



การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองปลาสเตอร์

**The Comparison of Space Analysis Made on Computer-based
Digital Models and Plaster Models**

ทัชธรรม รักศิลป์

Tatchatam Raksin

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Oral Health Sciences**

Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับ
 แบบจำลองพลาสติกเตอร์

ผู้เขียน ชัชธรรม รักศิลป์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
 (รองศาสตราจารย์สุปาณี สุนทรโลหะนะกุล)

.....ประธานกรรมการ
 (ศาสตราจารย์สมรตรี วิถีพร)

.....กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์สุปาณี สุนทรโลหะนะกุล)

.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา เขียววิวัฒน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วน
 หนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
 ช่องปาก

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคล
ที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(รองศาสตราจารย์สุปาณี สุนทรโทยะนะกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายรัชธรรม รักศิลป์)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายรัชธรรม รักศิลป์)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์
ผู้เขียน	นายรัชชธรรม รักศิลป์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม กับการวัดโดยตรงบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแคลิเปอร์สื่อดิจิทัล (2) เพื่อศึกษาความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกอร์ที่เทจากรอยพิมพ์ (3) ความแตกต่างของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์

วิธีการวิจัย ตอนที่ 1 ใช้แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม 1 คู่ วัดระยะเชิงเส้น 24 ระยะ โดยใช้แคลิเปอร์สื่อดิจิทัล นำแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมมาสร้างเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้เครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัล 3Shape R700™ ด้วยการสแกนโดยตรง การสแกนรอยพิมพ์ และการสแกนแบบจำลองพลาสติกอร์ที่เทจากรอยพิมพ์ วัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลทั้ง 3 วิธี ด้วยโปรแกรม 3Shape OrthoAnalyzer™ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม กับแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนโดยตรง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนโดยตรง จากรอยพิมพ์ และจากแบบจำลองพลาสติกอร์ **ตอนที่ 2** ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นแบบจำลองพลาสติกอร์บนและล่างของผู้ป่วยจำนวน 120 ชิ้น โดยแบบจำลองพลาสติกอร์ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 30 ชิ้น ตามระดับปริมาณฟันซ้อน (กลุ่มที่ 1; ไม่มีฟันซ้อน, กลุ่มที่ 2; มีปริมาณฟันซ้อนไม่เกิน 2 มม., กลุ่มที่ 3; มีฟันซ้อนมากกว่า 2 มม. แต่ไม่เกิน 4 มม., กลุ่มที่ 4; มีฟันซ้อนมากกว่า 4 มม.) สร้างแบบจำลองดิจิทัลจากแบบจำลองพลาสติกอร์ โดยการสแกนแบบจำลองพลาสติกอร์โดยตรง การสแกนรอยพิมพ์ และการสแกนแบบจำลองพลาสติกอร์ที่เทจากรอยพิมพ์ วัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์ โดยการใช้แคลิเปอร์สื่อดิจิทัล วัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากทั้งสามวิธีด้วยโปรแกรม 3Shape OrthoAnalyzer™ คำนวณระยะที่ว่างบนแบบจำลอง

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลรวมขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และระยะที่ว่างบนแบบจำลองพลาสติกอร์และแบบจำลองดิจิทัล

ผลการศึกษา ตอนที่ 1 การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับแบบจำลองดิจิทัลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในการวัดระยะเชิงเส้น 19 จาก 24 ระยะ โดยการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลมีค่ามากกว่าการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมประมาณ 0.41-0.08 มม. และการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม จากรอยพิมพ์ และจากแบบจำลองพลาสติกอร์ที่เทจากรอยพิมพ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในการวัดระยะเชิงเส้น 4 จาก 24 ระยะ โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างกรวัดบนแบบจำลองดิจิทัลทั้งสามวิธีประมาณ 0.11-0.23 มม.

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยของผลรวมในการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในทุกกลุ่มที่แบ่งตามระดับฟันซ้อน ที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัลทั้งสามวิธี และแบบจำลองพลาสติกอร์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

สรุปผลการศึกษา ถึงแม้ว่าการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับแบบจำลองดิจิทัลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยอาจไม่ส่งผลกระทบต่อมีนัยสำคัญทางคลินิก ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลองดิจิทัลเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวัดระยะเชิงเส้น ขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และการวิเคราะห์ระยะที่ว่างได้

Thesis Title The Comparison of Space Analysis Made on Computer-based Digital Models and Plaster Models

Author Mr. Tatchatam Raksin

Major Program Oral Health Sciences

Academic Year 2016

ABSTRACT

Objectives (1) to evaluate the differences of linear measurement on dentoform with conventional method and digital models (2) to evaluate the differences of linear measurement on digital models, which created from direct scanning of dentoform, the impression scanning and the plaster cast replicas scanning and (3) to evaluate the differences of space analysis in various groups with different severity of crowding on digital models obtained by three scanned processes compared with those taken from plaster models.

Materials and methods Part 1: a plastic dentoform was marked for 24 reference points and direct measured linear distances with a digital caliper. Digital models were created from the plastic dentoform with three processes by direct scanning the dentoform, impression scanning and plaster cast replica scanning with 3Shape R700™ scanner. Measurements of linear distances were made for all three groups of digital models with 3Shape OrthoAnalyzer™. Comparison the differences of linear measurement made directly on dentoform and digital models obtained from direct scanning and the differences of linear measurement made directly on three groups of digital models were done. **Part 2:** 120 upper and lower plaster models of patients were divided into four groups according to the severity of crowding (group 1: no crowding, group 2: <2 mm, group 3: 2-4 mm, group 4: >4 mm) and those were converted to digital models by three different scanning methods: direct scanning using 3Shape R700™ scanner, impression scanning and plaster cast replica scanning. Tooth size and arch length measurement were performed on both plaster models by the using of digital caliper and digital models with the using of 3Shape OrthoAnalyzer™. Space discrepancy for each study model was calculated. The comparison of the tooth size, arch length and space discrepancy measurement made directly on plaster models and made on all three groups of digital models were done.

Results Part 1: Statistically significant differences were found between the measurements made directly from the dentoform and digital models ($P \leq 0.05$) as 19 from 24 observations. The measurements on digital model were greater than the measurements on dentoform but just slightly as 0.08-0.41 mm. Statistically significant differences were found among three groups of digital models ($P \leq 0.05$) only 4 from 24 observations. The differences were slightly just around as 0.11-0.23 mm. **Part 2:** No statistically significant differences were found between plaster and digital model measurement for the sum of tooth size, arch length and space discrepancy measurement in any of the various groups of crowding. ($P \geq 0.05$)

Conclusion Although there were statistically significant differences between the measurements made directly from the dentoform and digital models but the differences were slightly and considered no clinical significant. Therefore, the use of digital models appears to be acceptable in linear, tooth size, arch length and space analysis measurement.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลาย ๆ ท่านและการสนับสนุนจากหลาย ๆ ฝ่าย ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ทพญ.สุปาณี สุนทรโลหะนะกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยช่วยให้ความรู้ คำแนะนำ แนวความคิดในการทำวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ.สุกัญญา เขียววิวัฒน์ ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะด้านสถิติที่ใช้ในการวิจัย และอาจารย์สาขาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณผู้ช่วยทันตแพทย์ประจำคลินิกทันตกรรมจัดฟัน และเจ้าหน้าที่ประจำสำนักงานเลขา ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือในทุกด้าน

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย หน่วยงานบัณฑิตศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยและการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาหลังปริญญาสาขาทันตกรรมจัดฟันรุ่น 8 ทุกคน สำหรับกำลังใจในการทำงาน

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่สนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

ความช่วยเหลือที่ข้าพเจ้าได้รับจากทุก ๆ ท่านเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยผลักดันให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

รัชธรรม รักศิลป์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(11)
รายการรูปภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
การทบทวนวรรณกรรม	3
วัตถุประสงค์งานวิจัย และสมมติฐานงานวิจัย	13
กรอบแนวคิดงานวิจัย	14
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	
ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัล	
กับแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม	
กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย	16
วิธีดำเนินการวิจัย	16
ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	23
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อน	
แตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก	
กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย	23
วิธีดำเนินการวิจัย	23
ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	30
บทที่ 3 ผลการวิจัย	31
บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา การประยุกต์ใช้ และข้อเสนอแนะ	42
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	54
การอนุมัติทางจริยธรรม	55
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	56

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1	17
ระยะเชิงเส้นที่ใช้ในการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม	
ตารางที่ 2	32
ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบน แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม และแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจาก แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม	
ตารางที่ 3	33
ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลอง ดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติก	
ตารางที่ 4	36
ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลรวมขนาดพื้นที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัล กับแบบจำลองพลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน	
ตารางที่ 5	37
ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวส่วนโค้งแนวฟันที่วัดบน แบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อน แตกต่างกัน	
ตารางที่ 6	38
ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลอง ดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน	

รายการรูปภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 1 การวัดขนาดฟัน โดยการใช่แคลิเปอร์สัจจิตัล	4
รูปที่ 2 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยเทคนิคการใช้ลวดทองเหลือง	5
รูปที่ 3 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยวิธีการใช้ลวดทองเหลืองที่แนะนำ โดย Huckaba	6
รูปที่ 4 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยวิธีการวัดแยกเป็นส่วน	7
รูปที่ 5 ระยะเชิงเส้นที่วัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมบน	17
รูปที่ 6 ระยะเชิงเส้นที่วัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมล่าง	17
รูปที่ 7 แคลิเปอร์สัจจิตัล	20
รูปที่ 8 การสแกนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยเครื่อง 3Shape R700™	20
รูปที่ 9 การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™	21
รูปที่ 10 รอยพิมพ์แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมบนและล่าง	21
รูปที่ 11 การสแกนรอยพิมพ์ด้วยเครื่อง 3Shape R700™	22
รูปที่ 12 การสแกนแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ด้วยเครื่อง 3Shape R700™	22
รูปที่ 13 การวัดขนาดฟัน โดยการใช่แคลิเปอร์สัจจิตัล	26
รูปที่ 14 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน โดยการใช่แคลิเปอร์สัจจิตัล	26
รูปที่ 15 การวัดขนาดฟันบนแบบจำลองดิจิทัลด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™	27
รูปที่ 16 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัลด้วย โปรแกรม OrthoAnalyzer™	27
รูปที่ 17 ค่าเฉลี่ยของผลรวมขนาดฟันที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง พลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรบน	39
รูปที่ 18 ค่าเฉลี่ยของผลรวมขนาดฟันที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง พลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรล่าง	39
รูปที่ 19 ค่าเฉลี่ยของความยาวส่วนโค้งแนวฟันที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง พลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรบน	40
รูปที่ 20 ค่าเฉลี่ยของความยาวส่วนโค้งแนวฟันที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง พลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรล่าง	40

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 21 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง พลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับพันซ้อนแตกต่างกันในชากรรไกรบน	41
รูปที่ 22 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง พลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับพันซ้อนแตกต่างกันในชากรรไกรล่าง	41

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวินิจฉัย หรือการระบุปัญหาสำคัญของผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันแต่ละรายได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน มีความสำคัญต่อความสำเร็จในการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน การที่จะวินิจฉัยปัญหาของผู้ป่วย ได้จะต้องมีการรวบรวม และประมวลข้อมูลจากหลายขั้นตอน ประกอบด้วย ภาพถ่ายทางคลินิก การวิเคราะห์ภาพรังสีทางทันตกรรมจัดฟัน การตรวจผู้ป่วยทางคลินิกอย่างละเอียด และการวิเคราะห์แบบจำลองศึกษา^{1,2}

แบบจำลองศึกษาให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด จำนวน ตำแหน่งของฟัน รูปร่าง ความกว้าง ความยาว ความสูง และความสมดุลของส่วนโค้งแนวฟัน ความชันของโค้งสปี ความผิดปกติของการสบฟันทั้งสามระนาบ สัดส่วนของความสัมพันธ์ของฟันบนและฟันล่าง ดังนั้นแบบจำลองศึกษาถือเป็นเครื่องมือชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญในการให้ข้อมูลสำหรับการวินิจฉัย และการวางแผนการรักษา^{3,4} นอกจากนี้แบบจำลองศึกษายังเป็นหลักฐานสำคัญในการบันทึกลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างขากรรไกร ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการรักษา และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อสารกับผู้ป่วยอีกด้วย^{3,5}

เป้าหมายหนึ่งของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน คือการจัดเรียงฟันให้อยู่ในตำแหน่งของส่วนโค้งแนวฟันที่เหมาะสม ดังนั้นขั้นตอนในการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนส่วนโค้งแนวฟันจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการวินิจฉัยทางทันตกรรมจัดฟัน นอกจากนี้การวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองศึกษาในชุดฟันผสม ยังช่วยในการประเมินว่าความยาวส่วนโค้งแนวฟันมีขนาดที่พอเหมาะ กับผลรวมของขนาดฟันแท้ที่จะขึ้นหรือไม่ โดยความผิดพลาดในการวิเคราะห์ระยะที่ว่างทั้งในชุดฟันผสมและชุดฟันแท้ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของวิธีการรักษาได้⁶⁻⁸

ตั้งแต่ดั้งเดิมมา การวิเคราะห์แบบจำลองศึกษา จะใช้แบบจำลองศึกษาที่ถูกจำลองขึ้นโดยใช้วัสดุพลาสติกหรือหิน เนื่องจากแบบจำลองพลาสติกสามารถทำได้ง่าย ราคาไม่แพง และสามารถให้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง และมีความแม่นยำเพียงพอต่อการวางแผนการรักษาทางคลินิก

ทำให้แบบจำลองพลาสติกอร์นียมีใช้กันมาอย่างยาวนาน และต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน^{4,5,9-12} แต่ในขณะเดียวกันการใช้แบบจำลองพลาสติกอร์นียก็มีข้อเสียหลายประการ เช่น มีน้ำหนักมาก สามารถแตกหักได้ง่าย เกิดการสูญหาย การสืบค้น เข้าถึง และการส่งต่อข้อมูลทำได้ยาก รวมทั้งการต้องใช้เวลาในการจัดเก็บแบบจำลองศึกษาเป็นปริมาณมาก¹⁰

เนื่องจากแบบจำลองศึกษาถือเป็นหลักฐานสำคัญชิ้นหนึ่งในการวินิจฉัย และวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดย British Association of Orthodontists¹³ แนะนำว่าให้เก็บรักษาแบบจำลองศึกษาในคนไข้ผู้ใหญ่เป็นเวลาอย่างน้อย 11 ปี ส่วนในคนไข้เด็กให้เก็บแบบจำลองศึกษาจนกระทั่งผู้ป่วยมีอายุครบ 25 ปี ในขณะที่ปัจจุบันมีผู้ป่วยเข้ามารับการรักษาทันตกรรมจัดฟันเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาพื้นที่ในการจัดเก็บ และค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน¹⁴ จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีหลายการศึกษาที่พยายามหาวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ทดแทนแบบจำลองพลาสติกอร์นีย เช่น การใช้สำเนาภาพถ่าย (Photocopies) ภาพถ่าย (Photo) โฮโลแกรม (Hologram) เป็นต้น^{4,10,11}

ในขณะที่เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในทางทันตกรรมจัดฟันมากขึ้น คลินิกทันตกรรมจัดฟันหลายแห่งได้มีการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ป่วย โดยเริ่มต้นจากการจัดเก็บรูปภาพ และภาพถ่ายรังสีของผู้ป่วยให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ เพื่อทดแทนการเก็บข้อมูลในรูปแบบเก่า วิธีการนี้สามารถลดปัญหาการใช้พื้นที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ หลังจากนั้นได้มีการนำแบบจำลองศึกษา จำลองและจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลองดิจิทัล (Digital model) ซึ่งการเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบดิจิทัลนั้น มีข้อดีหลายประการ เช่น ช่วยลดปัญหาพื้นที่การจัดเก็บ สามารถที่จะเก็บรักษาข้อมูล สืบค้นและเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ลดโอกาสที่จะเกิดการสูญหาย หรือเสียหายจากการแตกหักของแบบจำลองพลาสติกอร์นีย นอกจากนี้ยังสามารถใช้สำหรับสื่อสาร ส่งข้อมูลต่าง ๆ ในระบบดิจิทัลกับทันตแพทย์ และสามารถอธิบายแผนการรักษาให้กับผู้ป่วยได้ง่าย^{5,15,16}

แบบจำลองดิจิทัลถูกสร้างจากการใช้แบบจำลองพลาสติกอร์นียหรือรอยพิมพ์ แล้วทำการสแกนและจำลองออกมาในรูปแบบดิจิทัลสามมิติ จากการใช้แบบจำลองพลาสติกอร์นียมีข้อเสียหลายประการดังที่กล่าวข้างต้น ทำให้ความนิยมในการใช้แบบจำลองดิจิทัลมีมากขึ้นในขณะเดียวกันบริษัทต่าง ๆ ในท้องตลาดได้มีการพัฒนาเครื่องสแกน และโปรแกรมสำหรับการจำลองและวิเคราะห์แบบจำลองดิจิทัลมากขึ้นด้วยเช่นกัน แบบจำลองดิจิทัลมีการแสดงผลออกมาในรูปแบบสามมิติทางจอแสดงผลคอมพิวเตอร์ ซึ่งทันตแพทย์สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ บนแบบจำลองดิจิทัลได้ เช่นเดียวกันกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติกอร์นีย แต่ในการวัดและคำนวณค่า

บนแบบจำลองดิจิทัลบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ทันตแพทย์ก็ยังคงเป็นผู้กำหนดจุดที่จะวัดค่าบนแบบจำลองศึกษาด้วยตนเอง ดังนั้นจึงมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อความแม่นยำและความเชื่อถือต่อการวัดได้ เช่น ความลาดเอียงของฟัน การหมุนของฟัน ตำแหน่งของจุดสัมผัสด้านประชิด ลักษณะความผันแปรทางกายวิภาคของฟัน การมีฟันซ้อน รวมทั้งความเชื่อมั่นภายในของผู้วัดเองด้วย³ ทำให้มีหลายการศึกษาพยายามเปรียบเทียบถึงความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ของการวัดข้อมูลและการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ของแบบจำลองดิจิทัลในมิติต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติก^{3, 5, 17-19}

