

## การเปรียบเทียบลักษณะเส้นสำรวจบนชิ้นหล่อศึกษาที่ได้จากเครื่องสำรวจสำหรับใช้ในช่องปากชนิดใหม่และเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม: การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

### Comparison of Survey Lines Obtained from the Newly Developed Intra-oral Surveyor and A Conventional Dental Surveyor: An *in vitro* Study

ภกษชนก ดิ่งไตรภพ<sup>1</sup>, สุพาณี บุรณธรรม<sup>1</sup>, ไพฑูรย์ ดาวสดใส<sup>1</sup>

Kritchankong Doungtraiphop<sup>1</sup>, Supanee Buranadham<sup>1</sup>, Paitoon Daosodsai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา ประเทศไทย

<sup>1</sup>Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้สำรวจความป่องของฟันโดยตรงในช่องปากในขั้นตอนการกรอปรับแต่งรูปร่างฟันหลักสำหรับงานฟันเทียมบางส่วนลดได้ยังมีน้อยมาก ผู้วิจัยจึงคิดค้นและออกแบบสร้างเครื่องมือดังกล่าวด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ โดยการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเส้นสำรวจบนชิ้นหล่อที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ที่สร้างขึ้นกับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม โดยให้นักศึกษาหลังปริญญาสาขาทันตกรรมประดิษฐ์จำนวน 10 คน ทำการสำรวจฟันหลักบนชิ้นหล่อที่ติดตั้งในหัวหุ่นจำลองคนละ 4 ชิ้น ด้วยเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ในแนวสำรวจที่กำหนด โดยใช้ใส่ดินสอสีน้ำเงิน ได้เส้นสำรวจทดสอบ (Sn) จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญสาขาทันตกรรมประดิษฐ์จำนวน 1 คน สำรวจชิ้นหล่อทุกชิ้นซ้ำในแนวสำรวจเดิมด้วยเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ของเนย์ โดยใช้ใส่ดินสอสีแดง ได้เส้นสำรวจอ้างอิง (Sr) นำชิ้นหล่อทั้งหมด 40 ชิ้นที่ผ่านการสำรวจแล้วไปสแกนด้วยเครื่องสแกนสามมิติ และจับภาพด้านศึกษาบนฟันหลักทั้งหมดเป็นภาพสองมิติ นำภาพที่ได้มาวัดและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Image J ดังนี้ 1) ลักษณะการซ้อนทับกันของเส้น Sn และ Sr ในแต่ละด้านศึกษา และ 2) ระยะแนวตั้งจากจุดอ้างอิงปลายฟันด้านบดเคี้ยวไปยังเส้น Sn และ Sr ในตำแหน่งต่าง ๆ กันของฟันหลัก คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของระยะแนวตั้งเส้นสำรวจ Sn และ Sr เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำและความสอดคล้องของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่กับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ผลการศึกษาพบการซ้อนทับของเส้น Sn และ Sr อย่างสมบูรณ์ตลอดเส้น 354 ด้านจาก 380 ด้าน คิดเป็นร้อยละ 93 ของด้านศึกษาทั้งหมด และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของเส้นสำรวจ Sn และ Sr เท่ากับ 0.997 แสดงให้เห็นว่าเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่มีความสอดคล้องกับเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ในระดับดีมาก ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้สรุปได้ว่า เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่มีความแม่นยำอยู่ในระดับสูงและให้ลักษณะเส้นสำรวจใกล้เคียงกับเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม

**คำสำคัญ :** ความเที่ยงของเส้นสำรวจ, เครื่องสำรวจความขนาน, เครื่องสำรวจในช่องปาก

#### Abstract

Intraoral devices used to evaluate tooth contour while making tooth alteration for removable partial denture components are lacking. Thus, the new intra-oral surveyor has been developed with the aid of 3D printing technology. The aim of this study was to compare the survey lines obtained from the newly developed intra-oral surveyor with a conventional surveyor. Ten graduate prosthodontic students were instructed to use the newly developed intra-oral surveyor to draw survey lines (Sn) on assigned abutment teeth following a previously determined surveying path. Each

student had to survey 4 different models which were mounted in a phantom head in pair, using a blue pencil-lead. Subsequently, each model was removed from the phantom head and was surveyed by a prosthodontist using a conventional surveyor (Ney) in the same surveying path, using a red pencil-lead to create reference survey lines (Sr). A total of 40 models with doubled survey lines (Sn and Sr) were scanned by a 3D model scanner, after which a series of 2D pictures of each studied tooth surface were captured. Each picture was examined for (1) the overlapping amount of Sn and Sr lines and (2) the vertical distances between reference points on an occlusal edge and Sn and Sr lines on each studied surface, using Image J software. Intraclass correlation coefficient for the vertical distances was estimated to assess an accuracy and an agreement measurement of the two survey lines. Complete overlapping of Sn and Sr lines was found in 93 percent of studied tooth surfaces (354 out of 380 surfaces). Agreement between Sn and Sr lines was excellent, with the intraclass correlation coefficient equaled to 0.997. Within the limitations of this study, it can be concluded that the newly developed intra-oral surveyor was highly accurate and provided similar survey lines when compared with a conventional surveyor.

**Keywords:** Survey line validity, Surveyor, Intraoral surveyor

**Received Date:** Jul 13, 2021

**Revised Date:** Aug 22, 2021

**Accepted Date:** Oct 4, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2022.37

#### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

กฤษชนก ดิ่งไตรภพ, สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112 ประเทศไทย โทรศัพท์: 095-142-6153 โทรสาร: 074-429874 อีเมล: bio\_teen\_peny@hotmail.com

#### Correspondence to:

Kritchank Dountraiphop, Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90112 Thailand. Tel: 095-142-6153 Fax: 074-429874 Email: bio\_teen\_peny@hotmail.com

## บทนำ

การออกแบบฟันเทียมบางส่วนถอดได้จะต้องคำนึงถึงทิศทางการถอดใส่ (path of insertion) การกำหนดแนวนำ (guiding plane) รวมถึงการกำหนดส่วนยึดอยู่ (retention component) โดยการออกแบบจะพิจารณาจากสภาพฟันหลัก รวมถึงรูปร่างและความโค้ง (contour) ของฟัน โดยการสำรวจความโค้งของฟันเพื่อใช้ในการออกแบบฟันเทียมบางส่วนถอดได้ควรใช้เครื่องสำรวจความขนาน (Dental surveyor)<sup>1</sup> ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างเส้นสำรวจบนฟันของขึ้นหล่อ (survey lines) และใช้สำรวจความโค้งของฟันบนขึ้นหล่อในทิศทางแนวการถอดใส่ฟันเทียม รวมถึงการหาความคอดของฟัน (undercut) แต่ Applegate<sup>2</sup> พบว่าทันตแพทย์ส่วนใหญ่ทำงานโดยไม่ใช้เครื่องสำรวจความขนานแต่ใช้วิธีการคาดคะเนด้วยตาเปล่าอาจเนื่องด้วยไม่มีเครื่องมือ หรือไม่เห็นความสำคัญในการใช้งานเครื่องสำรวจความขนาน ดังนั้นการกำหนดทิศทางการถอดใส่และ

