# เอกสารประกอบการสอน
# กระบวนวิชาศัลยศาสตร์ช่องปาก 2
# (DOS 408482)

# หัวข้อ
# ทันตกรรมรากเทียม
# (Dental Implant)

**วัตถุประสงค์ :** เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายถึงความหมายของทันตกรรมรากเทียม ข้อบ่งชี้ ข้อห้ามใช้หรือข้อควรระวังในการฝังรากเทียมได้
2. อธิบายถึงชนิดต่าง ๆ ของรากเทียม การเลือกใช้รากเทียมให้เหมาะสมกับกระดูกแต่ละชนิดแต่ละตำแหน่งได้
3. อธิบายถึงหลักการในการผ่าตัดฝังรากเทียม การผ่าตัดฝังรากเทียมแต่ละชนิด ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นในขณะผ่าตัดฝังรากเทียม หลังการผ่าตัดฝังรากเทียม รวมทั้งการป้องกันและวิธีแก้ไขภาวะแทรกซ้อนดังกล่าวได้
4. อธิบายถึงขั้นตอนต่าง ๆ ในการฝังรากเทียม จนถึงการเตรียมการก่อนการใส่ฟันบนรากเทียมได้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมิตรา พงษ์ศิริ
ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปาก
คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

# ทันตกรรมรากเทียม

# (Dental Implant)

เมื่อมีการสูญเสียฟันแท้ไป เราพยายามที่จะหาสิ่งที่มาทำหน้าที่ทดแทน ได้แก่ ฟันปลอมชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดถอดได้ และชนิดติดแน่น

ฟันปลอมชนิดติดแน่นถือว่าให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ป่วยเพราะไม่มีระยางค์เกะกะ และไม่ต้องถอดออกมาดูแลพิเศษนอกช่องปาก แรงบดเคี้ยวของฟันปลอมชนิดนี้จะถ่ายทอดผ่านฟันที่เป็นตัวหลักลงไปสู่กระดูกขากรรไกรได้ แต่การใส่ฟันแบบนี้มีข้อจำกัดเพราะไม่สามารถทำได้ในผู้ป่วยทุกคน ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะที่ไม่เหมาะสมบางประการ เช่น ไม่มีฟันมารับแรงที่ปลายอีกด้านหนึ่ง (free end) ฟันที่จะใช้เป็นตัวหลักไม่แข็งแรงพอที่จะรับแรงได้ หรือฟันที่จะใส่มีจำนวนหลายซี่ โดยที่ฟันหลักอยู่ห่างกันมากเกินไป (long span) เป็นต้น

จากข้อจำกัดเหล่านี้ ทำให้ผู้ป่วยต้องรับการใส่ฟันชนิดถอดได้ ซึ่งมีส่วนประกอบที่เกะกะ ต้องการการดูแลนอกช่องปาก ต้องระวังการแตกหักตลอดจนอาจมีอาการเจ็บปวด หรือเนื้อเยื่อเป็นแผล เพราะฟันปลอมวางอยู่บนเหงือก ไม่ได้ถ่ายทอดแรงโดยตรงสู่ฟันเท่านั้น เมื่อมีการกดจุดใดจุดหนึ่งที่ค่อนข้างมากจะทำให้เหงือกเป็นแผลได้ นอกจากนี้อาจมีปัญหาเรื่องการบดเคี้ยวอาหาร อาจมีเศษอาหารเข้าไปติดใต้ฟันปลอมทำความรำคาญแก่ผู้ป่วยได้มาก

จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีการคิดค้นสิ่งที่จะสามารถปรับสภาวะในช่องปากให้เหมาะสมกับการใส่ฟัน โดยเฉพาะแบบติดแน่นให้มีประสิทธิภาพ ในที่สุดได้เกิดการทำรากเทียมขึ้น เพราะสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ และใช้งานได้ดี

Dental implant คือ สิ่งที่นำมาปรับสภาพในช่องปากเพื่อให้เหมาะสมกับการใส่ฟัน การปรับสภาพอาจทำได้โดยการฝังในกระดูก ฝังในรากฟัน หรือฝังใต้เหงือก ทั้งนี้วัสดุที่จะใช้ทำ dental implant ควรมีคุณสมบัติเบื้องต้น คือ

- จะต้องทำจากสารที่ไม่มีชีวิต ทั้งนี้เพื่อป้องกันการต่อต้านจากปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันของร่างกาย
- ต้องมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับร่างกาย (biocompatibility)
- สามารถควบคุมรูปร่างให้เป็นไปตามต้องการได้ เพื่อให้การออกแบบของรากเทียมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์มากที่สุด

**Implant ที่พบในการแพทย์สาขาอื่น**

- Eye implant เช่น การเปลี่ยนเลนส์ตา การเปลี่ยนม่านตา ฯลฯ
- Facial implant เช่น การใส่วัสดุเข้าไปเสริมใบหน้าผู้ป่วยเพื่อแก้ไขความผิดปกติจากอุบัติเหตุจากโรคร้าย หรือเพื่อความสวยงาม เช่น การเสริมจมูก เสริมคาง เสริมโหนกแก้ม เป็นต้น
- Breast implant เป็นการเสริมเต้านมให้มีรูปร่างดีขึ้น เป็นสิ่งที่พบได้บ่อยพอสมควร ในปัจจุบันทั้งในเพศหญิง และเพศชาย
- Penile implant เป็นการเสริมอวัยวะเพศชายที่ไม่สามารถแข็งตัวได้ โดยการใช้ท่อฝังและอัดด้วยของเหลวเข้าไปในท่อทำให้แข็งตัว

- Heart implant ได้แก่ การฝัง pacemaker หรือการเปลี่ยนลิ้นหัวใจ
- Joint implant ได้แก่ การใช้ข้อต่อเทียมในผู้ป่วยที่ข้อต่อเก่าเสื่อมต้องตัดออก เป็นต้น

## ประวัติของรากเทียม

ทันตกรรมรากเทียม ได้เข้ามาสู่วงการทันตแพทย์อย่างจริงจัง โดยเฉพาะ endosseous implant ตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา

Cranin ได้รายงานไว้ว่า ในปี 1809 Maggilio ได้ใส่ gold implant ลงไปในเบ้ารากฟันที่ถอนออกใหม่ ๆ และมีวิวัฒนการเป็นระยะ ๆ เรื่อยมา โดยมีการใช้ทั้งฟันธรรมชาติ พอร์ซีเลน เงิน ดีบุก ในการพยายามฝังลงไปในกระดูก จนกระทั่ง ในปี 1937 Adams ได้คิดค้นรากเทียมที่เป็น cylinder และ screw type ขึ้นมา และเป็นชนิด submerged คือ ต้องฝังลึกลงไปในกระดูกและเย็บแผลปิด รอให้รากฟันยึดติดกับกระดูก จึงจะทำการใส่ฟันได้

ในปลายปี ค.ศ. 1937 Venable พัฒนาใช้โลหะผสมระหว่าง cobalt – chromium – molybdenum alloy หรือที่เรียกว่า Vitallium มาใช้ในวงการทันตแพทย์ และทันตกรรมรากเทียม

ในปี 1939 Strock เป็นผู้คิดค้นการทำ endodontic implant และ endosteal implant ที่แท้จริง โดยมีการทดลองในสัตว์ทดลองและศึกษาทางจุลวิภาค พบการยึดติดของรากเทียมกับกระดูกที่เรียกว่า osseointegration หรือ osteointegration

ในปี 1941 Dahl เป็นผู้คิดค้น การทำ subperiosteal implant ขึ้นมาเป็นครั้งแรก โดยไม่มีการพิมพ์กระดูกขากรรไกรโดยตรง แต่จะพิมพ์ปากโดยวิธีปกติ จน Isaiah Lew ในปี 1951 ได้พัฒนาวิธีการพิมพ์กระดูกโดยตรง และการใช้ two stage subperiosteal implant ขึ้นมา จากนั้นมีผู้คิดค้นและพัฒนาการใช้ subperiosteal implant ให้ก้าวหน้าขึ้นเรื่อย ๆ

ส่วน endosteal หรือ endosseous implant ก็มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง จนมีรากเทียมหลายระบบมาก เช่น

ในปี 1951 Per – Invar Brandmark จากประเทศสวีเดน พัฒนา Biotes (Nobelpharma)

ในปี 1970 Kawahara จากญี่ปุ่น พัฒนา ceramic implant

ในปี 1974 ITI ทีมในสวิสเซอร์แลนด์ พัฒนา ITI implant เช่นเดียวกับ Kirsch ได้คิดค้น IMZ implant และเริ่มใช้ในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เมื่อปี 1978

ในปี 1981 – 1982 รากเทียม Branemark เป็นที่ยอมรับกันมากในสหรัฐอเมริกา

ในปี 1982 Niznick พัฒนารากเทียม Corevent และ basket implant ซึ่งเป็น two-stage implant

หลังจากปี 1982 เป็นต้นมา มีการพัฒนารากเทียม Steri-Oss Flexiroot Osseodent, Screw – Vent และ 3I

ในปี 1984 มีผู้คิดค้น รากเทียม Integral ซึ่งมีรูปแบบเหมือนรากเทียม IMZ แต่ฉาบผิวของรากเทียมด้วย hydroxyapatite

จากนั้นรากเทียมหลายระบบจึงถูกผลิตขึ้นมาโดยฉาบผิวด้วย hydroxyapatite เหมือนกัน

จากการที่มีรากเทียมหลากหลายถูกนำเสนอเข้ามาในวงการทันตแพทย์ American Dental Association (ADA) ได้พยายามตรวจสอบทั้งผลการวิจัยในสัตว์ทดลอง และการใช้ในคลินิกกับผู้ป่วย เพื่อหารากเทียมระบบที่ดี และยอมรับได้ เริ่มตั้งแต่ รากเทียม Biotes (Nobelpharma) IMZ, Oratronic blade

implant, Core-Vent, ITI ต่อมา Biotes (Nobelpharma) ได้เปลี่ยนชื่อเป็น Branemark implant ปัจจุบันมีรากเทียมอีกหลายระบบมากที่เป็นที่ยอมรับ

**ชนิดต่าง ๆ ของ dental implant**

1. Endodontic pin หรือ transdental fixation คือ implant ที่ใช้ในการยึดฟันให้แข็งแรงขึ้นโดยการฝังผ่านเข้าไปในตัวฟัน ทะลุออกไปที่ปลายรากฟัน และเลยไปยึดติดกับกระดูกขากรรไกร
2. Subperiosteum implant เป็น implant ที่ฝังเข้าไปอยู่ใต้เยื่อหุ้มกระดูก (periosteum) โดยวางอยู่บนกระดูกสันเหงือก และมีบางส่วนโผล่ขึ้นมาในช่องปาก เป็นตัวรองรับฟันปลอม
3. Endosseous implant เป็น implant ที่ใช้ฝังลงไปในกระดูกขากรรไกร เพื่อเป็นหลักยึดในการใส่ฟัน ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งแบบติดแน่น หรือถอดได้ รูปแบบของ implant อาจเป็น screw, cylinder หรือ blade
4. Intra-mucosal implant (on-implant) เป็น implant ที่ใช้ติดกับ denture base เพื่อช่วยในการยึดติดกับเหงือกเช่นเดียวกับการติดกระดุม
5. Orther type เป็น implant ที่คิดค้นขึ้นมาเสริมให้การทำ implant แบบต่าง ๆ ข้างต้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้งานฝังรากเทียมมีอัตราความสำเร็จมากขึ้น เช่น การเสริมกระดูก เพื่อให้สันเหงือกอยู่ในสภาพดีขึ้นพร้อมที่จะใส่ฟันได้ อาจเป็นแบบธรรมดา หรือร่วมกับการฝังรากเทียม การรักษาโรคปริทันต์ หรือรอยโรคในกระดูก เช่น cyst ด้วยการใส่วัสดุทดแทนกระดูก หรือกระดูกเทียมลงไป จัดเป็น implant ด้วยชนิดหนึ่ง สารที่นำมาใช้ เช่น hydroxyapatite, tricalcium phosphate, bioactive glass ceramic anorganic bovine bone, calcium carbonate และ polymer เป็นต้น

**Dental implant ช่วยแก้ปัญหาในการใส่ฟันได้อย่างไร**

- เราสามารถใช้ implant เป็นหลักยึด (abutment) ในการใส่สะพานฟันในราย free end ได้ หรือเป็นเป็นหลักในการรับแรงเดี่ยว ๆ เมื่อใส่ฟันตำแหน่งเดียวได้
- ในราย long span bridge สามารถใช้ implant ฝัง ระหว่างกลางและใช้ฟันแท้เป็น abutment ร่วมด้วย หรือ จะไม่รบกวนฟันแท้ ให้ใช้แต่ implant เป็นหลักอย่างเดียวก็ได้
- ใช้ endodontic pin ช่วยยึดฟันที่โยกให้แข็งแรงขึ้นได้ เพราะเป็นการเพิ่ม crown : root ratio
- ใช้ intra – mucosal implant ช่วยเพิ่ม retention ให้ฟันปลอมชนิด full denture ได้
- ใช้ subperiosteal implant เป็นฐานของฟันปลอม หรือเป็น abutment ของ bridge ได้
- ใช้วัสดุทดแทนกระดูก หรือกระดูกเทียม เสริมกระดูกขากรรไกรได้ทั้งความกว้างและความสูง ช่วยให้ใส่ฟันได้สวยงามขึ้น หรืออาจใช้รักษาความสูงและความกว้างของสันเหงือก โดยเติมลงในเบ้ารากฟันทันทีหลังจากถอนฟันออกไปแล้ว

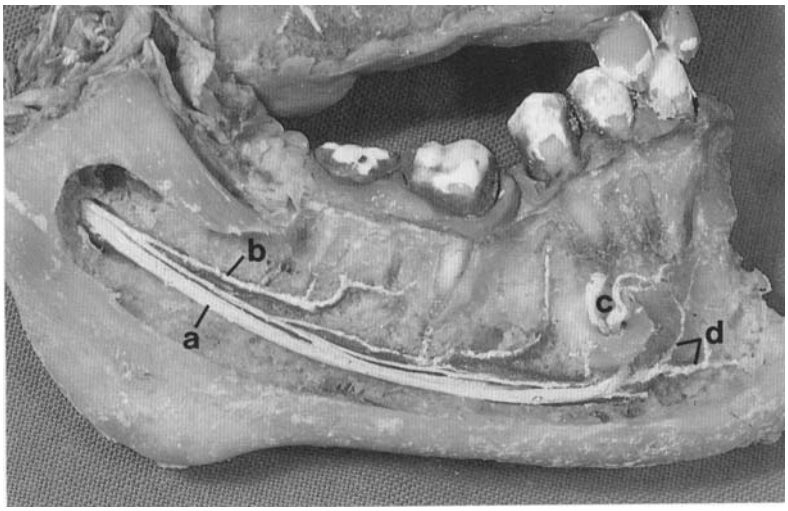
**เส้นเลือดเส้นประสาทที่เลี้ยงขากรรไกร**

ก่อนที่จะศึกษาเรื่องรากเทียม และมีการผ่าตัดฝังรากเทียม หรือการเตรียมสันกระดูกให้พร้อมเพื่อการฝังรากเทียม หรือการผ่าตัดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ควรทราบเกี่ยวกับเส้นเลือด และเส้นประสาทที่มาเลี้ยงขากรรไกรอย่างละเอียด

**Inferior Alveolar Nerve (รูปที่ 1)**

เป็นสาขาของ mandibular nerve (v3) ใน infratemporal fossa โผล่ออกมาทาง inferior border ของ inferior head ของ lateral pterygoid muscle ลงมาเข้าทาง mandibular foramen ในส่วน medial ของ ramus ก่อนที่ nerve จะเข้าสู่ mandibular foramen จะมีการแยก sensory branch ไปเลี้ยง mandibular bone ซึ่ง sensory branch นี้ จะวิ่งไปกับเส้นเลือดเล็ก ๆ ที่จะไปเลี้ยง mandibular bone inferior alveolar nerve วิ่งผ่าน mandibular canal ไปถึง premolar region ซึ่งจะแยกเป็น 2 สาขา คือ mental nerve และ incisive nerve

mental nerve โผล่ออกมาทาง mental foramen ในกรณีที่สันเหงือกบริเวณนี้ละลายตัวมาก จะพบ mental nerve และ vessels อยู่บนยอดสันเหงือกได้ จึงควรหลีกเลี่ยงการลง incision ซึ่งอาจเกิดอันตรายแก่โครงสร้างดังกล่าว การหาตำแหน่งของ inferior alveolar canal ในกระดูกโดยใช้ CT Scans (Computed Tomographics scans) และ MRI (Magnetic Resonance Imaging) จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการวางแผนการรักษาโดยการฝังรากเทียม บางครั้งพบว่ามี variation ของ nerve คือมีการแตกสาขาออกไปซึ่งก็สามารถหาได้โดย conventional x-ray ธรรมดา และ operator ก็สามารถปรับเปลี่ยนวิธีผ่าตัดหรือเปลี่ยนชนิดของรากเทียมเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่จะเกิดขึ้นในส่วนของ nerve ที่ออกจาก foramen ซึ่งถ้าหากมีอันตรายต่อ nerve ที่อยู่บนสันเหงือกที่ละลายตัวมากนี้ soft tissue รอบ ๆ จะไม่มี nerve มาเลี้ยง ทำให้ fibrous tissue รอบรากเทียมที่ฝังในบริเวณนี้เพิ่มปริมาณขึ้น และจะเป็นปัญหาต่อการดูแลรากเทียมที่อยู่บริเวณนี้ได้




รูปที่ 1 เส้นประสาทที่มาเลี้ยงขากรรไกรล่าง

a = inferior alveolar nerve

b = dentogingival nerve

c = mental nerve

d = incisor nerve

**Lingual nerve**

Lingual nerve เป็นสาขาของ mandibular nerve ซึ่งให้สาขาที่ infratemporal fossa ผ่านลงมาระหว่าง ramus ของ mandible และ medial pterygoid muscle lingual nerve เข้าสู่ช่องปากบริเวณเหนือต่อ posterior edge ของ mylohyoid muscle บริเวณ molar เนื่องจาก lingual nerve จะอยู่ด้าน medial ของ retromolar pad การลง incision บริเวณนี้ควรลงบริเวณ lateral ต่อ retromolar pad และควรทำ mucosal reflection โดยใช้ periosteal elevator แนบชิดกับกระดูกเสมอเพื่อหลีกเลี่ยงการทำอันตรายต่อเส้นประสาทนี้ lingual nerve ผ่านไปบนผิวของกล้ามเนื้อ hyoglossus และ ข้ามท่อของ submandibular gland เข้ามาด้านใกล้กลาง เพื่อจะโผล่ออกที่ floor of the mouth และ tongue ขณะที่

lingual nerve ใน infratemporal fossa เชื่อมกับ chorda tympani nerve ซึ่งเป็นสาขาของ cranial nerve ที่ 4 chorda tympani นั้นเป็นเส้นใยประสาทที่นำการรับรสจาก anterior 2/3 ของลิ้น และ parasympathetic preganglionic fiber ไปสู่ submandibular autonomic ganglion Submandibular ganglion เชื่อมต่อกับ lingual nerve ที่ผิวของ hyoglossus muscle, postganglionic neuron จาก ganglion นี้ จะไปเลี้ยง submandibular และ sublingual salivary gland, สาขาของ lingual nerve จะเป็นนำความรู้สึกจาก lingual mucosa, mucosa ของ floor of mouth และ anterior 2/3 ของลิ้น การทำ reflection ของ lingual mucoperiosteal flap ที่ไม่ถูกต้อง อาจทำอันตรายต่อ lingual nerve และก่อให้เกิด paresthesia หรือ anesthesia ในบริเวณดังกล่าวได้ ซึ่งความรุนแรงของอาการดังกล่าวขึ้นกับระดับการทำอันตรายต่อเส้นประสาทด้วย

**Nerve to Mylohyoid**

Inferior alveolar nerve ให้สาขาไปสู่ mylohyoid muscle โดยแยกออกมาก่อนที่จะเข้าสู่ mandibular foramen ซึ่งสาขานี้ได้ลงไปในร่องที่อยู่ใกล้กลางต่อ mandibular ramus และโผล่เข้ามาใน submandibular triangle บริเวณ posterior border ของ mylohyoid muscle เส้นประสาทนี้เลี้ยง mylohyoid muscle และผ่านไปบนผิวของกล้ามเนื้อพร้อมกับ submental artery (สาขาของ facial artery) จนกระทั่งเข้าสู่ anterior belly ของ digastric muscle ซึ่งมันก็เลี้ยงกล้ามเนื้อมัดนี้ด้วยเช่นกัน และเนื่องจากเส้นประสาทสาขานี้มีความสัมพันธ์กับ ramus ของ mandible อย่างใกล้ชิด การทำศัลยกรรมในบริเวณนี้อาจทำอันตรายต่อ motor nerve ที่สำคัญเหล่านี้ได้

**Long buccal nerve**

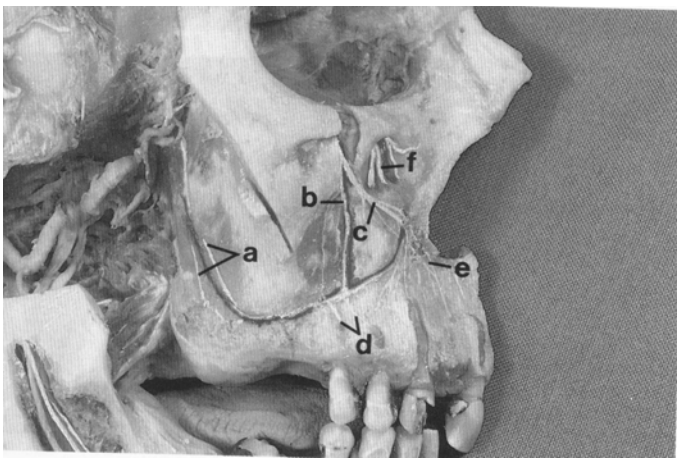
เส้นประสาทเส้นนี้เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกซึ่งเป็นสาขาของ mandibular division of trigeminal nerve มันแผ่กระจายเลี้ยงผิวหนัง, mucous membrane ของแก้ม และ buccal gingiva ที่อยู่ตรงข้ามกับ mandibular molar region long buccal nerve ทอดอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ lateral pterygoid 2 มัด แล้วมาอยู่ medial ต่อ หรือบางครั้งอยู่ภายใน medial temporalis tendon เพื่อไปยังผิวของกล้ามเนื้อ buccinator การทำศัลยกรรมในบริเวณนี้ เช่น การใส่ subperiosteal implant อาจทำอันตรายต่อ long buccal nerve ได้

**Posterior superior alveolar (dental) nerve (รูปที่ 2)**

เส้นประสาท posterior superior alveolar ออกมาจาก pterygopalatine fossa ทอดในทิศทาง downward และ forward ผ่าน pterygomaxillary fissure และเข้าไปในส่วน posterior ของ maxilla วิ่งอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ และเยื่อบุ maxillary sinus เส้นประสาทนี้เลี้ยง sinus, ฟันกราม, buccal gingiva และส่วนที่เชื่อมต่อกับกระพุ้งแก้ม ซึ่งการทำ sinus augmentation เมื่อเข้าทาง lateral อาจทำอันตรายต่อเส้นประสาทนี้ได้ แต่ในทางคลินิกแล้วมักไม่ค่อยพบบ่อยนัก

