



ความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ได้จาก วิธีพิมพ์รากเทียม 3 วิธี

กรเทพ สุขยุคท. ท.บ.¹

ภาณพงศ์ วงศ์ไทย ท.บ., วท.ม., อ.ท. (ทันตกรรมประดิษฐ์)²

¹นิสิตปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อหาวิธีพิมพ์รากเทียมที่มีความเที่ยงตรงสูงสุด โดยศึกษาจากความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์รากเทียม 3 วิธี เมื่อเปรียบเทียบกับแม่แบบ

วัสดุและวิธีการ แบบจำลองจำนวน 30 ชิ้น ถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีพิมพ์ คือ กลุ่มที่ 1 วิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก กลุ่มที่ 2 วิธีพิมพ์โดยตรง และกลุ่มที่ 3 วิธีพิมพ์โดยตรงแบบเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดติดกับภาคพิมพ์ ทำการทดลองโดยสร้างแม่แบบที่มีรากเทียมฝังอยู่บนฐานโลหะสี่เหลี่ยม 2 ตัว ตัวหลักแต่ละตัวที่ติดอยู่กับรากเทียมจะทำเครื่องหมายที่ขอบด้านบนเพื่อเป็นจุดอ้างอิง 3 จุด รวมเป็น 6 จุด ทำการพิมพ์ด้วยวัสดุพิมพ์ซิลิโคน แอคติชันแนล ด้วยวิธีต่างๆ แล้วนำไปเทแบบจำลองด้วยปูนหินชนิดที่ 4 จากนั้นนำแบบจำลองเหล่านี้ไปวัดระยะทางของจุดอ้างอิงที่มีการเบี่ยงเบนไปเมื่อเทียบกับแม่แบบ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาดที่ระดับความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร ซึ่งวัดในรูปพิกัด (x,y,z) เพื่อศึกษาทิศทางการเบี่ยงเบน และใช้ทฤษฎีพีทาโกรัสเปลี่ยนพิกัดที่ได้เป็นระยะทางที่มีการเบี่ยงเบนไป แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยสถิติ แทมเฮน ซึ่งแยกพิจารณาที่ละจุดอ้างอิงทั้ง 6 จุด

ผลการศึกษา แบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก มีการเบี่ยงเบนไปจากแม่แบบน้อยกว่าวิธีพิมพ์โดยตรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 6 จุด ($p = 0.001, < 0.001, < 0.001, 0.002, 0.003, < 0.001$ ตามลำดับ) และน้อยกว่าวิธีพิมพ์โดยตรงแบบเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดติดกับภาคพิมพ์ ($p < 0.001$) ส่วนวิธีพิมพ์โดยตรงทั้งแบบที่ทำการเชื่อมและไม่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดเข้ากับภาคพิมพ์นั้น แบบจำลองที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.446, 0.980, 0.212, 0.073, 0.108, 0.566$ ตามลำดับ)

สรุป วิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก จะให้แบบจำลองที่มีความเที่ยงตรงสูงที่สุด ส่วนวิธีพิมพ์โดยตรง การเชื่อมหรือไม่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดเข้ากับภาคพิมพ์นั้นไม่มีผลกับความเที่ยงตรงของแบบจำลอง

(ว ทันต จุฬาฯ 2551;31:223-34)

คำสำคัญ: ความเที่ยงตรง; ตัวต่อยอดถ่ายถอด; รากเทียม; วิธีพิมพ์โดยไม่ใช้ตัวต่อยอดถ่ายถอดเช่นเดียวกับฟันปลอมติดแน่นบนพื้นฐานธรรมชาติ; วิธีพิมพ์รากเทียม

บทนำ

ปัจจุบันนี้เรายอมรับกันแล้วว่ารากเทียมเข้ามามีบทบาทในการรักษาทางทันตกรรมเป็นอย่างมาก ซึ่งก็มีรายงานความสำเร็จในการรักษาอยู่มากมาย^{1,2} ปัจจัยที่มีผลกับความสำเร็จนั้นขึ้นกับทั้งขั้นตอนการผ่าตัดและการทำฟันปลอม³ ในส่วนของการทำงานฟันปลอมนั้นความแนบสนิทอย่างเที่ยงตรง (passive fit) มีผลกับความสำเร็จในระยะยาวของการรักษาด้วยรากเทียม⁴⁻⁷ กระบวนการทำฟันปลอมที่รองรับด้วยรากเทียมให้มีความแนบสนิทอย่างเที่ยงตรงยังไม่สามารถทำได้⁸ เพราะความคลาดเคลื่อนในการทำโครงฟันปลอมเกิดได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การพิมพ์ปาก การเทแบบหล่อ การเหียงโครง ไปจนถึงการใส่ฟันปลอม⁹ ทำให้มีช่องว่างหลายขนาดที่สามารถตรวจพบได้ ซึ่งแสดงถึงความไม่แนบสนิทระหว่างชิ้นฟันปลอมกับตัวหลักรากเทียม (implant abutment)¹⁰

การทำชิ้นฟันปลอมนั้นขั้นตอนส่วนใหญ่ทำแบบจำลองที่ลอกเลียนมาจากผู้ป่วย แม้ว่าชิ้นฟันปลอมที่ได้จะแนบสนิทกับแบบจำลองเพียงใด แต่ถ้าแบบจำลองนั้นไม่เหมือนกับในช่องปากเมื่อนำชิ้นฟันปลอมไปใส่ในผู้ป่วยย่อมเกิดความไม่แนบสนิทเกิดขึ้น ดังนั้นการได้แบบจำลองที่เที่ยงตรงจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งวิธีการพิมพ์ปากนั้นมีผลอย่างมากกับความเที่ยงตรงของแบบจำลอง¹¹ และในกระบวนการพิมพ์รากเทียมนั้นมีขั้นตอนที่ต่างจากฟันธรรมชาติ คือการใช้ตัวต่อถ่ายทอด (transfer coping) ตัวรากเทียมจำลอง (implant body analog) หรือตัวหลักจำลอง (abutment analog) ซึ่งทำให้การพิมพ์ปากนั้นต้องคำนึงถึงความสามารถในการรักษาตำแหน่งของส่วนประกอบเหล่านี้¹²

