

การเปรียบเทียบความแม่นยำเชิงมิติของระยะประชิด ระหว่างแบบจำลองพลาสติกอร์หินและแบบจำลองดิจิทัล A Comparison of Dimensional Accuracy of Interproximal Space Between Dental Stone Model and Digital Model

หทัยรัตน์ วงศ์สุวรรณ¹, พิสมัยชัย ชัยจรีนนท์², ปิริยะ ยาวีราช²
¹นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
²ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Hatairat Wongsuwan¹, Pisaisit Chaijareenont², Piriya Yawirach²
¹Graduate student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
²Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2562; 40(2) : 117-130
CM Dent J 2019; 40(2) : 117-130

Received: 5 April, 2018
Revised: 18 September, 2018
Accepted: 17 October, 2018

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เปรียบเทียบความแม่นยำเชิงมิติของระยะประชิดระหว่างแบบจำลองพลาสติกอร์หินและแบบจำลองดิจิทัล

วัสดุและวิธีการ: แบบจำลองต้นแบบโลหะทรงกระบอก 2 ชั้น แบ่งตามระยะประชิดขอบล่างสุดด้านเหงือก 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (0.5 มม.) กลุ่มที่ 2 (1.0 มม.) และกลุ่มที่ 3 (2.0 มม.) กราดภาพแบบจำลองต้นแบบด้วยเครื่องกราดภาพภายในช่องปาก 10 ครั้งต่อกลุ่มพิมพ์แบบจำลองต้นแบบด้วยวิธีสามัญ 10 รอยพิมพ์ต่อกลุ่ม กราดภาพรอยพิมพ์ด้วยเครื่องกราดภาพภายนอกช่องปากแล้วเทแบบ

Abstract

Objective: To compare dimensional accuracy of interproximal space between dental stone models and digital models.

Materials and methods: Two cylindrical metal master models were divided by interproximal distance at gingival margin into 3 groups; group 1 (0.5 mm), group 2 (1.0 mm) and group 3 (2.0 mm). Master models were scanned with an intraoral digital scanner 10 times/group and then conventional impressions were taken, providing

Corresponding Author:

ปิริยะ ยาวีราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Piriya Yawirach

Assistant Professor; Dr., Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand
E-mail: piriyaavdx-18@hotmail.com

จำลองพลาสติกเรซิน วัดระยะขอบด้านเหงือก (g) ในแบบจำลองต้นแบบและพลาสติกเรซินด้วยดิจิทัลเวอร์เนีย-คาลิเปอร์และเกจแผ่นสอด ขณะที่แบบจำลองดิจิทัลวัดผ่านโปรแกรมทรีเซป ทรีดี วิวเวอร์ คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์ด้วยสถิติการทดสอบของครัสคาล-วิลลิสและการทดสอบแมนวิตนีย์ที่ความเชื่อมั่น 0.05

ผลการศึกษา: พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปาก ของกลุ่มที่ 1 ในขณะที่กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่พบความแตกต่างของทั้งสองวิธี และในทุกกลุ่มทดลองพบความแตกต่างของแบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากกับแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปาก

สรุป: แบบจำลองพลาสติกเรซินให้ความแม่นยำที่ต่ำกว่าแบบจำลองดิจิทัลทั้งภายในช่องปากและนอกช่องปากในบริเวณประชิดที่แคบเล็ก ขณะที่แบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดในทุกระยะประชิด

คำสำคัญ: ความแม่นยำเชิงมิติ ระยะประชิด แบบจำลองดิจิทัล แบบจำลองพลาสติกเรซิน

10 impressions/group. After that, the impressions were scanned with an extraoral digital scanner and poured with dental stone. Interproximal space at gingival margin of master and dental stone models were measured with a digital vernier caliper and feeler gauges, whereas digital models were measured with a 3shape 3D viewer software. Data were calculated for the absolute of error and then analyzed by using Kruskal-wallis test and Mann Whitney U test ($p \leq 0.05$).

Results: There were significant differences in dimensional accuracy in group 1 between dental stone and intraoral digital model, but no significant different in group 2 and group 3. Moreover, significant different was found between extraoral digital model and others for all groups.

Conclusion: Within the limitation of this study, dental stone model showed superior dimensional accuracy to digital models for narrow interproximal space. Conversely, extraoral digital model produced the least accurate dimension.

Keywords: dimensional accuracy, interproximal space, digital model, dental stone model

บทนำ

ในฟันเทียมบางส่วนติดแน่น (fixed partial prosthesis) การสร้างให้มีจุดสัมผัสด้านประชิด (proximal contact point) ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ได้จุดสัมผัสด้านประชิดที่ดี คือ แบบจำลองมีระยะประชิดระหว่างฟันหลักแต่ละซี่ที่มีความแม่นยำ ในปัจจุบันนอกเหนือจากเทคนิคการพิมพ์แบบวิธีสามัญ (conventional impression technique) เพื่อสร้างรอยพิมพ์และแบบจำลองแล้ว การสร้างรอยพิมพ์ระบบดิจิทัล (digital impression technique) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำรอยพิมพ์และแบบจำลองที่มีความแม่นยำ^(1,2)

ในอดีตการสร้างรอยพิมพ์และแบบจำลองมีเพียงการสร้างรอยพิมพ์แบบวิธีสามัญ ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการ

สร้างรอยพิมพ์แบบวิธีสามัญมีหลายปัจจัย เช่น การเลือกใช้สภาพพิมพ์ที่เหมาะสม วัสดุพิมพ์แบบที่สามารถลอกเลียนรายละเอียดได้ดี เทคนิคในการสร้างรอยพิมพ์ ความหนาของวัสดุพิมพ์แบบ ระยะเวลาก่อนเทขึ้นงาน รวมทั้งผลจากการขยายตัวของพลาสติกเรซิน (dental stone) แต่ด้วยขั้นตอนที่มากและเทคนิคที่ไว (technique sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงของวัสดุทำให้การสร้างแบบจำลองต้นแบบ (master cast) ด้วยรอยพิมพ์แบบวิธีสามัญมีความคลาดเคลื่อนของขึ้นงานไม่มากนักน้อย หลายๆ การศึกษาได้ทำการศึกษาปัจจัยแต่ละส่วนที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการสร้างฟันเทียมบางส่วนติดแน่น⁽³⁻⁷⁾ พบว่ามีทั้งการศึกษาที่สอดคล้องและเห็นต่างกัน จึงทำให้ความแม่นยำของรอยพิมพ์และแบบจำลองยังเป็น