**Anterior superior alveolar (dental) nerve**

เป็นสาขาของ infraorbital nerve ซึ่งขึ้นมาอยู่ใน infraorbital canal เริ่มจากวิ่งอยู่ด้านข้างภายในผนังของ maxillary sinus แล้วโค้งไปทางด้านใกล้กลางสู่ infraorbital foramen ต่อมาจึงโค้งลงล่างเพื่อจะเลี้ยงฟันหน้าบน มีสาขาไปจมูก (nasal branch) ผ่านเข้าสู่ nasal cavity เลี้ยงเยื่อบุภายใน nasal cavity ทันตแพทย์ผู้ทำการฝังรากเทียมบริเวณฟันหน้าบนต้องทำให้เส้นประสาทนี้ชาก่อน




รูปที่ 2 เส้นประสาทที่มาเลี้ยงขา
ขากรรไกรบน
a = posterior superior alveolar nerve
b = middle superior alveolar nerve
c = anterior superior alveolar nerve
d = dental plexus
e = infraorbital nerve

anterior, middle และ posterior superior alveolar nerve มาอยู่รวมกันสร้างเป็น superior dental plexus และเส้นประสาททั้งสามเส้นนี้วิ่งเข้า facial wall ของ maxillary sinus อยู่ระหว่าง lining membrane และ bone ขณะทำการเปิดเข้าไปใน sinus เพื่อทำการเสริม floor of sinus ผู้ทำการผ่าตัดควรทราบถึงโครงสร้างเหล่านี้ ซึ่งสามารถพบเส้นประสาททั้งหมดได้ถึงแม้ว่าบริเวณนั้นไม่มีฟันก็ตาม

**Palatine nerve**

มี 2 สาขา คือ greater (anterior) palatine nerve ไปเลี้ยง hard palate และ lessor (posterior) palatine nerve ไปเลี้ยงเพดานอ่อน เส้นประสาททั้งสองสาขาไปออกที่ pterygopalatine fossa ผ่าน superior opening ของ descending palatine canal แล้วโค้งลงเข้ามาในช่องปากทาง greater และ lessor palatine foramen เส้นประสาท greater palatine วิ่งตรงไปในร่องซึ่งอยู่ใต้ต่อเพดานแข็ง เพื่อไปเลี้ยง palatal mucosa ไปจนถึงบริเวณฟันหน้า และมีการเชื่อมติดต่อกันของ greater palatine nerve และ nasopalatine nerve นอกจากนี้ greater palatine nerve ยังเลี้ยงเหงือก, mucous membrane และต่อมน้ำลายของเพดานแข็งอีกด้วย

greater palatine artery และ vein รวมกับ greater palatine nerve ขณะที่ผ่านเพดานแข็ง ถ้า maxillary alveolar process เกิดฝ่อลีบขึ้นมา จะทำให้ยอดของสันเหงือกเข้าใกล้ร่องซึ่งเป็นที่อยู่ของ greater palatine neurovascular bundle ได้

ดังนั้น ทันตแพทย์ผู้ทำการฝังรากเทียม ควรตระหนักถึงการลงรอยกรีดทางด้านเพดานปากต่อสันเหงือกมากเกินไป อาจเกิดอันตรายต่อโครงสร้างดังกล่าวนี้ได้

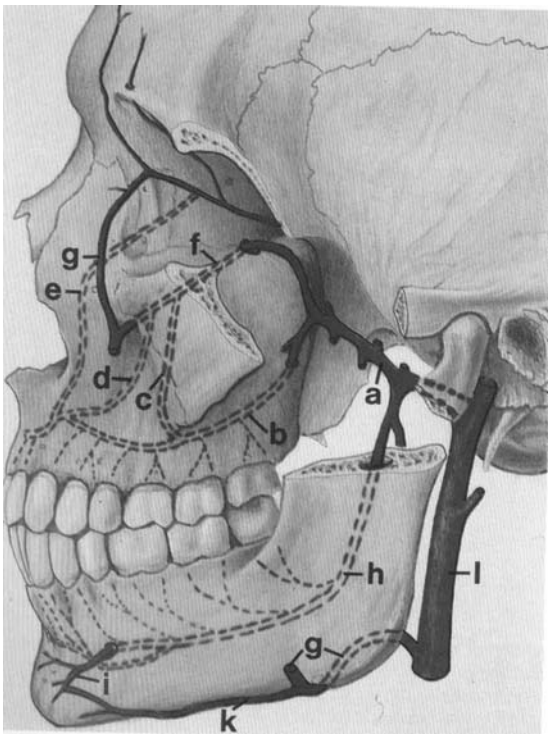
**Nasopalatine (Sphenopalatine) nerve**

เส้นประสาทนี้ออกจาก pterygopalatine fossa ผ่าน sphenopalatine foramen ซึ่งอยู่ใน medial wall ของ fossa แล้วเข้า nasal cavity ไปเลี้ยงส่วนที่อยู่ lateral และ superior ของ nasal cavity สาขาที่ยาวที่สุดของเส้นประสาทนี้ไปถึง nasal septum ซึ่งต้องเลี้ยง downward และ forward ผ่านไปบนผิวของ septum ขณะที่อยู่บน septum นั้น มักจะทำให้เกิดการสร้างร่องบน vomer bone เส้นประสาท nasopalatine เลี้ยง nasal mucosa และลงไปที่พื้นของจมูกใกล้ ๆ septum ผ่านเข้าสู่ nasopalatine canal

แล้วออกจาก incisive foramen เพื่อออกสู่เพดานแข็ง การยก mucosa ของพื้นจมูกบริเวณฟันหน้า ควรทำให้ incisive canal ชาก่อน

**Blood Supply To Maxillary and Mandible**

**Maxilla (รูปที่ 3)**




รูปที่ 3 เส้นเลือดที่มาเลี้ยงขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง
a = maxillary artery
b = posterior superior alveolar artery
c = middle superior alveolar artery
d = anterior superior alveolar artery
e = lateral nasal artery
f = infraorbital artery
g = facial artery
h = inferior alveolar artery
i = mental artery
k = submental artery
l = external carotid artery

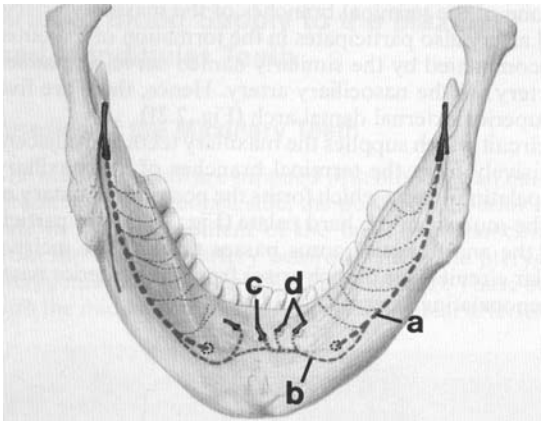
เส้นเลือดที่เลี้ยงขากรรไกรบนเป็นสาขาที่ 3 ของ maxillary artery ซึ่งมี posterior superior alveolar artery แยกออกมา แล้ววิ่งไปบน infratemporal portion ของ maxilla แล้วจะแยกออกอีกหลายสาขา บางสาขานั้นเข้าสู่ alveolar canal ภายใน posterior aspect ของ maxilla แล้วกลายเป็น intraosseous arteries ซึ่งเลี้ยงฟันกราม และฟันกรามน้อย และเยื่อบุผนัง maxillary sinus ส่วนสาขาอื่น ๆ ของ posterior superior alveolar artery วิ่งไปบนผิวขากรรไกรบน เพื่อไปเลี้ยงเหงือกของฟันหลังบนอันตรายที่จะเกิดกับกระดูกขณะทำ sinus elevation ทางด้านข้าง คืออาจจะทำให้เกิดเลือดออกได้ ซึ่งต้องหยุดเลือด หรือใช้ bone wax ควบคุมเลือดที่ไหลจากกระดูก

Infratemporal artery แยกจาก maxillary artery แล้วเข้าไปใน infratemporal groove และ infraorbital canal ซึ่งอยู่ใน floor of orbit Infraorbital canal เปิดสู่ใบหน้าทาง infraorbital foramen ภายใน canal infraorbital artery จะให้สาขาเป็น anterior posterior alveolar artery ซึ่งผ่านลงมาสู่ inferior alveolar canals เพื่อเลี้ยงฟันหน้าบน และเยื่อบุ maxillary sinus Anterior และ posterior superior alveolar arteries รวมกันกลายเป็น arterial loop ส่วน middle superior alveolar artery จะเป็นสาขาที่พบน้อยมาก และ infratemporal artery ก็มีส่วนไปเลี้ยง maxillary sinus ด้วย

เส้นเลือดที่ไปเลี้ยงขากรรไกรบนมีการเชื่อมกันกับเส้นเลือดของ gingival, labial, palatal, nasal และ maxillary sinus ซึ่งเส้นเลือดเหล่านี้ไม่เพียงแค่เชื่อมกับ periosteal plexus เท่านั้น แต่ยังแทรกเข้าสู่กระดูกไปติดต่อกับ endosteal และ periodontal plexuses ซึ่งมักพบว่าเส้นเลือดเหล่านี้มีการทอดข้าม midline เพื่อไปเลี้ยงเพดานปาก และหน้าร่วมด้วย

mucoperiosteal ของกระดูกขากรรไกรบนด้านหน้าเลี้ยงโดยสาขาของ infraorbital และสาขาของ superior labial artery ซึ่งเป็นสาขาหลักของ facial artery ส่วน buccal mucoperiostium ของขากรรไกรบนถูกเลี้ยงโดย posterior superior alveolar, anterior superior alveolar และ buccal arteries นอกจากนี้ mucoperiostium ของเพดานแข็งจะถูกเลี้ยงโดยสาขาจาก greater (anterior) palatine และ nasopalatine arteries ส่วนเพดานอ่อนนั้นจะมี lessor (posterior) palatine artery มาเลี้ยง การติดต่อกันของ lessor palatine arteries ซึ่งร่วมกับ ascending pharyngeal branch ของ external carotid artery และ ascending palatine branch ของ facial artery เป็นที่กล่าวถึงในการทำ orthognathic surgery ซึ่งจะทำในขากรรไกรบน ในการทำศัลยกรรมเหล่านี้บางครั้งเส้นเลือดหลักที่มาเลี้ยงขากรรไกรบนอาจไม่ดีพอ แต่ blood supply จะคงสภาพได้โดยการเชื่อมกันของเส้นเลือด ซึ่งมักพบในเพดานอ่อนเส้นเลือดของเพดานอ่อนมักจะรวมกันกับเส้นเลือดของเพดานแข็ง ซึ่งเลี้ยวมาติดต่อกับ periosteal, periodontal และ endosteal plexuses ของขากรรไกรบน ดังนั้นความมีชีวิตของเนื้อเยื่อของขากรรไกรบนจะถูกคงไว้ โดยผ่าน arterial supply ซึ่งมาจากเส้นเลือดที่เลี้ยงเพดานอ่อนตามปกติ

**Mandible (รูปที่ 4)**




รูปที่ 4 เส้นเลือดที่มาเลี้ยงฟันล่าง และ anastomoses ของ inferior – alveolar artery
a = inferior alveolar artery
b = incisor (anterior inferior alveolar) artery
c = supragenoid ramus of the deep lingual artery
d = inter incisor rami of the sublingual artery

เส้นเลือดหลักที่มาเลี้ยงขากรรไกรล่าง คือ inferior alveolar artery ซึ่งเข้าที่ medial ของ ramus ของ mandible และวิ่ง downward และ forward อยู่ใน mandibular canal เพื่อเข้าสู่ body ของ mandible แล้วให้ 2 สาขาเมื่อเข้าสู่บริเวณ premolar ได้แก่ mental และ incisive arteries โดยที่ incisive artery วิ่งต่อมาทางด้านใกล้กลางของ body ของ mandible ไปเชื่อมกับเส้นเลือดแดงที่อยู่ฝั่งตรงข้าม ส่วน mental artery ออกจาก body ของ mandible ผ่าน mental foramen ไปเลี้ยงบริเวณคาง และไปเชื่อมกับ submental และ inferior labial arteries

cindylar process ถูกเลี้ยงโดยตาข่ายเส้นเลือดของ TMJ capsule และ lateral pterygoid muscle ส่วน coronoid process จะมีเส้นเลือดที่เลี้ยง temporalis muscle มาเลี้ยง ขณะที่ angle ของ

mandible จะถูกเลี้ยงโดย inferior alveolar artery ดังนั้น การจะทำการใด ๆ ก่อนใส่รากเทียม จะต้องไม่รบกวนต่อ blood supply ของบริเวณนี้

**ความหนาแน่นของกระดูก**

ความหนาแน่นของกระดูกในบริเวณสันเหงือก มีอิทธิพลต่อการวางแผนการรักษา การออกแบบรากเทียม (implant design) การผ่าตัดฝังรากเทียม (surgical approach) ระยะเวลาการหายของแผล (healing time) และ initial progressive bone loading โดยความหนาแน่นของกระดูกอาจตรวจได้อย่างคร่าว ๆ โดยการประเมินทางภาพรังสี เช่น computered tomograms, conventional dental radiographs, periapical, panoramic หรือ lateral cephalometric ก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีที่ง่ายและแน่นอนที่สุด คือ การประเมินสภาพกระดูกทางคลินิกขณะที่ทำการผ่าตัด ซึ่งทำได้โดย initial bone drill และประเมินอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งทำการฝังรากเทียม

**Bony density classifications**

ความหนาแน่นของกระดูกแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. Dense compact
2. Dense to thick porous compact and coarse trabecular
3. Porous compact and fine trabecular
4. Fine trabecular

**1. Dense Compact (D-1) Bone**

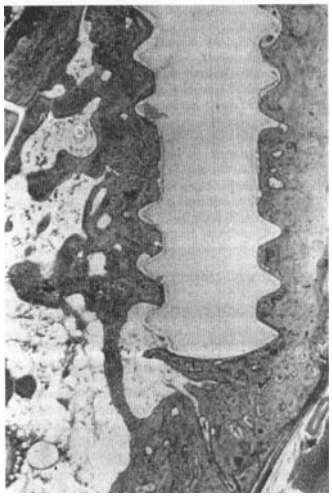
เป็นกระดูกที่หนาแน่นมาก (oak or maple – like) มักพบได้ที่บริเวณ thick lateral aspects of anterior mandible (รูปที่ 5)

กระดูกประเภทนี้จะมี nutrient system น้อยกว่ากระดูกประเภทอื่น เพราะมี trabecular bone น้อย

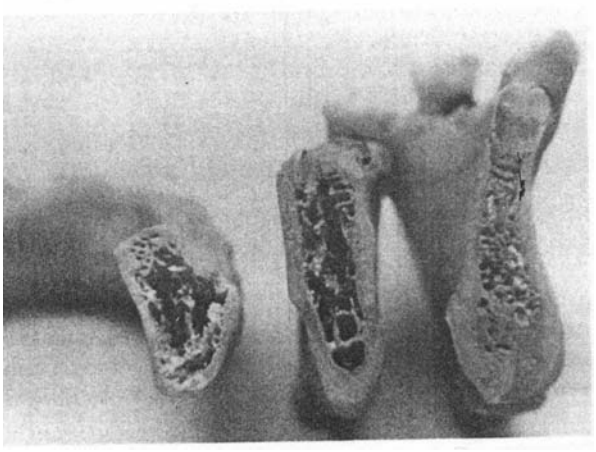
กระดูกที่มีความหนาแน่น มีข้อดีสำหรับการฝังรากเทียม คือ จะพบ lamellar bone ซึ่งมี highly mineralized และสามารถรับแรงได้มากกว่ากระดูกประเภทอื่น การหายของแผลอาจ heal ด้วย woven bone formation เพียงเล็กน้อยซึ่งส่งผลให้มี bone stability ได้แม้กระทั่งหลังการเกิด trauma

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของกระดูกประเภทนี้มีหลายประการด้วยกัน เช่น การกรอกระดูก D-1 สำหรับการฝังรากเทียม จะยากกว่ากระดูกชนิดอื่น ต้องใช้ความเร็วและความแรงในการกรอมากกว่าปกติ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดอุณหภูมิของกระดูกสูงขึ้น การลดความร้อนอาจทำได้โดยใช้ external และ Internal irrigation พร้อมกับ cool sterile saline solution เพื่อที่จะลดความร้อน ชะล้างเศษกระดูกที่ตกบริเวณผิวที่ถูกกรอ และทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่น นอกจากนี้การกรอแบบหยุดเป็นระยะ ๆ โดยหยุดหัวกรอประมาณ 5 วินาทีเพื่อให้เลือดเข้ามาเลี้ยงในบริเวณผ่าตัดจะช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นได้บ้าง

กระดูกชนิด D-1 มีเลือดมาเลี้ยงน้อยกว่ากระดูกอีก 3 ชนิด จึงต้องอาศัยสารอาหารจาก periosteum มาช่วย การทำ mucoperiosteal reflection ควรทำด้วยความระมัดระวังไม่เปิดกว้างเกินความจำเป็น



รูปที่ 5 Single crystal implant ถูกฝังใน lingual cortical plate บริเวณด้านขวาและส่วนปลายปรากฏที่บริเวณกระดูกชนิด D-1



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของ posterior mandible จากขวาไปซ้าย คือ กระดูกชนิด D-2, D-3 และ D-4 ตามลำดับ

ขนาดกระดูกที่ถูกกรอครั้งสุดท้าย (bone preparation) ควรมีขนาดใหญ่เล็กน้อยทั้งความกว้างและความสูง โดยเฉพาะในการใช้รากเทียมชนิดเกลียว (threaded implant) ซึ่งจะลดความเสี่ยงต่อการเกิด microfracture หรือ trauma ในช่วงการฝังรากเทียมซึ่งอาจทำให้เกิดการสร้าง fibrous tissue ที่บริเวณผิวระหว่างกระดูกและรากเทียมได้

นอกจากนี้กระดูกชนิด D-1 ต้องการระยะเวลาในการหายของกระดูกมากกว่าชนิดอื่น Robert ได้รายงานว่าการเกิด bone remodeling ต้องใช้เวลาถึง 17 สัปดาห์ และสามารถเกิด mineralized ถึง 70% หลังการฝังรากเทียม ดังนั้นเพื่อให้เกิดการ regeneration อย่างสมบูรณ์ของกระดูกควรมีการยึดติดแน่นของรากเทียม (rigid fixation) และต้องใช้เวลารอให้มีการหายอย่างสมบูรณ์ประมาณ 5 เดือน

**2. Dense to Thick Porous Compact and Coarse Trabecular (D-2) Bone**

กระดูกชนิดนี้ประกอบไปด้วย dense to porous compact bone ด้านนอกและ coarse trabecular bone ด้านใน (รูปที่ 6) พบได้มากที่บริเวณส่วนหน้าและส่วนหลังของกระดูกขากรรไกรล่าง และบางกรณีอาจพบได้ที่ส่วนหน้าของกระดูกขากรรไกรบนด้านเพดาน

กระดูกชนิด D-2 มีการยึดติดแน่นที่ดีมากและเกิด osteointegration ค่อนข้างแน่นอน ส่วนใหญ่รากเทียมทุกระบบมักนิยมฝังในกระดูกที่มีความหนาแน่นระดับนี้ การมี intrabony bleeding จะช่วยควบคุมการเกิดความร้อนไม่ให้มากเกินไปในช่วงการกรอกระดูก และจะเป็นประโยชน์มากสำหรับการยึดติดระหว่างผิวรากเทียมกับกระดูก

การมีเลือดมาเลี้ยงมากและมีการยึดติดแน่นที่ดีของรากเทียมหลังการผ่าตัดทำให้กระดูกมีการยึดติดกับรากเทียมได้ภายในเวลา 4 เดือน เราควรทราบว่าระยะเวลาในการหายของกระดูกระยะแรกขึ้นกับความหนาแน่นของกระดูก ไม่ได้ขึ้นกับตำแหน่งในกระดูกขากรรไกร ดังนั้นระยะ 4 เดือนเพียงพอสำหรับการหายของกระดูกชนิด D-2

**3. Porous Compact and Fine Trabecular (D-3) Bone**

กระดูกชนิด D-3 ประกอบไปด้วย thinner porous compact bone และ fine trabecular bone (รูปที่ 6)

ใน Porous compact layer พบบาง ๆ ด้านติดริมฝีปากของกระดูกขากรรไกรบน ส่วน fine trabecular pattern พบเป็นบริเวณกว้างในบริเวณสันเหงือกล่าง กระดูกชนิด D-3 บริเวณขากรรไกรบนส่วนหน้า anterior maxilla มักมีความกว้างน้อยกว่าส่วนขากรรไกรล่างทำให้จำเป็นต้องใช้รากเทียมที่มีขนาดเล็กลง

ข้อดีของกระดูกชนิด D-3 คือ การกรอกระดูกเพื่อฝังรากเทียมแต่ละครั้งอาจเสร็จภายใน 10 วินาทีต่อหัวกรอแต่ละขนาด นอกจากนี้การมีเลือดมาเลี้ยงมากจะช่วยลดความร้อนที่เกิดขณะทำการกรอกระดูกและช่วยให้การหายของกระดูกดีขึ้นได้

ข้อเสียของกระดูกชนิด D-3 พบได้หลายประการ โดยกระดูกชนิดนี้ต้องมีการกรออย่างระมัดระวังกว่ากระดูก 2 ชนิดแรก เพราะการกรอทำได้ง่ายมาก ทันตแพทย์ต้องระมัดระวังและหลีกเลี่ยงการกรอทะลุทางด้านข้างของ cortical bone โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดูกด้านใกล้ริมฝีปากของขากรรไกรบนด้านหน้าซึ่งมักจะบาง นอกจากนี้ในการกรอกระดูกชนิด D-3 ไม่จำเป็นต้องใช้หัวกรอเรียงตามลำดับก็ได้ เพราะสามารถกรอกระดูกได้ง่ายและมีเลือดมาเลี้ยงดี ขณะกรอควรลดความเร็วของหัวกรอให้น้อยกว่า 1000 rpm. เพื่อให้ได้ความรู้สึกสัมผัส ในขากรรไกรบนอาจต้องใช้กระดูก cortical ของจมูกช่วยในการยึดรากเทียม ทำให้รากเทียมยึดติดได้ดีขึ้นในระหว่างการหายของกระดูก

Hydroxyapatite (HA) ที่เคลือบบน threaded implant body ใช้ได้ดีใน soft bone condition เพราะจะช่วยเพิ่มปริมาณของ trabecular bone ที่พื้นผิวระหว่างกระดูกและรากเทียม และช่วยกระตุ้นขบวนการหายของกระดูก

ระยะเวลาสำหรับ atraumatic healing ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน

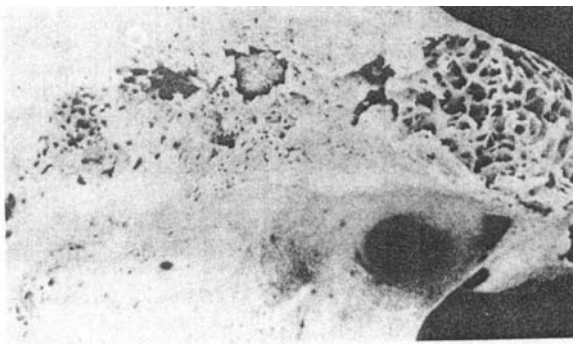
**4. Fine trabecular (D-4) bone**

Fine trabecular (D-4) bone มีความหนาแน่นของกระดูกเบาบางมาก และไม่มี หรือมี cortical crestal bone เพียงเล็กน้อย บริเวณที่พบส่วนใหญ่ คือ posterior maxilla ของผู้ป่วยที่มีสันเหงือกว่างเป็นระยะเวลานาน สันเหงือกที่ว่างมักมีความกว้างมาก แต่มีความสูงในแนวดิ่งน้อย (รูปที่ 6 และ 7)

