เวลาประมาณ 2 วินาที และบันทึกค่าที่ได้ ทำซ้ำ 3 ครั้ง จะได้ค่าสีจำนวน 3 ค่า^{23,24} เมื่อทำการวัดครบ 9 ครั้งจะปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนการวัดครั้งต่อไป

4. การวัดสีด้วยเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ (กลุ่มที่ 2) ปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนทำการวัด ทำการสแกนด้านริมฝีปาก (labial area) ของแดบสีอันกลาง จากบริเวณปลายฟัน (incisal area) มายังบริเวณคอฟัน (cervical area) จำนวน 3 ครั้ง และบันทึกข้อมูลรูปแดบสีที่ได้ จำนวน 3 รูป จากนั้นกำหนดจุดบริเวณกึ่งกลางของแดบสีอันกลางในแต่ละรูป (รูปที่ 2) ทำการวัดค่าและบันทึกค่าสี จะได้ค่าสีจำนวน 3 ค่า^{23,24} เมื่อทำการวัดครบ 9 ครั้งจะปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนการวัดครั้งต่อไป

5. การวัดสีด้วยเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมมิแคม (กลุ่มที่ 3) ปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนทำการวัด ทำการสแกนด้านริมฝีปากของแดบสีอันกลาง จากบริเวณปลายฟัน มายังบริเวณคอฟัน จำนวน 3 ครั้ง และบันทึกข้อมูลรูปแดบสีที่ได้จำนวน 3 รูป จากนั้นกำหนดจุดบริเวณกึ่งกลางของแดบสีอันกลางในแต่ละรูป (รูปที่ 2) ทำการวัดค่าและบันทึกค่าสี จะได้ค่าสีจำนวน 3 ค่า^{23,24} เมื่อทำการวัดครบ 9 ครั้งจะปรับเครื่องให้ได้มาตรฐานก่อนการวัดครั้งต่อไป



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการวัดสีจากรูปภายหลังจากการสแกน ด้วยเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากทั้งสองผลิตภัณฑ์
 Figure 2 The area of color measurement after scanning from both of intraoral scanners

6. การทดสอบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงจะทำการทดสอบตามตารางแสดงที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกลุ่มทดลอง จำนวนแถบสี และจำนวนการวัด ในการศึกษานี้

Table 1 sample group, number of shade guides and number of color from each shade guide measurement

Group	Color measurement method	Reliability test		Validity test	
		Number of color from each shade guide measurement	Number of shade guides	Number of color from each shade guide measurement	Number of shade guides
1	Spectrophotometer VITA Easyshade® V	3	1. 29 shade guides of Vita Toothguide	3	1. 29 shade guides of Vita Toothguide
2	Intraoral scanner TRIOS 3shape	3	3D-MASTER 2. 16 shade guides of Vita classical	3	3D-MASTER 2. 16 shade guides of Vita classical
3	Intraoral scanner CEREC Omnicam	3	of Vita classical	3	of Vita classical

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ใช้โปรแกรมคำนวณออนไลน์คัปปา (online kappa calculator) ในเว็บไซต์ <http://justusrandolph.net/kappa> วิเคราะห์ข้อมูลของสถิติเชิงพรรณนา ใช้สถิติแลนดอล์ฟคัปปา (randolph kappa) คำนวณหาความเชื่อมั่นของเครื่องสเปคโตรโฟมิเตอร์วีต้าอีชีแฉดไฟร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ และ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม

2. นำค่าสีที่วัดได้มาคำนวณความถูกต้องโดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (microsoft Excel) และใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส (SPSS statistics version 22) กำหนดค่านัยสำคัญที่ $P = 0.05$ โดยใช้สถิติไควสแควร์ (chi-square) คำนวณและเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของเครื่องสเปคโตรโฟมิเตอร์วีต้าอีชีแฉดไฟร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ และ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม

ตารางที่ 2 แสดงค่า Percent overall agreement, Free-marginal Kappa และค่า Asymptotic 95 % confidence interval ของเครื่องสเปคโตรโฟมิเตอร์ วีต้าอีชีแฉดไฟร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม

