

ความเที่ยงตรงในการใช้งานเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ที่สร้างจากการพิมพ์สามมิติ: การศึกษาในมนุษย์

Usage accuracy of the Newly Developed 3D-printed Intraoral Surveyor: An In Vivo Study

ธนาภรณ์ มหาสุรชัยกุล¹, สุพาณี บุรณธรรม¹

Tanaporn Mahasurachaikul¹, Supanee Buranadham¹

¹ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา ประเทศไทย

¹Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเที่ยงตรงในการใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในปาก โดยเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ที่ใช้ทำการปรับปรุงและพัฒนาจากเครื่องมือของ Doungtraiphop และคณะ สร้างขึ้นหล່อบนและล่างจากอาสาสมัคร จำนวน 3 ราย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญสาขาทันตกรรมประดิษฐ์จำนวน 1 คน ทำการวาดเส้นสำรวจบนซี่ฟันที่กำหนดตามแนวการสำรวจที่กำหนดไว้ ด้วยเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมของเนย์ ได้เส้นสำรวจอ้างอิง (Sr) และทำการสแกนขึ้นหล่อทั้ง 6 ซี่นเป็นไฟล์อ้างอิง ให้นักศึกษาทันตแพทย์เฉพาะทางสาขาทันตกรรมประดิษฐ์อาสาสมัครจำนวน 3 คน ใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ตามแนวการสำรวจที่กำหนดไว้ ทำการสำรวจฟันในช่องปากอาสาสมัครได้เส้นสำรวจในปาก (Si) เมื่อเสร็จสิ้นการสำรวจ ทำการสแกนฟันที่มีเส้นสำรวจด้วยเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ ทำความสะอาดฟันอาสาสมัครเมื่อเปลี่ยนทันตแพทย์อาสาสมัครผู้ใช้เครื่อง จับคู่ซ้อนทับไฟล์สแกนในช่องปากกับไฟล์อ้างอิงและทำการจับภาพหน้าจอ นำภาพวิเคราะห์ความสอดคล้องของเส้นสำรวจ Si และ Sr ในแต่ละด้านศึกษา ผลการศึกษาพบเส้นสำรวจที่ไม่ขัด ร้อยละ 3.01 ของด้านศึกษาทั้งหมด พบการซ้อนทับของเส้น Si และ Sr อย่างสมบูรณ์ตลอดเส้น ร้อยละ 80.56 ของด้านศึกษาทั้งหมด และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของเส้น Si และ Sr เท่ากับ 0.949 แสดงให้เห็นว่าเส้นสำรวจที่ได้จากการใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่มีความสอดคล้องกับเส้นสำรวจที่ได้จากการใช้เครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมในระดับดีมาก ภายใต้อำนาจจำกัดของการศึกษานี้สรุปได้ว่า เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่มีความเที่ยงตรงอยู่ในระดับสูง และให้ลักษณะเส้นสำรวจในปากที่ใกล้เคียงกับเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม

คำสำคัญ : เครื่องสำรวจความขนาน, เครื่องสำรวจความขนานในปาก, ความเที่ยงตรงของเส้นสำรวจ

Abstract

The objective of this study was to evaluate the in vivo accuracy of a newly developed 3D-printed intraoral surveyor, initially proposed by Doungtraiphop et al. The surveyor had been modified to enhance its functionality. For each of the three subjects, a set of upper and lower study models was created. A prosthodontist was asked to use a Ney surveyor to draw survey lines (Sr) on designated teeth in each model at a predetermined path. All models were digitally scanned to serve as reference files. Three prosthodontic graduate students then used the intraoral surveyor to draw survey lines (Si) on the assigned tooth surfaces along the same path for each subject. Both arches were scanned with an intraoral scanner immediately after each student's surveying procedure, and the teeth were cleaned with pumice before another operator conducted the next surveying procedure. Each digitally scanned file was superimposed onto its corresponding reference file in the same position. Images of the studied surfaces were captured to evaluate the agreement between Si and Sr lines on each assigned tooth surface. The study found

that ill-defined Si lines appeared on 3.01 percent of the studied tooth surfaces, while complete overlapping of Si and Sr lines was observed on 80.56 percent of the surfaces. The agreement between Si and Sr lines was excellent, with an intraclass correlation coefficient of 0.949. Within the study's limitations, it was concluded that the newly developed intraoral surveyor was highly accurate in creating survey lines intra-orally, providing similar results to those of a conventional surveyor.

Keywords: Surveyor, Intraoral surveyor, Survey line validity

Received date: July 29, 2024

Revised date: Oct 23, 2024

Accepted date: Oct 30, 2024

Doi:

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

สุพานี บุรณธรรม, สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112 ประเทศไทย โทรศัพท์: 086-821-0824 โทรสาร: 074-429874 อีเมล: bsupanee@hotmail.com

Correspondence to:

Supanee Buranadham, Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90112 Thailand. Tel: 086-821-0824 Fax: 074429874 Email: bsupanee@hotmail.com