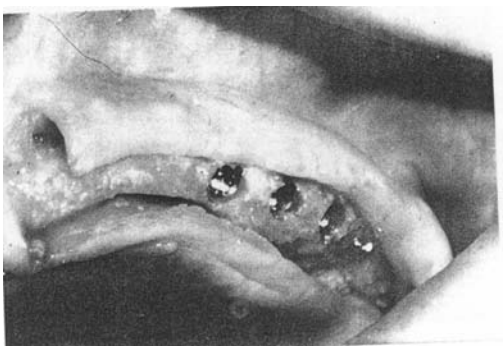
Fine trabecular bone ยากต่อการเกิดการยึดติด ทันตแพทย์ควรกรอกระดูกชนิด D-4 ด้วยความกว้างแคบกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของ final implant body โดยไม่ต้องมีการทำเกลียว (tapping)

การใช้ Press-fit implants จะมีข้อดี เพราะเป็นการยากในการทำเกลียวที่กระดูกชนิด soft bone ที่มีการเข้าถึงได้ยาก นอกจากนี้ในกระดูกชนิด D-4 ควรใช้รากเทียมที่มีขนาดใหญ่และยาวเท่าที่กระดูกรองรับจะเอื้อให้ การทำ sinus elevation และ subantral augmentation จะช่วยให้พื้นผิวสัมผัสของรากเทียมกับกระดูกเพิ่มมากขึ้น ทำให้รากเทียมยึดติดได้ดีขึ้น (รูปที่ 8)

ปริมาณของกระดูกที่บริเวณพื้นผิวระหว่างกระดูกและรากเทียม จะพบเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกระดูกชนิดอื่น ๆ และอาจอยู่ในช่วง 25% ระหว่าง initial healing และ uncovery ของรากเทียม (รูปที่ 9)



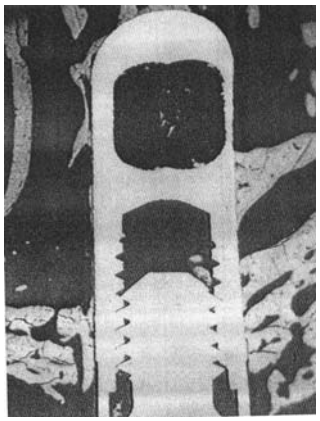
รูปที่ 7 Posterior maxilla มักมีความกว้างแต่ส่วนใหญ่ไม่พบหรือพบ cortical crestal bone น้อย และพบเฉพาะ fine trabecular bone (กระดูกชนิด D-4)



รูปที่ 8 กระดูกชนิด D-4 ซึ่งมี implant body ฝังใต้ต่อสันเหงือก

รากเทียมที่มักถูกเลือกในบริเวณขากรรไกรบนทางด้านหลังที่มีกระดูกแบบ D-4 คือ HA-coated implant ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ เพราะ HA-coated implant จะมี substructure support system ที่เพียงพอ

ระยะเวลาการหายของกระดูกชนิด D-4 มักต้องการระยะเวลามากกว่ากระดูกชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ระยะเวลาในการหายของกระดูกจะรวมถึงการ remodel ที่บริเวณพื้นผิวของกระดูกและการเพิ่มขึ้นของ trabecular pattern ด้วย ดังนั้นระยะเวลาในการหายจะใช้เวลาถึง 8 เดือนด้วยกัน



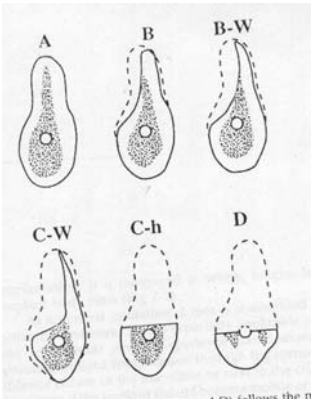
รูปที่ 9 กระดูกชนิด D-4 มีเปอร์เซ็นต์การยึดติดระหว่างกระดูกและฝังรากเทียมต่ำ

**Division of available bone**

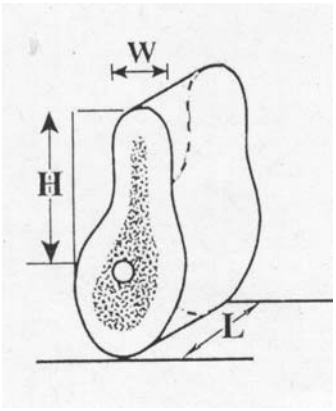
ความสำเร็จของการฝังรากเทียม และการใส่ฟันบนรากเทียมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากกว่า 50 ปัจจัย หนึ่งในปัจจัยเหล่านั้น ได้แก่ สภาพกระดูกขากรรไกรที่เหลือในช่องปาก หลังจากสูญเสียฟันแท้ไป

ทันตแพทย์หลายท่านได้ศึกษาเรื่องนี้ และให้คำจำกัดความไว้ถึงสภาพของกระดูกขากรรไกรหลังจากมีการยุบตัวไป (natural resorption) ในปี 1985 Misch และ Judy ได้เสนอการแบ่งสภาพของกระดูกที่เหลืออยู่เป็น 4 แบบ พร้อมทั้งเสนอแนะการเลือกรากเทียมให้เหมาะสมสำหรับกระดูกแต่ละชนิดด้วย (รูปที่ 10)

การประเมินว่ากระดูกจะอยู่ใน division ใด จะพิจารณาจากความกว้าง (width) ความสูง (height) ความยาว (length) ความเอียงของกระดูก (angulation) และสัดส่วนระหว่าง crown ต่อ implant body เป็นเกณฑ์ (รูปที่ 11)




รูปที่ 10 การแบ่งชนิดของกระดูกที่คงเหลืออยู่ Division A, B, C, D แบ่งตามการยุบตัวของกระดูกขากรรไกร
h = inadequate height, w = inadequate width




รูปที่ 11 การประเมินสภาพของกระดูกที่เหลืออยู่ พิจารณาจากความกว้าง (W) ความสูง (H) ความยาว (L)

เป็นที่ทราบแล้วว่า การฝังรากเทียมแต่ละครั้งสิ่งที่จะช่วยให้รากเทียมยึดติดได้กับกระดูกมีหลายปัจจัยเช่นกัน ถ้ามีการสัมผัสระหว่างรากเทียมกับกระดูกมากเท่าไร ยิ่งทำให้สามารถกระจายแรงบดเคี้ยวไปสู่กระดูกได้ดีขึ้น และทำให้ความสำเร็จของรากเทียมมีสูงขึ้น

สำหรับรากเทียมชนิด root form ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1 มม. จะทำให้พื้นผิวของรากเทียมเพิ่มขึ้นประมาณ 40% และจะช่วยลดจำนวนของแรงกดที่จะถ่ายทอดไปยังกระดูกได้

**ความยาวของรากเทียม** ถ้าฝังรากเทียมได้ยาวเพิ่ม 3 มม. จะเพิ่มพื้นผิวของรากเทียมขึ้นอีก 10% ถ้าฝังรากเทียมได้ยาวขึ้นจะช่วยให้ยึดติดได้แน่น และมีการหาย (healing) ที่ดีขึ้น

หลังจากฝังรากเทียม กระดูก cortical จะมีการปรับรูปร่าง (remodel) ได้รวดเร็วที่บริเวณ periosteum และผิวของ endosteum ในขณะที่มี callous formation แต่จะช้ากว่า trabecular bone ที่เริ่มมีการหายของแผล (healing) ด้วยกระดูก woven มากกว่ากระดูก lamellar ประมาณ 50-100 เท่า ด้วยเหตุผลนี้ เมื่อฝังรากเทียมลงในกระดูก ระยะแรก cortical bone จะทำหน้าที่ยึดรากเทียมไว้ ในขณะที่กระดูก trabecular เริ่ม form woven bone จากนั้น กระดูก trabecular ที่ remodel แล้ว จะช่วยยึดรากเทียมไว้ในขณะที่กระดูก cortical เริ่ม remodel

**ความสูงของกระดูกที่เหลือ (available bone height)**

ความสูงของกระดูกวัดจากส่วนบนสุดของสันเหงือก (crest of edentulous ridge) ไปยังตำแหน่งตรงข้ามที่จะฝังรากเทียมลงไปไม่ได้ เช่น

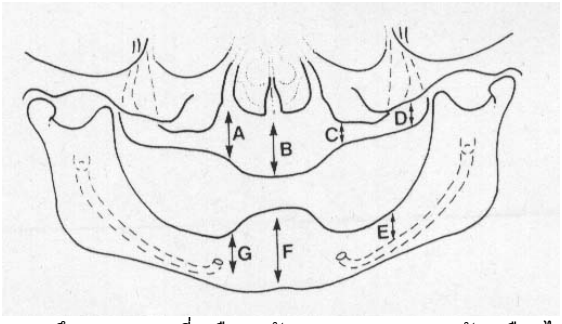
ในขากรรไกรล่างด้านหลัง เป็น mandibular canal

ขากรรไกรล่างด้านหน้า เป็น inferior border ของกระดูกขากรรไกรล่าง

ขากรรไกรบนด้านหลัง เป็น maxillary sinus

ขากรรไกรบนด้านหน้า เป็น maxillary nares

การประเมินความสูงจะพิจารณาจากภาพถ่ายรังสีพาโนรามิค (Orthopantomagram) เป็นเกณฑ์ (รูปที่ 12)




รูปที่ 12 การวัดความลึกของกระดูกที่เหลือ จะวัดจากส่วนบนสุดของสันเหงือกไปยังตำแหน่งตรงข้ามที่จะฝังรากเทียมลงไปไม่ได้ เช่น A = maxillary canine region B = floor of nares C = maxillary sinus D = tuberosity G = mandibular canine region F = anterior mandibular E = mandibular canal

ในปี 1983 Branemark เสนอว่า ความยาวของรากเทียมที่จะฝังควรไม่ต่ำกว่า 10 มม. และมีผู้ศึกษาเพิ่มเติมว่าถ้าฝังรากเทียมได้ยาวมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ อาจถึง 20 มม. ได้จะดีที่สุด

ในบริเวณที่กระดูกมีความหนาแน่นมาก เช่น symphysis อาจไม่จำเป็นต้องฝังรากเทียมยาวมาก ส่วนในบริเวณขากรรไกรบนด้านหลังที่เป็น porous bone ควรฝังรากเทียมที่ยาวขึ้น

**ความกว้างของกระดูกที่เหลือ (available bone width)**

ความกว้างของกระดูกวัดจากกระดูกด้าน labial ไปยังด้าน lingual บริเวณ crest ของตำแหน่งที่จะฝังรากเทียม

ถ้า crest ของกระดูกขากรรไกรบาง แหลมมากให้กรอแต่งได้เล็กน้อยก่อนฝังรากเทียม แต่ต้องระวังถ้ากรอออกมากเกินไปจะทำให้ความสูงของกระดูกลดลงได้

ในการฝังรากเทียม ควรให้มีกระดูกเหลือล้อมรอบรากเทียมโดยรอบอย่างน้อย 0.5-1 มม. ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้รากเทียมชนิด root form ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.75 มม. กระดูกขากรรไกรควรมีความกว้างอย่างน้อยที่สุด 5 มม. เพื่อให้มีกระดูกเหลือรอบรากเทียมเพียงพอที่จะมีเลือดมาเลี้ยงบริเวณนั้นได้ดี

**ความยาวของกระดูกที่เหลือ (available bone length)**

ความยาวของกระดูกวัดจากแนว mesiodistal ของบริเวณที่จะฝังรากเทียม ซึ่งมักจะถูกจำกัดโดยฟันซี่ข้างเคียง ความยาวในแนว mesiodistal ที่น้อยที่สุดที่ต้องการคือ 5 มม.

**ความเอียงของกระดูกที่เหลือ (available bone angulation)**

ความเอียงของกระดูกปกติจะขนานกับ long axis ของ clinical crown แต่ occlusal surface และ incisal ของฟัน จะโค้งไปตาม curve of spee และ curve of Wilson ดังนั้น ความเอียงของกระดูกจะเป็นมุมที่วัดระหว่างความเอียงของรากฟันกับ occlusal plane

ตัวอย่างเช่น บริเวณฟันกรามน้อยมีความเอียงประมาณ 10° ต่อ occlusal plane ฟันกรามใหญ่ซี่ที่ 1 (1st molar) เอียงประมาณ 15° และ ฟันกรามใหญ่ซี่ที่ 2 (2nd molar) เอียง 20-25° ความเอียงของ

กระดูกทำให้การฝังรากเทียมต้องเพิ่มความระมัดระวังมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณฟันหน้าบน อาจต้องใช้ abutment ที่มีความเอียงช่วยด้วย

**สัดส่วนระหว่าง crown และ implant body (Crown – Implant body ratio)**

สัดส่วนระหว่าง crown และ implant body เป็นสิ่งที่สำคัญในการใส่ฟันบนรากเทียม และการส่งผ่านแรงลงบนรากเทียม รวมถึงการถ่ายทอดแรงลงบนกระดูกโดยรอบ ความสูงของ crown วัดจาก incisal edge หรือ occlusal plane ไปยัง crest ของกระดูกสันเหงือก ส่วน implant body วัดจาก crest ไปยังปลายสุดของรากเทียม

ถ้า crown – implant ratio มาก ยิ่งทำให้การรับแรงด้อยลง ปกติ crown implant ratio ไม่ควรมากกว่า 1

การแบ่งชนิดของกระดูกที่เหลือ

**Division of Available Bone**

| ***Division*** | ***Dimension*** | ***Treatment Options*** |
|---|---|---|
| A | > 5 mm. width | Division A root form |
| | > 10-12 mm. height | |
| | > 5 mm. length | |
| | < 30° angulation | |
| | C/I ratio < 1 | |
| B | 2.5 - 5 mm. width | Osteoplasty |
| | > 10-12 mm. height | *Division A root form* |
| | > 15 mm. length | Augmentation |
| | < 20 angulation | *Demanding esthetics* |
| | C/I ratio < 1 | *Great force factors* |
| | | Narrow implant |
| | | *Division B root form* |
| | | *Plate form* |
| C | Unfavorable in : | Osteoplasty )C – w) |
| | Width C-w | Augmentation |
| | Height C-h | *Fixed prosthesis* |
| | Length | *Demanding esthetics* |
| | Angulation C-a | *Great force factors* |
| | C/I ratio > 1 | Endosteal |
| | | *Root form* |
| | | *Ramus frame* |
| | | Subperiosteal |

| *Division* | *Dimension* | *Treatment Options* |
|---|---|---|
| D | Severe atrophy | Augmentation |
| | Basal bone loss | *Treatment of choice* |
| | Flat maxilla | Endosteal |
| | Pencil mandible | *Root form* |
| | | *Ramus frame* |
| | | Subperiosteal |

**ปฏิกิริยาของกระดูกต่อ endosseous implant**

เมื่อมีการกรอกระดูกเพื่อฝังรากเทียม กระดูกโดยรอบรากเทียมประมาณ 1 มม. อาจจะตายได้จากการกระทบกระเทือนในขณะกรอ และจากการหมุนหรือตอกรากเทียมลงไป ทำให้เส้นเลือดบริเวณนี้ถูกกระทบกระเทือนไปด้วย

ขอบของ bony wall ที่ชิดกับรากเทียมจะเริ่มมีกระดูกใหม่เกิดขึ้นจากการสร้างของ osteoblasts เป็น trabecular bone ที่ยังเจริญไม่เต็มที่ และไม่สามารถรับแรงบดเคี้ยว หลังจากนั้นเมื่อไม่มีการ loading มายังรากเทียมที่ฝังอยู่ กระดูกเหล่านั้นจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็น lamellar bone และเป็น compact bone ในที่สุด ซึ่งเป็นกระดูกที่แข็งแรง สามารถรับแรงบดเคี้ยวได้

ในขณะที่มีการสร้าง compact bone นี้ พวกกระดูกตายที่เกิดจากการเตรียม osteotomy site จะถูกกำจัดออกไปโดย osteoclast ด้วยวิธีการ cutting cone mechanism

เพื่อให้รากเทียมยึดติดกับกระดูกได้ดี จะมีการ remodeling ของกระดูกโดยรอบต่อไป และใช้เวลาตั้งแต่ 3 – 6 เดือน แล้วแต่ตำแหน่งที่ฝังรากเทียม จนมีการยึดติดแน่นโดยไม่มี fibrous tissue อยู่ระหว่างกระดูกกับรากเทียม ซึ่งการหายแบบนี้เรียกว่า “osseointegration” หรือ “osteointegration”

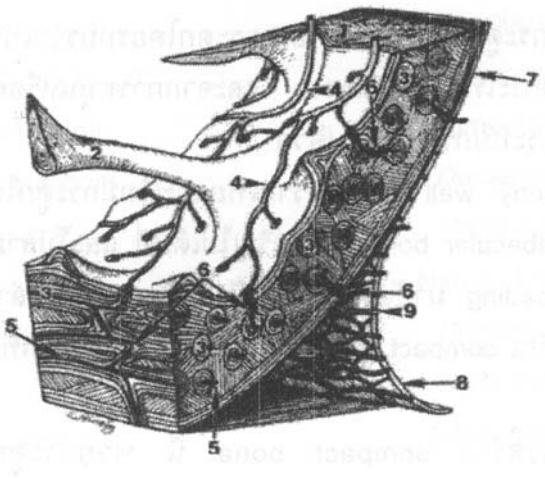
Branemark เคยรายงานไว้ว่า เมื่อฝังรากเทียมที่ทำด้วย titanium จะเกิด titanium dioxide ($TiO_2$) layer และโปรตีน glycosaminoglycan ขึ้นที่ผิวของรากเทียม หนาประมาณ 100-200 $A^\circ$ ชั้นของ $TiO_2$ นี้จะช่วยฉาบที่ผิวของ titanium ป้องกันไม่ให้เกิดการสัมผัสโดยตรงระหว่างโลหะกับเนื้อเยื่อของร่างกาย ซึ่ง Branemark เชื่อว่าถ้าโลหะสัมผัสโดยตรงกับกระดูกอาจเกิดการสึกกร่อน (corrosion) ได้

Albrektsson และคณะฯ พบว่า ความหนาของชั้น proteoglycan สัมพันธ์โดยตรงกับ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพของวัสดุด้วย ตัวอย่างเช่น stainless steel จะมี ชั้นของโปรตีนหนาประมาณ 1000 $A^\circ$ แต่ $TiO_2$ หนา 100 $A^\circ$ เท่านั้น

มีการพยายามจัดการกับผิวของรากเทียมเพื่อช่วยให้การยึดติดเกิดได้ดี เช่น Baier ใช้วิธี RFGDT (radio frequency glow discharge treatment) ในการทำ sterilization ของรากเทียม พบว่า นอกจากทำให้ผิวของรากเทียมสะอาดแล้ว ยังช่วยเพิ่ม surface energy เพิ่ม wettability ช่วยให้มี cell adhesion และ cell growth รวมทั้งการยึดติดของรากเทียมดีขึ้นด้วย

## เยื่อหุ้มกระดูก (The membranes of bone)

กระดูกส่วนใหญ่จะถูกหุ้มด้วยเยื่อหุ้มกระดูก ผิวด้านนอกของกระดูกจะถูกหุ้มด้วย periosteum ในขณะที่ผิวด้านในรวมทั้ง haversian canal ถูกหุ้มด้วย endosteum (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 ภาพขยายของกระดูกส่วนที่มีเยื่อหุ้มกระดูก (periosteum) อยู่ด้วย

1. tubeculum
2. haversian system หรือ osteon
3. blood bessels ที่อยู่ใน marrow space
4. blood vessels ที่อยู่ใน haversian canal
5. volkmann canals
6. bone ที่ mature แล้ว หรือ lamella bone
7. periosteum
8. periosteum ที่ถูกแยกออกจากกระดูก
9. เส้นเลือดใน periosteum เชื่อมต่อกับ haversian vessels โดยผ่าน Volkmann's canals

**Periosteum**

เยื่อหุ้มกระดูก (periosteum) ประกอบด้วย 2 ชั้น คือ
ชั้นใน เป็น cellular layer อยู่ติดกับกระดูก
ชั้นนอก เป็น fibrous layer

**Cellular layer** ประกอบด้วย osteoprogenitor cells osteoblasts และ osteoclasts cellular layer จะมีความหนาต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่อยู่บนกระดูก, activities ของเซล กระดูก และอายุของเจ้าของกระดูก ในคนที่อายุมาก activities ของเซลกระดูกลดลง จะทำให้ cellular layer ของกระดูกบางได้ ใน cellular layer จะมีเส้นเลือด เส้นประสาทมาเลี้ยง

**Fibrous layer** ประกอบด้วย ไฟเบอร์ที่เป็น dense collagenous ซึ่งผลิตโดย fibroblast ชั้นนี้จะทำให้เกิดความแน่นของเยื่อหุ้มกระดูก

ปกติ periosteum จะไม่พบที่ articulating surface, บริเวณเอ็น (tendon) หรือ ligament

**Endosteum** เยื่อหุ้มกระดูก endosteum ประกอบด้วย ชั้นเดียว ซึ่งมีส่วนประกอบเหมือนกับ cellular layer ของ periosteum คือ osteoprogenitor cell osteoblasts และ osteoclasts
ดังนั้น ทั้ง periosteum และ endosteum มีเซลสร้างกระดูก ซึ่งจะช่วยในการซ่อมสร้างกระดูกที่แตกหักหรือถูกทำลายให้มีการหายอย่างสมบูรณ์ได้

**Dental evaluation**

สิ่งที่ควรประเมินก่อนการวางแผนการรักษาด้วยทันตกรรมรากเทียมมีดังนี้

1. Dental history
2. Clinical examination
3. Radiographic review
    a. Periapical
    b. Panoramic
    c. Occlusal
    d. Lateral cephalogram
    e. Computed tomography (CT) scan
4. Study casts
5. Photographs

**Dental history**

การตรวจประวัติการรักษาทางทันตกรรมเป็นสิ่งสำคัญมากในการประเมินสภาวะสุขภาพช่องปากของผู้ป่วย ถ้าผู้ป่วยละเลยในการดูแลสุขภาพจนเกิดฟันผุมากหรือเป็นโรคปริทันต์ลุกลามจนต้องสูญเสียฟันไปก่อนเวลาอันสมควร อาจแสดงได้ว่าผู้ป่วยไม่สนใจดูแลสุขภาพของตัวเอง ควรให้การรักษาฟื้นฟูสุขภาพของผู้ป่วยให้กลับคืนมาดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน และสังเกตุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ถ้าไม่ดีขึ้น อาจคาดการณ์ได้ว่า ถ้าให้การรักษาด้วยการใส่ฟันปลอมร่วมกับการฝังรากเทียม จะมีโอกาสล้มเหลวตามมาได้

**Clinical examination**

การตรวจทางคลินิกของสภาพในช่องปาก เหมือนการตรวจทั่ว ๆ ไป โดยดูสภาพของเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) และกระดูกสันเหงือก โดยดูทั้งปริมาณและคุณภาพ ควรใช้ภาพถ่ายรังสีของกระดูกขากรรไกรประกอบในการตรวจด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีพยาธิสภาพใด ๆ และกระดูกมีลักษณะปกติทุกประการ

อาจพบกระดูก torus ที่สามารถวางแผนนำมาใช้ในการผ่าตัดปลูกกระดูกได้ถ้าจำเป็น หรืออาจมี frenum ที่เกาะอยู่ในตำแหน่งที่จะทำให้เกิดปัญหาต่อการใส่ฟันภายหลัง ซึ่งต้องวางแผนผ่าตัดตกแต่งก่อนก็ได้

