



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุอุปกรณ์

ของรากฟันเทียม ระยะที่ 1 :

การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study)

การศึกษาด้านการตลาด (Marketing research)

การออกแบบเบื้องต้น (Preliminary design)

โดย นายสรรพชัย นามะโน และคณะ

ตุลาคม 2544

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุอุปกรณ์ของรากฟันเทียม ระยะที่ 1 :
การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study), การศึกษาด้านการตลาด
(Marketing research) และการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary design)

คณะผู้วิจัย สังกัด

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 นาย สรพชัย นามะโน | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2 นายศุภบูรณ์ บุณณเวช | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3 นายรุจ จำเดิมเมด็จศึก | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4 นางปิยมล อัสบุสทานี | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5 น.ส.ปรารมภ์ ชาลิมี่ | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6 นายสิทธิชัย ทัดศรี | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 7 น.ส.วัชร จังศิริวัฒนธำรง | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 8 นางศิริวรรณ ลัพพะเลข | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 9 นายณรงค์ ลุมพิกานนท์ | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 10 นายสมชาย เศรษฐศิริสมบัติ | คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 11 นายสถาพร สุปรีชากร | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 12 นายวิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 13 นายชินนทร์ กัลลป์ระวิทย์ | คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 14 นางยุพา อ่อนท้วม | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ จุฬาลงกรณ์ฯ |
| 15 นายสมยศ ภูวกานต์ | Society of Manufacturing Engineer, สหรัฐอเมริกา |
| 16 นาย วิรัตน์ คุณารัตนอังกูร | Alfredo Enterprise co., LTD, ประเทศไทย |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

Executive Summary

โครงการ : การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียม

ระยะที่ 1 : การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study),การศึกษา
ด้านตลาด(Marketing research) และการออกแบบเบื้องต้น
(Preliminary Design)

วันที่.....
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
ชั้น 14 อาคาร เอส เอ็ม ทาวเวอร์
เลขที่ 979/17-21 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10300
โทร. 298-0455 โทรสาร 298-0476
home page : <http://www.trf.or.th>
E-mail : trf-info@trf.or.th

ห้องสมุด



หัวข้อ	หน้า
1. ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ระเบียบวิธีวิจัย	2
3.1 การศึกษาด้านการตลาด และความเป็นไปได้ของโครงการ	2
3.2 เลือกวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบรากเทียม,กำหนดองค์ประกอบ ที่จำเป็นในการออกแบบ และทำการออกแบบเบื้องต้น	4
3.2.1 การเลือกวัสดุ	4
3.2.2 ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากเทียม	4
3.2.3 กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ	4
3.2.4 การออกแบบเบื้องต้น	5
3.3 การศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย	5
3.4 การประเมินราคาต้นทุนการผลิต	5
4. แผนการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการในแต่ละช่วง 3 เดือน	6
5. ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
6. ผลงาน/หัวข้อเรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ	7
7. รายละเอียดค่าใช้จ่ายโครงการ	8

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันการสาธารณสุขของประเทศได้พัฒนาและก้าวหน้าไปอย่างมาก ทั้งในด้านวิชาการ การวิจัย และการบริการ ด้วยนโยบายของรัฐบาลตามแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 มุ่งเน้นการพัฒนาและเพิ่มพูนประสิทธิภาพของบุคลากร ดังนั้นการพัฒนาเพิ่มพูนประสิทธิภาพและศักยภาพ ของบุคลากรสาธารณสุขจึงเป็นนโยบายหลักที่สำคัญ ในการยกระดับมาตรฐานการให้บริการด้านสาธารณสุข อันเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน และสอดคล้องกับแผนพัฒนาในด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย

ทันตกรรมรากเทียม (dental implant) เป็นวัตถุที่ถูกนำไปใส่ในหรือบนกระดูกขากรรไกร เพื่อพยุงสิ่งประดิษฐ์ชนิดติดแน่นหรือถอดได้ (GPT-7)¹ การให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมยุคปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นและพัฒนามาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน เพื่อแทนที่หรือเสริมการให้การบำบัดรักษาแบบประเพณีนิยมอื่น ได้แก่ สะพานฟัน (bridge) ฟันปลอมถอดได้ชนิดบางส่วน (removable partial denture) ฟันปลอมทั้งปาก (complete denture) เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 1951 ทันตกรรมรากเทียมชนิดเชื่อมต่อกระดูก (osseointegration) ได้ถูกค้นพบโดย ศาสตราจารย์ Per-Invar Branemark จากการศึกษาค้นคว้าระยะยาวในช่วงปี ค.ศ. 1965 ถึง 1977 ผลงานของ Branemark ทำให้ สาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างมาก เนื่องจากมีแผนงานการทดลองระยะยาวที่ควบคุมอย่างรัดกุม มีระเบียบการในการบำบัดรักษาที่เข้มงวด ทั้งได้รับการสนับสนุนผลการรักษาที่ประสบความสำเร็จอย่างสูง โดย Adel และผู้ร่วมงาน (1981) ทำให้ระบบทันตกรรมรากเทียมชนิดเชื่อมต่อกระดูกแบบสลักเกลียว (osseointegrated screw) เป็นที่แพร่หลายจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ได้เริ่มมีการคิดค้นศึกษา และพัฒนาทันตกรรมรากเทียมออกมาสู่ท้องตลาดมากกว่า 30 ระบบ ความแตกต่างกันนั้น อาจจะขึ้นอยู่กับวัสดุการออกแบบรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ส่วนตรึงแน่น (fixture) หลักยึด (abutment) ส่วนครอบ (coping) เครื่องยึดเกาะ (attachment) เป็นต้น

การให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมในประเทศไทยมีความจำเป็นต้องนำเข้าชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทันตกรรมรากเทียมต่างๆ จากต่างประเทศเกือบทั้งหมด รวมทั้งต้องการบุคลากรอื่นประกอบด้วย ทันตแพทย์ ผู้ช่วยทันตแพทย์ และช่างทันตกรรมที่มีประสิทธิภาพและความชำนาญในการให้การบำบัดรักษา นอกจากนี้การให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมมีมูลค่าสูง สาเหตุส่วนใหญ่มาจากราคาต้นทุนของชิ้นส่วน และอุปกรณ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมีราคาสูง จึงเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเท่าที่ควร เป็นสาเหตุของการจำกัดขีดความสามารถในการให้การบำบัดรักษาผู้ป่วยทางทันตแพทย์แบบครบวงจร ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัย และพัฒนาทันตกรรมรากเทียมเพื่อการผลิตใช้ในประเทศ จะเป็นความก้าวหน้าครั้งสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมเป็นที่นิยมแพร่หลายในประเทศไทย

นอกจากนี้ยังช่วยยกระดับการให้การบำบัดรักษาทางด้านทันตแพทย์ให้มีมาตรฐานทัดเทียมสากล เอื้อประโยชน์สุขแก่ประชาชน และสอดคล้องนโยบายการสาธารณสุขของประเทศไทย

¹ The Glossary of Prosthodontic Terms. 7 ed, JPD 1999;81(1):41-110

2. จุดประสงค์ของโครงการในระยะที่1

- 2.1 เพื่อทำ marketing research หาแนวโน้มความเป็นไปได้ของการผลิตขึ้นใช้เองในประเทศ
- 2.2 เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของตลาดรากเทียมในประเทศไทย ทั้งในปัจจุบันและอนาคต
- 2.3 เพื่อศึกษาอุปกรณ์ของรากเทียมที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน
- 2.4 เพื่อออกแบบรากเทียมให้มีความเหมาะสมกับกายวิภาคและสรีระของคนไทย
- 2.5 เพื่อศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย
- 2.6 เพื่อประเมินราคาการผลิต prototype ทั้งในระดับ low volume laboratory scale และ high volume marketing scale

3. ระเบียบวิธีวิจัย

แบ่งออกเป็น ขั้นตอนย่อยดังนี้

3.1 การศึกษาด้านการตลาด และ ความเป็นไปได้ของโครงการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 Project Brainstrom

3.1.1.1 ระดมสมองจากทันตแพทย์และตัวแทนจำหน่ายสินค้าทันตกรรม

3.1.1.2 วัตถุประสงค์ของการระดมสมองเพื่อต้องการศึกษา

-SWOT Analysis

-Business Concept

-Marketing Plan etc.

3.1.1.3 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้จากการระดมสมองประกอบด้วย

-ยอดขายที่คาดว่าจะทำได้ (Volume)

-รูปแบบการดำเนินการ และผังองค์กร (Organization chart)

- โครงสร้างผู้ถือหุ้น (Partners)

3.1.2 Discuss with Mr.Somyos

3.1.2.1 ประชุมกับคุณสมยศเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและศึกษา

ภาพรวมของตลาด

3.1.2.2 วัตถุประสงค์ในการประชุมประกอบด้วย

-SWOT ในมุมมองของคุณสมยศ

-ขนาดของการลงทุน (Investment)

-โครงสร้างต้นทุน (Casting)

3.1.2.3 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการประชุมครั้งนี้คือ

-ต้นทุนในการผลิต (cast)

-ระดับกำไรเบื้องต้น (Gross Margin)

3.1.3 Focus Group

3.1.3.1 สัมภาษณ์ลูกค้าเป้าหมาย เช่น กลุ่มทันตแพทย์ที่ใช้ implant มากในปัจจุบัน,กลุ่มทันตแพทย์ต่างจังหวัดที่มีความสนใจจะใช้ implant ในอนาคตอันใกล้, กลุ่มนักศึกษาปริญญาโทที่กำลังจะจบใหม่ ฯลฯ

3.1.3.2 วัตถุประสงค์ในการสัมภาษณ์ครั้งนี้คือ

- Consumer Behavior

- Buying Criteria

- Casting/Pricing

- ข้อดี ข้อเสีย ของ Implant ที่จำหน่ายในประเทศไทย

3.1.3.3 ผลลัพธ์ที่คาดหวังว่าจะได้รับการสัมภาษณ์ครั้งนี้คือ

- ราคาที่สามารถขายได้ (Price)

- ข้อมูลคู่แข่ง(Competitors)

3.1.4 Direct Mail

3.1.4.1 ส่งแบบสอบถามไปให้ทันตแพทย์ที่เป็นลูกค้าเป้าหมาย

3.1.4.2 วัตถุประสงค์ของการส่งแบบสอบถามครั้งนี้ประกอบด้วย

- ประมาณการจำนวนทันตแพทย์ที่คาดว่าจะนำจะใช้ implant ในประเทศไทย

- ประมาณการจำนวน implant ที่ทันตแพทย์จะใช้ต่อเดือนต่อคน

- การตอบรับกับ implant ตัวใหม่ของโครงการ

3.1.4.3 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้จากการทำงาน Direct Mail ครั้งนี้คือ

- ขนาดของตลาด (Market size)

- ส่วนแบ่งตลาดของ implant ตัวใหม่ (Market share)

- Volumes

3.1.5 Project Summary

ผลของการศึกษาจะถูกสรุปเพื่อบอกว่าโครงการมีความเป็นไปได้และเหมาะสมกับการลงทุนมากน้อยเพียงใด

3.2 เลือกวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบรากเทียม, กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ และทำการออกแบบ

3.2.1 การเลือกวัสดุ วิทยาการด้านนี้จะได้มาจากการประชุมร่วมกันกับผู้ร่วมทำ

การวิจัยทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้และประสบการณ์ในการทำงานของคุณสมยศ ภูวกานต์ เพื่อพิจารณาถึงข้อดี ข้อเสียของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อหาบทสรุป

ผลที่จะได้รับ

- วัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากเทียม
- ทราบองค์ประกอบของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากเทียม
- ทราบบริษัทผู้ขายวัสดุ
- ทราบราคาของวัสดุ

3.2.2 ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากเทียม ที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัย ซึ่งจะได้มาจากการประชุมร่วมกันของผู้ร่วมทำการวิจัย

3.2.2.1 รากเทียม (Fixture) $\emptyset$ 3.25 3.75 5 6
ความยาว 8.5 10 11.5 13 15 18

3.2.2.2 Straight standard abutment (with screw) $\emptyset$ ความยาว รูปร่าง

ผลที่จะได้รับ

- รากเทียมและ standard abutment ใหม่ เพื่อนำไปกะประมาณต้นทุนการผลิต

3.2.3 กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ

จากการประชุมผู้ร่วมทำการวิจัยทั้งหมด เพื่อกำหนด wish list ของระบบรากเทียมระบบใหม่ เพื่อให้การออกแบบเป็นไปตาม หรือใกล้เคียงกับมติที่ประชุม หัวข้อขององค์ประกอบที่สำคัญคือ

3.2.3.1 Material

3.2.3.2 Implant design ที่เหมาะสมตามตำแหน่งของช่องปาก

3.2.3.2.1 Fixture design

3.2.3.2.1.1 Thread design

3.2.3.2.1.2 Collar design

3.2.3.2.2 Abutment design

3.2.3.2.2.1 Abutment connection

3.2.3.2.2.1.1 air tight

3.2.3.2.2.1.2 hex or tapered

3.2.3.2.2.1.3 high strength screw joint

ผลที่จะได้รับ

- องค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบรากเทียม และอุปกรณ์ของรากเทียม

3.2.4 ออกแบบเบื้องต้น

โดยเป็นผลงานร่วมกันระหว่าง คุณสมยศ ภูวกานต์ และ ผศ. สถาพร สุปรีชากร โดยจะนำบทสรุปขององค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ ที่ได้จากการประชุมร่วมกัน ของผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน นำมาออกแบบเสนอต่อที่ประชุมของผู้ร่วมทำการวิจัย เพื่อการตัดสินใจหาบทสรุปของการออกแบบ

ผลที่จะได้รับ

- การออกแบบรากเทียมเบื้องต้น เพื่อนำไปกะประมาณต้นทุนการผลิต

3.3. การศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย

เพื่อศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตรากเทียมทั้งระบบในประเทศไทย

ผลที่จะได้รับ

- ทราบว่าเครื่องจักรในประเทศไทยสามารถผลิตรากเทียมได้ หรือไม่
- ทราบว่าต้องซื้ออุปกรณ์เสริมอย่างไร เพื่อจัดตั้งการผลิตรากเทียมในประเทศ
- ทราบราคาของเครื่องจักร และ / หรือ อุปกรณ์เสริมของเครื่องจักรที่ต้องสั่งซื้อ

3.4. การประเมินราคาต้นทุนการผลิต

ประเมินราคาต้นทุนการผลิตทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อเปรียบเทียบ

- ราคาต้นทุนการผลิตในประเทศ จะศึกษาจากการจ้างหน่วยงานซึ่งอาจเป็นภาค รัฐ หรือเอกชน ซึ่งได้ทำการศึกษาล่วงจากข้อ 3.3
- ราคาต้นทุนการผลิตต่างประเทศ จะได้จากความรู้และประสบการณ์ของคุณสมยศ ภูวกานต์

ผลที่จะได้รับ

- ทราบข้อแตกต่างของราคาต้นทุนการผลิต ทั้งจากต่างประเทศและในประเทศ
- นำมาพิจารณาว่า สมควรลงทุนจัดตั้งเครื่องจักรเพื่อผลิตใช้เองในประเทศหรือไม่

4. แผนการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการในแต่ละช่วง 3 เดือน

ตารางการปฏิบัติงาน

ลำดับ	รายการ	เดือนที่					
		1	2	3	4	5	6
1	การวิจัยด้านการตลาด						
2	เลือกวัสดุและกำหนดองค์ประกอบ						
3	ศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย						
4	ศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำ low volume production ทั้งที่เมืองไทยและต่างประเทศ						
5	ศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำ high volume production ทั้งที่เมืองไทยและต่างประเทศ						
6	การออกแบบเบื้องต้น						
7	รายงานผลการวิจัย						

4.1 การติดตามผลงาน

4.1.1 เมื่อสิ้นเดือนที่ 3 (ครึ่งเวลาของโครงการ)

งานในโครงการที่แล้วเสร็จ

4.1.1.1 เลือกวัสดุและองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ fixture

4.1.1.2 การศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย

งานในโครงการที่กำลังดำเนินการ

4.1.1.3 การวิจัยด้านการตลาด

4.1.1.4 การศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำ low volume production ทั้งที่ประเทศไทยและต่างประเทศ

4.1.1.5 การศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำ high volume production ทั้งที่ประเทศไทยและต่างประเทศ

4.1.1.6 การออกแบบ fixture

4.1.1.7 การเขียนรายงานผลการวิจัย

4.1.2 เมื่อสิ้นเดือนที่ 6 (ครบเวลาของโครงการ)

งานในโครงการที่แล้วเสร็จ

4.1.2.1 รายงานผลการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย

-ผลการวิจัยด้านการตลาด

-ผลการวิจัยเลือกวัสดุและกำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ

-ผลการวิจัยการศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย

- ผลการวิจัยการศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำ low volume production ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ
- ผลการวิจัยการศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำ high volume production ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ
- ผลการวิจัยการทำ preliminary design ของระบบรากเทียม

5. ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 5.1 ความเป็นไปได้ของโครงการ และความคุ้มค่าของการลงทุนการผลิตรากเทียมขึ้นใช้เองภายในประเทศ
- 5.2 การพยากรณ์แนวโน้มของตลาดรากเทียมในประเทศไทย
- 5.3 ความรู้ความเข้าใจในการเลือกวัสดุที่นำมาใช้ทำรากเทียมและองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ
- 5.4 การออกแบบเบื้องต้นของรากเทียมและ standard abutment
- 5.5 ทราบขีดความสามารถของเครื่องจักรที่มีส่วนในการผลิตรากเทียมที่มีในประเทศไทย
- 5.6 ราคาต้นทุนการผลิตทั้งในระดับ low volume laboratory scale และ high volume marketing scale ทั้งการผลิตจากต่างประเทศและในประเทศ

6. ผลงาน /หัวข้อเรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

โครงการในระยะที่ 1 นี้จะยังไม่มีผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ต่อเมื่อเริ่มโครงการระยะที่ 2 เป็นต้นไป จะมีผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการอย่างต่อเนื่องและในอนาคตถ้ามีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ จะมีผลงานตีพิมพ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อขยายผลในการส่งออกของรากเทียมที่ทำการวิจัยผลิตได้ต่อไป

รายละเอียดค่าใช้จ่ายโครงการ

B

สัญญาเลขที่...../.....25.....

รายการค่าใช้จ่าย	ต่อเดือน	โครงการระยะที่ 1		รวม 6 เดือน	%
		งวดที่ 1	งวดที่ 2		
1. หมวดค่าตอบแทน					
นายสรรพชัย นามะโน	10,000.-	30,000.-	30,000.-	60,000.-	60%
นายวิรัตน์ คุณารัตนอังกูร	10,000.-	30,000.-	30,000.-	60,000.-	
นายสมยศ ภูวกันต์	10,000.-	30,000.-	30,000.-	60,000.-	
รวมหมวดค่าตอบแทน		90,000.-	90,000.-	180,000.-	
2. หมวดค่าจ้าง					
ผู้ช่วยวิจัย	6,000.-	18,000.-	18,000.-	36,000.-	16%
น.ส.กิตติพร พินิจการ (เลขา)	2,000.-	6,000.-	6,000.-	12,000.-	
รวมหมวดค่าจ้าง		24,000.-	24,000.-	48,000.-	
3. หมวดค่าวัสดุ					
ค่าวัสดุสำนักงาน	1,000.-	3,000.-	3,000.-	6,000.-	2%
รวมหมวดค่าวัสดุ		3,000.-	3,000.-	6,000.-	
4. หมวดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ					
ค่าตอบแทนผู้พิมพ์รายงาน			3,000.-	3,000.-	5.3%
ค่าโทรศัพท์ระหว่างประเทศ		5,000.-	5,000.-	10,000.-	
ค่าไปรษณีย์โทรเลขและอื่น ๆ		1,500.-	1,500.-	3,000.-	
รวมหมวดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ		6,500.-	9,500.-	16,000.-	
1. หมวดค่าเดินทางไปต่างประเทศ					
ค่าเดินทางไปกลับกรุงเทพฯ-สหรัฐอเมริกา 1 เที่ยว (คุณสมยศ)		50,000.-		50,000.-	16.6%
รวม หมวดค่าเดินทางไปต่างประเทศ		50,000.-		50,000.-	
รวมงบประมาณโครงการระยะที่ 1		173,500.-	126,500.-	300,000.-	100%

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการศึกษาด้านการตลาด เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ของการผลิตรากเทียมขึ้นใช้เองในประเทศ ศึกษาถึงแนวโน้มของตลาดรากเทียมในประเทศไทยทั้งในปัจจุบันและอนาคต ศึกษาอุปกรณของรากเทียมที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ออกแบบเบื้องต้นของรากเทียมให้มีความเหมาะสมกับกายวิภาคและสรีระของคนไทย ศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย และประเมินราคาการผลิตต้นแบบ ทั้งในระดับ ปริมาณการผลิตขั้นต่ำเพื่อการทดลองในห้องปฏิบัติการ และ ปริมาณการผลิตเพื่อขายในตลาด

วัสดุและวิธีการ

ใช้การระดมสมองจากทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการให้การบำบัดรักษาทางทันตกรรมรากเทียมในประเทศ และผู้เชี่ยวชาญในการผลิตรากเทียมจากประเทศสหรัฐอเมริกา การสัมภาษณ์กลุ่มทันตแพทย์ที่ใช้รากเทียมมากในตลาดปัจจุบัน เยี่ยมชมโรงงานในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการผลิตรากเทียม ทำการออกแบบเบื้องต้นเพื่อให้ทางโรงงานประเมินราคาค้นทุนการผลิต

ผล

แนวโน้มของตลาดรากเทียมในประเทศไทยมีโอกาที่จะเติบโตได้อีก การที่จะผลิตรากเทียมขึ้นใช้เองในประเทศในอนาคตมีความเป็นไปได้สูง ได้การออกแบบเบื้องต้นของรากเทียม และหลักยึดเพื่อให้โรงงานในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการผลิตทำการผลิตและประเมินราคาค้นทุนการผลิต ส่วนราคาค้นทุนการผลิตในต่างประเทศทราบได้จากผู้เชี่ยวชาญจากประเทศสหรัฐอเมริกา ทราบว่ามีโรงงานใดบ้างในประเทศไทยที่มีเครื่องจักรที่สามารถผลิตรากเทียมได้ ผลิตถึงขั้นตอนใด และยังขาดเครื่องจักรในขั้นตอนใด

สรุป

การผลิตรากเทียมต้นแบบในขั้นตอนนี้ต่อไปของโครงการ ในระยะแรกควรส่งไปผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ก่อน ไม่ควรลงทุนตั้งโรงงานผลิตในประเทศในขณะนี้ เมื่อได้รากเทียมต้นแบบมาแล้วจึงนำมาทดสอบในประเทศไทย ทั้งในระดับเซลล์ สัตว์ทดลอง และในคนต่อไป

ABSTRACT

The purpose of this study is to conduct a marketing survey on implant treatment and the feasibility of implant production in Thailand. Investigation of current trend in implant design and manufacturing capability available in Thailand were the focus of this study. Implant prototype suitable for Thai population from the anatomical and physiological point of view was designed. Studies of determined factors evaluating the manufacturing capability in Thailand was carried out. The cost of the low volume prototype production for experimental and clinical use was estimated.

MATERIALS AND METHODS

The survey was divided into two parts. First, brainstorming of clinical and production experts for consensus of required quality of the new implant system. Second, selected groups of implant clinicians were interviewed on consumer behavior and criteria for selecting an implant system. Existing manufacturing factories were selected to determine implant production capability and cost effect.

RESULT

There is a growing opportunity in implant treatment in Thailand. It is concluded that Thailand has a manufacturing capability to produce implant and support system. A prototype implant fixture was manufactured successfully. Commercial production of this implant system will have the possibility to commence in Thailand in the near future. Initial investment in machinery is not considered at this time. Evaluation of the existing machining capability and limitation in this country required USA manufacturing expert partnership, to proceed following USA production protocol.

CONCLUSION

Next phase production would take place in the USA. A protocol has been prepared for the prototype implant to be tested *in vitro*, *in vivo* and in human clinical trial.

เนื้อหางานวิจัย

โครงการ : การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียม

ระยะที่ 1 : การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study), การศึกษาด้านการตลาด (Marketing research) และการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary design)

ดรรชนี	หน้า
1 การศึกษาด้านการตลาดและความเป็นไปได้ของโครงการ.....	1
1.1 ผลจากแบบสอบถาม.....	1
1.1.1 ข้อมูลส่วนบุคคล.....	1
1.1.2 ข้อมูลสำหรับเลือกตอบตามความเห็น.....	2
1.2 การประมวลผลจากการระดมสมองการสัมภาษณ์ focus group และ การส่งแบบสอบถาม.....	9
1.2.1 Product alternatives.....	9
1.2.2 การศึกษาแนวโน้มของรากฟันเทียมในตลาดเมืองไทย.....	10
1.2.3 ขนาดของตลาดรากฟันเทียมในประเทศไทยในปี 2000.....	12
1.2.4 Implant target customers.....	13
1.2.5 Pricing and Costing structure.....	14
1.2.6 Pricing strategy.....	16
1.2.7 Sales forecast.....	16
2 เลือกวัสดุและชิ้นหล่ออุปกรณ์ระบบรากเทียม กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็น ในการออกแบบและทำการออกแบบเบื้องต้น.....	18
2.1 การเลือกวัสดุ.....	18
2.1.1 วัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากฟันเทียม.....	19
2.1.2 องค์ประกอบของวัสดุที่นำมาใช้ทำรากฟันเทียม.....	20
2.1.3 บริษัทผู้ขายวัสดุ.....	20
2.1.4 ราคาของวัสดุ.....	21
2.2 ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากฟันเทียม.....	21
2.2.1 ข้อดีและข้อเสียของรากฟันเทียมที่ใช้ในตลาดปัจจุบัน.....	21
2.2.2 ขนาดของรากฟันเทียมที่มีความเหมาะสมกับกายวิภาค และสรีรวิทยาของคนไทย.....	31

2.3	กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ.....	33
2.3.1	Material.....	33
2.3.2	Implant design.....	33
2.3.2.1	Fixture design.....	33
2.3.2.2	Abutment design.....	35
2.4	การออกแบบเบื้องต้น.....	36
3	การศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในประเทศไทย.....	37
3.1	ภาครัฐ.....	37
3.1.1	ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบการผลิตขั้นสูง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ.....	37
3.1.1.1	ผู้รับผิดชอบ.....	37
3.1.1.2	สถานที่ตั้ง.....	37
3.1.1.3	ขีดความสามารถของเครื่องจักรกล.....	37
3.1.2	ห้องปฏิบัติการ Computer Integrated Manufacturing (CIM) ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย หรือ AIT.....	38
3.1.2.1	ผู้รับผิดชอบ.....	38
3.1.2.2	สถานที่ตั้ง.....	38
3.1.2.3	ขีดความสามารถของเครื่องจักรกล.....	38
3.1.3	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.....	40
3.1.3.1	ผู้รับผิดชอบ.....	40
3.1.3.2	สถานที่ตั้ง.....	40
3.1.3.3	ขีดความสามารถของเครื่องจักรกล.....	40
3.1.3.3.1	แผนกปฏิบัติการโพลีเมอร์.....	40
3.1.3.3.2	แผนกปฏิบัติการเครื่องจักร CNC และงานโลหะวัสดุ.....	41
3.1.3.3.3	แผนกปฏิบัติการ CAD/CAM/CAE.....	43
3.1.3.3.4	แผนกปฏิบัติการวัดละเอียดและ ควบคุมคุณภาพ.....	45
3.1.3.3.5	แผนกปฏิบัติการหุ่น.....	47
3.1.3.4	ความสามารถในการผลิตรากฟันเทียม.....	49

3.2	ภาคเอกชน.....	49
3.2.1	บริษัท A.L.K. precision work Co., LTD.....	49
3.2.1.1	ผู้รับผิดชอบ.....	49
3.2.1.2	สถานที่ตั้ง.....	49
3.2.1.3	ประเภทอุตสาหกรรม.....	49
3.2.1.4	ผลของการเดินทางไปสำรวจดูเครื่องจักรในโรงงาน.....	49
3.2.1.4.1	เครื่องกลที่สามารถทำงานขนาดเล็กที่มี ความละเอียดสูง.....	50
3.2.1.4.2	เครื่อง Profile Projector.....	50
3.2.1.4.3	เครื่อง Surface Texture.....	50
3.2.1.4.4	อุปกรณ์ที่สามารถทำ special tool.....	50
3.2.1.5	ความสามารถในการผลิตรากฟันเทียม.....	50
3.2.1.6	ค่าใช้จ่ายในการทำงาน.....	51
3.2.1.6.1	Low Volume Production.....	51
3.2.1.6.2	High Volume Production.....	51
3.2.1.7	ความสะดวกในการติดต่อประสานงานระหว่างผู้ทำวิจัย และแหล่งผลิต.....	51
3.2.1.7.1	ชื่อผู้ประสานงานติดต่อ.....	51
3.2.1.7.2	เวลาที่สะดวกในการติดต่อ.....	51
3.2.1.7.3	ความสะดวกที่ได้รับ.....	51
3.2.2	บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด รัตนพัฒน์อุตสาหกรรม.....	51
3.2.2.1	ผู้รับผิดชอบ.....	51
3.2.2.2	สถานที่ตั้ง.....	51
3.2.2.3	ประเภทของอุตสาหกรรม.....	51
3.2.2.4	ผลการเดินทางไปสำรวจดูเครื่องจักรในโรงงาน.....	52
3.2.2.5	ความสามารถในการผลิตรากฟันเทียม.....	52
3.2.2.6	ค่าใช้จ่ายในการทำงาน.....	52
3.2.2.6.1	Low Volume Production.....	52
3.2.2.6.2	High Volume Production + Ti rods.....	52
3.2.2.7	ความสะดวกในการติดต่อ.....	52
3.2.2.7.1	ชื่อผู้ประสานงานติดต่อ.....	52
3.2.2.7.2	เวลาสะดวกในการติดต่อ.....	53