Table 2 Percent overall agreement, Free-marginal Kappa and Asymptotic 95% confidence interval of spectrophotometer VITA Easyshade® V, TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner

	Intra-rater agreement					
	Percent overall agreement		Free-marginal Kappa		Asymptotic 95% confidence interval	
	Classical	3D-MASTER	classical	3D-MASTER	classical	3D-MASTER
VITA Easyshade® V	91.67	93.10	0.91	0.93	[0.79, 1.00]	[0.85, 1.00]
TRIOS 3shape	77.08	64.37	0.76	0.63	[0.57, 0.94]	[0.50, 0.76]
CEREC Omnicam	81.25	81.61	0.80	0.81	[0.62, 0.98]	[0.68, 0.94]

ในการทดสอบความเที่ยงตรงนั้น เมื่อดูค่าความถี่ของการวัดได้สีที่ถูกต้องทั้ง 3 ครั้งของเครื่องมือทั้ง 3 เครื่อง พบว่า

ผลการศึกษา

ในการทดสอบความเชื่อมั่นหรือ Intra-rater agreement ด้วยสถิติแลนดอล์ฟคัปปา จะแสดงค่า Percent overall agreement, Free-marginal Kappa และค่า Asymptotic 95 % confidence interval ของเครื่องสเปคโตรโฟมิเตอร์วีต้าอีชีแฉดไฟร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือสทรีเซฟ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม ดังแสดงในตารางที่ 2

เมื่อนำค่า Free-marginal Kappa ที่ได้มาเทียบกับการจัดแบ่งประเภทโคเฮนคัปปา (Cohen's kappa)²⁵ พบว่า ในการวัดสีของแถบสีในชุดเทียบสีทั้งสองแบบคือ วิต้า คลาสสิคัล และ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ ความเชื่อมั่นของเครื่องสเปคโตรโฟมิเตอร์วีต้าอีชีแฉดไฟร์ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม อยู่ในระดับดีมาก (>0.8) ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ อยู่ในระดับดี (อยู่ระหว่าง 0.61-0.80)

เครื่องสเปคโตรโฟมิเตอร์ วีต้าอีชีแฉดไฟร์ มีค่าร้อยละ 75 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และร้อยละ 75.9 เมื่อวัดแถบสีของ

วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ มีค่าร้อยละ 31.3 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และร้อยละ 34.5 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก

ซีล็คออมนิแคม มีค่าร้อยละ 50 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และร้อยละ 41.4 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเที่ยงตรงโดยเปอร์เซ็นต์ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีชีเชดไฟว์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก ซีล็คออมนิแคมโดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตามจำนวนแถบสีที่วัด

Table 3 Validity in percentage of spectrophotometer VITA Easyshade[®] V, TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner divide into 2 groups from type of shade guide

	VITA Easyshade [®] V		TRIOS 3shape		CEREC Omnicam	
	Classical	3D-Master	classical	3D-Master	Classical	3D-Master
All correct	12 (75%)	22 (75.9%)	5 (31.3%)	10 (34.5%)	8 (50%)	12 (41.4%)
1 mistake	2 (12.5%)	2 (6.9%)	0 (0%)	3 (10.3%)	3 (18.8%)	2 (6.9%)
2 mistakes	1 (6.3%)	2 (6.9%)	3 (18.8%)	3 (10.3%)	0 (0%)	2 (6.9%)
All fault	1 (6.3%)	3 (10.3%)	8 (50%)	13 (44.8%)	5 (31.3%)	13 (44.8%)

และเมื่อนำข้อมูลการวัดทั้งหมดมาคำนวณหาความเที่ยงตรง จากค่าความถี่ในการวัดสีที่ถูกต้องของเครื่องมือทั้ง 3 เครื่อง พบว่า เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีชีเชดไฟว์ มีค่าร้อยละ 85.4 เมื่อวัด แถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และ ร้อยละ 82.8 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ

มีค่าร้อยละ 37.5 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และร้อยละ 44.8 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีล็คออมนิแคม มีค่าร้อยละ 62.5 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และร้อยละ 48.4 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า ทรีดี มาสเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเที่ยงตรงโดยเปอร์เซ็นต์ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ VITA Easyshade[®] V เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก TRIOS 3Shape และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก CEREC Omnicam โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตามจำนวนแถบสีที่วัด

Table 4 Validity in percentage of spectrophotometer VITA Easyshade[®] V, TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner divide into 2 groups from type of shade guide

	VITA Easyshade [®] V		TRIOS 3shape		CEREC Omnicam	
	Classical	3D-Master	classical	3D-Master	Classical	3D-Master
Correct	41 (85.4%)	72 (82.8%)	18 (37.5%)	39 (44.8%)	30 (62.5%)	42 (48.3%)
Incorrect	7 (14.6%)	15 (17.2%)	30 (62.5%)	48 (55.2%)	18 (37.5%)	45 (51.7%)

และเมื่อนำผลการวัดทั้งหมดไปทดสอบด้วยไคร์สแควร์ ความสัมพันธ์แมคเนียร์ (McNemar correlation) จะพบความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญระหว่าง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีชีเชดไฟว์ กับ เครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก หรือสทรีเซฟ โดยมีค่า P value เท่ากับ

0.001 และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเครื่อง วิต้า อีชีเชดไฟว์ กับเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก ซีล็คออมนิแคมโดยมีค่า P value เท่ากับ 0.036 ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ทั้งสองมีความเที่ยงตรง ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่า p value เมื่อเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีชีเชดไฟว์ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทรีเซฟ เครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก ซีล็คออมนิแคมเมื่อทดสอบด้วยสถิติไคร์สแควร์ ความสัมพันธ์แมคเนียร์ (McNemar correlation) * หมายถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Table 5 p value from Chi-square (McNemar correlation) when comparison between spectrophotometer VITA Easyshade[®] V, TRIOS 3Shape intraoral scanner and CEREC Omnicam intraoral scanner * shows significance difference

McNemar	P value
VITA Easyshade [®] V / TRIOS 3shape	0.001*
VITA Easyshade [®] V / CEREC Omnicam	0.036*
TRIOS 3shape / CEREC Omnicam	0.296

บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาและเปรียบเทียบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงในการวัดสีของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และเครื่องสแกนเนอร์ภายนอกช่องปาก เพราะการวัดสีในทางทันตกรรมมีความสำคัญต่อผลของการบูรณะฟัน โดยต้องมีความถูกต้องใกล้เคียงกับสีฟันธรรมชาติมากที่สุด การใช้เครื่องวัดสีจะให้ความถูกต้องแม่นยำมากกว่าการมองและเทียบสีด้วยตา^{6,7} อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดสีนั้นจะต้องมีทั้งความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงมากที่สุด โดยความเชื่อมั่นคือการที่วัดได้สีเดิมทุกครั้งที่วัด และความเที่ยงตรงคือ วัดได้สีที่ถูกต้อง²² ผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงระหว่างเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก

เมื่อวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นตามการจัดแบ่งประเภทโคเฮนคัปปา²⁵ พบว่า เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีซีเอดไฟว์ และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม มีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดีมาก (>0.8) ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ อยู่ในระดับดี (อยู่ระหว่าง 0.61-0.8) มีการศึกษาของ Ebeid และคณะ²⁶ ที่ทดสอบการวัดสีชิ้นงานเซรามิกวิต้ามาร์กทู (VITA Mark II) ที่ขึ้นรูปเป็นทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 10 เฉดสี บนพื้นหลังสีเทา ในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ และ ซีเล็คคอมนิแคม พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีซีเอดไฟว์ เท่ากับร้อยละ 44.3 เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ เท่ากับร้อยละ 51.7 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม เท่ากับร้อยละ 51.9 ซึ่งแตกต่างจากผลที่ได้จากการวัดสีแถบสีในการศึกษานี้ที่พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์จะสูงมากกว่าร้อยละ 90 และมากกว่าเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งผลการศึกษาที่ต่างกันนี้อาจอธิบายได้จากขนาดของชิ้นงานเซรามิกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ซึ่งใหญ่กว่าแถบสีฟันเกือบสองเท่า จึงอาจทำให้กำหนดตำแหน่งของการวัดชิ้นงานเซรามิกได้ไม่ตรงกันทุกครั้ง และการศึกษาของ Ebeid และคณะ ก็ไม่ได้อธิบายถึงตำแหน่งในการวางปลายเครื่องมือขณะวัดสี ซึ่งปัจจัยสองอย่างนี้อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าความเชื่อมั่นได้ และยังมีการศึกษาของ Yoon และคณะ²⁰ ที่วัดสีจากแถบสีแต่บันทึกค่าสีในรูปแบบ CIE Lab และได้แจกแจงค่าความเชื่อมั่นออกตามค่า $L^*a^*b^*$ และพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ อยู่ในช่วง 0.945 ถึง 1.00 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก นอกจากนี้ยังมีอีกหลายการศึกษา^{21,24,27} ที่ทดสอบการวัดสีทางคลินิกเพื่อหาความเชื่อมั่นของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์

ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ และพบว่าอยู่ในระดับดีถึงดีมาก อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางคลินิกที่มีขนาดของฟันที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อตำแหน่งในการวัดซ้ำของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์²⁸ จึงทำให้ผลศึกษาดังกล่าวให้ค่าที่แตกต่างกันและไม่สามารถเอามาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษานี้

จำนวนครั้งในการวัดสีอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้ ซึ่งการศึกษานี้ได้ทำการวัด 3 ครั้งต่อแถบสีเช่นเดียวกับการศึกษาก่อนหน้านี้^{23,24,29} ซึ่งทั้งสามการศึกษาให้ผลการศึกษาค่าความเชื่อมั่นสอดคล้องกันคือ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ในช่องปากให้ค่าใกล้เคียงกัน และก็ยังมีการศึกษาที่ทำการวัด 5 ครั้งต่อชิ้นงาน²⁷ ซึ่งก็ให้ผลการศึกษาไปในทางเดียวกันกับการศึกษานี้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ทำการวัด 10 ครั้งต่อชิ้นงาน²⁶ ที่พบว่าค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกันแต่มีค่าที่ต่ำกว่าการศึกษาอื่น ๆ ก่อนหน้า ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยที่กล่าวไปแล้วข้างต้น หรือเกิดจากปัจจัยของจำนวนครั้งในการวัดชิ้นงาน อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาที่ทำการวัด 10 ครั้งเช่นเดียวกัน²⁰ ที่พบว่า ค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ ให้ค่าที่สูงในระดับดีมาก

ในการทดสอบความเที่ยงตรงซึ่งเป็นการวัดได้สีที่ถูกต้องตรงกับสีของแถบสีนั้นพบว่า เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีซีเอดไฟว์ มีค่าถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อวัดแถบสีของ วิต้า คลาสสิคัล และ วิต้า ทริตี มาสเตอร์ ในขณะที่เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟมีค่าถูกต้องประมาณร้อยละ 40 และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากซีเล็คคอมนิแคม มีค่าถูกต้องประมาณร้อยละ 55 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Ebeid และคณะ²⁶ ที่พบว่าค่าความเที่ยงตรงของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์สูงที่สุด รองลงมาเป็นเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก แต่ที่แตกต่างจากการศึกษานี้ก็คือ เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือสทริเซฟ มีค่ามากกว่าเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายการศึกษาที่ทดลองทางคลินิกโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องอ้างอิง^{21,27} ซึ่งก็พบว่าเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ให้ค่าความเที่ยงตรงมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก แต่ก็มีการศึกษาที่ใช้ตาของทันตแพทย์เป็นเครื่องอ้างอิง⁹ ซึ่งพบว่าเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากมีความเที่ยงตรงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และการวัดด้วยตา

เมื่อดูปัจจัยของชนิดของแถบสีในการศึกษานี้พบว่า ค่าความเชื่อมั่นและเที่ยงตรงเมื่อวัดแถบสี วิต้า คลาสสิคัล และ วิต้า ทริตี มาสเตอร์ มีค่าที่ใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าจำนวนแถบสีของ วิต้า ทริตี