เรื่องยากที่จะตัดสินว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยหลักต่อความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ปัจจุบันเทคนิคการพิมพ์ปากระบบดิจิทัลพัฒนาเข้ามาสู่วงการทันตกรรมเริ่มต้นในปี 1971^(1,8) ระบบดิจิทัลระบบแรกที่น่ามาใช้ในงานทันตกรรม คือ ซีเรค ซีโรนา (Cerec® Sirona, USA) และได้รับการพัฒนาจนมีความหลากหลายทั้งเทคนิคและรูปแบบอุปกรณ์ที่ออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น โดยสามารถลดการใช้วัสดุพิมพ์แบบและภาคพิมพ์ ประหยัดพื้นที่เก็บข้อมูล ทำซ้ำได้ มีความแม่นยำ ใช้เวลาน้อยกว่า ผู้ป่วยรู้สึกสบายกว่า และการสื่อสารระหว่างทันตแพทย์และช่างทันตกรรมง่ายขึ้น^(1,2) การสร้างรอยพิมพ์ดิจิทัลมีสองระบบ คือ ระบบดิจิทัลกราดภาพภายในช่องปาก (intraoral digital scanner/ intraoral digital impression technique) จะทำการสร้างรอยพิมพ์ดิจิทัลจากช่องปากของผู้ป่วยโดยตรง และระบบดิจิทัลกราดภาพภายนอกช่องปาก (extra-oral digital scanner/extraoral digital impression technique)⁽⁹⁾ ซึ่งจะทำกราดภาพแบบจำลองพลาสติกหิน (dental stone model) หรือรอยพิมพ์ที่ได้จากการสร้างรอยพิมพ์วิธีสามัญ ทั้งสองระบบสร้างแบบจำลองดิจิทัลโดยอิงลำแสงลงไปตกกระทบกับพื้นผิววัตถุ ซึ่งลำแสงจะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับภาพ ทำให้สามารถบันทึกพื้นผิวของวัตถุได้ถูกต้อง^(10,11) ในการสร้างแบบจำลองดิจิทัล สิ่งสำคัญคือความแม่นยำและเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ได้ มีหลายการศึกษาทำการศึกษาเกี่ยวกับความแม่นยำของแบบจำลองดิจิทัลเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ได้จากการสร้างรอยพิมพ์วิธีสามัญ Zilberman และคณะในปี 2003 ทำการเปรียบเทียบการวัดระยะขากรรไกรและขนาดของซี่ฟันที่ศึกษาในแบบจำลองดิจิทัลและแบบจำลองพลาสติกหิน พบว่าการวัดระยะในแบบจำลองพลาสติกหินด้วยดิจิทัลเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ (digital vernier caliper) ให้ความแม่นยำที่มากกว่าการวัดระยะในแบบจำลองดิจิทัล แต่ระยะคลาดเคลื่อนของแบบจำลองดิจิทัลอยู่ในขนาดที่ยอมรับได้ทางคลินิก⁽¹²⁾ Jacob และคณะในปี 2015 ทำการศึกษาความน่าเชื่อถือและความเที่ยงตรงของระบบการสร้างรอยพิมพ์ดิจิทัลแบบกราดภาพภายในช่องปากกับภายนอกช่องปากโดยทำการกราดภาพขากรรไกรล่างที่ได้จากกะโหลกศีรษะมนุษย์ (human mandible) และวัดระยะผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบกับกราดโดยตรงในแบบจำลองพลาสติกหินโดยใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ พบว่าการวัดโดยใช้ระบบการ

สร้างรอยพิมพ์ดิจิทัลแบบกราดภาพภายนอกช่องปากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกราดโดยตรงด้วยดิจิทัลเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ ในขณะที่การสร้างรอยพิมพ์ดิจิทัลแบบกราดภาพภายในช่องปากได้ค่าที่ใกล้เคียงกับการวัดระยะโดยตรง⁽¹³⁾

จากหลายการศึกษาถึงความแม่นยำของระบบดิจิทัลแบบกราดภาพเทียบกับการวัดระยะโดยตรง ส่วนใหญ่เป็นการวัดระยะระหว่างซี่ฟันในขากรรไกร⁽¹⁴⁻¹⁶⁾ และบางการศึกษาพบว่าการใช้เครื่องกราดภาพบันทึกรอยพิมพ์ในบริเวณแคบ ๆ เช่น บริเวณด้านประชิดของฟัน ให้ผลที่ไม่เที่ยงตรงเท่ากับบริเวณอื่น ๆ รวมทั้งยังไม่มีการศึกษาถึงความแม่นยำในบริเวณประชิดจากการสร้างรอยพิมพ์ด้วยระบบดิจิทัลเปรียบเทียบกับกราดโดยตรงในแบบจำลอง การศึกษานี้จึงสนใจศึกษาความแม่นยำของระยะประชิดจากการวัดในแบบจำลองดิจิทัลทั้งในและนอกช่องปากผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และแบบจำลองพลาสติกหินที่ได้จากการสร้างรอยพิมพ์วิธีสามัญ โดยมีสมมุติฐานงานวิจัยคือไม่มีความแตกต่างของความแม่นยำเชิงมิติบริเวณช่องว่างด้านประชิดในแต่ละตำแหน่งของแบบจำลองที่ได้จากรอยพิมพ์วิธีสามัญและวิธีดิจิทัล

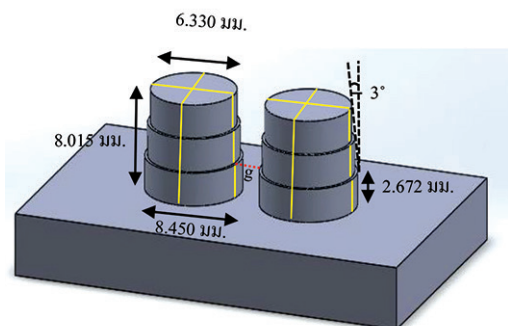
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ขึ้นรูปแบบจำลองต้นแบบอะลูมิเนียม (aluminium master model) โดยเครื่องกลึงโลหะระบบคอมพิวเตอร์ (GENOS® L200E-M, Tatung-Okuyama, Taiwan) ประกอบด้วยแบบจำลองโลหะหลักยึดรูปทรงกระบอก 2 ชั้น แต่ละชั้นสอดเข้าเป็นมุม 6 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนกว้าง 6.330 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างกว้าง 8.450 มิลลิเมตร สูง 8.015 มิลลิเมตร⁽¹⁷⁾ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กันในแนวตั้ง คือ ส่วนด้านบนคืบ (occlusal 1/3) ส่วนด้านกึ่งกลาง (middle 1/3) และส่วนด้านเหงือก (gingival 1/3) โดยสร้างร่องปากเส้นตรงขนาดเล็กละเส้นตัดแบ่งกึ่งกลางด้านบนคืบและต่อเนื่องลงมาที่ผิวด้านข้างเป็นจุดอ้างอิง (รูปที่ 1.1) แบบจำลองต้นแบบจะมีระยะระหว่างหลักยึดที่ 1 และ 2 บริเวณด้านเหงือก (รูปที่ 1.1 ตำแหน่ง g) แตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ระยะขอบด้านเหงือก 0.5 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 ระยะขอบด้านเหงือก 1.0 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 3 ระยะขอบด้านเหงือก 2.0 มิลลิเมตร สร้างรอยบากและติดลูกปิดที่บริเวณฐานของแบบจำลองทุกกลุ่มเพื่อสร้าง

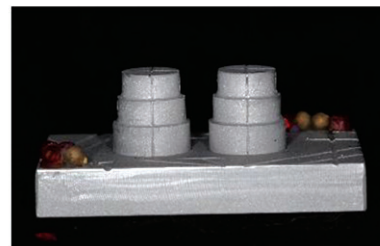
ลักษณะพื้นผิวที่ไม่กลมกลืน (non-uniformity) และเพิ่มความสามารถในการกราดภาพ (รูปที่ 1.2) รวมทั้งเป่าทรายอลูมินา (alumina powder) ขนาด 50 ไมโครเมตรในแบบจำลองทุกกลุ่ม เพื่อลดการสะท้อนของพื้นผิวโลหะ⁽¹⁸⁾

ในการศึกษานี้เนื่องจากการวัดโดยตรงโดยใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ไม่สามารถวัดตำแหน่งระยะประชิดที่แคบและเล็กได้ จึงนำเครื่องมือวัดเกจแผ่นสอด (feeler gauge) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดช่องว่างขนาดเล็กในทางวิศวกรรมตามมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น หมายเลขปี 7524:1992 (Japan Industrial Standardization; JIS B7524:1992) มีค่าความถูกต้องอยู่ในช่วง 3 ถึง 10 ไมโครเมตร⁽¹⁹⁾ มาใช้ประกอบการวัดโดยตรงร่วมกับดิจิทัลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์บริเวณช่องว่างด้านประชิด ก่อนทำการทดลองจะประเมินความน่าเชื่อถือภายในของผู้วิจัยและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือโดยประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient, ICC) โดยเกณฑ์ระดับความน่าเชื่อถือตามการศึกษาของ Shrout และ Fleiss ปี 1979 ซึ่ง

จะยอมรับเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.81 ถึง 1⁽²⁰⁾ โดยประเมินดังนี้ 1). ประเมินความน่าเชื่อถือของผู้ทดลองในการใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ โดยการวัดแบบจำลองต้นแบบที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบดเคี้ยวของซี่ฟันหลักที่ 1 และ 2 โดยสุ่มกลุ่มการวัดจำนวน 10 ครั้ง และวัดครั้งที่สองระยะเวลาห่างจากครั้งแรก 24 ชั่วโมงจำนวน 10 ครั้ง 2). ประเมินความน่าเชื่อถือของดิจิทัลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์กับเครื่องมือวัดเกจแผ่นสอด โดยทำการวัดเกจแผ่นสอดทุกแผ่นแบบสุ่มแผ่นละ 1 ครั้ง เก็บบันทึกข้อมูลครั้งแรกและวัดครั้งที่สองระยะเวลาห่างจากครั้งแรก 24 ชั่วโมง 3). ประเมินความแม่นยำการวัดจากการใช้โปรแกรมทรีเซฟทรีดีวีวเวอร์ เวอร์ชัน 1.2.7.0 (3Shape 3D Viewer version 1.2.7.0) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องกราดภาพ โดยวัดแบบจำลองต้นแบบที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบดเคี้ยวของซี่ฟันหลักที่ 1 และ 2 โดยสุ่มกลุ่มการวัดจำนวน 10 ครั้ง และวัดครั้งที่สองระยะเวลาห่างจากครั้งแรก 24 ชั่วโมงจำนวน 10 ครั้ง



1.1)



1.2)

รูปที่ 1

1.1) ภาพวาด 3 มิติของแบบจำลองต้นแบบมีอะลูมิเนียม รูปร่างทรงกระบอกแทนซี่ฟันหลัก แต่ละชิ้นสอบเป็นมุม 6 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดบนกว้าง 6.330 มิลลิเมตร หน้าตัดด้านล่างกว้าง 8.450 มิลลิเมตร สูง 8.015 มิลลิเมตร แบ่งเป็นสามส่วนสูงส่วนละ 2.672 มิลลิเมตรเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนกำหนดตำแหน่งมุมขอบประชิดเป็นตำแหน่งกำหนดในการวัดระยะ คือ g ตำแหน่งขอบด้านเหงือก

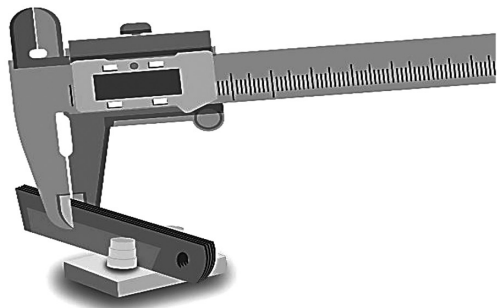
1.2) ภาพแสดงแบบจำลองต้นแบบอะลูมิเนียมกลุ่มที่ 3 โดยบริเวณฐานแบบจำลองสร้างรอยบากและติดลูกบิดเพื่อสร้างความไม่กลมกลืนและง่ายต่อการสแกนแบบจำลองด้วยเครื่องดิจิทัลสแกนเนอร์ภายในช่องปาก

Figure 1

1.1) Schematic 3D image dimensions of cylindrical aluminium master model represent abutment teeth with 6 degrees of total occlusal convergence. The diameter of the abutment at occlusal 1/3 is 6.330 mm, and at gingival 1/3 is 8.450 mm. The height of the abutment is 8.015 mm, which divided into 3 parts with 2.672 mm/part. The alphabets at interproximal area represent the reference points for measurement: gingival margin (g)

1.2) Aluminium master model (group 3) Small droplets were attached, and the grooves were created at the base of model as indicators in order to provide non-uniformity and improve the scanning ability of intraoral digital scanner.

ทำการทดลองโดยใช้ดิจิทัลเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Insize® 1101, Insize, U.S.A.) ที่มีความละเอียด 0.005 มิลลิเมตร ร่วมกับเครื่องมือวัดเกจแผ่นสอด (Mitutoyo® 184, Mitutoyo, Japan) วัดระยะห่างระหว่างหลักยึดที่ 1 และ 2 ที่ตำแหน่งขอบด้านเหงือก (g) (รูปที่ 1.1) นำเกจแผ่นสอดขนาดเล็กกว่าช่องว่างที่ต้องการวัดใส่ลงไประหว่างหลักยึดที่ 1 และ 2 จนเต็ม^(19,21) จากนั้นใส่แผ่นชิมสต็อก (shimstock; Arti-Fol®, Bausch, Germany) ขนาด 8 ไมโครเมตรลงไป ทดลองดึงแผ่นชิมสต็อกโดยแผ่นชิมสต็อกต้องแน่นไม่สามารถดึงออกได้ ทำการวัดเกจแผ่นสอดและแผ่นชิมสต็อก



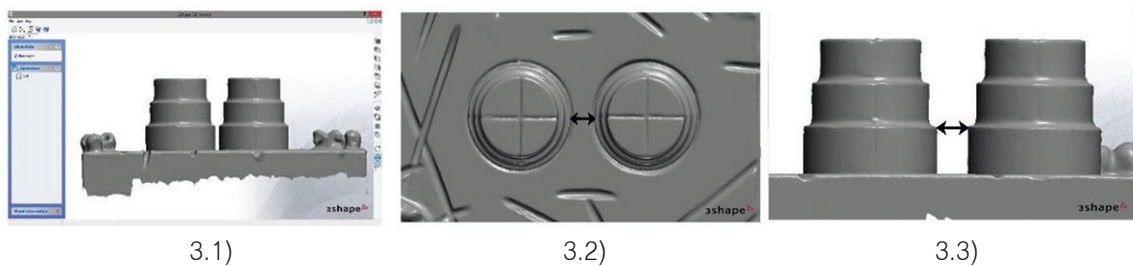
รูปที่ 2 ภาพวาดแสดงการวัดระยะประชิดของแบบจำลองซีฟันหลักที่หนึ่งและสองโดยใช้เครื่องมือวัดเกจแผ่นสอดร่วมกับดิจิทัลเวอร์เนียคาลิเปอร์และแผ่นชิมสต็อก

Figure 2 Schematic illustration of the measurement in interproximal space with a digital vernier caliper, feeler gauges and a shimstock.

ทั้งหมดด้วยดิจิทัลเวอร์เนียคาลิเปอร์ (รูปที่ 2) วัดข้อมูลกลุ่มละ 10 ครั้ง บันทึกเป็นข้อมูลกลุ่มควบคุม

นำแบบจำลองต้นแบบแต่ละกลุ่มกราดภาพด้วยเครื่องกราดภาพภายในช่องปาก (TRIOS®, 3SHAPE, Denmark) ทำการกราดภาพในแต่ละกลุ่มจำนวน 10 ครั้ง ส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมทรีเชป ทรีดี วิวเวอร์ จากนั้นวัดระยะระหว่างหลักยึดที่ 1 และ 2 ในตำแหน่งขอบด้านเหงือกโดยกำหนดจุดชี้ (pointer) ที่มุมขอบประชิดของหลักยึดแรกตำแหน่งตรงกับแนวร่องเส้นตรงอ้างอิงในแนวระนาบ (horizontal plane) โดยมองจากด้านบนแค่ียว จากนั้นลากจุดชี้ไปที่มุมขอบประชิดของหลักยึดที่ 2 จะเกิดเส้นระหว่างทั้งสองจุดทำการเปลี่ยนมุมมองเป็นระนาบด้านข้าง (sagittal plane) ซึ่งเส้นวัดระยะจะต้องขนานกับฐานของแบบจำลองต้นแบบ จึงจะถือว่าเป็นตำแหน่งที่ถูกต้อง (รูปที่ 3) วัดระยะ 10 ครั้ง ต่อแบบจำลองนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผล

นำแบบจำลองต้นแบบมาพิมพ์ด้วยวิธีสามัญโดยใช้วัสดุพิมพ์แบบโพลีไวนิลซิล็อกเซน (polyvinyl siloxane impression material; Express XT®, 3M ESPE, Germany) เทคนิคพิมพ์แบบผสมสองขั้นตอนพุตตีวอช (two-step putty wash impression technique) ก่อนพิมพ์นำแผ่นซีฟิงส์ชมพู (Dental wax®, Prominent, Thailand) คลุมทับหลักยึดโดยรอบให้ได้ความหนาของแผ่นซีฟิงส์ชมพูหนึ่งแผ่น (2 มิลลิเมตร) พิมพ์ครั้งแรกด้วยวัสดุพิมพ์แบบโพลีไวนิลซิล็อกเซนชนิดพุตตี (polyvinyl siloxane putty