การออกแบบฟันเทียมจึงมักเป็นการทำงานภายใต้การประมาณการตามประสบการณ์ทำงาน หรือให้ช่างทันตกรรมเป็นผู้กำหนดทิศทางการถอดใส่ฟันเทียมบางส่วนถอดได้จากขึ้นหล่อหลัก (master cast)<sup>3</sup> โดยทันตแพทย์ไม่ได้คำนึงถึงการกำหนดทิศทางการถอดใส่ที่ได้จากช่างทันตกรรมอาจไม่เหมาะสมหรือไม่สอดคล้องกับการออกแบบฟันเทียมของทันตแพทย์ และบางครั้งช่างทันตกรรมอาจปรับแก้ไขแบบฟันเทียมบางส่วนถอดได้โครงโลหะของทันตแพทย์ ทำให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในชิ้นงาน โดยปัญหาที่เกิดขึ้นจะปรากฏเมื่อมีการลองโครงโลหะฟันเทียมบางส่วนถอดได้ในผู้ป่วย ซึ่งทันตแพทย์อาจมีการปรับเปลี่ยนโครงโลหะฟันเทียมบางส่วนถอดได้ผิดตำแหน่งเนื่องจากใช้ทิศทางการถอดใส่ไม่สอดคล้องกับโครงโลหะที่ช่างทันตกรรมสร้างมานอกจากนี้บางครั้งช่างทันตกรรมอาจวางตำแหน่งตะขอฟันเทียมไม่เหมาะสมกับทิศทางการถอดใส่ฟันเทียมของทันตแพทย์ทำให้โครง

โลหะขาดประสิทธิภาพในการยึดอยู่ และส่งผลให้ฟันเทียมบางส่วน ถอดได้โครงโลหะมีประสิทธิภาพในการใช้งานลดลง ดังนั้นเครื่องสำรวจ ความขนานจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับทันตแพทย์เพื่อใช้วางแผนการ รักษาสำหรับงานฟันเทียมบางส่วนถอดได้โครงโลหะ

จากการทบทวนวรรณกรรมโดย Engelmeier<sup>4</sup> การใช้งาน เครื่องสำรวจความขนานมีขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1890 โดย Randall ได้ นำเสนอเทคนิคในการสำรวจฟันอย่างง่ายด้วยดินสอดสองแท่ง โดยตั้ง ดินสอดแท่งที่หนึ่งในแนวตั้งบนชิ้นหล่อตามทิศทางการถอดใส่ฟันเทียม ที่กำหนด และใช้ดินสอดแท่งที่สองลากเส้นสำรวจฟันบนชิ้นหล่อ โดยข้าม ดินสอดแท่งที่สองต้องขนานกับดินสอดแท่งที่หนึ่งขณะลากเส้นสำรวจฟัน ต่อมาในปี ค.ศ. 1920 มีการพัฒนาของเครื่องมือ Chayes Parallelo- meter ช่วยกรอฟันหลักในช่องปากให้ขนานกัน และ Condit สร้าง เครื่องมือช่วยตรวจสอบความขนานบนชิ้นหล่อ แต่ก็ยังไม่ถือเป็น เครื่องสำรวจความขนานเนื่องจากการใช้งานเป็นไปเพื่อทดสอบความ ขนานของฟันเท่านั้น เครื่องสำรวจความขนานเครื่องแรกที่สามารถใช้ ในการวางแผนทำงานฟันเทียมบางส่วนถอดได้โครงโลหะคือ Robinson surveyor ซึ่งเกิดขึ้นในปี 1918 แต่เครื่องมือยังมีใช้เฉพาะกลุ่ม ทำให้เครื่องสำรวจของ Ney ซึ่งถูกสร้างเพื่อการค้าในปี ค.ศ. 1923 กลายเป็นเครื่องสำรวจความขนานเครื่องแรกที่เป็นที่รู้จักและใช้ในการ วางแผนฟันเทียมบางส่วนถอดได้อย่างแพร่หลาย หลังจากนั้น ก็ได้มีการพัฒนาเครื่องสำรวจความขนานจากต้นแบบของ Ney อีกมากมาย เช่น Brown-Maie Will Lentz-circa Lineer Ney Franzwa Ringle- Hiatt-Smith McKay Hagman Roach เป็นต้น และต่อมาได้มีการ ปรับปรุงรูปร่างเครื่องสำรวจความขนานต่าง ๆ อีกมากมาย โดยพัฒนา ให้มีขนาดเล็กและมีการทำงานที่ทันสมัยมากขึ้น<sup>5,6</sup> เช่น Retentoscope Harvey surveyor Blockout surveyor Austenal Micro Analyzer Prototype surveyor Micro surveyor เป็นต้น

การเตรียมรูปร่างฟันหลักให้สอดคล้องกับทิศทางการถอด ใส่และแบบฟันเทียมที่วางแผนไว้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำฟันเทียม ถอดได้บางส่วน อย่างไรก็ตามทันตแพทย์ไม่สามารถตรวจสอบความ ป้องของฟันภายหลังการกรอแต่งฟันหลักในช่องปากโดยตรงได้ว่ามี ลักษณะใกล้เคียงหรือมีตำแหน่งเส้นสำรวจเหมาะสมกับแบบฟันเทียม ที่ได้วางแผนไว้หรือไม่ วิธีหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบความป้องภายหลัง การกรอปรับแต่งฟันหลักคือทำการพิมพ์ปาก จากนั้นนำไปเทชิ้นหล่อ เพื่อทำการสำรวจฟันหลักด้วยเครื่องสำรวจความขนาน หากเส้นสำรวจ ที่ได้ยังไม่เป็นไปตามลักษณะที่วางแผนไว้ ก็จำเป็นต้องทำขั้นตอน การกรอปรับแต่งฟันหลักใหม่ในผู้ป่วยอีกครั้ง และกรณีที่ทันตแพทย์ ผู้ทำมีประสบการณ์ในการทำงานน้อย หรือในช่องปากนั้นต้องมีการ กรอปรับแต่งฟันหลักหลาย ๆ ตำแหน่ง การทำงานในขั้นตอนดังกล่าว

อาจมีมากกว่าหนึ่งครั้งเพื่อให้ได้เส้นสำรวจตามที่วางแผนไว้ ทำให้ กระบวนการทำงานดังกล่าวใช้เวลาทำในคลินิกมากขึ้น