ถ้าในบริเวณที่จะรับการฝังรากเทียมไม่มี keratinized tissue เพียงพอ อาจต้องวางแผนผ่าตัดเนื้อเยื่อให้มี keratinized tissue เพิ่มขึ้น โดยการทำ soft tissue graft ซึ่งถ้าใช้รากเทียมชนิด two stage osteointegration แนะนำให้ทำ soft tissue graft ในช่วง second stage หรือ recovery เพื่อเป็นการประหยัดเวลาสำหรับผู้ป่วย

ความสัมพันธ์ของกระดูกขากรรไกรเป็นแบบใด ควรบันทึกไว้ด้วย โดยเฉพาะในราย severe class II, class III malocclusion ถ้าจำเป็นอาจต้องให้ผู้ป่วยรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันก่อนเพื่อปรับการสบฟันให้ดีที่สุดก่อนก็ได้

ฟันที่เหลือในช่องปากที่จะเป็นประโยชน์ต่อการสบฟันและบดเคี้ยว ควรบูรณะให้อยู่ในสภาพที่ดี ส่วนฟันที่ไม่แน่ใจว่าจะรักษาไว้ได้และจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการสบฟันในภายหลัง อาจพิจารณาถอนออกก่อนรักษาต่อไป

การขยับของขากรรไกรในทุกทิศทาง ได้แก่ lateral, protusive และ vertical ควรประเมินก่อนการรักษาเพราะการขยับของขากรรไกรที่ผิดปกติอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อการใส่ฟันภายหลังได้

นิสัยบางอย่างของผู้ป่วย (parafunctional habits) เช่น การนอนกัดฟัน, การสูบบุหรี่ อาจมีผลต่อการสบฟันบนรากเทียมและการหายของแผลรวมทั้งอายุการใช้งานของรากเทียมได้ ควรแก้ไขก่อนรับการฝังรากเทียม ถ้าทำได้

**Radiographic review**

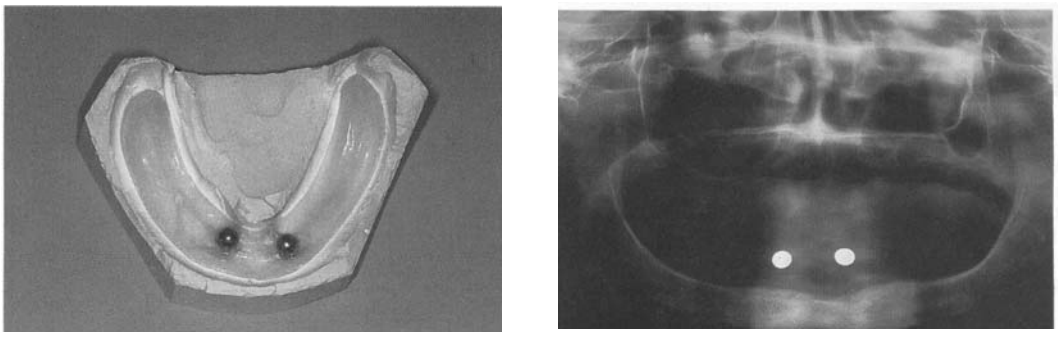
ภาพถ่ายรังสีของกระดูกขากรรไกรและบริเวณที่จะรับการฝังรากเทียมเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนการรักษา สิ่งที่ควรจะพิจารณาจากภาพถ่ายรังสี ได้แก่ ลักษณะของกระดูก, พื้นของจมูก (floor of nasal cavity), พื้นของโพรงอากาศข้างจมูก (floor of maxillary sinus), mandibular canal และ mental foramen เป็นต้น

ในผู้ป่วยที่ไม่มีฟันเลยโดยเฉพาะในขากรรไกรล่าง การถ่ายภาพรังสีด้านข้าง (lateral mandibular radiograph) จะมีประโยชน์มากเพราะทำให้ทราบถึง symphyseal angulation, ความหนาและความสูงของกระดูก (vertical bone height)

ภาพถ่ายรังสี occlusal film บริเวณขากรรไกรล่างด้านหน้า (symphysis) ถ้าใช้ร่วมกับ periapical film จะช่วยให้ได้ภาพ 2 มิติของบริเวณนี้ได้

ภาพถ่ายรังสี CT scan จะช่วยให้ได้ภาพ 3 มิติของกระดูกขากรรไกรและอวัยวะใกล้เคียง สามารถหาตำแหน่งและขนาดของรากเทียมที่จะฝังลงในกระดูกขากรรไกรบริเวณนั้น ๆ ได้ด้วย ทำให้ป้องกันการทำอันตรายต่อเส้นเลือด เส้นประสาทบริเวณใกล้เคียงได้ แต่จะต้องมี soft ware ของโปรแกรมเฉพาะที่นำมาใช้กับ computer ในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ด้วย

การใช้ภาพถ่ายรังสี orthopantomogram OPG ร่วมกับ metal ball ที่ใช้เป็น marker ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางแน่นอน ทำให้สามารถคำนวณหาความสูงที่แท้จริงของกระดูกขากรรไกรได้ดังนี้ (รูปที่ 14)



**a** **b**

รูปที่ 14 a = ใช้ metal ball ฝังลงใน template บนตำแหน่งที่ต้องการฝังรากเทียม
b = ภาพถ่ายรังสี OPG แสดงตำแหน่งของ metal ball เพื่อใช้ในการคำนวณหาความสูงที่แท้จริงของขากรรไกรบริเวณที่จะฝังรากเทียม และหาความยาวของรากเทียมที่เหมาะสมต่อไป

ความสูงของกระดูกที่แท้จริง

$$= \frac{\text{ความสูงของกระดูกที่วัดได้จากภาพรังสี x เส้นผ่าศูนย์กลางของ metal ball จริง}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของ metal ball ที่วัดได้จากภาพรังสี}}$$

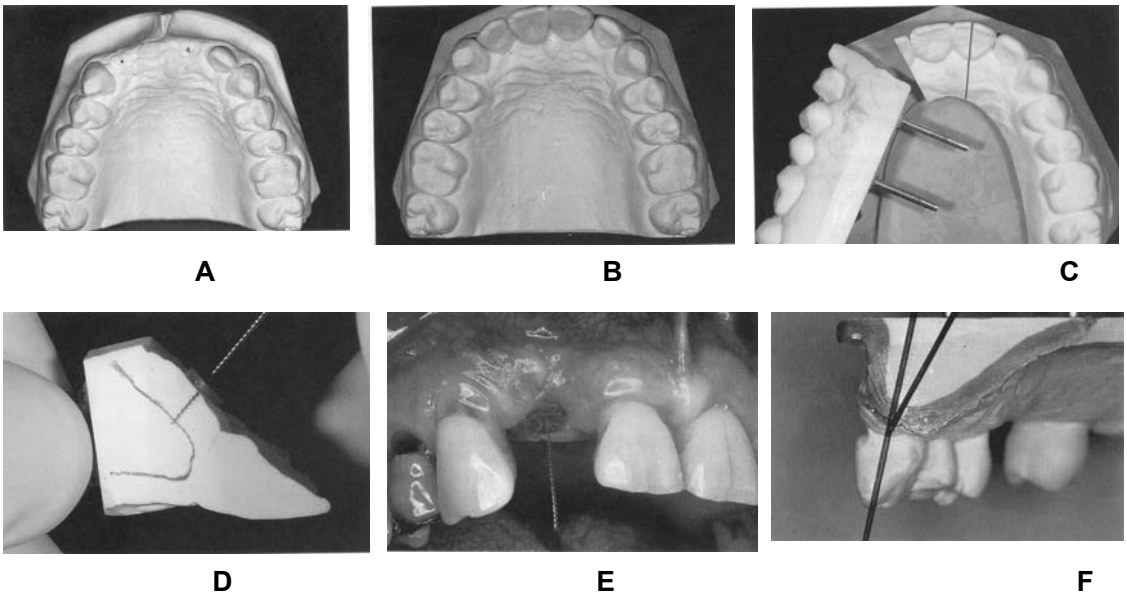
**Study casts**

การทำ study casts และนำมา mount ติดกับ semiadjustable articulator จะช่วยให้ได้ทราบถึงรายละเอียดของ centric relationship, interarch occlusal clearance, occlusal discrepancies และการสบฟันกับฟันคู่สบ และจะนำไปสู่การวางแผนว่าจะฝังรากเทียมที่ตำแหน่ง บริเวณใดบ้าง และใช้ในการทำ diagnostic wax – up ต่อไป

จาก study cast สามารถนำมาใช้หาความกว้างของกระดูกได้โดยใช้วิธี Bone mapping ดังนี้

**Bone mapping method**

ในกรณีที่ไม่สามารถส่งผู้ป่วยถ่ายภาพรังสี CT scan เพื่อหาความสูง หรือความหนาของกระดูกบริเวณที่จะฝังรากเทียมได้ สามารถใช้วิธี bone mapping ในการหาความหนาของ soft tissue ที่หุ้มกระดูกดังนี้ (รูปที่ 15)




รูปที่ 15 การทำ bone mapping

A. พิมพ์ปาก และทำ study model

**B.** ทำ diagnostic wax up ทดแทนบริเวณฟันที่สูญเสียไป

**C.** duplicate cast ขึ้นมา 1 อัน และตัด model บริเวณที่จะฝังรากเทียมในแนว sagittal

**D.** และ E. sagittal bone out line ที่จะใช้ทำ bone mapping แล้ว โดยวัดความหนาของ soft tissue ในช่องปากของผู้ป่วยบริเวณที่จะฝังรากเทียม อย่างน้อย 5 จุด คือ บนสันเหงือกด้าน labial 2 จุด ด้าน palatal 2 จุด จากนั้นนำมาทาบบน study model

F. แสดงความหนาของ soft tissue, ความหนาของกระดูกบริเวณที่จะฝังรากเทียม, แนว long axis ของฟันและแนวที่จะฝังรากเทียมได้

G. แสดงตำแหน่งของรากเทียมที่ควรฝังลงในกระดูก และ abutment ควรมีความเอียง $15^{\circ}$ เพื่อความสวยงามของการใส่ฟัน

**Photographs**

ภาพถ่ายเป็นสิ่งจำเป็นในการบันทึกข้อมูลการรักษาผู้ป่วย ทั้งนี้ถ้าทำได้ควรบันทึกรูปถ่ายหน้าตรง, รูปถ่ายหน้าด้านข้าง และสภาพในช่องปากทั้งก่อนการรักษา, ระหว่างการรักษา และหลังการรักษาไว้เป็นหลักฐาน เพื่อใช้ประโยชน์ในคราวจำเป็นได้

การให้การรักษาด้วยการใส่ฟันร่วมกับการฝังรากเทียม ควรพิจารณาถึงข้อห้ามต่าง ๆ ที่อาจพบได้ในผู้ป่วย โดยแบ่งดังนี้

**ข้อห้ามเฉพาะที่ (local contraindication)**

- Inadequate oral hygiene
- Inadequate width and height of bone
- Inadequate bone quality
- Instable bone, osteomyelitis, cyst, osteoma, impacted tooth
- Disease of mucous membrane
- Unfavorable occlusion
- Local inflammatory processes
- Prior radiation therapy
- TMJ. malformation

**ข้อห้ามทั่วไป (general contraindication)**

**Temporary contraindicatation** acute infection of respiratory tract

**Absolute contraindication**

- Reduced immune defense and leukocyte dysfunctions
- Diseases treated with periodic use of steroids
- Disturbances of blood coagulation, including anticoagulation therapy
- Neoplasias that require chemotherapy
- Uncontrollable endocrine diseases
- Psychosis and dysorientation
- Drug abuse

**หลักการพื้นฐานของการผ่าตัดฝังรากเทียม (Basic surgical principles)**

หลักการพื้นฐานของการผ่าตัดฝังรากเทียม เหมือนกับการผ่าตัดทั่ว ๆ ไปในช่องปาก ได้แก่

**1. ภาวะปลอดเชื้อ (sterility)**

การผ่าตัดจะต้องเคร่งครัดเรื่องการทำให้ปราศจากเชื้ออย่างจริงจัง ทั้งบริเวณที่จะผ่าตัด เครื่องมือผ่าตัด ศัลยแพทย์ช่องปากและผู้ช่วยทันตแพทย์ รวมทั้งเครื่องมือในการฝังรากเทียมด้วย ส่วนในช่องปากผู้ป่วยก่อนผ่าตัดควรล้างด้วยสารละลาย 0.12% chlorhexidine หรือสารละลาย povidone – iodine นาน 1

นาทีก่อน บริเวณรอบปากผู้ป่วยด้านนอกให้เช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ (skin disinfectant) และคลุมผู้ป่วยด้วยผ้าช่องที่เปิดเฉพาะช่องปาก

**2. การเข้าทำสะดวก (Good access)**

ควรให้มีการเข้าทำได้สะดวกสบาย บางตำแหน่งอาจทำได้ยาก เช่น บริเวณขากรรไกรบนด้านหลัง, ขากรรไกรล่างด้านหลัง ผู้ป่วยจะต้องให้ความร่วมมือมากขึ้น

**3. การมองตรงและชัดเจน (Direct visualization)**

ควรให้มีการมองเห็นบริเวณที่จะผ่าตัดและอวัยวะใกล้เคียงได้ชัดเจน

**4. การผ่าตัดด้วยความนุ่มนวล (Gentle handling)**

ควรทำการผ่าตัดด้วยความนุ่มนวล ไม่ทำอันตรายต่ออวัยวะต่าง ๆ โดยไม่จำเป็น จะทำให้เกิดอาการบวมน้อย หรือไม่เกิดเลย ภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ จะลดลง และแผลจะหายดีและเร็วขึ้น

**5. ผู้ช่วยต้องมีความรู้ความชำนาญ (Trained dental assistant)**

ผู้ช่วยทันตแพทย์ที่จะช่วยในการผ่าตัดฝังรากเทียมนอกจากจะต้องมีความรู้พื้นฐานเรื่องการช่วยผ่าตัดแล้ว ยังต้องมีความรู้เฉพาะเกี่ยวกับรากเทียมระบบที่ทันตแพทย์ใช้ด้วย เพื่อให้การผ่าตัดเป็นไปด้วยความราบรื่น รวดเร็ว

**6. ทันตแพทย์ต้องมีความรู้ความชำนาญ (Experienced surgeon)**

ทันตแพทย์ผู้ผ่าตัดฝังรากเทียมเป็นผู้ที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดทั้งการผ่าตัดพื้นฐาน และรากเทียมระบบที่จะใช้อย่างดี การผ่าตัดที่ทำด้วยความชำนาญ รวดเร็ว กระทบกระเทือนน้อย จะให้ผลดีที่สุดแก่ผู้ป่วย เกิดภาวะแทรกซ้อนน้อย

**Surgical technique for implant insertion**

หลักการในการผ่าตัดฝังรากเทียมแต่ละระบบมีความคล้ายคลึงกัน จะมีแตกต่างกันบ้างในเรื่องขนาดและรูปร่างของหัวกรอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของรากเทียมแต่ละระบบที่จะไม่เท่ากันเสียทีเดียว

**หลักการในการผ่าตัดทั่ว ๆ ไปคือ**

1. ทำการผ่าตัดโดยให้เกิดความกระทบกระเทือนน้อยที่สุด (non traumatic surgery)
2. ไม่ทำให้เกิดความร้อนกับกระดูกมากเกินไป การป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนมากเกินไปขณะกรอกระดูก ได้แก่
    - ควรมีการพ่นน้ำทั้งระบบ internal และ external irrigation
    - ควรใช้น้ำเกลือที่แช่เย็นไว้ก่อนเพื่อช่วยลดอุณหภูมิ (cool saline irrigation)
    - ใช้หัวกรอที่มีความคม
    - การกรอควรใช้แรงกดเพียงเล็กน้อย และหยุดเป็นพัก ๆ ทุก 3-5 วินาที จนเท่ากับหรือเกือบเท่ากับขนาดของรากเทียมที่จะฝัง
        - การกรอกระดูกไม่ควรให้เกิดความร้อนเกิน 47°C (117° F) เพราะถ้าความร้อนสูงกว่า 47°C เป็นระยะเวลานาน จะเกิด transient hyperemia เซลไขมันจะมี resorption ได้
        - ถ้าความร้อนเกิน 50°C จะเกิด hyperemia และมี resorption ของเซลไขมัน

- ถ้าความร้อนเกิน 56°C จะเกิดการทำลายที่ไม่กลับคืนมาได้ โปรตีนในกระดูกเกิด denaturation และกระดูกอาจตายได้

3. การกรอใช้ handpiece ที่มีความเร็วช้า แต่มีโมเมนต์บิด (torgue) สูง ความเร็วที่ใช้ในการกรอตั้งแต่ 500 – 1,000 รอบต่อวินาที (rpm.) ทั้งนี้ในการฝังรากเทียมแต่ละระบบอาจระบุถึงความเร็วในการกรอไว้ต่าง ๆ กัน เช่น

| | |
|---|---|
| Branemark implant | 1000 – 2000 rpm |
| ITI implant | 500 rpm |
| Integral implant | 800 – 1000 rpm |
| IMZ implant | 1500 rpm |
| Steri-Oss implant | 1500 rpm |
| Ankylos implant | 800 – 1000 rpm |
| Frialit implant | 800 – 1000 rpm |

4. การลง incision ต้องมีหลักการดังนี้
   - ต้องมีเลือดมาเลี้ยง flap เพียงพอ
   - ต้องเปิด flap แล้วมี field of operation กว้างพอ
   - ไม่ทำอันตรายต่ออวัยวะใกล้เคียง
   - ต้องแน่ใจว่าจะปิดบริเวณที่จะผ่าตัดฝังรากเทียมได้มิดชิด
   - ต้องวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าถ้าจำเป็นต้องเปิด flap ต่อไปให้กว้างขึ้นต้องทำได้และจะไม่เกิดปัญหาตามมา

Kruger 1982, Harle 1989 และ McGowan 1990 มีความเห็นตรงกันว่า การเปิด flap ให้มี filed of operation กว้างเพียงพอ จะยิ่งทำให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อขอบแผลน้อยลง

ในผู้ป่วยที่มีความวิตกกังวลมาก อาจให้ 5-20 mg. Benzodiazepine (Valium®) ในตอนเย็นก่อนวันผ่าตัดและให้อีกครั้ง 1 ชั่วโมงก่อนการผ่าตัด

ถ้าต้องการให้ลดการหลั่งของน้ำลายในขณะผ่าตัด อาจให้ atropine 0.5 mg. IM.

## Endodontic pin (Transdental fixation)

การทำ Endodontic pin เป็นการประยุกต์ใช้รากเทียมวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เมื่อประมาณกว่าสิบปีมาแล้ว

**ข้อบ่งชี้ในการทำ endodontic pin**

1. ฟันรากเดียวโดยเฉพาะฟันหน้า เพราะการเข้าทำ ทำได้ง่าย และมีโอกาสได้รับความสำเร็จสูง
2. ฟันที่เป็นโรคปริทันต์ ที่มี 2-bony defect หรือ 3-bony defect
3. ผู้ป่วยต้องการเก็บรักษาฟันไว้

**วิธีการทำ**

1. ควรยึดฟันที่เป็นโรคปริทันต์นี้ติดกับฟันซี่ข้างเคียงที่แข็งแรงดี โดยใช้ wire และ acid etch technic หรือใช้ self cure acrylic โดยให้อยู่ในแนวฟันที่ถูกต้อง (good alignment)
2. ฉีดยาชาเฉพาะที่หรือสกัดความรู้สึกของเส้นประสาทตามปกติ
3. เตรียมฟันเหมือนกับการรักษารากฟันทุกประการ
4. ใช้เครื่องมือจากชุด transdental fixation kit กรอไปตามลำดับ เพื่อขยายโพรงประสาทฟัน และคลองรากฟันให้ได้ขนาดเท่ากับ endodontic pin ที่จะฝังลงไปในฟัน
5. เปิด mucoperiosteal flap ตามวิธีปกติเหมือนกับการผ่าตัดปลายรากฟัน
6. เจาะกระดูกบริเวณปลายราก เผยให้เห็นปลายรากชัดเจน ถ้ามีเนื้อเยื่อรอบ ๆ รากฟันที่มีการติดเชื้ออยู่ (infected granulation tissue) ให้กำจัดออกให้หมด
7. ใช้หัว drill ที่ขนาดเท่ากับ endodontic pin กรอทะลุจากรากฟันเข้าไปยังกระดูก alveolar process เหนือราก ยาวประมาณ 5-6 มม. ต้องระวังให้แนวของ endodontic pin ขนานกับแนวความยาว (long axis) ของฟัน เพื่อไม่ทำให้ฟันอยู่นอก aligment
8. ทำการยึด endodontic pin โดยให้ส่วนปลายที่เป็นสกรูยึดลงไปใน alveolar process ที่กรอไว้ ส่วนที่เป็นเนื้อเรียบจะยึดติดกับคลองรากฟันด้วย zinc phosphate cement
9. ทำการกำจัด cement ส่วนที่เกินออกมาให้เรียบร้อย เย็บแผลปิดตามวิธีปกติ แล้วใช้หัว diamond aerotor bur กรอตัด endodontic pin ส่วนที่เกินบริเวณ lingual หรือ palatal ของฟันออก ปิดทับด้วยวัสดุอุดชั่วคราว
10. ถ่ายภาพรังสีหลังการผ่าตัด เพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานต่อไป

การรักษาฟันที่เป็นโรคปริทันต์ด้วยวิธี endodontic pin เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้ผลดี เสียค่าใช้จ่ายน้อย และได้รับความสำเร็จดีถ้าเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสม

**2. Subperiosteal implant**

ใน edentulous arch ที่มีการยุบตัวของกระดูกไปมาก จนมีปัญหาต่อการใส่ฟัน full denture ปกติไม่ได้ และการใส่ endosseous implant ก็ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากความหนาของสันกระดูกไม่เพียงพอ มีทางเลือกที่จะทำได้คือ subperiosteal implant

**การเลือกและการประเมินผู้ป่วย**

สิ่งที่ต้องตรวจละเอียดก่อนการทำผ่าตัด ก็คือตรวจประวัติ รวมทั้งสุขภาพของผู้ป่วยว่าสามารถรับการผ่าตัด ได้หรือไม่ นอกจากนี้สิ่งที่ต้องตรวจ คือ

การตรวจในช่องปาก ตรวจดูลักษณะของ mandible โดยเฉพาะความสูงของสัน ridge ตั้งแต่ base ของ mandible จนถึง alveolar crest ซึ่งมีความยากง่ายต่อการทำ implant อย่างมาก ในกรณีที่ mandible หนา ๆ implant ที่ใส่จะมี retention ที่ดีกว่าใน mandible ที่สัน ridge ละลายไปมาก ในผู้ป่วยบางรายจะเห็นว่า genial tubercle นั้นอยู่สูงกว่าของ alveolar crest ด้วยซ้ำไป และบางครั้ง mandibular canal และ mental foramen อาจอยู่บนสัน ridge เลยทีเดียว ในกรณีเช่นนี้ การทำ surgery ต้องระมัดระวัง โดยเฉพาะการทำ incision ซึ่งอาจไปตัดเอา nerve bundle ได้ หรืออาจหลีกเลี่ยง ไม่ทำ incision บริเวณ mental

foramen การทำ incision อาจทำเป็นสามตำแหน่ง คือ บริเวณ anterior จาก foramen ถึง foramen และบริเวณ posterior ทั้งสองข้าง