รูปที่ 3 ภาพแสดงวิธีการวัดระยะแบบจำลองดิจิทัลในโปรแกรมทรีเชป ทรีดี วิวเวอร์ บริเวณด้านขอบเหงือก
 3.1) แบบจำลองดิจิทัลในโปรแกรมทรีเชป ทรีดี วิวเวอร์
 3.2) ที่แนวระนาบด้านบนแค่ียวแสดงการวัดระยะประชิดจากจุดอ้างอิงขอบด้านเหงือก (g) ของซีฟันหลัก
 3.3) ที่แนวระนาบด้านข้างแสดงแนวเส้นวัดระยะขนานกับฐานแบบจำลองดิจิทัลและตั้งฉากกับพื้นผิวแบบจำลอง

Figure 3 Show the measuring method at gingival area in 3shape 3D viewer program.
 3.1) Digital model in 3shape 3D viewer program.
 3.2) The measurement of interproximal space of abutment at reference point (g) at occlusal view.
 3.3) The measurement line parallel to the base of model and perpendicular to surface of abutment at sagittal view.

type impression material) ตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนดจนครบระยะเวลาก่อตัวของวัสดุพิมพ์ 5 นาที จากนั้นดึงแผ่นซีฟี่ซึ่งสีชมพูออกทำการพิมพ์ครั้งที่สองด้วยวัสดุพิมพ์ปากโพลีไวนิลไซล๊อกเซนชนิดไลท์บอดี้แบบปืนฉีด (polyvinyl siloxane light body gun type impression material) โดยฉีดวัสดุพิมพ์ไปที่แบบจำลองต้นแบบและในรอยพิมพ์พุตตี พิมพ์ซ้ำอีกครั้งในตำแหน่งเดิม รอจนครบระยะเวลาก่อตัวของวัสดุตามบริษัทกำหนดจากนั้นดึงรอยพิมพ์ออกจากแบบจำลองต้นแบบทิศทางขนานกับแนวแกนของหลักยึดด้วยแรงดึงเพียงครั้งเดียว ทำการสร้างรอยพิมพ์กลุ่มละ 10 รอยพิมพ์ทิ้งรอยพิมพ์ไว้ 30 นาทีให้วัสดุพิมพ์แบบเกิดพอลิเมอร์เต็มที่ นำรอยพิมพ์ไปกราดภาพด้วยเครื่องกราดภาพภายนอกช่องปาก (3Shape D810[®], 3Shape, Denmark) ส่งข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่โปรแกรม ทรีเชป ทรีดี วิวเวอร์ วัดระยะแบบจำลองละ 10 ครั้งต่อกลุ่ม จากนั้นนำรอยพิมพ์ทั้งหมดไปเทแบบจำลองภายใน 24 ชั่วโมง⁽²²⁾ ด้วยพลาสติกเรซินชนิดที่สี่ (dental stone type IV; Velmix[®], Kerr, USA) ตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนดด้วยเครื่องผสมสุญญากาศ (vacuum mixer; Twister Evolution[®], Renfert, Germany) ทิ้งให้พลาสติกเรซินแข็งตัวเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจึงแกะออกจากรอยพิมพ์ เก็บแบบจำลองพลาสติกเรซินที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการวัดระยะทางด้านประชิดของแบบจำลองพลาสติกเรซินด้วยเครื่องมือวัดเกจแผ่นสอดร่วมกับดิจิทัลเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์และแผ่นชิมสต็อก 10 ครั้งต่อแบบจำลอง หาค่าเฉลี่ยและบันทึกผล

นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละกลุ่มแบบจำลองหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error; |ΔE|) ดังสมการที่ 1

$$|\Delta E| = \left| \sum_{i=1, \dots, 10} \bar{y} - \sum_{i=1, \dots, 10} \bar{x} \right| \longrightarrow \text{สมการที่ 1}$$

|ΔE| คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของแบบจำลองในแต่ละกลุ่ม

\bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะที่วัดได้ของแบบจำลองต้นแบบแต่ละกลุ่ม

\bar{y} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะที่วัดได้ของแบบจำลองในแต่ละกลุ่ม

i คือ จำนวนครั้งที่วัดของแบบจำลองในแต่ละกลุ่ม

จากนั้นนำข้อมูลเข้าประเมินและวิเคราะห์ผลในโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 24 (statistical package for the social science for windows: SPSS Version 24, IBM, U.S.A.) โดยใช้สถิติการทดสอบของครัสคาลวัลลิส (Kruskal-Wallis test) และการทดสอบแมนนิตนีย์ (Mann Whitney U test)

ผลการศึกษา

จากการประเมินความน่าเชื่อถือภายในของผู้วิจัยและเครื่องมือจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน พบว่ามีค่าอยู่ในระดับสูงคือ 0.90 ถึง 1 ดังแสดงในตารางที่ 1 กล่าวคือเครื่องมือและผู้วิจัยมีความน่าเชื่อถือสูง⁽²⁰⁾

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นประเมินความน่าเชื่อถือภายในของผู้ทำการศึกษา

Table 1 Intra-rater reliability of examiner by intraclass correlation coefficient (ICC)

ตำแหน่งที่ประเมิน	ICC (95% CI)
ประเมินการใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ วัดระยะแบบจำลองต้นแบบ	0.90 (0.60-0.98)
ประเมินการใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ วัดเครื่องมือวัดเกจแผ่นสอด	1.00 (1.00)
ประเมินการใช้โปรแกรมทรีเชป ทรีดี วิวเวอร์ วัดระยะแบบจำลองดิจิทัล	0.90 (0.67-0.97)

ICC คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น
95% CI คือ ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ICC = Intraclass Correlation Coefficient
95% CI = 95% Confidence Interval

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลโดยการทดสอบของครัสคาลวัลลิสพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของแบบจำลองแต่ละวิธีอย่างน้อยหนึ่งกลุ่ม ($p < 0.05$) เมื่อนำข้อมูลทดสอบด้วยการทดสอบแมนนิตนีย์ ดังแสดงในตารางที่ 2 และแผนภูมิที่ 1 พบว่าในกลุ่มที่ 1 มีความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์จากแบบจำลองต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ โดยแบบจำลองพลาสติกเรซินมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์น้อยที่สุด ขณะที่ในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 แบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากมีความคลาดเคลื่อนของระยะที่วัดได้ไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นพบว่าแบบจำลอง

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าน้อยที่สุด ค่ากลาง ค่ามากที่สุด และช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ในหน่วยมิลลิเมตร) ในแบบจำลองพลาสติกเรซิน แบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากและภายนอกช่องปากในแต่ละกลุ่ม

Table 2 Values of absolute error (mean value, standard deviation, minimum, median, maximum, 95% confident interval in mm) of dental stone model, intra- and extra-oral digital scanner models in each group

