ชนิดและความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรมในการฝังรากเทียม

ลู๊ต อาคำ [1] กาญจนา ยศสุนทร [2] ธีรัตต์ เจิ่งประภากร [3] เสาวลักษณ์ ลิ้มมณฑล [3,*]

บทความปริทัศน์

บทคัดย่อ

การฝังรากเทียมในปัจจุบันมีเทคนิคในการฝังหลายเทคนิค เช่น การฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต ซึ่งการฝังรากเทียมแต่ละเทคนิคมีขั้นตอนและวิธีการที่แตกต่างกัน นำมาซึ่งผลลัพธ์และความแม่นยำที่แตกต่างกันเช่นเดียวกัน บทความปริทัศน์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของตัวนำเจาะศัลยกรรมในการฝังรากเทียมและความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคต่าง ๆ โดยได้รวบรวมการศึกษาที่เกี่ยวกับความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกัน เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการพิจารณาการเลือกใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมในการฝังรากเทียมได้อย่างเหมาะสม

คำไขรหัส: *การฝังรากเทียม/ ตัวนำเจาะศัลยกรรมในการฝังรากเทียม/ ความแม่นยำของการฝังรากเทียม*

Received: *Jan 08, 2024*
Revised: *Jun 20, 2024*
Accepted: *Jul 11, 2024*

บทนำ

การฝังรากเทียมเป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันในการนำมาใช้ทดแทนฟันธรรมชาติโดยฝังแน่นกับกระดูกขากรรไกรเพื่อรองรับครอบฟันหรือฟันเทียมชนิดถอดได้ โดยเทคนิคการผ่าตัดฝังรากเทียมมีทั้งการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า (Free hand technique) และการฝังรากเทียมโดยใช้ตัวนำเจาะ (Guided surgery) ซึ่งการผ่าตัดฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่ามีอัตราความแม่นยำที่น้อยทำให้ได้ตำแหน่งของรากเทียมที่ไม่เหมาะสม[1] ส่งผลต่อการบดเคี้ยว รูปร่าง ลักษณะและความสวยงามของครอบฟันบนรากเทียม และเพิ่มโอกาสเกิดการบาดเจ็บต่ออวัยวะข้างเคียงได้ เช่น รากฟันซี่ข้างเคียง เส้นประสาท เป็นต้น

การใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมสำหรับการฝังรากเทียมจึงมีบทบาทมากขึ้นเนื่องจากมีส่วนช่วยในการฝังให้ได้อัตราความแม่นยำที่มากขึ้น[2] ตัวนำเจาะศัลยกรรมสำหรับการฝังรากเทียมมีหลายรูปแบบ โดยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบดั้งเดิม (Conventional surgical guide) มีขั้นตอนการผลิตโดยการพิมพ์ปากผู้ป่วยเพื่อทำแบบจำลองฟัน (Dental model) และนำมาหาตำแหน่งฝังรากเทียมที่เหมาะสมร่วมกับการใช้ภาพรังสีแบบ 2 มิติ (Two dimensional radiograph) แม้ว่าการใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบดั้งเดิมจะช่วยทำให้การฝังรากเทียมมีความแม่นยำขึ้นเมื่อเทียบกับการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า แต่พบว่ายังมีอัตราความแม่นยำที่น้อย จึงมีการพัฒนาการฝังรากเทียมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยวางแผนการรักษา สร้างภาพเสมือนจริง กำหนดตำแหน่งของรากเทียมที่เหมาะสมได้ทั้ง 3 มิติ ได้แก่ ทิศทาง ความเอียง และความลึก รวมทั้งจำลองแผนก่อนการผ่าตัดได้ ซึ่งจะถ่ายทอดข้อมูลของแผนการรักษาผ่านตัวนำเจาะศัลยกรรม การใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมที่วางแผนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของรากเทียม ลดข้อผิดพลาดในการฝังรากเทียม และลดภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะเกิดขึ้นได้[3]

โดยในปัจจุบันพบว่า ยังไม่มีการศึกษาที่รวบรวมข้อสรุปความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรมแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกัน ดังนั้นบทความปริทัศน์นี้จึงมีวัตถุประสงค์

[1] ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลแม่ลาน อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี
[2] ทันตแพทย์ประจำบ้าน สาขาวิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[3] สาขาวิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
[*] ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

เพื่อทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมหลักฐานทางวิชาการที่ศึกษาเกี่ยวกับชนิดของตัวนำเจาะศัลยกรรมและอัตราความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรมแต่ละชนิด เพื่อสรุปเป็นแนวทางให้ทันตแพทย์สามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาในการรักษาผู้ป่วยต่อไป

ตัวนำเจาะศัลยกรรมสำหรับการฝังรากเทียม (Surgical guide for implant placement) ตัวนำเจาะศัลยกรรมสำหรับการฝังรากเทียมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ถ่ายทอดข้อมูลของตำแหน่งรากเทียมจากการวางแผนการรักษา โดยข้อมูลนั้นประกอบไปด้วย ตำแหน่ง ความลึกและมุมของรากเทียมตามที่ต้องการ คุณสมบัติในอุดมคติของตัวนำเจาะศัลยกรรมประกอบด้วย มีความคงที่ แข็งแรง มีขนาดที่พอดีกับชุดหัวเจาะศัลยกรรม (Surgical drill) สามารถใช้งานได้ง่าย ปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ และสามารถทำให้ปลอดเชื้อได้[4,5,6]

การจำแนกชนิดของตัวนำเจาะศัลยกรรม

1. ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ (Static surgical guide)

เป็นรูปแบบของตัวนำเจาะศัลยกรรมรากเทียมที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน สามารถควบคุมได้ทั้งความกว้าง ความลึกและทิศทางในการฝังรากเทียมให้เป็นตามแผนการรักษาที่วางแผนไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ข้อจำกัดของตัวนำเจาะประเภทนี้คือ ขาดความยืดหยุ่น ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของรากเทียมระหว่างการทำหัตถการได้ สามารถแบ่งประเภทของตัวนำเจาะแบบคงที่ได้ตามวิธีการผลิตได้ 2 ประเภทคือ ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ดั้งเดิมเฉพาะบุคคล (Customized conventional surgical guides) และ ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ (CAD/CAM surgical guides)[4,7,8]