การตรวจในช่องปากให้สังเกตดูว่า attach gingiva มีมากน้อยแค่ไหน เพราะ attach gingiva มีความสำคัญมาก ในความสำเร็จของ implant เราต้องการ attach gingiva อยู่รอบ ๆ post attach gingiva จะทำหน้าที่โอบรัด post ทำหน้าที่เหมือน gingiva ที่โอบรัดอยู่กับฟันธรรมชาติป้องกันไม่ให้มี infection จาก oral cavity ลงไปในกระดูก นอกจาก attach gingiva แล้วก็สำรวจถึงตำแหน่งเกาะของ mylohyoid muscle ทางด้าน lingual จาก anterior ถึง posterior ซึ่งเราจะไม่ retract กล้ามเนื้อนี้ กล้ามเนื้อนี้จะทำหน้าที่เป็น floor of the mouth และยังมี submaxillary gland อยู่ใต้กล้ามเนื้อนี้ด้วย ดูตำแหน่งของ genial tubercle ซึ่งเราจะเปิด flap ไปจนถึง genial tubercle ในกรณีที่ alveolar crest อยู่สูงกว่า genial tubercle เพราะ lingual structure ของ implant จะ extend ไปถึงจุดนี้ เป็นการช่วยเพิ่ม retention ให้กับ implant หากในกรณีที่ genial tubercle อยู่สูงกว่า alveolar crest lingual structure ไม่สามารถ external ไปได้ เราก็อาจต้องเพิ่ม screw ให้กับ implant ทาง labial ของ symphysis area

เมื่อตรวจสภาพในช่องปากเรียบร้อยแล้ว ก็พิมพ์ปากผู้ป่วยไว้ เพื่อช่วยการ design frame work และทำ denture จากนั้นก็นัดผู้ป่วยให้มาทำ surgery

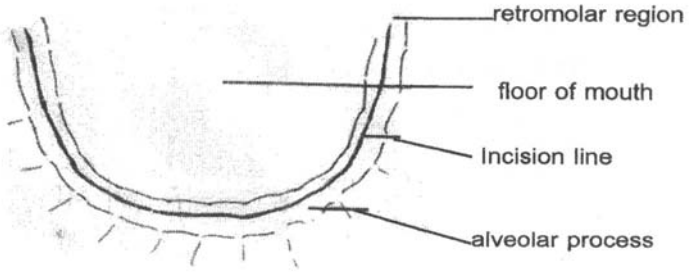
**First Phase Anesthesia**

การทำ anesthesia จะทำ general anesthesia หรือ local anesthesia ก็ได้ ให้ operator พิจารณาเอาเอง ประกอบกับความต้องการของผู้ป่วยเป็นราย ๆ ไป

ในกรณี ทำ local anesthesia ทำ inferior mandibular nerve block ทั้งสองข้าง แล้วทำ infiltrate ทั่ว ๆ ไป ทั้ง buccal และ lingual

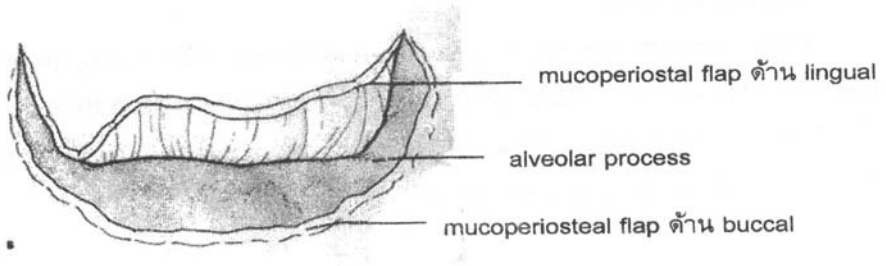
**Incision**

Incision เริ่มตั้งแต่ retro molar pad area ด้านหนึ่ง ถึง retro molar pad อีกข้างหนึ่ง (รูปที่ 16) incision ต้องกดให้ถึงกระดูก เพื่อให้ periostium ขาดจากกัน เวลาเปิด flap จะได้ไม่ขาดกะรุ่งกะริ่ง ทำให้ control bleed ยาก ในกรณีที่ alveolar ridge มีกระดูกละลายมาก จนกระทั่งถึง mandibular canal หรือ mental foramen อยู่บนสัน ridge incision line ต้องค่อนไปทางด้าน lingual เพื่อหลีกเลี่ยงการตัดเอา nerve และ blood vessel เข้า หากมีการ bleeding ของ mandibular artery แล้ว stop bleed ไม่ได้ ก็จำเป็นต้อง stop bleed โดยการผูก artery บริเวณที่อยู่เหนือ mandibular foramen




รูปที่ 16 การลง incision จาก retromolar ข้างหนึ่ง ไปยัง retromolar อีกข้างหนึ่ง

การเปิด flap ใช้ periosteal elevator สอดเข้าไปใต้ periosteum โดยทำ twich action พร้อมกับดัน elevator ไปข้างหน้า โดยเริ่มจาก posterior region ข้างใดข้างหนึ่งก่อน ค่อย ๆ ขยับไปทาง buccal ผ่าน external oblique ridge ลงไปจนเกือบถึง angle ทางด้าน posterior ให้เปิดถึง ramus (รูปที่ 17) ทางด้าน lingual ให้เปิด flap ถึง mylohyoid muscle ให้หยุดอยู่แค่นั้น อย่า retract muscle attachment ให้หลุดจาก mylohyoid ridge เพราะจะทำให้ floor ของ mouth หลุดลงไป และเพราะว่าเราจะไม่วาง lingual peripheral structure ทางด้าน lingual ของ mandible ทาง buccal ต่อกับ labial คือ ตำแหน่งของ mental foramen พยายาม retract อย่างพิถีพิถัน อย่าให้เกิด injury ต่อ nerve bundle เพราะอาจทำให้เกิด parethesia บริเวณ lip และ chin

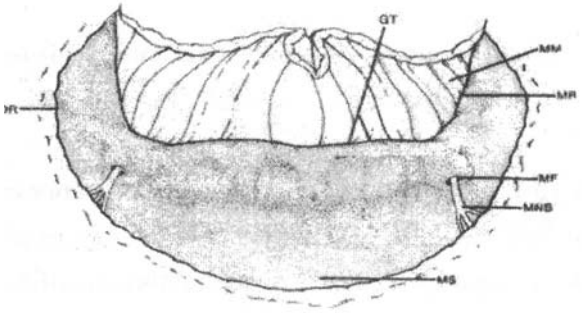



รูปที่ 17 เปิด mucoperiosteal flap ออกไปทั้งด้าน lingual และ buccal

ในกรณีถ้าบางส่วนของ mandibular nerve โผล่อยู่บน alveolar crest เราควรทำให้ mandibular nerve อยู่ต่ำลงไปในกระดูก โดยยก nerve bundle ขึ้นมาก่อนแล้วค่อย ๆ กรอ canal เดิมที่มีอยู่ให้ลึกลงไปในกระดูก จนแน่ใจว่า nerve bundle จะอยู่ใต้สัน ridge แล้วจึงวาง nerve bundle ลงไป

ทางด้าน symphysis ให้เปิด flap จนถึงขอบล่างของ mandible จาก mental foramen ด้านหนึ่งถึง mental foramen อีกด้านหนึ่ง

เมื่อเปิด flap จนหมดแล้ว ทางขอบ flap ด้าน buccal ให้เย็บติดกับกระพุ้งแก้มทั้งสองข้าง เพื่อให้เห็นกระดูกทาง buccal ได้ชัดเจน ทางด้าน lingual ให้เย็บขอบ flap จาก posterior ข้างหนึ่งจนถึง posterior อีกข้างหนึ่ง แล้วผูกปลายของด้ายเข้าด้วยกัน (รูปที่ 18) โดยผ่านอยู่ภายใต้ลิ้น หลังผูกด้ายแล้วจะเห็นว่าลิ้นถูกยกสูงขึ้น เราสามารถเห็นกระดูกทางด้าน lingual ได้อย่างชัดเจน




รูปที่ 18 หลังจากเปิดแผ่นเหงือกแล้วจะเห็นกายวิภาคดังต่อไปนี้
EOR = external oblique ridge GT = genial tubercle MS = mandibular symphysis
MM = mylohyoid muscle MR = mylohyoid ridge MF = mental foramen
MNB = mental neurovascular bundle

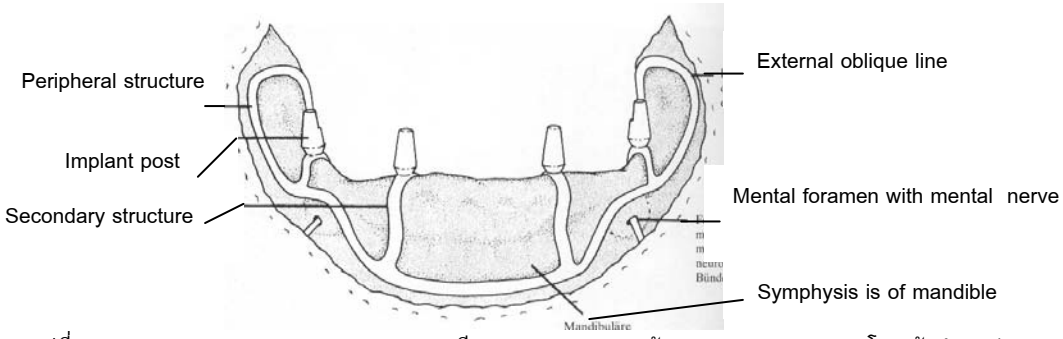
**Bone Impression**

การพิมพ์กระดูกเป็นงานที่ค่อนข้างยาก ให้ใช้ silicone impression material แบบ fulty type ผสมทีละน้อย ขนาดเท่าหัวแม่มือ แล้วใส่ลงไปทางมุมของขากรรไกรเข้าไปใน ramus แล้วค่อย ๆ ใส่เพิ่มเติมมาทาง buccal ผู้ช่วยจะคอยผสม silicone แล้วส่งให้ เราก็ใส่แล้วกดลงไปบนกระดูกโดยรอบ จาก posterior จนถึง anterior เมื่อใส่ silicone จนเต็ม mandible แล้ว ให้คนไข้กัดในท่า C.O. ถ้าฟันบนเป็น denture ก็ให้ใส่ denture แล้วค่อยกัด รอจนกว่า silicone จะ set ตัว แล้วจึง move เอา impression ออก การทำ bone impression นี้ ควรทำไว้สัก 2 อันเพื่อความไม่ประมาท หากทำเสียไปอันหนึ่งก็ยังมี spare ไว้ใช้ เมื่อพิมพ์กระดูกเสร็จแล้วก็ล้างกระดูก และ operation site ให้สะอาด โดย normal saline ตรวจให้เรียบร้อยอย่าให้มี impression material หลงเหลืออยู่ เมื่อสะอาดแล้วก็ให้เย็บ flap ปิด สำรวจดูอย่าให้มี bleeding แล้วใช้ผ้าก๊อสม้วนให้เป็น roll วางจาก posterior ด้านหนึ่งไปถึงอีกด้านหนึ่ง แล้วให้คนไข้กัดให้แน่นสัก 1-2 ชั่วโมง จากนั้นให้ผู้ช่วยประคบน้ำแข็งรอบ ๆ mandible สักชั่วโมง ตรวจดูให้แน่ใจว่าไม่มี bleeding แล้วจึงให้คนไข้กลับ

**Implant design**

เมื่อได้ bone impression แล้วให้เท stone ทันที พร้อม ๆ กับการเข้า bite ใน articulator เมื่อเข้า bite เสร็จแล้วก็มาวางแนวในการ design implant การ design implant ให้ดูจากลักษณะของ mandible ถ้า mandible หนา implant ที่ได้จะมี retention ที่ดี ถ้าหาก mandible บางเตี้ยมากก็อาจ design เผื่อจุดไว้ใส่ screw เป็นการเพิ่ม retention

peripheral strut เริ่มจาก buccal ทาง posterior ด้านหน้าเรื่อยมาจนถึง mental foramen ก็ให้วก structure ขึ้นข้างบน แล้วเลี้ยวอ้อม nerve ไปทาง symphysis ก็วาง structure ลงไปจถึงขอบของ mandible บริเวณด้านหน้านี้ ให้ design จุดที่เพื่อไว้ใส่ screw ในกรณีที่ implant ไม่มี retention peripheral structure นี้ให้เลี้ยวอ้อมสัน ridge ตรงบริเวณ retromolar triangle แล้วหักวกมาทาง anterior ทางด้านบนของสัน ridge จะไม่วกลงไปทาง lingual เพราะบริเวณนี้จะมี pressure ของลิ้นกดลงบน mandible ระหว่างการกลืน ถ้าหากมี structure บริเวณนี้ strut อาจโผล่ออกมาจาก tissue ได้ จึงควรหลีกเลี่ยง ไม่ให้วาง structure เป็นอันขาด structure เมื่อมาถึงบริเวณ cuspid area ก็จะเริ่มวกลงไปทาง lingual side แล้วเดินมาทางด้านหน้าเหนือ genial tubercle ในกรณีที่ genial tubercle อยู่เหนือสัน ridge lingual structure บริเวณนี้ก็จะอยู่บนสัน ridge เลย lingual strut ก็จะอ้อมไปจนจดกับ buccal strut อีกข้างหนึ่ง บน occlusal side ตำแหน่งของ post ก็จะอยู่บริเวณ cuspid และ second molar โดยการเชื่อม structure จาก buccal ไปยัง lingual structure (รูปที่ 19)




รูปที่ 20 การออกแบบ subperiosteal implant มี structure วางพาดด้าน buccal และ lingual โดยเว้นตำแหน่งของ mental nerve ด้านบนมี post อยู่บริเวณ cuspid และ second molar

ลักษณะของ post จะ design เป็นแนวตรงขึ้นไปก็ได้ ถ้าเป็น post แบบตรงต้องทำ super bar โดยให้มี coil สำหรับรัด post ให้แน่น หรือไม่ก็มี hoirzontal bar เชื่อมระหว่าง anterior & posterior post แล้วบนยอดของ post ก็ทำ groove โดยรอบหัว post สำหรับให้ O ring ยึดเกาะ บางครั้งอาจทำเป็น super bar โดยตลอดแล้วใช้ clip บน bar เพื่อให้ denture อยู่ติดแน่นกับ bar ในบางกรณีอาจทำ full denture ให้กับคนไข้ก็ได้ แนวของ post และ bar ก็ให้อยู่ในแนว occlusion และมีความสูงพอเหมาะกับ V.D. เมื่อ design implant เสร็จแล้วก็ส่งให้ lab cast ออกมา โลหะที่ใช้จะเป็น titanium หรือ chrom cobalt ชนิด surgical grade

**Second Phase : Implant Insert**

หลังจากได้ implant มาเรียบร้อยแล้ว ให้นัดผู้ป่วยมาใส่ implant ซึ่งไม่ควรนานเกิน 1-2 สัปดาห์ หลังการผ่าตัดพิมพ์กระดูก ในการทำ second operation มีการเปิด flap เหมือนกับ stage แรก แทนที่จะพิมพ์กระดูกก็นำเอา implant มาใส่ implant ที่ดี เราจะรู้สึกได้ทันทีว่าเมื่อ implant ใส่เข้าไปแล้ว จะรู้สึกว่า stable และมี retention หรือ lock อยู่กับที่ หากยังมีการกระดก หรือ implant ไม่ seat อยู่กับที่ต้องหาจุดแก้ไขอาจจะมี bone บางแห่งสูงค้ำอยู่ที่ structure ตรงไหนสักแห่งหนึ่ง ให้กรอ bone ลงไปจนกว่า implant จะกระชับ บางครั้งเมื่อ implant ใส่เข้าที่แล้ว เพียงเอามือจับที่ post ดึงขึ้นเบา ๆ ก็หลุดขึ้นมา แสดงว่าไม่มี retention ก็ให้พิจารณาว่าจะใช้ screw ช่วยยึดหรือไม่ (ควรเตรียมไว้ตั้งแต่ตอนแรก ๆ) เมื่อใส่ implant เข้าที่แล้ว ลองตรวจดู V.D. ว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าทุกอย่างเรียบร้อยเป็นไปตามที่คาดไว้ ก็ให้ล้าง operation site ให้สะอาดด้วย normal saline อีกครั้งหนึ่ง ตรวจตราสิ่งต่าง ๆ ซึ่งตกค้างอยู่ใน operation site เมื่อเรียบร้อยแล้วก็ทำการเย็บปิด บริเวณที่เป็น post อาจต้องใช้ semilunar tissue punch ตัดขอบของ flap ตรงติดกับ post เมื่อเย็บแผลแล้ว flap จะปิดสนิทพอดีกับ post พยายาม stop bleed ให้ดี แล้วประคบน้ำแข็งให้ผู้ป่วยอีกสักชั่วโมงหนึ่ง ต่อไปวันรุ่งขึ้นก็ให้คนไข้ประคบด้วยน้ำอุ่นตลอดไป จนกว่าจะหายบวม

**Temporary Denture**

ภายหลังจากเย็บแผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำ denture เก่าผู้ป่วยมากรอเอาส่วนใต้ภายในของ denture ออก แล้วค่อย ๆ adapt ให้เข้ากับ V.D. โดยปกติแล้วก่อนที่จะ insert implant ตอนที่ implant ยังอยู่ใน articulator ก็ให้พยายาม adapt denture จนกว่าจะเข้าที่เสียก่อน เพื่อให้ประหยัดเวลาในเก้าอี้ทำฟัน ข้อสำคัญ denture จะต้องอยู่เหนือเหงือก โดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 2 มม. ผู้ป่วยจะมี denture ใช้ไปพลาง ๆ เป็นการชั่วคราวก่อนประมาณ 2 เดือน

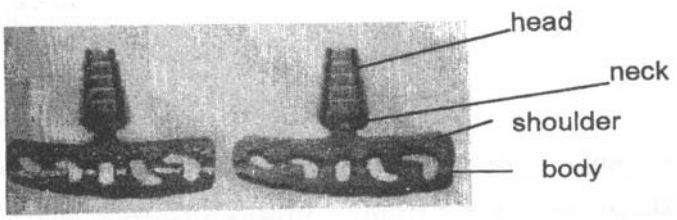
ภายหลัง 7-10 วัน ให้นัดผู้ป่วยมาตัดไหม ควรตรวจแผลที่เย็บภายหลัง 24 ชม. ว่ามีแผลแตกหรือไม่ อาจต้องทำการเย็บแผลเพิ่มเติมก็ได้ ภายหลัง 2-3 เดือน เมื่อแผลยุบตัวดีแล้ว ก็นัดผู้ป่วยมาพิมพ์ปาก เพื่อทำ denture หรือ bridge ต่อไป

**3. Endosseous Implant**

endosseous implant คือ รากเทียมที่ฝังลึกลงไปในกระดูกแทนรากฟันธรรมชาติ และเป็นหลักยึดสำหรับรองรับ abutment ของฟันปลอมต่อไป

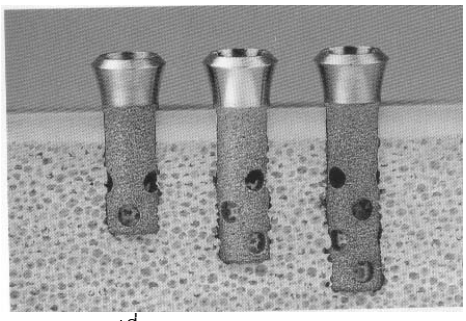
endosseous implant แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. **Blade / plate form implants** ใช้ฝังในกระดูกในแนวนอน มีลักษณะแบน บางในแนว bucco – lingual อาจเรียก blade – vent implant ก็ได้ (รูปที่ 20)

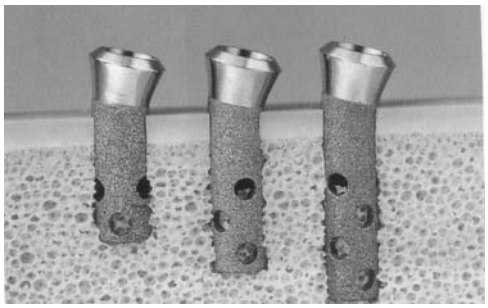



รูปที่ 20 Blade implant มีลักษณะแบน บางในแนว bucco - lingual

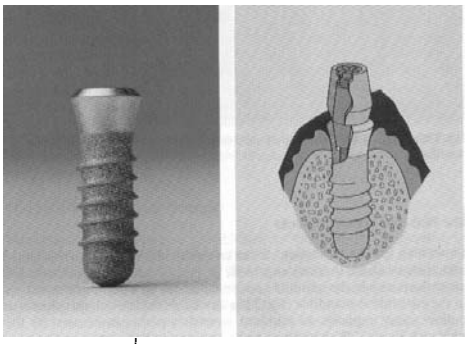
2. **Root form implants** เป็นรากเทียมที่มีรูปร่างเหมือนรากฟัน ใช้ฝังในกระดูกในแนวตั้ง ผิวอาจเรียบ เป็นเกลียว เป็นรูกลวง หรืออาจให้ผิวหยาบก็ได้ มี 3 ชนิด คือ
   a. cylinder หรือ press-fit root form เป็นรากเทียมที่มีรูปร่างตรงทรงกระบอก ไม่เป็นเกลียว จะฝังลงในกระดูกที่กรอแต่งไว้โดยใช้แรงกด หรือดันเข้าไป (รูปที่ 21 A, B)
   b. screw root form รูปร่างเป็นเกลียว ทำให้ยึดติดกับกระดูกได้ดีขึ้น (รูปที่ 22)
   c. combination root form เป็นรากเทียมที่มีลักษณะ cylinder และ screw รวมอยู่ในอันเดียว (รูปที่ 23)



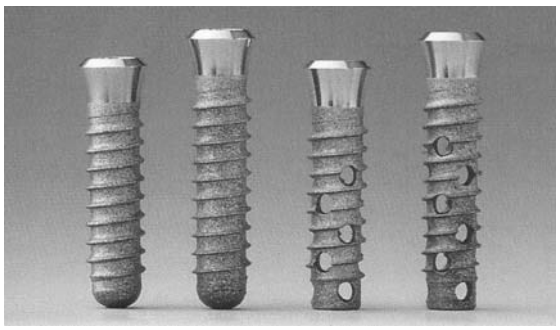
รูปที่ 21 A hollow cylinder implant



รูปที่ 21 B angled hollow cylinder implant



รูปที่ 22 screw root form implant



รูปที่ 23 จากซ้ายไปขวา
14 cm. Screw implant
16 cm. Screw implant
14 cm. Cylinder hollow screw implant
16 cm. Cylinder hollow screw implant

**Blade implant**

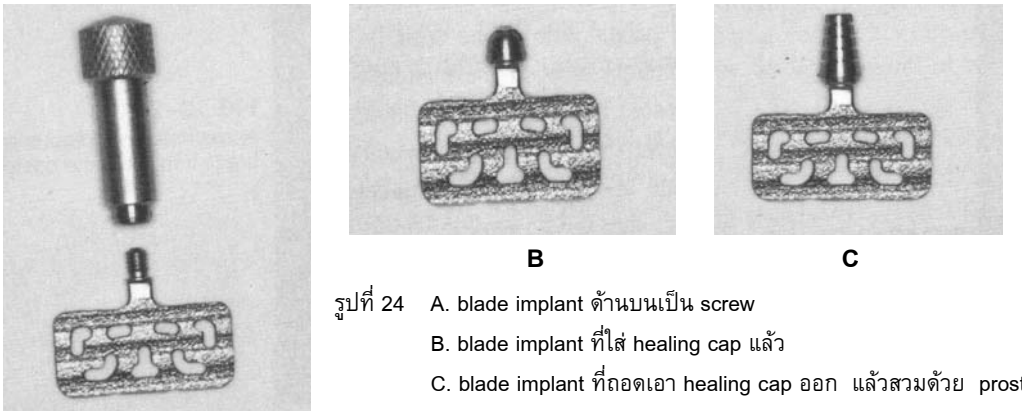
Blade implant ส่วนใหญ่ทำด้วยโลหะไทเทเนียม (titanium) ปกติโลหะไทเทเนียม ไม่ควรให้แปดเปื้อนกับโลหะอื่น เพราะทำให้เสียความบริสุทธิ์ได้ ควรใช้เครื่องมือที่ปลายเป็นไทเทเนียมด้วยกันเท่านั้นจับต้อง (titanium – tipped) ในการทำให้ปราศจากเชื้อ (sterilization) ควรใช้ผ้าก๊อซห่อแยกเครื่องมือที่ปลายเป็นไทเทเนียม ไม่ให้ปะปนกับเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อป้องกันการ contaminate ด้วย

Blade implant ประกอบด้วย 2 ชนิด คือ one stage และ two stage

One stage blade implant ประกอบด้วย (รูปที่ 20) head, neck, shoulder และ body

Two stage blade implant หรือ semisubmerged implant ประกอบด้วย (รูปที่ 24)

a. blade ที่เป็น body ด้านบนเป็น screw สำหรับใส่ healing cap
b. blade implant (semisubmerged) ที่ใส่ healing cap แล้ว
c. blade implant ที่ถอดเอา healing cap ออกแล้ว สวมด้วย prosthetic post



A B C

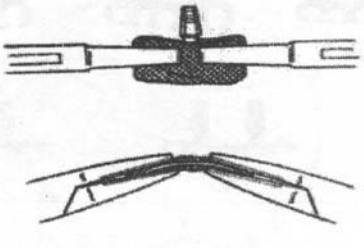
รูปที่ 24 A. blade implant ด้านบนเป็น screw
B. blade implant ที่ใส่ healing cap แล้ว
C. blade implant ที่ถอดเอา healing cap ออก แล้วสวมด้วย prosthetic post

**การเลือกใช้ two stage blade implant** จะเลือกใช้เมื่อ

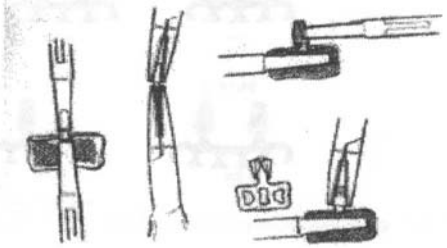
1. สภาพกระดูกขากรรไกรที่จะฝังมีความเหมาะสม แม้จะแคบเพียง 5 มม.
2. มี vertical dimension มาก
3. มีฟันคู่สบเป็นฟันธรรมชาติ หรือเป็นฟันปลอมชนิดติดแน่น หรือผสมกันระหว่างฟันแท้กับฟันปลอมชนิดติดแน่น
4. ใช้ในผู้ป่วยสูงอายุ

**การเลือกใช้ one stage blade implant**

1. เมื่อต้องการดัดหรือโค้ง abutment ให้ได้แนวที่เหมาะสมในการใส่ฟัน เพราะ blade implant สามารถดัดให้โค้งได้ทั้ง implant & body และ abutment (รูปที่ 25)
2. ใช้ได้ดีเมื่อกระดูกมีความกว้างไม่เพียงพอที่จะฝัง screw implant เพราะ blade implant มีความกว้างเพียง 1.2 – 1.35 มม.