แม้ว่าจะมีหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ได้เปรียบเทียบถึงความแม่นยำของการใช้แบบจำลองดิจิทัลในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แต่ในปัจจุบันได้มีหลายบริษัทที่ได้ผลิตและพัฒนาเครื่องสแกน และ โปรแกรมสำหรับจำลองแบบจำลองศึกษารุ่นใหม่ออกจัดจำหน่ายมาเรื่อย ๆ ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ เครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติ 3Shape R700™ (3-Shape™, Copenhagen, Denmark) ร่วมกับการใช้โปรแกรม OrthoAnalyzer (3-Shape™, Copenhagen, Denmark) ซึ่งพบว่ายังมีงานวิจัยน้อยที่รายงานถึงความแม่นยำในการวัดและวิเคราะห์ค่าด้วย เครื่องสแกนรุ่นนี้ รวมทั้งพบว่ายังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่วาง โดยเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากเครื่องสแกนรุ่นนี้²⁰⁻²²

การทบทวนวรรณกรรม

การวิเคราะห์แบบจำลองศึกษา (Dental model analysis)

ในการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเพื่อให้การรักษาประสบผลสำเร็จ ต้องมีการวินิจฉัย หรือระบุปัญหาสำคัญของผู้ป่วยแต่ละรายได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน โดยต้องมีการรวบรวม และประมวลผลข้อมูลจากหลายขั้นตอน ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการซักประวัติ และการตรวจผู้ป่วยทางคลินิกอย่างละเอียด การถ่ายภาพทางคลินิก การวิเคราะห์ภาพรังสีเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน รวมทั้งการวิเคราะห์แบบจำลองศึกษา^{1,2}

แบบจำลองศึกษาถือเป็นเครื่องมือชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญในการให้ข้อมูลสำหรับการวินิจฉัย และการวางแผนการรักษา^{3,4} แบบจำลองศึกษาให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด จำนวน ตำแหน่งของฟัน รูปร่าง ขนาด ความสูง และความสมดุลของส่วน โคนแกนฟัน ความชันของโค้งสปี ความผิดปกติของการสบฟันทั้งสามระนาบ นอกจากนี้ แบบจำลองศึกษายังถือเป็นหลักฐานสำคัญในการบันทึกลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างขากรรไกร ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการรักษา และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อสารกับผู้ป่วยอีกด้วย^{3,5}

การวัดขนาดฟัน (Tooth size measurement)

การวัดขนาดฟันเป็นการวัดความกว้างที่สุดของตัวฟันโดยวัดจากจุดสัมผัสด้านใกล้กลางไปยังจุดสัมผัสด้านไกลกลางของฟันแต่ละซี่ การวัดขนาดฟันจะใช้แคลิเปอร์สหรือวงเวียน²³ โดยวางเครื่องมือเข้าทางใกล้แก้ม หรือใกล้ริมฝีปาก และให้เครื่องมือทำมุมที่เหมาะสมกับแนวแกนฟัน (รูปที่ 1) ในฟันบางซี่อาจต้องวางเครื่องมือทางด้านบดเคี้ยว หรือด้านปลายฟัน ซึ่งจำเป็นต้องวางเครื่องมือให้ขนานกับแนวแกนฟัน ในกรณีที่ฟันล้มไปด้านหลัง ให้วางเครื่องมือทางด้านใกล้ลิ้น หรือกรณีที่ฟันหมุน จำเป็นต้องวัดตรงตำแหน่งด้านประชิดที่ถูกต้อง เพราะส่วนที่กว้างที่สุดในแนวใกล้กลางไกลกลางมักจะหมุนออกไปทางใกล้แก้ม ซึ่งการวัดด้านประชิดที่ปรากฏอยู่ของฟันที่หมุนจะไม่ได้ขนาดของฟันที่แท้จริง²⁴

การวัดขนาดฟันสามารถทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การวัดโดยตรงในช่องปาก²⁵ การวัดบนแบบจำลองพลาสติก²⁵⁻²⁹ รวมทั้งการวัดบนภาพถ่าย หรือสแกนภาพถ่าย การศึกษาของ Hunter และ Priest²⁵ พบว่า การวัดขนาดฟันบนแบบจำลองศึกษามีความแม่นยำมากกว่าการวัดโดยตรงในช่องปาก โดยเฉพาะฟันหลังซึ่งทำการวัดได้ยาก การศึกษานี้ยังพบว่า การใช้แคลิเปอร์สในการวัดขนาดฟันมีความแม่นยำในการวัดมากกว่าการใช้วงเวียน เนื่องจากวงเวียนมีลักษณะที่ค่อย ๆ สอดคล้องบริเวณปลายเครื่องมือ ดังนั้นการที่วัดขนาดฟันโดยไม่ได้วางวงเวียนที่บริเวณปลายเครื่องมือจะทำให้วัดขนาดฟันได้มากกว่าปกติ^{25, 27}



รูปที่ 1 การวัดขนาดฟันโดยการใช้แคลิเปอร์สวัด

การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน (Arch perimeter measurement)

การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันมีความสำคัญในการประเมินระยะที่ว่างบนส่วนโค้งแนวฟัน เพื่อวิเคราะห์ว่าความยาวส่วนโค้งแนวฟัน มีขนาดที่พอเหมาะกับผลรวมของขนาดฟันแท้ที่จะขึ้นหรือไม่ การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันจะวัดระยะจากด้านใกล้กลางของฟันกรามน้ำนมซี่ที่สอง หรือด้านใกล้กลางของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่ง ไปตามส่วนโค้งแนวฟันเหนือจุดสัมผัสระหว่างฟัน และปลายฟันตัดเป็นเส้น โค้งเรียบไปยังด้านใกล้กลางของฟันกรามน้ำนมซี่ที่สอง หรือด้านใกล้กลางของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งด้านตรงข้าม⁶

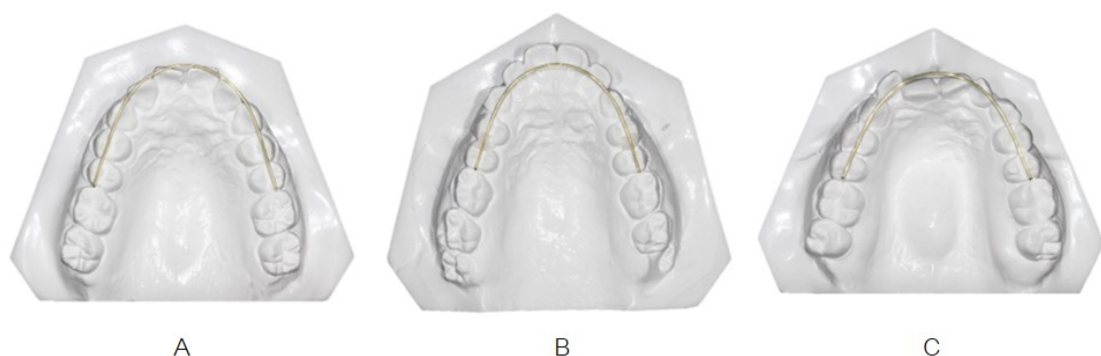
การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันมีหลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการใช้ลวดทองเหลือง (Soft brass wire technique) เทคนิคนี้คือ ใช้ลวดทองเหลืองขนาด 0.020 นิ้ว วางลวดจากด้านใกล้กลางของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่ง วางผ่านจุดสัมผัสทางด้านบนคืบของฟันทุกซี่ตามส่วนโค้งแนวฟัน โดยวางตั้งฉากกับพื้นเอียงด้านลิ้นของปุ่มด้านแก้มของฟันกรามน้ำนมซี่ที่สอง หรือ ฟันกรามน้อยซี่ที่สอง วางลวดทองเหลืองให้ขนานกับระนาบสบฟันที่บริเวณเหนือต่อปลายฟันของฟันตัดล่างในตำแหน่งที่คาดว่าจะเป็นตำแหน่งที่อยู่ของฟันตัด และวางลวดไปยังด้านใกล้กลางของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งในด้านตรงข้าม โดยลักษณะของลวดนั้นจะต้องมีรูปแบบส่วนโค้งที่สมมาตรกัน ไม่ต้องตัดให้โค้งไปตามตำแหน่งฟันหรือการสบฟัน ยึดลวดด้วยขี้ผึ้งอ่อนบนด้านบนคืบของฟันกรามน้อย หรือกรามน้ำนม โดยขนาดความยาวของลวดที่วัดได้จะเป็นความยาวส่วนโค้งแนวฟัน³⁰ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยเทคนิคการใช้ลวดทองเหลือง

Huckaba³¹ ได้นำเสนอว่า การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยลวดทองเหลืองนั้น จะมีข้อจำกัดในการวัดในกรณีที่มีฟันซ้อนมาก จำเป็นต้องมีการประมาณการค่าเฉลี่ยของความยาวส่วนโค้งแนวฟัน วิธีการนี้จะคล้ายคลึงกับวิธีการที่ผ่านมา โดยการใช้ลวดทองเหลืองขนาด 0.025 นิ้ว วางให้อยู่กึ่งกลางเหนือจุดสัมผัสทางด้านบนของฟันหลัง แต่ในส่วนบริเวณฟันหน้ามีการโค้งลวดได้ 3 กรณี (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยวิธีการใช้ลวดทองเหลืองที่แนะนำโดย Huckaba

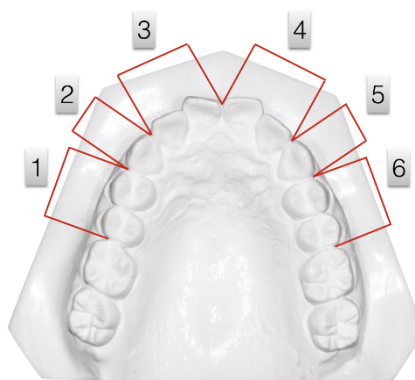
A. กรณีฟันหน้ามีลักษณะตั้งตรงอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อกระดูกเบ้าฟันให้วางลวดในตำแหน่งปลายฟันตัด

B. กรณีฟันหน้ามีลักษณะล้มเอียงไปด้านใกล้ริมฝีปาก ให้วางลวดเข้ามาในตำแหน่งด้านใกล้ลิ้นของฟันหน้า

C. กรณีฟันหน้ามีลักษณะล้มเอียงไปด้านไกลลิ้น ให้วางลวดออกไปในตำแหน่งด้านใกล้ริมฝีปากของฟันหน้า

2. เทคนิคการวัดแยกเป็นส่วน (Segmental arch length technique)^{24,32} เทคนิคนี้จะใช้โบเลย์เกจที่มีปลายแหลม หรือแคลิเปอร์ใช้ในการวัด โดยปลายของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดจะวางในตำแหน่งช่องระหว่างฟันด้านแก้ม ใกล้กับตำแหน่งของจุดสัมผัสระหว่างฟัน หรือบนสันกระดูกขากรรไกรในตำแหน่งที่คาดว่าเป็นตำแหน่งจุดสัมผัสระหว่างฟันในแนวการเรียงตัวของฟันที่ดี ซึ่งความยาวส่วนโค้งแนวฟันตั้งแต่ด้านใกล้กลางของฟันกรามแท้ซี่หนึ่งขวา ไปจนถึงด้านใกล้กลางของฟันกรามแท้ซี่หนึ่งซ้าย จะถูกแบ่งออกเป็น 6 ส่วน โดยมีขั้นตอนคือ

1. วัดระยะจากด้านใกล้กลางของฟันกรามซี่ที่หนึ่งไปยังจุดสัมผัสด้านใกล้กลางของฟันเขี้ยว
2. วัดระยะความกว้างของฟันเขี้ยว โดยผลรวมของระยะในข้อ 1 และ 2 จะเป็นความยาวส่วนโค้งแนวฟันส่วนหลัง
3. วัดระยะจากจุดสัมผัสระหว่างฟันตัดกลางทั้ง 2 ซี่ ไปยังจุดสัมผัสด้านใกล้กลางของฟันเขี้ยว ซึ่งระยะนี้จะเป็นความยาวส่วนโค้งแนวฟันส่วนหน้า
4. ผลรวมของความยาวทั้งส่วนหน้า และส่วนหลัง ทั้ง 2 ข้างของส่วนโค้งแนวฟันจะเป็นความยาวส่วนโค้งแนวฟัน (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยวิธีการวัดแยกเป็นส่วน

Staley และ Reske²⁴ ได้อ้างถึงการศึกษาของ Hovda ในปี 1987 โดยศึกษาถึงวิธีการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน ด้วยวิธีการต่าง ๆ 5 วิธี ได้แก่ 1.การใช้แคลิเปอร์ 2.การใช้ลวดทองเหลือง 3.การใช้รูปแบบส่วนโค้งแบรดเดอร์ (Brader arch forms method) 4.การใช้ไม้บรรทัดโค้งเอฟ (F-curve ruler) 5.การใช้รีฟเลกซ์เมโทรกราฟ (Reflex metrograph) พบว่าการใช้แคลิเปอร์ในการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยการแบ่งความยาวส่วนโค้งแนวฟันออกเป็น 6 ส่วนเป็นวิธีการที่มีความเชื่อถือได้มากที่สุด ซึ่งพบว่าการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันโดยการวัดแยกส่วนในแนวเส้นตรง ด้วยการใช่วงเวียน หรือแคลิเปอร์สั้น นั้น ถือเป็นวิธีการที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีความถูกต้องและความแม่นยำมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ^{8, 11, 25, 33-36}

การวิเคราะห์ระยะที่ว่างในชุดฟันแท้ (Space analysis of permanent dentition)

การวิเคราะห์ระยะที่ว่างในชุดฟันแท้ เป็นการประเมินความคลื่อนคลาดของขนาดฟัน และความยาวส่วนโค้งแนวฟัน (Tooth size – arch length discrepancy) โดยคำนวณได้จากระยะที่ว่างที่มีอยู่ (Space available) ลบด้วยระยะที่ว่างที่ต้องการ (Space required) โดยระยะที่ว่างที่มีอยู่คือ ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน ซึ่งเป็นการคำนวณระยะที่ว่างที่อยู่หน้าต่อฟันกรามซี่ที่หนึ่งแท้ทั้งสองฝั่งของส่วนโค้งแนวฟัน ขณะที่ระยะที่ว่างที่ต้องการ คือ ผลรวมของขนาดฟันที่อยู่หน้าต่อฟันกรามซี่ที่หนึ่งแท้ทั้งสองฝั่งของส่วนโค้งแนวฟัน ซึ่งผลต่างของระยะที่ว่างที่มีอยู่ กับระยะที่ว่างที่ต้องการ จะเป็นการประเมินว่าขนาดฟัน และความยาวส่วนโค้งแนวฟันมีส่วนสำหรับการเรียงตัวของฟันที่ขาด พอดี หรือเกิน

แบบจำลองดิจิทัล (Digital model)

การใช้แบบจำลองพลาสติกในการวิเคราะห์แบบจำลองศึกษา ถือเป็นที่ยอมรับใช้กันมาอย่างยาวนานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่ในปี 1999 ได้เริ่มมีการนำแบบจำลองดิจิทัลมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งแบบจำลองดิจิทัลชนิดแรก มีชื่อทางการค้าว่า OrthoCad™ (Cadent, Carlstadt, NJ, USA) ตามมาด้วย Emodels™ (GeoDigm, Chanhassen, MN, USA) หลังจากนั้นได้มีหลายบริษัทในท้องตลาดพัฒนา และผลิตเครื่องสแกน รวมทั้งโปรแกรมสำหรับจำลอง และวิเคราะห์แบบจำลองดิจิทัลขึ้นมา ทำให้การใช้แบบจำลองดิจิทัลเริ่มมีความนิยมมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Kiem และคณะ³⁷ พบว่า การใช้แบบจำลองดิจิทัลสำหรับวินิจฉัย และวางแผนการรักษา มีความนิยมมากขึ้น โดยเพิ่มจาก 6.6% ในปี 2002 เป็น 18% ในปี 2008 การสร้างแบบจำลองดิจิทัล สามารถทำได้หลายวิธี³⁸ ได้แก่

1. การสแกนแบบจำลองพลาสติก หรือรอยพิมพ์ด้วยเลเซอร์ (Laser scanning)
2. การสแกนแบบจำลองพลาสติก หรือรอยพิมพ์ด้วยเลเซอร์ ด้วยรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ 3 มิติ (Cone-beam computer scanning)
3. การสแกนโดยตรงในช่องปาก (Intra-oral direct scanning)

แบบจำลองดิจิทัลมีข้อดีหลายประการ เช่น ลดปัญหาพื้นที่ในการจัดเก็บ ปัญหาการแตกหักหรือสูญหายของแบบจำลอง สามารถใช้สื่อสารกับผู้ป่วย หรือผู้ร่วมงาน และสามารถส่งต่อข้อมูลได้ง่ายในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ ขณะที่ข้อเสียของแบบจำลองศึกษา คือ เครื่องสแกนและโปรแกรมมีราคาสูง ต้องเรียนรู้การใช้งานของเครื่องสแกน

อย่างไรก็ตามการวัด และการวิเคราะห์ค่าบนแบบจำลองดิจิทัลด้วยคอมพิวเตอร์ นั้น ทันตแพทย์ยังคงต้องเป็นผู้ที่กำหนดจุดที่ทำการวัดด้วยตนเอง ดังนั้นจึงมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ของการวัดบนแบบจำลองดิจิทัล ได้แก่ ปริมาณระยะที่ว่าง ความลาดเอียงของฟัน การหมุนของฟัน ตำแหน่งของจุดสัมผัสด้านประชิด ลักษณะความผันแปรทางกายวิภาคของฟัน การมีฟันซ้อน รวมทั้งความเชื่อมั่นภายในของผู้วัดเองด้วย³ ทำให้มีหลายการศึกษาที่ประเมินถึงความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ ของการวัดและวิเคราะห์บนแบบจำลองดิจิทัลเปรียบเทียบกับแบบจำลองพลาสติก