1.1 ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ดั้งเดิมเฉพาะบุคคล ตัวนำเจาะศัลยกรรมที่ออกแบบจากภาพรังสี 2 มิติ ได้แก่ ภาพรังสีรอบปลายรากฟัน (Periapical radiograph) และภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic radiograph) ร่วมกับแบบจำลองฟันสามารถบอกตำแหน่งที่จะเจาะกระดูกได้ แต่ไม่สามารถกำหนดจุดอ้างอิง เพื่อวัดระยะห่างของอวัยวะสำคัญข้างเคียงได้การสร้างตัวนำเจาะชนิดนี้สามารถใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม (Cone beam computed tomography) มาช่วยในการประเมินโครงสร้างของกระดูกและอวัยวะสำคัญ ในกรณีที่ภาพรังสี 2 มิติไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ชัดเจน และในการใช้งานตัวนำเจาะชนิดนี้สามารถนำวัสดุทึบรังสี เช่น แบเรียมซัลเฟต (Barium sulphate) แผ่นตะกั่ว (Lead strip) วัสดุอุดคลองรากฟัน (Gutta percha) ใส่เข้าไปในรูที่เจาะไว้ในแบบจำลองก่อนนำไปถ่ายภาพรังสีและตรวจสอบตำแหน่งที่จะฝังรากเทียมโดยอ้างอิงจากวัสดุทึบรังสี เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการฝังรากเทียมมากขึ้น[9]

ข้อดีของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ดั้งเดิมเฉพาะบุคคล

- ราคาถูก
- มีความแม่นยำมากกว่าการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า
- สามารถใช้ในผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดในการอ้าปากหรือฝังในฟันกรามซี่ที่สอง (Second molar)

ข้อเสียของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ดั้งเดิมเฉพาะบุคคล

- ไม่สามารถพยากรณ์ผลการฝังรากเทียมได้
- มีความแม่นยำน้อยเมื่อเทียบกับตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ โดยเฉพาะตำแหน่งที่ปลายรากเทียมและมุมของรากเทียม
- มีความเสถียร (Stability) ของตัวนำเจาะน้อย
- ต้องมีการพิมพ์ปากด้วยวัสดุพิมพ์ปาก ไม่เหมาะกับผู้ป่วยที่มีอาการคลื่นไส้หรืออาเจียนง่ายขณะพิมพ์ปาก

1.2 ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ เป็นการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในกระบวนการวางแผนรักษา โดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม ทำให้เห็นเป็นภาพ 3 มิติ สามารถดูตำแหน่ง ความสูง ความกว้างของกระดูกที่จะรองรับการฝังรากเทียมได้ รวมทั้งสามารถพิจารณาเนื้อเยื่ออ่อนโดยรอบลักษณะกายวิภาคที่สำคัญ เช่น รากฟันซี่ข้างเคียง โพรงอากาศขากรรไกรบน (Maxillary sinus) เส้นประสาทแมนดิบิวลาร์ (Mandibular nerve) เป็นต้น ทำให้การฝังรากเทียมเป็นไปตามที่วางแผนการรักษา ปลอดภัยและลดระยะเวลาการผ่าตัดฝังรากเทียม

ขั้นตอนการเตรียมตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ

- **ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม** โดยภาพที่แสดงออกมาจะเป็นภาพ 3 มิติให้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงและแสดงถึงปริมาณและคุณภาพของกระดูกของผู้ป่วยอย่างละเอียด โดยชนิดของข้อมูลที่ได้นั้นจะเรียกว่าไฟล์ไดคอม (DICOM file) [10]

- **การสแกนช่องปาก** ใช้เครื่องสแกนภายในช่องปาก (Intraoral scanner) โดยตรงเพื่อทดแทนการพิมพ์ปากแบบเดิม โดยจะบันทึกข้อมูล 3 ส่วนคือ ขากรรไกรบน ขากรรไกรล่าง และลักษณะการสบฟัน เพื่อให้ได้ภาพเสมือนจริงทั้งรูปร่างของผิวฟันแต่ละซี่ และความโค้งนูนของเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปาก โดยชนิดของข้อมูลที่ได้นั้นจะเรียกว่า ไฟล์เอสทีแอล (STL หรือ Standard Tessellation Language file)[10]

- **การจัดการข้อมูล** ไฟล์ข้อมูลประกอบด้วยไฟล์ไดคอม และ ไฟล์เอสทีแอล โดยจะนำไฟล์เหล่านี้มาทำการแปลงข้อมูล (Data conversion) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้วางแผนฝังรากเทียมแบบดิจิตอล (Digital implant planning software) [10]

- **การจำลองการฝังรากเทียมในโปรแกรมคอมพิวเตอร์วางแผนฝังรากเทียมแบบดิจิตอล** ทันตแพทย์จะทำการวางแผนตำแหน่งของรากเทียมและตำแหน่งของครอบฟันในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วางแผนฝังรากเทียมแบบดิจิตอลให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด

- **การสร้างตัวนำเจาะศัลยกรรม** เป็นการนำข้อมูลต่างๆที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์วางแผนฝังรากเทียมแบบดิจิตอล ส่งไปยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printer) เพื่อพิมพ์ตัวนำเจาะศัลยกรรมและโมเดลจำลองขากรรไกรขึ้นมา [10] และมีการสร้างตัวนำเจาะศัลยกรรมโดยวิธีการกลึง (Milling) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการสร้างค่อนข้างสูง โดยปัจจุบันมีระบบการกลึง CEREC พัฒนาโดยบริษัท Densply Sirona เป็นระบบที่อาศัยซอฟต์แวร์ CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) ช่วยในการสร้างตัวนำเจาะศัลยกรรมและกำหนดตำแหน่งของสลีฟ (Sleeve) บนตัวนำเจาะศัลยกรรมเพื่อเพิ่มความแม่นยำของตำแหน่งรากเทียมให้มากขึ้น[11]

- **การผ่าตัดฝังรากเทียม** ก่อนจะทำการผ่าตัดฝังรากเทียมควรตรวจสอบดูความพอดีของตัวนำเจาะศัลยกรรมกับภายในช่องปาก สามารถวางได้ตรงตำแหน่งที่วางแผนไว้ ซึ่งตัวนำเจาะศัลยกรรมนั้นจะต้องใช้ร่วมกับชุดหัวเจาะศัลยกรรมแบบพิเศษที่ได้รับการออกแบบมาจากบริษัทผู้ผลิตรากเทียม หากตรวจสอบและเตรียมอุปกรณ์เรียบร้อยก็สามารถดำเนินการผ่าตัดฝังรากเทียมตามแผนการรักษาที่ได้วางไว้[10,12]

ข้อดีของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ [4,6]

- ทำให้เกิดความแม่นยำและเที่ยงตรงในตำแหน่งของการฝังรากเทียม
- ทำให้เกิดความปลอดภัยโดยเฉพาะในตำแหน่งที่จะฝังรากเทียมบริเวณที่ใกล้ต่ออวัยวะที่สำคัญ เช่น โพรงอากาศในขากรรไกรบน และ เส้นประสาท เป็นต้น
- ทำให้การผ่าตัดเกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย
- ทำให้เกิดความสวยงามเนื่องจากการวางตำแหน่งรากเทียมลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์วางแผนฝังรากเทียมแบบดิจิตอลจะเป็นไปตามการออกแบบตำแหน่งและรูปร่างของสิ่งบูรณะเหนือรากเทียม (Prosthetically-driven placement)
- ช่วยลดเวลาในการการผ่าตัดฝังรากเทียม
- สามารถใช้กับการฝังรากเทียมโดยไม่ต้องเปิดแผ่นเหงือกได้ (Flapless approach)
- สามารถใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมเป็นตัวประเมินในการทำวัสดุครอบฟันชั่วคราวได้ (Provisional restoration)