มาสเตอร์ จะมี 29 แดปส์ซึ่งมากกว่า วิต้า คลาสสิคัล ที่มี 16 แดปส์ ซึ่งจำนวนที่มากกว่านั้นน่าจะส่งผลทำให้ค่าความเชื่อมั่นลดลง แต่ผลการศึกษากลับพบว่า เมื่อวัดแเดปส์ วิต้า ทริดี มาสเตอร์ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม ให้ค่าความเชื่อมั่นมากกว่าการวัดแเดปส์ วิต้า คลาสสิคัล แต่ก็อยู่ในระดับดีมากเช่นเดียวกัน ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือออสทริเซฟ นั้นให้ค่าความเชื่อมั่นที่ลดลงเมื่อวัดจำนวนแเดปส์ที่มากขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับดี ซึ่งให้ผลการศึกษาไปในทางเดียวกับการศึกษาของ Gotfredsen และคณะ และการศึกษาของ Rutkunas และคณะ^{9,27}

การศึกษานี้พบว่า ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซึ่งอาจเกิดจากการออกแบบเครื่องให้มีความเฉพาะและมีความละเอียดในงานที่จะใช้ มีวิธีการรับและแยกสีที่แตกต่างกัน เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีซีเอนด์ไฟว์ ถูกออกแบบมาเพื่อการวัดสีโดยเฉพาะ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งการวิเคราะห์สีจึงมุ่งเน้นและใช้หลักการของแสงและสี เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์จะเปลี่ยนแสงที่ได้รับจากวัตถุมาเป็นระบบ tristimulus ที่ค่า Illuminant D65 หรือค่าอุณหภูมิสีที่ 6500K โดยตัวเครื่องนั้นจะใช้แสงจากหลอดฮาโลเจน 20 วัตต์³⁰ ซึ่งต่างกับเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม ที่จะทำการเก็บภาพที่ได้จากการสแกนเป็นวิดีโอจากนั้นจึงใช้โปรแกรมในการแปลสีของภาพที่ได้โดยไม่ได้วิเคราะห์สีจากแเดปส์โดยตรง ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือออสทริเซฟนั้น ทางบริษัทไม่เปิดเผยข้อมูลของหลักการเก็บภาพจึงไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้ แต่หลักการวิเคราะห์สีก็เป็นลักษณะเดียวกันกับ ซีเล็คคอมนิแคม ที่ต้องสแกนภาพแเดปส์ออกมาก่อนแล้วจึงวิเคราะห์สีจากภาพที่เก็บไว้อีกต่อหนึ่ง ซึ่งปัจจัยของการทำงานแบบอ้อมและโปรแกรมการวิเคราะห์สีที่ไม่ได้ออกแบบมุ่งเน้นเกี่ยวกับสีมากนัก อาจทำให้ค่าความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงไม่ดีเท่าเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานเพื่อวัดสีจะพบว่าเครื่องสแกนเนอร์ทั้งสองจะมีความแตกต่างกันในการใช้เครื่องและกำหนดจุดวัด โดยเครื่อง ซีเล็คคอมนิแคม มีโปรแกรมที่สามารถปรับขนาดของตัวชี้ตำแหน่ง (cursor) ได้และเคลื่อนที่ตัวชี้ขึ้นด้วยเมาส์คอมพิวเตอร์ ทำให้ได้ตำแหน่งที่วัดสีค่อนข้างแน่นอน ส่วนเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากหรือออสทริเซฟมีการกำหนดตำแหน่งจุดที่จะวัดสีเป็นระบบสัมผัสซึ่งยากในการกำหนดตำแหน่งให้ตรงกันทุกครั้งทีวัด ผู้วิจัยจึงได้ทำการลากเส้นหาจุดตัดที่กึ่งกลางในภาพฟันก่อนกำหนดจุดวัดที่จะไม่แตกต่างกันสำหรับการวัดด้วยเครื่องทั้งสอง ส่วนการใช้งานในคลินิกนั้น หากไม่มีการลากจุดตัดภายนอกเครื่องเพิ่มเองเนื่องจากเครื่องวัดทั้งสองไม่สามารถทำได้ อาจเป็นสาเหตุที่

ทำให้ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากเปลี่ยนไปจากผลที่ได้ในการศึกษานี้