บทนำ

การทำฟันเทียมบางส่วนถอดได้ จำเป็นต้องมีการกรอแต่งฟันธรรมชาติเพื่อให้ได้เค้ารูปฟันหลักที่เหมาะสมในการรองรับส่วนประกอบต่าง ๆ ของฟันเทียม เพื่อให้ได้วิถีการใส่ฟันเทียม (path of insertion) ตามที่วางแผนและได้ฟันเทียมที่มีประสิทธิภาพ บ่อยครั้งที่ทันตแพทย์กรอปรับรูปร่างฟันได้ไม่สอดคล้องตามที่วางแผน ทำให้ช่างทันตกรรมไม่สามารถวางส่วนประกอบต่าง ๆ ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ ส่งผลให้ฟันเทียมไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร วิธีหนึ่งที่ทันตแพทย์นิยมใช้ในการตรวจสอบขั้นตอนดังกล่าว คือ การพิมพ์แบบเพื่อนำไปเทขึ้นหล่อ (cast) มาสำรวจด้วยเครื่องสำรวจความขนานนอกปาก¹ หรือในปัจจุบันใช้เครื่องพิมพ์แบบดิจิทัลสร้างรอยพิมพ์แบบดิจิทัลที่สามารถตรวจสอบโดยใช้ซอฟต์แวร์ในคอมพิวเตอร์²⁻⁴ เมื่อพบว่าลักษณะเส้นสำรวจที่ได้อาจไม่เหมาะสม ทันตแพทย์ต้องนัดผู้ป่วยมาทำการกรอปรับแต่งฟันเพิ่มเติม⁵ อย่างไรก็ตามในคลินิกส่วนใหญ่ไม่มีเครื่องสำรวจความขนานนอกช่องปากให้ใช้งาน ส่วนเครื่องพิมพ์แบบดิจิทัลยังมีการใช้งานจำกัดเนื่องจากมีราคาสูง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาและออกแบบเครื่องมือช่วยในการสร้างแนวขนานในปาก (intraoral paralleling device) และเครื่องสำรวจความขนานในปาก (intraoral surveyor) เพื่อช่วยในการเตรียมฟันในบางฟันเทียมบางส่วนติดแน่น หรือฟันเทียมบางส่วนถอดได้ โดยวัตถุประสงค์ของเครื่องมือใช้เป็นแนวทางสำหรับกรอแต่งฟัน⁵⁻¹³ ใช้ยึดกับเครื่องมือกรอแต่งฟันเพื่อให้สามารถกรอแต่งรูปร่างได้โดยตรงตามแนวที่วางแผน¹⁴⁻¹⁶ หรือใช้สร้างเส้นสำรวจบนตัวฟันโดยตรง¹⁷⁻²⁰ กลุ่มเครื่องมือที่สามารถใช้สร้างเส้นสำรวจ

บนตัวฟันโดยตรง มีการนำด้ามแปร่งต่าง ๆ มาดัดแปลงใช้งานแบบง่าย ๆ เช่น ประยุกต์ใช้ด้ามแปร่งชอกฟันกับไส้ดินสอดสี¹⁹ หรือใช้ด้ามแปร่งสีฟันร่วมกับไส้ดินสอด (intraoral recontouring aid, IRA)¹⁸ ถ่ายทอดความสัมพันธ์ของฟันหลักในชั้นหล่อไปยังฟันหลักในปากซึ่งจะได้วิถีการใส่ฟันเทียมโดยประมาณจากทิศทางการวางมือ

Doungtraiphop และคณะ¹⁷ ทดสอบความแม่นยำ (precision) ของการใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในหัวหุ่นจำลอง โดยเปรียบเทียบลักษณะเส้นสำรวจบนชั้นหล่อที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่และที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมของเนย์ พบว่าการทำงานของอาสาสมัครแต่ละคน ให้ค่าความแม่นยำของเครื่องมือในระดับดีมาก โดยพบว่าเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่สามารถใช้สำรวจความป่องนูนของฟันในทุกด้านได้ไม่แตกต่างจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมเมื่ออยู่ในแนวสำรวจเดียวกัน สามารถใช้งานได้ครอบคลุมบริเวณต่าง ๆ ในปาก ทั้งในขากรรไกรบนและล่าง และสามารถใช้งานได้โดยผู้ใช้ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้รายงานถึงปัญหาต่าง ๆ ที่พบในการใช้งาน เช่น ไส้ดินสอดหักขณะใช้งาน และข้อต่อต่าง ๆ ที่ทำจากเรซินไม่แข็งแรง เป็นต้น นอกจากนี้ยังไม่มี การทดสอบการใช้งานจริงในมนุษย์

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพัฒนาเครื่องสำรวจความขนานของ Doungtraiphop และคณะ¹⁷ และทดสอบการใช้งานเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ที่ปรับปรุงแล้วในมนุษย์ โดยเปรียบเทียบเส้นสำรวจที่วาดโดยตรงในปาก กับเส้น

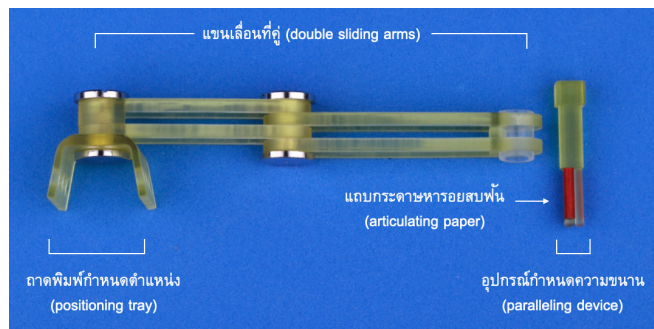
สำรวจที่วาดด้วยเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมบนชิ้นหล่อในแนวสำรวจเดียวกัน สมมติฐานของงานวิจัยนี้คือ เส้นสำรวจบนซี่ฟันในปากจากการใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ไม่แตกต่างจากเส้นสำรวจบนชิ้นหล่อจากการใช้เครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมของเนย์

วัสดุและวิธีการ

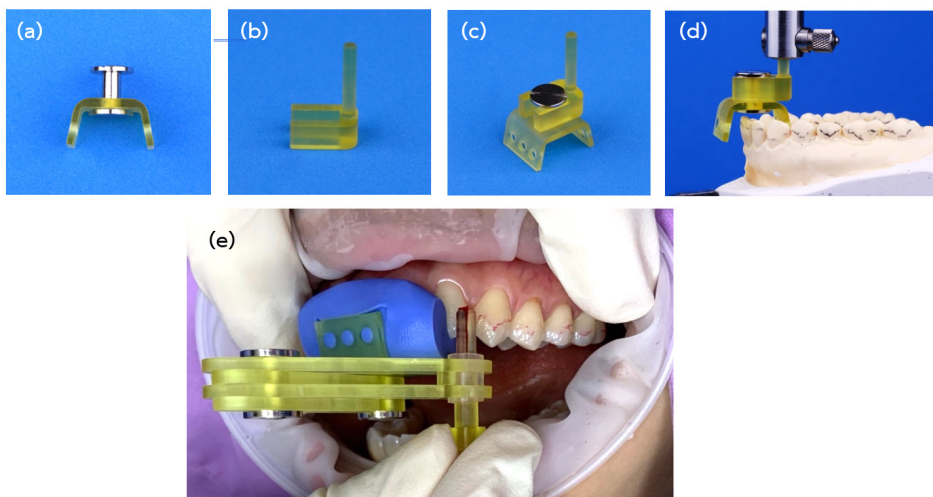
งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ EC6603-014