ข้อเสียของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ [4,6]

- ตำแหน่งของรากเทียมไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้
- ต้องใช้ร่วมกับชุดหัวเจาะศัลยกรรมแบบพิเศษที่ได้รับการออกแบบจากบริษัทผู้ผลิตรากเทียม
- มีข้อจำกัดในการเข้าถึงการชะล้างของน้ำเกลือ (Irrigation) ระหว่างการฝังรากเทียม
- มีค่าใช้จ่ายสูง
- ตำแหน่งของตัวนำเจาะศัลยกรรมอาจมีความคลาดเคลื่อนระหว่างการผ่าตัดได้ กรณีที่ตัวนำเจาะศัลยกรรมไม่มีความเสถียร
- มีข้อจำกัดการใช้ในผู้ป่วยที่อ้าปากได้น้อย หรือในตำแหน่งที่อยู่ค่อนข้างลึก เช่น ตำแหน่งของฟันกรามซี่ที่สอง เป็นต้น

- ในกรณีที่ผู้ป่วยมีโลหะในช่องปาก เช่น มีรากเทียมหรือวัสดุอุดอะมัลกัม (Amalgam) ในช่องปากหลายตำแหน่ง อาจจะส่งผลให้เกิดสิ่งแปลกปลอม (Artifact) ในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม ซึ่งทำให้ลดความชัดเจนของภาพรังสีและเกิดความผิดพลาดในการประเมินสถานะของกระดูกและโครงสร้างข้างเคียงอื่น ๆ ที่สำคัญในการวางแผนการผ่าตัดของรากเทียมได้

ชนิดของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ตามลักษณะต่างๆ สามาถจำแนกได้

1) ชนิดตามรูปแบบของการเจาะกระดูกและการฝังรากเทียม (Drilling and implant placement)

1.1) ตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมทั้งหมด (Full-guided) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่กำหนดตำแหน่งของหัวกรอเจาะกระดูกตลอดการผ่าตัด รวมทั้งขั้นตอนที่จะฝังรากเทียมลงไปในกระดูกด้วย[4] (รูปที่ 1)

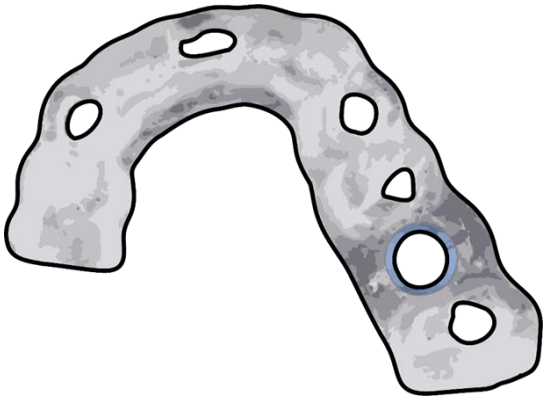
1.2) ตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วน (Half-guided) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่กำหนดตำแหน่งของหัวกรอเจาะกระดูกในบางขั้นตอนของการผ่าตัด ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด[4] คือ

1.2.1) ตัวนำเจาะศัลยกรรมชนิดกำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอเจาะกระดูก (Drilling guided) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่กำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอเจาะกระดูก แต่ขั้นตอนที่ฝังรากเทียมนั้นจะเอาตัวนำเจาะศัลยกรรมออก[4] (รูปที่ 2)

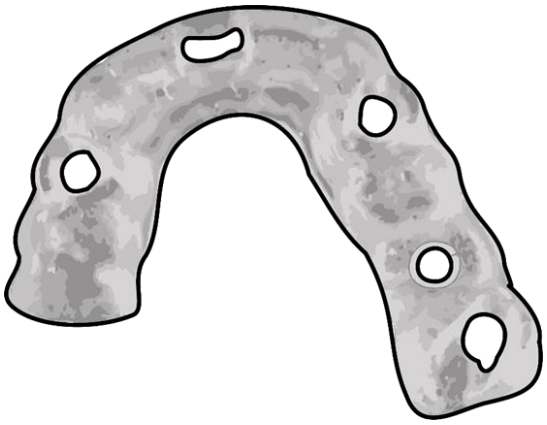
1.2.2) ตัวนำเจาะศัลยกรรมชนิดกำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอนำเจาะกระดูกตัวแรก (Pilot-drill guided) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่กำหนดตำแหน่งของรากเทียมเพียงหัวกรอนำเจาะกระดูกตัวแรก หลังจากนั้นจะนำตัวนำเจาะศัลยกรรมออก ทันตแพทย์จะผ่าตัดฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าขั้นที่เหลือจนถึงการใส่รากเทียม[4]

2) ชนิดตามรูปแบบของเนื้อเยื่อช่องปากที่รองรับ (Guide support)

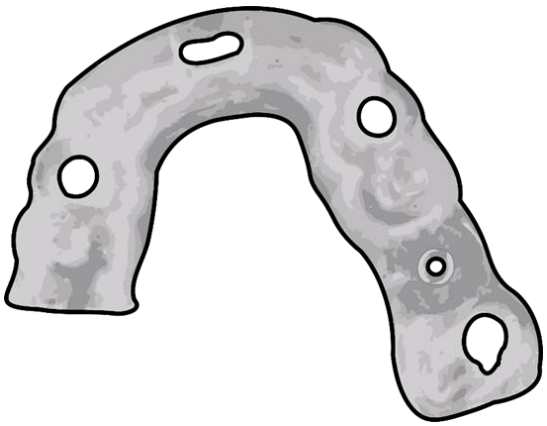
2.1) ชนิดรองรับโดยฟัน (Tooth – supported type) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่วางบนฟันของผู้ป่วย สามารถใช้ได้ในผู้ป่วยที่มีสันเหงือกว่างบางส่วน โดยเจาะรูขนาดเล็กผ่านเยื่อเมือกหุ้มกระดูก (Mucoperiosteum) บริเวณที่จะฝังรากเทียม ไม่จำเป็นต้องเปิดทั้งเยื่อเมือกหุ้มกระดูก ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่ทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่าอื่น[4] (รูปที่ 3)



รูปที่ 1 ภาพแสดงตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมทั้งหมด
Figure 1 Full-guided guide for dental implants



รูปที่ 2 ภาพแสดงตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วนชนิดกำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอเจาะกระดูก
Figure 2 Drilling guided guide for dental implants



รูปที่ 3 ภาพแสดงตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วนชนิดกำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอเจาะกระดูกตัวแรก
Figure 3 Pilot-drill guided guide for dental implants