	3.2.2.7.3 ความสะดวกที่ได้รับ.....	53
3.3	สรุปผลจากการศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรกลในประเทศไทย	53
	3.3.1 เครื่องจักรกลในประเทศไทยสามารถผลิตรากฟันเทียมได้หรือไม่.....	53
	3.3.2 ต้องใช้อุปกรณ์เสริมอย่างไร เพื่อจัดตั้งการผลิตรากฟันเทียม.....	53
	3.3.3 ทราบราคาเครื่องจักรและหรืออุปกรณ์เสริมของเครื่องจักร ที่ต้องสั่งซื้อ.....	53
4	การประเมินราคาต้นทุนการผลิต.....	54
5	วิจารณ์.....	55
6	สรุป.....	59
7	เอกสารอ้างอิง.....	60

เนื้อหางานวิจัย

โครงการ: การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียม ระยะที่ 1: การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study), การศึกษา ด้านการตลาด (Marketing research) และการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary design)

เนื้อหางานวิจัย แบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. การศึกษาด้านการตลาด และ ความเป็นไปได้ของโครงการ

จากแบบสอบถามที่ส่งไปยังสมาชิกสมาคมทันตกรรมประดิษฐ์ไทย และกลุ่มทันตแพทย์ที่มีความสนใจในงานทันตกรรมประดิษฐ์ อันได้แก่ทันตแพทย์ที่ลงทะเบียนในการอบรมการศึกษาต่อเนื่องในงานสาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมในปัจจุบัน และบางท่านก็ยังไม่ได้ให้การบำบัดรักษาผู้ป่วยด้วยรากฟันเทียมในปัจจุบัน แต่อาจให้การบำบัดรักษาในอนาคตและซึ่งเป็นผู้ที่สนใจในงานทันตกรรมประดิษฐ์โดยตรงอยู่แล้ว ผลเป็นดังนี้

1.1 ผลจากแบบสอบถาม

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1.1.1 เพศ จากแบบสอบถามที่ตอบกลับมา ผู้ตอบแบบเป็น

1.1.1.1 ชาย 42.2 % (103 ท่าน)

1.1.1.2 หญิง 57.8 % (141 ท่าน)

1.1.2 อายุ ส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบจะอยู่ในช่วงอายุ

1.1.2.1 20-30 ปี (16%, 39 ท่าน)

1.1.2.2 31-40 ปี (24.5 %, 60 ท่าน)

1.1.2.3 41-50 ปี (43.9%, 107ท่าน)

1.1.2.4 อายุมากกว่า 51 ปีขึ้นไป (15.6 %, 38 ท่าน)

1.1.3 การศึกษาปริญญาตรี จบจาก

1.1.3.1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (36.9%, 90 ท่าน)

1.1.3.2 มหิดล (28.3 %, 69 ท่าน)

1.1.3.3 เชียงใหม่ (11.1 %, 27 ท่าน)

1.1.3.4 ขอนแก่น (11.1 %, 27 ท่าน)

1.1.3.5 สงขลา (11.1%, 27 ท่าน)

1.1.3.6 อื่น ๆ (1.5 %, 4 ท่าน)

- 1.1.4 ได้รับวุฒิสูงสุด ระดับ
- 1.1.4.1 ประกาศนียบัตรบัณฑิต (11.1 % , 27 ท่าน)
 - 1.1.4.2ปริญญาโท (12.3 % , 30 ท่าน)
 - 1.1.4.3 ปริญญาเอก (1.3 % , 3 ท่าน)
 - 1.1.4.4 ไม่ตอบ (75.3 % , 184 ท่าน)
- 1.1.5 ประสบการณ์ในการทำงาน (ด้านทันตกรรมประดิษฐ์)
- 1.1.5.1 1-5 ปี (11.1 % , 27 ท่าน)
 - 1.1.5.2 6-10 ปี (33.2 % , 81 ท่าน)
 - 1.1.5.3 11-15 ปี (40.6 % , 99 ท่าน)
 - 1.1.5.4 16 ปีขึ้นไป (15.1 % , 37 ท่าน)
- 1.1.6 ลักษณะการทำงานของผู้ตอบแบบสอบถาม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- 1.1.6.1 เปิดคลินิกของตนเอง (58.2 % , 142 ท่าน)
 - 1.1.6.2 ร่วมหุ้นเปิดคลินิกร่วมกับผู้อื่น (25 % , 61 ท่าน)
 - 1.1.6.3 ทำงานในโรงพยาบาลหรือคลินิกเอกชน (32 % , 78 ท่าน)
 - 1.1.6.4 รับราชการ (36.9 % , 90 ท่าน)
- 1.1.7 ผู้ตอบแบบสอบถามใช้เวลาทำงานอยู่ในคลินิกโดยเฉลี่ยสัปดาห์ละกี่ชม
- 1.1.7.1 39.8 ชม./ สัปดาห์
- 1.1.8 ผู้ตอบแบบสอบถามใช้เวลาทำงานด้านทันตกรรมประดิษฐ์โดยเฉลี่ยสัปดาห์ละกี่ชม.
- 1.1.8.1 9.2 ชม./ สัปดาห์
- 1.1.9 รายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือนจากการประกอบอาชีพทันตแพทย์
- 1.1.9.1 10,000-50,000 (11.1%,27 ท่าน)
 - 1.1.9.2 50,000-100,000 (61 % ,149 ท่าน)
 - 1.1.9.3 มากกว่า 100,000 ขึ้นไป (27.9% , 68 ท่าน)
- 1.1.10 เมื่อใส่ฟันให้ผู้ป่วยท่านคิดว่าท่านมีความถนัดทางด้านใดมากที่สุด
- 1.1.10.1 Crown & Bridge 57% , 139 ท่าน
 - 1.1.10.2 Acrylic partial denture (TP) 11.1% , 27 ท่าน
 - 1.1.10.3 Vitallium partial denture (RPD) 27.9% , 68 ท่าน
 - 1.1.10.4 อื่น ๆ 4 % , 10 ท่าน

ส่วนที่ 2 สำหรับเลือกตอบตามความคิดเห็น

- 1.1.11 ผู้ตอบแบบสอบถามเคยทำงานด้าน Implant มาก่อนหรือไม่ ถ้าเคยทำมาแล้วกี่ปี
- 1.1.11.1 เคย 1-5 ปี (23.8% , 58 ท่าน)
 - 1.1.11.2 มากกว่า 5 ปี (6.2 % , 15 ท่าน)
 - 1.1.11.3 ไม่เคย (70 % , 171 ท่าน)

- 1.1.12 ปัจจุบันผู้ตอบแบบสอบถามทำงานที่
- 1.1.12.1 กรุงเทพฯ และปริมณฑล 70 %, 171 ท่าน
 - 1.1.12.2 ต่างจังหวัด 30% , 73 ท่าน
- 1.1.13 ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นทันตแพทย์
- 1.1.13.1 ทันตแพทย์ G.P (59.4%, 145 ท่าน)
 - 1.1.13.2 ทันตกรรมประดิษฐ์ (35.6%, 87 ท่าน)
 - 1.1.13.3 Specialist สาขา ศัลยกรรมช่องปาก (1.3%, 3 ท่าน)
 - 1.1.13.4 ปริทันตวิทยา (1.3%, 3 ท่าน)
 - 1.1.13.5 ทันตกรรมบูรณะ (0.8%, 2 ท่าน)
 - 1.1.13.6 ทันตกรรมจัดฟัน (0.8%, 2 ท่าน)
 - 1.1.13.7 Oral med (0.8%, 2 ท่าน)
- 1.1.14 ปกติผู้ตอบแบบสอบถามใส่ฟันประเภทติดแน่นเดือยจะ
- 1.1.14.1 1-5 ยูนิต (38.1 %, 93 ท่าน)
 - 1.1.14.2 6-10 ยูนิต (18 %, 44 ท่าน)
 - 1.1.14.3 11-15 ยูนิต (15.1 %, 37 ท่าน)
 - 1.1.14.4 15-20 ยูนิต (9 %, 22 ท่าน)
 - 1.1.14.5 20-30 ยูนิต (8.7%, 21 ท่าน)
 - 1.1.14.6 มากกว่า 30 ยูนิต (11.1%, 27 ท่าน)
- 1.1.15 ปัจจุบันผู้ทำงาน Implant โดยเฉลี่ยเดือยจะ
- 1.1.15.1 น้อยกว่า 2 ยูนิต (34 %, 83 ท่าน)
 - 1.1.15.2 3-5 ยูนิต (3.7 %, 9 ท่าน)
 - 1.1.15.3 6-10 ยูนิต (2 %, 5 ท่าน)
 - 1.1.15.4 มากกว่า 10 ยูนิต (0.8 %, 2 ท่าน)
 - 1.1.15.5 ไม่ตอบ (59.5%,145 ท่าน)
- 1.1.16 โดยเฉลี่ยผู้ตอบแบบสอบถามคิดเงินคนไข้สำหรับงาน Implant ยูนิตละเท่าใด
- 1.1.16.1 มากกว่า 60,000 บาท (9 %, 22 ท่าน)
 - 1.1.16.2 50,000-60,000 บาท (13.1 %, 32 ท่าน)
 - 1.1.16.3 40,000-50,000 บาท (11.1%, 27 ท่าน)
 - 1.1.16.4 น้อยกว่า 40,000 บาท (9.8 %, 24 ท่าน)
 - 1.1.16.5 ไม่ตอบ (57 %, 139 ท่าน)

- 1.1.17 จากการตรวจพิจารณาวางแผนการรักษาผู้ป่วยที่ต้องการใส่ฟันปลอม ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีผู้ป่วยประมาณกี่รายต่อเดือนที่สมควรทำรากเทียม โดยไม่มีปัจจัยราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง
- | | | |
|----------|--------------|-------------------|
| 1.1.17.1 | 0-5 | (16 %, 39 ท่าน) |
| 1.1.17.2 | 6-10 | (36.9 %, 90 ท่าน) |
| 1.1.17.3 | 11-15 | (29.1 %, 71 ท่าน) |
| 1.1.17.4 | 16 รายขึ้นไป | (9 %, 22 ท่าน) |
- 1.1.18 ปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกระบบรากเทียม เรียงลำดับความสำคัญ
- | | | |
|----------|---------------------------|------------------|
| 1.1.18.1 | ราคา | (23.8%, 58 ท่าน) |
| 1.1.18.2 | คุณภาพ | (23.8%, 58 ท่าน) |
| 1.1.18.3 | การบริการของตัวแทนจำหน่าย | (16.8%, 41 ท่าน) |
| 1.1.18.4 | ข้อมูลจากทันตแพทย์อื่น ๆ | (13.4%, 33 ท่าน) |
| 1.1.18.5 | ข้อมูลจากวารสารทันตแพทย์ | (11.1%, 27 ท่าน) |
| 1.1.18.6 | ข้อมูลจากบริษัทผู้นำเข้า | (11.1%, 27 ท่าน) |
- 1.1.19 ในการทำงานด้าน Implant ของผู้ตอบแบบสอบถาม ๆ ได้รับการอบรม Training จาก
- | | | |
|----------|----------------|------------------|
| 1.1.19.1 | สถาบันการศึกษา | (20.1%, 49 ท่าน) |
| 1.1.19.2 | ศึกษาด้วยตนเอง | (52 %, 127 ท่าน) |
| 1.1.19.3 | เรียนกับบริษัท | (23.8%, 58 ท่าน) |
| 1.1.19.4 | ชมรมรากเทียม | (4.1 %, 10 ท่าน) |
- 1.1.20 ในปัจจุบัน ท่านทำงานด้าน Implant คิดเป็นกี่ % ของงานฟันปลอมติดแน่น
- | | | |
|----------|-------------|-------------------|
| 1.1.20.1 | ไม่ได้ทำเลย | (46.3%, 113 ท่าน) |
| 1.1.20.2 | น้อยกว่า 5% | (20.1%, 49 ท่าน) |
| 1.1.20.3 | 5-10% | (6.5%, 16 ท่าน) |
| 1.1.20.4 | มากกว่า 10% | (0.9%, 2 ท่าน) |
| 1.1.20.5 | ไม่ตอบ | (26.2%, 64 ท่าน) |
- 1.1.21 ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าแนวโน้มการทำงาน Implant ให้กับคนไข้ของผู้ตอบแบบสอบถามที่ราคาปัจจุบันมีแนวโน้มอย่างไร
- | | | |
|----------|----------------------|-------------------|
| 1.1.21.1 | แนวโน้มเพิ่มมาก | (8.7%, 21 ท่าน) |
| 1.1.21.2 | แนวโน้มเพิ่มเล็กน้อย | (13.4%, 33 ท่าน) |
| 1.1.21.3 | แนวโน้มคงที่ | (16%, 39 ท่าน) |
| 1.1.21.4 | แนวโน้มลดลง | (15.2%, 37 ท่าน) |
| 1.1.21.5 | ไม่ตอบ | (46.7%, 114 ท่าน) |

- 1.1.22 ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจกับ Implant ระบบที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้อยู่ในปัจจุบันหรือไม่
- | | | |
|----------|---------|----------------|
| 1.1.22.1 | พอใจ | 17.6%, 43 ท่าน |
| 1.1.22.2 | ไม่พอใจ | 23.8%, 58 ท่าน |
| 1.1.22.3 | ไม่ตอบ | 58.6% ,143ท่าน |
- 1.1.23 ถ้าผู้ตอบแบบสอบถามไม่พอใจกับ Implant ในระบบเดิมที่ใช้อยู่ ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการให้ปรับปรุงในด้านใด
- | | | |
|----------|-------------------------------|-------------------|
| 1.1.23.1 | ราคา | (43%, 105 ท่าน) |
| 1.1.23.2 | บริการ | (7%, 17 ท่าน) |
| 1.1.23.3 | ส่วนของศัลยกรรม | (20.1%, 49 ท่าน) |
| 1.1.23.4 | ส่วนของ Prosthetic | (16 %, 39 ท่าน) |
| 1.1.23.5 | ความยุ่งยากของขั้นตอนการทำงาน | (12.7%, 31 ท่าน) |
| 1.1.23.6 | ความยุ่งยากในการ Maintenance | (1.2 %, 3 ท่าน) |
- 1.1.24 ถ้ามี Implant ที่ออกแบบโดยทันตแพทย์ไทยไปผลิตในอเมริกาด้วยโรงงานเดียวกับที่ผลิตให้ Implant ยี่ห้ออื่นในท้องตลาดนำมาขายในราคาถูกกว่าที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้ในปัจจุบันประมาณ 30-40 % ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจที่จะใช้หรือไม่
- | | | |
|----------|-------------|-------------------|
| 1.1.24.1 | สนใจมาก | (32%, 78 ท่าน) |
| 1.1.24.2 | สนใจพอสมควร | (21.8%, 53 ท่าน) |
| 1.1.24.3 | ไม่ค่อยสนใจ | (6.6%, 16 ท่าน) |
| 1.1.24.4 | ไม่สนใจเลย | (3.2%, 8 ท่าน) |
| 1.1.24.5 | ไม่ตอบ | (36.4%, 88 ท่าน) |
- 1.1.25 ปัจจัยสำคัญที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกระบบ Implant ที่ผลิตในประเทศไทยเรียงตามลำดับความสำคัญ
- | | | |
|----------|---|-------------------|
| 1.1.25.1 | คุณภาพ | (29.4%, 72 ท่าน) |
| 1.1.25.2 | ราคา | (27.9%, 68 ท่าน) |
| 1.1.25.3 | ผู้ผลิต,บริษัท | (27.1%, 66 ท่าน) |
| 1.1.25.4 | ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับโดยสากล | (9% , 22 ท่าน) |
| 1.1.25.5 | การรับรองคุณภาพโดยสถาบันต่างประเทศ | (6.6% , 16 ท่าน) |