วิธีพิมพ์รากเทียมสามารถแบ่งตามลักษณะการยึดติดของตัวต่อถ่ายทอดในวัสดุพิมพ์ปากได้ 2 วิธี^{13,14} คือ วิธีพิมพ์โดยอ้อม (indirect technique) ใช้ตัวต่อถ่ายทอดชนิดสอบ (taper transfer coping) ร่วมกับถาดพิมพ์ชนิดปิดรูด้านบน (close tray) เมื่อพิมพ์เสร็จแล้วต้องถอดตัวต่อถ่ายทอดจากรากเทียมกลับมาใส่ในรอยพิมพ์ และวิธีการพิมพ์โดยตรง (direct technique) ใช้ตัวต่อถ่ายทอดชนิดขนาน (parallel transfer coping) ร่วมกับถาดพิมพ์ชนิดเปิดรูด้านบน (open tray) เพื่อเป็นทางขึ้นสกรู เมื่อพิมพ์เสร็จแล้วตัวต่อถ่ายทอดจะติดอยู่ในรอยพิมพ์ ซึ่งจาก

การศึกษาเปรียบเทียบทั้ง 2 วิธีนี้พบว่า วิธีพิมพ์โดยอ้อมมีความคลาดเคลื่อนสูงมากกว่า^{12,15} เนื่องจากไม่สามารถใส่ตัวต่อถ่ายทอดย้อนกลับเข้าที่ในรอยพิมพ์ได้ ไม่ว่าจะใช้วัสดุพิมพ์หรือรากเทียมระบบใดก็ตาม¹⁶ ส่วนวิธีพิมพ์โดยตรงนั้นสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 วิธี คือ ทำการเชื่อม และไม่เชื่อมตัวต่อถ่ายทอดเข้าด้วยกันก่อนพิมพ์ปาก ซึ่งผลของการศึกษาไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากมีทั้งผลไม่แตกต่างกัน¹⁷⁻¹⁹ ผลที่เห็นว่าการเชื่อมต่อมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า²⁰⁻²⁵ เพราะช่วยให้มีเสถียรภาพของตัวต่อถ่ายทอดมากขึ้นขณะเอาถาดพิมพ์ออกจากปากและขั้นตอนการขึ้นรากเทียมจำลองเข้าในรอยพิมพ์ ส่วนการศึกษาที่ให้ผลทางตรงข้าม^{11,26,27} เห็นว่าการเชื่อมตัวต่อถ่ายทอดมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า เพราะว่ามีภาระกดตัวของเรซินอะคริลิก (acrylic resin) ที่ใช้เชื่อม ซึ่งเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น นอกจากความคลาดเคลื่อนจากวิธีพิมพ์แล้วรอยต่อระหว่างตัวต่อถ่ายทอดกับรากเทียมและรากเทียมจำลองก็มีความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยเช่นกัน^{11,28} โดยรอยต่อนี้มีค่าหลายหลาย ตั้งแต่ 3 ไมโครเมตรไปถึง 101 ไมโครเมตร²⁹

จากวิธีการพิมพ์รากเทียมที่กล่าวไปจะเห็นได้ว่า วิธีการพิมพ์โดยตรงหรือโดยอ้อม การเชื่อมตัวต่อถ่ายทอดร่วมหรือไม่ก็ตาม แบบจำลองที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ เนื่องจากใส่ตัวต่อถ่ายทอดลงไม่สนิทบนรากเทียมหรือรากเทียมจำลอง ขั้นตอนการใส่ตัวต่อถ่ายทอดกลับเข้าไปในรอยพิมพ์ หรือขั้นตอนการขึ้นตัวรากเทียมจำลองติดกับตัวต่อถ่ายทอดในรอยพิมพ์ ถ้าสามารถตัดสาเหตุเหล่านี้ออกไปได้แบบจำลองที่ได้ควรจะมีความเที่ยงตรงที่มากกว่าเดิม ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์รากเทียม 3 วิธี ได้แก่ วิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก วิธีพิมพ์โดยตรงร่วมกับการใช้ตัวต่อถ่ายทอด และวิธีพิมพ์โดยตรงแบบเชื่อมตัวต่อถ่ายทอดติดกับถาดพิมพ์ โดยมีสมมติฐานของงานวิจัยคือ ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก และพิมพ์โดยตรงทั้งที่เชื่อมและไม่เชื่อมตัวต่อถ่ายทอดเข้ากับถาดพิมพ์ มีผลกับความเที่ยงตรงของแบบจำลองรากเทียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วัสดุและวิธีการ

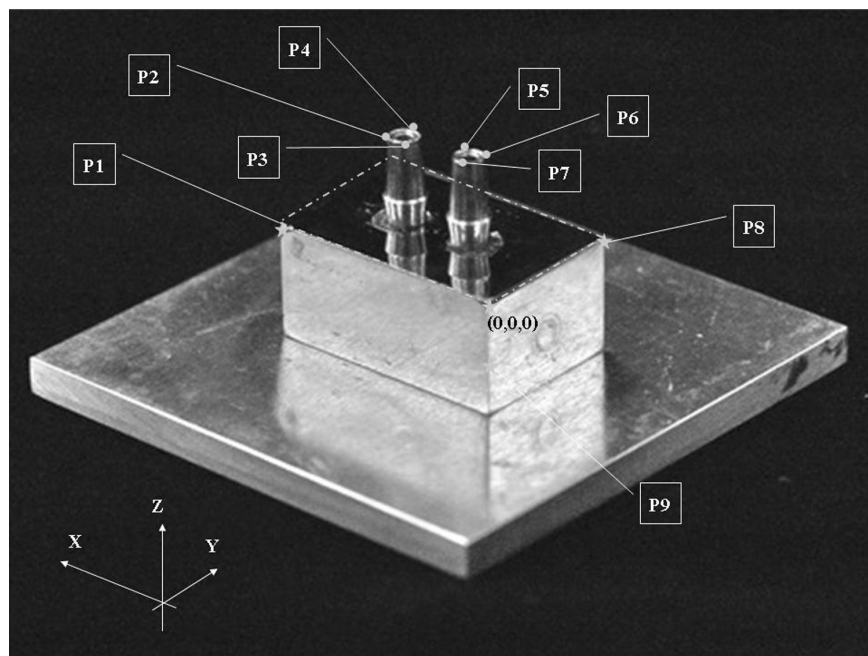
การสร้างแม่แบบ

แม่แบบนี้ใช้เป็นกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการพิมพ์และวัดผล เสมือนว่าเป็นรากเทียมที่ฝังอยู่ในช่องปากผู้ป่วย 2 อัน โดยกึ่งขึ้นโลหะแม่แบบ ขนาด 26 x 17 x 12 มิลลิเมตร และเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร 2 รู ลึก 12 มิลลิเมตร ห่างกัน 4 มิลลิเมตร ผสมกาวเรซิน (UHU plus schnellfest, USA) ด้วยอัตราส่วนตามบริษัท แนะนำ เเทลงในรู จากนั้นใส่รากเทียมระบบสไปน (Spline, Sulzer Calcitek, Carlsbad, CA) ตามลงไปให้ขนานกัน รอรเรซินแข็งตัวสมบูรณ์ที่ 72 ชั่วโมง และทำรอยบากที่สันด้านบนของตัวหลักรากเทียมตัวละ 3 จุด ดังรูปที่ 1 เพื่อเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการวัดว่าระนาบของตัวหลักรากเทียมอยู่ที่ใดใน 3 มิติ ซึ่งใช้มีดทำรอยบากภายใต้กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาด (measurement microscope, MEIJI TECHNO CO., LTD. Japan) กำลังขยาย 50 เท่า