ปัจจุบันมีหลายการศึกษาที่นำเสนอเครื่องมือเพื่อช่วยใน การกรอฟันหลักให้เกิดความขนาน<sup>7-14</sup> Kopsiaftis<sup>7</sup> คิดค้นเครื่องมือ ตรวจสอบความขนานในช่องปาก และ Schoeneck<sup>8</sup> คิดค้นเครื่องมือ ช่วยกรอฟันให้เกิดความขนานในทิศทางตั้งฉากกับเครื่องมือ แต่การ ใช้งานก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องรูปร่างและขนาดที่จะใช้งานในช่องปาก และไม่ได้กล่าวถึงวิธีการถ่ายทอดทิศทางการถอดใส่ตามที่ได้วางแผนไว้ จากชิ้นหล่อไปสู่ช่องปาก McCarthy<sup>9</sup> คิดค้นเครื่องมือช่วยตรวจสอบ ความขนานของฟันหลักขณะกรอปรับแต่งรูปร่างในช่องปาก (intraoral surveyor) เพื่อให้สอดคล้องกับชิ้นหล่อที่วางแผนไว้ แต่ด้วยข้อจำกัด ของการใช้จุดอ้างอิงบนเนื้อเยื่อทำให้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนใน การใช้งาน Netti และคณะ<sup>10</sup> ได้เสนอวิธีการประยุกต์ใช้ด้ามแปร งชอกฟันร่วมกับใส่ดินสอดสีในการถ่ายทอดความสัมพันธ์ของตำแหน่ง ฟันหลักที่ต้องการกรอปรับแต่งจากชิ้นหล่อไปสู่ฟันในช่องปาก โดย การวางทิศทางของมือตามทิศทางการถอดใส่บนชิ้นหล่อแล้วย้าย ตำแหน่งมือไปสู่ฟันหลักในช่องปาก ซึ่งวิธีนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง ในการทำงานเนื่องด้วยการถ่ายทอดความสัมพันธ์ทิศทางถอด ใส่ฟันเทียมยังต้องอาศัยการประมาณทิศทางของการวางมือให้สัมพันธ์ กับทิศทางการถอดใส่บนชิ้นหล่อที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังต้องอาศัย ความนิ่งของมือและตำแหน่งพักนิ้วที่มั่นคง แม้ว่าการใช้เครื่องมือใน ช่องปากจะมีข้อจำกัดต่าง ๆ ที่กล่าวมา Moschèn และคณะ<sup>11</sup> พบว่า การมีเครื่องมือกำหนดทิศทางหรือช่วยกำหนดทิศทางขณะกรอปรับแต่ง ฟันหลักในช่องปาก ช่วยทำให้ได้ลักษณะความขนานของฟันหลัก หลังการกรอปรับแต่งที่ดีกว่าการกรอโดยไม่ใช้เครื่องมือใด ๆ ช่วย นอกจากนี้ยังมีเทคนิคที่จะช่วยในการกรอปรับแต่งฟันหลักให้ได้ แนวนำในการถอดใส่ที่ขนานกัน<sup>12</sup> โดยทำแท่นอะคริลิกบนชิ้นหล่อ บริเวณด้านประชิดที่จะสร้างแนวนำ แล้วขีดเส้นแนวนำทิศทางการ ถอดใส่บนแท่นอะคริลิก นำไปใส่ในช่องปากผู้ป่วย ลากเส้นบนฟันหลัก ให้ขนานกับเส้นแนวนำบนแท่นพิมพ์อะคริลิก และกรอปรับแต่งฟัน หลักด้านประชิดตามแนวที่ขีดไว้ ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้เฉพาะด้านประชิด ของฟันหลัก โดยในปัจจุบันเครื่องมือที่ช่วยสร้างความขนานได้ถูก พัฒนาและมีการนำเสนอการใช้งานจริงในช่องปากคือ ParalAB<sup>13</sup> และ IPM (Intraoral Parallelometer)<sup>14</sup> ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยกรอฟันหลัก ให้เกิดความขนาน มีรูปร่างและกลไกการทำงานที่น่าสนใจ แต่ยังไม่ สามารถสร้างเส้นสำรวจฟันในช่องปากได้และมีขนาดพิมพ์ยึดฟัน ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ นอกจากนี้ก็ยังมีเครื่องสำรวจความขนานใน ช่องปากแบบที่ 2 ของ Sakornram และคณะ<sup>15</sup> ซึ่งมีลักษณะรูปร่าง และกลไกการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องมือ IPM คือตัวเครื่องมือ

เป็นโลหะ มีลาดพิมพ์ยึดจับฟันในช่องปากและตัวเครื่องมือต่อกับ  
 ลาดพิมพ์ มีแขนเคลื่อนแนวระนาบ โดยเครื่องสำรวจความขนานใน  
 ช่องปากแบบที่ 2 มีส่วนแตกต่างจาก IPM คือส่วนปลายแขนเคลื่อนแนว  
 ระนาบเป็นหัวต่อใส่ดินสอดแทนช่องใส่หัวกรอฟัน และมีวิธีการถ่ายทอด  
 แนวนำบนขึ้นหล่อจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ผ่านหมุด  
 ถ่ายทอดแนวที่ต่อกับด้านบนของลาดพิมพ์แบบ ซึ่งปัจจุบันเครื่องมือ  
 ดังกล่าวอยู่ในขั้นตอนทดสอบความพึงพอใจและเที่ยงตรงของเส้นสำรวจ  
 รวมถึงกำลังพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือ

จากข้อจำกัดต่าง ๆ ของเครื่องสำรวจความขนานในช่องปาก  
 ที่ได้กล่าวมา ได้แก่ ขนาดของเครื่องมือ การสร้างเส้นสำรวจโดยตรง  
 บนฟันหลักในช่องปาก ความสามารถในการถ่ายทอดทิศทางกรอด  
 ใส่จากขึ้นหล่อศึกษา (study cast) ไปสู่ช่องปากและความคลาดเคลื่อน  
 ในการใช้งาน ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นที่จะสร้างเครื่องมือสำหรับ  
 ประเมินเส้นสำรวจฟันในช่องปากโดยตรง โดยเครื่องมือสามารถสร้าง  
 ได้ง่าย มีราคาถูกโดยอาศัยเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การใช้เครื่องพิมพ์  
 3 มิติ และมีความคาดหวังว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นจะช่วยลดขั้นตอนที่  
 ทันตแพทย์อาจต้องทำงานซ้ำในการกรอปรับแต่งฟันหลักในช่องปาก

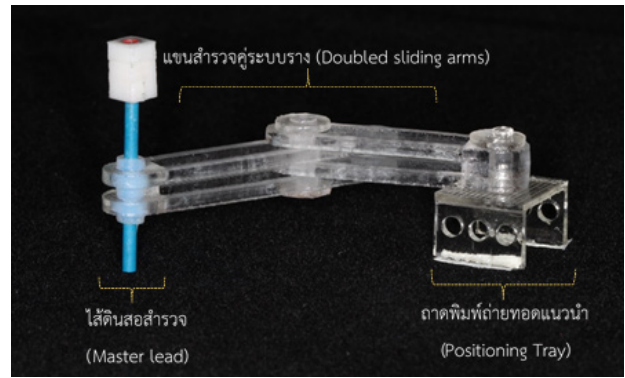
การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้งานของ  
 เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ในหัวหุ่นจำลอง โดยเปรียบเทียบ  
 เส้นสำรวจบนขึ้นหล่อที่ได้จากการใช้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่  
 และเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรม  
 การวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ PSU/EC6301-  
 002/2563

#### เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่

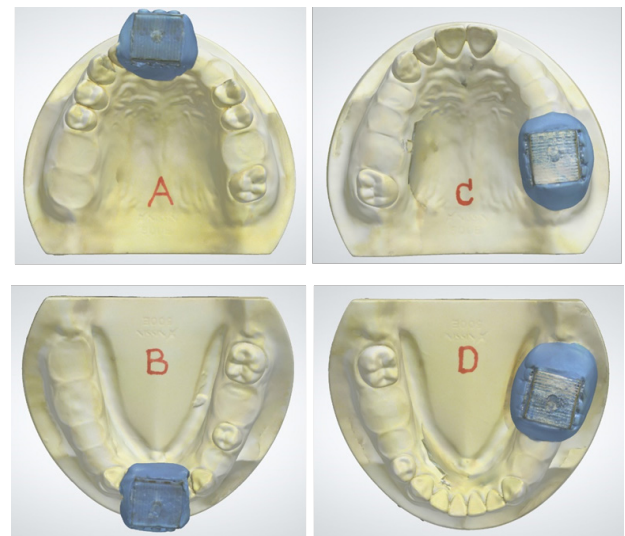
ผู้วิจัยทำการออกแบบเครื่องสำรวจด้วยแอปพลิเคชัน  
 Shapr3D (Shapr3DZrt, István Csanády, Budapest, Hungary)  
 เป็นไฟล์ 3 มิติ นามสกุล .stl นำไฟล์ที่ออกแบบไปพิมพ์ด้วยวัสดุเร  
 ซินทางทันตกรรม (ASIGA dentaguide resin liquid, Sydney,  
 Australia) โดยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (ASIGA MAX, Sydney, Australia)  
 ประกอบขึ้นส่วนเครื่องสำรวจ ทดลองใช้งานและพัฒนาารูปแบบจนได้  
 เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยเครื่อง  
 สำรวจประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วน ได้แก่ ลาดพิมพ์ถ่ายทอดแนว  
 (Positioning tray) แขนสำรวจคู่ระนาบ (Doubled sliding arms)  
 และใส่ดินสอดสำรวจ (Master lead) ซึ่งเมื่อประกอบใช้งานจะมีลักษณะ  
 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่  
 Figure 1 Main components of the newly developed intra-oral surveyor