- 1.1.26 ถ้าผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าไม่ต้องการเลือกใช้ระบบ Implant ที่จะผลิตโดยคนไทย ด้วยเหตุผลเรียงตามลำดับความสำคัญ
- | | | |
|----------|---|-------------------|
| 1.1.26.1 | คุณภาพ | (39.2 %, 96 ท่าน) |
| 1.1.26.2 | ราคา | (27.1%, 66 ท่าน) |
| 1.1.26.3 | ผู้ผลิต,บริษัท | (16%, 39 ท่าน) |
| 1.1.26.4 | ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับโดยสากล | (11.1%, 27 ท่าน) |
| 1.1.26.5 | การรับรองคุณภาพโดยสถาบันต่างประเทศ | (6.6%,16 ท่าน) |
- 1.1.27 ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่า Implant ที่ผลิตโดยคนไทยควรมีราคาอยู่ที่ระดับใดที่ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามพอใจที่จะเสนอแนะให้ผู้ป่วยทำการรักษา(ต่อหน่วย)
- | | | |
|----------|----------------|------------------------|
| 1.1.27.1 | ต่ำกว่า 30,000 | (56.6% หรือ 138 ท่าน) |
| 1.1.27.2 | 30,000-70,000 | (41% หรือ 100 ท่าน) |
| 1.1.27.3 | 70,000-100,000 | (2.4% หรือ 6 ท่าน) |
- 1.1.28 ถ้าราคา Implant ที่คิดกับคนไข้ถูกลงจากปัจจุบันประมาณ 25% และผู้ตอบแบบสอบถามสามารถซื้อวัสดุ Implant ในราคาถูกลงจากปัจจุบันประมาณ 30-40 % ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าจะทำงาน Implant เพิ่มขึ้นกี่ยูนิต/เดือน ถ้าจากงานเดิมที่ทำงานประเภทพอร์ซเลน 100 ยูนิต/เดือน
- | | | |
|----------|------------------|-------------------|
| 1.1.28.1 | น้อยกว่า 5 ยูนิต | (9%, 22 ท่าน) |
| 1.1.28.2 | 5-10 ยูนิต | (18%, 44 ท่าน) |
| 1.1.28.3 | 11-15 ยูนิต | (10.6%,26 ท่าน) |
| 1.1.28.4 | 16-20 ยูนิต | (6.5 %, 16 ท่าน) |
| 1.1.28.5 | 21-25 ยูนิต | (2.8%, 7 ท่าน) |
| 1.1.28.6 | มากกว่า 25 ยูนิต | (7.8%, 19 ท่าน) |
| 1.1.28.7 | ไม่ตอบ | (45% ,110 ท่าน) |
- 1.1.29 ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าการศึกษาต่อเนื่อง และศูนย์ให้การรักษาของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญของระบบที่จะให้คำแนะนำและช่วยเหลือ
- | | | |
|----------|----------|-------------------|
| 1.1.29.1 | สำคัญมาก | (43%, 105 ท่าน) |
| 1.1.29.2 | สำคัญ | (27.9 %,68 ท่าน) |
| 1.1.29.3 | ไม่สำคัญ | (29.1%, 71 ท่าน) |

จากแบบสอบถามส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามจะเห็นว่า
ทันตแพทย์ผู้ที่มีความสนใจในงานทันตกรรมประดิษฐ์ (งานด้านทันตกรรมรากฟันเทียมเป็นส่วน
หนึ่งในงานทันตกรรมประดิษฐ์) มีไม่เพียงจำกัดอยู่ในเขตกรุงเทพ ฯ (70 % , 171 ท่าน) เท่านั้น ยัง
คงกระจายอยู่ตามต่างจังหวัด (30%, 73 ท่าน) และส่วนใหญ่ของทันตแพทย์ผู้ตอบแบบสอบถาม
ก็เป็นทันตแพทย์ทั่วไป (GP) (59.4%, 145 ท่าน) เฉพาะทางทันตกรรมประดิษฐ์(35.6%, 87
ท่าน) นอกจากนั้นเป็นสาขาเฉพาะทางอื่นๆ ดังนั้นพอจะมองออกถึงกลุ่มลูกค้าเป้าหมายซึ่งมีไม่
จะมีเพียงทันตแพทย์เฉพาะทางทันตกรรมประดิษฐ์ที่อยู่ในเขตกรุงเทพเท่านั้น ยังต้องมองไปถึง
กลุ่มทันตแพทย์ทั่วไปทั้งที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯและต่างจังหวัดอีกด้วย

จากการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับงานใส่ฟันติดแน่นที่ทันตแพทย์ให้บริการแก่ผู้ป่วยต่อ
เดือน จะเห็นได้ว่าการใส่ฟันติดแน่นกันมากดังนี้ 1-5 ยูนิต (38.1 % , 93 ท่าน) 6-10 ยูนิต(18 % ,
44 ท่าน) 11-15 ยูนิต (15.1%,37 ท่าน) 15-20 ยูนิต (9 % , 22 ท่าน) 20-30 ยูนิต (8.7%, 21
ท่าน) ดังนั้นถ้าวิทยาการด้านรากฟันเทียมสามารถแพร่กระจายไปสู่ทันตแพทย์ผู้ใส่ฟันติดแน่น
โดยทีมงานที่มีประสบการณ์ในด้านการเรียนการสอนเกี่ยวกับการทำงานรากฟันเทียม ประกอบ
กับปัจจัยเสริมด้านราคาที่ถูกลง การทำงานที่ง่ายขึ้น และมีการลงพิมพ์ในวารสารวิชาการเป็นข้อ
ยืนยันความสำเร็จ จะสามารถเปลี่ยนการให้บริการจากการใส่ฟันติดแน่นธรรมดาเป็นการให้
บริการด้วยรากฟันเทียมแทนเป็นจำนวนมาก ดังจะเห็นได้จากข้อมูลปัจจุบันที่ถามถึงการให้
บริการด้านรากฟันเทียมแก่ผู้ป่วยต่อเดือนยังคงน้อยอยู่ ให้บริการน้อยกว่า 2 ยูนิต 34 % ,83 ท่าน
ให้บริการ 3-5 ยูนิต 3.7 % , 9 ท่าน ให้บริการ6-10 ยูนิต2 % ,5 ท่าน ให้บริการมากกว่า 10 ยูนิต
0.8 % ,2 ท่าน และมีที่ไม่ตอบ 59.5%,145 ท่าน ซึ่งอาจจะเป็นทันตแพทย์ที่ไม่เคยทำรากฟันเทียม
แต่มีความสนใจที่จะทำแต่ยังไม่มั่นใจในด้านวิชาการ ไม่ว่าจะทำได้ถูกต้องไหม ความคุ้มทุน
ของการลงทุน เครื่องมือแพง วัสดุแพง ฯลฯ ซึ่งปัญหาต่างๆเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ถ้าวางแผนการ
ดำเนินงานภายหลังเริ่มต้นผลิตออกมาเป็นต้นแบบเพื่อทำการศึกษาดทดลองดี ๆ ทั้งนี้เพราะผลจาก
การวิจัยในระยะที่ 1 ของโครงการนี้เปิดเผยถึงตัวเลขต้นทุนของการผลิตที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับ
ราคาผู้นำเข้าตั้งราคาขายให้แก่ทันตแพทย์ ดังนั้นถ้าโครงการนี้สำเร็จ จนถึงขั้นจดทะเบียน
ลิขสิทธิ์เพื่อขายแก่ทันตแพทย์ โดยต้องผ่านกระบวนการสร้างความเชื่อมั่นแก่ทันตแพทย์ซึ่งคือการ
ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ทดสอบระดับเซลล์ ทดสอบในสัตว์ทดลอง แล้วจึงนำไปใช้ในมนุษย์ มี
การลงพิมพ์ในวารสารวิชาการทั้งในและต่างประเทศโดยตลอดสม่ำเสมอ จะทำให้ประชาชนคน
ไทยอีกมากที่จะได้รับประโยชน์จากโครงการนี้ และมีผลทางอ้อมคือเงินตราต่างประเทศที่จะต้อง
เสียไปกับการสั่งรากฟันเทียมจากต่างประเทศก็จะลดลง

ในปัจจุบันการเรียนการสอนเกี่ยวกับการให้บริการการรักษาด้วยรากฟันเทียมใน
ประเทศไทย ทั้งในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทมีน้อย โดยมากมักเป็นในด้านทฤษฎี ไม่ค่อย
มีการสอนภาคปฏิบัติ มีเพียง 1 หรือ 2 มหาวิทยาลัยเท่านั้นที่มีการสอนภาคปฏิบัติ ทำให้ใน
ปัจจุบันการที่ทันตแพทย์จะตัดสินใจให้การบำบัดรักษาทางด้านรากฟันเทียมต้องอาศัยการศึกษา

ด้วยตนเอง (52 %, 127 ท่าน) ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต เรียนกับบริษัท(23.8%, 58 ท่าน) เรียนรู้จากชมรมรากเทียม (4.1 %, 10 ท่าน) และมีเพียง 20.1% หรือ 49 ท่าน เท่านั้นที่ได้รับความรู้มาจากสถาบันการศึกษา ดังนั้นถ้าการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตรากเทียมขึ้นใช้เองในประเทศ ได้กระทำขึ้นโดยสถาบันการศึกษาที่มีการเรียนการสอนทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติอยู่แล้ว จะทำให้การปฏิบัติงานของนิสิตเป็นไปอย่างถูกต้อง มีการวางแผนที่ดี ประสบความสำเร็จสูง เป็นที่เชื่อถือของทันตแพทย์ทั่วไป ประกอบกับราคาที่ถูกลงมากจะยิ่งทำให้เป็นปัจจัยเสริมทำให้ทันตแพทย์ที่รู้ถึงความสำเร็จ อยากจะลองใช้รากเทียมที่วิจัยผลิตขึ้น ซึ่งสามารถสอบถามได้จากทั้งตัวนิสิตเองหรือทันตแพทย์ผู้สอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนิสิตที่จบไปก็ยังสามารถกระจายความรู้ที่ตนได้รับแก่ทันตแพทย์ในภูมิภาคใกล้เคียงได้อีกด้วย ทำให้ทันตแพทย์ที่ได้รับทราบข่าว ได้รับวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง เป็นภาษาไทย สามารถสอบถามได้ตอบได้โดยตรงในประเทศไทย

ในด้านปัจจัยที่ทันตแพทย์ใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกระบบรากฟันเทียม เรียงลำดับความสำคัญ คือ ราคา (23.8%, 58 ท่าน) คุณภาพ (23.8%, 58 ท่าน) การบริการของตัวแทนจำหน่าย (16.8%, 41 ท่าน) ข้อมูลจากวารสารทันตแพทย์ (11.1%, 27 ท่าน) ข้อมูลจากทันตแพทย์อื่น ๆ (13.4%, 33 ท่าน) ข้อมูลจากบริษัทผู้นำเข้า(11.1%, 27 ท่าน) จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันราคาของรากเทียมที่นำเข้าจากต่างประเทศยังคงแพง การที่จะลงทุนซื้อเครื่องมือกับบริษัทใดก็เหมือนผูกติดกับบริษัทนั้นตลอด เพราะเครื่องมือบางอย่างใช้ได้เฉพาะกับบริษัทนั้นๆ เท่านั้น มีเครื่องมือบางอย่างที่สามารถใช้ร่วมกันได้ แต่ก็ไม่มากนัก ดังนั้นทันตแพทย์ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ (43%, 105 ท่าน) ต้องการให้มีการปรับปรุงด้านราคา ประกอบกับความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับรากฟันเทียมก็มักมาจากการศึกษาด้วยตนเองและการเข้ารับการอบรมของแต่ละบริษัท ทำให้ยังคงเกิดความลังเลที่จะตัดสินใจ ดังนั้นถ้าปัจจัยด้านราคามาพร้อมกับคุณภาพ โดยมีการบริการที่ดีจากบริษัทผู้จำหน่าย จะทำให้รากฟันเทียมระบบใหม่สามารถขยายตลาดได้ในเวลาอันรวดเร็ว และในปริมาณที่มาก เพราะยังคงมีทันตแพทย์อีกมากที่ต้องการให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมแก่ผู้ป่วยแต่ยังคงลังเลอยู่ ซึ่งสังเกตได้จากข้อมูลจากแบบสอบถามของทันตแพทย์ที่สนใจงานด้านทันตกรรมประดิษฐ์ แต่ยังไม่เคยลงมือทำงานด้านรากฟันเทียมเลย มีถึง 70 % (171 ท่าน จาก 244 ท่าน)

ต่อแบบสอบถามที่ว่าถ้ามีรากฟันเทียมระบบใหม่ ที่ออกแบบโดยทันตแพทย์ไทยไปผลิตในอเมริกาด้วยโรงงานเดียวกับที่ผลิตให้รากฟันเทียมที่เป็นผู้นำในตลาด นำมาขายในราคาถูกลงกว่าที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้ในปัจจุบันประมาณ 30-40 % ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจที่จะใช้หรือไม่ มีผู้ตอบว่าสนใจถึง 32% (78 ท่าน) สนใจพอสมควร 21.8%(53 ท่าน) มีผู้ไม่ตอบถึง 36.4%(88 ท่าน) แสดงให้เห็นว่าถ้าคณะผู้วิจัยสามารถวิจัยผลิตรากฟันเทียมที่มีคุณภาพดี เป็นที่น่าเชื่อถือได้ มีเอกสารวิชาการยืนยัน (เพราะปัจจัยด้านคุณภาพ เป็นปัจจัยหลักที่ทันตแพทย์ผู้ตอบแบบสอบถามถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญระดับแรกถึง 29.4% หรือ 72 ท่านจาก 244 ท่าน) มีการอบรมวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษา (ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความ

สำคัญของการมี การศึกษาต่อเนื่อง และศูนย์ให้การรักษาทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญของระบบที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือถึง 70.9 % หรือ 173 ท่านจาก 244 ท่าน) และราคาที่ถูกลง (เป็นปัจจัยสำคัญอันดับสอง 27.9% หรือ 68 ท่าน ของการให้ความสำคัญในการเลือกใช้รากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นโดยคนไทย ซึ่งราคาที่ผู้ป่วยน่าจะจ่ายได้อยู่ที่ ต่ำกว่า 30,000 บาท [56.6%]) จะทำให้มีการตอบสนองของทันตแพทย์ต่อรากฟันเทียมระบบใหม่นี้อีกมาก