ตรวจสอบรอยต่อระหว่างตัวหลักกับรากเทียม ตัวหลักกับรากเทียมจำลอง ตัวต่อยอดถ่ายทอดกับรากเทียม และตัวต่อยอดถ่ายทอดกับรากเทียมจำลอง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาดให้มีความแนบสนิทไม่มีช่องว่างเกิดขึ้นที่ระดับความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร และใช้แรงขัน 30 นิวตัน/เซนติเมตรตลอดการทดลอง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการขันส่วนประกอบต่างๆ ไม่แนบสนิท

การสร้างถาดพิมพ์ปากเฉพาะบุคคล (individual tray)

การสร้างถาดพิมพ์ปากทำโดยนำซี่ฝังทันตกรรมมาโอบรอบฐานโลหะและตัวหลัก 2 ชั้นให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร จากนั้นผสมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self-cure acrylic resin) วางทับลงไปบนซี่ฝังให้ได้ความหนา 2 มิลลิเมตร และมีจุดพักอยู่บนฐานของแม่แบบ ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมงแล้วจึงเจาะรูโดยรอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร แต่ละรูห่างกัน 5 มิลลิเมตรให้เป็นที่ยึดสำหรับวัสดุพิมพ์ปาก โดย



รูปที่ 1 แสดงจุดต่างๆ ที่ทำการวัดบนแม่แบบและเส้นประแสดงระนาบอ้างอิง โดยจุด P1 P8 และ (0,0,0) เป็นจุดอ้างอิงบนระนาบอ้างอิง จุด P2 P3 และ P4 เป็นจุดอ้างอิงบนตัวหลักด้านซ้าย และจุด P5 P6 และ P7 เป็นจุดอ้างอิงบนตัวหลักด้านขวา

Fig. 1 shows reference points and reference planes (dash lines). P1, P8 and (0,0,0) indicate the reference points of reference planes. P2, P3 and P4 indicate the reference points of the left abutment. P5, P6 and P7 show the reference points of the right abutment.

ก่อนพิมพ์จะทำการทาการซิลิโคนและทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 15 นาที

การพิมพ์รากเทียมด้วยวิธีต่างๆ

การทดลองนี้ศึกษาวิธีพิมพ์ 3 วิธี โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น

กลุ่มที่ 1 วิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก

วิธีนี้ทำเช่นเดียวกับการพิมพ์ปากในงานฟันปลอมติดแน่นที่รองรับด้วยฟันธรรมชาติ โดยใช้วัสดุพิมพ์ แอดดิชันแนลซิลิโคน (additional silicone) ชนิดความหนืดปานกลางผสมจากเครื่องผสมสำเร็จรูปชนิดปืน (Express, Courtesy 3M ESPE, Seefeld, Germany) ที่อุณหภูมิขณะทำงาน 23 องศาเซลเซียส ฉีดไปรอบตัวหลักรากเทียมและในสภาพพิมพ์ปาก จากนั้นกดทับลงไปให้จุดพักแนบสนิทกับฐานแบบจำลองภายในเวลา 3 นาที ตั้งแต่เริ่มผสม และทุกครั้งของการพิมพ์ต้องใช้เวลาเท่ากัน จากนั้นรอ 17 นาที แล้วดึงออก เนื่องจากเวลาที่แนะนำโดยบริษัท คือ 8 นาที แต่กลุ่มที่ทำการเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอดเข้ากับสภาพพิมพ์ต้องรอเรซินก่อตัวเป็นเวลา 17 นาที จึงทำการปรับเวลาให้เท่ากันทุกกลุ่มทดลอง หลังจากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้เกิดการคืนกลับ ก่อนที่จะนำไปเทแบบจำลองด้วยปูนปลาสเตอร์หิน ชนิดที่ 4 (Noritake, Japan)

กลุ่มที่ 2 วิธีพิมพ์โดยตรงร่วมกับการใช้ตัวต่อยอดถ่ายทอด

วิธีนี้เริ่มจากใส่ตัวต่อยอดถ่ายทอดลงบนตัวรากเทียม จากนั้นนำสภาพพิมพ์ปากมาวางและเจาะรูให้เป็นทางสำหรับชิ้นตัวต่อยอดถ่ายทอด โดยขอบรูห่างจากตัวต่อยอดถ่ายทอด 1 มิลลิเมตร เมื่อลองได้พอดีแล้วผสมวัสดุพิมพ์ด้วยวิธีเดิม ฉีดรอบตัวต่อยอดถ่ายทอด และกดสภาพพิมพ์ปากให้จุดพักแนบสนิทกับฐานแบบจำลอง รอจนก่อตัวสมบูรณ์แล้วจึงขึ้นสกรูเพื่อคลายตัวต่อยอดถ่ายทอดจากรากเทียม จากนั้นดึงสภาพพิมพ์ออก แล้วนำรากเทียมจำลองมาใส่และขึ้นสกรูให้ติดกับตัวต่อยอดถ่ายทอด ทิ้งไว้ 30 นาที ก่อนนำไปเทแบบจำลองด้วยวิธีเดิม

กลุ่มที่ 3 วิธีพิมพ์โดยตรงแบบเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอดติดกับสภาพพิมพ์

วิธีนี้เริ่มจากใส่ตัวต่อยอดถ่ายทอดลงบนตัวรากเทียม จากนั้นนำสภาพพิมพ์อันเดียวกับกลุ่มที่ 2 มาลองให้พอดีแล้วผสมวัสดุพิมพ์ปากด้วยวิธีเดิม ฉีดรอบตัวต่อยอดถ่ายทอดและกดสภาพพิมพ์ปากให้จุดพักแนบสนิทกับฐานแบบจำลอง จากนั้นผสมดูราเลเรซิน (duralay resin) หยอดเชื่อมตัวต่อยอดเข้ากับสภาพพิมพ์ รอจนก่อตัวสมบูรณ์เป็นเวลา 17 นาที แล้วจึงขึ้นสกรูเพื่อคลายตัวต่อยอดถ่ายทอดจากตัวหลักรากเทียม จากนั้นดึงสภาพพิมพ์ออก แล้วนำรากเทียมจำลองมาใส่และขึ้นสกรูให้ติดกับตัวต่อยอดถ่ายทอด จากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที ก่อนนำไปเทแบบจำลองด้วยวิธีเดิม