การปรับปรุงและการสร้างเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่นี้ปรับปรุงจากเครื่องสำรวจความขนานของ Doughtraiphop และคณะ¹⁷ โดยประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วน ได้แก่ ถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง (positioning tray) แขนเลื่อนที่คู่ (double sliding arms) และอุปกรณ์กำหนดความขนาน (paralleling device) โดยเปลี่ยนอุปกรณ์

กำหนดความขนานจากการใช้ไส้ดินสอเป็นที่ยึดจับกระดาษกัดสบ (articulating paper) ทำการปรับและเขียนแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงานด้วยแอปพลิเคชัน Shapr3D (Shapr3DZrt., István Csanády, Budapest, Hungary) เป็นไฟล์สามมิติ นำไปพิมพ์ขึ้นรูปด้วยวัสดุเรซิน (HT100 Heat-resistance Resin, Resione[®], Dongguan Godsaid Technology Co., Guangdong, China) โดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (ASIGA MAX, Sydney, Australia) ประกอบชิ้นส่วนเข้ากับนอตโลหะ พร้อมใช้งานจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1 และมีอุปกรณ์กำหนดความขนานจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม เรียกว่า เครื่องมือถ่ายโอน (transferring tool) ใช้ร่วมกับถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง โดยใช้วัสดุพิมพ์แบบซิลิโคนชนิดพุดดี (Siligum-Putty impression material, DMG Chemisch-Pharmazeutische Corp., Hamburg, Germany) เมื่อนำไปยึดกับฟันในช่องปากจะควบคุมให้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ อยู่ในแนวที่กำหนดดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่
Figure 1 Components of the newly developed intraoral surveyor



รูปที่ 2 การใช้ถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งและเครื่องมือถ่ายโอน; (a) ถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งยึดกับนอตโลหะ (b) เครื่องมือถ่ายโอน (c) ก้านถ่ายโอนแนวนำยึดเข้ากับถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง (d) ติดตั้งถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งเข้ากับแขนแนวตั้งของเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม โดยอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบการสบฟัน (e) การใช้งานเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในปาก

Figure 2 Method to use positioning tray and transferring tool; (a) The positioning tray being attached to metal screw and nut, (b) The transferring tool, (c) The transferring tool being attached to the positioning tray, (d) The positioning tray attached to a vertical arm of a dental surveyor, perpendicularly to the occlusal plane, (e) Intraoral usage of the newly developed intraoral surveyor

การศึกษาความเที่ยงตรงของเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในมนุษย์

อาสาสมัครจำนวน 3 คน ที่มีฟันธรรมชาติทั้งปากหรือหายไปบางส่วน โดยฟันไม่มีลักษณะการสึกที่ผิดปกติทั้งด้านบดเคี้ยวและด้านข้างโดยรอบของฟัน ลักษณะฟันมีความป่อง (เส้นสำรวจอยู่บนตัวฟันหรือห่างจากคอฟันอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร) สามารถอ้าปากได้ปกติ ไม่มีปัญหาข้อต่อขากรรไกร ฟิมพ์แบบฟันบนและล่างของอาสาสมัครทั้ง 3 คน ด้วยอัลจินเนต (Alginate, Alginoplast[®], Kulzer, Hanau, Germany) และเทขึ้นหล่อด้วยพลาสติกหินชนิดที่ 4 (Gypsum stone type IV, Atlas, Pink, Thailand) จำนวน 1 ชุดต่อคน นำขึ้นหล่อของอาสาสมัครแต่ละคนมาติดตั้งบนเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมของเนย์กำหนดวิธีการสำรวจ (surveying

path) ให้ตั้งฉากกับระนาบการสบฟัน (occlusal plane) ให้ผู้เชี่ยวชาญสาขาทันตกรรมประดิษฐ์ 1 คน ใช้เครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมวาดเส้นสำรวจฟันบนขึ้นหล่อทั้ง 6 ชั้นด้วยไส้ดินสอดำ จากนั้นสร้างดัชนี (index) บนถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง จำนวน 3 ชั้นต่อขากรรไกรตามแนวการสำรวจ (1 ชั้นสำหรับทันตแพทย์แต่ละราย) โดยกำหนดตำแหน่งการวางถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง และชี้ฟันที่วาดเส้นสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 1 และนำขึ้นหล่อทั้งหมดไปสแกนด้วยเครื่องสแกนสามมิติทางห้องปฏิบัติการ (E4 lab scanner; Trios[®], 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark) เป็นไฟล์ภาพสามมิตินามสกุล .dcm เส้นสำรวจที่วาดบนขึ้นหล่อ เรียกว่าเส้นสำรวจอ้างอิง (reference survey line, Sr)

ตารางที่ 1 ตำแหน่งการวางถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง และด้านสำรวจบนซี่ฟันที่กำหนดในอาสาสมัครแต่ละราย

Table 1 Tray positions and studied surfaces of assigned teeth in each subject

Subject	Arches	Tray position	Assigned teeth		Total number of surfaces
			Buccal and lingual surfaces	Labial surfaces	
1	Ui	Incisal region	17, 16, 15, 14, 24, 25, 26	13, 23	16
	Li	Incisal region	37, 36, 35, 44, 45, 46, 47	33	15
2	Up	Canine-Premolar region	17, 16, 23, 25, 26, 27	11, 21, 22	15
	Lp	Canine-Premolar region	37, 36, 43, 45, 46, 47	41, 42	14
3	Um	Molar region	17, 16, 15, 14, 13, 23, 24	12, 11, 21, 22	18
	Lm	Molar region	37, 36, 35, 34, 33, 43, 44	32, 31, 41, 42	18