2.2) ชนิดรองรับโดยเยื่อเมือกหุ้มสันเหงือก (Mucosa–supported type) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่วางบนเนื้อเยื่ออ่อนของผู้ป่วย สามารถใช้ได้ในผู้ป่วยที่มีสันเหงือกว่างบางส่วนและทั้งปาก การทำหัตถการไม่ต้องเปิดเยื่อเมือกหุ้มกระดูก ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้ป่วยน้อย แต่มีข้อจำกัดที่ตัวนำเจาะศัลยกรรมชนิดนี้มีความเสถียรน้อย นิยมใช้ในผู้ป่วยที่ไม่จำเป็นต้องปลูกกระดูก (Bone graft) ร่วมด้วย [4]

2.3) ชนิดรองรับโดยกระดูกสันเหงือก (Bone supported type) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่วางบนกระดูกขากรรไกรของผู้ป่วย ใช้ในผู้ป่วยที่มีสันเหงือกว่างบางส่วนที่มีฟันหายหลายซี่ติดต่อกันหรือสันเหงือกว่างทั้งปาก รวมทั้งผู้ป่วยที่ต้องปลูกกระดูกร่วมด้วย เป็นชนิดที่มีความแม่นยำมาก เนื่องจากวางบนกระดูกรองรับที่เพียงพอและมั่นคง สามารถมองเห็นบริเวณที่จะทำหัตถการได้ชัดเจนเนื่องจากจำเป็นต้องเปิดแผ่นเหงือกจนเห็นกระดูกที่รองรับอยู่ด้านใต้[4]

3) ชนิดตามรูปแบบของการมองเห็นระหว่างการผ่าตัด (Guide visibility)

3.1) ชนิดแบบปิด (Closed guide) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่ครอบคลุมบริเวณผ่าตัดทั้งหมด โดยจะไม่สามารถมองเห็นกระดูกและเนื้อเยื่อระหว่างการผ่าตัดได้ ซึ่งข้อดีของตัวนำเจาะศัลยกรรมชนิดนี้คือ การผ่าตัดเจาะกระดูกและการฝังรากเทียมจะทำผ่านตัวนำเจาะศัลยกรรมทั้งหมด ลดโอกาสการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งและมุมของหัวเจาะกระดูกระหว่างการผ่าตัด แต่ตัวนำเจาะศัลยกรรมชนิดนี้มีข้อเสียคือ หากลำดับการเจาะกระดูกและตำแหน่งในการเจาะมีการผิดพลาดเกิดขึ้น ทันตแพทย์จะไม่สามารถมองเห็นได้ระหว่างการผ่าตัด รวมถึงการฉีดน้ำเข้าไปบริเวณที่เจาะกระดูกยาก จนทำให้บริเวณเจาะกระดูกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการหายของแผล [4]

3.2) ชนิดแบบเปิด (Opened guides) เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่เปิดให้เห็นบริเวณผ่าตัดด้านหน้าหรือด้านแก้ม (Buccal view) ทำให้เห็นและสามารถควบคุมหัวกรอเจาะกระดูกระหว่างการผ่าตัดได้ ข้อดีของตัวนำเจาะศัลยกรรมรูปแบบนี้คือ สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งและมุมของหัวกรอเจาะได้ระหว่างการผ่าตัด ซึ่งการปรับเปลี่ยนนั้นจะทำในกรณีที่มีข้อผิดพลาดในการวางแผนก่อนการผ่าตัด หรือตัวนำเจาะศัลยกรรมไม่แม่นยำและถูกต้อง สามารถตรวจสอบกระดูกและเนื้อเยื่อได้ตลอดการผ่าตัด และยังสามารถฉีดน้ำเข้าไปที่กระดูกเพื่อลดอุณหภูมิระหว่างการผ่าตัดได้ง่าย แต่ตัวนำเจาะศัลยกรรมชนิดนี้มีข้อเสียคือเพิ่มโอกาสและความเสี่ยงที่จะเกิดการฝังรากเทียมในตำแหน่งที่ผิดพลาดได้มากขึ้น [4]

2. ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต (Dynamic surgical guide)

เป็นตัวนำเจาะศัลยกรรมที่ใช้ระบบการติดตามที่ติดกับผู้ป่วยและอุปกรณ์ของระบบ โดยใช้การสะท้อนแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงกลับไปยังกล้องสเตอริโอ (Stereo camera) เป็นระบบการฝังรากเทียมที่สามารถดูข้อมูลได้ระหว่างทำหัตถการ มักเลือกใช้ในผู้ป่วยที่มีความซับซ้อนของการฝังรากเทียม แต่ตัวนำเจาะศัลยกรรมในรูปแบบนี้มีข้อจำกัดในการใช้กับผู้ป่วยที่ไม่มีฟันเหลือในขากรรไกรล่าง เนื่องจากการเคลื่อนไหวในขากรรไกรล่าง จะทำให้การฝังรากเทียมเป็นไปได้ยาก รวมถึงค่าอุปกรณ์ที่มีราคาแพง [7] นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคโนโลยีของหุ่นยนต์และการสัมผัสมาช่วยในการผ่าตัดฝังรากเทียม เรียกว่า Haptic robotic surgery โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ จะถูกต่อเข้ากับโรบอติกอาร์ม (Robotic arm) หรือชุดเครื่องมือที่มีการควบคุมด้วยระบบหุ่นยนต์ในการผ่าตัดฝังรากเทียมโดยอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และกล้องและมีการให้คำแนะนำเรื่องตำแหน่ง มุม และความลึกของรากเทียมด้วยเช่นเดียวกัน[13] (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 ภาพแสดงตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต
Figure 4 Dynamic surgical guide for dental implants

ขั้นตอนการฝังรากเทียมโดยใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต[14]

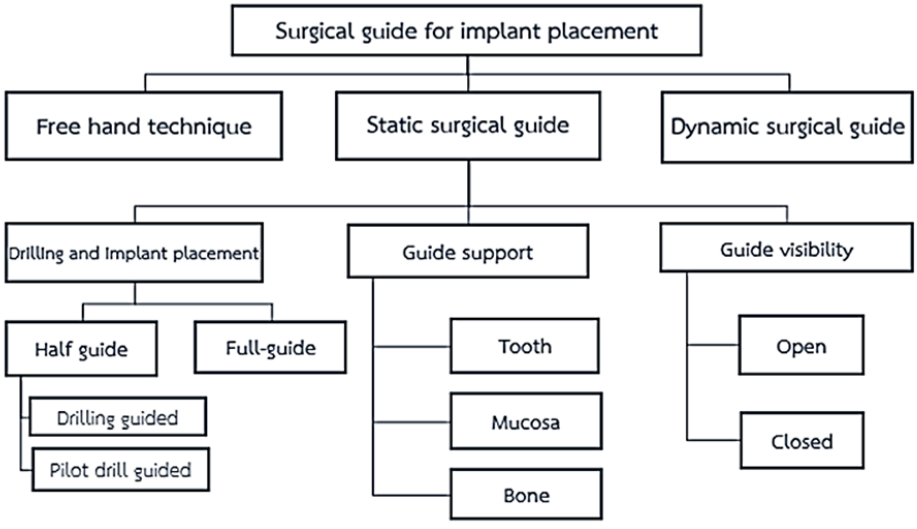
- นำอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกตำแหน่ง (Registration device) ใส่ไปยังช่องปากของผู้ป่วยในตำแหน่งที่จะฝังรากเทียมและนำไปถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม
- ทำการวางแผนตำแหน่งของรากเทียมในโปรแกรม
- ทำการจับคู่ระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกตำแหน่งที่อยู่ในช่องปากกับด้ามจับหัวกรอ (Handpiece)
- ภาพของการจับคู่จะมองเห็นในหน้าจอแสดงผล
- ทำการฝังรากเทียมในผู้ป่วยโดยทันตแพทย์ผู้ผ่าตัดสามารถมองเห็นภาพสามมิติระหว่างการฝังรากเทียมในหน้าจอแสดงผล