1.2 การประมวลผลจากการระดมสมอง การสัมภาษณ์ focus group การส่งแบบสอบถาม

จากการระดมสมองจากทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมแก่ผู้ป่วยเป็นจำนวนมากในปัจจุบัน ตัวแทนจำหน่ายสินค้าทันตกรรมที่เกี่ยวข้องกับรากฟันเทียม การพูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคุณสมยศ ภูวภานต์ การสัมภาษณ์กลุ่มลูกค้าที่คาดว่าจะจะเป็นกลุ่มลูกค้าเป้าหมายเช่นกลุ่มทันตแพทย์ในกรุงเทพมหานครที่ให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมเป็นประจำในปัจจุบัน อาจารย์มหาวิทยาลัยผู้ที่สำเร็จการศึกษาจากต่างประเทศและให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมเป็นปรกติอยู่แล้ว กลุ่มทันตแพทย์ต่างจังหวัดที่มีความสนใจต่อการให้การบำบัดรักษา รากฟันเทียม กลุ่มนักศึกษาปริญญาโทที่กำลังจะจบใหม่ รวมทั้งการส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มทันตแพทย์ที่มีความสนใจในงานทันตกรรมประดิษฐ์ อันได้แก่ทันตแพทย์ที่ลงทะเบียนในการอบรม การศึกษาต่อเนื่องในงานสาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมในปัจจุบัน และบางท่านก็ยังไม่ได้ให้การบำบัดรักษาผู้ป่วยด้วยรากฟันเทียมในปัจจุบัน แต่อาจให้การบำบัดรักษาในอนาคตและสมาชิกสมาคมทันตกรรมประดิษฐ์ไทย ซึ่งเป็นผู้ที่สนใจในงานทันตกรรมประดิษฐ์โดยตรงอยู่แล้ว ผลที่ออกมาพอจะประมวลได้ดังนี้

- ### 1.2.1 Product alternatives จากการทำ brainstorming การสัมภาษณ์ focus group และผลจากแบบสอบถามที่ตอบกลับมา ผลที่ได้จะสอดคล้องกัน กล่าวคือการรักษาด้วยรากฟันเทียม จะเป็นสิ่งที่เข้ามาแทนที่สะพานฟัน 3 หน่วย และ adhesive technique ในอนาคตด้วยเหตุผลหลักๆที่เหมือนกันคือ ไม่ต้องกรอฟันข้างเคียง ส่วนเหตุผลที่รากฟันเทียมไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนักมักมาจากปัจจัยด้านราคา (จากแบบสอบถามที่ส่งกลับมา 244 แบบ ทันตแพทย์ต้องการให้ปรับปรุงด้านราคาให้ลดลงถึง 43% หรือ 105 ท่าน, ปัจจัยด้านราคา เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการเลือกระบบรากฟันเทียมของทันตแพทย์ 23% หรือ 58 ท่าน) ส่วนปัจจัยทางด้านเทคนิค เช่น ความยุ่งยากของขั้นตอนการทำงาน ทั้งในส่วนของการเตรียมและส่วนของทันตกรรมประดิษฐ์ รวมทั้งความยุ่งยากของการดูแลรักษา รวมแล้วประมาณ 50% หรือ 122 ท่าน) ดังตารางที่ 1 ซึ่งกล่าวถึงสรุปข้อดีข้อเสียของงานแต่ละชนิด

	Bridge 3 Units	Implant	Adhesive Technique
ข้อดี	1. ราคาไม่แพง และสามารถเลือกประเภทโลหะ ตามกำลังซื้อของคนไข้ 2. เสร็จเร็ว...พบทันตแพทย์เพียง 2 ครั้ง 3. หมอฟันส่วนใหญ่ทำเป็นอยู่แล้ว	1. ไม่ต้องกรอฟันข้างเคียง 2. Long Term Success	1. ไม่ต้องกรอฟันข้างเคียงมากนัก 2. ราคาไม่แพง 3. เสร็จเร็ว
ข้อเสีย	1. ต้องกรอฟันข้างเคียง 2. Long Term Success อาจจะไม่ดี	1. แพง 2. คนไข้ต้องถูกผ่าตัด 3. นาน...6-12 เดือน ต่อ Case 4. ยุ่งยาก สืบสวน	1. ไม่แข็งแรง Long Term Temporary

ตารางที่ 1 แสดงสรุปเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการให้การนำบำบัดรักษาทางทันตกรรม 3 รูปแบบ

1.2.2 การศึกษาแนวโน้มของรากเทียมในตลาดเมืองไทย พบว่า

1.2.2.1 Dental student

นักศึกษาทันตแพทย์ระดับปริญญาตรีที่จบออกมาปีละประมาณ 500 คนจากทุกมหาวิทยาลัย เริ่มเรียนวิชาที่เกี่ยวกับรากฟันเทียมและจะเป็นกลุ่มลูกค้าเป้าหมายของรากฟันเทียมที่จะผลิตขึ้นในอนาคต

นักศึกษาปริญญาโทที่มีโอกาสได้เรียนเพื่อให้เกิดการรักษาด้วยรากฟันเทียมแก่ผู้ป่วยในโรงเรียนทันตแพทย์ จะเป็นกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่ดีมาก ทั้งนี้เพราะได้เรียนวิธีการวางแผนการรักษาที่ถูกต้อง ได้ทดลองใช้รากฟันเทียมหลายระบบ ได้ทราบความยากง่ายของแต่ละระบบ รวมทั้งราคาของแต่ละระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ารากฟันเทียมระบบใหม่ซึ่งผลิตขึ้นโดยคนไทย ในระยะแรกจะให้นักศึกษาได้ทดลองฝังในผู้ป่วย จะทำให้นักศึกษาคำนึงเกี่ยวกับการใช้งานและราคาของรากฟันเทียมระบบใหม่นี้ เมื่อจบออกไปก็สามารถเรียกใช้

ได้งานได้เลยโดยไม่ต้องได้รับการอบรมใหม่ แถมยังสามารถเป็น
วิทยากร ให้แก่ทันตแพทย์ในที่ทำงานของตน รวมทั้งทันตแพทย์ใน
ภูมิภาคอื่นๆ ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

1.2.2.2 Price

แนวโน้มด้านราคาต่อการรักษาด้วยรากฟันเทียมหนึ่งรากที่
ผู้ป่วยต้องจ่ายมีแนวโน้มลดลง (จาก 100,000 เหลือ 50,000 และยัง
อาจจะลดลงอีก) ทั้งนี้เพราะการมีการแข่งขันกัน โดยเสรีของรากฟัน
เทียมในตลาด ทำให้แต่ละบริษัทลดราคาลง เช่น อุปกรณ์ในการฝัง
รากฟันเทียมและการใส่ฟันของบริษัทชั้นนำบริษัทหนึ่ง เมื่อเทียบ
ราคาในปี 2540 ราคาประมาณเกือบสี่แสนบาท แต่ในปี 2543 ทาง
สำนักงานใหญ่ที่ต่างประเทศปรับกลยุทธ์ทางการตลาด แยกออกเป็น
ชุดเล็กลง และลดราคาลงมา เหลือเพียงชุดละประมาณ สองหมื่นบาท
ทั้งนี้เพื่อขยายตลาดรากฟันเทียมของแต่ละบริษัทให้กว้างขวางขึ้น ทำ
ให้มีโอกาสที่ราคาของรากฟันเทียม 1 ตัวจะไปทดแทน สะพานฟัน 3
Units ได้มากขึ้น และจะยิ่งทำให้รากฟันเทียมใช้กันอย่างแพร่หลาย
ราคาก็ยังจะลดลงอีก เป็นวัฏจักรที่ไม่จบสิ้น

1.2.2.3 Patient

ผู้ป่วย มีแนวโน้มจะมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องรากฟันเทียม
มากขึ้น ทั้งนี้เพราะมีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการทำรากฟันเทียม
ผ่านสื่อวิทยุ เช่น สถานีวิทยุจุฬา ซึ่งเป็นรายการให้ความรู้ประชาชน
เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ รอบตัวโดยเชิญวิทยากรมาจากคณะต่างๆ คณะ
ทันตแพทย์ก็เป็นคณะหนึ่งที่จัดตั้งวิทยากรเพื่อเผยแพร่ผลงานของ
คณะพร้อมกับให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับงานบริการของคณะฯ
ซึ่งทันตกรรมรากเทียมก็จัดเป็นงานบริการด้านหนึ่งที่ประชาชนให้
ความสนใจ และสามารถมาติดต่อขอใช้บริการได้

สื่อโทรทัศน์ เช่น รายการชีวิตและสุขภาพ วันอาทิตย์ ฯลฯ

สื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ เช่น นิตยสารต่างๆ ก็เริ่มทำการสัมภาษณ์
ทันตแพทย์ผู้ให้การรักษาด้วยรากฟันเทียม ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเพื่อให้
นิตยสารของตนมีความทันสมัยเป็นที่สนใจแก่ผู้อ่าน ยอดขายจะได้
เพิ่มขึ้น

1.2.2.4 Country Growth

เมื่อประเทศเจริญขึ้น เศรษฐกิจดีขึ้น ผู้ป่วยจะมี กำลังจ่าย
มากขึ้น จากการสัมภาษณ์กลุ่มทันตแพทย์ที่คาดว่าจะเป็เป้าหมาย
หลักในการใช้รากเทียมระบบใหม่ และตัวแทนร้านค้าวัสดุทันตกรรม

พบว่า ถ้าเศรษฐกิจของชาติโดยรวมดีแล้ว ปริมาณผู้ป่วย(มีจำกัด เฉพาะผู้ป่วยที่มาขอรับการรักษาด้วยรากฟันเทียมเท่านั้น) จะเพิ่มขึ้น ปริมาณการบริโภควัสดุทันตกรรมของทันตแพทย์ก็เพิ่มมากขึ้น นั่น แสดงว่า เมื่อประเทศฟื้นภาวะวิกฤต อนาคตของรากฟันเทียมและ อุปกรณ์จะยิ่งดีขึ้น

1.2.3 ขนาดของตลาดรากฟันเทียมในประเทศไทยในปี 2000

1.2.3.1 Market size

จากการสัมภาษณ์ผู้นำเข้ารากฟันเทียมและอุปกรณ์จากต่างประเทศบางท่าน และคุณสมยศ ภูวกันต์ ทราบว่าประมาณการต้นทุนของรากฟันเทียมและหลักยึดต่อ 1 หน่วยประมาณราคา 10,000 บาท ดังนั้นประเทศไทยจะต้องเสียเงินประมาณปีละ 54 ล้านบาท เพื่อนำเข้าเฉพาะรากฟันเทียมจากต่างประเทศ โดยคำนวณจาก 450 หน่วยของรากฟันเทียมต่อเดือน x 12 เดือน x 10,000 บาท เท่า กับ 54 ล้านบาท

1.2.3.2 Number of Implant dentist

ทันตแพทย์ที่สามารถทำการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมในประเทศไทยมีประมาณ 150 คน จากทันตแพทย์ปริญญาทั้งหมดประมาณ 6,000 คน ซึ่งจากแบบสอบถามที่ตอบกลับมา การสอบถามทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมเป็นประจำ ตัวแทนบริษัทผู้นำเข้ารากฟันเทียม และแลปที่รองรับงานรากฟันเทียมในกรุงเทพ พอจะสรุปแบ่งได้คร่าวๆ ถึงทันตแพทย์ผู้ทำงานด้านรากฟันเทียมมากประมาณ 20 ท่าน (มากกว่า 10 หน่วยต่อเดือน) ปานกลางประมาณ 30 ท่าน(2-10 หน่วยต่อเดือน) และน้อยประมาณ 100 ท่าน(น้อยกว่า 2 หน่วยต่อเดือน)

1.2.3.3 Number of implant used per month

ใน 1 เดือน ปริมาณรากฟันเทียมที่ใช้ประมาณ 450 หน่วย โดยสามารถแบ่งย่อยออกเป็น

1.2.3.3.1 200 หน่วย จากทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาผู้ป่วย ด้วยรากฟันเทียมอยู่ในขั้นมาก คือประมาณ 10 หน่วย / เดือน ซึ่งมีทันตแพทย์อยู่ประมาณ 20 ท่าน

1.2.3.3.2 150 หน่วย จากทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาผู้ป่วย ด้วยรากฟันเทียมอยู่ในขั้นปานกลาง คือประมาณ 2-10

หน่วยเฉลี่ยประมาณ 5 หน่วย / เดือน ซึ่งมีทันตแพทย์
อยู่ประมาณ 30 ท่าน

1.2.3.3.3 100 หน่วย จากทันตแพทย์ผู้ให้การบำบัดรักษาผู้ป่วย
ด้วยรากฟันเทียมอยู่ในขั้นน้อย คือประมาณ 0-2 หน่วย
เฉลี่ยคือประมาณ 1 หน่วย / เดือน ซึ่งมีทันตแพทย์อยู่
ประมาณ 100 ท่าน

1.2.4 Implant target customers (ลูกค้าเป้าหมาย)

1.2.4.1 Specialist graduated from overseas

มีความมั่นใจในตัวเองสูง เลือกใช้รากเทียมตามระบบที่ตนเองได้รับ
การฝึกฝนมาสมัยเรียน ไม่กล้าเสี่ยงใช้ของใหม่ ถ้าไม่มี scientific
articles ยืนยันการใช้งาน ซึ่งส่วนมากจะเป็นอาจารย์ตาม
มหาวิทยาลัย

1.2.4.2 Specialist graduated in Thailand inside Bangkok

มีความมั่นใจในตัวเองสูงคล้ายพวกที่จบจากต่างประเทศ แต่ก็ยัง
มองพวกที่จบจากต่างประเทศที่เป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเป็นตัว
อย่างในการทำตาม ทันตแพทย์ในกลุ่มนี้จะเป็น specialist ตาม
คลินิกเอกชน และโรงพยาบาลต่างๆในประเทศไทย

1.2.4.3 Specialist outside Bangkok

คล้ายกลุ่มที่ 2 เพียงแต่เปิดใจในการรับผลิตภัณฑ์ง่ายกว่า

1.2.4.4 General practitioners in Bangkok

ทันตแพทย์ในกลุ่มนี้มีความสนใจในเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น รากฟัน
เทียมที่จะทำให้ตัวเองแลดูทันสมัย แต่ยังไม่ค่อยได้เริ่มทำ เนื่องจากยัง
ขาดความมั่นใจ และไม่มีความรู้อย่างแท้จริงในตัวสินค้า ทำให้ยังไม่
กล้าทดลอง ซึ่งถ้าได้รับการแนะนำและการอบรมการปฏิบัติที่ถูกต้อง
จะเป็นกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่สำคัญ