การเทแบบจำลอง

แบบจำลองทั้งหมดทำจากปูนหินชนิดที่ 4 ใช้ปูนใหม่ที่นำมาจากกล่องบรรจุ โดยมีอัตราส่วนในการผสม น้ำ 24 มิลลิลิตร ต่อ ผง 100 กรัม เริ่มจากใส่น้ำในถ้วยผสมก่อนตามอัตราส่วน จากนั้นจึงใส่ปูนปลาสเตอร์หินตามลงไป รอ 30 วินาที ให้ปูนจมลงในน้ำ แล้วจึงนำไปใส่เครื่องผสมชนิดสูญญากาศ เป็นเวลา 20 วินาที ตามที่บริษัทแนะนำ และนำไปเทลงในรอยพิมพ์ที่ได้ร่วมกับการใช้เครื่องสั่นสะเทือน รอจนปูนก่อตัวสมบูรณ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำออกมาจากรอยพิมพ์

การเตรียมชิ้นงานก่อนทำการวัดผล

เนื่องจากหลังเทปูนลงในรอยพิมพ์ แบบจำลองแต่ละอันจะมีฐานไม่ขนานกัน ทำให้เมื่อวางตั้งแล้วมีระนาบอ้างอิงไม่ขนานกันจึงจะทำการต่อฐานของแบบจำลองให้มีระนาบอ้างอิงขนานกันทุกชิ้นและขนานกับแนวระนาบ โดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 3.5 เซนติเมตร วางซ้อนกัน จากนั้นคว่ำแบบจำลองลงบนที่อ่อนเล็กแล้วจึงเทปูนลงบนฐาน วางแผ่นแก้วซ้อนทับลงไปบนที่วางใหญ่จนแนบสนิท จากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และทำการตรวจสอบความหนาทั้งสี่มุมของแบบจำลองโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ก่อนนำไปวัดผล ซึ่งทุกแบบจำลองจะต้องมีความหนาที่เท่ากัน และในทุก ๆ ตำแหน่งอยู่ในระนาบเดียวกัน

กระบวนการวัดผลและแปลผล

เครื่องมือที่ใช้วัด คือ กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาด โดยมีกำลังขยายของเลนส์ 50 เท่า (SPlan 5X/0.1 ∞/0) ระดับความละเอียดที่ใช้ในมาตรวัด คือ 1/1000 มิลลิเมตร แต่ละจุดจะทำการวัด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย และจะทำการปรับมาตรฐานของผู้วัดโดยการวัดชิ้นตัวอย่างมาตรฐานที่ทราบขนาดแน่นอนอยู่แล้ว 5 ครั้งก่อน จนค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 ไมโครเมตร เพื่อทดสอบความเที่ยงตรงและแม่นยำในการวัดแบบจำลอง แต่เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือนี้คือ จะวัดผลข้อมูลได้เพียง 2 มิติ แต่ข้อมูลที่ต้องการเป็นลักษณะ 3 มิติ จึงต้องทำการวัดเป็น 2 มุมมอง คือ ในระนาบ xy และในระนาบ xz จากนั้นจึงรวมข้อมูลเป็นพิกัด (x,y,z)

กระบวนการวัดจะเริ่มจากการวางชิ้นงานลงในกล่องเลื่อนให้จุด 0 ตรงกับกากบาทที่เลนส์ เพื่อให้เริ่มต้นที่พิกัด (0,0,0) และให้ทุกแบบจำลองมีแกน x ซานานกัน ซึ่งตรวจสอบได้จากจุดที่ 1 ต้องมีพิกัด (a,0,0) โดยค่า a หมายถึงระยะตามแกน x แต่ละแบบจำลองอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากการขยายตัวของปูนและหดตัวของวัสดุพิมพ์ ส่วนค่า 0 หมายถึงไม่มีการขยับในแนวแกน y และแกน z แสดงว่าทุกแบบจำลองนั้นระนาบอ้างอิงซานานกัน เหตุผลที่ทำเช่นนี้เพราะว่าจะทำให้แต่ละแบบจำลองมีระนาบอ้างอิงที่ซานานและอยู่ในแนวเดียวกัน เพื่อที่จะสามารถนำพิกัด p2-p7 ดังที่แสดงในรูปที่

1 ที่วัดได้จากแต่ละแบบจำลองมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งจะนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟพิกัดเพื่อแสดงผลของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากกระบวนการพิมพ์ปากว่าเกิดในทิศทางอย่างไร จากนั้นหาระยะที่แบบจำลองคลาดเคลื่อนไปจากแม่แบบ โดยเปลี่ยนพิกัดในแนวแกน x, y และ z ออกมาเป็นระยะทางจริง ๆ ที่เคลื่อนไป เพื่อนำมาวิเคราะห์สถิติว่าแบบจำลองที่ได้จากแต่ละวิธีพิมพ์นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยระยะที่ใช้ในการคำนวณ คือ ระยะที่แบบจำลองเบี่ยงเบนไปจากแม่แบบ ซึ่งแยกคิดทีละจุดทั้งหมด 6 จุด โดยใช้สูตร^{30,31}

$$k = ((x_n - cx)^2 + (y_n - cy)^2 + (z_n - cz)^2)^{1/2}$$

k หมายถึง ระยะที่จุดบนแบบจำลองเบี่ยงเบนไปจากจุดบนแม่แบบ

cx, cy, cz หมายถึง พิกัดจุดบนแม่แบบ

x_n, y_n, z_n หมายถึง พิกัดจุดบนแบบจำลอง

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม แต่เนื่องจากระยะที่เบี่ยงเบนไปส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการพิมพ์ปาก ซึ่งรวมถึงผลจากการหดตัวของวัสดุพิมพ์และการขยายตัวของปูน ซึ่งผลรวมนี้สามารถหาได้จากจุดอ้างอิงที่เหลือ (พิกัด 0, p1, p8, p9) ในแนวแกน x, y และ z โดยคิดเป็นร้อยละที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากแม่แบบ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละจุดอ้างอิงของแต่ละวิธีพิมพ์มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
Table 1 shows the mean ± standard deviation of error in each techniques (millimeter).