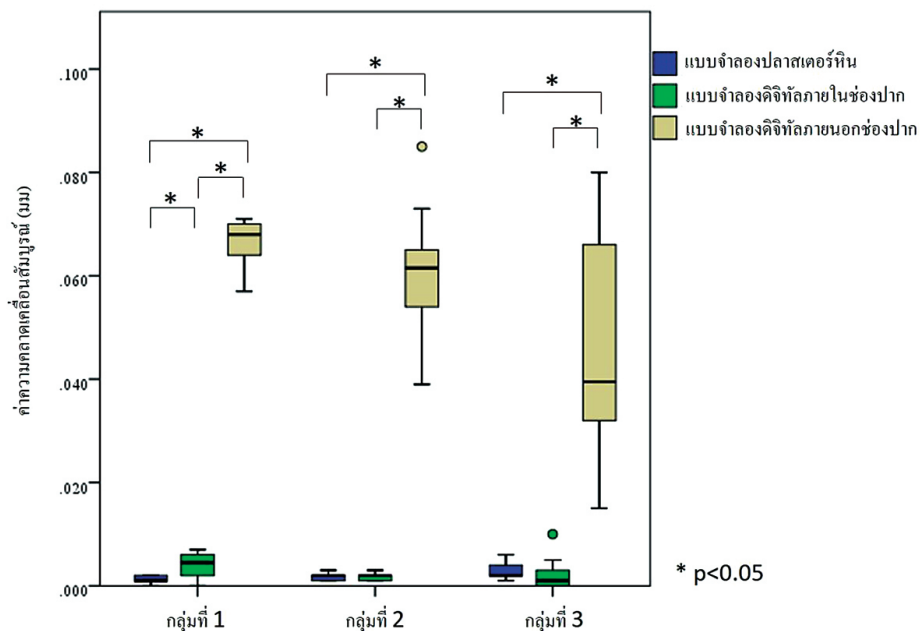
กลุ่ม	แบบจำลอง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าน้อยที่สุด	ค่ากลาง	ค่ามากที่สุด	ช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95
กลุ่มที่ 1	พลาสติกเรซิน	0.001 ^a	0.001*	<0.001	0.001	0.002	0.001/0.002
	ดิจิทัลภายในช่องปาก	0.004 ^b	0.003	<0.001	0.005	0.007	0.002/0.006
	ดิจิทัลภายนอกช่องปาก	0.066 ^c	0.005	0.057	0.068	0.071	0.063/0.070
กลุ่มที่ 2	พลาสติกเรซิน	0.002 ^d	0.001*	0.001	0.002	0.003	0.001/0.002
	ดิจิทัลภายในช่องปาก	0.002 ^d	0.001*	0.001	0.002	0.003	0.001/0.002
	ดิจิทัลภายนอกช่องปาก	0.061 ^e	0.012	0.039	0.062	0.085	0.052/0.070
กลุ่มที่ 3	พลาสติกเรซิน	0.003 ^f	0.002	0.001	0.002	0.006	0.002/0.004
	ดิจิทัลภายในช่องปาก	0.002 ^f	0.003*	<0.001	0.001	0.010	<0.001/0.005
	ดิจิทัลภายนอกช่องปาก	0.046 ^g	0.020	0.015	0.040	0.080	0.031/0.060

ด้วยกฏอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ในแบบจำลองแต่ละเทคนิคเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม

*แสดงข้อมูลกระจายตัวไม่ปกติ

The superscript letters show the significant different of absolute error between models in each group

*Showed no normal distribution



แผนภูมิที่ 1 แผนภาพกล่องแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากและภายนอกช่องปากในแต่ละกลุ่ม

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแบบจำลองในแต่ละกลุ่ม

Graph 1 Box plot of the absolute error of plaster models and intra- and extra-oral digital models in each group

* Showed the significant different between models in each group

ดิจิทัลภายนอกช่องปากแตกต่างจากแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากทุกกลุ่ม และมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์มากที่สุดในแต่ละกลุ่มอีกด้วย

บทวิจารณ์

ในการศึกษานี้พบว่าที่ระยะขอบด้านเหงือกในแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากเมื่อทดสอบด้วยการทดสอบของแมนวิตนีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ 1 แต่ในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่มีทิศทางเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 3 และแผนภูมิที่ 2

จากการศึกษานี้ในแบบจำลองพลาสติกเรซิน พบว่าที่ขอบด้านเหงือกของแบบจำลองเป็นบริเวณที่มีพื้นที่แคบเล็ก การสร้างรอยพิมพ์โดยวิธีสามัญที่บริเวณนี้จะเป็นที่อยู่ของวัสดุพิมพ์ชนิดไลทอบอดีทั้งหมด จึงทำให้การบันทึกรายละเอียดของรอยพิมพ์ทำได้ดี (รูปที่ 4 ตำแหน่ง A) แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเมื่อระยะห่างบริเวณนี้เพิ่มขึ้น สืบเนื่องจากเมื่อสร้างรอยพิมพ์วิธีสามัญนอกเหนือจากวัสดุพิมพ์ชนิดไลทอบอดีแล้ว การสร้างรอยพิมพ์แบบสองชั้นตอนพุดตีวอซยังมีวัสดุพิมพ์ชนิดพุดตีที่ใช้พิมพ์ในชั้นตอนแรกร่วมด้วย กล่าวคือปริมาณของวัสดุพิมพ์ชนิดพุดตีจะมีปริมาณมากขึ้นในบริเวณระยะประชิดที่มีขนาดกว้างขึ้น และ

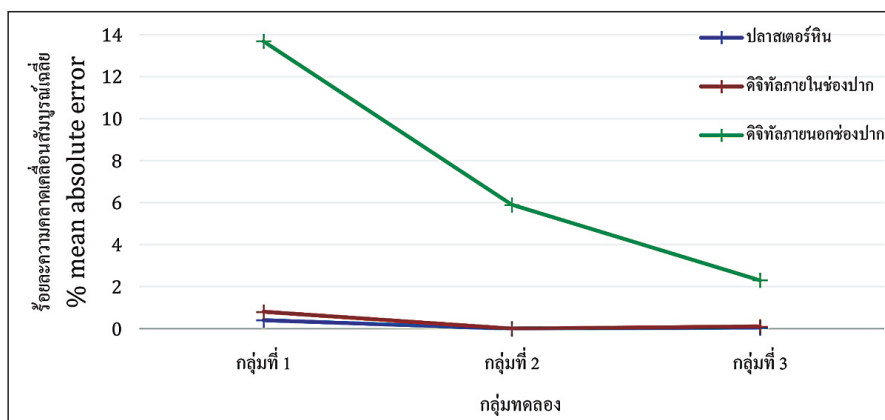
ตารางที่ 3 ตารางแสดงร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยด้านประชิดในแบบจำลองพลาสติกเรซิน แบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากและภายนอกช่องปากกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

Table 3 The mean absolute percentage error of interproximal distance of dental stone, intra- and extra-oral digital scanner models in each groups

กลุ่มทดลอง	ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย		
	แบบจำลองพลาสติกเรซิน	แบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปาก	แบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปาก
กลุ่มที่ 1	0.402	0.805	13.682
กลุ่มที่ 2	0.000	0.000	5.900
กลุ่มที่ 3	0.050	0.100	2.299

ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยในแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลสแกนเนอร์ภายในช่องปากและภายนอกช่องปากทุกกลุ่มทดลอง

The mean absolute percentage error of dental stone models and intra- and extra-oral digital scanner model in all group



แผนภูมิที่ 2 แสดงแนวโน้มร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยในแบบจำลองพลาสติกเรซิน และแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากและภายนอกช่องปากทั้งสามกลุ่มทดลอง

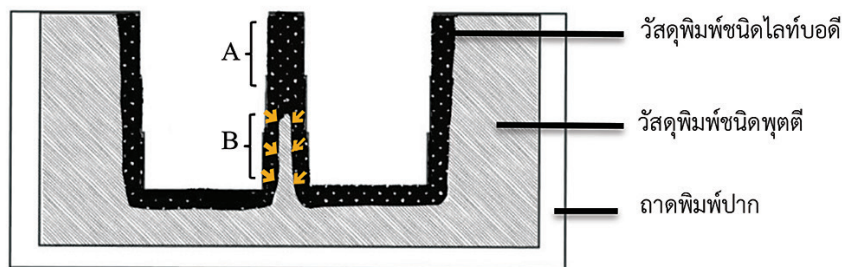
Graph 2 The trend of the mean absolute percentage error of dental stone models and intra- and extra-oral digital scanner models in all group