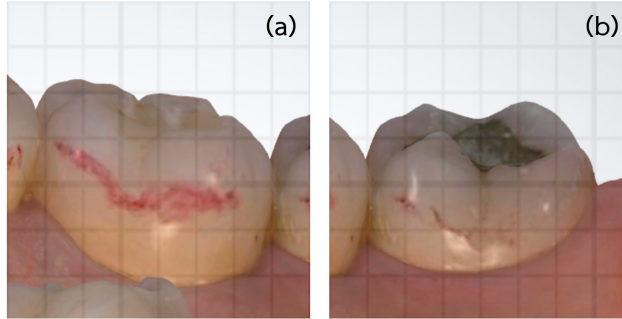
นักศึกษาทันตแพทย์เฉพาะทางสาขาทันตกรรมประดิษฐ์อาสาสมัครจำนวน 3 คน ได้รับเอกสารประกอบการสาธิตวิธีการใช้งาน และฝึกใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในโมเดลฟัน (dentoforn) ก่อนทำในอาสาสมัคร ในการศึกษาจะสร้างเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ 1 เครื่องสำหรับอาสาสมัครแต่ละราย ก่อนเริ่มการสำรวจซี่ฟันทำความสะอาดฟันอาสาสมัครเป่าลม และดูดน้ำลายให้บริเวณที่สำรวจแห้ง ติดตั้งแถบกระดาษทรายยอสบฟัน (Bausch Arti-fo[®], Nashua, USA) เข้กากับอุปกรณ์กำหนดความขนานกำหนดให้หันด้านสีแดงออก ในการสำรวจจะให้ทันตแพทย์อาสาสมัครสวมดัชนีบนถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งที่ได้รับสำหรับอาสาสมัครแต่ละรายให้เข้าที่กับฟัน และทำการสำรวจฟันในบริเวณที่กำหนดตามเอกสารชี้แจงที่ได้รับ เมื่อเสร็จสิ้นการสำรวจ ผู้วิจัยใช้เครื่องพิมพ์แบบสามมิติ (Trios[®], 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark) สแกนขากรรไกรตามคำแนะนำของบริษัท เป็นไฟล์ภาพสามมิตินามสกุล .dcm โดยเส้นสำรวจที่วาดบนฟันโดยทันตแพทย์อาสาสมัครจะ เรียกว่า เส้นสำรวจในปาก (intra-oral survey line, Si) หลังจากนั้นผู้วิจัยทำความสะอาดฟันเซ็ดเส้นสำรวจออก เปลี่ยนทันตแพทย์อาสาสมัครคนต่อไปโดย

ดำเนินกระบวนการเช่นเดิม หลังเสร็จสิ้นการใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ให้ทันตแพทย์อาสาสมัครและอาสาสมัครทำแบบสอบถามความพึงพอใจและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานการบันทึกข้อมูล

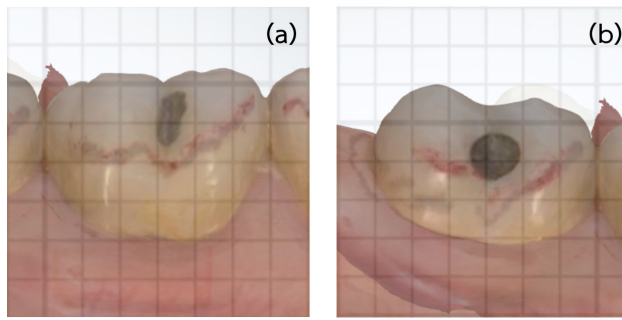
ใช้โปรแกรม 3Shape Dental System (3Shape A/S, Copenhagen, Denmark) จับคู่ระหว่างไฟล์ขึ้นหล่อและไฟล์สแกนในปากให้ซ้อนทับ (superimposed) กันสมบูรณ์ โดยปรับหมุนให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นนำภาพกริด (grid) ในรูปแบบไฟล์ .jpg มาซ้อนทับโดยใช้โปรแกรม Overlay2-1 (Colin Thomas Photography Ltd., London, United Kingdom) ปรับขนาดภาพกริดให้แบ่งฟันที่ศึกษาเป็น 6 ส่วนอย่างเท่ากันในแนวใกล้กลางไกลกลาง (mesio-distal) จับภาพหน้าจอ (screen capture) ได้ภาพสองมิติในรูปแบบไฟล์ .jpg โดยทุกภาพของแต่ละด้านที่มีเส้นสำรวจจะมีลักษณะเดียวกันและมีขนาดเท่ากัน นำภาพสองมิติไปวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลโดยใช้โปรแกรม ImageJ (Rasband, W.S., U.S. National Institute of Health, Bethesda, Maryland, USA) ดังนี้ 1) ตรวจสอบความชัดของเส้นสำรวจในแต่ละด้านศึกษาดังแสดงในรูปที่ 3 โดยลักษณะของเส้นที่ชัดคือ สามารถมองเห็นขอบเขตความหนาของ

เส้นโดยไม่ต้องทำการขยายภาพ 2) ตรวจสอบลักษณะการซ้อนทับของเส้น Si และ Sr ในแต่ละด้านศึกษาตั้งแต่แสดงในรูปที่ 4 โดยกำหนดว่าลักษณะของเส้นที่มีการซ้อนทับคือ จุดกึ่งกลางความหนาของเส้นห่างกันในแนวตั้งไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร 3) วัดระยะในแนวตั้ง

จากจุดอ้างอิงปลายฟันด้านบดเคี้ยวไปยังจุดกึ่งกลางความหนาของเส้น Si และ Sr ในตำแหน่งใกล้กลาง (M) กึ่งกลาง (Mid) และไกลกลาง (D) ของฟันตามแนวภาพกริดดังแสดงในรูปที่ 5