1.2.4.5 General practitioners outside Bangkok

ทันตแพทย์ในกลุ่มนี้มีความสนใจในเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น รากฟัน
เทียมที่จะทำให้ตัวเองแลดูทันสมัย มักจะไม่คิดเองแต่เลือกใช้ตามผู้
ชำนาญการที่มีชื่อเสียง ซึ่งถ้าได้รับการแนะนำและการอบรมการ
ปฏิบัติที่ถูกต้องจากผู้ชำนาญการที่มีชื่อเสียง จะเป็นกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย
ที่สำคัญมาก เพราะต่างจังหวัดมีทันตแพทย์น้อยเมื่อเทียบอัตรา
ส่วนของทันตแพทย์ต่อจำนวนประชากร ดังนั้นถ้าทันตแพทย์ต่าง
จังหวัดท่านใดเอง มีชื่อเสียงได้รับความเชื่อถือจากทันตแพทย์ในภูมิ

ภาคนี้ๆสามารถให้การบำบัดรักษารากฟันเทียมแก่ผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในราคาประหยัดได้ ชาวจะแพร่กระจายเร็ว ผู้ป่วยจะพุ่งเข้าไปหา รวมทั้งทันตแพทย์ในละแวกใกล้เคียงก็จะขอไปดูงาน ขอคำปรึกษา ทำให้ทันตแพทย์ท่านนั้นกลายเป็นวิทยากรเผยแพร่การบำบัดรักษารากฟันเทียมระบบใหม่ในภูมิภาคนั้นๆไปในตัว และอาจจัดการอบรมการบำบัดรักษารากฟันเทียมระบบรากเทียมในภูมิภาคนั้นๆ โดยความร่วมมือของทันตแพทย์ท่านนั้นและทันตแพทย์ผู้ชำนาญการ ได้อีกด้วย ดังนั้นทันตแพทย์ทั่วไปที่อยู่ตามต่างจังหวัดที่ยังรักความก้าวหน้า สนใจในวิทยาการใหม่ๆ จะเป็นเป้าหมายหลักที่สำคัญในอันที่จะเป็นลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย และการขยายตลาดของรากฟันเทียมระบบใหม่ที่ผลิตขึ้นในอนาคต

1.2.5 Pricing and Costing structure

ในปัจจุบันเมื่อพิจารณาราคาต้นทุนของการให้การบำบัดรักษารากฟันเทียมและสะพานฟัน 3 หน่วยด้วยโลหะชนิด semi-precious แล้วพบว่า การให้การบำบัดรักษารากฟันเทียมยังคงใช้ต้นทุนสูงกว่าสะพานฟัน 3 หน่วยอยู่มาก เพราะต้องเสียค่าผ่าตัด ค่ารากฟันเทียมและตัวหลักยึดเพิ่มจากค่าทำแลปปกติทำให้ออกกำไรสุทธิของการรักษาทั้ง 2 ทางใกล้เคียงกัน คือประมาณ 25,000 บาท ทั้งๆที่ผู้ป่วยต้องจ่ายเงินต่างกัน นั่นคือ ผู้ป่วยต้องจ่าย 50,000 บาทถ้าเลือกใส่ฟันด้วยรากฟันเทียม 1 หน่วยมาพบทันตแพทย์ประมาณ 10 ครั้งใช้เวลาประมาณ 1 ปีจึงจะเสร็จ เทียบกับผู้ป่วยจ่ายแค่ 30,000 บาทสำหรับการใส่ฟันด้วยสะพานฟัน 3 หน่วย พบทันตแพทย์เพียง 2 ครั้งใช้เวลาประมาณ 1 อาทิตย์ เป็นผลให้กำไรต่อครั้งที่ทันตแพทย์ได้รับสำหรับการบำบัดรักษารากฟันเทียมเหลือเพียง 2,500 บาทต่อครั้ง เทียบกับ 12,000 บาทต่อครั้งสำหรับการทำสะพานฟัน 3 หน่วย (ดังตารางที่ 2) ดังนั้นราคาในปัจจุบันยังไม่เป็นที่พอใจเท่าใดนัก ยังต้องใช้เวลายาวนานในการรักษา แถมรากฟันเทียมบางระบบยังยุ่งยากสับสนในการเลือกใช้ ทำให้ทันตแพทย์บางท่านหันหลังให้กับการบำบัดรักษารากฟันเทียม

	Bridge 3 Units	Implant
1. ราคาที่คิดคนไข้	3 Unit x 10,000 บาท(Semiprescious) = 30,000 บาท/Case	50,000 บาท/Unit
2. ต้นทุน Fixture	-	7,000 บาท
3. ต้นทุน Abutment	-	3,500 บาท
4. ค่าทำ Lab	ค่าโลหะ = 3 Unit x 1.2 กรัม x 800 บาท = 3,000 บาท ค่าบริการ = 3 Unit x 650 บาท = 2,000 บาท Total = 5,000 บาท	ค่าโลหะ = 1.2 กรัม x 1,000 บาท = 1,200 บาท ค่าบริการ = 2,000 บาท Total = 3,200 บาท
5. ค่าผ่าตัด	-	8,000 บาท
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1,000 บาท	3,000 บาท
7. Total Cost	6,000 บาท	25,000 บาท
8. กำไรต่อ Case	24,000 บาท	25,000 บาท
9. จำนวน Visit	2 Visit	10 Visit
10. กำไรต่อ Visit	12,000 บาท	2,500 บาท

ตารางที่ 2 แสดงราคาค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบกันในการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมและสะพานฟัน 3 หน่วย(โลหะ semi-precious)

1.2.6 Pricing strategy

เมื่อผลิตรากฟันเทียมขึ้นใช้เองได้แล้ว ควรมีการควบคุมราคาซึ่งผู้ป่วยจะต้องจ่าย โดยอาจทำประชาสัมพันธ์ว่าคลินิก หรือโรงพยาบาลใดให้บริการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมซึ่งผลิตขึ้นโดยคนไทย และราคาอยู่ที่เท่าใด ซึ่งควรจะเป็นแค่ครึ่งหนึ่งของราคารากฟันเทียมที่นำเข้าจากต่างประเทศ และควรจะมีอยู่ประมาณราคาของการทำสะพานฟัน 3 หน่วย โดยใช้โลหะ semi-precious หรืออาจสูงกว่าสะพานฟัน 3 หน่วยที่ใช้โลหะ non-precious เล็กน้อย

1.2.7 Sales forecast

จากประมาณการการใช้รากฟันเทียมในภาวะปัจจุบันพบว่าใน 1 เดือนมีการใช้รากฟันเทียมประมาณ 450 ราก นั่นคือ 5,400 รากต่อปี ถ้าภาวะเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น ประกอบกับราคาของรากฟันเทียมจะค่อยๆ ลดลง ซึ่งอาจเป็นผลจากการแทรกแซงตลาดของรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นใช้เองในประเทศเป็นผลทำให้ราคาของรากฟันเทียมนำเข้าต้องลดราคาลงมาสู่ หรือประชาชนส่วนใหญ่สามารถรับบริการการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นซึ่งมีราคาถูกกว่าได้มากขึ้นก็ตาม จะทำให้อัตราการขยายตัวของการบริโภครากฟันเทียมของประชาชนมากขึ้นราว 30% ต่อปี (ตัวเลข 30% นี้ประมาณการมาจากการระดมสมองของกลุ่มทันตแพทย์ผู้ให้บริการบำบัดรักษาด้วยทันตกรรมรากฟันเทียมเป็นประจำ จากการสัมภาษณ์กลุ่มลูกค้าที่คาดว่าจะเป็กลุ่มลูกค้าเป้าหมายเช่นกลุ่มทันตแพทย์ในกรุงเทพมหานครที่ให้บริการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมเป็นประจำในปัจจุบัน อาจารย์มหาวิทยาลัยผู้ที่สำเร็จการศึกษาจากต่างประเทศและให้บริการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมเป็นปรกติอยู่แล้ว กลุ่มทันตแพทย์ต่างจังหวัดที่มีความสนใจต่อการให้บริการบำบัดรักษารากฟันเทียม กลุ่มนักศึกษาปริญญาโทที่กำลังจะจบใหม่) (ดังตารางที่ 3)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1. Implant ต่อเดือน	450					
2. Implant ต่อปี	5,400	7,020	9,126	11,863	15,423	20,050
3. อัตราการเติบโต		+30%	+30%	+30%	+30%	+30%
4. % Thai Implant Market Share	10%	20%	30%	40%	50%	50%
5. Thai Implant / ปี	540	1,404	2,738	4,745	7,712	10,025
6. Thai Implant / เดือน	45	117	228	395	643	835
7. MB / เดือน (2,500.- / Units)	0.1125	0.2925	0.5700	0.9875	1.6075	2.0875
8. MB / ปี	1.35	3.51	6.84	11.7	19.3	25

ตารางที่ 3 แสดงการพยากรณ์ความเติบโตทางธุรกิจของรากฟันเทียมภายใน 5 ปีแรกของการผลิต

ซึ่งถ้าในปีแรกของการผลิต ส่วนแบ่งตลาดของรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นขอเพียง 10% (45 รากต่อเดือน) ของปริมาณการบริโภครากฟันเทียมของตลาดโดยรวม จากนั้นถ้ามีการวางแผนการตลาดที่ดี เช่น การให้หัวกรอกระดูก ที่ใช้ในการฝังรากเทียมโดยไม่คิดมูลค่า(ทั้งนี้เพราะต้นทุนการผลิตต่ำ) มีรายงานผลความสำเร็จของการฝังรากเทียมระบบใหม่ลงพิมพ์ในวารสารทั้งในและต่างประเทศเป็นระยะๆ มีการเผยแพร่ผลการวิจัยต่อสาธารณะชน เช่น หันตแพทย์สมาคม อีกทั้งนิสิตปริญญาโทที่จบออกไปโดยได้ประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับรากฟันเทียมระบบใหม่สามารถเป็นวิทยากรเผยแพร่ความรู้ได้โดยตรง หรืออาจเชิญคณะผู้วิจัยไปบรรยาย สิ่งต่างๆเหล่านี้คาดว่าจะทำให้ส่วนแบ่งตลาดของรากฟันเทียมระบบใหม่ เพิ่มขึ้น 10% ทุกปี จนถึงระดับ 50%เมื่อปี 2005 จะทำให้มีการบริโภครากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นนี้ประมาณ 643 รากต่อเดือนทั่วประเทศ ทำให้เกิดรายได้ประมาณ 1.6 ล้านบาทต่อเดือน หรือ 19.3 ล้านบาทต่อปี (โดยคิดราคาเฉพาะแค่ ราคารากฟันเทียม 2,500 บาทต่อรากเท่านั้น ยังไม่ได้คิดรวมถึงอุปกรณ์เสริมที่ต้องใช้ต่อเนื่องจากการฝังรากฟันเทียม ซึ่งต้องเพิ่มขึ้นอีกมาก)

2. เลือกวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบรากเทียม, กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบและทำการออกแบบ

2.1 การเลือกวัสดุ วิทยาการด้านนี้ได้มาจากการประชุมร่วมกันกับผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้และประสบการณ์ในการทำงานของคุณสมยศ ภูวกานต์ เพื่อพิจารณาคุณสมบัติ ของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อหาบทสรุป

ผลที่จะได้รับ

ในปัจจุบันวัสดุที่นำมาใช้ทำรากฟันเทียมมีหลายชนิด และถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิด osseointegration สามารถแบ่งแยกออกได้เป็นพวกใหญ่ๆ ดังนี้

a) Metal and Metal alloys

เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ผลิตรากเทียม เนื่องจากโลหะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) เหนือกว่าวัสดุชนิดอื่น, สามารถนำมาลึงได้ และนำมาทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคด้วย sterilization techniques ได้ โลหะบางชนิดสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อได้เป็นอย่างดี โลหะที่นำมาใช้คือ titanium, tantalum, titanium-aluminium-vanadium alloys, cobalt-chromium-nickel alloys

b) Ceramics and Carbons

ในระยะหลังนี้มีการเลือกใช้ ceramics เป็นวัสดุทำรากเทียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการพัฒนาวัสดุให้มีองค์ประกอบของ calcium และ phosphorous ในรูปผลึกให้มีลักษณะคล้ายกระดูก (bone-like) และเนื้อเยื่ออ่อนโดยรอบ เพื่อส่งเสริมขบวนการหายของแผล ตัวอย่างเช่น aluminium oxides (alumina and sapphire), tricalcium phosphate และ calcium aluminates

วัสดุที่มี carbon เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น pyrolytic carbon, polycrystalline(vitreous) carbon และ carbon-silicon interstitial combinations มีคุณสมบัติหลายอย่างคล้าย ceramics แต่วัสดุเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเปราะและแตกหักง่ายมากกว่าโลหะจึงมีข้อจำกัดในการใช้งาน โดยมากมักนำมาเคลือบทับรากเทียมโลหะ

c) Synthetic Polymers

เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะและ ceramics แล้วพบว่า polymers จะอ่อนแอและโค้งงอได้ง่าย จึงนำมาใช้ผลิตเป็นองค์ประกอบของส่วน superstructure หรือ ใส่เพื่อช่วยดูดซับแรงเค้นจากแรงบดเคี้ยว (shock-absorbing material) ตัวอย่างเช่น poly(methyl methacrylate), silicone rubber, polyethylene, polysulfone และ polytetrafluoroethylene

ในปี 1995 Meijer GJ และคณะ² ทดลอง พบว่าการนำ polymer มาเคลือบบนผิวรากเทียมสามารถเกิดการเชื่อมกับกระดูก (bone bonding) ได้ใกล้เคียงกับ hydroxyapatite และลดแรงเค้นเชิงกลที่เกิดระหว่างผิวหน้าของกระดูกและรากเทียมอันเป็นผลเนื่องจากความโค้งงอได้ (flexibility) ของ polymer

ในการเลือกวัสดุทำรากฟันเทียม ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ต้องพิจารณา คือ คุณสมบัติทางเคมีของผิวรากเทียม รากเทียมชนิดโลหะไม่บริสุทธิ์ (non noble metallic implant) จะเกิดชั้น oxide ที่ผิวหน้าของโลหะได้อย่างรวดเร็วมากเมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม (เกิดชั้น oxide หนา 1-nm ใน 1 millisecond) นั้นหมายถึงว่า โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อเยื่อจะไม่สัมผัสโดยตรงกับผิวโลหะรากเทียม โดยจะสัมผัสกับชั้น oxide แทน ซึ่ง oxide ของโลหะแต่ละชนิดจะให้คุณสมบัติการเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (biocompatibility) ที่แตกต่างกัน โลหะ titanium, zirconium, aluminium, tantalum จะเกิด oxide ที่มั่นคง โดยที่ titanium oxide จะมีคุณสมบัติของความต้านทานต่อการสึกกร่อนจากสารเคมีสูง, มีค่าคงที่ของการไม่นำไฟฟ้าสูง (dielectric constant) ทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโปรตีนที่ถูกดูดซับอยู่บนผิวโลหะรากเทียมเกิดน้อย จึงทำให้เกิดการตกตะกอนของ calcium phosphate บนผิวโลหะ titanium มากกว่าโลหะชนิดอื่น เกิดพันธะกับเนื้อเยื่อโดยรอบสูง

2.1.1 วัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากเทียมในโครงการวิจัยและผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์ คือ โลหะผสมไททาเนียม (Titanium alloy)