Zilberman และคณะ⁹ ศึกษาความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ของการวัดขนาดฟัน ความกว้างระหว่างฟันเขี้ยว และความกว้างระหว่างฟันกราม บนแบบจำลองดิจิทัลยี่ห้อ OrthoCad™ (Cadent, Carlstadt, NJ, USA) และแบบจำลองพลาสติกด้วยแคลิเปอร์ส เปรียบเทียบกับการวัดบนแบบจำลองฝักปฏิบัติทางทันตกรรม ซึ่งถือเป็นมาตรฐานในการวัด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของการวัดค่าบนแบบจำลองทั้งสามวิธี โดยการวัดค่าบนแบบจำลองพลาสติกด้วยแคลิเปอร์ส มีค่าใกล้เคียงกับการวัดบนแบบจำลองฝักปฏิบัติทางทันตกรรม มากกว่าการวัดบนแบบจำลองดิจิทัล แต่อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ของการวัดบนแบบจำลองดิจิทัล ก็ถือว่ามีความสูงเพียงพอต่อการนำมาใช้ในทางคลินิก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tomassetti และคณะ³⁹ พบว่าการวัดสัดส่วนบอลตันบนแบบจำลองดิจิทัล มีความแม่นยำใกล้เคียงกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติกด้วยแคลิเปอร์ส รองจากการวัดด้วยแคลิเปอร์สร่วมกับการใช้โปรแกรม Hamilton Arch Tooth System แต่การศึกษาของ Zilberman และคณะ มีการออกแบบการศึกษาที่แตกต่างจาก Tomassetti และคณะ โดยมีการควบคุมปัจจัย ที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดบนแบบจำลองดิจิทัล ได้แก่ การใช้รอยพิมพ์โพลีไวนิลไซลิกอนในการสแกนเป็นแบบจำลองดิจิทัลซึ่งจะให้ความแม่นยำมากกว่าการใช้อัลจินต การใช้พลาสติกหินที่มีการขยายตัวต่ำ (0.08%) การใช้แคลิเปอร์สดิจิทัลที่มีความละเอียด 0.01 มม. แทนการใช้แคลิเปอร์สแบบดั้งเดิม การวัดขนาดฟันบนแบบจำลองฝักปฏิบัติทางทันตกรรมจะแยกออกมาวัดแต่ละซี่ การปรับระนาบของการวัดขนาดฟันให้ขนานกับแนวแกนฟันบนแบบจำลองดิจิทัล รวมทั้งการวัดให้แม่นยำที่สุด โดยไม่มีการเปรียบเทียบเวลาในการวัด นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบความแตกต่างของการวัดที่ตำแหน่งฟันกรามน้อย และฟันกรามที่สูงกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีฟันซ้อนที่มากกว่าตำแหน่งอื่น ส่งผลให้มีความผิดพลาดในการวัดค่าได้

Quimby และคณะ⁵ ศึกษาความแม่นยำ และความเชื่อถือได้ในการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน ความกว้างส่วนโค้งแนวฟัน การสบเหลี่ยมแนวราบ และการสบเหลี่ยมแนวคิง บนแบบจำลองดิจิทัลที่ชื่อ OrthoCad™ (Cadent, Carlstadt, NJ, USA) เปรียบเทียบกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติก พบว่า ทุกค่าที่วัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความกว้างระหว่างฟันเขี้ยวล่าง และผลรวมของขนาดฟันล่าง โดยการวัดในบนแบบจำลองดิจิทัลจะวัดค่าได้มากกว่าการวัดบนแบบจำลองพลาสติก ซึ่งการวัดค่าออกมาได้แตกต่างกันนั้น อาจเกิดได้จากหลายขั้นตอน ได้แก่ การทิ้งรอยพิมพ์เป็นระยะเวลาสั้นก่อนเทด้วยพลาสติกหิน ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ศึกษาถึงระยะเวลาการพักรอยพิมพ์ก่อนเทด้วยพลาสติกหิน พบว่าแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์อัลจินต์ที่พักไว้ 24 ชม. มีเสถียรภาพเชิงมิติที่แตกต่างกับแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์อัลจินต์ในทันที หรือเทจากรอยพิมพ์อัลจินต์ที่พักไว้ 1 ชม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁴⁰ โดยในการศึกษานี้มีการส่งรอยพิมพ์อัลจินต์ไปยังบริษัทเพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้ระยะเวลามากกว่า 24 ชม. ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติของแบบจำลองพลาสติกได้ รวมทั้ง ทางบริษัทก็ไม่ได้รับรู้ถึงรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างและสแกนแบบจำลองพลาสติกไปเป็นแบบจำลองดิจิทัล เช่น ชนิดของพลาสติกหิน อัตราส่วนผงต่อน้ำ อุณหภูมิของน้ำ ซึ่งถ้าไม่ได้มีการควบคุมปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าที่วัดออกมาได้ นอกจากนี้ การขาดประสบการณ์ในการใช้คอมพิวเตอร์ของผู้วัด ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้ง่าย ถึงแม้ว่าการวัดทั้งสองวิธีจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความแตกต่างที่พบเพียงเล็กน้อยนั้น สามารถที่จะยอมรับในการนำมาใช้ทางคลินิกได้

นอกจากนี้ยังมีหลายการศึกษาที่ให้ผลการศึกษาที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือการวัดบน แบบจำลองดิจิทัลมีค่าที่ใกล้เคียงกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติก และมีความแม่นยำที่พอเพียงสามารถยอมรับได้ในการนำมาใช้ทางคลินิกได้^{3, 5, 17-19} แต่ที่ผ่านมาจะพบว่า ได้มีการศึกษาโดยมีการวัดหลายพารามิเตอร์ แต่ขณะที่วิเคราะห์ระยะที่ว่าง (space analysis) หรือความคลาดเคลื่อนของขนาดฟัน และความยาวส่วนโค้งแนวฟัน (Tooth size-arch length discrepancy) บนแบบจำลองดิจิทัล ยังพบการศึกษาน้อย

Leifert และคณะ³ ศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก ด้วยเครื่องสแกนดิจิทัลสามมิติชื่อ OrthoCad™ (Cadent, Carlstadt, NJ, USA) พบว่าการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในขากรรไกรบน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.4 มม.) แต่ในขณะที่การวิเคราะห์ในขากรรไกรล่าง ไม่พบความแตกต่างของการวัดบนแบบจำลองทั้ง 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.33 มม.) โดยการที่พบความแตกต่างเฉพาะขากรรไกรบนนั้น

เนื่องจากฟันหน้าบนมีความผันแปรของความลาดเอียงที่มากกว่าฟันหน้าล่าง ร่วมกับการใช้ลวดทองเหลืองในการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน ทำให้มีความยากในการวางลวดเพื่อวัดได้ในตำแหน่งเดิม ส่งผลให้ความแม่นยำในการวัดบนขากรรไกรบนน้อยกว่าขากรรไกรล่าง แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างของค่าที่วัดได้ มีค่าเล็กน้อย รวมทั้งไม่พบความแตกต่างในการวัดระหว่างบุคคลด้วย ซึ่งผู้วิจัยสรุปว่า การวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัล เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองพลาสติกแล้ว มีความแม่นยำที่สามารถยอมรับ และนำมาใช้ในทางคลินิกได้ แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดจุดบนแบบจำลองดิจิทัลก็มีความซับซ้อนกว่า เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการวัด เช่น การมีฟันซ้อน ฟันหมุน ความลาดเอียงของตัวฟัน หรือความแปรผันทางกายวิภาคของตัวฟัน ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้

Redlich และคณะ¹⁹ ศึกษาถึงความแม่นยำของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัล เปรียบเทียบกับบนแบบจำลองพลาสติกซึ่งวัดด้วยแคลิเปอร์สัณฐาน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม ตามระดับของฟันซ้อน หลังจากนั้นทำการสแกนแบบจำลองพลาสติก โดยใช้เครื่องเซนเซอร์โฮโลกราฟฟิก (holographic sensor) ยี่ห้อ ConoProbe (Optimet, Jerusalem, Israel) และวัดค่าด้วยโปรแกรม Teledent ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยวิธีการวัดแบบเชิงเส้น และแบบตัดขวาง พบว่าการวัดขนาดฟัน และความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัลด้วยวิธีการวัดแบบตัดขวาง มีค่าใกล้เคียงกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติก ส่วนการวัดบนแบบจำลองดิจิทัล ด้วยวิธีการวัดแบบเชิงเส้นจะวัดค่าได้น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความแตกต่างของการวัดค่าเพียงเล็กน้อย (0.18-0.28 มม.) สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก ในขณะที่การวิเคราะห์ระยะที่ว่าง พบว่าการวัดบนแบบจำลองพลาสติก กับการวัดแบบจำลองดิจิทัลด้วยวิธีการวัดแบบตัดขวาง มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย (0.38-0.74 มม.) ซึ่งสามารถยอมรับได้ในทางคลินิกเช่นเดียวกัน แต่ในขณะที่การวัดบนแบบจำลองดิจิทัล ด้วยวิธีการวัดแบบเชิงเส้น ในกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนมาก พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดบนแบบจำลองพลาสติก มีค่าความแตกต่างที่สูง (1.19-3 มม.) ซึ่งความแตกต่างในปริมาณที่มากนี้อาจมีผลต่อทางคลินิกได้ โดยความแตกต่างขนาดสูงที่พบในกลุ่มฟันซ้อนมากนั้น อาจเกิดจากการที่ไม่สามารถกำหนดจุดบนแบบจำลองดิจิทัล หรือข้อจำกัดในการวางเครื่องมือบนแบบจำลองพลาสติกให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องได้^{4,9} แต่ในขณะที่เดียวกันบริษัทต่าง ๆ ในท้องตลาดได้มีการพัฒนาเครื่องสแกนและโปรแกรมสำหรับการจำลองและวิเคราะห์แบบจำลองดิจิทัลมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานตั้งแต่ขั้นตอนการสแกนจนถึงขั้นตอนในการวัดและวิเคราะห์ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเครื่องสแกนยี่ห้อหนึ่ง คือ 3Shape R700TM scanner (3-ShapeTM, Copenhagen, Denmark) โดยเป็น

เครื่องสแกนรุ่นใหม่ที่เพิ่งจัดจำหน่าย และพบว่ายังมีงานวิจัยน้อยที่รายงานถึงความแม่นยำในการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากเครื่องรุ่นนี้

Moreira และคณะ⁴¹ ศึกษาความเชื่อถือได้ของการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน ความกว้างระหว่างฟันเขี้ยว และความกว้างระหว่างฟันกรามบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ โดยสแกนด้วยเครื่องสแกน 3Shape R700TM เปรียบเทียบกับแบบจำลองพลาสติก พบว่า การวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟันบน และความกว้างระหว่างฟันเขี้ยวล่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก (0.09-0.43 มม.) แต่ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยนี้ไม่ส่งผลในทางคลินิก โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การหดตัวของวัสดุอัลจินेट การขาดประสบการณ์ของผู้วัด รวมทั้งการวัดในตำแหน่งที่มีฟันซ้อนจะทำการวัดได้ยากกว่าปกติ นอกจากนี้การวัดบนแบบจำลองดิจิทัลสามารถขยายภาพแบบจำลองศึกษา เพื่อให้สามารถกำหนดจุดในตำแหน่งที่ต้องการจะวัดได้ง่ายกว่าการวัดบนแบบจำลองพลาสติก ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการวางแคลิเปอร์สในการวัด แต่ในขณะที่การศึกษาของ Lemos และคณะ²¹ ให้ผลการศึกษาที่ตรงข้ามกัน โดยพบว่าระยะเชิงเส้นที่วัดทุกค่าบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนด้วยเครื่องสแกน 3Shape R700TM กับแบบจำลองพลาสติก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าระยะสบเหลี่ยมแนวราบเท่านั้น ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งโดยในงานวิจัยนี้มีการควบคุมการทดลองเพื่อให้การวัดค่าสามารถวัดได้ซ้ำได้ในตำแหน่งเดิม เพื่อลดความผิดพลาดในการวัดได้ โดยมีการใช้หัวกรอในการกำหนดจุดที่ใช้ในการวัดค่า กรอลงไปยังบนแบบจำลองพลาสติกให้เป็นจุดอ้างอิงในการวัด ซึ่งทำให้ผลการวัดออกมามีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการศึกษาความแม่นยำและความเชื่อถือได้ของการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนด้วยเครื่องสแกน 3Shape R700TM ยังมีน้อย และให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาประเมินความแม่นยำและความเชื่อถือได้เพิ่มเติม

คำถามงานวิจัย

1. การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแคลิเปอร์สื่อดิจิทัลมีความแตกต่างกันหรือไม่
2. การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์มีความแตกต่างกันหรือไม่
3. การวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกมีความแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์งานวิจัย

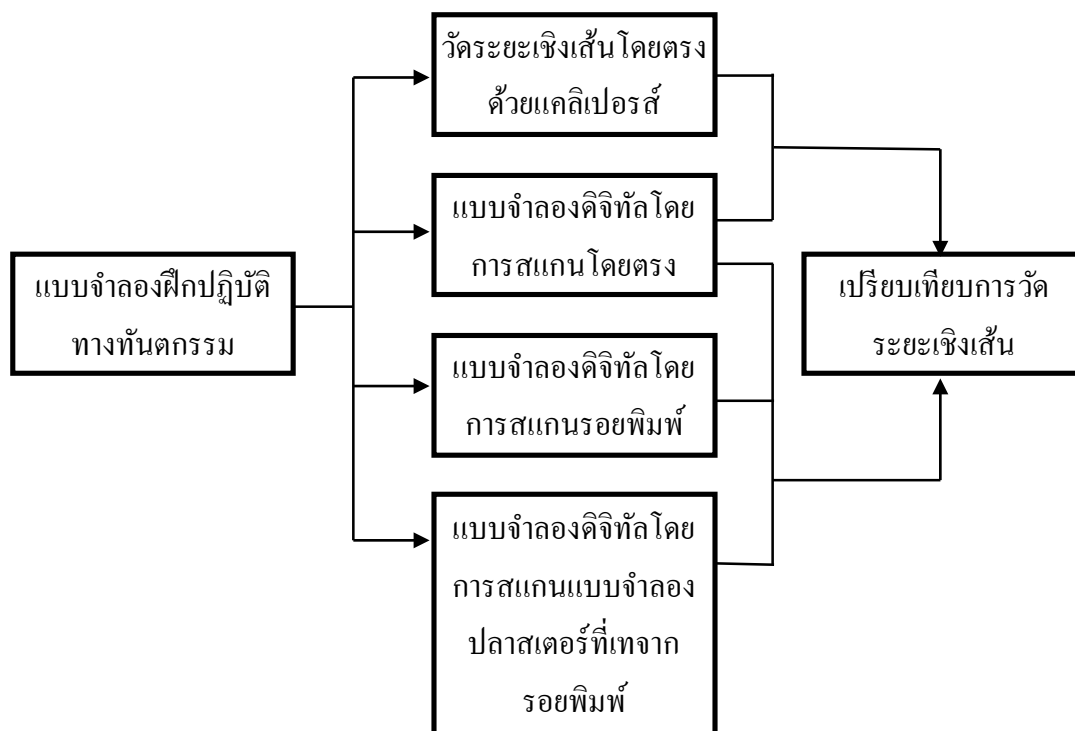
1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแคลิเปอร์สื่อดิจิทัล
2. เพื่อศึกษาความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์
3. เพื่อศึกษาความแตกต่างของการวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก

สมมติฐานงานวิจัย

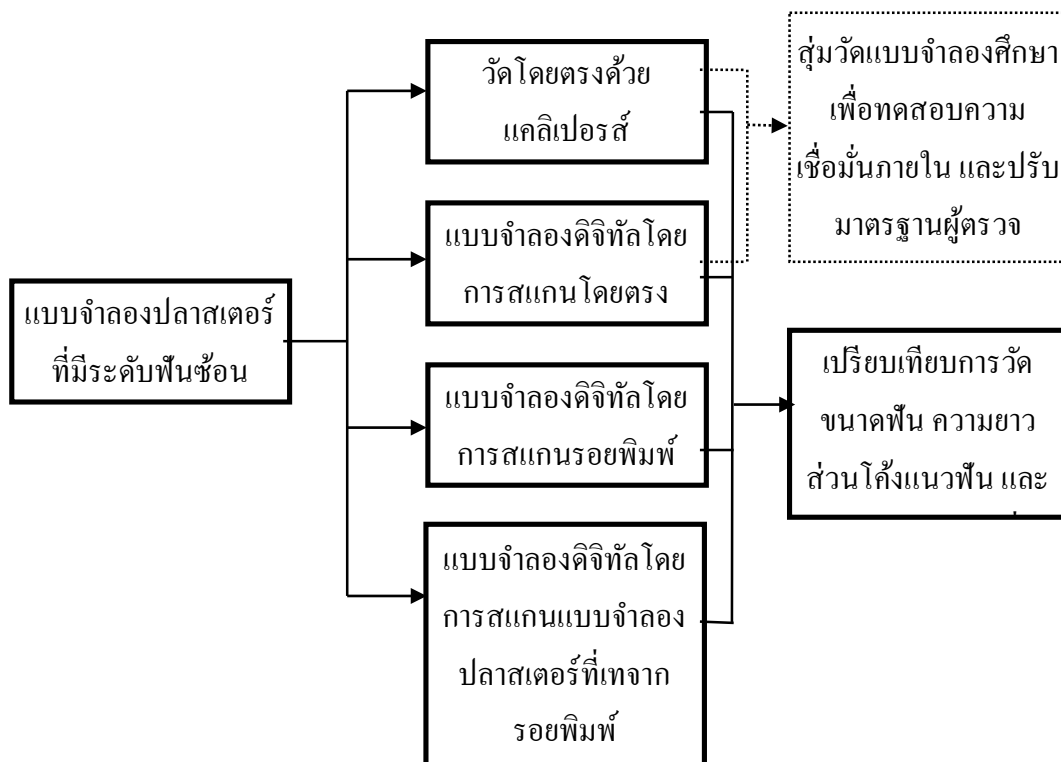
1. การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแคลิเปอร์สื่อดิจิทัลไม่มีความแตกต่างกัน
2. การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ไม่มีความแตกต่างกัน
3. การวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกไม่มีความแตกต่างกัน

กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual framework)

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลอง
ฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม



ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อน
แตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์



บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม 1 ชุด ซึ่งทั้งแบบจำลองบนและล่าง ประกอบด้วยฟันตัดซี่กลาง ฟันตัดซี่ข้าง ฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อยซี่ที่หนึ่ง ฟันกรามน้อยซี่ที่สอง ฟันกรามซี่ที่หนึ่ง และฟันกรามซี่ที่สอง ทั้งสองข้างของแบบจำลองทั้งบนและล่าง รวม 28 ซี่

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การวัดค่าบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม

ทำการกำหนดจุดที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการวัดระยะเชิงเส้น โดยใช้หัวกรอเพชรกลมเร็ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12 ซม. กรอลงบนผิวซี่ฟัน ลึกลงไปประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกรอ ทั้งหมด 24 จุด ในตำแหน่งต่อไปนี้

1. จุดกึ่งกลางของปลายฟันตัดซี่กลางขาบน
2. จุดกึ่งกลางของปลายฟันตัดซี่กลางขาบน
3. ยอดปุ่มของฟันเขี้ยวขาบน
4. ยอดปุ่มของฟันเขี้ยวขาบน
5. ยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งขาบน
6. ยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งขาบน
7. จุดกึ่งกลางของผิวฟันด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางขาบน
8. จุดกึ่งกลางของผิวฟันด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางขาบน
9. จุดกึ่งกลางของผิวฟันด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวขาบน
10. จุดกึ่งกลางของผิวฟันด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวขาบน
11. จุดกึ่งกลางของผิวฟันด้านใกล้แก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งขาบน

12. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งซ้ายบน
13. จุดกึ่งกลางของปลายพินตัดซี่กลางขวาล่าง
14. จุดกึ่งกลางของปลายพินตัดซี่กลางซ้ายล่าง
15. ยอดปุ่มของพินเขี้ยวขวาล่าง
16. ยอดปุ่มของพินเขี้ยวซ้ายล่าง
17. ยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งขวาล่าง
18. ยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งซ้ายล่าง
19. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินตัดซี่กลางขวาล่าง
20. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินตัดซี่กลางซ้ายล่าง
21. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินเขี้ยวขวาล่าง
22. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินเขี้ยวซ้ายล่าง
23. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งขวาล่าง
24. จุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งซ้ายล่าง

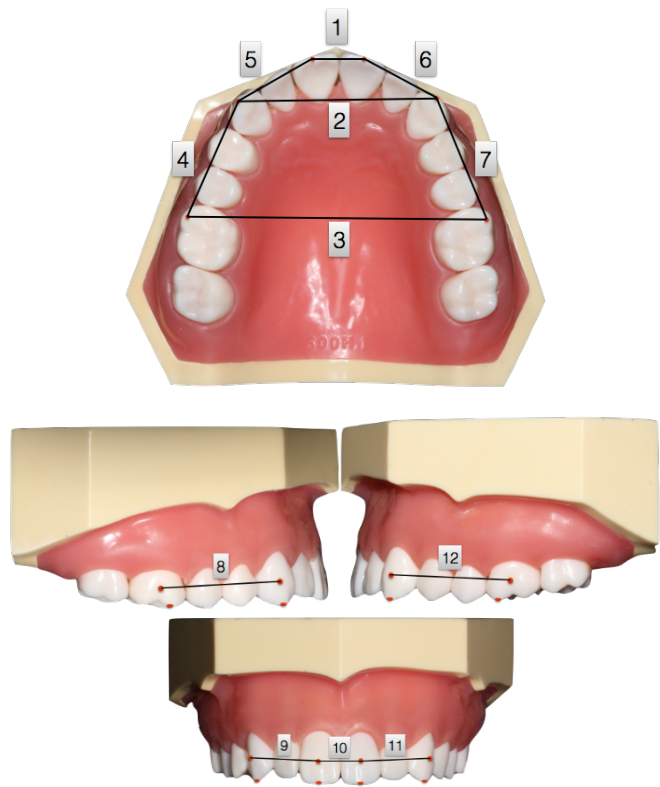
หลังจากนั้นทำการวัดระยะเชิงเส้น 12 ระยะ ทั้งแบบจำลองบนและล่างรวม 24 ระยะ (ตารางที่ 1, รูปที่ 5-6)

ตารางที่ 1 ระยะเชิงเส้นที่ใช้ในการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม

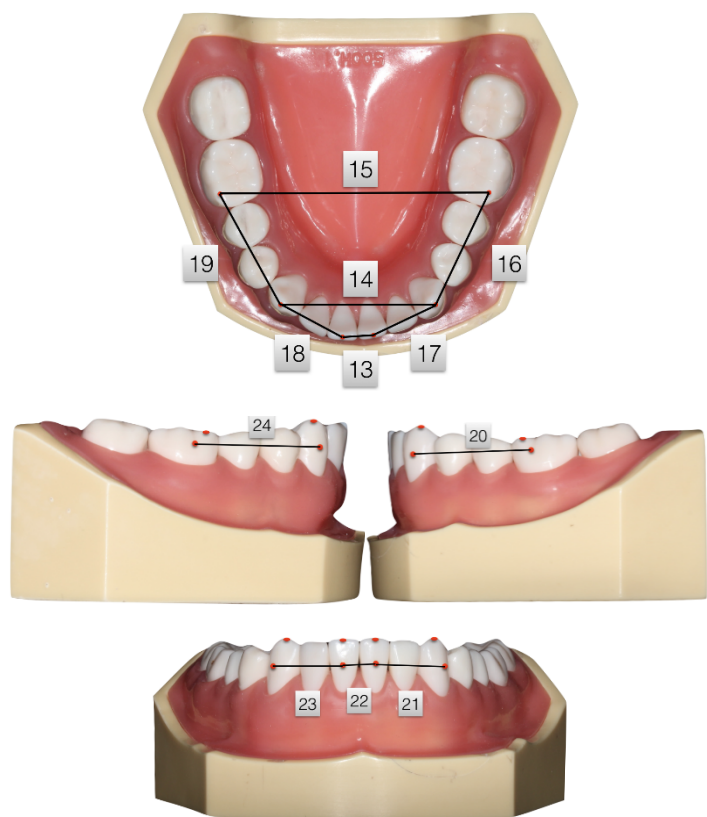
ระยะ เชิงเส้น	คำนิยาม (operational definitions)
D1	ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของปลายพินตัดซี่กลางขวาและซ้ายบน
D2	ระยะระหว่างยอดปุ่มของพินเขี้ยวขวาและซ้ายบน
D3	ระยะระหว่างยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งขวาและซ้ายบน
D4	ระยะจากยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งขวานบนไปยังยอดปุ่มของพินเขี้ยวขวานบน
D5	ระยะจากยอดปุ่มของพินเขี้ยวขวานบนไปยังจุดกึ่งกลางของปลายพินตัดซี่กลางขวานบน
D6	ระยะจากจุดกึ่งกลางของปลายพินตัดซี่กลางซ้ายบนไปยังยอดปุ่มของพินเขี้ยวซ้ายบน
D7	ระยะจากยอดปุ่มของพินเขี้ยวซ้ายบนไปยังยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งขวานบน
D8	ระยะจากจุดกึ่งกลางของร่องด้านแก้มของพินแกรมแท่งที่หนึ่งขวานบนไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพินด้านใกล้แก้มของพินเขี้ยวขวานบน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระยะ เชิงเส้น	คำนิยาม (operational definitions)
D9	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวขวาบนไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางขวาบน
D10	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางขวาบนไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางซ้ายบน
D11	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางซ้ายบนไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวซ้ายบน
D12	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวซ้ายบนไปยังจุดกึ่งกลางของร่องด้านแก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งซ้ายบน
D13	ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของปลายฟันตัดซี่กลางขวาและซ้ายล่าง
D14	ระยะระหว่างยอดปุ่มของฟันเขี้ยวขวาและซ้ายล่าง
D15	ระยะระหว่างยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งขวาและซ้ายล่าง
D16	ระยะจากยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งซ้ายล่างไปยังยอดปุ่มของฟันเขี้ยวซ้ายล่าง
D17	ระยะจากยอดปุ่มของฟันเขี้ยวซ้ายล่างไปยังจุดกึ่งกลางของปลายฟันตัดซี่กลางซ้ายล่าง
D18	ระยะจากจุดกึ่งกลางของปลายฟันตัดซี่กลางขวาล่างไปยังยอดปุ่มของฟันเขี้ยวขวาล่าง
D19	ระยะจากยอดปุ่มของฟันเขี้ยวขวาล่างไปยังยอดปุ่มใกล้กลางใกล้แก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งขวาล่าง
D20	ระยะจากจุดกึ่งกลางของร่องด้านแก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งซ้ายล่างไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวซ้ายล่าง
D21	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวซ้ายล่างไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางซ้ายล่าง
D22	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางซ้ายล่างไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางขวาล่าง
D23	ระยะจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันตัดซี่กลางขวาล่างไปยังจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวขวาล่าง
D24	ระยะที่วัดจากจุดกึ่งกลางของผิวพื้นด้านใกล้แก้มของฟันเขี้ยวขวาล่างไปยังจุดกึ่งกลางของร่องด้านแก้มของฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งขวาล่าง



รูปที่ 5 ระยะเชิงเส้นที่วัดบนแบบจำลองฝักปฏิบัติทางทันตกรรมบน



รูปที่ 6 ระยะเชิงเส้นที่วัดบนแบบจำลองฝักปฏิบัติทางทันตกรรมล่าง

วัดระยะเชิงเส้นทั้งหมด 24 ระยะ บนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม โดยใช้ แคลิเปอร์ดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 มม. (Digital Caliper: 573-721 ABSOLUTE, Mitutoyo Corporation, Tokyo, Japan) ที่ได้รับการสอบเทียบมาตรฐานก่อนทำการวิจัย (รูปที่ 7) โดยขณะวัด จะวางเครื่องมือให้ตั้งฉากกับระนาบการสบฟันในกรณีที่วัดจากทางด้านบดเคี้ยว และตั้งฉากกับผิว ฟันด้านใกล้แก้มในกรณีที่วัดจากทางด้านใกล้แก้ม บันทึกค่าและวัดซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง



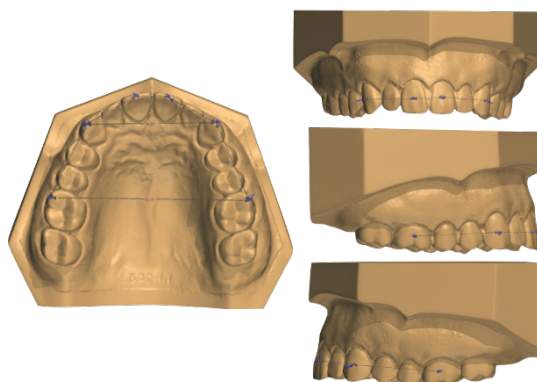
รูปที่ 7 แคลิเปอร์ดิจิตอล (Digital Caliper: 573-721 ABSOLUTE, Mitutoyo Corporation, Tokyo, Japan)

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองดิจิทัลโดยการสแกนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม

นำแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมบนและล่าง สแกนด้วยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติ 3Shape R700™ (3-Shape™, Copenhagen, Denmark) (รูปที่ 8) ทำการปรับมาตรฐานเครื่องสแกน โดยใช้ชุดปรับมาตรฐานที่มาพร้อมกับเครื่องสแกน ในการสแกนสำหรับงานวิจัยครั้งแรก และทำการปรับมาตรฐานซ้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยใช้โปรแกรม ScanItOrthodontics™ เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล ทำการวัดระยะเชิงเส้น 24 ระยะ ด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™ บันทึกค่า และทำการสแกนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม และวัดซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง (รูปที่ 9)



รูปที่ 8 การสแกนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยเครื่อง 3Shape R700™ (3-Shape™, Copenhagen, Denmark)



รูปที่ 9 การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลด้วย โปรแกรม OrthoAnalyzer™

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบจำลองดิจิทัลโดยการสแกนรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์

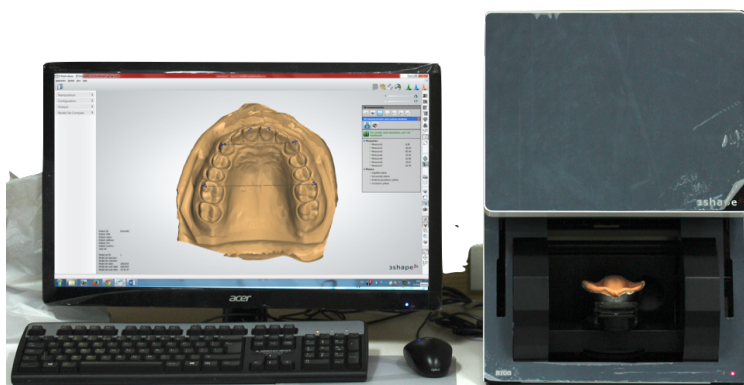
ทำการพิมพ์แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมบนและล่าง ด้วยวัสดุพิมพ์ปาก อัลจินต (Alginoplast, Heraeus Kulzer) ผสมตามอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด คือ วัสดุพิมพ์ปาก : น้ำ เท่ากับ 23 (กรัม) : 50 (มล.) ด้วยวิธีการผสมด้วยมือ โดยใช้ถ้วยผสมและพายผสมที่สะอาด ภายในเวลา 1 นาที 30 วินาที นำวัสดุพิมพ์ปากใส่ลงในถาดพิมพ์ปากชนิดมีรู (perforated type) หลังจากนั้นกดวัสดุพิมพ์ปากลงบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม ให้วัสดุพิมพ์ปากครอบคลุมพื้นทุกซี่ รอให้วัสดุพิมพ์ปากแข็งตัวเป็นเวลา 3 นาที โดยไม่ต้องใช้แรงกดหรือขยับถาดพิมพ์ปาก แล้วจึงออกในลักษณะกระตุก ไม่ใช่แรงบิดหรืองัด ตรวจสอบความเรียบร้อยของรอยพิมพ์ ไม่มีรอยฉีกขาดหรือมีฟองอากาศ และสามารถลอกเลียนรายละเอียดตำแหน่งที่เป็นจุดอ้างอิงสำหรับการวัดระยะเชิงเส้นได้ครบถ้วน ทำความสะอาดรอยพิมพ์ให้เรียบร้อย (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 รอยพิมพ์แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมบนและล่าง

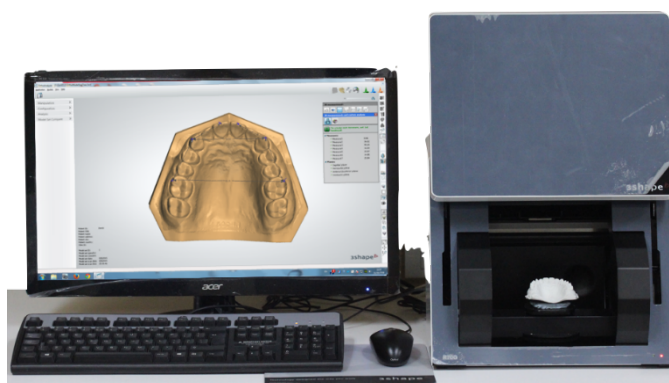
ในการพิมพ์แต่ละครั้งจะทำการพิมพ์ครั้งละ 2 ชุด โดย

ชุดที่ 1 นำรอยพิมพ์มาสแกนด้วยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติในทันที เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้โปรแกรม ScanItOrthoImpression™ และทำการวัดระยะเชิงเส้น 24 ระยะ บนแบบจำลองดิจิทัล ด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™ (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 การสแกนรอยพิมพ์ด้วยเครื่อง 3Shape R700™

ชุดที่ 2 นำรอยพิมพ์มาเทด้วยพลาสติกหินในทันที เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองพลาสติก ผสมตามอัตราส่วน คือ พลาสติกหิน : น้ำ เท่ากับ 100 (กรัม) : 28 (มล.) โดยใช้เครื่องผสมในสุญญากาศ (Vacuum mixing machine) ที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที นำพลาสติกหินที่ผสมแล้วมาเทลงบนรอยพิมพ์ ขณะที่จะวางรอยพิมพ์บนเครื่องสั่น (Vibrator) ใช้เวลาในการเทพลาสติกหินไม่เกิน 5 นาที และพักไว้ให้พลาสติกหินแข็งตัวเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นจึงแกะพลาสติกหินออกจากรอยพิมพ์ และพักไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. นำแบบจำลองพลาสติกที่ได้ไปสแกนด้วยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติ เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้โปรแกรม ScanItOrthodontics™ และทำการวัดค่าระยะเชิงเส้น 24 ระยะ บนแบบจำลองดิจิทัล ด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™ (รูปที่ 12) บันทึกค่าพิมพ์แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมและวัดซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง



รูปที่ 12 การสแกนแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ด้วยเครื่อง 3Shape R700™

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. สถิติเชิงพรรณนา เพื่อแสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม และแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์
2. ใช้สถิติ Independent t test หรือ Wilcoxon signed-rank test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม
3. ใช้สถิติ One way ANOVA หรือ Kruskal–Wallis test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยแบบจำลองพลาสติกของผู้ป่วยที่เข้ามาเริ่มรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตั้งแต่ เดือนมีนาคม 2550 ถึง เดือนมีนาคม 2554 ซึ่งมีเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ

1. แบบจำลองพลาสติกของผู้ป่วยอยู่ในระยะชุดฟันแท้ และยังคงมีการปรากฏของฟันตัดซี่กลาง ฟันตัดซี่ข้าง ฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อยซี่ที่หนึ่ง ฟันกรามน้อยซี่ที่สอง และฟันกรามซี่ที่หนึ่ง ทั้งสองข้างของส่วน โคนแนวฟันทั้งบนและล่าง
2. สภาพของแบบจำลองศึกษา มีความสมบูรณ์ โดยไม่มีหลุมฟองอากาศ รอยร้าว รอยแตก หรือความเสียหายบนแบบจำลองพลาสติก
3. ฟันทุกซี่มีสัณฐานวิทยาที่ปกติ และไม่มีฟันเกิน ไม่มีรอยผุ รอยสึก หรือวัสดุบูรณะขนาดใหญ่ ที่จะส่งผลต่อการวัดความกว้างของซี่ฟันในแนวใกล้กลางไกลกลาง และด้านใกล้แก้มใกล้ลิ้น
4. ไม่มีลักษณะรูปพิการของฟันและไบหน้ เช่น ปากแห้งเพดานโหว่