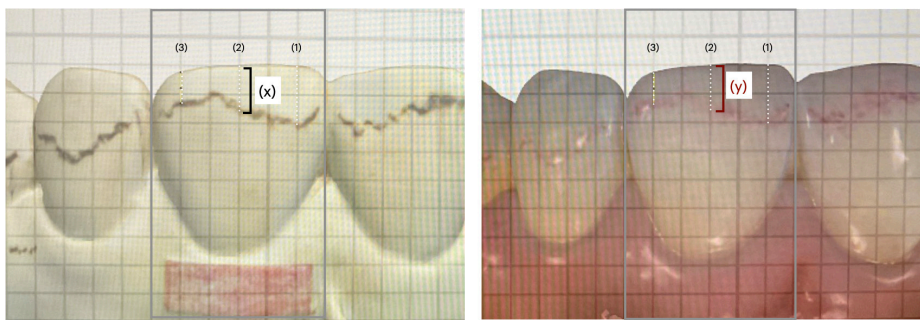


รูปที่ 3 ตัวอย่างเส้นสำรวจ Si บนพื้นทางด้านลิ้น; (a) มีความชัดของเส้นสำรวจตลอดทั้งเส้นและ (b) มีเส้นสำรวจที่ไม่ชัด บริเวณกึ่งกลางและไกลกลาง 1/3
 Figure 3 Examples of Si line on lingual surface of a tooth; (a) well-defined line, (b) ill-defined line in middle and distal 1/3 regions



รูปที่ 4 ตัวอย่างการซ้อนทับของเส้น Si (แดง) และ Sr (ดำ) บนพื้นทางด้านแก้ม; (a) มีการซ้อนทับอย่างสมบูรณ์และ (b) มีการซ้อนทับไม่สมบูรณ์ โดยเส้น Si อยู่เหนือเส้น Sr บริเวณกึ่งกลางและไกลกลาง 1/3

Figure 4 Examples of Si (red) and Sr (black) lines overlapping on buccal surface of a tooth; (a) complete overlapping, (b) incomplete overlapping with Si line located above Sr line in middle and distal 1/3 regions



รูปที่ 5 การวัดระยะในแนวตั้งของเส้นสำรวจบนชิ้นหล่อและฟันของอาสาสมัคร โดยจุดอ้างอิง (1), (2), และ (3) คือจุดอ้างอิงปลายฟันด้านบดเคี้ยวที่ใช้ในการวัดตำแหน่งใกล้กลาง กึ่งกลาง และไกลกลาง ตามลำดับ และระยะ (x) และ (y) คือระยะจากจุดอ้างอิงถึงกึ่งกลางเส้น Sr (ดำ) และ Si (แดง) ตามลำดับ

Figure 5 The vertical distance measurements of a survey line on a study model and a subject: (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 (black) and Si (red) lines, respectively

การวิเคราะห์ทางสถิติ

รายงานความถี่ของเส้นสำรวจที่ไม่ชัด วิเคราะห์การซ้อนทับของเส้นสำรวจจากอัตราส่วนความยาวเส้น Si และ Sr ที่ซ้อนทับและความยาวทั้งหมดของเส้น Sr และวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของ

เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่กับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิม จากการเปรียบเทียบระยะแนวตั้งจากจุดอ้างอิงปลายฟันด้านบดเคี้ยวไปยังเส้น Si และ Sr ในตำแหน่งต่าง ๆ โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation: ICC) ที่ระดับ

ความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 หากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น ต่ำกว่า 0.50 ถือว่าความสอดคล้องในระดับต่ำ และตั้งแต่ 0.50 0.75 และ 0.90 ขึ้นไปถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับพอใช้ดี และดีมากตามลำดับ²¹

ผลการศึกษา

พบเส้นสำรวจที่ไม่ชัด ร้อยละ 3.01 ของด้านศึกษาทั้งหมด 864 ด้าน โดยพบในขากรรไกรล่างมากกว่าขากรรไกรบน การวางถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งที่ฟันกรามน้อยพบเส้นสำรวจที่ไม่ชัดมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2

จากด้านศึกษาทั้งหมด 864 ด้าน พบการซ้อนทับของเส้น Si และ Sr อย่างสมบูรณ์ตลอดเส้น 696 ด้าน คิดเป็นร้อยละ 80.56 ของด้านศึกษาทั้งหมด ในด้านที่มีการซ้อนทับไม่สมบูรณ์พบว่า เส้น Si อยู่สูงกว่าเส้น Sr ไปทางด้านบนเคี้ยว ร้อยละ 85.12

ลักษณะที่มีการซ้อนทับไม่สมบูรณ์พบในขากรรไกรบนมากกว่าขากรรไกรล่าง การวางถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งที่ฟันกรามน้อยพบการซ้อนทับไม่สมบูรณ์มากที่สุด เมื่อพิจารณาตามทันตแพทย์ผู้ใช้เครื่องมือ พบการซ้อนทับไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 15.63 ถึง 23.61 ดังแสดงในตารางที่ 3

การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงโดยพิจารณาจากความสอดคล้องของเส้นสำรวจที่ได้จากเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่เทียบกับเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมในทุกขากรรไกรด้วยสถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น ได้ค่า ICC เท่ากับ 0.949 โดยขากรรไกรบนและล่างมีค่า ICC เท่ากับ 0.944 และเท่ากับ 0.959 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ตามถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งที่ฟันหน้า ฟันกรามน้อยและฟันหลัง พบว่ามีค่า ICC เท่ากับ 0.936, 0.968 และ 0.947 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ตามผู้ใช้เครื่องมือ พบว่ามีค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.939 ถึง 0.960 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของเส้น Si และ Sr และค่าร้อยละของเส้น Si ไม่ชัด

Table 2 Intraclass correlation coefficient (ICC) of Si and Sr lines and number of surfaces with ill-defined Si lines

Categories		Number of surfaces	Number of measurements	ICC (95% CI)	Ill-defined line (%)
Arches	Ui	48	144	0.922 (0.878-0.948)	2.78
	Li	45	135	0.952 (0.893-0.974)	3.70
	Up	45	135	0.983 (0.954-0.992)	0.74
	Lp	42	126	0.938 (0.898-0.961)	10.32
	Um	54	162	0.909 (0.832-0.945)	0
	Lm	54	162	0.969 (0.935-0.982)	1.85
Type of arches	Upper	147	441	0.944 (0.906-0.964)	1.13
	Lower	141	423	0.959 (0.926-0.975)	4.96
Tray position	Incisal region	93	279	0.936 (0.894-0.958)	3.23
	Canine-Premolar region	87	261	0.968 (0.942-0.981)	5.36
	Molar region	108	324	0.947 (0.902-0.968)	0.93
Operator	1	96	288	0.960 (0.916-0.977)	3.47
	2	96	288	0.955 (0.923-0.971)	2.78
	3	96	288	0.939 (0.901-0.960)	2.78
Overall		288	864	0.949 (0.907-0.968)	3.01