ข้อดีของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต

- ทำให้เกิดความแม่นยำและเที่ยงตรงในตำแหน่งของการฝังรากเทียม
- สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งและขนาดของรากเทียมระหว่างการฝังได้
- ทำให้การผ่าตัดนั้นเกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย
- ทำให้ตำแหน่งและท่าทางของทันตแพทย์ที่ฝังรากเทียมอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ (Ergonomic)
- ช่วยลดเวลาในการการผ่าตัดฝังรากเทียม

ข้อเสียของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต

- มีค่าใช้จ่ายสูง
- มีข้อจำกัดการใช้ในผู้ป่วยที่อ้าปากได้น้อย หรือในตำแหน่งที่อยู่ค่อนข้างลึก เช่น ตำแหน่งของฟันกรามซี่ที่สอง เป็นต้น
- ไม่สามารถใช้กับผู้ป่วยที่ไม่มีฟันได้
- ต้องมีการเทียบตำแหน่ง (Calibrate) ที่ถูกต้องก่อนฝังรากเทียม หากมีการเทียบตำแหน่งที่ผิดพลาดหรือไม่แม่นยำอาจส่งผลให้การฝังรากเทียมอยู่ในตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนได้[15]
- หากมีข้อผิดพลาดจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม เช่น ภาพไม่ชัดเจน มีการบิดเบือนของภาพ ที่เกิดจากผู้ป่วยที่มีโลหะในช่องปากจำนวนมาก อาจจะส่งผลต่อการวางแผนตำแหน่งที่จะฝังรากเทียมทำให้การฝังรากเทียมมีการคลาดเคลื่อนได้ (รูปที่ 5)



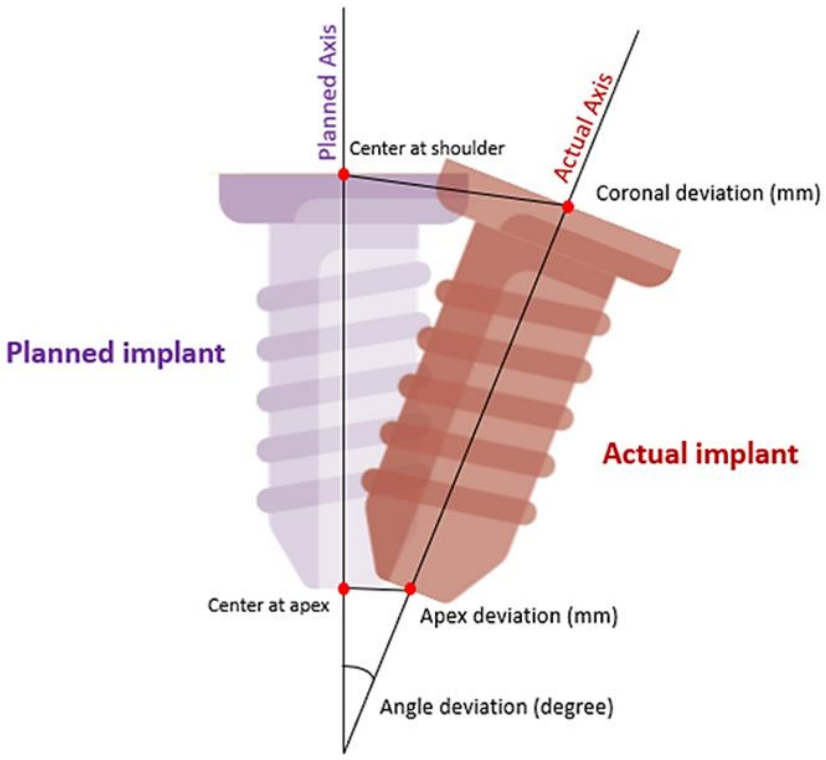
ที่มา: ดัดแปลงจาก Gargallo-Albiol, Barootchi, Salomo-Coll and Wang. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. a systematic review. Annals of anatomy 2019;225:1-10.

รูปที่ 5 แผนผังแสดงการจำแนกชนิดของตัวนำเจาะศัลยกรรมสำหรับการฝังรากเทียม
Figure 5 Diagram showing type of surgical guide for implant placement.

ความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรม (Accuracy of surgical guide)

วิธีการที่ใช้ตรวจสอบและประเมินความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรม วิธีการตรวจสอบและประเมินความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรมจะประเมินจากการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของรากเทียมโดยใช้ตำแหน่งของรากเทียมที่ได้วางแผนไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาเปรียบเทียบกับภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีมที่ถ่ายหลังการผ่าตัดฝังรากเทียม โดยมีการนำภาพทั้งสองภาพมาซ้อนทับกัน โดยค่าตัวแปรต่างๆที่นำมาใช้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของรากเทียมมีหลายรูปแบบแต่ที่นิยมใช้มีดังนี้ [14] (รูปที่ 6)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนขอบบนรากเทียม (Deviation at implant platform) คือ ระยะกระจัด (Displacement) ที่วัดจากจุดกึ่งกลางของขอบบนรากเทียม โดยเทียบระหว่างรากเทียมที่ได้วางแผนไว้กับรากเทียมที่ฝังได้จริง
2. ค่าความคลาดเคลื่อนปลายรากเทียม (Deviation at implant apex) คือ ระยะกระจัดที่วัดจากจุดกึ่งกลางของปลายรากเทียม โดยเทียบระหว่างรากเทียมที่ได้วางแผนไว้กับรากเทียมที่ฝังได้จริง
3. ค่าความคลาดเคลื่อนของมุมรากเทียม (Angular deviation) คือ มุมระหว่างเส้นสมมติที่ลากผ่านแนวกึ่งกลางของรากเทียม โดยเทียบระหว่างรากเทียมที่ได้วางแผนไว้กับรากเทียมที่ฝังได้จริง



ที่มา: ดัดแปลงจาก Yimarj P, Pimkhaokham A. Comparison the accuracy of implant position between static and dynamic computer-assisted implant surgery with two-implant support fixed partial prosthesis [Dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn university; 2019.