โดยแบบจำลองพลาสติกอร์ที่เข้าเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 546 ชิ้น โดยแบ่งแบบจำลองพลาสติกอร์บน 285 ชิ้น และแบบจำลองพลาสติกอร์ล่าง 261 ชิ้น

การคำนวณขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรในการคำนวณขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยใช้สูตรการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (independent groups)

$$\text{ขนาดตัวอย่าง}(n) = \frac{(Z_{(1-\alpha)} + Z_{(1-\beta)})^2 2\sigma^2 \text{diff}}{(x_2 - x_1)^2}$$

ค่าต่าง ๆ ที่แทนในสมการได้จากการศึกษาของ Mullen และคณะ¹⁸ ในปี 2007

$x_2 - x_1$ (ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม) เท่ากับ 1.47

$\sigma^2 \text{diff}$ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างแต่ละคู่ของข้อมูลสองกลุ่ม) เท่ากับ 1.55

กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ($Z_{(1-\alpha)} = 1.96$)

กำหนดอำนาจการทดสอบ (power of test) ของการศึกษานี้เท่ากับร้อยละ 80 ($Z_{(1-\beta)} = 0.84$)

จากการคำนวณจะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 11 ชิ้นต่อกลุ่ม

โดยกลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็น (Probability sampling) แบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ซึ่งคัดเลือกจากระดับปริมาณพินซ็อน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1: ไม่มีพินซ็อน โดยอาจจะมี หรือไม่มีการปรากฏของช่องว่าง มีทั้งหมด 154 ชิ้น ประกอบด้วย แบบจำลองพลาสติกอร์บน 79 ชิ้น และล่าง 75 ชิ้น

กลุ่มที่ 2: มีพินซ็อนเล็กน้อย คือ ไม่เกิน 2 มม. มีทั้งหมด 133 ชิ้น ประกอบด้วย แบบจำลองพลาสติกอร์บน 80 ชิ้น และล่าง 53 ชิ้น

กลุ่มที่ 3: มีพินซ็อนปานกลาง คือ มากกว่า 2 มม. แต่ไม่เกิน 4 มม. มีทั้งหมด 130 ชิ้น ประกอบด้วย แบบจำลองพลาสติกอร์บน 68 ชิ้น และล่าง 62 ชิ้น

กลุ่มที่ 4: มีพื้นช้อนมาก คือ มากกว่า 4 มม. มีทั้งหมด 129 ชิ้น ประกอบด้วยแบบจำลองพลาสติกอร์บน 58 ชิ้น และล่าง 71 ชิ้น

โดยมีทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาทันตกรรมจัดฟันในคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้สายตาประเมินในการแบ่งกลุ่มตามระดับการซ้อนของฟัน

หลังจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ได้แบบจำลองพลาสติกอร์บนและล่างอย่างละ 15 ชิ้น ทั้ง 4 กลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 120 ชิ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การวัดค่าบนแบบจำลองพลาสติกอร์

ผู้วิจัยทำการวัดขนาดฟัน และความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์บนและล่าง 120 ชิ้น โดยการใช้แคลิเปอร์สัจฉิที่ความละเอียด 0.01 มม. (Digital Caliper: 573-721 ABSOLUTE, Mitutoyo Corporation, Tokyo, Japan) ทำการบันทึกค่าที่วัดได้ โดยมีขั้นตอนการวัดดังต่อไปนี้

1.1 การวัดขนาดฟัน เป็นการวัดความกว้างที่สุดของตัวฟัน โดยวัดจากจุดสัมผัสด้านใกล้กลางไปยังจุดสัมผัสด้านไกลกลางของฟันแต่ละซี่ การวางเครื่องมือจะเข้าทางใกล้แก้มหรือใกล้ริมฝีปากโดยวางให้เครื่องมือทำมุมที่เหมาะสมกับแนวแกนฟัน ในฟันบางซี่อาจต้องวางเครื่องมือทางด้านบดเคี้ยว หรือด้านปลายฟัน โดยให้เครื่องมือขนานกับแนวแกนฟัน ในกรณีที่ฟันล้มไปด้านหลัง ให้วางเครื่องมือทางด้านใกล้ลิ้น หรือกรณีที่ฟันหมุน จำเป็นต้องวัดตรงตำแหน่งด้านประชิดที่ถูกต้อง เพราะส่วนที่กว้างที่สุดในแนวใกล้กลางไกลกลางมักจะหมุนออกไปทาง ใกล้แก้ม ซึ่งการวัดด้านประชิดที่ปรากฏอยู่ของฟันที่หมุนจะไม่ได้ขนาดของฟันที่แท้จริง (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 การวัดขนาดฟันโดยการใช้แคลิเปอร์สไลด์ิจิทัล

1.2 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน

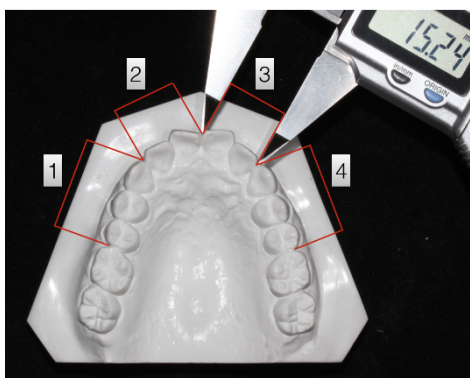
ทำการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันแบบแยกส่วน โดยแบ่งการวัดระยะออกเป็นสี่ส่วน การวางเครื่องมือจะเข้าทางใกล้แก้มหรือใกล้ริมฝีปากที่จุดสัมผัสระหว่างฟัน (รูปที่ 14) โดย

ส่วนที่ 1 เป็นระยะที่วัดจากด้านใกล้กลางของฟันกรามซี่ที่หนึ่งขวาไปยังด้านใกล้กลางของฟันเขี้ยวขวา

ส่วนที่ 2 เป็นระยะที่วัดจากด้านใกล้กลางของฟันเขี้ยวขวาไปยังด้านใกล้กลางของฟันตัดซี่กลางขวา

ส่วนที่ 3 เป็นระยะที่วัดจากด้านใกล้กลางของฟันเขี้ยวซ้ายไปยังด้านใกล้กลางของฟันตัดซี่กลางซ้าย

ส่วนที่ 4 เป็นระยะที่วัดจากด้านใกล้กลางของฟันกรามซี่ที่หนึ่งซ้ายไปยังด้านใกล้กลางของฟันเขี้ยวซ้าย



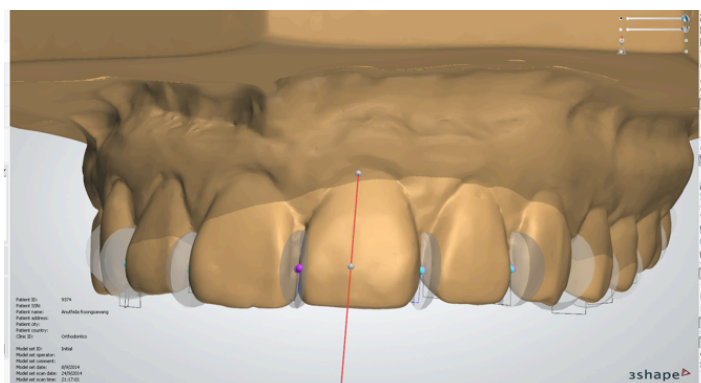
รูปที่ 14 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันโดยการใช้แคลิเปอร์สไลด์ิจิทัล

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองดิจิทัลโดยการสแกนแบบจำลองพลาสติก

นำแบบจำลองพลาสติกบนและล่าง สแกนด้วยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติ เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้โปรแกรม ScanItOrthodontics™

2.1 การวัดขนาดฟัน

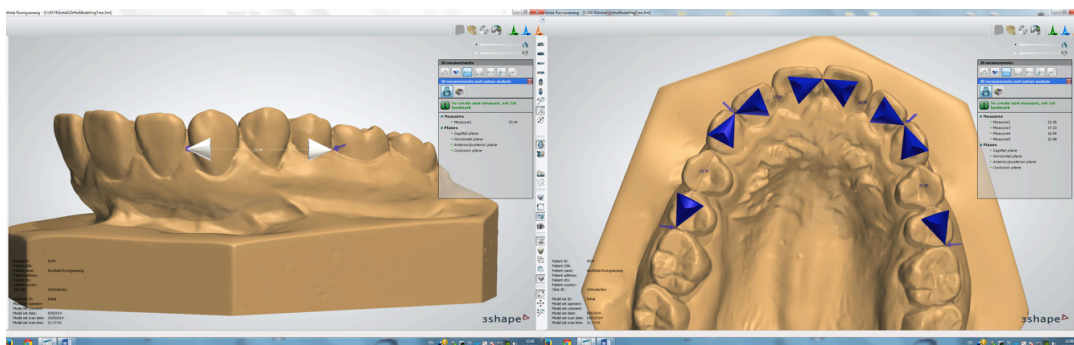
การวัดขนาดฟันด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™ ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดจุดที่เป็นจุดสัมผัสด้านใกล้กลางไปยังจุดสัมผัสด้านไกลกลางของฟันแต่ละซี่ โดยระยะที่วัดต้องทำมุมตั้งฉากกับแนวแกนฟัน ในแนวตั้ง และบันทึกค่าที่วัดได้ (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 การวัดขนาดฟันบนแบบจำลองดิจิทัลด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™

2.2 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน

การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน ด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™ ผู้วิจัยทำการกำหนดจุดโดยแบ่งการวัดระยะออกเป็นสี่ส่วน เช่นเดียวกันกับการวัดบนแบบจำลองพลาสติก และบันทึกค่าที่วัดได้ (รูปที่ 16)



รูปที่ 16 การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัลด้วยโปรแกรม OrthoAnalyzer™

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบจำลองดิจิทัลโดยการสแกนรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์

นำแบบจำลองพลาสติกเรซินและล่างมาแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 5 นาที ก่อนพิมพ์แบบจำลอง เพื่อช่วยในการดึงรอยพิมพ์ออกได้ง่ายขึ้น และป้องกันการแตกหักของแบบจำลองพลาสติก ทำการพิมพ์แบบจำลองพลาสติกเรซินและล่าง ด้วยวัสดุพิมพ์ปากอัลจินेट (Alginoplast, Heraeus Kulzer) ผสมตามอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด คือ วัสดุพิมพ์ปาก : น้ำ เท่ากับ 23 (กรัม) : 50 (มล.) ด้วยวิธีการผสมด้วยมือ โดยใช้ถ้วยยางผสม และพายผสมที่สะอาด ภายในเวลา 1 นาที 30 วินาที นำวัสดุพิมพ์ปากใส่ลงในถาดพิมพ์ปากชนิดมีรู (perforated type) หลังจากนั้นกดวัสดุพิมพ์ปากลงบนแบบจำลองพลาสติก โดยให้วัสดุพิมพ์ปากครอบคลุมพื้นทุกซี่ รอให้วัสดุพิมพ์ปากแข็งตัวเป็นเวลา 3 นาที โดยไม่ต้องใช้แรงกดหรือขยับถาดพิมพ์ปาก แล้วดึงออกในลักษณะกระตุก ไม่ใช่แรงบิดหรือจัด แล้วตรวจสอบความเรียบร้อยของรอยพิมพ์ รอยพิมพ์จะต้องไม่มีรอยฉีกขาด หรือมีฟองอากาศที่จะส่งผลต่อการวัดขนาดฟัน และความยาวส่วน โคนังแนวฟัน ทำความสะอาดรอยพิมพ์ให้เรียบร้อย ในแต่ละครั้งจะทำการพิมพ์แบบจำลองพลาสติกครั้งละ 2 ชุด

ชุดที่ 1 นำรอยพิมพ์มาสแกนด้วยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติในทันที เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้โปรแกรม ScanItOrthoImpression™ ทำการวัดขนาดฟันและความยาวส่วน โคนังแนวฟัน บันทึกค่าที่วัดได้

ชุดที่ 2 นำรอยพิมพ์มาเทด้วยพลาสติกเรซินในทันที เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองพลาสติก ผสมตามอัตราส่วน คือ พลาสติกเรซิน : น้ำ เท่ากับ 100 (กรัม) : 28 (มล.) โดยใช้เครื่องผสมในสุญญากาศ (Vacuum mixing machine) ที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที นำพลาสติกเรซินที่ผสมแล้วมาเทลงบนรอยพิมพ์ โดยขณะเทจะวางรอยพิมพ์บนเครื่องสั่น (Vibrator) ใช้เวลาในการเทพลาสติกเรซินไม่เกิน 5 นาที และพักไว้ให้พลาสติกเรซินแข็งตัวเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นจึงแกะพลาสติกเรซินออกจากรอยพิมพ์ และพักไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. แล้วนำแบบจำลองพลาสติกที่ได้ไปสแกนด้วยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลสามมิติ เพื่อจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล โดยใช้โปรแกรม ScanItOrthodontics™ ทำการวัดขนาดฟันและความยาวส่วน โคนังแนวฟัน บันทึกค่าที่วัดได้

การตรวจสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ประเมินและการปรับมาตรฐานผู้ตรวจ

ในงานวิจัยนี้ใช้ผู้วัดค่าเพียงคนเดียวเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดระหว่างบุคคล โดยมีการตรวจสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ประเมิน (Intra-rater reliability) และมีการปรับมาตรฐานผู้ตรวจ (Standardization) ก่อนเริ่มทำการวิจัยวัดค่าจริง

การตรวจสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ประเมิน หรือความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน (Intra-rater reliability) ทำการสุ่มแบบจำลองพลาสติก 10 ชิ้น วัดค่าขนาดพื้นที่และความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่แบบจำลองพลาสติก และแบบจำลองดิจิทัล หลังจากนั้นอีก 2 สัปดาห์ ทำการวัดค่าซ้ำอีกครั้งในกลุ่มตัวอย่างเดิม ทั้ง แบบจำลองพลาสติกและแบบจำลองดิจิทัล โดยเปลี่ยนลำดับของตัวอย่างที่ทำการวัดค่าอย่างอิสระ

การปรับมาตรฐานผู้ตรวจ (Standardization) ได้ทำการปรับมาตรฐานกับอาจารย์ทันตแพทย์ จากสาขาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้กลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบจำลองพลาสติก 10 ชิ้น วัดค่าขนาดพื้นที่และความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่แบบจำลองพลาสติกและแบบจำลองดิจิทัล

นำค่าที่วัดได้มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Intraclass correlation coefficient) และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด โดยใช้สูตรของ Dahlberg⁴² ในการหาค่า Method Error (ME)

$$\text{Method error} = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

d คือค่าความแตกต่างระหว่างการวัด

n คือจำนวนของแบบจำลองที่วัด

ซึ่งหากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มของการตรวจสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ประเมิน และการปรับมาตรฐานผู้ตรวจ มีค่ามากกว่า 90% ซึ่งถือว่ามีระดับความเชื่อมั่นที่สูงมาก และมีค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดที่ยอมรับได้มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการวัดขนาดพื้นที่และความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่ จึงเริ่มทำการวิจัยวัดค่าจริง

การคำนวณความคลื่อนคลาดของระยะที่ว่าง (Space discrepancy)

นำค่าขนาดพื้นที่และความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่ได้บนแบบจำลองพลาสติกอร์และแบบจำลองคิจัทล์ มาคำนวณหาความคลื่อนคลาดของระยะที่ว่าง (Space discrepancy) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก ระยะที่ว่างที่มีอยู่ (Space available) ลบด้วย ระยะที่ว่างที่ต้องการ (Space required)

ความคลื่อนคลาดของระยะที่ว่าง (Space discrepancy) หมายถึง ปริมาณของระยะที่ว่างที่เหลือ ขาด หรือ พอดี ต่อการเรียงตัวของพินบนส่วนโค้งแนวพื้นที่

ระยะที่ว่างที่มีอยู่ (Space available) คือ ผลรวมของระยะความยาวที่วัดทั้งสี่ส่วนซึ่งจะเป็นความยาวของส่วนโค้งแนวพื้นที่

ระยะที่ว่างที่ต้องการ (Space required) เป็นผลรวมของขนาดพินตัดซี่กกลาง พินตัดซี่ข้าง พินเขี้ยว พินกรามน้อยซี่ที่หนึ่ง พินกรามน้อยซี่ที่สองทั้งด้านซ้ายและขวา รวม 10 ซี่

นำค่าเฉลี่ยขนาดพื้นที่ ความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่ และ ความคลื่อนคลาดของระยะที่ว่าง ที่วัดและคำนวณได้จากการวัดบนแบบจำลองพลาสติกอร์และแบบจำลองคิจัทล์มาเปรียบเทียบวิเคราะห์ และรายงานผลการศึกษา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. สถิติเชิงพรรณนา เพื่อแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดพื้นที่ ความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่ และความคลื่อนคลาดของระยะที่ว่างบนแบบจำลองพลาสติกอร์และคิจัทล์

2. ใช้สถิติ One way ANOVA หรือ Kruskal-Wallis test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของขนาดพื้นที่ ความยาวส่วนโค้งแนวพื้นที่ และความคลื่อนคลาดของระยะที่ว่างบนแบบจำลองคิจัทล์ ที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกอร์ กับแบบจำลองพลาสติกอร์ ระหว่างกลุ่มซึ่งมีระดับของพินซ้อนที่แตกต่างกัน

บทที่ 3

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม

1.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม กับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม ด้วยแคลิเปอร์สัณฐาน

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม และแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม พบว่าค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ของระยะเชิงเส้นที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัล มีความแตกต่างกับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นระยะเชิงเส้นที่ 2, 3, 4, 10, 11 และ 22 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลมีค่ามากกว่าการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างการวัดทั้งสองวิธีประมาณ 0.08-0.41 มม.

1.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม แบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากรอยพิมพ์ และแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ พบว่าค่าเฉลี่ยของระยะเชิงเส้นที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัลทั้งสามวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการวัดทุกค่า ($P > 0.05$) ยกเว้นระยะเชิงเส้นที่ 10, 14, 18, 20 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลทั้งสามวิธีประมาณ 0.11-0.23 มม.