ซึ่งรูปแบบเครื่องสำรวจนี้ได้รับอนุสิทธิบัตรการออกแบบ  
 ผลิตภัณฑ์หมายเลข 2102003434 และตัวเครื่องสำรวจได้รับอนุสิทธิบัตร  
 หมายเลข 2103002487 จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา ในปี พ.ศ. 2564  
 การเตรียมขึ้นหล่อ

นำโมเดลฟัน (dentofrom) บนและล่างมาถอดซีฟันออก  
 เพื่อให้เกิดช่องว่างสำหรับใส่ฟันเทียม 4 แบบ (A, B, C, และ D) จากนั้น  
 นำไปสร้างแม่แบบจากซิลิโคน แล้วเทขึ้นหล่อด้วยพลาสติกเรซินชนิดที่ 4  
 (Kromotipo 4, Kromopan USA Inc., Morton Grove, IL, United  
 States) จำนวน 10 ชิ้นต่อ 1 แบบ แต่ละแบบจะกำหนดตำแหน่งวาง  
 ลาดพิมพ์ถ่ายทอดแนวมาดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีตำแหน่งซีฟันและ  
 จำนวนด้านที่ใช้ศึกษาแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 แสดงขึ้นหล่อที่ใช้ในการศึกษาและตำแหน่งลาดพิมพ์ที่ยึดกับฟัน  
 บนขึ้นหล่อ

Figure 2 Study models and locations of positioning tray



**ตารางที่ 1** บริเวณศึกษาเส้นสำรวจบนด้านต่าง ๆ ของฟันหลักบนขึ้นหล่อศึกษา

**Table 1** Teeth and studied surfaces in the study models

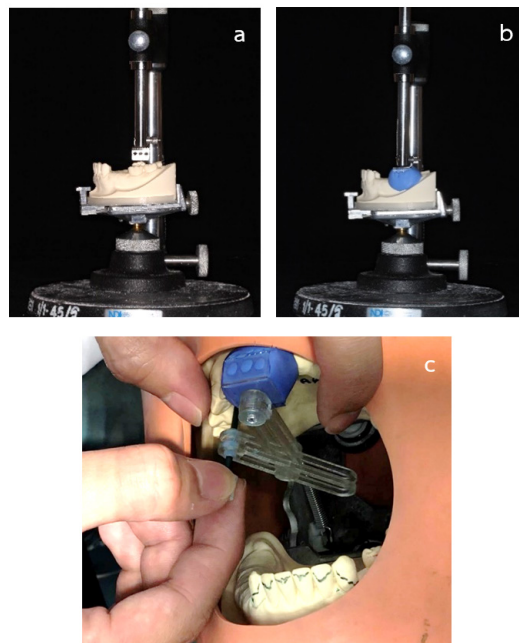
Study model	Kennedy Classification	Teeth (Studied surfaces)	Total number of surfaces
A	Kennedy Class II modification 2	15(B, L, D), 24(B, L, M), 25(B, L, D), 27(B, L, M, D)	13
B	Kennedy Class II modification 2	33(B, D), 35(B, L, M, D), 37(B, L, M, D)	10
C	Kennedy Class III modification 1	13(B, D), 17(B, L, M, D)	6
D	Kennedy Class III modification 1	33(B, D), 44(B, L, D), 47(B, L, M, D)	9

B, L, M, D indicated buccal, lingual, mesial and distal surface, respectively

**การสำรวจขึ้นหล่อ**

อาสาสมัครจำนวน 10 คน ซึ่งได้จากการสุ่มนักศึกษาหลังปริญญาคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ ชั้นปีที่ 1 ถึงปีที่ 4 ได้รับการสอนวิธีการใช้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่โดยผู้วิจัย และฝึกใช้งานเครื่องสำรวจบนขึ้นหล่อจำลองก่อนเข้าสู่กระบวนการทดสอบในงานวิจัย โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้ ผู้วิจัยกำหนดแนวการสำรวจ (surveying path) สำหรับขึ้นหล่อแต่ละชิ้น โดยนำขึ้นหล่อมารัดตั้งในเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ของเนย์ (Ney Dental Inc., USA) ที่กำหนดให้แนวสลับฟันอยู่ในแนวระนาบ นำแกนถาดพิมพ์ถ่ายทอดแนวนำติดตั้งเข้ากับแขนแนวตั้งของเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ผสมวัสดุพิมพ์ปากชนิดซิลิโคนพุดดี (Silagum-Putty impression material, DMG Chemisch-Pharmazeutische Corp., Hamburg, Germany) ใส่ทางด้านในของถาดพิมพ์ แล้วนำไปกดลงบนตำแหน่งฟันที่จะใช้ยึดเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ เมื่อวัสดุก่อตัวสมบูรณ์ ถอดถาดพิมพ์ไปประกอบเข้ากับแขนสำรวจของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ จากนั้นถอดขึ้นหล่อออกจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ไปติดตั้งในช่องปากของหัวหุ่นจำลอง (Phantom head) ทั้งขากรรไกรบนและล่าง ดังแสดงในรูปที่ 3

ในการสำรวจจะให้อาสาสมัครสวมถาดพิมพ์ที่เตรียมไว้ให้เข้ากับฟันบนขึ้นหล่อ จากนั้นทำการสำรวจฟันหลักในบริเวณที่กำหนดดังตารางที่ 1 ด้วยเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ โดยใช้ไส่ดินสอดสีน้ำเงิน เกิดเป็น “เส้นสำรวจทดสอบ” (new survey line, Sn) ซึ่งอาสาสมัครแต่ละคนทำการสำรวจขึ้นหล่อ 1 ชุดที่มี 4 แบบ ด้วยวิธีการสุ่มลำดับ ตลอดการวิจัยใช้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่เพียงเครื่องเดียว แต่เปลี่ยนถาดพิมพ์ที่เตรียมไว้สำหรับขึ้นหล่อแต่ละชิ้น และเปลี่ยนไส่ดินสอดสีใหม่ก่อนเริ่มการทดสอบสำหรับทุกอาสาสมัคร หลังจากอาสาสมัครทั้งหมดทดสอบขึ้นหล่อเสร็จ นำขึ้นหล่อแต่ละชิ้นมาติดตั้งบนเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม โดยใช้ถาดพิมพ์เป็นตัวกำหนดแนวสำรวจเดิม และให้ผู้เชี่ยวชาญสาขาทันตกรรมประดิษฐ์จำนวน 1 คน ทำการสำรวจฟันหลักตามบริเวณศึกษาที่กำหนดบนขึ้นหล่อของอาสาสมัครทั้งหมด ด้วยไส่ดินสอดสีแดงเพื่อใช้เป็น “เส้นสำรวจอ้างอิง” (reference survey line, Sr)