Group	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	0.017±0.0075 ^A	0.019±0.0081 ^A	0.020±0.0032 ^A	0.024±0.0044 ^A	0.020±0.0067 ^A	0.020±0.005 ^A
2	0.083±0.0377 ^B	0.083±0.0209 ^B	0.079±0.0231 ^B	0.108±0.0518 ^B	0.110±0.0599 ^B	0.084±0.0265 ^B
3	0.065±0.0173 ^B	0.086±0.0188 ^B	0.062±0.0168 ^B	0.063±0.0163 ^B	0.063±0.0152 ^B	0.072±0.0141 ^B
p-value	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Group with the same letter is not statistically different at the p = 0.05 level

ผลการศึกษา

จากการวัดผลจะแยกพิจารณาที่ละจุดทั้งหมด 6 จุด ได้ค่าดังตารางที่ 1 วิเคราะห์การกระจายของข้อมูลด้วยสถิติโคลโมโกรอฟ-สมอนอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ แต่ค่าการวิเคราะห์ความเหมือนของความแปรปรวน โดยใช้สถิติลิวน์สเทสต์ (Levene's test) พบว่ามีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้สถิติแทมเฮน (Tamhane's test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่มที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานของงานวิจัย หมายถึง ความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์รากเทียม 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลักมีการเบี่ยงเบนไปจากแม่แบบน้อยกว่าวิธีพิมพ์ วิธีพิมพ์โดยตรงแบบใช้ตัวต่อยอดถ่ายทอรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 6 จุด ($p = 0.001 < 0.001 < 0.001 < 0.002 < 0.003 < 0.001$ ตามลำดับ) และน้อยกว่าวิธีพิมพ์โดยตรงแบบเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอติดกับถาดพิมพ์ ($p < 0.001$) ส่วนวิธีพิมพ์โดยตรงทั้งแบบที่ทำการเชื่อมและไม่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอเข้ากับถาดพิมพ์นั้น แบบจำลองที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.446 < 0.980 < 0.212 < 0.073 < 0.108 < 0.566$ ตามลำดับ) ซึ่งผลเหมือนกันทั้ง 6 จุด และลักษณะการเบี่ยงเบนของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 2-4 ส่วนผลรวมการขยายตัวของปูนและการหดตัวของวัสดุพิมพ์พบว่าเกิดในแกน x ร้อยละ 0.15 แกน y ร้อยละ 0.22 และแกน z ร้อยละ 0.19

วิจารณ์

ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจากการพิมพ์นั้นมิสาเหตุมาจากหลายปัจจัยในระหว่างขั้นตอนการพิมพ์^{9,11} ตั้งแต่ ลักษณะของแม่แบบ ความขนาน ส่วนคอดแก้ว ลักษณะของวัสดุพิมพ์ อันได้แก่ สัดส่วนในการผสม วิธีการผสม การหดตัวขณะก่อตัว ความหนืด ระยะเวลาก่อตัว ระยะเวลาทำงาน อุณหภูมิ การยึดติดกับถาดพิมพ์ ความหนาของวัสดุ วิธีการพิมพ์แต่ละวิธีก็ให้ผลที่แตกต่างกัน อีกทั้งขั้นตอนการเทแบบจำลองก็ยังมีผล เช่น การขยายตัวขณะก่อตัวของปูนที่เกิดขึ้น การศึกษาครั้งนี้ได้พยายามควบคุมตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ให้ใกล้เคียงกันที่สุด โดยเหลือ

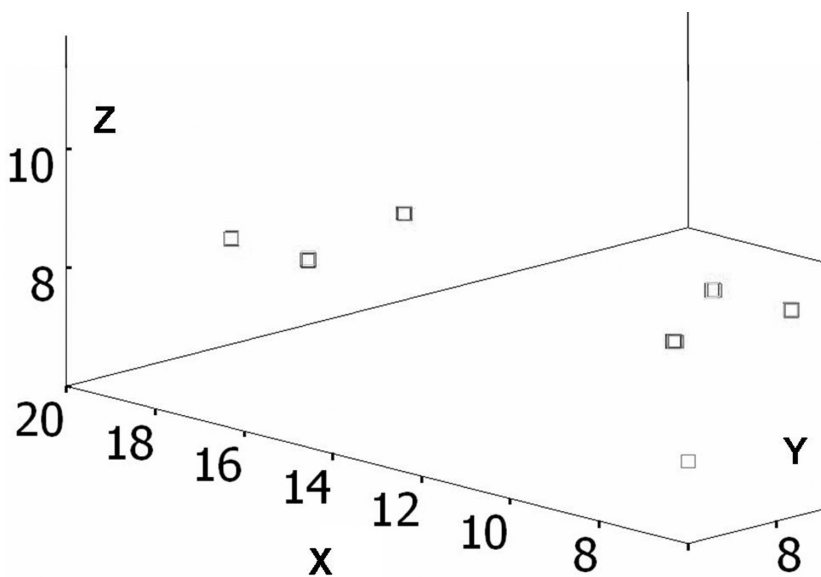
แต่ปัจจัยที่จะทำการศึกษา คือ วิธีการพิมพ์เท่านั้นที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการพิมพ์แต่ละวิธีพิมพ์มีปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน วิธีพิมพ์โดยตรงร่วมกับการใช้ตัวต่อยอดถ่ายทอมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน คือ รอยต่อระหว่างตัวต่อยอดถ่ายทอกับรากเทียม ตัวต่อยอดถ่ายทอกับรากเทียมจำลอง รากเทียมจำลองกับตัวหลัก แรงที่ใช้ในการขันสกรูต่างๆ ความสามารถของวัสดุพิมพ์ในการคงไว้ซึ่งตำแหน่งของตัวต่อยอดถ่ายทอ การหดตัวของเรซินอะคริลิกที่ใช้เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอเข้ากับถาดพิมพ์ การหดตัวของวัสดุพิมพ์ การขยายตัวของปูน ส่วนวิธีพิมพ์รากเทียมแบบไม่ใช้ตัวต่อยอดถ่ายทอที่ระดับตัวหลัก แม้ว่าจะไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการเชื่อมต่อของส่วนประกอบต่างๆ แต่ตัวหลักเกิดจากการลอกเลียนแบบของวัสดุพิมพ์และการเทปูนซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้จะมีผลกับความเที่ยงตรงของแบบจำลอง อีกทั้งการหดตัวของวัสดุพิมพ์ การขยายตัวของปูนของฐานก็ยังเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มวิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลักมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงถึงผลจากการหดตัวของวัสดุพิมพ์ การขยายของปูนมีค่าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนจากการเชื่อมต่อของส่วนประกอบต่างๆ และความสามารถของวัสดุพิมพ์ในการรักษาตำแหน่งของตัวต่อยอดถ่ายทอให้คงที่ ในวิธีพิมพ์อีก 2 วิธี เมื่อพิจารณาทิศการกระจายของกลุ่มนี้พบว่าทุกจุดอ้างอิงบนตัวหลักรากเทียมของแบบจำลองมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทาง +x,+y,+z และจุดที่มีการกระจายมากที่สุดแต่ละแกนมีค่าดังนี้ แกน x จุด p7 มีการกระจายสูงสุด 40 ไมโครเมตร แกน y จุด p5 มีการกระจายสูงสุด 30 ไมโครเมตร แกน z จุด p3 มีการกระจายสูงสุด 35 ไมโครเมตร ค่าการกระจายตัวนี้มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 แกน ซึ่งเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นแล้วมีค่าน้อยกว่ามาก เหตุผลที่ได้ผลเช่นนี้เพราะไม่ต้องมีรอยต่อระหว่างตัวต่อยอดถ่ายทอกับรากเทียม และรากเทียมจำลองเป็นต้นเหตุของความคลาดเคลื่อน^{11,29,32} อีกเหตุผลหนึ่งทีแต่ละจุดบนตัวหลักนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศทาง +x,+y,+z คือ การขยายตัวของฐานปูนในทุกทิศทางทำให้จุดอ้างอิง (0,0,0) หนีห่างจากพิกัดบนตัวหลัก