ปริมาณของวัสดุพิมพ์พุตตีที่แทรกเข้ามามากขึ้นจะทำให้เกิดการหดตัวของวัสดุพิมพ์ปากทั้งสองชนิดเพิ่มมากขึ้นด้วย⁽²⁴⁾ ซึ่งการศึกษานี้พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแบบจำลองที่มีระยะประชิดกว้างขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Dugal และคณะในปี 2013 พบว่าบริเวณที่มีปริมาณของวัสดุพิมพ์มากอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของรอยพิมพ์ได้มากกว่าเนื่องจากเกิดการหดตัวของวัสดุพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ (thermal contraction) ที่เพิ่มขึ้น⁽²³⁾ และจากการศึกษาของ Hung และคณะในปี 1992 พบว่าปริมาณของวัสดุพิมพ์ที่เพิ่มสูงขึ้นจะมีผลต่อปฏิริยาการหดตัวขณะก่อตัวที่มากกว่า ซึ่งปฏิริยาการหดตัวของวัสดุพิมพ์ทั้งสองชนิดที่มีปริมาณสารเฉลี่ยที่ถูกเติมเข้าไปแตกต่างกันมีผลให้ปริมาณการหดตัวของวัสดุทั้งสองชนิดแตกต่างกัน ยิ่งปริมาณของวัสดุทั้งสองชนิดเพิ่มมากขึ้น ปฏิริยาการหดตัวของวัสดุทั้งสองชนิดก็จะแตกต่างกันมากขึ้นด้วย^(5,24)

นอกเหนือจากนั้นอีกปัจจัยหนึ่งคือการขยายตัวของพลาสติกอร์ทินมีผลเกี่ยวข้องกับต่อความแม่นยำของแบบจำลองพลาสติกอร์ทินได้ Freitas และคณะในปี 2015 ทำการทดลองใช้พลาสติกอร์ทินชนิดที่สี่จากแต่ละบริษัทที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าพลาสติกอร์ทินชนิดที่สี่ที่จำหน่ายส่วนใหญ่จะมีการขยายตัวในแนวเส้นตรง (linear expansion) ใกล้เคียงกัน แต่พบบางชนิดมีค่าการขยายตัวสูงกว่าที่สมาคมทันตแพทย์อเมริกันกำหนด⁽²⁵⁾ และเนื่องจากการเกิดปฏิริยาการตกผลึก (crystallization reaction) ซึ่งผลึกคริสตัลของพลาสติกอร์ทิน จะโตจากแกนกลางออกไปสู่ภายนอก ทำให้

แบบจำลองพลาสติกอร์ทินมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย และหากเกิดการรบกวนการเกิดปฏิริยาการตกผลึกจะทำให้การขยายตัวของแบบจำลองพลาสติกอร์ทินเกิดการเปลี่ยนแปลงได้⁽²⁶⁾ เป็นไปได้ว่าความคลาดเคลื่อนของระยะที่วัดได้ในการศึกษานี้เกิดจากปัจจัยที่กล่าวมาาร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Freitas และคณะปี 2015⁽²⁵⁾

จากการศึกษานี้พบว่าแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของระยะที่วัดได้แตกต่างจากแบบจำลองพลาสติกอร์ทินในกลุ่มที่ 1 และแตกต่างจากแบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากทุกกลุ่ม ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่พบในแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากสาเหตุอาจเนื่องมาจากแบบจำลองต้นแบบเป็นโลหะจะมีการสะท้อนของแสงที่ส่องกราดจากกล้องจับภาพของเครื่องกราดภาพแตกต่างจากเคลือบฟันและเนื้อฟัน⁽³⁵⁾ เมื่อพิจารณาเครื่องกราดภาพภายในช่องปากที่ใช้ในการศึกษานี้คือเครื่องกราดภาพภายในช่องปากยี่ห้อทรูออส ที่มีการทำงานแบบคอนโฟคอลชนิดที่ใช้เลเซอร์ในการกราดภาพ (confocal laser scanning microscopy) เป็นการสร้างข้อมูลสามมิติโดยใช้หลักการทำงานแบบระนาบโฟกัสของกล้องจับภาพมองผ่านเลนส์โดยมีระบบเทเลเซนทริก (telecentric) ควบคุมทำให้รูปที่ได้มีขนาดและรูปร่างไม่บิดเบี้ยวโดยมีกำลังขยายที่คงที่⁽²⁷⁻³¹⁾ โดยแสงเลเซอร์ที่ส่องกราดกระทบพื้นผิวแบบจำลองต้นแบบที่เป็นโลหะอาจเกิดการสะท้อนของลำแสงที่กระจัดกระจายและเกิดรูปแบบการสั่นสะท้อนของคลื่นแสงที่หลากหลาย⁽²⁸⁾ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมปริมาณลำแสงที่โฟกัสกับระนาบพื้น



รูปที่ 4 ภาพวาดแสดงรอยพิมพ์วิธีสามัญแบบผสมสองชั้นตอนโพลีไวโนลไซลิกเช่นพุตตีวอช โดยวัสดุพิมพ์ชนิดไลท์บอดีพบมีการหดตัวเข้าหาวัสดุพิมพ์ชนิดพุตตีที่มีสารเฉื่อยมากกว่า (ตำแหน่ง B) ในขณะที่บริเวณขอบด้านเหนือก็มีเพียงวัสดุพิมพ์ชนิดไลท์บอดีเท่านั้น (ตำแหน่ง A)

Figure 4 Schematic illustration of 2-step polyvinyl siloxane putty wash impression technique. In addition, light body type impression material contracted toward putty type impression material, which had more inert fillers (position B). Meanwhile, the gingival 1/3 area had only light body type impression (position B) material (position A).

ผิววัตถุที่สะท้อนกลับและเข้าสู่บริเวณรูรับแสง (aperture pin hole)⁽³⁰⁾ ทำให้การบันทึกภาพในบางบริเวณทำได้ไม่คมชัด (sharpness) เทียบกับบริเวณที่โฟกัส⁽³⁶⁾ ประกอบกับแบบจำลองต้นแบบในการศึกษานี้มีรูปร่างที่สมมาตร ซึ่ง Uhm และคณะปี 2017 พบว่าวัตถุที่มีความสมมาตรสูงจะทำให้การบันทึกภาพของเครื่องกราดภาพภายในช่องปากทำได้ยาก⁽¹⁸⁾ และ Rudolph และคณะปี 2016 พบว่าลักษณะที่พื้นที่มีความชันมากและมีผนังด้านตรงข้ามค่อนข้างขนานกันจะทำให้การบันทึกภาพดิจิทัลยากกว่า⁽³³⁾ รวมทั้งกระบวนการแปลงข้อมูลของเครื่องกราดภาพภายในช่องปากหรือออส เป็นระบบต่อภาพ (stitching process) สองมิติให้เป็นแบบจำลองสามมิติ ขั้นตอนในการแปลงข้อมูลภาพนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามระบบต่อภาพของเครื่องกราดภาพภายในช่องปากหรือออสไม่ได้เปิดเผยถึงกระบวนการจึงไม่สามารถอธิบายสาเหตุได้^(14,16) ยิ่งไปกว่านั้นทักษะและความชำนาญในการใช้งานเครื่องกราดภาพภายในช่องปากของผู้ทำการกราดภาพยังมีผลต่อความคมชัดของภาพสามมิติที่ได้อีกด้วย^(14,32-34)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ในแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากกับแบบจำลองพลาสติกเรซินกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแบบจำลองต้นแบบกลุ่มที่ 1 แตกต่างกับแบบจำลองต้นแบบกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ที่มีระยะขอบด้านเหนือแคบและเล็กมากกว่า การเข้าจับภาพของกล้องจับภาพในแบบจำลองต้นแบบกลุ่มที่ 1 บริเวณขอบด้านเหนือจะเข้าทำได้ยากกว่าในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ที่มีระยะที่กว้างกว่า รายละเอียดภาพแบบจำลองที่ได้ในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 จึงสมบูรณ์กว่าเนื่องจากตำแหน่งการวางกล้องจับภาพที่สามารถโฟกัสพื้นผิวแต่ละบริเวณได้ชัดเจนขึ้นความแม่นยำในการบันทึกภาพจึงมากกว่ากลุ่มที่ 1 สอดคล้องกับการศึกษาของ Desoutter และคณะปี 2017 พบว่าการใช้เครื่องกราดภาพภายในช่องปากเมื่อตรวจสอบความคมชัดของภาพที่ได้จากการจับภาพบนพื้นผิวที่เรียบโดยทำมุมต่างกันพบว่าที่พื้นผิวที่ค่อนข้างตั้งฉากกับกล้องจับภาพจะมีความคมชัดมากที่สุด ในขณะที่พื้นผิวที่อยู่โดยรอบจุดโฟกัสจะพบจุดรบกวน (noises) มากกว่าโดยเฉพาะบริเวณขอบ^(33,37)