รูปที่ 25 a. การดัด implant body

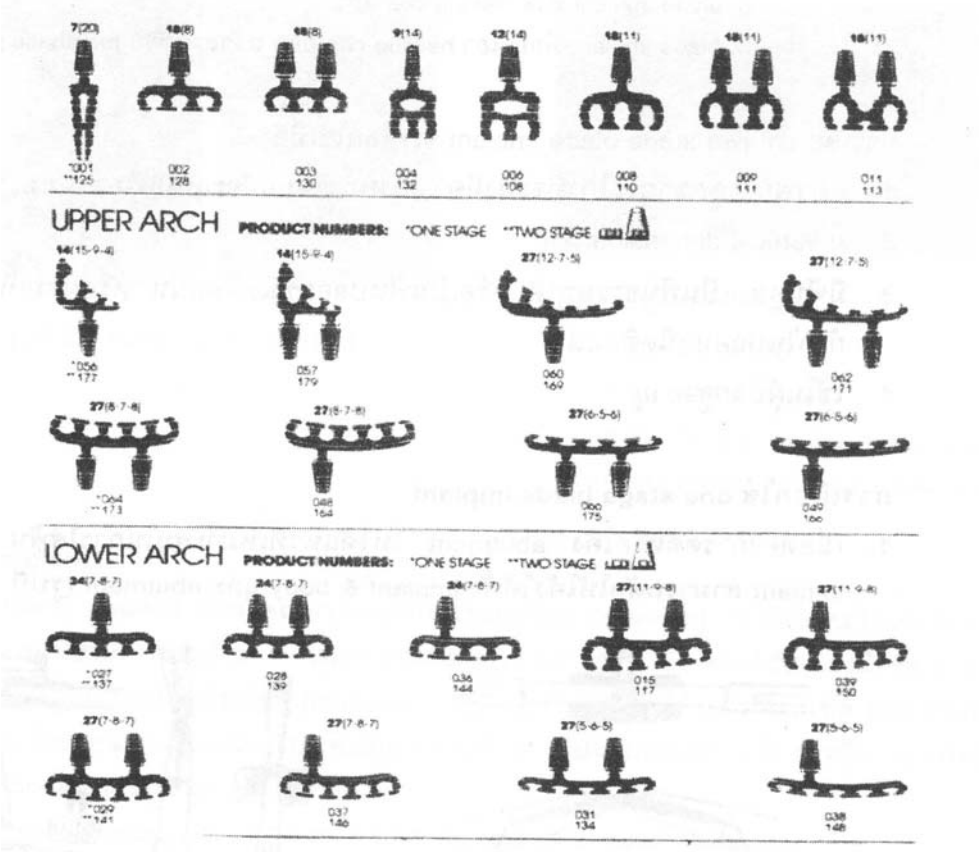


รูปที่ 25 b. การดัด abutment

**การเลือกรากเทียมที่เหมาะสม**

ก่อนที่จะเลือกรากเทียมที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็น blade type หรือ screw type ต้องประเมินสภาพของกระดูกขากรรไกรทั้งความกว้าง ความสูงของบริเวณที่จะฝังรากเทียมก่อนเสมอ โดยใช้ CT scan, bone mapping หรือภาพถ่ายรังสีและสิ่งช่วยเหลืออื่น ๆ เช่น metal ball, แท่งโลหะ เป็นต้น

การใช้ transparent film ที่มีรูปของรากเทียมขนาดใกล้เคียงกับของจริงทาบลงไปบนภาพถ่ายรังสี OPG ทำให้ทราบขนาด และรูปร่างของรากเทียมที่ควรจะเลือกใช้ได้ (รูปที่ 26)




รูปที่ 26 Transparent film ที่มีรูปร่างของรากเทียมชนิด blade type แบบต่าง ๆ ขนาดใกล้เคียงกับของจริง

**การผ่าตัดฝังรากเทียมชนิด blade type**

ฉีดยาชาเฉพาะที่ ถ้าเป็นฟันล่างให้ทำ inferior alveolar nerve block และใช้ยาชาที่ผสมยาบีบเส้นเลือด เช่น lidocaine with pinephrine 1 : 100,000 และ infiltrated บริเวณ buccal หรือ labial ของบริเวณที่จะฝังรากเทียม

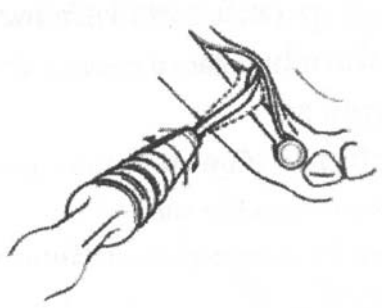
**Incision**

ลงมีดเป็น horizontal incision บนกึ่งกลางสันเหงือก หรือค่อนมาทาง buccal เพียงเล็กน้อย ควรให้ยาวกว่าความยาวของ blade implant ออกไปข้างละ 3-5 มม. ถ้าไม่จำเป็นไม่ควรลง vertical incision เพราะจะตัดเส้นเลือดทำให้เกิดเลือดออกมาก และบวมมากตามมาได้ นอกจากนั้น ยังทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สบายขณะรอให้แผลหายด้วย

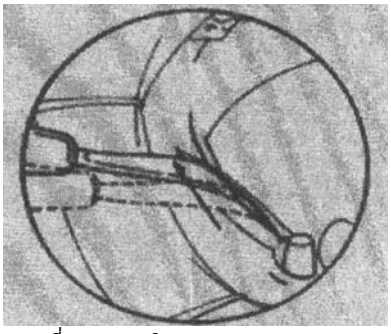
เปิด mucoperiosteal flap ออก โดยใช้ periosteal elevator ซึ่งทำได้ใน 3 แนว คือ

- rotational movement (รูปที่ 27)
- bodily movement (รูปที่ 28)
- elevation movement (รูปที่ 29)

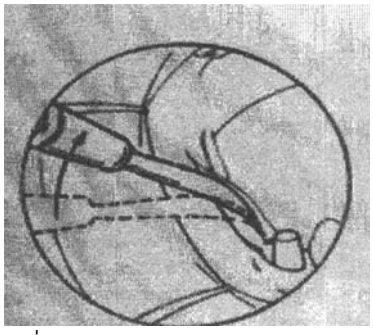
เปิดให้เห็นกระดูกบริเวณที่จะฝังรากเทียมให้ชัดเจน



รูปที่ 27 การเปิด mucoperiosteal flap โดยใช้ rotational movement



รูปที่ 28 การเปิด mucoperiosteal flap โดยใช้ bodily movement



รูปที่ 29 การเปิด mucoperiosteal flap โดยใช้ elevation movement เปิดให้เห็นกระดูกบริเวณที่จะฝังรากเทียมให้ชัดเจน

**Cleansing the ridge crest**

ถ้าบริเวณที่จะฝังรากเทียมยังมีปุ่มกระดูกนูน หรือแหลมสูงขึ้นมา อาจต้องตัดออก โดยใช้การกรอออก หรือใช้ bone file แต่งให้เรียบเท่า ๆ กันกับกระดูกข้างเคียง แต่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพราะต้องไม่ทำให้ความสูงของกระดูกลดลง

**Locating the implant receptor site**

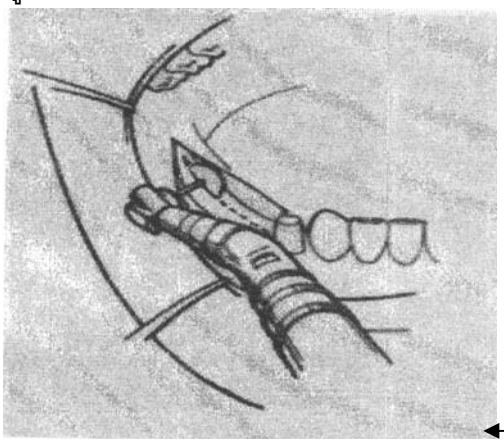
ลองวางตัวรากเทียมทาบลงบนกระดูก อาจต้องปรับแนวความโค้งของรากเทียมให้เข้ากันได้กับความโค้งของกระดูกขากรรไกร ถ้าใช้ one-stage blade implant และ abutment สูงเกินไป ให้เตรียมตัดออกให้ได้ความสูงที่เหมาะสมต่อการใส่ฟัน ก่อนที่จะฝังรากเทียมลงในกระดูก

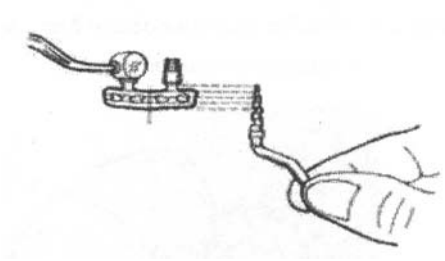
**Preparing the receptor site**

การฝังรากเทียมชนิด blade ควรกรอกระดูกให้แคบกว่าความกว้างของ blade เล็กน้อย และกรอให้ลึกกว่าความสูงของ blade ประมาณ 1 มม. เพื่อให้รากเทียมยึดได้แน่นขึ้น การกรอควรใช้หัวกรอที่คมมาก ใช้ความเร็วช้า แต่ torque สูง และมีการพ่นน้ำบริเวณกระดูกที่ถูกกรออย่างสม่ำเสมอ ถ้าสามารถใช้หัวกรอที่มีการพ่นน้ำภายใน (internal cooling) ด้วยจะดีมาก

ใช้หัวกรอรูปวงกลม (channeling saw) (รูปที่ 30)
กรอบริเวณกึ่งกลางสัน ridge ความยาวของแนวที่กรอเท่ากับความยาวของ blade ใช้ fissure bur ขนาดเล็กกว่า blade เล็กน้อย กรอตามตลอดแนว receptor site

ใช้เครื่องวัดความลึก (depth gauge) วัดลงใน receptor site เปรียบเทียบกับความลึกของ blade (รูปที่ 31)





รูปที่ 31 ใช้ depth gauge วัดลงใน receptor site เปรียบเทียบกับความลึกของ blade

รูปที่ 30 ใช้ channeling saw กรอกระดูกตามแนวที่จะฝังรากเทียม

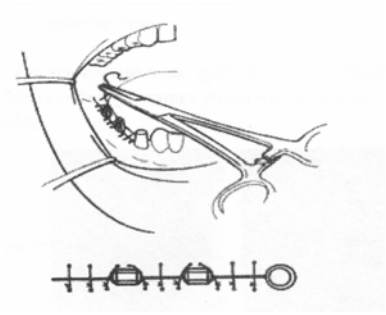
ถ้ามีเศษกระดูก (bone ship) จากบริเวณ receptor site ควรเก็บไว้ในผ้าก๊อซชุ่มด้วยน้ำเกลือ เพื่อนำมาใช้ได้เมื่อจำเป็น

เมื่อได้ความลึกตลอดความยาวตามต้องการแล้ว นำ blade implant วางลงใน receptor site จากนั้น ใช้วิธี tapping ลงไปบนรากเทียม อย่างระมัดระวัง จนส่วนของ shoulder จมลงไปในกระดูก ประมาณ 2 มม. หรือให้ส่วนฐานของ abutment head (s) อยู่เหนือสันกระดูกประมาณ 2 มม.

หลังจากฝังรากเทียมแล้วต้องตรวจดูว่าแนวของ abutment head อยู่ในแนวที่จะใส่ฟันได้ ถ้ายังไม่ถูกต้อง อาจต้องดัด abutment head บ้าง โดยเอารากเทียมออกจาก receptor site อีกครั้ง และดัดนอกช่องปาก จากนั้นนำไป reinsert อีกครั้ง ต้องแน่ใจว่ารากเทียมยึดติดแน่นกับกระดูกจริง ๆ

**Final closure**

**Single stage system** การเย็บปิดเป็นสิ่งสำคัญ และละเอียดอ่อนมาก ควรใช้ atraumatic needle และไหมขนาด 3-0 ควรเย็บบริเวณที่อยู่ชิดกับ abutment ให้แน่นก่อนทุกด้าน จากนั้นเย็บบริเวณใกล้เคียงไปเรื่อย ๆ (รูปที่ 32)



รูปที่ 32 การเย็บปิด ควรเย็บปิดบริเวณชิดกับ abutment ให้แน่นก่อน

**Two stage system (semisubmerged)** เย็บ flap ปิดตามวิธีปกติ จะมี abutment head โผล่ออกมา ให้หมุนเอา abutment head ออก เปลี่ยนเป็น healing cap แทน ซึ่งจะโผล่เหนือเหงือกขึ้นมาเพียงเล็กน้อย ประมาณ 1 มม. หรือแทบไม่โผล่เลย

**การถ่ายภาพรังสี**

หลังจากฝังรากเทียมแล้ว ควรถ่ายภาพรังสีไว้เป็นหลักฐานทันที เช่นเดียวกันกับหลังการใส่ฟันบนรากเทียมด้วย ควรถ่ายภาพรังสีเป็นระยะ ๆ เพื่อตรวจดูสภาพการเปลี่ยนแปลงของกระดูกที่อาจเกิดขึ้นได้

**Postoperation care**

- ให้ใช้น้ำแข็งประคบข้างแก้มด้านที่ฝังรากเทียมนาน 24 ชั่วโมง
- ให้ผู้ป่วยทานอาหารอ่อน หรืออาหารเหลวประมาณ 1-2 สัปดาห์หลังผ่าตัด
- ใช้น้ำยาบ้วนปากหลังอาหารเสมอ และดูแลแผลให้สะอาด
- ให้ยาแก้ปวดและยาปฏิชีวนะเมื่อจำเป็น
- นัดผู้ป่วยมาตัดไหม 7 วันหลังผ่าตัด แต่ถ้าแผลยาวมาก อาจทิ้งไว้นาน 10-12 วันได้

**การใส่ฟัน**

หลังรอให้มีการหายของแผลและมีการยึดติดของรากเทียมกับกระดูกแล้วให้พิจารณาใส่ฟันบนรากเทียมโดย prosthodontist ต่อไป

## Screw implant or Cylinder implant

รากเทียมที่ปัจจุบันนิยมใช้มาก ได้แก่ screw type หรือ cylinder type ซึ่งถือว่าเป็น root form implant รากเทียมชนิดนี้จะถูกออกแบบให้มี 3 ส่วนที่สำคัญคือ

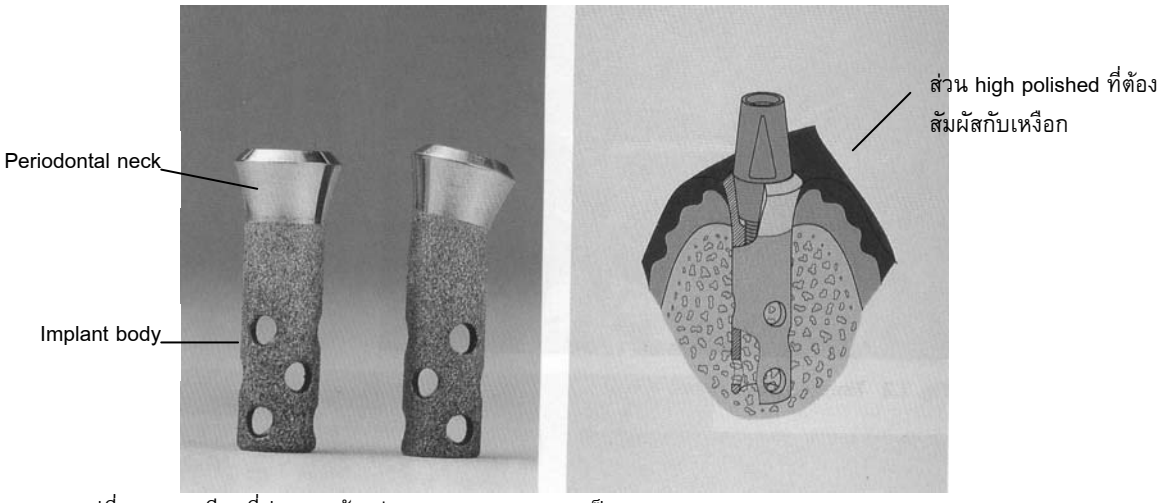
1. ส่วน periodontal neck เป็นส่วนที่เรียบและมัน (high polished) ที่ต้องสัมผัสกับเหงือก (soft tissue) (รูปที่ 33) โดยต้องมีการยึดติดอย่างแนบแน่น เป็น biological seal ที่จะป้องกันไม่ให้มีการเจริญ (invasion) งอกลงไปของ soft tissue ในขณะที่รอให้มีการหายของแผล

2. ส่วน screw-shape body (รูปที่ 34) เป็นส่วนที่ช่วยให้มีการยึดติดกับกระดูกได้ดี ตั้งแต่วันที่เริ่มฝังรากเทียม รูปแบบของ thread จะช่วยกระจายแรงจาก vertical occlusal load ไปยังกระดูกได้ดี

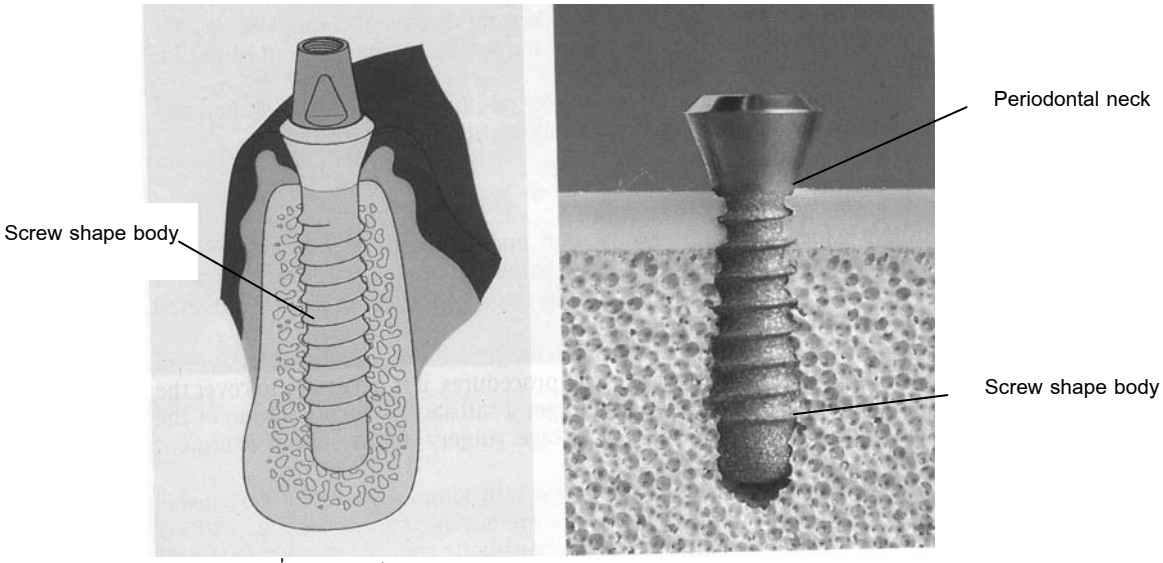
3. self threading implant tip (รูปที่ 35) ส่วนปลายของ screw implant บางระบบจะเป็น self threading ทำให้ใช้ได้ดีกับกระดูกที่มีความยืดหยุ่นมาก เช่น กระดูกขากรรไกรบนเป็นต้น ไม่ต้องมีการ tapping หรือ threading ก่อน ช่วยให้มีการยึดติดได้ดีตั้งแต่วันเริ่มฝังรากเทียม

**ส่วนต่าง ๆ ของรากเทียมชนิด root form screw implant** (รูปที่ 36)

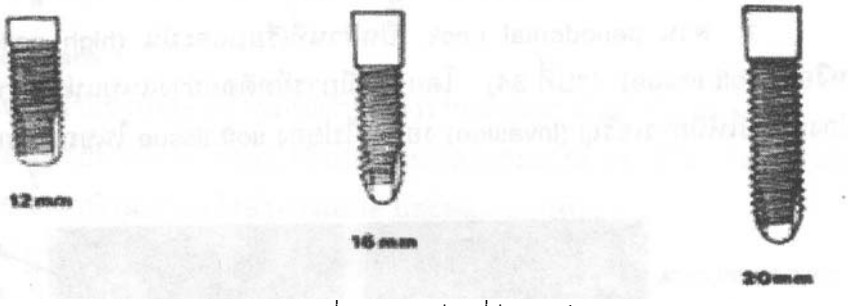
1. implant body หรือ fixture เป็นส่วนที่ฝังลงในกระดูก พื้นผิวมักไม่เรียบ (rough surface) เพราะมีการเพิ่มพื้นผิวของรากเทียมให้มากขึ้นเพื่อช่วยให้เกิด osseointegration ได้ดีขึ้น implant body ด้านบนที่อยู่ชิดกับแผ่นเหงือก จะเป็นผิวเรียบมันอยู่พ้นขอบกระดูกขึ้นมา