รูปที่ 6 ภาพแสดงค่าตัวแปรที่ใช้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรากเทียม
Figure 6 The parameters used to evaluate the discrepancy of the implant position.

ผลการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า (Accuracy of freehand technique)

จากตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าย้อนหลัง 5 ปี พบว่า การศึกษาของ Younes และคณะในปี 2018 การศึกษาของ Smitkarn และคณะในปี 2019 การศึกษาของ Varga Jr. และคณะในปี 2020 การศึกษาของ Schnutenhaus และคณะในปี 2021 และการศึกษาของ Kivovics และคณะในปี 2022 ได้ศึกษาความแม่นยำในการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.27±0.11, 1.5±0.7, 1.82±0.94, 1.62±0.87 และ 1.93±0.79 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.97±0.14, 2.1±1.0, 2.43±0.98, 2.68±1.52 และ 2.28±0.74 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 6.99±0.87, 6.9±4.4, 7.03±3.44, 8.7±4.8 และ 5.85±2.60 องศา ตามลำดับ[1,2,16,17,18] จะเห็นได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมจะมีค่ามากกว่าค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียม ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ส่วนขอบบนของตำแหน่งรากเทียมเป็นตำแหน่งที่มองเห็นขณะทำหัตถการส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย ส่วนตำแหน่งของปลายรากเทียมเป็นตำแหน่งที่มองไม่เห็นขณะทำหัตถการทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงและส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนของมุมรากเทียมเพิ่มขึ้นด้วย

จากการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าย้อนหลัง 5 ปี สรุปว่า การฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งรากเทียมที่ได้วางแผนไว้กับตำแหน่งรากเทียมที่ฝังได้จริง และการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าอาจจะทำให้ได้ตำแหน่งของรากเทียมที่ไม่เหมาะสม สาเหตุจากข้อจำกัดของสภาพทางกายวิภาคโดยรอบ การเข้าถึงบริเวณผ่าตัดได้น้อย ประสบการณ์ของทันตแพทย์ผู้ผ่าตัด ดังนั้นการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้[1]

ตารางที่ 1 สรุปผลการศึกษา 5 ปีย้อนหลังที่ศึกษาความแม่นยำในการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า
Table 1 Result summary of the studies on the accuracy of implant placement with free hand technique over the past 5 years

Study	Type of study	Number of implants	Platform deviation mean (SD) in mm	Apex deviation mean (SD) in mm	Angle deviation mean (SD) in degree
Younes et al. (2018)	RCT	26	1.27 (0.11)	1.97 (0.14)	6.99 (0.87)
Smitkarn et al. (2019)	RCT	30	1.5 (0.7)	2.1 (1.0)	6.9 (4.4
Varga et al. (2020)	RCT	55	1.82 (0.94)	2.43 (0.98)	7.03 (3.44)
Schnutenhaus et al. (2021)	Prospective clinical study	52	1.62 (0.87)	2.68 (1.52)	8.7 (4.8)
Lou et al. (2021)	RCT	30	1.05 (0.17)	1.36 (0.13)	6.61 (1.09)
Kivovics et al. (2022)	In vitro study	48	1.93 (0.79)	2.28 (0.74)	5.85 (2.60)

ผลการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ (Accuracy of static surgical guide)

จากตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่ย้อนหลัง 5 ปี พบว่า การศึกษา Systematic review and Meta-analysis ของ Tahmaseb และคณะในปี 2018 การศึกษาของ Smitkarn และคณะในปี 2019 การศึกษาของ Kim และคณะในปี 2022 ได้ศึกษาเกี่ยวกับความแม่นยำของรากเทียมที่ฝังด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคอมพิวเตอร์ช่วยเหลือ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.2 (1.04-1.44), 1.0±0.6 และ 1.13±0.36 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.4 (1.28-1.54), 1.3±0.6 และ 1.13±0.36 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 3.5 (3.0-3.96), 3.1±2.3 และ 3.42±2.12 องศา ตามลำดับ[2,19,20] จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่า การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคอมพิวเตอร์ช่วยเหลือมีความแม่นยำสูง มีค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า เนื่องจากมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และการใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีมมาช่วยในการวางแผนตำแหน่งของรากเทียม ออกแบบตำแหน่งของครอบฟันและสามารถมองเห็นอวัยวะที่สำคัญในตำแหน่งที่จะฝังรากเทียม ทำให้สามารถคาดคะเนตำแหน่งรากเทียมได้ส่งผลให้รากเทียมอยู่ในตำแหน่งที่ดีใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ได้วางแผนไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์[4,6]

ตารางที่ 2 สรุปผลการศึกษา 5 ปีย้อนหลังที่ศึกษาความแม่นยำในการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคงที่
Table 2 Result summary of the studies on the accuracy of implant placement with static surgical guide over the past 5 years

Study	Type of study	Number of implants	Type of surgical guide	Platform deviation mean (SD) in mm	Apex deviation mean (SD) in mm	Angle deviation mean (SD) in mm
Bover-Ramos et al. (2018)	Systematic review	2244	Partial static CAIS	1.44 (0.18)	1.91 (0.23)	4.30 (0.73)
			Fully static CAIS	1.00 (0.08)	1.23 (0.10)	3.13 (0.23)
Tahmaseb et al.(2018)	Systematic review	2,238	Static CAIS	1.2 (1.04-1.44)	1.4 (1.28-1.58)	3.5 (3.0-3.96)
Smitkarn et al. (2019)	RCT	30	Fully static CAIS	1.0 (0.6)	1.3 (0.6)	3.1 (2.3)
Kiatkroekkrai and Pimkhaokham (2019)	Prospective study	12 (8 mm) *	Static CAIS	1.14 (0.6)	1.39 (0.63)	3.18 (1.84)
		12(10 mm) *		1.27 (0.6)	1.9 (0.51)	5.24 (1.25)
Varga et al. (2020)	RCT	49	Pilot guide	1.57 (0.91)	1.86 (1.09)	5.71 (3.68)
		51	Partial guide	1.37 (0.79)	1.59 (0.86)	4.30 (3.33)
		52	Fully guide	1.40 (0.54)	1.59 (0.59)	3.04 (1.51)
Lou et al. (2021)	RCT	36	Partial static CAIS	0.69 (0.10)	0.80 (0.08)	3.16 (0.70)
		33	Fully static CAIS	0.39 (0.12)	0.28 (0.09)	2.05 (0.45)
Kim et al. (2022)	Clinical study	24	Static CAIS	0.97 (0.37)	1.13 (0.36)	3.42 (2.12)

* Length of implant
CAIS = Computer-assisted implant surgery
RCT= Randomized controlled trial