ในการศึกษานี้ใช้เครื่องกราดภาพภายนอกช่องปากยี่ห้อทริเซป รุ่น ดี810 เป็นเครื่องกราดภาพภายนอกช่องปากที่มีความละเอียดสูง สามารถสร้างแบบจำลองดิจิทัลจากรอย

พิมพ์แบบสามัญหรือจากแบบจำลองพลาสติกเรซินได้ หลักการทำงานของเครื่องใช้หลักการสามเหลี่ยมแบบกัมมันต์ (active triangulation) โดยปล่อยแสงสีฟ้า (blue light projection) ออกมาตกกระทบกับพื้นผิววัตถุร่วมกับกล้องจับรูปที่มีความละเอียดสูง 5 ล้านพิกเซลจำนวนสองตัว⁽³⁸⁾ เครื่องกราดภาพระบบนี้ใช้หลักการคำนวณระยะสามเหลี่ยม โดยวัดระยะจากแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ถึงพื้นผิววัตถุ ระยะจากจุดกระทบที่พื้นผิววัตถุถึงกล้องจับภาพ และระยะจากกล้องจับภาพถึงแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวจะจัดวางอยู่เป็นรูปแบบสามเหลี่ยม สามารถคำนวณระยะจริงของวัตถุที่ทำการบันทึกภาพได้โดยใช้หลักการตรีโกณมิติ⁽³⁹⁾ ในการศึกษาเมื่อใช้เครื่องทริเซป รุ่นดี810 กราดภาพภาพจากรอยพิมพ์วิธีสามัญแล้วพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากทุกกลุ่มทดลอง อาจเนื่องจากรอยพิมพ์โดยวิธีสามัญมีลักษณะเป็นรูปแบบลบ (negative form) ซึ่งเป็นลักษณะช่องแคบและเล็ก การบันทึกภาพโดยใช้แสงเลเซอร์ส่องกราดเข้าถึงได้ยากในบริเวณพื้นผิวด้านข้างของรอยพิมพ์ที่มีลักษณะค่อนข้างขนาน สอดคล้องกับการศึกษาของ Jeon และคณะ ในปี 2015 ที่เปรียบเทียบเครื่องกราดภาพภายนอกช่องปากโดยใช้ระบบแสงเลเซอร์สีขาและแสงเลเซอร์สีฟ้าสร้างแบบจำลองดิจิทัลจากการกราดภาพรอยพิมพ์วิธีสามัญ พบว่าในแบบจำลองดิจิทัลที่สร้างจากระบบแสงเลเซอร์สีฟ้าให้ความแม่นยำสูงแต่ยังมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยที่บริเวณผนังด้านข้างของแบบจำลองดิจิทัลเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองต้นแบบ โดยพบมากในรอยพิมพ์วิธีสามัญที่ได้จากฟันซี่ขาว ซึ่ง Jeon และคณะสรุปว่าเนื่องจากลักษณะของรอยพิมพ์ที่ค่อนข้างชันและแคบ จึงอาจเกิดเงาบังในบางบริเวณที่แสงส่องกราดบันทึกภาพรอยพิมพ์ไม่สามารถเข้าถึงได้⁽³⁴⁾ และจากการศึกษาของ Kusnoto และ Evan ในปี 2002 พบว่าความสัมพันธ์ของระนาบการส่องกราดของลำแสงและระนาบของวัตถุมีผลต่อความแม่นยำของแบบจำลองดิจิทัล โดยการส่องลำแสงของเครื่องกราดภาพภายนอกช่องปากจะทำการส่องกราดลำแสงจากบนสุดไปสู่ล่างสุด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสะท้อนกลับของลำแสงและระยะในการรับแสงสะท้อน มีผลต่อความแม่นยำของแบบจำลองดิจิทัลที่อยู่ในแต่ละระนาบ⁽⁴⁰⁾ จากการศึกษานี้ปฏิเสธสมมติฐานงานวิจัยเนื่องจากพบความ

แตกต่างของระยะประชิดของแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธีต่าง ๆ กับแบบจำลองต้นแบบ เมื่อประเมินร้อยละความคลาดเคลื่อนพบว่าที่แบบจำลองพลาสติกเรซินทุกกลุ่ม และแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากกลุ่มที่ 2 และ 3 มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 0.5 ซึ่งยอมรับได้ในทางคลินิก^(24,41) แต่ที่แบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากกลุ่มที่ 1 พบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 0.805 เช่นเดียวกับแบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากที่มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนมากกว่าร้อยละ 0.5 ทุกกลุ่มทดลอง สรุปได้ว่าในการประยุกต์ใช้ทางคลินิกในบริเวณที่มีความแคบเล็กมาก การสร้างแบบจำลองโดยวิธีสามัญหรือแบบจำลองพลาสติกเรซินและการสร้างแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากสามารถให้รายละเอียดของแบบจำลองที่ดีที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระยะที่ยอมรับได้ทางคลินิก แต่หากบริเวณที่ต้องการรายละเอียดสูงเช่นเป็นพื้นที่แคบเล็กเช่นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร การสร้างแบบจำลองโดยวิธีสามัญจะเหมาะสมกว่าวิธีอื่น ในขณะที่การสร้างแบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากโดยการกราดภาพรอยพิมพ์ที่ได้จากการสร้างรอยพิมพ์โดยวิธีสามัญมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดเกินกว่าสามคม ทันตแพทย์อเมริกันกำหนด⁽¹⁷⁾ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ในทางคลินิกโดยเฉพาะในรอยพิมพ์ซี่ฟันที่มีรูปร่างแคบและชั้นสูง อาจไม่เหมาะสม เนื่องจากพบระยะที่คลาดเคลื่อนจากแบบจำลองต้นแบบมากอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดของชิ้นงานที่จุดสัมผัสด้านประชิดได้ ปัจจุบันการศึกษาถึงความแม่นยำของแบบจำลองดิจิทัลยังไม่มีรูปแบบการทดลองที่แน่นอน⁽¹⁸⁾ โดยแต่ละการศึกษาความแม่นยำมักขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา การออกแบบแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา รวมทั้งความชำนาญของผู้ทำการศึกษาด้วย^(18,35,41,42) แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เป็นการศึกษาภายนอกร่างกาย (in vitro study) ปัจจัยภายในช่องปาก เช่น ความชื้น อวัยวะภายในช่องปาก ไม่ได้นำมาพิจารณาด้วย และการวัดแบบจำลองดิจิทัล อาจมีข้อจำกัดจากตำแหน่งอ้างอิงบริเวณมุมรอยต่อที่ไม่เป็นมุมฉากคมชัดเนื่องมาจากกระบวนการสร้างแบบจำลองดิจิทัล^(28,34) ในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาการออกแบบแบบจำลองร่วมกับการกำหนดจุดอ้างอิงที่มีความคมชัด และพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบความแม่นยำจากการเบี่ยงเบนของแบบจำลองผ่านโปรแกรมซ้อนทับภาพ 3 มิติ

(3D superimposition technique) รวมทั้งทดสอบการสร้างแบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากโดยการกราดภาพผ่านแบบจำลองพลาสติกเรซินเปรียบเทียบความแม่นยำกับแบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากที่สร้างจากรอยพิมพ์โดยวิธีสามัญและแบบจำลองต้นแบบ