วิธีพิมพ์โดยตรงร่วมกับการใช้ตัวต่อยอดทั้งที่เชื่อมและไม่เชื่อมติดกับถาดพิมพ์นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

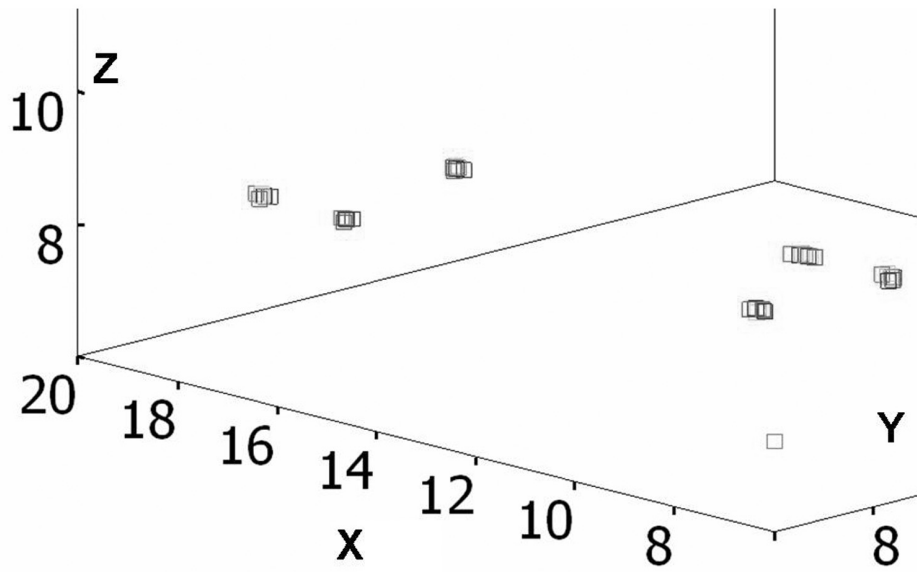
ทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยก่อนหน้านี้^{11,17,18} Kim และคณะ¹¹ กล่าวว่า วิธีพิมพ์โดยตรงโดยที่มีการเชื่อมหรือไม่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดแต่ละชั้นตอนนั้นจะคลาดเคลื่อนต่างกัน แต่เมื่อรวมผลของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดแล้วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อพิจารณาจากแบบจำลองเทียบกับแม่แบบ ซึ่งความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการพิมพ์และวัสดุพิมพ์นั้นวิธีพิมพ์ชนิดไม่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า เนื่องจากมีผลของซีแพกเตอร์ (c-factor) มาเกี่ยวข้อง โดยซีแพกเตอร์ คือ สัดส่วนของจำนวนด้านที่มีการเชื่อมยึดต่อด้านที่ไม่มีการเชื่อมยึด ซึ่งเกี่ยวข้อง คือ จะมีแรงดึงเพิ่มขึ้นในวัสดุพิมพ์ เนื่องจากมีส่วนของอะคริลิกเพิ่มขึ้นเป็นขอบเขต และอีกทั้งการหดตัวของเรซินอะคริลิกยังทำให้เกิดความเค้น (stress) ตกค้างภายใน ซึ่งจะคลายออกมาเมื่อแกะออกจากแม่แบบ ทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น แต่ความคลาดเคลื่อนของรากเทียมจำลองที่อยู่ในแบบจำลองที่เป็นผลมาจากการขยายตัวของปูนกลุ่มที่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

เนื่องจากการเชื่อมต่อช่วยด้านการขยายตัวของปูนในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดเข้าด้วยกันเอง แต่ทำการเชื่อมเข้ากับถาดพิมพ์ตามที่ Assif และคณะ¹³ ได้นำเสนอ ซึ่งจะช่วยให้มีความมั่นคงมากขึ้น และการหดตัวเข้าหากันลดลงเพราะควบคุมให้ช่องว่างระหว่างตัวต่อยอดถ่ายถอดกับถาดพิมพ์มีความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามผลที่ได้ก็ยังไม่แตกต่างระหว่างการเชื่อมและไม่เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายถอดส่วนหนึ่งเป็นเพราะอะคริลิกที่ใช้เชื่อม หลังจากนาที่ที่ 17 ไปแล้วยังมีการหดตัวต่อไปอีกร้อยละ 1.4 ใน 24 ชั่วโมง³³ ซึ่งขณะนั้นตัวต่อยอดถ่ายถอดอยู่เป็นอิสระจากรากเทียม จึงอาจส่งผลกับความคลาดเคลื่อนนี้ได้ และความคลาดเคลื่อนจากรอยต่อระหว่างตัวต่อยอดถ่ายถอดกับส่วนอื่น ๆ แม้ว่า จะควบคุมให้ช่องว่างเป็น 0 ไมโครเมตรแล้วก็ตาม ก็เป็นแค่ในแนวแกน z แต่แกน x, y ยังสามารถหมุนได้ตั้งแต่ 4-10 องศา²⁸ ซึ่งสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนและกราฟของพิกัดจุด (รูปที่ 2-4) จะคลาดเคลื่อนในระนาบ xy มากกว่าแกน z เกือบทุกจุดมีการเคลื่อนที่ไปในทิศ +x,+y,-z