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฟันปฏิบัติทางทันตกรรม และแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฟันปฏิบัติทางทันตกรรม

Distances	Dentoform		Digital models		Mean Differences	P-value	Significance
	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)			
D1	8.66	0.05	8.92	0.02	-0.26	<0.01	*
D2	35.92	0.07	35.91	0.10	0.01	0.36 [#]	NS
D3	55.06	0.07	55.09	0.09	-0.03	0.41	NS
D4	22.74	0.12	22.81	0.07	-0.07	0.11	NS
D5	15.66	0.08	15.84	0.09	-0.18	<0.01	*
D6	15.04	0.10	15.24	0.07	-0.20	<0.01	*
D7	23.36	0.11	23.48	0.06	-0.12	<0.01	*
D8	24.34	0.06	24.48	0.07	-0.14	<0.01	*
D9	16.84	0.08	16.93	0.08	-0.09	0.03	*
D10	16.54	0.08	16.61	0.06	-0.07	0.05	*
D11	24.95	0.05	24.94	0.08	0.01	0.68	NS
D12	8.92	0.11	9.22	0.11	-0.30	<0.01	*
D13	5.41	0.09	5.49	0.07	-0.08	0.04	*
D14	26.83	0.05	26.93	0.06	-0.10	<0.01	*
D15	47.97	0.09	48.27	0.07	-0.30	<0.01	*
D16	22.71	0.07	23.12	0.07	-0.41	<0.01	*
D17	11.87	0.05	12.09	0.07	-0.22	<0.01 [#]	*
D18	12.31	0.04	12.55	0.08	-0.24	<0.01	*
D19	21.79	0.07	22.05	0.08	-0.26	<0.01	*
D20	23.86	0.15	24.10	0.11	-0.24	<0.01	*
D21	13.23	0.07	13.40	0.10	-0.17	<0.01	*
D22	13.29	0.05	13.28	0.05	0.01	0.32 [#]	NS
D23	24.76	0.05	24.92	0.08	-0.16	<0.01 [#]	*
D24	5.36	0.07	5.53	0.06	-0.17	<0.01	*

*Significance, $P \leq 0.05$; NS, Not significant, $P > 0.05$

[#]ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ทดสอบด้วยสถิตินอนพารามตริก

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกน จากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติก

Distances	Direct scanning		Impression scanning		Plaster model replica scanning		P-value	Significance
	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)		
D1	8.92	0.02	8.84	0.11	8.87	0.11	0.18 [#]	NS
D2	35.91	0.10	35.96	0.08	35.92	0.10	0.41 [#]	NS
D3	55.09	0.09	55.13	0.06	55.12	0.06	0.42	NS
D4	22.81	0.07	22.81	0.09	22.82	0.05	0.86	NS
D5	15.84	0.09	15.87	0.11	15.85	0.09	0.82	NS
D6	15.24	0.07	15.25	0.09	15.21	0.10	0.57	NS
D7	23.48	0.06	23.52	0.09	23.51	0.08	0.59 [#]	NS
D8	24.48	0.07	24.54	0.08	24.50	0.08	0.22 [#]	NS
D9	16.93	0.08	16.90	0.07	16.93	0.08	0.56 [#]	NS
D10	16.61 ^a	0.06	16.73 ^a	0.12	16.63	0.08	0.02	*
D11	24.94	0.08	25.01	0.15	24.94	0.11	0.34	NS
D12	9.22	0.11	9.11	0.13	9.18	0.13	0.16	NS
D13	5.49	0.07	5.63	0.25	5.60	0.15	0.20	NS
D14	26.93 ^a	0.06	27.04 ^a	0.09	26.96	0.08	0.01 [#]	*
D15	48.27	0.07	48.21	0.11	48.26	0.09	0.33 [#]	NS
D16	23.12	0.07	23.06	0.15	23.05	0.14	0.42	NS
D17	12.09	0.07	12.12	0.20	12.09	0.14	0.92	NS
D18	12.55 ^{a,b}	0.08	12.32 ^a	0.09	12.42 ^b	0.16	<0.01	*
D19	22.05	0.08	22.00	0.18	22.09	0.07	0.29 [#]	NS
D20	24.10 ^{a,b}	0.11	23.91 ^a	0.07	23.96 ^b	0.10	<0.01	*
D21	13.40	0.10	13.51	0.11	13.45	0.12	0.12	NS
D22	13.28	0.05	13.29	0.09	13.31	0.07	0.64 [#]	NS
D23	24.92	0.08	24.94	0.18	24.96	0.13	0.82 [#]	NS
D24	5.53	0.06	5.57	0.16	5.53	0.12	0.70 [#]	NS

*Significance, $P \leq 0.05$; NS, Not significant, $P > 0.05$, a, b; The mean difference is significance at the 0.05 level

[#]ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ทดสอบด้วยสถิตินอนพารามตริก

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ห้ระยะที่ว่างในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์

2.1 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัด (Measurement error analysis)

การปรับมาตรฐานผู้ตรวจ (Standardization)

การปรับมาตรฐานผู้ตรวจในการวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์และแบบจำลองดิจิทัลอย่างละ 10 ซีน โดยใช้สูตรของคาร์ลเบิร์กเพื่อหาค่าความผิดพลาดมาตรฐาน (Method error) และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Intraclass correlation coefficient) พบว่าการวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์มีความคลาดเคลื่อนของการวัดระหว่างผู้ตรวจประมาณ 0.05-0.36 มม. และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมีค่าประมาณ 0.85-1.00 การวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัลมีความคลาดเคลื่อนของการวัดระหว่างผู้ตรวจประมาณ 0.07-0.44 มม. และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมีค่าประมาณ 0.87-1.00

ความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้วิจัย (Internal reliability)

การทดสอบความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำของผู้วิจัยในการวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์และแบบจำลองดิจิทัลอย่างละ 10 ซีน มีช่วงเวลาระหว่างการวัดครั้งแรกและครั้งที่ 2 ห่างกัน เฉลี่ย 2 สัปดาห์ โดยใช้สูตรของคาร์ลเบิร์กเพื่อหาค่าความผิดพลาดมาตรฐาน (Method error) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Intraclass correlation coefficient) พบว่าการวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์มีความคลาดเคลื่อนของการวัดสองครั้งประมาณ 0.08-0.36 มม. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมีค่าประมาณ 0.81-1.00 การวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัลมีความคลาดเคลื่อนของการวัดสองครั้งประมาณ 0.05-0.39 มม. และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมีค่าประมาณ 0.81-1.00

จากผลการทดสอบการปรับมาตรฐานผู้ตรวจและความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้วิจัย พบว่าการวัดขนาดฟันและความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองพลาสติกอร์และแบบจำลองดิจิทัลทุกค่า มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 มม. ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับของการศึกษา และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมากกว่า 0.8 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของการวัดค่าทั้งสองครั้งอยู่ในระดับสูง จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้อาจการวัดในงานวิจัย ครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอ จึงเริ่มทำ

การวิจัยในการวัดขนาดฟันและความยาวส่วน โคนงแนวนบนแบบจำลองพลาสติกและแบบจำลองดิจิทัลในกลุ่มตัวอย่าง

2.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก

จากตารางที่ 4-6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลรวมขนาดฟัน ความยาวส่วน โคนงแนวน และ การวิเคราะห์ระยะที่ว่างที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองศึกษา แบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากรอยพิมพ์ แบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติก พบว่าค่าเฉลี่ยในการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วน โคนงแนวน และ การวิเคราะห์ระยะที่ว่างในทุกกลุ่มที่แบ่งตามระดับฟันซ้อน ที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัลทั้งสามวิธี และแบบจำลองพลาสติก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) รูปที่ 20-25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลรวมขนาดฟัน ความยาวส่วน โคนงแนวน และ การวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลรวมขนาดพื้นที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน

Tooth size measurement	Plaster model		Digital model						P-Value	Significance
			Direct scanning		Impression scanning		Plaster model replica scanning			
	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)		
Maxillary arch										
No crowding	75.00	3.47	76.13	3.50	75.30	3.53	75.53	3.24	0.68 [#]	NS
Mild crowding	75.86	2.64	75.96	2.45	76.08	2.64	76.11	2.74	0.99	NS
Moderate crowding	78.48	4.63	78.90	4.35	78.84	4.26	79.23	4.25	0.97	NS
Severe crowding	80.67	3.55	80.97	3.73	80.74	3.85	80.96	3.65	0.99	NS
Mandibular arch										
No crowding	64.19	3.51	65.17	3.52	65.03	3.61	64.97	3.91	0.88	NS
Mild crowding	65.88	2.32	66.37	2.70	66.74	2.76	66.89	2.84	0.74	NS
Moderate crowding	66.74	2.68	67.25	2.82	66.80	3.10	66.86	3.40	0.83 [#]	NS
Severe crowding	69.25	3.06	69.22	3.20	68.79	2.96	69.40	3.03	0.95	NS

*Significance, $P \leq 0.05$; NS, Not significant, $P > 0.05$

[#]ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ทดสอบด้วยสถิตินอนพารามตริก

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวส่วนโค้งแนวฟันที่วัดบนแบบจำลอง ดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน

Arch length measurement	Plaster model		Digital model						P-Value	Significance
			Direct scanning		Impression scanning		Plaster model replica scanning			
	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)		
Maxillary arch										
No crowding	76.86	4.12	77.81	4.12	77.50	4.21	77.82	4.11	0.90	NS
Mild crowding	74.95	2.65	75.59	2.58	75.76	2.46	76.10	2.56	0.66	NS
Moderate crowding	75.22	4.43	75.90	4.21	76.12	4.40	76.36	4.32	0.90	NS
Severe crowding	73.58	3.24	73.46	2.98	73.71	2.89	73.89	2.94	0.98	NS
Mandibular arch										
No crowding	66.61	3.28	67.63	3.33	67.51	3.34	67.72	3.21	0.78	NS
Mild crowding	64.69	2.19	65.32	2.81	65.63	2.40	66.04	2.64	0.52	NS
Moderate crowding	63.75	2.86	64.83	3.12	64.78	3.07	65.36	2.94	0.51 [#]	NS
Severe crowding	62.47	4.14	62.93	3.98	63.17	4.06	63.55	4.20	0.91	NS

*Significance, $P \leq 0.05$; NS, Not significant, $P > 0.05$

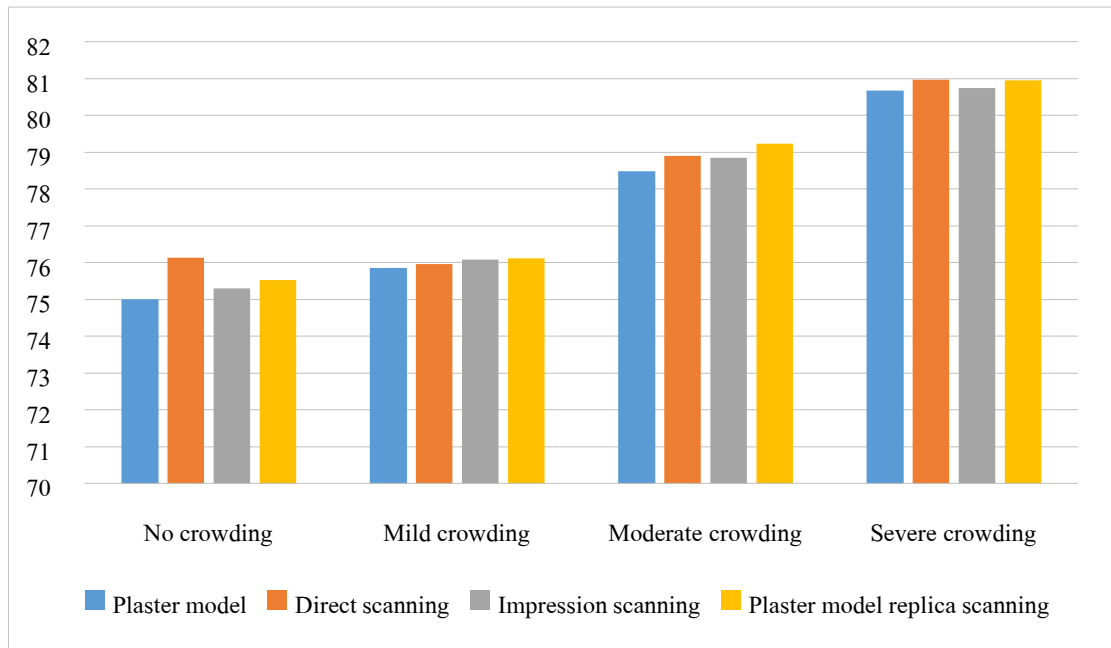
[#]ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ทดสอบด้วยสถิตินอนพารามตริก

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์นในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน

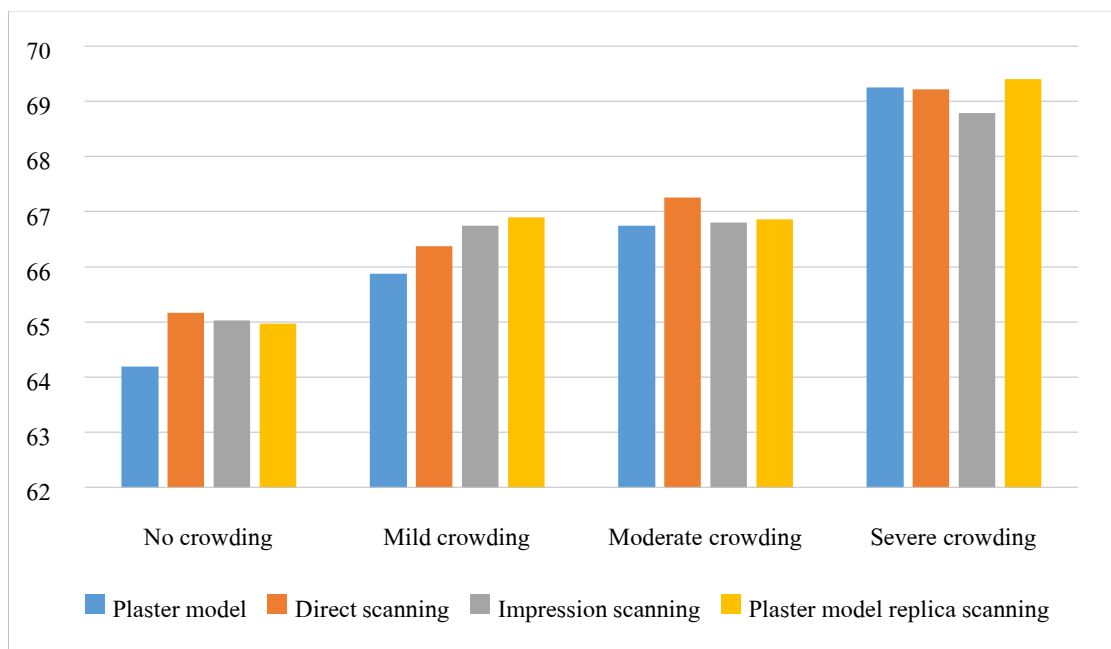
Space discrepancy	Plaster model		Digital model						P-Value	Significance
			Direct scanning		Impression scanning		Plaster model replica scanning			
	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)	Mean (mm.)	SD (mm.)		
Maxillary arch										
No crowding	1.86	2.02	1.68	2.44	2.20	2.65	2.30	2.33	0.66 [#]	NS
Mild crowding	-0.81	0.41	-0.37	0.52	-0.32	1.23	-0.32	0.49	0.21	NS
Moderate crowding	-3.26	0.56	-3.00	1.02	-2.72	1.01	-2.87	1.24	0.50	NS
Severe crowding	-7.10	2.78	-7.51	3.19	-7.02	3.16	-7.07	2.96	0.95 [#]	NS
Mandibular arch										
No crowding	2.42	2.17	2.46	2.35	2.48	2.79	2.75	2.80	0.93 [#]	NS
Mild crowding	-1.19	0.62	-1.05	0.62	-1.10	0.76	-0.84	0.55	0.33 [#]	NS
Moderate crowding	-2.99	0.50	-2.42	1.16	-2.03	1.14	-2.18	1.08	0.06	NS
Severe crowding	-6.78	1.91	-6.30	1.97	-5.63	1.96	-5.86	2.38	0.44	NS

*Significance, $P \leq 0.05$; NS, Not significant, $P > 0.05$

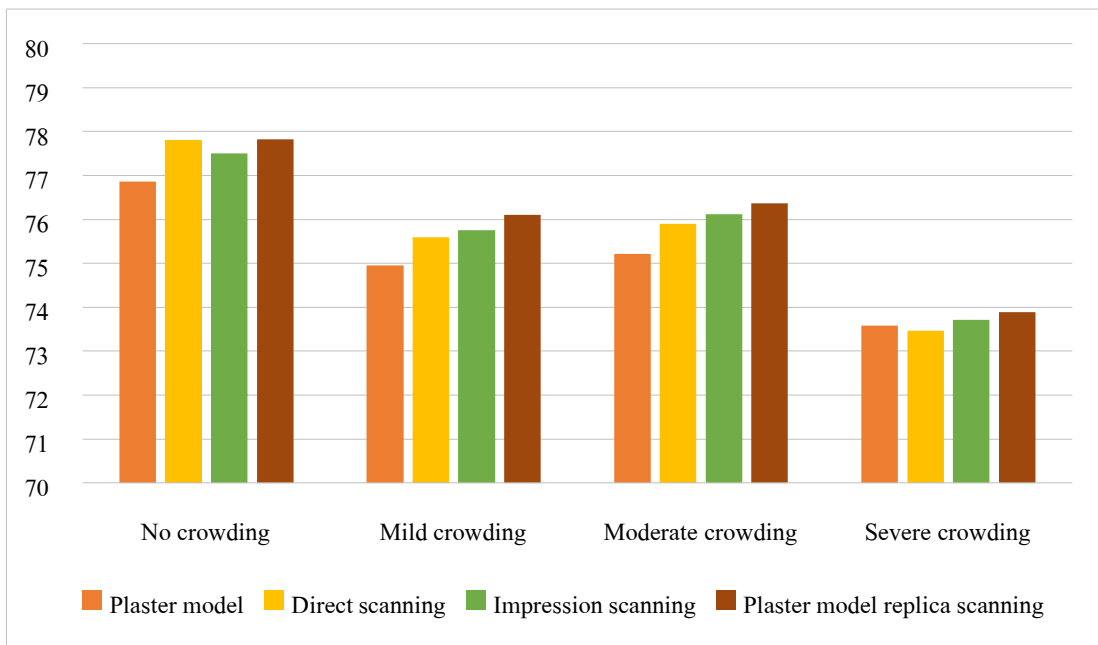
[#]ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ทดสอบด้วยสถิตินอนพารามตริก