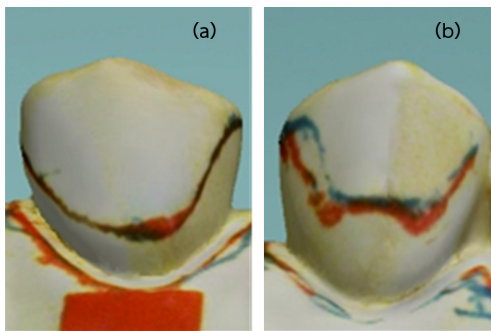
**รูปที่ 3** แสดงวิธีถ่ายทอดแนวนำจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม (a) ติดตั้งถาดพิมพ์ถ่ายทอดแนวนำเข้ากับแขนแนวตั้งของเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม โดยอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบการสลับฟัน (b) ยึดถาดพิมพ์เข้ากับฟันด้วยวัสดุพิมพ์ปากชนิดซิลิโคนพุดดี (c) ติดตั้งเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่และใช้งานในหัวหุ่นจำลอง

**Figure 3** Showing method to transfer the path of insertion from a conventional dental surveyor. (a) The positioning tray was attached to a vertical arm of a dental surveyor, perpendicularly to the occlusal plane. (b) The positioning tray was fixed on a study model using putty silicone impression material. (c) The newly developed intra-oral surveyor was installed and used in the phantom head

**การบันทึกข้อมูล**

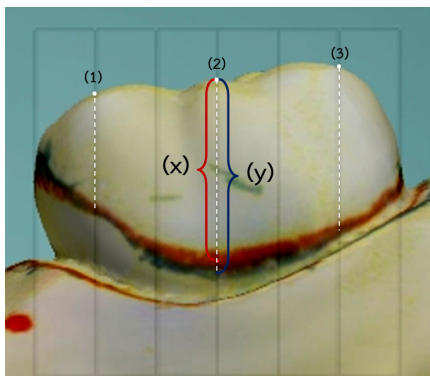
ขึ้นหล่อทั้งหมดที่ผ่านการสำรวจโดยอาสาสมัครและผู้เชี่ยวชาญจะถูกนำไปสแกนด้วยเครื่องสแกน 3 มิตินอกช่องปากของบริษัท 3Shape รุ่น E3 (3Shape, Copenhagen, Denmark) เป็นไฟล์ภาพ 3 มิตินามสกุล .dcm จากนั้นนำไปบันทึกภาพเส้นสำรวจบนฟันหลักตามบริเวณศึกษาที่กำหนดในตารางที่ 1 เป็นไฟล์ภาพ 2 มิตินามสกุล .jpg โดยทุกภาพของขึ้นหล่อแบบเดียวกันจะมีลักษณะ

เดียวกันและมีขนาดเท่ากัน นำภาพ 2 มิติไปวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม Image J (Rasband, W.S., U.S. National Institute of Health, Bethesda, Maryland, USA) ดังนี้ 1) ตรวจสอบลักษณะการซ้อนทับกันของเส้น Sn และ Sr ในด้านต่าง ๆ ที่ศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4 โดยกำหนดว่าลักษณะของเส้นที่มีการซ้อนทับคือมีจุดกึ่งกลางความหนาของเส้นห่างกันไม่เกิน 0.5 มม. 2) วัดระยะจากจุดอ้างอิงจากปลายฟันด้านบดเคี้ยวในแนวตั้งมายังเส้น Sn และ Sr ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยด้านแก้มและด้านลิ้นจะบันทึกด้านละ 3 จุด ตำแหน่งคือ ไกลกลาง (mesial) กึ่งกลาง (middle) และไกลกลาง (distal) ของฟัน ส่วนด้านประชิดของฟันจะบันทึก 1 จุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางเท่านั้น



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการซ้อนทับของเส้น Sn (น้ำเงิน) และ Sr (แดง) บนชั้นหล่อทางด้านแก้ม; (a) มีการซ้อนทับอย่างสมบูรณ์และ (b) มีการซ้อนทับไม่สมบูรณ์ โดย Sn อยู่เหนือ Sr บริเวณไกลกลาง 1/3

Figure 4 Examples of the overlapping of Sn (blue) and Sr (red) lines on buccal side of a study cast; (a) complete overlapping, (b) Incomplete overlapping with Sn located above Sr in distal 1/3 region



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างวิธีการวัดระยะในแนวตั้งบนชั้นหล่อ โดยจุดอ้างอิง (1), (2), และ (3) คือจุดอ้างอิงปลายฟันด้านบดเคี้ยวที่ใช้ในการวัดตำแหน่งไกลกลางกึ่งกลาง และไกลกลาง ตามลำดับ และระยะ (x), (y) คือระยะจากจุดอ้างอิงถึงกึ่งกลางเส้น Sr (แดง) และ Sn (น้ำเงิน) ตามลำดับ

Figure 5 Showing the vertical distance measurements on a study cast: (1), (2), and (3) are the reference points used to measure the distance at mesial, middle and distal regions, respectively. (x) and (y) are the vertical distances of Sr (red) and Sn (blue) lines, respectively

## การวิเคราะห์ทางสถิติ

คำนวณร้อยละการซ้อนทับของเส้นสำรวจจากอัตราส่วนระหว่างความยาวเส้น Sn และ Sr ในส่วนที่ซ้อนทับและความยาวทั้งหมดของเส้น Sr โดยรายงานความถี่ของด้านที่มีการซ้อนทับอย่างสมบูรณ์ หรือซ้อนทับตลอดความยาวเส้น ส่วนด้านที่มีการซ้อนทับไม่สมบูรณ์จะรายงานความถี่และตำแหน่งเส้นในส่วนที่ไม่ซ้อนทับ และวิเคราะห์ความเที่ยงหรือความสอดคล้องของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่กับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม จากการเปรียบเทียบระยะแนวตั้งจากจุดอ้างอิงปลายฟันด้านบดเคี้ยวไปยังเส้น Sn และ Sr ในตำแหน่งต่าง ๆ โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC) ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 โดยหากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นต่ำกว่า 0.50 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับต่ำ และตั้งแต่ 0.50 0.75 และ 0.90 ขึ้นไปถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับพอใช้ ดี และดีมากตามลำดับ<sup>16</sup>

## ผลการศึกษา

จากชั้นหล่อทั้งหมด 40 ชั้น ซึ่งมีด้านศึกษาทั้งหมด 380 ด้าน พบการซ้อนทับของเส้น Sn และ Sr อย่างสมบูรณ์ตลอดเส้น 354 ด้าน คิดเป็นร้อยละ 93 ของด้านศึกษาทั้งหมด มีด้านที่การซ้อนทับไม่สมบูรณ์จำนวน 26 ด้าน คิดเป็นร้อยละ 7 ซึ่งด้านที่มีการซ้อนทับไม่สมบูรณ์ร้อยละ 65.4 (17 จาก 26 ด้าน) พบในชั้นหล่อ A ซึ่งเป็นชั้นหล่อที่มีจำนวนด้านศึกษามากกว่าแบบอื่น ๆ (130 ด้าน) และไม่พบการซ้อนทับไม่สมบูรณ์ในชั้นหล่อ C ซึ่งมีด้านศึกษาที่น้อยกว่าแบบอื่น ๆ (60 ด้าน) โดยลักษณะความคลาดเคลื่อนของเส้นสำรวจที่พบส่วนใหญ่คือเส้น Sn อยู่สูงกว่าเส้น Sr ไปทางด้านบดเคี้ยว คิดเป็นร้อยละ 88.5 (23 จาก 26 ด้าน) ดังแสดงในตารางที่ 2 และเมื่อพิจารณาลักษณะการซ้อนทับของเส้น Sn และ Sr ตามอาสาสมัครทั้งหมด 10 คน ซึ่งมีด้านศึกษา 38 ด้านต่อคน พบว่าชั้นหล่อจากอาสาสมัคร 2 คนซึ่งเป็นนักศึกษาหลังปริญญาชั้นปีที่ 1 มีการซ้อนทับของเส้นสำรวจอย่างสมบูรณ์ในทุกด้าน ส่วนอาสาสมัครอีก 8 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาหลังปริญญาชั้นปีที่ 2 ถึง 4 พบการซ้อนทับของเส้นสำรวจสมบูรณ์ 33 ถึง 36 ด้าน คิดเป็นร้อยละ 86.8 ถึง 94.7 ดังแสดงในตารางที่ 3