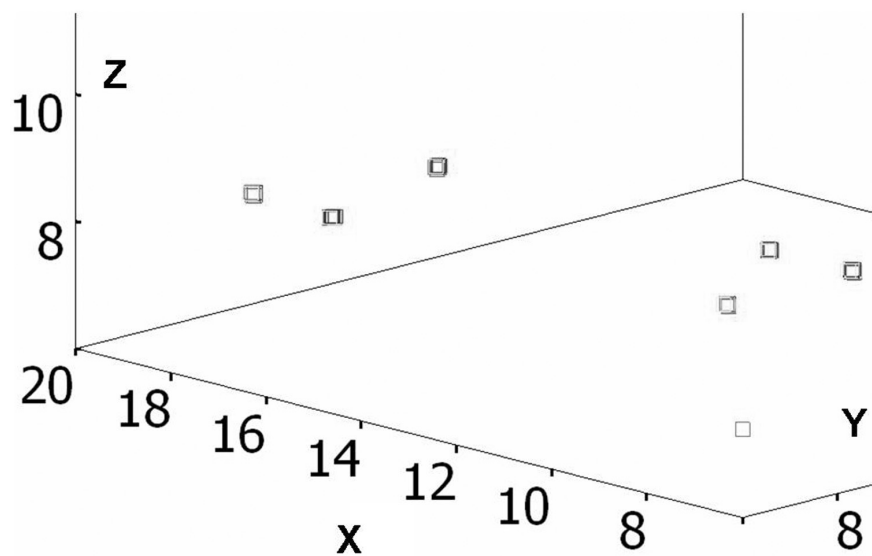
รูปที่ 2 จุดพิกัดของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก

Fig. 2 Coordinate points of the master casts from conventional impression technique at abutment level



รูปที่ 3 จุดพิกัดของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์โดยตรงร่วมกับการใช้ตัวต่อขยายถอดถ่ายทอด

Fig. 3 Coordinate points of the master casts from direct impression technique



รูปที่ 4 จุดพิกัดของแบบจำลองที่ได้จากวิธีพิมพ์โดยตรงแบบเชื่อมตัวต่อขยายถอดถ่ายทอดติดกับถาดพิมพ์

Fig. 4 Coordinate points of the master casts from splinted direct impression technique

ซึ่งทิศ $-z$ หมายถึง แบบจำลองที่ได้ตัวหลักดีกว่าแม่แบบ เป็นเพราะการขยับออกจากรอยพิมพ์ของตัวต่อยอดถ่ายทอด แต่เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลจากค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน พบว่า กลุ่มที่ไม่ได้เชื่อมตัวต่อยอดมีการกระจาย มากกว่าในแนวแกน x จุด $p6$ มีการกระจายสูงสุด 195 ไมโครเมตร และแกน y จุด $p6$ มีการกระจายสูงสุด 204 ไมโครเมตร เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เชื่อมติดกับถาดพิมพ์ ซึ่งแกน x จุด $p3$ มีการกระจายสูงสุด 67 ไมโครเมตร และแกน y จุด $p3$ มีการกระจายสูงสุด 97 ไมโครเมตร ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมา จากการใช้อะคริลิกเข้ามาเชื่อมจะช่วยให้มีความมั่นคงสูงขึ้น ขณะทำการขึ้นรากเทียมจำลองเข้าในตัวต่อยอดถ่ายทอดที่อยู่ในรอยพิมพ์ แต่ผลในแนวแกน z กลับไม่เป็นเช่นนั้น โดยกลุ่มที่ทำการเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอดแกน z จุด $p2$ กระจาย สูงสุด 67 ไมโครเมตร ซึ่งมีการกระจายที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอด โดยแกน z จุด $p7$ มีการกระจาย สูงสุด 30 ไมโครเมตร แสดงว่าวัสดุพิมพ์และอะคริลิกที่ใช้ เชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอดไม่แข็งแรงพอต่อการรักษาตำแหน่ง ของตัวต่อยอดถ่ายทอดให้คงที่ในรอยพิมพ์

ขั้นตอนสร้างโครงโลหะครอบฟันจำเป็นต้องมีช่องว่างระหว่าง ครอบฟันกับฟันหลัก เพื่อช่วยชดเชยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และเป็นที่อยู่ของซีเมนต์ ซึ่งทาง American Dental Association specification No. 8 แนะนำว่าควรมีขนาด 25 ไมโครเมตร แต่จากการวิจัยพบว่าในทางคลินิกช่องว่างนี้มีค่า ถึง 73.4 ไมโครเมตร³⁴ ดังนั้นจากผลที่ได้จะพบว่า กลุ่มวิธี พิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลักจะให้แบบจำลองที่เที่ยงตรงที่สุด และความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด คือ 24 ไมโครเมตร ซึ่งเป็น เพียงกลุ่มเดียวที่ระยะนี้ยังอยู่ในขอบเขตของช่องว่างนี้

สรุป

วิธีพิมพ์รากเทียมแต่ละวิธีมีผลกับความเที่ยงตรงของ แบบจำลองที่ได้ โดยกลุ่มที่มีความเที่ยงตรงสูงสุด คือ กลุ่ม วิธีพิมพ์ดั้งเดิมที่ระดับตัวหลัก ซึ่งต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ และการเชื่อมตัวต่อยอดถ่ายทอดเข้ากับถาด พิมพ์ไม่มีผลกับความเที่ยงตรงของแบบจำลองอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารอ้างอิง

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg.* 1981;10:387-416.
2. Albrektsson T, Dahl E, Enbom L, Engavall S, Enguist B, Ericksson AR, *et al.* Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8,139 consecutively inserted Nobelpharma implants. *J Periodontol.* 1988;59:287-96.
3. Branemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent.* 1983;50:399-410.
4. Jemt T, Lekholm U. Measurements of bone and frame-work deformations induced by misfit of implant superstructures. A pilot study in rabbits. *Clin Oral Implants Res.* 1998;9(4):272-80.
5. Jemt T, Lie A. Accuracy of implant-supported prostheses in the edentulous jaw: analysis of precision of fit between cast gold-alloy frameworks and master casts by means of a three-dimensional photogrammetric technique. *Clin Oral Implants Res.* 1995;6(3):172-80.
6. Millington ND, Leung T. Inaccurate fit of implant superstructures. Part 1: Stresses generated on the superstructure relative to the size of fit discrepancy. *Int J Prosthodont.* 1995;8(6):511-6.
7. Riedy SJ, Lang BR, Lang BE. Fit of implant frameworks fabricated by different techniques. *J Prosthet Dent.* 1997;78(6):596-604.
8. Kunavisarut C, Lang LA, Stoner BR, Felton DA. Finite element analysis on dental implant-supported prostheses without passive fit. *J Prosthodont.* 2002;11(1):30-40.
9. Wee AG, Aquilino SA, Schneider RL. Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: a review of the literature. *Int J Prosthodont.* 1999;12(2):167-78.