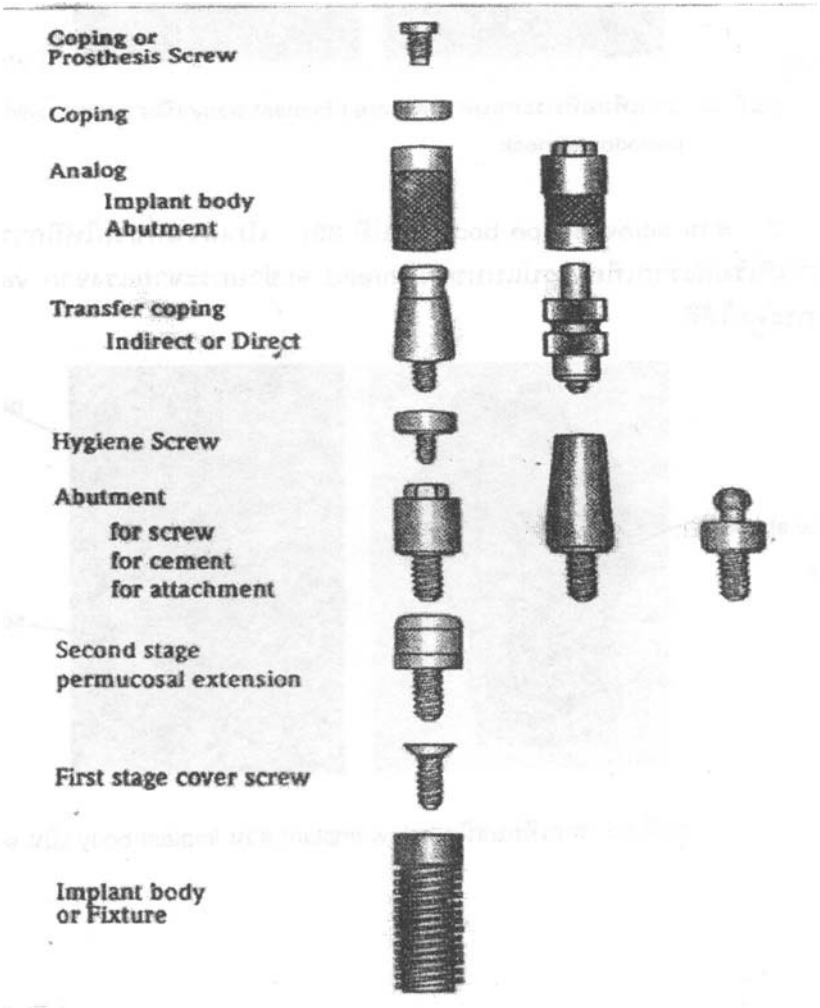

รูปที่ 33 รากเทียมที่ประกอบด้วยส่วนของ implant body เป็น hollow cylinder และ periodontal neck




รูปที่ 34 รากเทียมชนิด screw implant ส่วน implant body เป็น screw




รูปที่ 35 รากเทียมที่มีปลายเป็น self threading




รูปที่ 36 ส่วนต่าง ๆ ของรากเทียมชนิด root form screw implant

2. the first stage cover-screw ใช้สำหรับปิดด้านบนของ implant body หลังจากผ่าตัดฝังรากเทียมแล้ว เพื่อป้องกันไม่ให้กระดูกหรือเนื้อเยื่ออ่อนเจริญเข้าไปในรากเทียม ขณะรอให้แผลหาย ฉะนั้นควรหมุน screw บิดให้แน่นพอควร
3. second stage permucosal extension การผ่าตัดครั้งที่สองหลังจากรอให้มีการยึดติดของรากเทียมแล้ว (osseointegration) จะผ่าตัดเปิดเข้าไปหาตัวรากเทียม (uncovering) นำ cover screw ออก แทนที่

ด้วย permucosal extension หรือ healing screw หรือ transepithelial โดยหมุนลงไปให้ชิดสนิทกับ implant body

4. abutment เป็นส่วนที่อยู่ต่อจาก implant body ใช้รองรับฟันปลอม หรือส่วนของ implant suprastructure abutment แบ่งเป็น - abutment for screw
   - abutment for cement
   - abutment for attachment

   บางครั้งอาจแบ่งตามการยึดติดกับฟันปลอม ได้แก่
   - fixed abutment หมายถึงใช้ cement ยึดฟันปลอมกับ abutment
   - removable abutment หมายถึงใช้ screw ในการยึดฟันปลอมติดกับ abutment

   นอกจากนี้อาจแบ่งตาม axial relationship ของ implant body กับ abutment ได้แก่
   - straight abutment ตัว abutment กับ implant body อยู่ในแนวเดียวกัน
   - angled abutment ตัว abutment เอียงทำมุมเล็กน้อย กับ implant body ส่วนใหญ่ใช้ในฟันหน้าบน
5. Hygiene cover screw ใช้ปิดส่วนบนของ abutment ในระหว่างรอการใส่ฟัน เพื่อป้องกัน debris และ calculus จะเข้าไปในเกลียวด้านบนของ abutment
6. Transfer coping หรือ impression post ใช้สำหรับ ลงไปบน implant body ก่อนที่จะพิมพ์ปาก เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอนของรากเทียม และถ่ายทอดลงสู่ master cast แบ่งเป็น
   a. indirect transfer coping ใช้ใส่ลงไปใน implant body ในปาก พิมพ์ปาก รอจนวัสดุพิมพ์ปาก set ตัวดี ค่อย ๆ ดึงเอา impression ออก โดยที่ transfer coping ยังอยู่ในปาก indirect transfer coping มักมีรูปร่าง parallel หรือ taper เล็กน้อย เพื่อให้สะดวกในการดึงเอา impression ออก
   b. direct transfer coping ใช้ใส่ลงใน implant body ใช้ individual tray ที่เจาะรูด้านบน พิมพ์ปากลงไปให้ส่วนของ coping โผล่ทะลุ tray ออกมาที่รูที่เจาะไว้ เมื่อวัสดุพิมพ์ปาก set แล้ว ให้คลายเกลียวถอดเอา direct transfer coping ออก แกะเอา impression ออก สามารถใช้ได้กับวัสดุพิมพ์ปากที่มีความแข็ง และช่วยกำจัดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการบิดเบี้ยวของวัสดุพิมพ์ปากได้
7. Implant analog ใช้เป็นตัวแทน implant body หรือ abutment โดยใส่ลงไปใน impression ที่แกะออกมาจากในปาก จากนั้นนำไปเทปูนที่แข็งแรง เพื่อสร้าง master cast ต่อไป
8. Coping ใช้เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่าง abutment และฟันปลอม (prosthesis) หรือ suprastructure แบ่งเป็น
   a. prefabricated coping เป็นโลหะสำเร็จจากบริษัทผู้ผลิต
   b. castable coping เป็นพลาสติกซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นโลหะในภายหลังเพื่อทำเป็น suprastructure หรือส่วนของฟันปลอม
9. Coping screw หรือ prosthesis screw ใช้ยึดฟันปลอมหรือ suprastructure ให้ติดแน่นกับ abutment

   อย่างไรก็ตาม การเรียกส่วนต่าง ๆ ของรากเทียมแต่ละระบบอาจไม่เหมือนกันทีเดียว ทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดต่อสื่อสารในเชิงวิชาการ เพื่อพัฒนารากเทียมได้

## Surgical procedure

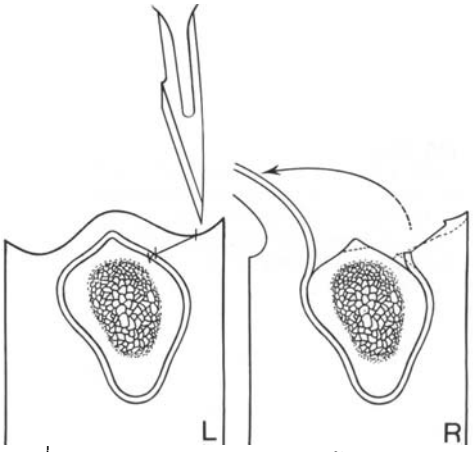
ในที่นี้จะเสนอรายละเอียดของการฝังรากเทียมระบบ Branemark ลงในขากรรไกรล่าง ดังนี้

ทำการฉีดยาชาสกัดความรู้สึกจากเส้นประสาท inferior alveolar ทำ local infiltration บริเวณที่จะฝังรากเทียม

ลง incision ค่อนมาบริเวณด้าน buccal เล็กน้อย แล้วเปิด mucoperiosteum flap ออกไป เปิดให้เห็น crest ของกระดูกสันเหงือก (รูปที่ 37) ถ้ามีส่วนของกระดูกสันเหงือกที่แหลมคม ให้กรอแต่งลงได้บ้าง

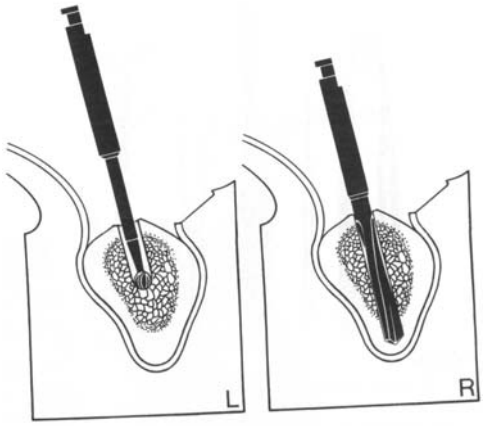
วาง surgical stent ลงบนสันเหงือก เพื่อหาตำแหน่งที่จะฝังรากเทียมตามที่วางแผนไว้

เริ่มใช้ guide drill กรอนำลงไปก่อน จากนั้นใช้ twist drill ขนาดเล็ก กรอจนถึงความลึกเท่ากับความยาวของรากเทียมที่จะฝัง (รูปที่ 38) ขณะกรอต้องมีการพ่นน้ำเกลือเสมอทั้ง internal และ external irrigation และกรอด้วยความเร็วประมาณ 1,000 รอบ/นาที




รูปที่ 38 L. ลง incision ค่อนมาทางด้าน buccal บริเวณ buccal sulcus

R. เปิด mucoperiosteal flap ออกไปด้าน lingual ถ้ามีส่วนของสันเหงือกที่แหลมคมควรแต่งให้เรียบ



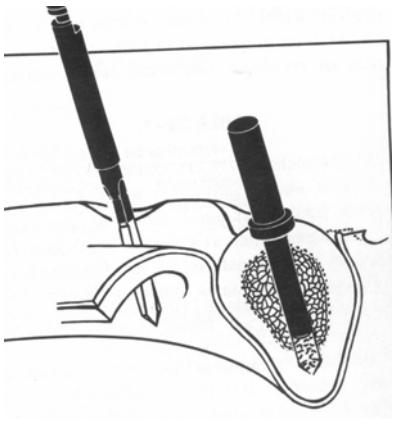

รูปที่ 38 L. ใช้ guide drill รูปกลมกรอนำก่อนลงบนตำแหน่งที่จะฝังรากเทียม

R. ใช้ twist drill ขนาดเล็กกรอตามลงไปจนถึงความลึกตามที่วางแผนไว้

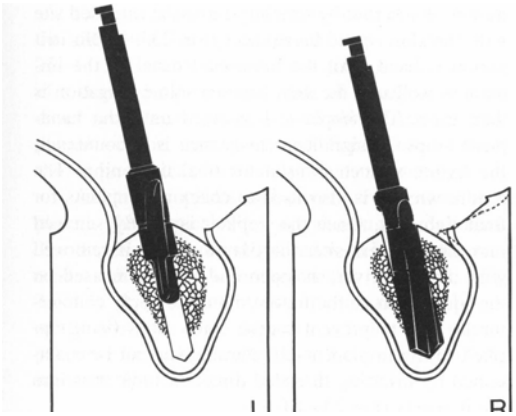
ถ้าต้องมีการฝังรากเทียมหลายตำแหน่งใกล้ ๆ กัน เช่น บริเวณ interforamen หรือบริเวณ symphysis ควรกรอตำแหน่งแรกที่กึ่งกลาง (mid line) จากนั้น นำ direction indicator ใส่ไว้ในช่องที่เจาะรูไว้ แล้วเริ่มกรอตำแหน่งที่อยู่ distal ต่อไปโดยอาศัยแนวขนานกับ direction indicator เป็นเกณฑ์ (รูปที่ 39)

ใช้ pilot drill กรอ เพื่อขยายขอบบนของช่องกระดูกที่กรอไว้ก่อน และใช้ twist drill ขนาดใหญ่กรอลงไปจนได้ความลึกเท่าความยาวของรากเทียมที่จะฝัง (รูปที่ 40)

ใช้ countersink bur กรอ เพื่อเตรียมขอบกระดูกด้านบน (marginal compact layer of bone) (รูปที่ 41) เพื่อช่วยให้ตัวรากเทียมคงถูกยึดอยู่กับส่วนของ cortical plate ส่วนบน และช่วยให้รอบรัง cover screw ที่จะปิดบนตัวรากเทียมได้ดีขึ้น ถ้าใช้ counter sink bur มากเกินไป จะทำให้การยึดติดของรากเทียมในช่วงแรกนี้ไม่มี primary stability ได้ ส่วนในกรณีที่จะฝังรากเทียมไม่ทะลุลงไปถึงขอบล่างของ cortical plate (inferior cortical plate) อาจไม่จำเป็นต้องใช้ countersink bur ก็ได้

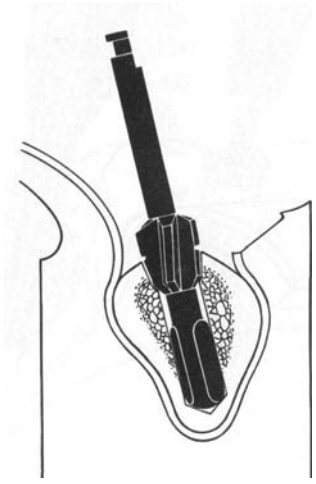


รูปที่ 39 ในกรณีที่ฝังรากเทียมหลายตำแหน่ง ควรกรอกระดูกในตำแหน่งที่จะฝังรากเทียมตรงกลางก่อน จากนั้นใช้ direction indicator ใส่ลงไปในช่องที่กรอไว้ เพื่อใช้เป็นแนวในการกรอช่องต่อไปให้ขนานกับตัวแรกมากที่สุด

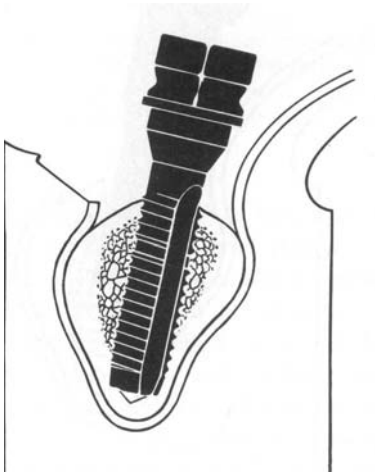


รูปที่ 40 L. ใช้ drill กรอตามเพื่อขยายกระดูกส่วนบน โดยกรอให้ถึง depth guide เท่านั้น
R. ใช้ twist drill ขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0 มม.) กรอต่อจาก pilot drill ให้ลึกลงไปเท่าความยาวของรากเทียมที่จะฝัง

ใช้ slow speed contraangle handpiece (15-20 rpm) กับ titanium tap เพื่อเตรียมช่องกระดูกให้เป็นเกลียว เพื่อรองรับรากเทียมต่อไป (รูปที่ 42) โดยทำเกลียวให้ได้ความลึกเท่าความยาวของรากเทียม นำ titanium tap ออกจากกระดูกโดยกลับทิศทางการหมุนของ handpiece



รูปที่ 41 ใช้ countersink bur กรอตามเพื่อเตรียม marginal compact layer of bone ให้กรอจนลึกเท่าความยาวของรากเทียม



รูปที่ 42 ใช้ titanium tap ทำเกลียว (tapping) ในช่องกระดูกที่กรอไว้เท่ากับความลึกของรากเทียม

บริเวณช่องกระดูกที่เตรียมไว้จะเต็มไปด้วยเลือด ไม่ควรดูดเลือดออกไป นำรากเทียมมาใส่ลงในช่องกระดูกนี้ โดยใช้ slow speed handpiece (15 – 20 rpm) ในช่วงแรกไม่ควรฉีดพ่นน้ำจนกว่า horizontal canal ของรากเทียมจะเข้าไปจนถูกตำแหน่งดีแล้ว (รูปที่ 43)

เมื่อฝังรากเทียมเสร็จแล้ว ใช้ fixture wrench ขันบนรากเทียมอีกครั้งเพื่อทำให้แน่นขึ้น นำ fixture mount ทั้งหมดที่อยู่ด้านบนของรากเทียมออก ด้วย screw driver

ปิดด้านบนของรากเทียมแต่ละอันด้วย cover screw อาจใช้ handpiece insertion tool ช่วยก็ได้ (รูปที่ 44) ควรปิด cover screw ให้แนบสนิทกับรากเทียม เพื่อป้องกันไม่ให้มีการเจริญของเนื้อเยื่อเข้าไปในรากเทียมได้

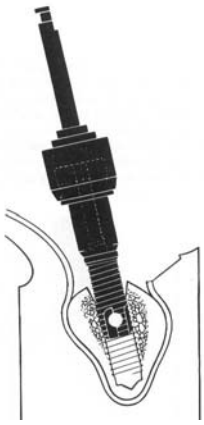
เมื่อฝังรากเทียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรล้างบริเวณแผลผ่าตัดให้สะอาด นำ mucoperiosteum flap กลับคืนที่เดิม และเย็บปิดด้วยวิธี horizontal mattress โดยใช้ไหมเย็บ #3-0 ตามปกติ (รูปที่ 45)

ไม่ควรให้ฝีเย็บวางอยู่บน cover screw โดยตรง จากนั้นให้ผู้ป่วยกัดผ้าก๊อสไว้บนแผล นานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

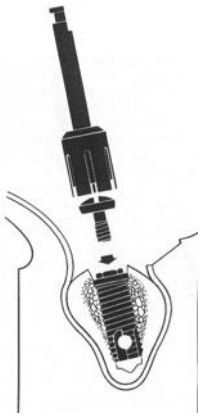
นัดผู้ป่วยกลับมาตัดไหมภายใน 1 สัปดาห์ และผู้ป่วยไม่ควรใส่ฟันบริเวณนี้เป็นเวลาอย่างน้อย 2 สัปดาห์

เมื่อผ่าน 2 สัปดาห์ไปแล้วและผู้ป่วยต้องการใส่ฟันชั่วคราวควรมีการกรอด้านในของฟันปลอมออกบ้างบริเวณที่ฝังรากเทียมและ relined ด้วย soft tissue conditioner

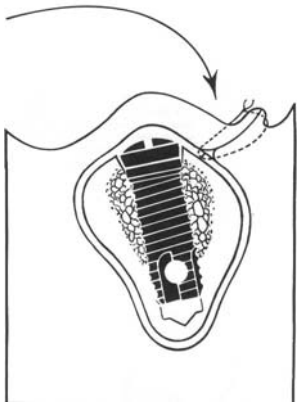
รอให้มีการหาย รวมทั้งมีการยึดติดของรากเทียมกับกระดูกอย่างสมบูรณ์ (osseo-integration) โดยในขากรรไกรล่างรอนานอย่างน้อย 3 เดือน และ 6 เดือนในขากรรไกรบน



รูปที่ 43 นำรากเทียมมาฝังลงในช่องกระดูกที่กรอเตรียมไว้ โดยใช้ความเร็ว 15-20 rpm.



รูปที่ 44 ปิด cover screw ลงบนรากเทียมที่ฝังเรียบร้อยแล้ว โดยใช้ handpiece insertion tool



รูปที่ 45 นำ flap กลับคืนที่เดิม และเย็บปิดด้วยวิธี mattress suture

**การให้ยาปฏิชีวนะ**

ปกติไม่จำเป็นต้องให้ยาปฏิชีวนะ เพราะการผ่าตัดทำภายใต้ภาวะปลอดเชื้อ แต่ถ้าต้องฝังรากเทียมหลายตำแหน่ง และมีการผ่าตัดอื่นร่วมด้วย เช่น การปลูกกระดูก ควรให้ยาปฏิชีวนะด้วย ยาที่ใช้ได้แก่ Penicillin V, Amoxicillin หรือ Clindamycin โดยให้อย่างน้อย 5 วัน บางคนแนะนำว่าควรให้ก่อนการผ่าตัด 2 ชั่วโมงด้วย

**การดูแลหลังการผ่าตัด**

- แนะนำให้ใช้น้ำแข็งประคบนอกช่องปาก บริเวณที่ผ่าตัด
- ให้ยาแก้ปวด หรือ nonsteroidal antiinflammatory drug
- ให้น้ำยาบ้วนปาก chlorhexidine
- แนะนำให้ผู้ป่วยงดสูบบุหรี่ เพราะมีผลต่อการหายของแผล และความอยู่รอดของรากเทียมด้วย
- นัดผู้ป่วยมาตรวจในวันรุ่งขึ้นหลังผ่าตัด เพื่อประเมินสภาพของผู้ป่วย ดูอาการบวมหรือภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้น
- นัดตัดไหมใน 1 สัปดาห์

**ภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดฝังรากเทียม**

อาจพบภาวะแทรกซ้อนดังนี้

- hemorrhage
- nerve injury
- perforation to the maxillary sinus
- jaw fracture
- osseous dehiscence
- osseous perforation
- damage to adjacent teeth
- insufficient primary stability

**Hemorrhage** อาจพบการมีเลือดออกมากผิดปกติ จากการทำอันตรายต่อเส้นเลือดดังนี้

| ชนิด | สาเหตุ | วิธีการรักษา |
|---|---|---|
| Inferior alveolar artery | — เกิดจากการกรอลึกลงไปโดยไม่เหลือ “safety zone” ประมาณ 1 มม. เหนือ canal | — พยายามห้ามเลือดให้ได้ จากนั้นอาจใช้รากเทียมขนาดเล็กกว่าที่วางแผนไว้ฝังลงไปหรือ<br>— พยายามห้ามเลือดให้ได้ และเย็บแผลปิด จากนั้นรอให้มีการหายของแผลตามปกติ |
| Lingual artery | — มีการทะลุของกระดูก alveolar process ด้าน lingual | — หา lingual artery ให้ได้ แล้วทำการผูกให้เรียบร้อย |
| Greater palatine artery | — กรอทะลุไปถูกบริเวณ greater palatine artery | — ห้ามเลือดให้หยุด, เย็บแผลปิด หรือฝังรากเทียมสั้นลง |

**Nerve injury**

ปกติการทำอันตรายต่อเส้นประสาทมักพบในกระดูกขากรรไกรล่าง เส้นประสาทที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ inferior alveolar nerve, mental nerve และ lingual nerve เพื่อหลีกเลี่ยงการทำอันตรายต่อเส้นประสาท inferior alveolar ควรมีการวางแผนก่อนการรักษาให้ดี โดยดูตำแหน่งจากภาพถ่ายรังสี CT scan ส่วนเส้นประสาท mental nerve ควรป้องกันการทำอันตรายได้ โดยเปิด flap ให้กว้างพอที่จะเห็น mental foramen และ neurovascular bundle ชัดเจน