ในการวิเคราะห์ความเที่ยงหรือความสอดคล้องของเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่เทียบกับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ด้วยสถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น พบค่า ICC เท่ากับ 0.997 โดยเมื่อวิเคราะห์จำแนกตามชั้นหล่อ A B C และ D พบว่ามีค่า ICC 0.989 ถึง 1.000 โดยชั้นหล่อบนและล่างมีค่า ICC เท่ากับ 0.995 และ 0.999 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์จำแนกตามตำแหน่งถาดยึดจับในฟันหน้าและฟันหลัง มีค่า ICC เท่ากับ 0.996 และ 0.999 ตามลำดับ สำหรับการจำแนกตามรายบุคคล พบว่ามีค่า ICC ตั้งแต่ 0.993 ถึง 1.000 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 แจกแจงความถี่จำนวนด้านตามลักษณะการซ้อนทับของเส้นสำรวจ Sn และ Sr บนชั้นหล่อศึกษา

Table 2 Number of surfaces with complete and incomplete overlapping of Sn and Sr survey lines in the study models

Study Model	Complete survey lines overlapping	Incomplete survey lines overlapping (surfaces)														Total
		Buccal						Lingual						Proximal		
		Above			Below			Above			Below			Above	Below	
		m	mid	d	m	mid	d	m	mid	d	m	mid	d	mid	mid	
A	113	3	1	3				4	3	2		1				130
B	93			1		1		2				1		2		100
C	60															60
D	88	2														90
<b>total</b>	<b>354</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>380</b>

Above, Below indicated the position of Sn as related to Sr line, towards occlusal surfaces.

m, mid, d indicated the location on each surface where m= mesial 1/3, mid= middle 1/3, and d= distal 1/3

ตารางที่ 3 แจกแจงความถี่จำนวนด้านตามลักษณะการซ้อนทับของเส้นสำรวจ Sn และ Sr ตามอาสาสมัครแต่ละคน

Table 3 Number of surfaces with complete and incomplete overlapping of Sn and Sr survey lines by individual subject

Study Model	Complete survey lines overlapping	Incomplete survey lines overlapping (surfaces)														Total
		Buccal						Lingual						Proximal		
		Above			Below			Above			Below			Above	Below	
		m	mid	d	m	mid	d	m	mid	d	m	mid	d	mid	mid	
1	35	2												1		38
2	34	1		1		1		1								38
3	35						1	1	1							38
4	34		1					1		1				1		38
5	36			1				1								38
6	33	1		1				2						1		38
7	35	1		1					1							38
8	36								1					1		38
9	38															38
10	38															38
<b>total</b>	<b>354</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>380</b>

Above, Below indicated the position of Sn as related to Sr line, towards occlusal surfaces

m, mid, d indicated the location on each surface where m= mesial 1/3, mid= middle 1/3, and d= distal 1/3

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในในชั้นของตำแหน่งเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่และเครื่องสำรวจทางทันตกรรมแบบดั้งเดิม จำแนกตามแบบชั้นหล่อ ขากรรไกร ตำแหน่งธาตุพิมพ์ยึดจับฟันหลัก และอาสาสมัคร

Table 4 Intraclass correlation coefficient (ICC) of survey line locations obtained from the newly developed intra-oral surveyor and a convention dental surveyor, categorized by model type, arch type, tray position, and subjects

Categories		Number of surfaces	Number of measurements	ICC	95% CI	p-value
Model	A	130	290	0.989	0.984-0.992	< 0.001
	B	100	190	0.999	0.999-0.999	< 0.001
	C	60	110	1.000	N/A	< 0.001
	D	90	180	0.998	0.998-0.999	< 0.001

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของตำแหน่งเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่และเครื่องสำรวจทางทันตกรรมแบบดั้งเดิม จำแนกตามแบบชั้นหล่อ ขากรรไกร ตำแหน่งถาดพิมพ์ยึดจับฟันหลัก และอาสาสมัคร

Table 4 Intraclass correlation coefficient (ICC) of survey line locations obtained from the newly developed intra-oral surveyor and a convention dental surveyor, categorized by model type, arch type, tray position, and subjects

Categories		Number of surfaces	Number of measurements	ICC	95% CI	p-value
Type of arches	Upper	190	400	0.995	0.994-0.996	< 0.001
	Lower	190	370	0.999	0.999-0.999	< 0.001
Tray position	Front	230	480	0.996	0.995-0.997	< 0.001
	Back	150	290	0.999	0.999-0.999	< 0.001
Subject	1	38	77	0.998	0.997-0.999	< 0.001
	2	38	77	0.996	0.994-0.997	< 0.001
	3	38	77	0.997	0.995-0.998	< 0.001
	4	38	77	0.996	0.993-0.997	< 0.001
	5	38	77	0.996	0.994-0.998	< 0.001
	6	38	77	0.993	0.989-0.996	< 0.001
	7	38	77	0.999	0.998-0.999	< 0.001
	8	38	77	0.999	0.998-0.999	< 0.001
	9	38	77	0.999	0.999-0.999	< 0.001
	10	38	77	1.000	N/A	< 0.001
Overall		380	770	0.997	0.997-0.998	< 0.001

Average measures, two-way mixed effects model, absolute agreement

ICC = intraclass correlation coefficient, CI = confidential interval

Front, Back indicated locations of the positioning tray on anterior and posterior teeth, respectively

## บทวิจารณ์

ผู้วิจัยต้องการสร้างและพัฒนาเครื่องสำรวจความขนานที่สามารถใช้งานในช่องปากได้ เพื่อใช้สำรวจความปองนูนของฟัน ในขั้นตอนการเตรียมรูปร่างฟันหลักสำหรับงานฟันเทียมบางส่วนแบบถอดได้ เครื่องสำรวจดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีขนาดเล็กและมีความแข็ง (rigidity) ไม่เกิดการบิดงอขณะใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการออกแบบเครื่องสำรวจเป็นลักษณะรางเลื่อนจะทำให้ได้เครื่องมือที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถปรับแขนสำรวจให้สั้นยาวได้เหมาะสมกับขากรรไกรขนาดต่าง ๆ และการออกแบบเป็นรางค้ำยันทำให้เครื่องมือสามารถคงรูปร่างได้ดี ไม่เกิดการบิดเบี้ยวขณะใช้งานแม้ว่าวัสดุที่ใช้ไม่ได้มีความแข็งแรงเท่ากับโลหะ แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบรางในลักษณะดังกล่าวจะส่งผลให้เครื่องมือมีความหนาของแขนสำรวจในแนวตั้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลต่อความสูงโดยรวมของเครื่องมือเมื่อประกอบแขนสำรวจเข้ากับถาดพิมพ์ โดยถาดพิมพ์จะทำหน้าที่ยึดจับบนฟันที่ไม่ได้ใช้เป็นฟันหลักของฟันเทียม และทำหน้าที่ถ่ายทอดแนวทางการถอดใส่ฟันเทียมที่มีการออกแบบบนชั้นหล่อศึกษาวัสดุใน