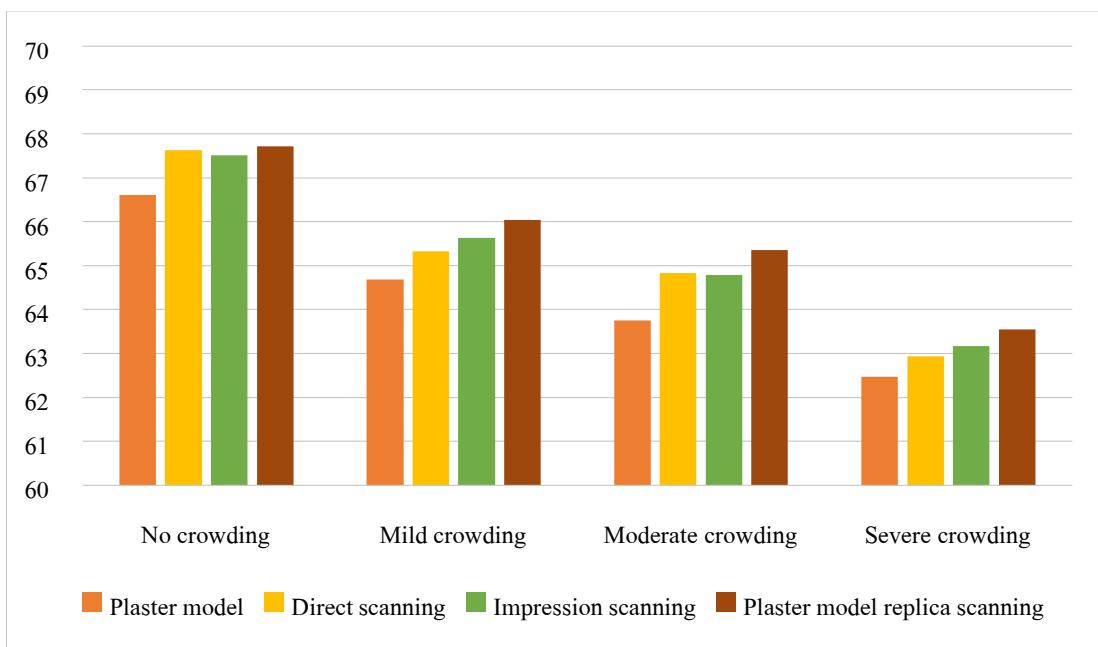
รูปที่ 17 ค่าเฉลี่ยของผลรวมขนาดพื้นที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรบน



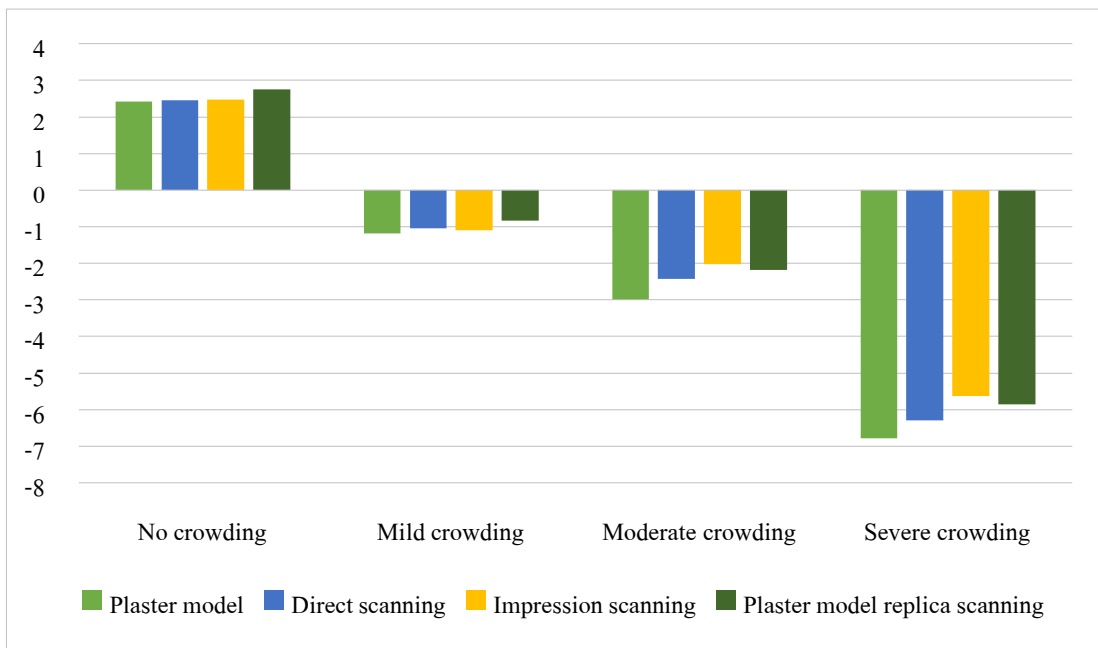
รูปที่ 18 ค่าเฉลี่ยของผลรวมขนาดพื้นที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรล่าง



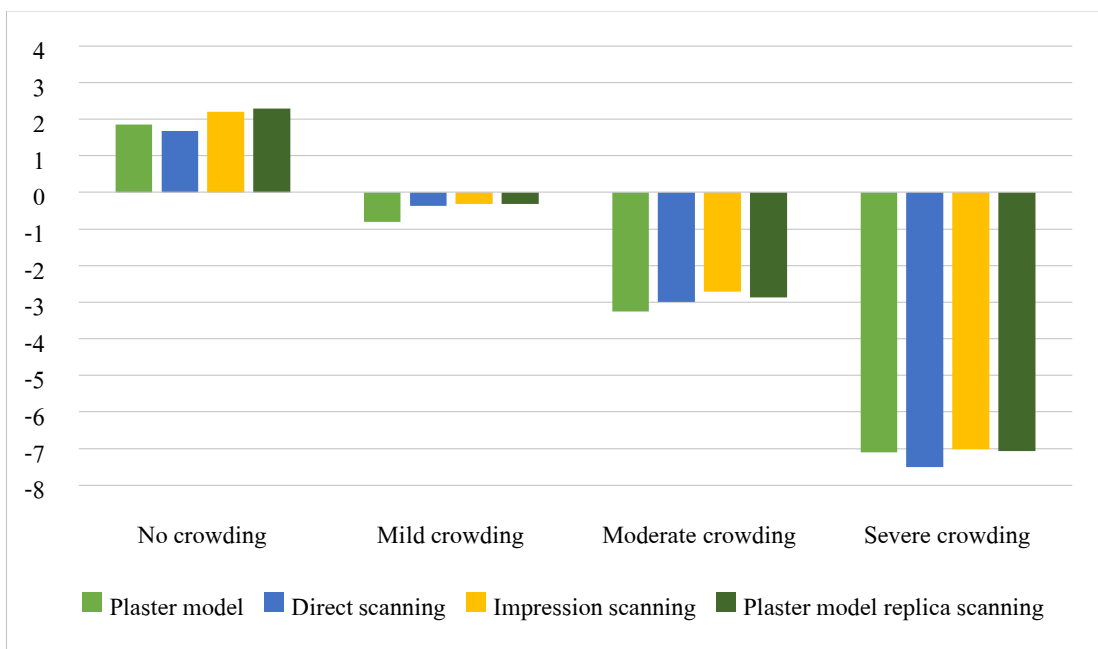
รูปที่ 19 ค่าเฉลี่ยของความยาวส่วนโค้งแนวฟันที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรบน



รูปที่ 20 ค่าเฉลี่ยของความยาวส่วนโค้งแนวฟันที่วัดบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรล่าง



รูปที่ 21 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรบน



รูปที่ 22 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกอร์ในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันในขากรรไกรล่าง

บทที่ 4

อภิปรายผลการศึกษา การประยุกต์ใช้ และข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์แบบจำลองศึกษาทางทันตกรรมจัดฟัน นิยมใช้แบบจำลองพลาสติก เนื่องจากสามารถใช้งานได้ง่าย และราคาถูก ในขณะที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาททางทันตกรรมจัดฟันมากขึ้น แบบจำลองดิจิทัลได้ถูกนำมาใช้มากยิ่งขึ้น โดยการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นการศึกษาความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม และเปรียบเทียบความแตกต่างของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์กับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแคลิเปอร์สื่อดิจิทัล และตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความแตกต่างของการวิเคราะห์ระยะที่วางในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัล กับแบบจำลองพลาสติก

จากผลการศึกษาตอนที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยของระยะเชิงเส้นที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัลมีความแตกต่างกับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการวัดระยะเชิงเส้น 19 จาก 24 ระยะ โดยพบว่าการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลมีค่ามากกว่าการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม ประมาณ 0.08-0.41 มม. แต่ความแตกต่างนี้มีค่าเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก โดยที่ผ่านมามีการศึกษาที่ได้รายงานถึงความแตกต่างในการวัดค่าบนแบบจำลองศึกษาที่ส่งผลต่อนัยสำคัญทางคลินิก โดยในแต่ละการศึกษาก็จะมีระดับการยอมรับความคลาดเคลื่อนในทางคลินิกที่แตกต่างกันออกไป อาทิเช่น Schirmer และ Wiltshire¹¹ รายงานว่าความแตกต่างของการวัดค่าที่ไม่เกิน 0.2 มม. สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก Hirogaki และคณะ⁴³ พบว่าความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าบนแบบจำลองศึกษาที่ไม่เกิน 0.3 มม. ไม่ส่งผลต่อนัยสำคัญทางคลินิก นอกจากนี้ ในการศึกษาของ Bell ยังรายงานเช่นเดียวกันว่าความแตกต่างของการวัดค่าที่ประมาณ 0.27 มม. ไม่ได้มีผลต่อการประเมินทางคลินิก¹⁴ ส่วนการศึกษาของ Tennison และคณะที่อ้างอิงใน Torassian และคณะ⁴⁴ ได้นำเกณฑ์ของ American Board of Orthodontics Objective Grading System มาใช้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าที่ไม่เกิน 0.5 มม. สามารถยอมรับได้ในการนำมาใช้ทางคลินิก

ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการวัดค่าบนแบบจำลองพลาสติกกับแบบจำลองดิจิทัลนั้น ปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการศึกษาคือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า (Measurement

error) ซึ่งประกอบด้วย ความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Random error) และความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic error) โดยความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการระบุตำแหน่งที่ใช้ในการวัดค่า ซึ่งในการศึกษาตอนที่ 1 ได้นำแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมมาใช้ในการประเมินความแตกต่างของการวัดระหว่างวิธีดั้งเดิมโดยการใช้แคลิเปอร์สกับการวัดบนแบบจำลองดิจิทัล ซึ่งการใช้แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมนั้น มีข้อดีที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดค่า และลดความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มที่อาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมมีการเรียงตัวของฟันที่เป็นปกติ โดยเป็นการกำจัดปัจจัยกวนในเรื่องของความแปรผันทางกายวิภาคและการเรียงตัวของฟัน ที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดค่าได้นอกจากนี้ การใช้แบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมสามารถกำหนดจุดที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการวัดได้ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการกำหนดจุดอ้างอิงโดยใช้หัวกรอ กรอลงบนซี่ฟันเพื่อกำหนดจุดที่จะใช้วัด ซึ่งทำให้การวัดค่าในทุกครั้งใกล้เคียงกันมากที่สุด และลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการวัดค่าได้นอกจากนี้ การใช้แคลิเปอร์สในการวัดแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะมีการสึกกร่อนของผิวที่น้อยกว่าการวัดบนแบบจำลองพลาสติก ทำให้การวัดค่ามีความแม่นยำสูง ส่วนความคลาดเคลื่อนเชิงระบบได้มีการควบคุมโดยการปรับมาตรฐานเครื่องมือก่อนทำการศึกษาทั้งแคลิเปอร์สดิจิทัลและเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัล เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าที่จะวัดออกมาได้ค่าที่น้อยหรือมากกว่าความเป็นจริง แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการศึกษานี้จะได้มีการควบคุมวิธีการทดลองเพื่อที่จะลดความคลาดเคลื่อนของการวัดที่อาจเกิดขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นการดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว รวมถึงได้มีการเรียนรู้การใช้เครื่องมือ และมีการปรับมาตรฐานการวัดค่าก่อนทำการศึกษา แต่ความคลาดเคลื่อนบางส่วนก็อาจเกิดขึ้นได้จากความเมื่อยล้าจากการวัด หรือความเชี่ยวชาญในการวัดของผู้วิจัย ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากตัวผู้วิจัยเองนั้นอาจจะเป็นความคลาดเคลื่อนที่หลีกเลี่ยงยาก โดยการศึกษาของ Mok³⁵ รายงานว่า การวัดค่าบนแบบจำลองศึกษาโดยคนเดียวกัน ยังพบความคลาดเคลื่อนภายในตัวบุคคลประมาณ 0.2 มม.

ตั้งแต่แบบจำลองดิจิทัลถูกนำมาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันสำหรับการวินิจฉัยและการวางแผนการรักษา พบว่ามีหลายการศึกษาที่ประเมินถึงความแม่นยำของการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัลเปรียบเทียบกับแบบจำลองพลาสติก โดยในแต่ละการศึกษาก็มีการใช้ระบบของแบบจำลองดิจิทัลหลายระบบ เช่น OrthoCad^{3-5, 16, 39, 45-47}, Emodels^{17, 18, 48}, C3D-builder¹⁴, ConoProbe¹⁹, Easy3D Scan⁴⁹ Digimodel⁵⁰ และCecile3⁵¹ เป็นต้น จากงานทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic review) รายงานว่าค่าเฉลี่ยของการวัดบนแบบจำลองพลาสติกมีความแตกต่างกับแบบจำลองดิจิทัลเพียงเล็กน้อย และไม่ส่งผลกระทบต่อัยสำคัญทางคลินิก⁵² แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้นเรื่อย ๆ ตามยุคสมัย เครื่องสแกนแบบจำลองรุ่นใหม่ ๆ

ก็ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ใช้งานง่าย มีการวัดและวิเคราะห์ค่าบนแบบจำลองที่หลากหลาย รองรับการใช้งานที่ทันสมัยยิ่งขึ้น โดยเครื่องสแกนแบบจำลองดิจิทัลที่ใช้ในการศึกษานี้คือ เครื่องสแกน 3Shape R700TM ซึ่งพบว่ายังมีการวิจัยน้อยที่ได้รายงานถึงความแม่นยำและความเชื่อถือได้ของการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนด้วยเครื่องรุ่นนี้ โดยจากผลการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Lemos²¹ ที่ได้ศึกษาความเชื่อถือได้ของการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองพลาสติก กับแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนโดยใช้เครื่องสแกนสามมิติ 3Shape R700TM โดยพบว่าการวัดค่าบนแบบจำลองทั้งสองชนิด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า ยกเว้น ระยะการสับเหลี่ยมแนวราบ ซึ่งมีความแตกต่างเพียง 0.1 มม.เท่านั้น ดังนั้น การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมกับแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนด้วยเครื่องสแกนสามมิติ 3Shape R700TM นั้น ไม่ได้มีความแตกต่างกัน และสามารถยอมรับได้ในการนำมาใช้ในทางคลินิก

ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองดิจิทัลที่จำลองจาก 3 วิธีการ ซึ่งได้แก่ การสแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม แบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากรอยพิมพ์และแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ เนื่องด้วยคุณสมบัติของเครื่องสแกนสามมิติที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถสร้างแบบจำลองดิจิทัลจากการสแกนรอยพิมพ์ได้โดยตรง ซึ่งมีข้อดีคือ ช่วยลดเวลา ค่าใช้จ่าย และการจัดเก็บแบบจำลองพลาสติกก่อน โดยผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะเชิงเส้นที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัลทั้งสามวิธี มีความแตกต่างในการวัดค่าเพียง 4 ระยะจาก 24 ระยะ ซึ่งโดยรวมแล้วการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากทั้งสามวิธี ไม่มีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ ให้ผลที่ตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Torrassian และคณะ⁵³ ที่พบว่าการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากรอยพิมพ์มีค่าที่น้อยกว่าการวัดค่าบนแบบจำลองพลาสติก ซึ่งความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าอาจเกิดจากการหดตัวของรอยพิมพ์อัลจินต เนื่องจากมีการเก็บรอยพิมพ์ไว้นานถึง 72 ชม. ก่อนจะจำลองเป็นแบบจำลองดิจิทัล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพเชิงมิติของรอยพิมพ์ได้ โดยปัญหาหรือความคลาดเคลื่อนที่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของรอยพิมพ์นั้น อาจเกิดได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ การที่รอยพิมพ์มีการดูดความชื้นหรือสูญเสียความชื้นออกไป หรือการดึงรอยพิมพ์ออกจากเบ้าพิมพ์ที่มีความคอดลิกรวมทั้งการพักรอยพิมพ์ไว้เป็นระยะเวลาอันก่อนที่จะทำการสแกนรอยพิมพ์ โดยการศึกษานี้ได้มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ เพื่อลดโอกาสการเกิดความคลาดเคลื่อนได้ โดยขั้นตอนการพิมพ์จะดำเนินการโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว ผสมและพิมพ์วัสดุพิมพ์ปากตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัด และนำรอยพิมพ์ไปสแกนหรือเทปูนพลาสติกทันทีหลังจากที่วัสดุแข็งตัว