การศึกษา Systematic review and Meta-analysis ของ Bover-Ramos และคณะในปี 2018 การศึกษาของ Varga Jr. และคณะในปี 2020 การศึกษา Lou และคณะปี 2021 ได้ศึกษาความแม่นยำของตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคอมพิวเตอร์ช่วยเหลือเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม คือ ตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วนเปรียบเทียบกับตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมทั้งหมด พบว่าตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วนมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.44±0.18, 1.37±0.79 และ 0.69±0.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.91±0.23, 1.59±0.86 และ 0.80±0.08 มิลลิเมตร ตามลำดับและมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 4.30±0.37, 4.30±3.33 และ 3.16±0.70 องศา ตามลำดับ ส่วนตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมทั้งหมดมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.00±0.08, 1.40±0.54 และ 0.39±0.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.23±0.10, 1.59±0.59 และ 0.28±0.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 3.13±0.73, 3.04±1.51 และ 2.05±0.45 องศา ตามลำดับ[3,17,21] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Varga Jr. และคณะในปี 2020 ที่ได้ศึกษาตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วนชนิดกำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอนำเจาะกระดูกตัวแรก พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.57±0.91 มิลลิเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.86±1.09 มิลลิเมตรและมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 5.71±3.8 องศา[17] จากการศึกษาข้างต้นได้ข้อสรุปว่า การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมทั้งหมดให้ค่าความแม่นยำสูงกว่าการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วน สำหรับการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมครอบคลุมบางส่วนชนิดกำหนดเฉพาะตำแหน่งหัวกรอนำเจาะกระดูกตัวแรกให้ค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง มีความแม่นยำน้อยเนื่องจากมีการใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมแค่ขั้นตอนแรกจากนั้นขั้นตอนที่เหลือจนถึงการใส่รากเทียมเป็นการใช้เทคนิคมือเปล่าทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย

นอกจากนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสูงของสลีฟโดยการศึกษาของ Sittikornpaiboon ในปี 2020 พบว่า สลีฟที่มีความสูง 7 และ 9 มิลลิเมตรให้ความแม่นยำที่น้อยกว่าสลีฟที่มีความสูง 3 และ 5 มิลลิเมตร และพบว่าการใช้สลีฟที่มีความสูงมากจะทำให้การฝังรากเทียมมีความยุ่งยากโดยเฉพาะในผู้ป่วยที่อ้าปากได้น้อย โดยสลีฟที่มีความยาว 5 มิลลิเมตรมีความเหมาะสมที่สุดในการฝังรากเทียมทั้งในเรื่องของความแม่นยำและความสะดวกระหว่างการฝังรากเทียมในสถานการณ์จริง[22] และการศึกษาของ El Kholy และคณะในปี 2019 ที่ศึกษาระยะของหัวกรอที่ใช้เจาะกับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยพบว่าการใช้หัวกรอที่มีระยะ 18 มิลลิเมตรให้ค่าความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หัวกรอที่มีระยะ 14 และ 16 มิลลิเมตร ตามลำดับ และได้ข้อสรุปว่า การลดระยะของการเจาะโดยการลดความสูงของสลีฟหรือการใช้รากเทียมที่สั้นสามารถเพิ่มความแม่นยำของการปักรากเทียมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[23]

ผลการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต (Accuracy of dynamic surgical guide)

จากตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตย้อนหลัง 5 ปี พบว่า การศึกษาของ Jorba-Garcia และคณะในปี 2018 การศึกษาของ Kivovics และคณะในปี 2022 ได้ศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าเปรียบเทียบกับการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต ซึ่งการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่ามีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.5±0.58, 1.93±0.79 มิลลิเมตรตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 2.26±1.11, 2.28±0.74 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 9.7±5.2, 5.85±2.60 องศา ตามลำดับ ส่วนการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.29±0.46, 1.27±0.40 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.33±0.5, 1.34±0.41 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 1.6±1.3, 4.09±2.79 องศา

ตามลำดับ[18,24] จะเห็นได้ว่าการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตมีความแม่นยำมากกว่าการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่า มีตำแหน่งของรากเทียมที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่วางแผนไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีการใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีมมาช่วยและการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตสามารถที่จะปรับเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างการฝังได้ ทำให้ได้ตำแหน่งที่ดีของรากเทียม ลดข้อผิดพลาดและโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนระหว่างและหลังผ่าตัดได้

การศึกษาของ Yimarj และ PimKhaokham ในปี 2019 การศึกษาของ Wu และคณะในปี 2020 ได้ศึกษาความแม่นยำของการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคอมพิวเตอร์ช่วยเหลือเปรียบเทียบกับการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต พบว่า การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคอมพิวเตอร์ช่วยเหลือมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.04±0.71, 1.22±0.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.51± 0.86, 1.33±0.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 4.05±2.06, 4.34±2.22 องศา ตามลำดับ ส่วนการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งขอบบนรากเทียมเท่ากับ 1.24±0.62, 1.36±0.65 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายรากเทียมเท่ากับ 1.58± 0.77, 1.48±0.65 มิลลิเมตรตามลำดับ และค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของมุมรากเทียมเท่ากับ 3.78±2.38, 3.71±1.32 องศา ตามลำดับ[14,25] จะเห็นได้ว่าการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบคอมพิวเตอร์ช่วยเหลือมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกับการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต จึงสรุปได้ว่า การฝังรากเทียมทั้งสองระบบมีค่าความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย และสำหรับการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตอาจจะมีการใช้งานที่ค่อนข้างยากและต้องใช้ประสบการณ์ของทันตแพทย์ผู้ผ่าตัด

ตารางที่ 3 สรุปผลการศึกษา 5 ปีย้อนหลังที่ศึกษาความแม่นยำในการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัต
Table 3 Result summary of the studies on the accuracy of implant placement with dynamic surgical guide over the past 5 years

Study	Type of study	Number of implants	Platform deviation mean (SD) in mm	Apex deviation mean (SD) in mm	Angle deviation mean (SD) in mm
Jorba-Garcia et al. (2018)	RCT	36	1.29 (0.46)	1.33 (0.5)	1.6 (1.3)
Yimarj and Pimkhaokham (2019)	RCT	15	1.24 (0.62)	1.58 (0.77)	3.78 (2.38)
Wu et al. (2020)	Retrospective study	38	1.36 (0.65)	1.48 (0.65)	3.71 (1.32)
Kivovics et al. (2022)	In vitro study	48	1.27 (0.40)	1.34 (0.41)	4.09 (2.79)

RCT= Randomized controlled trial

บทสรุป

1. การฝังรากเทียมด้วยเทคนิคมือเปล่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการฝังรากเทียมด้วยเทคนิคอื่น ส่งผลให้ได้ตำแหน่งรากเทียมที่ไม่เหมาะสม การฝังรากเทียมด้วยเทคนิคนี้ต้องใช้ประสบการณ์ของทันตแพทย์ผู้ผ่าตัดค่อนข้างสูง จึงไม่แนะนำให้ฝังรากเทียมด้วยเทคนิคนี้ในทันตแพทย์ที่ยังไม่มีประสบการณ์โดยควรใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมเป็นมาตรฐานในการฝังรากเทียมทุกครั้งที่สามารถใช้ได้

2. การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมคงที่แบบครอบคลุมทั้งหมดให้ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุด มีความคลาดเคลื่อนน้อย แต่มีข้อจำกัดการใช้ในผู้ป่วยที่อ้าปากได้น้อย หรือในตำแหน่งที่อยู่ค่อนข้างลึก เช่น ตำแหน่งของฟันกรามซี่ที่สองซึ่งสามารถใช้ตัวนำเจาะศัลยกรรมคงที่แบบครอบคลุมบางส่วนมาใช้ทดแทนได้

3. การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตให้ค่าความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกับการฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมคงที่ แต่การฝังรากเทียมด้วยตัวนำเจาะศัลยกรรมแบบพลวัตมีการใช้งานที่ค่อนข้างยากและต้องใช้ประสบการณ์ของทันตแพทย์ผู้ผ่าตัด

เอกสารอ้างอิง

1. Schnutenhaus S, Wagner M, Edelmann C, Luthardt R, Rudolph H. Factors influencing the accuracy of freehand implant placement: A prospective clinical study. Dent J 2021;9(5):54.
2. Smitkarn P, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of single‐tooth implants placed using fully digital‐guided surgery and Freehand Implant surgery. J Clin Periodontol 2021;46(9):949–57.
3. Lou F, Rao P, Zhang M, Luo S, Lu S, Xiao J. Accuracy evaluation of partially guided and fully guided templates applied to implant surgery of anterior teeth: A randomized controlled trial. Clin Implant Dent Relat Res 2021; 23(1):117-30.
4. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomo-Coll O, Wang HL. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. a systematic review. Ann Anat 2019;225:1-10.
5. Salem D, Mansour MH. Surgical guides for dental implants; a suggested new classification. J Dent Oral Health 2019;6:1-8.
6. Umapathy T, Jayam C, Anila BS, Ashwini CP. Overview of surgical guides for implant therapy. J Dent Implant 2015;25(1):48-52.
7. Block MS, Emery RW. Static or dynamic navigation for implant placement - Choosing the method of guidance. Oral Maxillofac Surg 2016;74(2):269-77.
8. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Marques-Guasch J, Wang HL. Fully guided versus half-guided and freehand implant placement: Systematic review and meta-analysis. Int J Oral Maxillofac Implants 2020;35(6):1159-169.
9. Sardar CS, Shetty O, Jain A. Surgical stents in implant dentistry: A review. Heal Talk 2014;6(5):11-3.
10. Pisitanusorn A, Unkaew P. Computer guided dental implant: New dimension in oral restoration. CM Dent J 2016;37(2):13-25.
11. Jeanette KL, Miguel DD, Marta RR, María PS, Guillermo P. Accuracy of a guided implant system with milled surgical templates. J Oral Sci 2022; 64(2):145-150.
12. Al-Yafi F, Camenisch B, Al-Sabbagh M. Is digital guided implant surgery accurate and reliable? Dent Clin North Am 2019;63(3):381-97.
13. Scotty LB, Uday NR, Accuracy of haptic robotic guidance of dental implant surgery for completely edentulous arches. J. Prosthet Dent 2022;128(4):639-647.
14. Wu D, Zhou L, Yang J, Zhang B, Lin Y, Chen J, et al. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. Int J Implant Dent 2020;6(1):78.
15. Xiyan P, Jinlong W, Feng S, Yu M, Siniong L, Xiaoqiang L. Accuracy and efficiency of a calibration approach in dynamic navigation for implant placement: An in vitro study. J Dent Sci 2024;19:51-57.

16. Younes F, Cosyn J, Bruyckere TD, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. J Clin Periodontol 2018;45(6):721-32.
17. Varga Jr. E, Antal M, Major L, Kiscsatari R, Braunitzer G, Piffkp J. Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. Clin Oral Implants Res 2020;31(5):417-30.
18. Kivovics M, Takacs A, Penzes D, Nemeth O, Mijiritsky E. Accuracy of dental implant placement using augmented reality-based navigation, static computer assisted implant surgery, and the free-hand method: An in vitro study. J Dent 2022;119:104070.
19. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implant Res 2018;29(Suppl):416-35.
20. Kim MJ, Jeong JY, Ryu J, Jung S, Park HJ, Oh HK, et al. Accuracy of digital surgical guides for dental implants. Maxillofac Plast Reconstr Surg 2022;44(1):35.
21. Bover-Ramos F, Vina-Almunia J, Cervera-Ballester J, Penarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. Int J Oral Maxillofac Implants 2018;33(1):101-15.
22. Sittikornpaiboon P. Comparison of the accuracy of implant position using different drilling system for static computer-assisted implant surgery: in vitro study [Dissertation]. Bangkok : Chulalongkorn university; 2020.
23. El Kholy K, Simone FMJ, Martin S, Daniel B. The influence of guided sleeve height, drilling distance, and drilling key length on the accuracy of static Computer Assisted Implant Surgery. Clin Implant Dent Relat Res 2019;21(1):101-7.
24. Jorba-García A, Figueiredo R, González-Barnadas B, Camps-Font O, Val- maseda-Castellón E. Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: An in-vitro study. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2019;24(1);76-83.
25. Yimarj P, Pimkhaokham A. Comparison the accuracy of implant position between static and dynamic computer-assisted implant surgery with two-implant support fixed partial prosthesis [Dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn university; 2019.

ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

เสาวลักษณ์ ลิ้มมณฑล
สาขาวิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
โทรศัพท์ : 043 202 405 #45152
โทรสาร : 043 202 862
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : saolim@kku.ac.th

Type and Accuracy of Dental Implant Surgical Guide

Adam L[1] *Yossoontorn K*[2] *Choengprapakorn D*[3] *Limmonthol S*[3,*]

Review Article

Abstract

At present, there are various techniques for implant placement, including the free hand technique and the placement by using static surgical guide and dynamic surgical guide. Each technique has different steps and methods that lead to different results and accuracies. This article aims to provide information about the types of surgical guides and the accuracy of dental implant placement using various techniques. This article compiles and compares the studies which related to the accuracy of implant placement using different techniques to provide the guidelines for choosing the appropriate surgical guide in implant placement.

Keywords: *Dental implant placement/ Dental implant surgical guide/ Accuracy of implant placement*

Corresponding Author

Saowaluck Limmonthol

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,

Faculty of Dentistry, Khon Kaen University,

Amphur Muang, Khon Kaen.

Tel. : +66 43 202 405 #45152

Fax: +66 43 202 862

E-mail: saolim@kku.ac.th

[1] *Dental Department, Maelan Hospital, Amphur Maelan, Pattani.*

[2] *Resident training programs in Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen.*

[3] *Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen.*

* *Corresponding Author*