ช่องปาก แม้ว่าถาดพิมพ์ของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่นี้จะมีขนาดเล็กกว่าถาดพิมพ์ของ IPM<sup>14</sup> และเครื่องสำรวจความขนานในช่องปากแบบที่ 2<sup>15</sup> แต่เมื่อใช้ร่วมกับวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคนพุดดีพบว่าสามารถยึดจับฟันได้แน่นเพียงพอการใช้งาน และข้อดีของการทำให้ถาดพิมพ์มีขนาดเล็กคือ สามารถเห็นพื้นที่ในการทำงานเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยแนะนำให้ผู้ใช้งานเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ตรวจสอบตำแหน่งถาดพิมพ์ที่ยึดกับฟันให้เข้าที่ทุกครั้งก่อนเริ่มการสำรวจ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเส้นสำรวจ

วัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่เพื่อให้ทันตแพทย์สามารถประเมินเส้นสำรวจบนฟันหลักในช่องปากได้โดยตรง ซึ่งในขั้นตอนการกรอปรับแต่งฟันในช่องปากทันตแพทย์สามารถใช้เครื่องมือประเมินลักษณะเส้นสำรวจและกรอปรับแต่งฟันซ้ำจนกว่าจะได้ลักษณะเส้นสำรวจตามต้องการ โดยในขั้นตอนดังกล่าวทันตแพทย์จำเป็นต้องใช้ทักษะการกรอปรับแต่งฟันด้วยตัวเอง แตกต่างจากเครื่องมือ ParalAB<sup>13</sup> และ IPM<sup>14</sup> ที่ทันตแพทย์สามารถ



การปรับแต่งฟันหลักให้ขนานกันในช่องปากได้โดยตรง เนื่องจากเครื่องมือมีส่วนประกอบที่ต่อเข้ากับด้ามกรอความเร็วสูง ซึ่งเครื่องมือช่วยให้ทันตแพทย์สามารถทำงานในขั้นตอนการกรอปรับแต่งฟันหลักให้ขนานกันได้ง่าย อย่างไรก็ตามหากมีส่วนประกอบใดของเครื่องมือคลาดเคลื่อนขณะใช้งานกรอปรับแต่งฟันจะส่งผลให้ทันตแพทย์กรอฟันผิดตำแหน่งได้ นอกจากนี้เครื่องมือดังกล่าวยังมีขนาดใหญ่หลังประกอบเข้ากับด้ามกรอความเร็วสูง อาจทำให้ใช้งานยาก ผู้วิจัยจึงพยายามออกแบบส่วนประกอบของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ให้มีขนาดเล็ก ไม่ซับซ้อน มีจำนวนข้อต่อน้อย เพื่อให้ได้เครื่องมือที่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และหวังให้มีความคลาดเคลื่อนจากการใช้งานเครื่องมือ น้อยที่สุด นอกจากนี้เครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่ยังสามารถนำไปใช้สำรวจขึ้นหล่อได้เช่นเดียวกับเครื่องสำรวจความขนานที่ใช้ในช่องปาก โดยในขนาดที่ผู้วิจัยสามารถสร้างอุปกรณ์เสริม เช่น อุปกรณ์วัดความคอคอดขนาดต่าง ๆ เป็นต้น

การสร้างเครื่องสำรวจต้นแบบใช้วิธีการพิมพ์ 3 มิติด้วยวัสดุเรซินทางทันตกรรม มีข้อดีคือ สามารถสร้างและดัดแปลงชิ้นงานได้ง่าย ใช้เวลานำน้อย สามารถทำได้ด้วยตัวเองหากมีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องมือถูกมากเมื่อเทียบกับวัสดุโลหะ แต่มีข้อจำกัดคือ วัสดุเรซินทางทันตกรรมมีค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นต่ำกว่าโลหะมาก ทำให้การออกแบบชิ้นส่วนต้องมีขนาดใหญ่กว่าการทำด้วยโลหะ นอกจากนี้ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบของเครื่องสำรวจ อาจเกิดการบิดเบี้ยวได้บ้างหากมีการออกแรงกดบนเครื่องมือ ซึ่งจะส่งผลต่อเส้นสำรวจที่ได้ และหากผู้ใช้งานต้องสร้างเครื่องสำรวจด้วยตัวเอง จำเป็นต้องขัดแต่งพื้นผิววัสดุเล็กน้อยก่อนประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้ข้อต่อต่าง ๆ เคลื่อนไหวได้เรียบลื่น รวมถึงวิธีการพิมพ์ 3 มิติ อาจต้องมีการปรับพารามิเตอร์ในคำสั่งพิมพ์บ้าง หากใช้วัสดุที่แตกต่างกัน นอกจากนี้วัสดุเรซินทางทันตกรรมอาจมีการเสื่อมสภาพหากผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง แต่อย่างไรก็ตามวัสดุดังกล่าวสามารถทำลายเชื้อ (Disinfection) ได้โดยใช้น้ำยาเคมีในกลุ่ม Ethyl alcohol Isopropyl alcohol Chloride compound และ Glutaraldehyde ตามหลักการใช้งานของเครื่องมือที่ไม่มีการรุกรานเข้าไปในเนื้อเยื่อใด ๆ ในช่องปาก (Semi-critical items)

ในการศึกษาการใช้งานของเครื่องสำรวจ ผู้วิจัยได้ทำขึ้นหล่อบนและล่าง อย่างละ 2 แบบ ที่มีลักษณะช่องว่างและซี่ฟันหลักแตกต่างกัน มีการติดตั้งถาดพิมพ์ยึดจับในตำแหน่งพื้นหน้าและพื้นหลัง และให้อาสาสมัครใช้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่สำรวจขึ้นหล่อในหัวหุ่นจำลอง เพื่อเลียนแบบการใช้งานจริงในช่องปากที่มีลักษณะช่องว่างในการใส่ฟันที่หลากหลาย แต่อย่างไรก็ตามในการ

ทดลองยังมีข้อจำกัด เช่น การทำงานในหัวหุ่นจำลองไม่มีลิ้นหรือน้ำลายมากเกี่ยวข้อง ฟันธรรมชาติในปากอาจมีความสูงต่ำหรือมีขนาดที่แตกต่างจากแบบจำลอง และข้อจำกัดในการอำพรางของผู้ป่วยแต่ละคน เป็นต้น สำหรับวิธีการบันทึกข้อมูลในการศึกษานี้บันทึกเป็นไฟล์ภาพ 3 มิติ ซึ่งมีข้อดีคือสามารถบันทึกภาพซี่ฟันด้านที่ต้องการศึกษาได้ง่ายในทุกทิศทาง และสามารถหมุนภาพ จัดวางภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้ง่าย

การวิเคราะห์ความแม่นยำหรือความสอดคล้องระหว่างเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่กับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ด้วยสถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น พบว่าอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่สามารถใช้สำรวจความปองนูนของฟันได้ไม่แตกต่างจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมที่ใช้ในช่องปากเมื่ออยู่ในแนวสำรวจเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อจำแนกการวิเคราะห์ตามรูปแบบของขึ้นหล่อบนและล่าง หรือตามตำแหน่งการติดตั้งถาดพิมพ์ยึดจับบริเวณพื้นหน้าและหลัง รวมถึงการใช้งานในแต่ละอาสาสมัครพบว่ามีความสอดคล้องในระดับดีมากเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่สามารถใช้งานได้ครอบคลุมบริเวณต่าง ๆ ในช่องปากและสามารถใช้งานได้โดยผู้ใช้ที่แตกต่างกัน