10. Cheshire PD, Hobkirk JA. An *in vivo* quantitative analysis of the fit of Nobel Biocare implant superstructures. *J Oral Rehabil.* 1996;23(11):782-9.
11. Kim S, Nicholls JI, Han CH, Lee KW. Displacement of implant components from impressions to definitive casts. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006;21(5):747-55.
12. Barrett MG, de Rijk WG, Burgess JO. The accuracy of six impression techniques for osseointegrated implant. *J Prosthodont.* 1993;2:75-82.
13. Assif D, Marshak B, Nissan J. A modified impression technique for implant-supported restoration. *J Prosthet Dent.* 1994;71(6):589-91.
14. Goll GE. Production of accurately fitting full-arch implant frameworks: Part I--Clinical procedures. *J Prosthet Dent.* 1991;66(3):377-84.
15. Daoudi MF, Setchell DJ, Searson LJ. A laboratory investigation of the accuracy of two impression techniques for single-tooth implants. *Int J Prosthodont.* 2001;14(2):152-8.
16. Liou AD, Nicholls JI, Yuodelis RA, Brudvik JS. Accuracy of replacing three tapered transfer impression copings in two elastomeric impression materials. *Int J Prosthodont.* 1993;6(4):377-83.
17. Herbst D, Nel JC, Driessen CH, Becker PJ. Evaluation of impression accuracy for osseointegrated implant supported superstructures. *J Prosthet Dent.* 2000;83(5):555-61.
18. Hsu CC, Millstein PL, Stein RS. A comparative analysis of the accuracy of implant transfer techniques. *J Prosthet Dent.* 1993;69(6):588-93.
19. Spector MR, Donovan TE, Nicholls JI. An evaluation of impression techniques for osseointegrated implants. *J Prosthet Dent.* 1990;63(4):444-7.
20. Ahmad M, Nanda R, Bajwa AS, Candal-Couto J, Green S, Hui AC. Biomechanical testing of the locking compression plate: When does the distance between bone and implant significantly reduce construct stability? *Injury.* 2007;38(3):358-64.
21. Assif D, Fenton A, Zarb G, Schmitt A. Comparative accuracy of implant impression procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1992;12(2):112-21.
22. Assif D, Marshak B, Schmidt A. Accuracy of implant impression techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996;11(2):216-22.
23. Fenton A, Assif D, Zarb GA, Schmitt A. The accuracy of implant impression procedure. *J Dent Res.* 1991;70(suppl):399.
24. Naconecy MM, Teixeira ER, Shinkai RS, Frasca LC, Cervieri A. Evaluation of the accuracy of 3 transfer techniques for implant-supported prostheses with multiple abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(2):192-8.
25. Nissan J, Gross M, Shifman A, Assif D. Stress levels for well-fitting implant superstructures as a function of tightening force levels, tightening sequence, and different operators. *J Prosthet Dent.* 2001;86(1):20-3.
26. Burawi G, Houston F, Byrne D, Claffey N. A comparison of the dimensional accuracy of the splinted and unsplinted impression techniques for the Bone-Lock implant system. *J Prosthet Dent.* 1997;77(1):68-75.
27. Inturregui JA, Aquilino SA, Ryther JS, Lund PS. Evaluation of three impression techniques for osseointegrated oral implants. *J Prosthet Dent.* 1993;69(5):503-9.
28. Binon PP. Evaluation of machining accuracy and consistency of selected implants, standard abutments and laboratory analogs. *Int J Prosthodont.* 1995;8:162-78.
29. Binon PP. Implants and components: entering the new millennium. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15:76-94.

30. Carr AB, Stewart RB. Full-arch implant framework casting accuracy: preliminary *in vitro* observation for *in vivo* testing. J Prosthodont. 1993;2(1):2-8.
31. Zervas PJ, Papazoglou E, Beck FM, Carr AB. Distortion of three-unit implant frameworks during casting, soldering, and simulated porcelain firings. J Prosthodont. 1999;8(3):171-9.
32. Binon PP, McHugh MJ. The effect of eliminating implant/abutment rotational misfit on screw joint stability. Int J Prosthodont. 1996;9(6):511-9.
33. Mojon P, Oberholzer JP, Meyer JM, Belser UC. Polymerization shrinkage of index and pattern acrylic resins. J Prosthet Dent. 1990;64:684-8.
34. Emtiaz S, Goldstein G. Effect of die spacers on precementation space of complete-coverage Restorations. Int J Prosthodont. 1997;10:131-5.

The accuracy of the master casts from three different implant impression techniques

Kornthep Sukyukon D.D.S.¹

Parnupong Wongthai D.D.S., M.S., Diplomate, Thai Board of Prosthodontics²

¹Graduate student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Objective To investigate the accuracy of the master casts from three different implant impression techniques. The master casts were compared with the master model.

Materials and methods Thirty master casts were divided into three groups according to three impression techniques. Group 1 conventional impression technique at abutment level, group 2 direct implant impression technique and group 3 splinted direct implant impression technique. The master model was composed of two implants embedded in rectangular metal base with three reference points on the shoulder of each abutment. The master model was duplicated by additional silicone with three impression techniques then the impressions were poured with type IV stone. The dimensional changes of master casts were measured by measurement microscope at resolution 1/1000 mm. The results shown in coordinate point (x,y,z) for studying the direction of errors then changed the coordinate points to true dimensional changes by Pythagoras' theory. Each reference point was analyzed by One-way ANOVA and Tamhane Test.

Results The master casts made by the conventional impression technique at abutment level had significantly less dimensional changes than the direct impression one in all reference points ($p = 0.001$, < 0.001 , < 0.001 , 0.002 , 0.003 , < 0.001 , respectively) and the splinted direct impression technique ($p < 0.001$). The master casts from the direct impression technique was not significantly different from the splinted direct impression technique ($p = 0.446$, 0.980 , 0.212 , 0.073 , 0.108 , 0.566 , respectively).

Conclusion The conventional impression technique at abutment level had the most accuracy and splinted transfer coping did not affect the accuracy of the master casts.

(CU Dent J. 2008;31:223-34)

Key words: conventional impression technique; dental implant; implant impression technique; impression accuracy; transfer coping