ในการศึกษาตอนที่ 2 ได้เปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติก โดยผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยในการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในทุกกลุ่มที่แบ่งตามระดับฟันซ้อน ที่วัดได้บนแบบจำลองดิจิทัลที่จำลองจากทั้งสามวิธีกับแบบจำลองพลาสติก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Leifert และคณะ³ ซึ่งพบว่าการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองพลาสติกและแบบจำลองดิจิทัลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการวัดค่าบนแบบจำลองฟันล่าง แต่พบความแตกต่างในการวัดบนแบบจำลองฟันบน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของการวัดค่าประมาณ 0.4 mm. ซึ่งการศึกษานี้ผู้ศึกษาได้ให้ความเห็นว่า ความแตกต่างของการวัดค่านั้นเกิดจากปัจจัยเรื่องความลาดเอียงของฟันหน้าบน ที่มีความแปรผันมากกว่าในฟันล่าง ซึ่งส่งผลให้เกิดความแม่นยำในการวัดค่า โดยการศึกษาของ Leifert และคณะได้ใช้วิธีการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันโดยการใช้ลวดทองเหลืองวางบนด้านบดเคี้ยว และโค้งลวดไปตามส่วนโค้งแนวฟัน ซึ่งการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันโดยใช้ลวดทองเหลืองนั้นจะมีความแตกต่างในแต่ละบุคคล เนื่องจากการใช้ลวดทองเหลืองในการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันนั้น ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของทันตแพทย์ในการเลือกวางตำแหน่งลวดทองเหลือง ทำให้มีความแม่นยำในการวัดที่น้อย⁵⁴ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ที่วัดความยาวส่วนโค้งแนวฟัน โดยการแบ่งความยาวส่วนโค้งแนวฟันแยกส่วน ซึ่งวิธีนี้จะมีค่าความแม่นยำมากกว่า เนื่องจากสามารถกำหนดจุดอ้างอิงสำหรับการวัดได้ ทำให้การใช้แคลิเปอร์ในการวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันด้วยการแบ่งความยาวส่วนโค้งแนวฟันแยกส่วนเป็นวิธีการที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ^{11, 25, 33-36}

ในการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่าง ได้แบ่งกลุ่มตามระดับความรุนแรงของฟันซ้อนที่แตกต่างกัน เนื่องจากการมีฟันซ้อนถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการกำหนดจุดเพื่อวัดขนาดฟัน และความยาวส่วนโค้งแนวฟัน⁴ โดยในการศึกษานี้พบว่า การวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และการวิเคราะห์ระยะที่ว่าง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกัน แต่การศึกษานี้ให้ผลที่ต่างจากการศึกษาของ Redlich และคณะ¹⁹ ซึ่งพบว่าการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในฟันซ้อนบนแบบจำลองพลาสติกกับแบบจำลองดิจิทัลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลวัดค่าได้น้อยกว่าบนแบบจำลองพลาสติกประมาณ 1.19-3 มม. ซึ่งความแตกต่างนี้สามารถส่งผลต่อนัยสำคัญทางคลินิกได้ โดยปัจจัยที่มีผลทำให้ผลการศึกษาดังกล่าว น่าจะเกิดจากการที่มีการใช้เครื่องสแกนและโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Redlich และคณะใช้เครื่องสแกน Optimet's scanner ที่มี ConoProbe holographic sensor ร่วมกับการใช้โปรแกรม Teledent ในการวัด

ค่าบนแบบจำลองดิจิทัล ซึ่งในขั้นตอนการสแกนแบบจำลองพลาสติกนั้น เซนเซอร์รับภาพจะมีการจับภาพโดยมีการเอียงท่ามุมสูงสุดกับแบบจำลองพลาสติก 85 องศา ดังนั้นในกรณีที่แบบจำลองพลาสติกมีส่วนคอดที่ลึกมากกว่า 85 องศา จำเป็นต้องมีการสแกนแบบจำลองพลาสติกซ้ำอีกครั้งในอีกมุม หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการรวมภาพแบบจำลองที่สแกนได้จากสองครั้ง ดังนั้นในกระบวนการนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการวัดค่าคลาดเคลื่อนได้ แต่ในการศึกษานี้ได้ใช้เครื่องสแกน 3Shape R700TM ร่วมกับการใช้โปรแกรม OrthoAnalyzerTM ซึ่งด้วยคุณสมบัติของเครื่องสแกนรุ่นนี้ที่ได้มีการพัฒนาให้มีกล้องจับภาพสองตัว และมีการหมุนแบบจำลองพลาสติกในสามแนวแกน ทำให้การสแกนสามารถลอกเลียนรายละเอียดได้ดี และด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ที่ถูกออกแบบมาให้ในขณะที่ทำการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัล สามารถหมุนและขยายแบบจำลองดิจิทัลเพื่อกำหนดจุดที่วัดค่าได้อย่างชัดเจน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของแบบจำลอง ทำให้การวัดขนาดพื้น ความยาวส่วนโค้งแนวพื้น และการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากเครื่องสแกน 3Shape R700TM มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือเพียงพอในการนำมาใช้ในทางคลินิก ในขณะเดียวกัน Stevens ได้ให้ความเห็นว่าการวัดค่าบนแบบจำลองดิจิทัลนั้นมีความแม่นยำมากกว่าการวัดบนแบบจำลองพลาสติก เนื่องจากการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลสามารถกำหนดจุดที่ทำการวัดได้แม่นยำกว่าโดยการใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจนกว่า แต่ในขณะที่การใช้เครื่องมือ เช่น แคลิเปอร์วัดบนแบบจำลองพลาสติกนั้น อาจจะมีการแปรผันทางกายวิภาคของฟันที่จะเป็นอุปสรรคทำให้ไม่สามารถวางเครื่องมือในตำแหน่งที่ต้องการได้ ดังนั้นถ้าได้มีการเรียนรู้และฝึกการใช้แบบจำลองดิจิทัลอย่างแม่นยำ การใช้แบบจำลองดิจิทัลก็จะจะเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่มีความแม่นยำในการวัดค่ามากกว่าการวัดบนแบบจำลองพลาสติก¹⁷

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสามารถใช้แบบจำลองดิจิทัลเป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งในการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และวิเคราะห์ระยะที่ว่างได้ รวมทั้งสามารถใช้รอยพิมพ์ในการสแกนเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองดิจิทัลได้โดยไม่ต้องเทพลาสติก แต่อย่างไรก็ตามหากนำผล การศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการวางแผนรักษาในผู้ป่วย ควรมีการ นำไปใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากในการศึกษานี้ได้ประเมินเฉพาะการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วน โค้งแนวฟัน และวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนส่วนโค้งแนวฟัน ดังนั้นหากทำการวิเคราะห์แบบจำลอง ศึกษาในพารามิเตอร์อื่น ควรมีการศึกษาถึงความแม่นยำในการวัดค่าและวิเคราะห์แบบจำลองศึกษา เพิ่มเติมในอนาคต นอกจากนี้การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันบนแบบจำลองดิจิทัล สามารถ กำหนดจุดวัดเป็นเส้นโค้งบนแนวฟันได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความแตกต่างในการวัด โดยการนำผลของเครื่องมือเปรียบเทียบกับการวัดบนแบบจำลองดิจิทัลโดยวิธีนี้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

1. การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม กับการวัดบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแคลิเปอร์สื่อดิจิทัลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.1-0.4 มม. ถือว่าเป็นความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้และไม่ส่งผลกระทบต่อทางคลินิก

2. การวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองดิจิทัลที่สแกนจากแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรม รอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกที่เทจากรอยพิมพ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองดิจิทัลสามารถสแกนได้จากรอยพิมพ์ และแบบจำลองพลาสติกได้

3. การวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และการวิเคราะห์ระยะที่ว่างในแต่ละกลุ่มที่มีระดับฟันซ้อนแตกต่างกันบนแบบจำลองดิจิทัล กับแบบจำลองพลาสติกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลองดิจิทัลเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวัดขนาดฟัน ความยาวส่วนโค้งแนวฟัน และการวิเคราะห์ระยะที่ว่างได้

เอกสารอ้างอิง

1. Han UK, Vig KW, Weintraub JA, Vig PS and Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991; 100(3): 212-219.
2. Dale JG and Dale HC. Interceptive Guidance of Occlusion with Emphasis on Diagnosis. In: Graber LW, editor. Orthodontics: Current principles and techniques. 5th ed: Elsevier Health Sciences; 2011. p. 423-76.
3. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS and Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009; 136(1): 16 e1-4.
4. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF and Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003; 124(1): 101-105.
5. Quimby ML, Vig KW, Rashid RG and Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod* 2004; 74(3): 298-303.
6. Burdi AR and Moyers RE. Development of the Dentition and the Occlusion. In: Moyers RE, editor. Handbook of orthodontics. 4th ed: Year Book Medical Publishers; 1988. p. 99-146.
7. Nance HN. The limitations of orthodontic treatment; mixed dentition diagnosis and treatment. *Am J Orthod* 1947; 33(4): 177-223.
8. Musich DR and Ackerman JL. The catenometer: a reliable device for estimating dental arch perimeter. *Am J Orthod* 1973; 63(4): 366-75.
9. Zilberman O, Huggare J and Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod* 2003; 73(3): 301-6.
10. Romeo A. Holograms in orthodontics: A universal system for the production, development, and illumination of holograms for the storage and analysis of dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995; 108(4): 443-7.

11. Schirmer UR and Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997; 112(6): 676-80.
12. Motohashi N and Kuroda T. A 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery. *Eur J Orthod* 1999; 21(3): 263-74.
13. British Dental Association. Advice Sheet B1: ethics in dentistry. London: BDA, 1995.
14. Bell A, Ayoub AF and Siebert P. Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod* 2003; 30(3): 219-23.
15. Quintero J, Trosien A, Hatcher D and Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments. *Angle Orthod* 1999; 69(6): 491-506.
16. Mayers M, Firestone AR, Rashid R and Vig KW. Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2005; 128(4): 431-4.
17. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G and Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006; 129(6): 794-803.
18. Mullen SR, Martin CA, Ngan P and Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007; 132(3): 346-52.
19. Redlich M, Weinstock T, Abed Y, Schneor R, Holdstein Y and Fischer A. A new system for scanning, measuring and analyzing dental casts based on a 3D holographic sensor. *Orthod Craniofac Res* 2008; 11(2): 90-5.
20. Correia GD, Habib FA and Vogel CJ. Tooth-size discrepancy: a comparison between manual and digital methods. *Dental Press J Orthod* 2014; 19(4): 107-13.
21. Lemos LS, Rebello IM, Vogel CJ and Barbosa MC. Reliability of measurements made on scanned cast models using the 3Shape R700 scanner. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44(6): 20140337.

22. Saleh WK, Ariffin E, Sherriff M and Bister D. Accuracy and reproducibility of linear measurements of resin, plaster, digital and printed study-models. *J Orthod* 2015; 42(4): 201-6.
23. Doris JM, Bernard BW and Kuftinec MM. A biometric study of tooth size and dental crowding. *Am J Orthod* 1981; 79(3): 326-36.
24. Staley RN and Reske NT. Dental Cast Analysis in Adults. In: Staley RN and Reske NT, editors. Essentials of orthodontics: diagnosis and treatment. 1st ed: John Wiley & Sons; 2010. p. 33-42.
25. Hunter WS and Priest WR. Errors and discrepancies in measurement of tooth size. *J Dent Res* 1960; 39: 405-14.
26. Proffit WR, Sarver DM and Ackerman JL. Orthodontic diagnosis: The problem-oriented approach. In: Proffit WR and Fields HW, editors. Contemporary orthodontics. 4th ed: Elsevier Health Sciences; 2013. p. 150-219.
27. Moorrees CF and Reed RB. Correlations among Crown Diameters of Human Teeth. *Arch Oral Biol* 1964; 9: 685-97.
28. Hixon EH and Oldfather RE. Estimation Of The Sizes Of Unerupted Cuspid And Bicuspid Teeth. *Angle Orthod* 1958; 28(4): 236-40.
29. Tanaka MM and Johnston LE. The prediction of the size of unerupted canines and premolars in a contemporary orthodontic population. *J Am Dent Assoc* 1974; 88(4): 798-801.
30. Carey CW. Treatment planning and the technical program in the four fundamental treatment forms. *Am J Orthod* 1958; 44(12): 887-98.
31. Huckaba G. Arch size analysis and tooth size prediction. *Dent Clin North Am* 1964; (11): 431-40.
32. Staley RN. Tooth size-arch length analysis. In: Bishara SE, editor. Textbook of orthodontics. 1st ed: Saunders Book Company; 2001. p.134-45.
33. Brook AH, Pitts NB, Yau F and Sandar PK. An image analysis system for the determination of tooth dimensions from study casts: comparison with manual measurements of mesio-distal diameter. *J Dent Res* 1986; 65(3): 428-31.
34. Champagne M. Reliability of measurements from photocopies of study models. *J Clin Orthod* 1992; 26(10): 648-50.

35. Mok KH and Cooke MS. Space analysis: a comparison between sonic digitization (DigiGraph Workstation) and the digital caliper. *Eur J Orthod* 1998; 20(6): 653-61.
36. Rudge S, Jones P, Hepenstal S and Bowden D. The reliability of study model measurement in the evaluation of crowding. *Eur J Orthod* 1983; 5(3): 225-31.
37. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH and Vogels III DS. 2008 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, part 1: results and trends. *J Clin Orthod* 2008; 42(11): 625-40.
38. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Nolthenius HET, van der Meer WJ and Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013; 143(1): 140-47.
39. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM and Fischer JR, Jr. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod* 2001; 71(5): 351-7.
40. Coleman RM, Hembree JH and Weber FN. Dimensional stability of irreversible hydrocolloid impression material. *Am J Orthod* 1979; 75(4): 438-46.
41. Moreira DD, Gribel BF, Torres GDR, Vasconcelos KdF, Freitas DQd and Ambrosano GMB. Reliability of measurements on virtual models obtained from scanning of impressions and conventional plaster models. *Braz J Oral Sci* 2014; 13(4): 297-302.
42. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. London, United Kingdom: George Allen and Unwin; 1940. p. 122-32.
43. Hirogaki Y, Sohmura T, Satoh H, Takahashi J and Takada K. Complete 3-D reconstruction of dental cast shape using perceptual grouping. *IEEE Trans Med Imaging* 2001; 20(10): 1093-101.
44. Tennison J EJ, Bussa H, Powers J, Frey G, Duke J. Dimensional Stability of Orthodontic Alginates [Master's thesis]. Houston, Texas: University of Texas; 2007. Cited in Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI, Marie Salas-Lopez A and Corbett JA. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod* 2010; 80(4): 662-669.

45. Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ and Efstratiadis S. Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2005; 128(5): 624-29.
46. Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C and Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007; 131(1): 51-6.
47. Hildebrand JC, Palomo JM, Palomo L, Sivik M and Hans M. Evaluation of a software program for applying the American Board of Orthodontics objective grading system to digital casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008; 133(2): 283-9.
48. Horton HM, Miller JR, Gaillard PR and Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod* 2010; 80(2): 254-61.
49. Keating AP, Knox J, Bibb R and Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod* 2008; 35(3): 191-201.
50. Veenema A, Katsaros C, Boxum S, Bronkhorst E and Kuijpers-Jagtman A. Index of Complexity, Outcome and Need scored on plaster and digital models. *Eur J Orthod* 2009; 31(3): 281-6.
51. Watanabe-Kanno GA, Abrão J, Miasiro Junior H, Sánchez-Ayala A and Lagravère MO. Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Ceph3 digital models. *Braz Oral Res* 2009; 23(3): 288-95.
52. Fleming P, Marinho V and Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 2011; 14(1): 1-16.
53. Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI, Marie Salas-Lopez A and Corbett JA. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod* 2010; 80(4): 662-69.
54. Beazley WW. Assessment of Mandibular Arch Length Discrepancy Utilizing an Individualized Arch Form. *Angle Orthod* 1971; 41(1): 45-54.

ภาคผนวก



ที่ ศธ 0521.1.03/ 568

คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คูไปรษณีย์เลขที่ 17
ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขคอหงส์
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อรับรองว่า

โครงการวิจัยเรื่อง "การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระยะที่ว่างบนแบบจำลองดิจิทัลกับแบบจำลองพลาสติกเตอร์"
รหัสโครงการ EC5904-13-P-LR
หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ทพญ.สุปาณี สุนทรโลหะนะกุล
ผู้ร่วมโครงการวิจัย ทันตแพทย์รัชธรรม รักศิลป์
สังกัดหน่วยงาน ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ได้ผ่านการพิจารณาและได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมในการวิจัย (Research Ethics Committee) ซึ่งเป็นคณะกรรมการพิจารณาศึกษาการวิจัยในคนของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

ในคราวประชุมครั้งที่ 4/2559 เมื่อวันที่ 21 เมษายน 2559

ให้ไว้ ณ วันที่ 24 พฤษภาคม 2559

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทพญ.ศรีสุรางค์ สุทธปรียาศรี)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมในการวิจัย

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพ.นพ.สุรพงษ์ วงศ์วีชรานนท์)

กรรมการ
(อาจารย์ ทพ.กมลพันธ์ เนื่องศรี)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นพ.พรชัย สติรปัญญา)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วศิน สุวรรณรัตน์)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ.อังคณา เจริญมนตรี)

กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ทพญ.สุพิชชา ตสิงจิตร)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ.สุวรรณา จิตภักดีดินทร์)

กรรมการ
(นายบุญสิทธิ์ บัวบาน)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทพญ.สุพัชรินทร์ พิวัฒน์)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายรัชชธรรม รักศิลป์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5810820009

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

- ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ โรงพยาบาลพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ปีการศึกษา 2557-2560
- ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีงบประมาณ 2559

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ทันตแพทย์ชำนาญการ กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

รัชชธรรม รักศิลป์, สุปาณี สุนทร โลหะนะกุล. การเปรียบเทียบการวัดระยะเชิงเส้นบนแบบจำลองฝึกปฏิบัติทางทันตกรรมด้วยแบบจำลองดิจิทัลกับวิธีดั้งเดิม. ในการประชุมวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีภาคใต้วิจัย ครั้งที่ 7; วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2560; จังหวัดนครศรีธรรมราช, ประเทศไทย. วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้; 2560

รัชชธรรม รักศิลป์, สุปาณี สุนทร โลหะนะกุล. การวัดความยาวส่วนโค้งแนวฟันของแบบจำลองศึกษาทางทันตกรรมจัดฟัน. *ว.ทันต. สงขลานครินทร์* 2559; 4(1):1-11.