ในการศึกษานี้ การวัดสีนั้นได้ค่าออกมาเป็นหน่วย Nominal ทำให้การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของแต่ละเครื่องได้ค่าน้อยกว่าเมื่อวัดค่าออกมาเป็นหน่วยที่เป็นตัวเลข แต่การศึกษานี้ได้มีการจำลองการวัดให้ใกล้เคียงกับการวัดในช่องปากมากที่สุดเท่าที่ทำได้ ดังนั้น ผลที่ได้ในการวัดแเดปส์ที่ถูกกำหนดสีไว้ใน การศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่บอกได้ว่าควรจะใช้เครื่องวัดใดในคลินิก ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาข้างต้นว่าสิ่งที่สำคัญของเครื่องวัดสีนั้นจะต้องประกอบด้วยความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง และจากผล การศึกษานี้พบว่า เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปากผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษายังไม่เหมาะที่จะใช้ในการวัดสีเนื่องจากมีค่าความเที่ยงตรงน้อย สำหรับการใช้งานทางคลินิกนั้นจะมีปัจจัยอื่นที่แตกต่างจากการศึกษา ในห้องปฏิบัติการ จึงน่าสนใจที่จะทำการศึกษาต่อไป

บทสรุป

ในการวัดสีในห้องปฏิบัติการ ความเชื่อมั่นของสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีซีเอนด์ไฟว์และเครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก ซีเล็คคอมนิแคม มีค่าในระดับดีมาก เครื่องสแกนเนอร์ภายในช่องปาก หรือออสทริเซฟมีค่าในระดับดี ความเที่ยงตรงของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิต้าอีซีเอนด์ไฟว์มีค่ามากกว่าเครื่องสแกนเนอร์ทั้งสองอย่าง มีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ทญ.ดร.สรนันทร์ จันทรางศุ ผู้ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำด้านการใช้สถิติ รวมถึงเจ้าหน้าที่คลินิกบัณฑิตศึกษา ทันตกรรมทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษาครั้งนี้

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. Haddad H, Jakstat H, Armetzl Gea. Does gender and experience influence shade matching quality? . *J Dent* 2009;37:e40-4.
3. Bergman B, Nilson H, Andersson M. A longitudinal clinical study of Procera ceramic-veneered titanium copings. *Int J Prosthodont* 1999;12(2):135-9.

4. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2000;83(4):396-401.
5. 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.
6. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002; 81(8):578-82.
7. Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *journal of dentistry* 2014;42:48-52.
8. 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.
9. Gotfredsen Kea. Effectiveness of Shade Measurements Using a Scanning and Computer Software System: a Pilot Study. *Int J Oral Dent Health* 2015;1(2):1-4.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Dauti R, Cvikl 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.
16. Abdel-Azim 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.
17. 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.
18. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013;17(7):1759-64.
19. 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.
20. Yoon HI, Bae JW, Chun YS, Kim MA, Kim M. A Study on Possibility of Clinical Application for Color Measurements of Shade Guides Using an Intraoral Digital Scanner *J Prosthodont* 2018:1-6.
21. 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.
22. Tirakanan S. Research methodology in science. Bangkok: Publisher of Chulalongkorn university; 2008.
23. Pimental W, Tiozzi R. Comparison between visual and instrumental methods for natural tooth shade matching: *Gen Dent* 2014.
24. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiozzi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent* 2019;121(2):271-5.
25. Altman DG. Practical statistics for medical research. New York: Chapman & Hall/CRC Press; 1999.
26. Ebeid K, Sabet A, Della Bona A. Accuracy and repeatability of different intraoral scanners on shade determination. *J Esthet Restor Dent* 2020.
27. Rutkunas V, Dirse J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. *J Prosthet Dent* 2020;123(2):322-9.
28. Witkowski S, Yajima ND, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig* 2012;16(3):945-9.
29. Sangaseng P, Prunkngampun C, Weraarchakul W, editors. A Comparison of Tooth Color Measurement by Conventional Visual under Artificial Light Source, Intraoral Scanner and Spectrophotometer Methods. Proceeding of the 19th National Graduated Research Conference of Khon Kaen University; 2018 Mar 9; Khon Kaen, Thailand.
30. Bona AD, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater* 2009;25(2):276-81.