ในการฝังรากเทียมบริเวณฟันหลัง อาจพลาดไปถูก lingual nerve ได้ ควรป้องกันโดยใช้ periosteal elevator บาง ๆ สอดเข้าไประหว่างด้าน lingual ของกระดูกขากรรไกรล่าง และ mucoperiosteal ในขณะกรอกระดูก

**Perforation to the maxillary sinus or nasal cavity**

**สาเหตุ**
- วางแผนเลือกขนาดของรากเทียมผิดพลาดไป
- ขาดความระมัดระวังขณะกรอกระดูกเพื่อเตรียมฝังรากเทียม

**การรักษา**
- ให้ถ่ายภาพรังสีทันที
- ถ้ารอยทะลุมีขนาดเล็ก พยายามฝังรากเทียมลงไปได้โดยใช้ขนาดสั้นลงกว่าที่วางแผน และควรใช้รากเทียมชนิดเกลียว (screw type) เพื่อป้องกันการลื่นไถล (slipping) ลงไปในโพรงอากาศหรือช่องจมูก

**Jaw fracture** พบได้น้อยมาก

**สาเหตุ**
- ฝังรากเทียมจำนวนมากเกินไป
- กระดูกของผู้ป่วยบาง ไม่แข็งแรง

**การรักษา**
- Reduction จัดกระดูกที่แตกหักให้เข้าที่
- Stabilization ยึดกระดูกที่แตกหักเข้าด้วยกันโดยการใช้
- Splint
- Osteosynthesis

**Osseous dehiscence**

การแตกร้าวของกระดูก ถ้าเกิดบริเวณขอบของรากเทียมด้านบน ให้ใช้ guided bone regeneration technique โดยใช้แผ่นกั้นเนื้อเยื่อ (membrane) ปิดทับก่อนที่จะเย็บแผลปิด

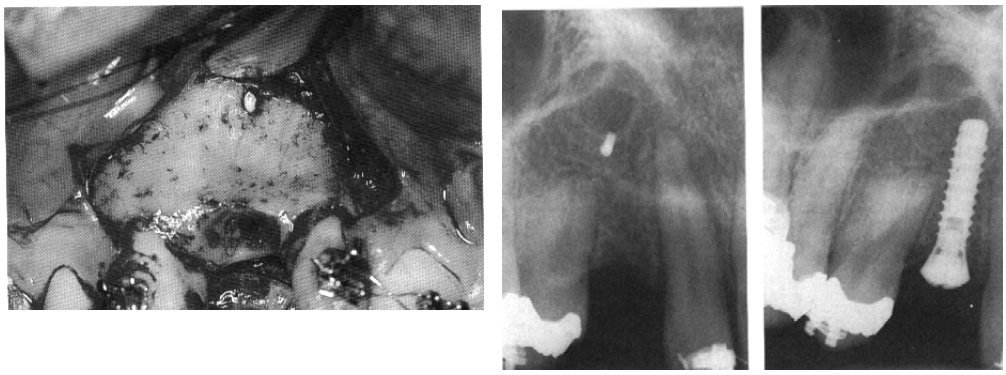
**Osseous perforation**

ถ้ามีการทะลุของกระดูกตำแหน่งต่าง ๆ ควรจัดการดังนี้
- Sublingual fossa perforation ไม่ควรฝังรากเทียมลงไป แต่รอให้แผลหายก่อน
- Maxillary vestibulum perforation ใช้ GBR เทคนิค

- Basal cortical plate perforation ใช้ GBR เทคนิค หรือฝังรากเทียมที่ขนาดสั้นกว่าที่วางแผนไว้

**Damage to adjacent teeth**

การทำอันตรายต่อรากฟันข้างเคียง มักพบบ่อยในการฝังรากเทียมตำแหน่งเดียว ซึ่งช่องว่างที่เหลือค่อนข้างแคบ ควรป้องกันโดยมีการวางแผนที่ดี ขณะผ่าตัดต้องระมัดระวัง ถ้าไม่แน่ใจในทิศทางการกรอกระดูก อาจต้องใช้ gutta percha อันเล็ก ๆ ใส่ลงไปในกระดูกบริเวณปลายราก แล้วถ่ายภาพรังสี เพื่อให้ทราบแนวทางในการกรอกระดูกได้แน่นอนขึ้น (รูปที่ 46)



รูปที่ 46 การฝังรากเทียมตำแหน่งเดียว ต้องระวังการทำอันตรายต่อรากฟันข้างเคียง โดยหาตำแหน่งที่ช่วยเป็นแนวในการกรอกระดูกให้ถูกต้อง โดยใช้ gutta percha และภาพรังสี pa

**การรักษา** ถ้ากรอถูกรากฟันข้างเคียง อาจต้องพิจารณาทำการรักษาโพรงประสาทฟันหรือถ้ากรอถูกเฉพาะปลายราก อาจใช้วิธี root apex amputation ร่วมกับการรักษาโพรงประสาทฟัน

**Insufficient primary stability**

จากหลักการที่ว่าถ้าฝังรากเทียมแล้วไม่มีความแน่นตั้งแต่แรก (primary stability) รากเทียมจะไม่ยึดติดแน่นกับกระดูก ควรพิจารณาเอารากเทียมออกทันที หรือถ้าเป็นไปได้ กระดูกขากรรไกรมีความหนาและสูงเพียงพอ อาจพิจารณาฝังรากเทียมที่ขนาดใหญ่ขึ้น และยาวขึ้นได้ และควรเพิ่มระยะเวลาในการรอให้มี osteointegration นานขึ้น

**ภาวะแทรกซ้อนหลังการผ่าตัด**

หลังการผ่าตัด อาจเกิดภาวะแทรกซ้อน ดังนี้

- Hemorrhage
- Hematoma
- Edema
- Early infection
- Wound margin dehiscence

- Mucosal perforation
- Surgical emphysema
- Implant mobility

**Hemorrhage & hematoma**

- ควรป้องกันไม่ให้มีเลือดออกมากหลังการผ่าตัด โดยจัดการห้ามเลือดหลังการผ่าตัดให้เสร็จสิ้น
- ใช้น้ำแข็งประคบข้างแก้มหลังการผ่าตัดทันที
- ควรให้ยาปฏิชีวนะ เพื่อป้องกันการเกิดการติดเชื้อซ้ำ (secondary infection)

**Edema**

- ควรระลึกไว้เสมอว่า การผ่าตัดที่ทำด้วยความระมัดระวัง นุ่มนวล จะทำให้เกิดอาการบวมน้อย
- เมื่อเกิดอาการบวม อาจทำให้แผลแยก (wound dehiscence) ตามมาได้
- ควรรอให้มี granulation tissue formation และ reepithelization และมีการหายแบบ secondary healing

**Early infection**

- อาการแสดงคือ ปวด บวม มีหนอง
- ควรตัดไหมออกเพื่อให้มีการระบาย ล้างแผลทุกวัน
- ถ้ามีไข้ ควรให้ยาปฏิชีวนะด้วย
- รอให้มีการหายแบบ secondary healing

**Wound margin dehiscence**

**สาเหตุ**
- เกิดจากเย็บแผลตึงเกินไป เลือดไหวเวียนไม่สะดวก ทำให้ขอบแผลตาย และแยกออกจากกันได้

**การรักษา**
- ควรล้างให้สะอาดด้วย $H_2O_2$ และทาด้วย antibiotic paste
- ให้ผู้ป่วยล้างแผลทุกวันด้วยน้ำยา chlorhexidine

**Mucosal perforation**

ถ้ามีส่วนของ mucosal ที่แยกจากกัน เผยให้เห็นรากเทียม ควรเย็บแผ่นเหงือกใหม่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด peri-implant bone loss

**Surgical emphysema**

**สาเหตุ** — ใช้หัว handpiece ที่ขับเคลื่อนด้วยลม (air turbine handpiece)

— เย็บแผลไม่ดีพอ

**อาการ** — มีการบวมทันที คลำดูมีเสียงกรอบแกรบ (crepitus)

**การรักษา** — ใช้การประคบด้วยความเย็นชื้น (cold moist compress)

**Implant mobility**

**สาเหตุ** — มีการติดเชื้อ ทำให้รากเทียมไม่ยึดติดแน่นกับกระดูก

**การรักษา** — เอารากเทียมออก เพื่อป้องกันไม่ให้กระดูกถูกทำลายต่อไป

**ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นภายหลังนาน ๆ (Late complications)**

หลังจากฝังรากเทียมไปนานแล้ว อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนได้ดังนี้

- gingival recession
- peri-implant infection
- loosening of the implant
- implant fracture

**Gingival recession**

เหงือกรอบ ๆ รากเทียมอาจร่นได้จากมีการละลายตัวของกระดูกด้าน buccal มีการดึงของ buccal หรือ labial frenulum หรือมีการแปรงฟันที่ผิดวิธี ต้องพิจารณาแต่ละรายว่าสาเหตุเกิดจากอะไร แล้วแก้ไขตามวิธี plastic surgery

**Peri-implant infection**

การเกิดการติดเชื้อรอบ ๆ รากเทียม เป็นเหตุการณ์ที่เกิดช้า ๆ และอาจเกิดหลังจากฝังรากเทียมไประยะหนึ่ง การนัดผู้ป่วยมาเช็คเป็นระยะ ๆ สม่ำเสมอ จะช่วยให้ตรวจพบการติดเชื้อได้ ตั้งแต่เริ่มแรก ทำให้การรักษาจะได้ผลดีกว่าปล่อยทิ้งไว้จนโรคลุกลาม

peri-implant infection มักมีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรียชนิดไม่พึ่งออกซิเจน (anaerobic pathogens) ควรเลือกยาปฏิชีวนะที่เหมาะสมกับการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว มีผู้แนะนำให้ใช้ amoxycillin 500 mg. tid orally ร่วมกับ metronidazole 250 mg. tid orally เป็นเวลานาน 10 วัน และควรใช้น้ำยาบ้วนปาก chlorhexidine diagluconate 0.12-0.2% วันละ 3 ครั้ง เป็นเวลานาน 10 วัน นอกจากนี้ควรแนะนำให้ผู้ป่วยใช้วิธีฉีดพ่นน้ำยาบ้วนปากลงในร่องลึกรอบรากเทียมด้วย

อาการผู้ป่วยน่าจะดีขึ้นหลังจากได้รับการรักษาไประยะหนึ่ง แต่ถ้ามีการกลับมาติดเชื้ออีก ควรเปิดเข้าไปทำความสะอาด และกำจัดเอาเนื้อเยื่อที่ติดเชื้อออก เพื่อที่จะรักษารากเทียมและฟันปลอมบนรากเทียมไว้

แต่ในกรณีที่ให้การรักษาทั้ง 2 วิธีแล้วไม่สำเร็จ อาจพิจารณาเอารากเทียมออก (explantation)

**Loosening of the implant**

รากเทียมหลวมเกิดจากไม่มีการยึดติดกับกระดูก เกิดขึ้นได้น้อยมาก เพราะปัจจุบันรากเทียมแต่ละระบบมีการพัฒนาพื้นผิวของรากเทียมเป็นแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของรากเทียมในการยึดติดกับกระดูก สาเหตุที่อาจทำให้รากเทียมหลวมทั้ง ๆ ที่ไม่มีการติดเชื้อ อาจเกิดจากมีการสบฟันที่ไม่เหมาะสมได้ ฉะนั้นควรตรวจดูการสบฟันอย่างละเอียด เพื่อความสำเร็จของรากเทียม

**Implant fracture**

รากเทียมส่วนมากจะแข็งแรงและพบการหักของรากเทียมหลังใช้งานแล้วเป็นจำนวนน้อยมาก ในอดีตมีการรายงานถึงการหักของรากเทียมชนิด hollow cylinder และ hollow screw บ้าง แต่ไม่มากนัก เมื่อมีการหักของรากเทียมควรผ่าตัดเอาออก และฝังรากเทียมใหม่ทดแทนหลังจากรอให้กระดูกหายสมบูรณ์แล้ว แต่ถ้าผู้ป่วยไม่ต้องการให้เอาออก อาจทิ้งไว้ได้

**Implant uncovering**

หลังจากกรอให้มีการยึดติดของรากเทียม (osseointegration) อย่างสมบูรณ์แล้ว โดยที่ในขากรรไกรบนจะรอนานอย่างน้อย 6 เดือน และ 3 เดือนในขากรรไกรล่าง เราจะเปิดเข้าไปที่รากเทียมเพื่อเปลี่ยน cover screw ออก นำ healing screw ใส่ทดแทน เพื่อสร้างเหงือกเหนือรากเทียมให้เหมาะสมกับ abutment ที่จะต้องใส่บนรากเทียมต่อไป

วิธีการเปิด implant uncovering มี 4 แบบ

1. ลง incision กึ่งกลางสันเหงือก เปิด mucoperiosteum flap ออกไปทั้งด้าน buccal และ lingual ให้เห็น cover screw ชัดเจน
2. ลง incision ข้าง ๆ สันเหงือก (paracrestal) อาจวางแผนทำ apical repositioning ของ labial flap เพื่อเพิ่ม contour ของ soft tissue ได้
3. ใช้ tissue punch ตัดเหงือกบริเวณเหนือรากเทียมออก เพื่อให้เข้าถึง cover screw ได้โดยตรง
4. ใช้ electrosurgery ซึ่งมีข้อจำกัดในการใช้คือต้องมีสันเหงือกกว้าง มี attached gingiva มากเพียงพอ

ในการทำ implant uncovering อาจพบกระดูกหุ้มอยู่บน cover screw ให้กำจัดออกโดยใช้ hand instrument เช่น curette ไม่ควรใช้การกรอ เพราะจะทำอันตรายต่อรากเทียมได้

**Implant uncovering and repositioned flap**

ในกรณีที่ contour ด้านหน้าของบริเวณที่ฝังรากเทียมไม่นูนเพียงพอ อาจปรับแต่งในคราวเดียวกับการทำ implant uncovering ได้ โดยทำ repositioned flap ลงไป และเพื่อช่วยเพิ่ม keratinized tissue ด้วย

**Implant uncovering and connective transplant**

ใช้วิธี subepithelium connective tissue graft ใต้ต่อ mucoperiosteal flap ที่ถูกยกขึ้นและเลื่อนลงไปด้าน apical ก่อนเย็บ connective tissue graft ติดกับ periosteum รอบ ๆ จากนั้นดึง muco-periosteal flap กลับคืนที่เดิมและเย็บปิด

**Implant uncovering with electrosurgery**

ปกติควรหลีกเลี่ยงวิธีนี้ เพราะจะทำลาย attached gingiva ได้ ถ้าทำไม่ถูกต้อง และหลังจากทำแล้วจะเกิดความเจ็บปวดได้มากกว่าวิธีอื่น และมักพบเหงือกร่นรอบ ๆ รากเทียมประมาณ 1 มม. ตามมาได้

**ความล้มเหลวของการฝังรากเทียม (Implant failure)**

ถ้าเป็นความล้มเหลวจากการผ่าตัดฝังรากเทียมจะพบได้ตั้งแต่ 6 เดือนแรก แต่ถ้าเกิดจากการใส่ฟันบนรากเทียม จะพบหลัง 6 เดือนหรือหลังการใส่ฟันแล้ว

**สิ่งที่จะช่วยให้การฝังรากเทียมได้รับความสำเร็จ**

การฝังรากเทียมจะได้รับความสำเร็จ มี osseointegration ที่ดีและรับแรงบดเคี้ยวได้เร็ว จะเกี่ยวข้องกับพื้นผิวสัมผัสระหว่างรากเทียมกับกระดูก (implant interface) ซึ่งจะรวมถึงการมี primary stability หลังจากฝังรากเทียม, bony implant contact, healing time และ soft tissue reaction ด้วย

**Primary stability**

การยึดแน่นของรากเทียมในกระดูกหลังจากฝังรากเทียมทันที จะช่วยให้มี osseointegration ได้ดี ซึ่งการทำให้มี primary stability นั้น ควรเลือกรากเทียมแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับคุณภาพของกระดูกแต่ละแบบด้วย เช่น ควรเลือกใช้รากเทียมรูป cylinder กับกระดูก D4 ทำให้เกิดการยึดติดโดย “press fit” นอกจากนี้ถ้าพื้นผิวของรากเทียมมีความหยาบ (roughness) จะช่วยให้ยึดติดได้ดีขึ้น ควรใช้รากเทียมรูป screw (threaded) กับกระดูกชนิด D2 และ D3 จะช่วยเพิ่มการยึดติด มี retention ดีขึ้น เพิ่ม primary stability ได้

**Healing period**

ลักษณะพื้นผิวของรากเทียมที่บริเวณ implant body หรือ fixture มีบทบาทอย่างยิ่งต่อระยะเวลาการหายของแผล (healing period)

พื้นผิวที่ขรุขระหรือหยาบ จะช่วยเพิ่มการยึดติด (adhesion) การมี proliferation, การผลิต organic matrix และการพอกพูนสะสมแร่ธาตุ (mineralization) ของ osteoblast ได้ และยังเพิ่มการหลั่ง tissue growth factor ที่จะช่วยให้มีการเจริญของกระดูกได้ดีขึ้นด้วย

**Soft tissue reaction**

ขอบเหงือก (gingiva margin) รอบ ๆ รากเทียมจะเป็นตัวคอยกั้นระหว่างช่องปากกับรากเทียมส่วนที่ฝังอยู่ในกระดูก (fixture)

Gould และคณะ รายงานว่า epithelial cell ที่ยึดติดกับผิวของรากเทียม ส่วนที่เรียบและมันนั้นจะเหมือนกับ epithelial cell ที่ยึดติดกับผิวของรากฟันธรรมชาติ โดยมีชั้น basal lamina และมีการสร้าง hemidesmosome แต่ collagen fiber ที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะเรียงตัวขนานกับผิวของรากเทียมบริเวณ sub-epithelial tissue และทำให้เกิดการ sealing อย่างดีเป็น “biological seal” รอบ ๆ รากเทียม

จำนวนของ epithelial cells ยิ่งมาก ยิ่งส่งเสริมให้มี osseointegration ผิวของรากเทียมที่เรียบมันบริเวณเหนือ implant body จะช่วยให้มี epithelial cell เพิ่มมากขึ้นได้

**Specific interface procession**

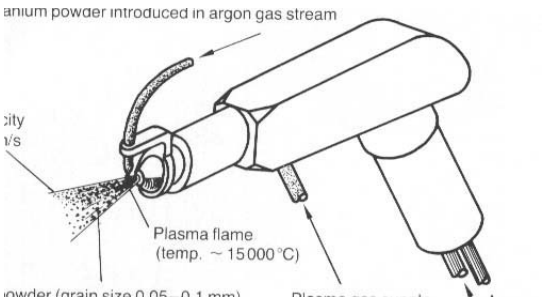
การปรับสภาพพื้นผิวของรากเทียมให้มีความหยาบเป็นการเพิ่มให้มีพื้นผิวสัมผัสมากขึ้น เพราะยิ่งมี bony implant contact (BIC) มากเท่าไร ยิ่งส่งเสริมให้มี osseointegration มากขึ้นเท่านั้น

การปรับสภาพพื้นผิวทำได้หลายวิธีดังนี้

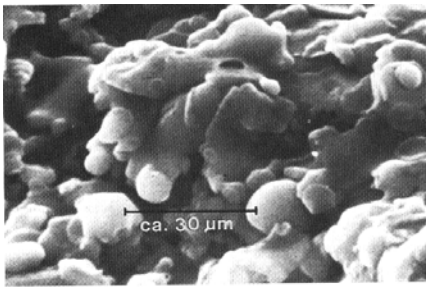
1. ฉาบพื้นผิวด้วยการพอกเพิ่มขึ้น (coating)
2. subtractive procedure โดยใช้การพ่นด้วยทราย (sandblasting) และใช้กรดกัด (etching)

**Plasma coating**

ก่อนทำการฉาบผิวของรากเทียม จะต้องจัดการให้ผิวของรากเทียมหยาบด้วยการพ่นด้วยทราย (sandblasting technique) ก่อน จากนั้นทำ plasma coating โดยใช้ผง titanium ที่บริสุทธิ์ หรือ titanium hydride ใส่ลงไปใน plasma coating gun ปืนที่มี gas argon และ hydrogen สำหรับพ่นไทเทเนียมออกมาเป็น plasma flame ภายใต้อุณหภูมิ 15,000 – 20,000 $^{\circ}$C ความเร็ว 30,000 เมตร/วินาที (รูปที่ 47) plasma spray ของไทเทเนียมที่ถูกพ่นออกมาจะหลอม (melted) เหลว และรวมตัวกันเกาะติดกับผิวของรากเทียม ความเร็วของ plasma flame จะลดลงเหลือ 600 เมตร/วินาที จากนั้น plasma flame จะแข็งตัวติดกับผิวของรากเทียมอย่างแน่นหนา และมีความหนาประมาณ 20-30 μm. (รูปที่ 48)




รูปที่ 47 plasma coating gun พ่นไทเทเนียมออกมาเป็น plasma flame




รูปที่ 48 ภาพถ่ายอิเลคตรอนของพื้นผิวของรากเทียมชนิด plasma spray

แรงดึงที่จะทำให้ plasma spray หลุดออกจากผิวของรากเทียม (pull – off strength) ประมาณ 75-90 นิวตัน/มม.$^2$

การฉาบผิวส่วนใหญ่จะใช้หุ่นยนต์ (robot) และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีที่สุด ได้มาตรฐานเดียวกัน

**Depth structuring**

เป็นวิธีการเพิ่มพื้นผิวของรากเทียมโดยใช้ 4 ขบวนการ คือ sandblasting, etching, neutralisation และ cleaning 2 วิธีการแรกเหมือนวิธีที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นมีการ neutralization และทำให้สะอาด วิธี depth structuring จะทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวขึ้น 3 เท่าจากผิวเรียบ ๆ

การเพิ่มพื้นที่ผิวทั้ง 2 แบบ เมื่อผิวโลหะสัมผัสกับ $O_2$ จะเกิดชั้นของ $TiO_2$ ได้ทั้ง 2 แบบ $TiO_2$ นี้จะช่วยป้องกันไม่ให้รากเทียมเกิดการสึกกร่อน และทำให้เกิด osseointegration ได้ดีขึ้น

**Hydroxyapatite coating**

เป็นการฉาบผิวของรากเทียมด้วย hydroxyapatite ซึ่งเป็นสารประกอบพวก calcium phosphate $[Ca_{10} (PO_4)_6 (OH)_2]$ เพื่อช่วยให้รากเทียมยึดติดกับกระดูกได้ดีขึ้น แต่บางครั้งพบว่าหลังจากฝังรากเทียมไปแล้ว พบ hydroxyapatite หลุดออกมาได้

## เอกสารอ้างอิง


1. Babbush CA. : Surgical Atlas of Dental Implant Technique. W.B. Saunder Company Philadelphia, London. Toronto 1980.
2. Cranin A.N. Oral Implantology Springfield III Charles C. Thomas. Publisher 1970.
3. Driskell TD : History of implants J.Calif Dent Assoc 1987; 15: 16-25.
4. Mckinney R.V. : Endosteal dental implants. Mosby year book, Inc St5.Louis 1991.
5. Misch CE. : Contemporary implant dentistry. Mosby year book : 1993.
6. Schroeder A., Sutter F., Buser D., Krekeler G. : Oral Implantology Thieme Medical Publishers, Inc. New York 1996.
7. Spiekermann H. : Implantology Thieme Medical Publishers, Inc. Stuttgart 1995.