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

ICC = intraclass correlation coefficient, CI = confidential interval, p-value < 0.01

U and L indicated upper, lower arch

i, p, m indicated locations of positioning tray on incisal, canine-premolar and molar region, respectively

ตารางที่ 3 แจกแจงจำนวนด้านตามลักษณะการซ้อนทับของเส้น Si และ Sr

Table 3 Number of surfaces with complete and incomplete overlapping of Si and Sr lines

Categories	Incomplete survey lines overlapping (surfaces)														Total surfaces
	Complete survey lines overlapping				Buccal				Lingual				Total	%	
	M	Mid	D	Above	M	D	M	Mid	Above	M	D	M			
Arches	Uj	4	10	3	3	4	1	1	3	3	3	28	19.44	144	
	Li	1	7	2	2	2			2	2	2	16	11.85	135	
	Up	2	7	3	1	3	1	1	3	6	2	28	20.74	135	
	Lp	4	10	2	2	2	1	1	2	5	2	30	23.81	126	
	Um	11	14	8		1			2	1	1	37	22.84	162	
	Lm	4	11	3	1	2	2	2	4	2	2	29	17.90	162	
Type of arches	U	17	31	14	1	8	2	2	8	10	2	93	21.09	441	
	L	9	28	7	3	6	1	1	8	9	2	75	17.73	423	
Tray position	i	5	17	5		6	1	1	5	5	5	44	15.77	279	
	p	6	17	5	3	5	2	2	5	11	4	58	22.22	261	
	m	15	25	11	1	3			6	3	6	66	20.73	324	
Subject	1	7	24	5	1	5	1	1	5	5	1	55	19.10	288	
	2	10	12	7		4	1	1	4	4	2	45	15.63	288	
	3	9	23	9	3	5	1	1	7	10	1	68	23.61	288	
Total		26	59	21	4	14	3	2	16	19	4	168	19.44	864	

U and L indicated upper, lower arch

i, p, m indicated locations of positioning tray on incisal, canine-premolar and molar region, respectively

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

M, Mid, D indicated the location on each surface where mesial 1/3, middle 1/3 and distal 1/3, respectively

บทวิจารณ์

การปรับปรุงและทดสอบเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ เพื่อใช้ประเมินความขนานผิวฟันและเค้ารูปฟัน ช่วยในการเตรียมฟันหลักในงานฟันเทียมบางส่วนถอดได้ เครื่องมือที่ใช้ต้องมีขนาดเล็ก มีความแข็ง (rigidity) เพื่อไม่ให้บิดงอขณะใช้งาน และราคาไม่แพง โดยปรับปรุงเครื่องสำรวจความขนานในปาก ซึ่งออกแบบโดย Doungtraiphop และคณะ¹⁷ และนำไปทดสอบใช้งานจริงในอาสาสมัคร โดยเปลี่ยนส่วนข้อต่อทั้งหมดเป็นนอตโลหะ ทำให้บริเวณข้อต่อมีความแข็งแรงมากขึ้นและใช้งานสั้นขึ้น สร้างอุปกรณ์กำหนดความขนานแบบใหม่ที่สามารถยึดจับแถบกระดาษทรายรอบฟัน แทนการใช้ไส้ดินสอดที่หักง่ายและไม่ค่อยติดสีที่ฟัน ทำให้สามารถวาดเส้นบนฟันธรรมชาติได้ง่ายและมีความแข็งแรง ซึ่งสามารถใช้กับแถบกระดาษทรายรอบฟันทั่วไปที่มีใช้ในคลินิก อย่างไรก็ตามควรทำให้บริเวณซี่ฟันสะอาดและแห้งก่อนทำการสำรวจความขนานเพื่อให้ติดสีได้ง่ายและได้เส้นสำรวจที่ชัด และผู้ใช้เครื่องมือสามารถเปลี่ยนแถบกระดาษทรายรอบฟันได้ตลอดการใช้งาน ทำการดัดแปลงแบบเพื่อให้พอดีกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลง และสร้างอุปกรณ์เพิ่มเติม ได้แก่ เครื่องมือถ่ายโอนใช้ถ่ายถอดแนวจากเครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมไปยังฟันในปาก และสร้างแถบกำหนดตำแหน่ง 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง และใหญ่ มีข้อดี คือ ทำให้สามารถเลือกขนาดได้เหมาะกับฟันและขากรรไกรของผู้ป่วย เพื่อให้เครื่องมือมีขนาดเล็กที่สุดแต่สามารถยึดจับบนฟันได้ดีและเห็นพื้นที่ในการทำงานเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแนะนำให้ผู้ใช้งานเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ตรวจสอบตำแหน่งของแถบกำหนดตำแหน่งที่ยึดกับฟันให้เข้าที่ทุกครั้งก่อนเริ่มการสำรวจ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเส้นสำรวจ นอกจากนี้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ยังสามารถนำไปใช้สำรวจขึ้นหล่อได้เช่นเดียวกับเครื่องสำรวจความขนานนอกช่องปาก

การสร้างเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ด้วยเครื่องมือสามมิติด้วยวัสดุเรซิน มีข้อดี คือ สร้างชิ้นงานได้ง่าย มีน้ำหนักเบา ราคาถูก เมื่อเทียบกับวัสดุโลหะ แต่มีข้อจำกัดคือความแข็งแรงขึ้นกับน้ำยาเรซินที่ใช้ โดยวัสดุเป็นโพลีเมอร์ทำให้กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงจะทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวได้ อย่างไรก็ตามเมื่ออ้างอิงตามแนวทางในการทำให้ปราศจากเชื้อและการฆ่าเชื้อ²² ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงปานกลาง (semi-critical items) ที่ไม่มีการรุกรานเข้าไปในเนื้อเยื่อในช่องปาก วัสดุดังกล่าวสามารถฆ่าเชื้อโดยใช้ยาฆ่าเชื้อ (disinfection) ในกลุ่มกลูตารัลดีไฮด์, ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และเอทิลแอลกอฮอล์ได้ ในการศึกษาทำให้ผู้ใช้เครื่องมือศึกษามีวิธีการใช้ได้รับการสาธิตวิธีการใช้ และมีการฝึกใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่