ในการศึกษานี้ให้อาสาสมัครฝึกใช้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่บนแบบจำลองนอกช่องปากจนมั่นใจในการใช้งานก่อนที่จะให้ปฏิบัติจริงในขึ้นหล่อที่ติดตั้งในหัวหุ่นจำลอง เพื่อให้อาสาสมัครทุกคนคุ้นเคยกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการทำงานของเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ ทั้งนี้เพื่อลดปัจจัยรบกวน (confounding factor) ต่าง ๆ ที่อาจเกิดจากการฝึกใช้เครื่องมือใหม่ ๆ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่โดยอาสาสมัครทั้ง 10 คน มีความสอดคล้องกับเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ในระดับดีมาก โดยพบการซ้อนทับของเส้นสำรวจอย่างสมบูรณ์ในทุกด้านศึกษาจากอาสาสมัคร 2 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาหลังปริญญาสาขาทันตกรรมประดิษฐ์ ชั้นปีที่ 1 จึงมีความเป็นไปได้ว่า ประสิทธิภาพในการใช้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ อาจไม่สัมพันธ์กับประสบการณ์ทำงานเฉพาะทางการใส่ฟันเทียม แต่อย่างไรก็ตามควรศึกษาเพิ่มในกลุ่มประชากรที่ใหญ่ขึ้น

เมื่อวิเคราะห์การซ้อนทับของเส้นสำรวจทดสอบและเส้นสำรวจอ้างอิง พบว่ามีด้านที่การซ้อนทับไม่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 7 ของด้านศึกษาทั้งหมด ซึ่งสาเหตุความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากหลายปัจจัย กล่าวคือ 1) ปัจจัยด้านวัสดุที่ใช้ทำเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ที่ทำมาจากเรซินทางทันตกรรม เมื่อมีแรงกระทำ

อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้เล็กน้อย ประกอบกับวัสดุมีความฝืดเล็กน้อยในบริเวณข้อต่อต่าง ๆ 2) ปัจจัยด้านการออกแบบเมื่อใช้สำรวจฟันบริเวณที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งถาดพิมพ์ยึดจับ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแขนสำรวจระบบรางคู่อันเนื่องมาจากการเสียดสีกัน อาจเกิดเป็นระบบคานงัดขณะใช้งาน และ 3) ปัจจัยความอ่อนนุ่มของไส้ดินสอดำ การออกแรงกดไส้ดินสอดำให้แนบผิวฟัน อาจทำให้ตัวไส้ดินสอดำเอนเข้าหาตัวฟันที่กำลังสำรวจอยู่ได้เล็กน้อย ปัจจัยเหล่านี้สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ได้ลักษณะเส้นสำรวจที่มีความคลาดเคลื่อนในลักษณะอยู่เหนือเส้นสำรวจอ้างอิงไปทางด้านบนด้วย ซึ่งความคลาดเคลื่อนของเส้นสำรวจที่เกิดขึ้นในลักษณะดังกล่าว เมื่อนำเครื่องสำรวจไปใช้งานในช่องปากในขั้นตอนเตรียมฟันหลัก อาจส่งผลให้ทันตแพทย์เข้าใจว่าการกรอเตรียมฟันเพื่อวางตำแหน่งต้นตะขอยังไม่เหมาะสมและอาจกรอฟันเพิ่มโดยไม่จำเป็น แต่อย่างไรก็ตามความคลาดเคลื่อนดังกล่าวพบน้อยมากและสามารถลดได้หากปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมา

จากปัญหาและข้อเสนอแนะในการตอบแบบสอบถามหลังการใช้งานเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ของอาสาสมัคร พบปัญหาไส้ดินสอดำหักมากที่สุด โดยสาเหตุเกิดจากผู้วิจัยพยายามเลือกใช้ไส้ดินสอดำที่สามารถติดบนซี่ฟันธรรมชาติได้ ซึ่งไส้ดินสอดำชนิดดังกล่าวจะมีความอ่อนนุ่มกว่าไส้ดินสอดำทั่วไปและหักได้เมื่อออกแรงผลักไส้ดินสอดำโดยตรง ผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ ด้วยการออกแบบแผ่นรองไส้ดินสอดำที่มีความแข็งแรง นอกจากนี้ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าควรปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำหมุดแกนของถาดพิมพ์เป็นโลหะ เพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น สำหรับแขนสำรวจระบบรางที่ยังมีความฝืดเล็กน้อยในเบื้องต้นอาจแก้ไขด้วยการขัดแต่งวัสดุให้เรียบมากขึ้น หรืออาจใช้น้ำมันหล่อลื่นสำหรับวัสดุเรซินทางทันตกรรมโดยเฉพาะ ทาบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ขณะใช้งาน เพื่อให้เครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด อย่างไรก็ตามความเป็นไปได้ในการใช้งานเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ในผู้ป่วยจริงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเครื่องมือสำรวจและทำการวิจัยในผู้ป่วยจริงต่อไป

## บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องสำรวจในช่องปากชนิดใหม่ให้ลักษณะเส้นสำรวจและมีความเที่ยงใกล้เคียงกับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม ที่ใช้ในช่องปากเมื่ออยู่ในแนวหน้าทางเดียวกัน

## เอกสารอ้างอิง

1. Bezzon OL, Mattos MGC, Ribero RF. Surveying removable partial dentures: the importance of guiding planes and path of insertion for stability. *J Prosthet Dent* 1997;78(4):412-8.
2. Applegate OC. Essentials of removable partial denture prosthesis. Philadelphia: WB Saunders; 1954. p. 17-35.
3. Leeper SH. Dentist and laboratory: a "love-hate" relationship. *Dent Clin North Am* 1979;23(1):87-99.
4. Engelmeier RL. The history and development of the dental surveyor: part I. *J Prosthodont* 2002;11(1):11-8.
5. Engelmeier RL. The history and development of the dental surveyor: part II. *J Prosthodont* 2002;11(2):122-30.
6. Engelmeier RL. The history and development of the dental surveyor--Part III. *J Prosthodont* 2004;13(3):195-202.
7. Kopsiaftis CP. An intraoral paralleling instrument. *J Prosthet Dent* 1966;16(5):973-7.
8. Schoeneck G. An intraoral parallelometer. *J Prosthet Dent* 1970;23(3):310-4.
9. McCarthy MF. An intraoral surveyor. *J Prosthet Dent* 1989;61(4):462-4.
10. Netti CA, Skirvin DR, Phelan PR, Jones TK. A simplified intraoral surveying device. *J Prosthet Dent* 1992;67(6):870-2.
11. Moschèn I, Berger P, Falk M, Hörl R, Hörle M, Gausch K. Comparison of resin-bonded prosthesis groove parallelism with the use of four tooth preparation methods. *J Prosthet Dent* 1999; 82(4):398-409.
12. Canning T, O'Sullivan M. Acrylic resin jigs as an aid to parallel guiding plane preparation. *J Prosthet Dent* 2008;99(2):162-4.
13. Borges AL, Borges AB, Uemura ES, Paes-Júnior TJ, Tango RN, de Araújo JE, et al. Evaluation of a new intraoral paralleling device for creating guiding planes: a pilot study. *J Contemp Dent Pract* 2010;11(1):E065-72.
14. Ipm-2010.com. Der Weg zur Perfektion und zufriedenen Patienten: Intraorale Parallelometer 2010 [cited 2019 17 April]. Available from: <https://www.ipm-2010.com>.
15. Sakornram R, Puasiri S, Aerarunchot S. Evaluation of the Survey Line Validity and Satisfaction When Using the Intraoral Surveyor Model II on the Customized Model. *Khon Kaen Dent J* 2019;22(2):89-100.
16. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med* 2016;15(2):155-63.