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้การวัดระยะในแบบจำลองโดยวิธีสามัญและวิธีดิจิทัลทั้งภายในช่องปากและภายนอกช่องปาก มีค่าความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันในแต่ละแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้

1. แบบจำลองพลาสติกเรซินมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์จากแบบจำลองต้นแบบน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1 และไม่แตกต่างจากแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3
2. แบบจำลองดิจิทัลภายนอกช่องปากมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เมื่อเทียบกับแบบจำลองในแต่ละกลุ่มมากที่สุด และแตกต่างจากแบบจำลองพลาสติกเรซินและแบบจำลองดิจิทัลภายในช่องปากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

1. Mistry GS, Borse A, Shetty OK, Tabassum R. Digital impression system-virtually becoming a reality. *J Adv Med Dent Scie* 2014; 2: 56-63.
2. Christensen GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions. *J Am Dent Assoc* 2008; 139(6): 761-763.
3. Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthet Dent* 2002; 11(2): 98-108.
4. Valderhaug J, Fløystrand F. Dimensional stability of elastomeric impression materials in custom-made and stock trays. *J Prosthet Dent* 1984; 52(4): 514-517.

5. Hung SH, Purk JH, Tira DE, Eick JD. Accuracy of one-step versus two-step putty wash addition silicone impression technique. *J Prosthet Dent* 1992; 67(5): 583-589.
6. Ciesco JN, Malone WF, Sandrik JL, Mazur B. Comparison of elastomeric impression materials used in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1981; 45(1): 89-94.
7. Morgano SM, Milot P, Ducharme P, Rose L. Ability of various impression materials to produce duplicate dies from successive impressions. *J Prosthet Dent* 1995; 73(4): 333-340.
8. Irfan UB, Aslam K, Nadim R. A review on CAD CAM in dentistry. *J Prosthet Dent Park* 2015; 24(3): 112-116.
9. Sharma S, Agarwal S, Sharma D, Kumar S, Glodha N. Impression; digital vs conventional: a review. *Ann Dent Spec* 2014; 2(1): 9-10.
10. Suttiat K, Rodaree K, Kuekulpitak T, et al. The accuracy of indirect measuring method on dental digital models. *CM Dent J* 2017; 38(3): 67-76 (in Thai).
11. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: an in-vitro study. *J Prosthodont Res* 2015; 59(4): 236-242.
12. Zilberman O, Huggare JV, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthodontist* 2003; 73(3): 301-306.
13. Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Prog Orthod* [serial on the internet]. 2015 Oct [cited 2015 Oct 27]; 16(1): [about 6 p.]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4623872/>
14. Muller P, Ender A, Joda T, Katsoulis J. Impact of digital scan strategies on the impression accuracy using the trios pod scanner. *Quintessence Int* 2016; 47(4): 343-349.
15. Anh JW, Park JM, Chun Y, Kim MJ. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: effects of tooth irregularity and scanning direction. *Korean J Orthod* 2016; 46(1): 3-12.
16. Lee K. Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis. *Prog Orthod* [serial on the internet]. 2018 Jan [cited 2018 Feb 12]; 19(6): [about 7 p.]. Available from: <https://progressinorthodontics.springeropen.com/articles/10.1186/s40510-018-0205-5>
17. Caputi S, Varvara G. Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophase, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2008; 99(4): 274-281.
18. Uhm S, Kim J, Jiang H, et al. Evaluation of the accuracy and precision of four intraoral scanners with 70% reduced inlay and four-unit bridge models of international standard. *Dent Mater J* 2017; 36(1): 27-34.
19. Tonmuenwai A, editors. Semi-automatic feeler gauge calibration [monograph on the internet]. Thailand: Blue Update Edition 10; 2014 [cited 2014 Jan 7]. Available from: <http://tools-article.sumipol.com/semi-automatic-feeler-gauge-calibration-part-1/>
20. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979; 86(2): 420-428.
21. Stenberg T, Lindgren E, Barsoum Z. Development of an algorithm for quality inspection of welded structures. *Proc IMechE Part B: J Engineering Manufacture* 2012; 226(6): 1033-1041.

22. Haralur SB, Toman MS, Al-Shahrani AA, Al-Qarni AA. Accuracy of multiple pour cast from various elastomer impression methods. *Int J Dent* [serial on internet]. 2016 Oct 8 [cited 2016 Nov 23]: [about 6 p.]. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2016/7414737/>
23. Dugal R, Railkar B, Musani S. Comparative evaluation of dimensional accuracy of different polyvinyl siloxane putty-wash impression techniques-in vitro study. *J Int Oral Health* 2013; 5(5): 85-94.
24. Rathee S, Eswaran B, Eswaran M, Prabhu R, Geetha K, Krishna G. A comparison of dimensional accuracy of addition silicone of different consistencies with two different spacer designs-in-vitro study. *J Clin Diagn Res* 2014; 8(7): 38-41.
25. Freitas C, Zanotti T, Rizzante F, Furuse A, Freitas M. Linear setting expansion of different gypsum products. *Rev Sul-bras Odontol* 2015; 12(1): 61-67.
26. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*. 12th ed. St. Louis: Mosby; 2013: 498-501.
27. Akhtar Q, Danyal S, Zareen S, Ahmed B, Maqsood M, Azad AA. Clinical evaluation of proximal contact points in fixed prostheses. *J Coll Physicians Surg Pak* 2015; 25(9): 702-704.
28. Logozzo S, Franceschini G, Kilpela A, Caponi M, Governi L, Blois L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Int J Med Technol* [serial on internet]. 2008 Dec 15 [cited 2011 Jan 21]; 5(1): [about 18 p.]. Available from: <http://ispub.com/IJMT/5/1/10082>
29. Park HS, Shah C. Development of high speed and high accuracy 3d dental intraoral scanner. *Procedia Eng* 2015; 100: 1174-1181.
30. Berner M. Optical system for a Confocal Microscope [URL of database on the Internet]. Indianapolis (IN): US patent application publication (US). c2010 [updated 2008 Oct 6; cited 2010 Apr 8]. Available from: <https://patents.google.com/patent/US20100085636A1/en>
31. Park JM. Comparative analysis on reproducibility among 5 intraoral scanners: sectional analysis according to restoration type and preparation outline form. *J Adv Pros* 2016; 8: 354-362.
32. Richert R, Goujart A, Venet L, et al. Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. *J Healthc Eng* [serial on internet]. 2017 Jun 19 [cited 2017 Sep 5]: [about 9 p.]. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jhe/2017/8427595/>.
33. Rudolph H, Salman H, Kuhn K, Shichwardt V, Wostmann B, Luthardt RG. Accuracy of intraoral and extraoral digital data acquisition for dental restorations. *J Appl Oral Sci* 2016; 24(1): 85-94.
34. Jeon JH, Choi BY, Kim CM, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white- and blue-light scanners. *J Prosthet Dent* 2015; 114(4): 549-553.
35. Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent* 2014; 112(6): 1461-1471.
36. www.olympusmicro.com [URL of homepage on the internet]. New York Olympus America Inc. Available from: <http://olympus.magnet.fsu.edu/primer/techniques/confocal/confocalintro.html>

37. Desoutter A, Solieman OY, Subsol G, Tassery H, Cuisinier F, Fages M. Method to evaluate the noise of 3d intra-oral scanner. PLoS One [serial on the internet]. 2017 Jul 13 [cited 2017 Aug 9]: [about 12 p.]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5549906/>
38. Shimizu S, Shinya A, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dent Mater J* 2017; 36(4): 402-407.
39. Thongkaramai P, Jaknowan N, Homchen T. Design and construction of 3D scanner. Bachelor of Mechanical (Engineering). Burapha University, 2015. (in Thai)
40. Kusnoto B, Evan CA. Reliability of a 3d surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 342-348.
41. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016; 149: 161-170.
42. Hack GD, Patzelt SB. Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: an in-vitro investigation. *ADA Professional Product Review* 2015; 10(4): 1-5.