ในโมเดลฟันก่อนการปฏิบัติจริงในอาสาสมัคร เพื่อให้ผู้วิจัยวิธีการทำงานของเครื่องสำรวจความขนานและสามารถใช้งานได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดของการใช้เครื่องมือ เช่น อ้าปากได้ปกติ และไม่มีการซ้อนของฟันในระดับรุนแรงเพื่อให้สามารถติดตั้งแถบกำหนดตำแหน่งได้เสถียร โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย เพื่อลดปัจจัยรบกวนจากข้อจำกัดของเครื่องมือ สำหรับวิธีการเก็บข้อมูลเส้นสำรวจในการศึกษานี้ใช้เครื่องมือแบบสามมิติและเครื่องสแกนสามมิติทางห้องปฏิบัติการซึ่งมีความเที่ยงตรงและแม่นยำเพียงพอต่อการนำข้อมูลมาวิเคราะห์²³

การใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในขากรรไกรบนและวางแถบกำหนดตำแหน่งที่ฟันหลัง มีความชัดของเส้นอย่างสมบูรณ์ในทุกด้าน ส่วนเส้นสำรวจที่ไม่ชัดคิดเป็นร้อยละ 3.01 ของด้านศึกษาทั้งหมด พบในขากรรไกรล่างและวางแถบกำหนดตำแหน่งที่ฟันกรามน้อยมากที่สุด ซึ่งสาเหตุความไม่ชัดของเส้นสำรวจอาจเกิดจากความยากง่ายของการใช้เครื่องมือในตำแหน่งฟันกรามน้อยที่อยู่กึ่งกลางขากรรไกรทำให้การใช้งานยากกว่าการวางเครื่องมือไปด้านใดด้านหนึ่ง ส่วนขากรรไกรล่างเป็นตำแหน่งใกล้เคียง ซึ่งอาจควบคุมการใช้เครื่องมือได้ยาก และในบริเวณที่มีน้ำลายมาก จะทำให้การติดสีของแถบกระดาษทรายรอบฟันไม่ชัดเจนแนะนำการดูดน้ำลายบ่อย ๆ และเป่าฟันให้แห้งก่อนการสร้างเส้นสำรวจ ซึ่งการปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น และใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในบริเวณดังกล่าวจะทำให้ได้เส้นสำรวจที่ชัดขึ้น

การวิเคราะห์การซ้อนทับของเส้นสำรวจในปากและเส้นสำรวจอ้างอิง พบการซ้อนทับไม่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 19.44 ของด้านศึกษาทั้งหมด โดยส่วนใหญ่พบลักษณะของเส้น Si อยู่สูงกว่าเส้น Sr ไปทางด้านบนเดี่ยวน ซึ่งสาเหตุความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากหลายปัจจัย กล่าวคือ 1) ปัจจัยด้านวัสดุที่ใช้ทำเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ทำมาจากเรซิน ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้เล็กน้อยเมื่อมีแรงมากระทำ สามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ให้มีความแข็งแรงขึ้น เช่น ใช้โลหะ เป็นต้น 2) ปัจจัยด้านการใช้งาน นำอุปกรณ์กำหนดความขนานเข้าใกล้ฟันก่อน ทำให้แถบกระดาษทรายรอบฟันบนอุปกรณ์กำหนดความขนานสัมผัสกับฟันที่อยู่เหนือส่วนป้องกัน สามารถป้องกันได้โดยเน้นย้ำการใช้งาน โดยเริ่มจากตำแหน่งที่อุปกรณ์กำหนดความขนานอยู่ในระนาบเดียวกับฟันก่อนแล้วค่อยเคลื่อนเข้าหาฟัน เพื่อให้ติดสีบริเวณส่วนป้องกันของฟัน 3) ปัจจัยความยืดหยุ่นของวัสดุพิมพ์แบบซิลิโคนชนิดพุดตีที่ใช้ร่วมกับแถบกำหนดตำแหน่ง ในการยึดจับฟันหลักเพื่อควบคุมให้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่อยู่ในแนวที่

กำหนด สามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยนไปใช้วัสดุที่มีความแข็ง (rigid) มากขึ้น หรือยืดหยุ่นลดลง เช่น แพทเทินเรซิน (pattern resin) แต่การใช้แพทเทินเรซินจะมีข้อจำกัดคือ การเอาออกจากถาดพิมพ์ กำหนดตำแหน่ง ทำได้โดยการกรอหรือการเผาวัสดุออก ซึ่งอาจมีผลต่อถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งที่ทำจากเรซินได้ อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุพิมพ์แบบซิลิโคนชนิดพุดดีที่มีความหนาเพียงพอจะมีความแข็ง (rigid) มากขึ้น ยืดหยุ่นลดลง และแนะนำให้ตรวจสอบความแนบของถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่งก่อนและขณะการใช้งานทุกครั้ง จากข้างต้น ความคลาดเคลื่อนของเส้นสำรวจที่เกิดขึ้นในลักษณะดังกล่าว เมื่อนำเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมฟัน อาจทำให้ทันตแพทย์เข้าใจว่าความป่องของฟันอยู่สูงและอาจกรอฟันเพิ่มโดยไม่จำเป็น แต่อย่างไรก็ตามความคลาดเคลื่อนดังกล่าวพบน้อย และสามารถลดได้ถ้าปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น

จากการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของเส้นสำรวจ ด้วยสถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น พบว่าอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่สามารถใช้สำรวจความนูนป่องของฟันได้ไม่แตกต่างจากการใช้เครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมที่ใช้นอกปากเมื่ออยู่ในวิถีสำรวจเดียวกัน และเมื่อจำแนกการวิเคราะห์ตามขากรรไกรบนและล่าง หรือตามการวางถาดพิมพ์กำหนดตำแหน่ง รวมทั้งการใช้งานของทันตแพทย์แต่ละคน พบว่ามีความเที่ยงตรงอยู่ในระดับดีมากเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่สามารถใช้งานได้ครอบคลุมบริเวณต่าง ๆ ในช่องปากทั้งขากรรไกรบนและล่าง รวมทั้งฟันหน้าและฟันหลัง และสามารถใช้งานได้โดยผู้ใช้ที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาปัญหาและข้อเสนอแนะในการออกแบบสอบถาดหลังการใช้เครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ของทันตแพทย์อาสาสมัครและอาสาสมัคร พบปัญหาการใช้งานยากในบริเวณฟันหลัง แม้ว่าเครื่องมือจะมีขนาดเล็กแต่บริเวณฟันหลังที่พื้นที่จำกัด การใช้นิ้วมือจับอุปกรณ์กำหนดความขนานเพื่อสร้างเส้นสำรวจจึงทำได้ยาก มีคำแนะนำในการออกแบบเครื่องมือจากผู้ใช้ คือเพิ่มแกนจับ หรือใช้ปากคีบ (forceps) ในการจับอุปกรณ์ กำหนดความขนาน หรือลดความยาวของอุปกรณ์กำหนดความขนานเพื่อให้สามารถเข้าสำรวจในบริเวณฟันหลังได้ง่ายขึ้น จึงมีแนวทางการแก้ไขหรือปรับปรุงเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ด้วยการสร้างอุปกรณ์กำหนดความขนานที่มีหลายขนาด โดยอาจมีขนาดที่สั้นลงอีกสำหรับการใช้สร้างเส้นสำรวจในฟันหลัง และออกแบบบริเวณที่จับของอุปกรณ์กำหนดความขนานให้มีลักษณะเป็นร่องเล็กน้อยเพื่อให้สามารถใช้ปากคีบในการช่วยจับได้สะดวกมากขึ้น ในอาสาสมัครพบปัญหาเรื่องเจ็บเหงือกในตำแหน่งฟันหลังสุดจากการใช้เครื่องมือที่ผู้ใช้อาจมองไม่ชัด และการใช้งานในผู้ป่วยที่อ้าปากได้น้อยหรือขากรรไกรล่างที่มีน้ำลายเยอะ การพิมพ์แบบและเทขึ้นหล่อเพื่อไป

ใช้เครื่องสำรวจความขนานนอกปากอาจเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ข้อจำกัดของการใช้งานเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ คือ ไม่สามารถตรวจสอบส่วนคอดเนื้อเยื่อ (tissue undercut) ได้

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้งานเครื่องสำรวจความขนานในปากชนิดใหม่ในปากให้ลักษณะเส้นสำรวจบนฟันที่มีความเที่ยงตรงไม่แตกต่างจากเส้นสำรวจบนชิ้นหล่อกจากการใช้เครื่องสำรวจความขนานแบบดั้งเดิมของเนย์เมื่ออยู่ในแนวหน้าเดียวกัน

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. Carbajal Mejia JB, Wakabayashi K, Nakamura T, Yatani H. Influence of abutment tooth geometry on the accuracy of conventional and digital methods of obtaining dental impressions. *J Prosthet Dent* 2017;118(3):392-9.
3. Loney RW, Lee CJ, Michaud PL. Digital scanning to aid guiding plane and rest seat preparations for removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 2017;118(5):581-583.
4. Bai H, Ye H, Chen H, Wang Y, Zhou Y, Sun Y. Preparing guiding planes for removable partial dentures: an *in vitro* comparison between assisted CAD-CAM template procedure and freehand preparation. *J Dent* 2022;123:104166.
5. Vitsentzos SI. A new device to directly examine parallelism of abutment teeth. *J Prosthet Dent* 1989;61(5):531-4.
6. Canning T, O'Sullivan M. Acrylic resin jigs as an aid to parallel guiding plane preparation. *J Prosthet Dent* 2008;99(2):162-4.
7. Waghorn S, Kuzmanovic DV. Technique for preparation of parallel guiding planes for removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 2004;92(2):200-1.
8. Haeberle CB, Abreu A, Metzler K. A Technique to Facilitate Tooth Modification for Removable Partial Denture Prosthesis Guide Planes: A Method of Tooth Modification for Guide Planes. *J Prosthodont* 2016;25(5):414-7.
9. Bass EV, Kafalias MC. Controlled tooth and mouth preparation for fixed and removable prostheses. *J Prosthet Dent* 1988;59(3):276-80.
10. O'Meehan PD, Behrend DA. The guide pin technique for paralleling abutment preparations. *J Prosthet Dent* 1983;50(6):780-3.
11. McCarthy MF. An intraoral surveyor. *J Prosthet Dent* 1989; 61(4):462-4.
12. Patil P. Modified measuring compass as an intraoral paralleling device. *Indian J Dent Res* 2010;21(3):452-3.
13. 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.

14. Kopsiaftis CP. An intraoral paralleling instrument. *J Prosthet Dent* 1966;16(5):973-7.

15. Der Weg zur Perfektion und zufriedenen Patienten. Intraorale Parallelometer [Internet]. 2010 [cited 2022 Oct 17]. Available from: <https://www.ipm-2010.com/downloads/literatur>

16. Borges AB, Borges ALS, Uemura ES, de Arruda Paes-Júnior TJ, Tango RN, de Araújo JEJ, *et al.* Evaluation of a New Intraoral Paralleling Device for Creating Guiding Planes: A Pilot Study. *J Contemp Dent Pract* 2010;11(1):65-72.

17. Doungratiphop K, Buranadham S, Daosodsai P. Comparison of Survey Lines Obtained from the Newly Developed Intra-oral Surveyor and A Conventional Dental Surveyor: An *in vitro* study. *J Dent Assoc Thai* 2022;72(2):363-72.

18. Ivanhoe JR, Koka S. Intraoral recontouring aid. *J Prosthet Dent* 1996;75(4):443-5.

19. Netti CA, Skirvin DR, Phelan PR, Jones TK. A simplified intraoral surveying device. *J Prosthet Dent* 1992;67(6):870-2.

20. 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.

21. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med* 2016;15(2):155-63.

22. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and Sterilization in Health Care Facilities. *Infect Dis Clin North Am* 2016;30(3):609-37.

23. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *J Dent* 2018;69:110-8.