จากการที่ โลหะผสมไททาเนียม (Titanium alloy) และ ไททาเนียมบริสุทธิ์ในทางการค้า (Commercially pure titanium ซึ่งก็เป็นโลหะผสมไททาเนียมเหมือนกัน แต่และ ไททาเนียมบริสุทธิ์ในทางการค้าจะมีความบริสุทธิ์ของไททาเนียมมากกว่า) เป็นโลหะผสมที่สามารถเข้ากับร่างกายได้ดี ไม่มีรายงานว่ามีการแพ้ บริษัทรากฟันเทียมในต่างประเทศบางบริษัทใช้โลหะผสมไททาเนียมเป็นวัสดุทำรากฟันเทียมซึ่งก็ประสบความสำเร็จอยู่ในปัจจุบัน บางบริษัทใช้ไททาเนียมบริสุทธิ์ทางการค้า ก็ประสบผลสำเร็จ มีเอกสารทางวิชาการมากมายยืนยัน จึงสามารถเลือกมาใช้เป็นวัสดุที่จะทำรากฟันเทียมได้ทั้งสองชนิด แต่จากการที่โลหะผสมไททาเนียมมีความแข็งแรงมากกว่าไททาเนียมบริสุทธิ์ทางการค้า ที่ประชุมจึงเลือกใช้ โลหะผสมไททาเนียมเป็นวัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากฟันเทียมระบบใหม่ ทำให้เกิดการแตกหักได้ยากขึ้น



2.1.2 องค์ประกอบของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากเทียม คือ

Surgical grade (Ti6Al4V) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโลหะผสมที่ใช้กันในตลาดรากฟันเทียมในปัจจุบัน โลหะผสมไททาเนียมนี้ จะมีส่วนผสมหลักคือ Ti6Al4V นอกจากนั้นก็มี สิ่งเจือปนเล็กน้อย โลหะชนิดนี้ บริษัทที่รับกลึงรากฟันเทียมในต่างประเทศจะสั่งโลหะผสมไททาเนียมมาจากบริษัทที่ขาย surgical grade Ti-alloy rods ซึ่งมีส่วนผสมหลักๆเหมือนกันทุกบริษัท จะต่างกันบ้างก็อยู่ที่สิ่งเจือปนซึ่งอยู่ในอัตราส่วนที่น้อยมาก และบริษัทที่รับจ้างกลึงรากฟันเทียมนี้ก็รับงานจากบริษัทที่เป็นผู้ผลิตรากฟันเทียมอีกทอดหนึ่ง

- สรุปว่ารากฟันเทียมระบบใหม่จะใช้โลหะผสมไทเทเนียม ที่มีองค์ประกอบ Ti6Al4V ซึ่งเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในรากฟันเทียมระบบอื่นๆ ที่ประสบความสำเร็จอยู่ในตลาดปัจจุบัน

2.1.3 บริษัทผู้ขายวัสดุ

ผล บริษัทที่จำหน่าย Surgical grade Ti-alloy rods มีหลายบริษัท คือ

2.1.3.1 Advance4d Alloys, Inc

9852 Crescent Center Dr. Unit 802

Cucamong CA 91730

Phone: 800-521-1661, Fax: 909 980 4806

2.1.3.2 Trans World Alloys

334-TE, Gardena Blvd

Gardena, CA 90248

Phone: 888 208 8777, Fax: 310 217 0066

2.1.3.3 A-1 Alloys

1401 Cleveland Ave

National City, CA 91750

Phone: 800 266 2569, Fax: 619 474 3276

2.1.3.4 Metal-Mart, Inc

12225 Coast Dr.

Whittier, CA 90601

Phone: 800-888 7766, Fax: 562 699 6868

2.1.4 ทราบราคาของวัสดุ

ผล จากการติดต่อของคุณสมยศ ภูวกานต์ กับบริษัทผู้ขาย แท่งไททาเนียมทั้ง 4 บริษัทพบว่า ทุกบริษัทต้องการ Letter of credit (LC) จากธนาคารเพื่อเปิดบัญชีทำการซื้อขายกับบริษัท ซึ่งจะได้ราคาที่ไม่แพงนัก แต่ถ้าเป็นลูกค้าหน้าใหม่ไม่มี LC จากธนาคารแล้ว จะได้ราคาที่แพงมาก ดังเช่นตัวอย่างของ แท่งไททาเนียมที่ซื้อมาทดลองขนาด 0.250" x 36" ราคาถึง 72 เหรียญสหรัฐ และจะต้องบวกค่าส่ง 14.75 เหรียญ ค่าภาษี 5.94 เหรียญ รวมแล้วเป็น 92.69 เหรียญต่อ แท่งไททาเนียม แค่ 1.5 ปอนด์ แต่ถ้ามี LC จากธนาคารราคาจะเป็น ปอนด์ละ 35-40 เหรียญ ซึ่งต้องซื้อขั้นต่ำ 100 ปอนด์ โดยแท่งไททาเนียม จะมาในรูปคล้ายเหล็กเส้นซึ่งมีน้ำหนัก 1.8 ปอนด์ต่อเส้น ยาวเส้นละ 12 ฟุต

2.2 ขึ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากเทียม ที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัยได้มาจาก การประชุมร่วมกันของผู้ร่วมทำวิจัยทุกท่าน รวมทั้งคุณสมยศ ภูวกานต์ เพื่อพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของรากเทียมที่มีใช้ในตลาด เพื่อหาทางกำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้นของรากเทียม และอุปกรณ์ของรากเทียม

2.2.1 การพิจารณาข้อดีข้อเสียของรากเทียมที่มีใช้ในตลาดปัจจุบัน

ในปัจจุบันมีรากฟันเทียมในตลาดมากมายหลายประเภทสามารถแบ่งแยกเป็นพวกได้หลายพวก สามารถแบ่งแยกตาม การเชื่อมต่อระหว่างรากฟันเทียมและหลักยึด (implant/abutment interface) หรือ รูปร่างของรากฟันเทียม (body shape) และ การต่อเชื่อมของรากฟันเทียมกับกระดูก (implant to bone surface)

รากฟันเทียมแบ่งแยกตาม การเชื่อมต่อระหว่างรากฟันเทียมและหลักยึด (implant/abutment interface) เป็นสองลักษณะ คือ

- a) internal connection
- b) external connection

ความแตกต่างกันอยู่ที่มีหรือไม่มีส่วนต่อยึดยื่นจากส่วนหัวของตัวรากฟันเทียม (coronal surface of implant fixture)

ส่วนรอยต่อ(connection) ยังถูกแบ่งอีกเป็น

- a) slip-fit joint จะมีช่องว่างระหว่างส่วนที่จะเข้าสวมกัน(mating parts)เล็กน้อย และมีลักษณะ passive อีกลักษณะเป็น
- b) friction-fit joint จะไม่มีช่องว่างระหว่าง mating parts

ส่วนรอยต่ออาจมีรูปแบบที่ช่วยด้านการหมุนและเป็นดัชนีช่วยการสกรวสไ (indexing) และ/หรือป้องกันการเคลื่อนขยับด้านข้าง โดยมีลักษณะเป็นแปดเหลี่ยม

(octagonal), หกเหลี่ยม (hexagonal), cone screw, cone hex, cylinder hex, spline, cam, cam tube, pin slot

สำหรับพื้นผิวที่สัมผัสกัน (mating surfaces) ยังถูกแบ่งเป็น

- a) butt joint พื้นผิวสัมผัสเป็นมุมฉากแบนราบ
- b) bevel joint พื้นผิวสัมผัสหักเป็นมุม (internally or externally)

รากฟันเทียมสามารถแบ่งเป็นพวกรากตาม Body Geometry ได้ดังนี้

- a) threaded screw (ตัวอย่างเช่น ad modum Brånemark, Nobel Biocare, Göteborg, Sweden),

Threaded screw แบ่งเป็น

- 1. straight
- 2. tapered
- 3. conical/tapered
- 4. ovoid
- 5. expanding

ในปัจจุบันมีการปรับปรุงรูปแบบของเกลียว จนปัจจุบันมีตั้งแต่เป็น microthreads ใกล้เคียงของรากฟันเทียม(Astra Tech, Lexington, MA), macrothreads เป็นแถบกว้างบริเวณ mid-body(Biohorizons, Birmingham, AL; Steri-Oss, Nobel Biocare), เกลียวที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวแตกต่างกันไปตลอด body เพื่อให้เกิด self-tapping และ bone compression(Implant Innovations, Palm Beach Gardens, FL; Nobel Biocare), เกลียวที่สั้นเพื่อให้เกิดเสถียรภาพในระยะแรกของการฝังรากฟันเทียม(Basic, Albuquerque, NM)

- b) press-fit cylinder (ตัวอย่างเช่น ad modum IMZ, Interpore International, Irvine, CA),
- c) hollow basket cylinder (ตัวอย่างเช่น ad modum ITI, ITI-Straumann, Waldenburg, Switzerland)

ความแตกต่างกันอยู่ที่ผิวด้านนอกของรากฟันเทียมที่ฝังลงในกระดูกนั้นมีเกลียวหรือไม่ และเป็นพื้นผิวเรียบแข็งหรือกลวง มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องมาประมาณ 20 กว่าปีมาแล้วด้วยเหตุผลหลายประการ คือเพื่อให้่ายต่อการใส่ขณะทำศัลยกรรม, ปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพความหนาแน่นของกระดูกที่ไม่ดี,

สามารถใส่รากเทียมได้ทันทีหลังถอนฟัน, ปรับปรุงการกระจายแรง, ให้มีเสถียรภาพของรากเทียมหลังการฝังดีขึ้น, ให้ความแตกต่างกันในแง่การตลาด

Press-fit cylinders แบ่งเป็น straight-walled, tapered, conical, trapezoidal และ trapezoidal step และอาจแบ่งย่อยลงไปได้อีกเป็น steps, ledges, threads, vents, grooves, internal hollow

ส่วนตัว implant body ยังอาจถูกแบ่งเป็นการมีหรือไม่มี cervical collar (มีความกว้างและมุมที่ต่างกันไป) และมี flared หรือ straight neck

รากฟันเทียมสามารถแบ่งย่อยเป็นพวกตาม พื้นผิวสัมผัสระหว่างกระดูกและรากเทียม (Implant Surface and Coatings)

พื้นผิวสัมผัสระหว่างกระดูกและรากเทียมมีการพัฒนาหลายรูปแบบแตกต่างกันไป แบบดั้งเดิมเป็น machined titanium (Branemark), TPS (ITI group), HA coated (Sulzer Calcitek, Carlsbad, CA) และพัฒนามาเรื่อยๆ ด้วยการทำให้ sintering พื้นผิวและเคลือบด้วยผง spherical titanium, treat ผิวด้วย leaching agent (nitric acid, hydrofluoric acid, hydrochloric acid, sulfuric acid), พ่นหรือเป่าผิวให้ขรุขระด้วยผง aluminium oxide, tricalcium phosphate หรือ titanium dioxide ขนาดต่างๆ ตั้งแต่ 25-250 ไมครอน เพื่อส่งเสริม cellular activity และ bone-to-implant contact (BIC) บริษัทผู้ผลิตต่างๆ ผลิตรายจำหน่ายโดยให้ชื่อต่างกันออกไป เช่น Endopore (Innova Corp, Toronto, Ontario, Canada), TiOblast (Astra Tech), SLA (ITI), Osseotite (Implant Innovations), Osteo (Osteo Implant Corp, New Castle, PA) etc. TPS process คิดค้นโดย ITI โดยการใช้ molten drop of metal พ่นให้เชื่อมกับผิว implant ด้วยความเร็วสูงให้ความหนาประมาณ 0.3-0.4 มม. เพื่อเพิ่ม surface area สำหรับ bone attachment ให้มากขึ้น แต่ผลจากการวิจัยของ ITI เกี่ยวกับ surface characteristics ได้เปลี่ยนจุดสนใจจาก TPS-coated implant มาเป็น sandblasted, acid-etched surface (SLA) ซึ่งจะให้เปอร์เซ็นต์ของ BIC เพิ่มขึ้นเป็น 55% เปรียบเทียบกับ TPS (37.5%)

มีการนำ hydroxyapatite มาเคลือบผิว implant โดยใช้ plasma-spray technology ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติ bioactive และ osseoconductive สูง ผลคือจะให้ bone bonding เร็วและมากกว่า, hydroxyapatite coating MP-1 (Sulzer Calcitek) ใช้ pressurized hydrothermal post-plasma-spray process ซึ่งจะเพิ่ม crystalline HA content จาก 77% เป็น 96% มี amorphous

content 4% ในขณะที่ products ของบริษัทอื่นมี crystalline content เพิ่มจาก 45% เป็น 73% MP-1 coating จะมีอัตราการละลายตัวใน pH ต่างๆ ลดลงอย่าง มีนัยสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงทาง surface technology ที่น่าสนใจเมื่อไม่นานมานี้ คือ การนำพื้นผิวที่แตกต่างกันสองชนิดหรือมากกว่ามารวมไว้บน implant ตัว เดียวกัน ด้วยเหตุผล คือ ต้องการปรับปรุง soft tissue response , stability และ attachment ที่มีระหว่าง cortical bone และ machined หรือ etched coronal implant surface และให้มี mechanical interlocking ที่มากขึ้นใน medullar bone กับ roughened, TPS หรือ HA surface ในส่วน middle ถึง apical portion ของ implant

การเชื่อมต่อระหว่างหลักยึด (abutment) และ รากฟันเทียม (The Abutment Connection) สามารถแบ่งออกได้หลายรูปแบบ โดยพื้นฐานแล้วแบ่งได้ดังนี้

1. One- and 2-piece flat-top
2. One- and 2-piece conical shouldered
3. UCLA-type plastic castable
4. UCLA machined/plastic cast to cylinders
5. UCLA gold sleeve castable
6. One-piece fixed post
7. Two-piece fixed shouldered
8. Preangled fixed
9. Telescopic millable post
10. Ceramic
11. Single-tooth direct connection
12. One- and 2-piece overdenture abutments

ระยะแรก connection มีลักษณะเป็น sleeve ความยาวหลายขนาดติดกับ implant ด้วย connecting screw (abutment screw) หรือ 1-piece extensions with flat or conical tops เนื่องด้วย ความสนใจช่วงแรกมุ่งไปที่การบูรณะคนไข้สันเหงือกทั่วทั้ง ปาก ซึ่งต้องใช้ implant หลายตัวและต้องการให้มี transition zone เพื่อให้่ายต่อการ เชื่อมตัว fixture ด้วย metal bar superstructure (fixed or removable) restorations ที่ ได้มีลักษณะคล้ายเส้าปัก ใช้งานได้ดีแต่มีข้อจำกัดด้านความสวยงาม

ระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก completely edentulous arch มาเป็น fixed partial denture(FPD) ส่งผลให้เกิดการพัฒนา 2-piece conical abutments จะมี

coronal area เข้าไปใกล้ implant interface มากขึ้นและออกแบบ abutment ให้เป็นมุมได้ การใช้ UCLA connection เท่ากับเป็นการกำจัดการใช้ intermediate transmucosal connection และปรับปรุงด้านความสวยงาม โดยได้เปลี่ยนแปลง all-machined metal cast มาเป็น cylinder, a machined interface with a plastic burnout extension และ all plastic castable sleeves มีรูปแบบทั้งมีหรือไม่มีส่วน antirotation แต่อย่างไรก็ตามยังคงพบปัญหาที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ การมีช่องเปิดสำหรับ screw access และจะเป็นปัญหามากโดยเฉพาะกรณีที่แนวมุมเปลี่ยน จึงมีการพัฒนาขึ้นอีกแบบหนึ่ง คือ hexagonal body with a low profile shoulder (เช่น CeraOne, Noble Biocare, และ STA, Implant Innovations) ซึ่งใช้สำหรับ single unit cemented restorations การเปลี่ยนแปลงนี้ช่วยกำจัดการไม่สวยงามของ screw access channel และให้ porcelain-to-metal occlusal interface อยู่คงทนขึ้น จากแนวคิดของ UCLA มีการผลิต custom cast abutment คือ AurAdapt (Noble Biocare) และ Aurabase (Friadent, Irvine, CA) ซึ่งจะเลียนแบบ natural tooth cervical profile ได้ และใช้ได้ในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม มีความสูงของ soft tissue จำกัดเพื่อซ่อน facial metal collar

ปัจจุบันมีทั้ง machined 1- and 2-piece straight and preangled cementable abutments เหตุผลในการเลือกใช้ เนื่องจากความง่าย (simplicity) และความสวยงาม ตัวอย่างเช่น Angled Esthetic Abutment (Steri-Oss) และ MH-6 (Friadent)

มีการพัฒนา implant abutment design เพื่อความสวยงามกรณี single tooth implant คือ ceramic abutment ปัจจุบันมีให้เลือก 3 แบบ คือ CerAdapt (Noble Biocare) มีลักษณะเป็น internally hexed high-strength aluminium oxide cylinder แล้วจึง preparation เหมือนฟันธรรมชาติด้วยหัวกรอ diamond และน้ำ ด้วยธรรมชาติของ ceramic ซึ่งเปราะและ ceramic sensitive จึงต้องใช้ความระมัดระวังในการทำงานเพิ่มขึ้น ยึดอยู่กับ implant ด้วย abutment screw แรงขนาด 32 Ncm หลังจากนั้นจึงนำ ceramic crown มายึด (cement) เมื่อ ceramic และ โลหะสัมผัสกัน มีแนวโน้มว่าโลหะจะสึกกรุด โดยจะเกิดเมื่อ aluminium oxide สัมผัสกับ titanium implant body และ gold alloy screw ซึ่งบริเวณที่เป็นปัญหามากที่สุด คือ อาจเกิดการหมุนของ hexagonal ในระหว่างการ seat และ reseat abutment, CeraOne abutment (Noble Biocare) มี prefabricated aluminous oxide cap ใช้เป็น core ของ all ceramic crown, restoration ที่ได้ยึดกับ titanium abutment ด้วย permanent cement, abutment ลักษณะนี้จะไม่ทำให้เกิด ceramometal abrasion ที่ screw seat และ implant interface, ceramic abutment อีกลักษณะหนึ่ง คือ Cerabase (Friadent) มีลักษณะ

เป็น high strength ceramic cylinder abutment มี all ceramic crown ยึดติดกับ ceramic abutment ได้ด้วย permanent cement หรือ screw-retained

Removable implant supported restoration component มีหลายลักษณะ, 2 piece machined cast หรือ plastic sleeves for direct connection to implant, 1- or 2-piece conical abutment, or 1- or 2-piece ball retention devices โดยที่ตัว ball abutment มีความสูงให้เลือกหลายขนาดให้เหมาะสมกับความหนาของ tissue และเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ ตามขนาด retention caps บางบริษัทมี magnet retention และ Zaag-type attachments

A Critical Look at the Implant/Abutment Interface

ในปัจจุบันมี รูปร่างของ implant/abutment interface ประมาณ 20 ชนิด เป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งในการกำหนด joint strength, joint stability, locational and rotational stability ซึ่งหมายถึง prosthetic stability, ตั้งแต่เดิมส่วน external hexagonal ใช้บนระยะ completely edentulous arch implant ทุกตัวจะถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วย rigid metal superstructure เพื่อให้เกิด long-term stability ต้องทำให้ framework มี accurately fitting, ใน partially edentulous และ single tooth applications ส่วน interface และ connecting screw จะได้รับแรงที่มีความรุนแรงมากกว่าทั้ง lateral bending loads, tipping และ elongation ซึ่งเป็นผลให้เกิด joint opening และ screw loosening การที่มี external geometry ที่สั้นและแคบจะไม่คงทน เนื่องจากจะไปจำกัดการยึดจับกับ external member และเกิด short fulcrum point เมื่อได้รับ tipping forces, Branemark แนะนำให้ external hex มีความสูงอย่างน้อย 1.2 มม. เพื่อให้เกิด lateral and rotational stability โดยเฉพาะใน single tooth applications ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาของ hexagonal screw joint คือ เกิด screw loosening มีรายงานไว้ว่ามีตั้งแต่ 6-48%

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา บริษัทผู้ผลิตใหญ่ๆทุกบริษัทต่างก็ผลิต torque wrenches เพื่อให้มี specific torque application ต่อ abutment screws แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถกำจัดปัญหาได้หมดสิ้น ปัญหาที่พบได้อีกในคลินิก คือ rotational misfit ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการ transfer abutment จาก working cast analog สู่อ่างปาก บริษัทผู้ผลิตจึงพยายามปรับปรุง tolerances ของ hex, hex ที่มีความกว้างและความสูงเพิ่มขึ้น จะช่วยลดปัญหานี้ได้ Swede-Vent TL (Paragon Implant Co, Encino, CA) ออกแบบให้เพิ่ม 1.5% taper ในส่วน hex flat และมี close-tolerance hexagonal abutment recess ยึดกับ hex อย่าง friction-fitted อีกบริษัทได้ออกแบบให้เพิ่มส่วน microstops ที่มุมของ abutment hexagonal (ZR Abutment, Implant Innovations Inc.)

ด้วยข้อจำกัดของ external hexagonal connection จึงมีการออกแบบ connection รูปแบบอื่นๆ เช่น cone screw, cone hex, internal octagonal, cylinder hex, Morse taper, spline, internal spline, resilient connection แต่ว่า internal octagonal connection (Omniloc, Sulzer, Calcitek) และ resilient connection (IMZ) ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจาก octagonal design นั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กและสูงเพียง 0.6 มม. มีลักษณะคล้ายทรงกลม จึงมี rotational and lateral resistance น้อย ส่วน IMZ resilient connecton จะใส่ polyoxymethylene เพื่อจำลองเป็น periodontal membrane และเป็น buffer implant loading แต่มีปัญหาด้านการ maintenance จึงไม่เป็นที่นิยมและมีการออกแบบใหม่โดยใช้โลหะ insert เข้าไปแทน

External connection ที่แตกต่างไปจาก hex คือ external octagon และอีกชนิดหนึ่งที่มีส่วน parallel key or splines, external octagon เป็น 1-piece narrow diameter (3.3 mm. And 3.5 mm.)(ITI Narrow Neck) ใช้สำหรับพื้นหน้าล่าง มี lateral and rotational resistance ดีมากและ strength ดี The Spline implant connection (Sulzer, Calcitek) จะมี 6 parallel keys(splines) abutment มีลักษณะ mirror image ถูกออกแบบให้ fail ก่อนที่จะมีการทำลายตัว implant, Spline มี 2 รูปร่าง 3 platforms 4-mm and 5-mm. Platforms จะมีรูปร่างเหมือนกัน แข็งแรงและ stable และมี rotational movement and screw loosening เพียงเล็กน้อย แต่รูปร่าง spline ของ 3.25 mm. จะแตกต่างออกไป spline จะบางและเล็กกว่าประกอบกับ platform แคบ จึงทำให้อ่อนแอ ไม่คงทน

Internal interface design จะมีความสูงของ platform สำหรับ restorative components ลดลง, มีการกระจาย lateral load ลึกลงไปภายในตัว implant, abutment screw ได้รับการป้องกันอยู่ภายใน, มี long internal wall ทำให้เกิด stiff, unified body ด้านการเกิด joint opening, มีผนังที่ engage กับ implant ด้านการเกิด vibration, เกิด microbial seal, มี flexibility สูง, รอยต่อของ restoration อยู่ต่ำเกิดความสวยงามมากกว่า

The cone screw taper connection มีต้นกำเนิดจากกลุ่ม ITI ใน Switzerland ด้วยเหตุผลที่ว่า internal taper connection จะให้ sound, stable and self-locking interface การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นพร้อมกับ design ชนิดนี้ คือ 1-stage surgical protocol ส่วน connection เรียกว่า Morse taper มุมที่สัมผัสกันระหว่าง component parts คือ 8 องศา (ซึ่ง true Morse taper มีค่า 2 และ 4 องศาและมีลักษณะ self-locking โดยไม่มีเกลียว) ยังเป็นที่สงสัยกันว่าเมื่อเอียง 8 องศาแล้ว ส่วน connection จะยังคงอยู่ติดกันหรือไม่ อย่างไรก็ตามการรวมเอา stabilizing element สองอย่างไว้ด้วยกันส่งผลให้เกิด strong, stable, predictable connection

Conical connections จะต้องมีการ precise machining and tolerances, abutment มี 2 แบบคือ abutment สัน "octa" จะ engage กับ external implant bevel และใช้กับ screw retained restoration อีกแบบหนึ่งเป็น straight post ดัดแปลงให้ใช้กับ cemented restoration รูปร่างของ joint ไม่มีคุณสมบัติ antirotation, ขึ้นกับการใช้ tightening torque ที่เหมาะสม และที่สำคัญที่สุด ขึ้นกับ frictional resistance ของ tapered walls ถ้ายังมีผนังยาวจะช่วยป้องกัน screw และเพิ่ม resistance ต่อ screw loosening

Cone screw connection ของ Astra Tech มี 11 degree taper รูปร่างของ abutment จะแตกต่างออกไป คือ ไม่ engage external bevel of implant และมีความยาวหลายขนาด เอียง 20 และ 45 degree ส่วน 11 degree connection นี้ขึ้นกับ screw and frictional resistance ทั้งหมด

ถ้าเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่าง conical and external hex butt joint, conical joint จะแข็งแรงกว่า 60% เทียบจาก cone screw ต้องใช้ loosening torque มากกว่า

Internal hexagonal configurations มีหลายแบบ หลากหลายตามลักษณะ interface และความเป็นเอกลักษณ์ ยุคแรกเป็น slip-fit connection มี male hex ยื่นจาก abutment ช่วยลดความสูงของ restorative platform และการ seat components ง่ายกว่า ต่อมาผลิตให้ hex มีความยาวมากขึ้นและเอียง 1 องศา (ScrewVent, Paragon Implant) ให้เกิด friction fit

Internal design ใหม่ที่เพิ่งเข้าตลาดมา คือ Replace Select (Noble Biocare) มี tube ยื่นออกมา (deep cam tube) ช่วยให้เกิด lateral stability ที่ดีมาก เป็น index ช่วยให้การ seat ทำได้สะดวกขึ้น อีกยี่ห้อหนึ่ง คือ Camlog (Altatec Biotechnologies, Irvine, CA) มีในตลาดยุโรป เพียงช่วงเวลาสั้นๆ จะมี deep cylinder cam ซึ่งจะ engage เข้าไปใน internal wall ของ implant มีรายงานว่าแข็งแรงกว่า external hex design 60% lateral cam ทั้งสามจะเป็น index และ antirotation, ตัว implant body มีลักษณะ hybrid โดยจะมีเกลียวที่ superior one-third ด้วย ปัจจุบันนี้ไม่พบว่ามีข้อมูลของ implant ตัวนี้ออกมาจากบริษัทผู้ผลิตและในบทความใดๆ เลย

A true Morse tapered implant connection (Bicon, Boston, MA) ไม่มีเกลียว abutment เอียง 1 ถึง 2 องศา seat ลงไปในตัว implant จะต้องทำให้ abutment post และ implant shaft สะอาดและแห้งเพื่อให้ได้ frictional resistance ที่เหมาะสมและมี resistance ต่อการหลุดมากที่สุด เนื่องจากไม่มีองค์ประกอบที่เป็น index ดังนั้นการถ่ายถอดตำแหน่ง abutment ที่แน่นอนต้องทำซ้ำหลายๆ ครั้ง ทางบริษัทผู้ผลิตแนะนำวิธีการถอด abutment ด้วยการใช้นิ้วจับ twist and turn

Abutment Screw Design

เนื่องจากต้องการกำจัดปัญหา joint instability จึงมีการพัฒนา abutment screw เพื่อให้รับ preload ได้มากและเกิด friction น้อยที่สุด โดยจะมีความยาวของก้าน screw เพิ่มขึ้นเพื่อให้เกิด elongation สูงสุดและมีเพียง 6 เกลียวเพื่อลด friction, เมื่อ torque ที่ใส่เข้าไปเปลี่ยนเป็น friction และ heat น้อยลง จะช่วยให้รับ preload ได้มากขึ้น

friction resistance ที่เกิดขึ้นระหว่าง titanium ของ implant threads และ titanium ของ screw threads เป็นผลให้เกิด "galling" คือ การเกิด adhesive wear ระหว่างการเคลื่อนผ่านของวัสดุที่เหมือนกันสองพื้นผิว ซึ่งจะจำกัด preload characteristics ของ titanium screw ต่อมาจึงผลิต gold-alloy screw

Gold-alloy screws มีค่า coefficient of friction ต่ำกว่า, ชันให้แน่นได้มากกว่าเพื่อรับ preload ได้มากกว่า, ไม่ยึดติดกับ titanium, รับ preload ได้มากกว่า 890 N ที่ 75% of yield strength (มากกว่า titanium screw 2 เท่า) ในปัจจุบัน gold screw มี gold ผสมอยู่ตั้งแต่ 64.1 ถึง 2% มีค่า yield strength 1270 ถึง 1380 N การใช้งานต้องระวัง เนื่องจากเกลียวจะ deform ได้ง่าย จึงแนะนำว่าควรใช้ gold screw ในขั้นตอน final clinical placement เท่านั้น

มีพัฒนาการเคลือบ screw ด้วย dry lubricant เพื่อลด frictional resistance ตัวที่เด่นที่สุด คือ TorqTite (Noble Biocare) และ Gold-Tite (Implant Innovation) TorqTite จะเคลือบด้วย Teflon ลด frictional coefficient ได้ถึง 60% พบว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการได้รับ preload มากขึ้นโดย cost ต่ำกว่า gold screw ส่วน Gold-Tite จะเคลือบ standard gold alloy screw ด้วย 0.76 micron pure gold พบว่าเพิ่ม preload ได้ 24% ด้วย tightening torque 32 Ncm ถึงแม้จะมีค่าตัวเลขที่คำนวณออกมาได้ แต่มี tests อีกจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่าง lubricated and unlubricated screw สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่ง คือ ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกของ coated screw กับการขัน screw ซ้ำๆ

Wide- and Narrow-diameter Implants and Platforms

ต้นกำเนิดของ wide-diameter implant มาจาก hollow-basket design of ITI และ Vent-pant (3M health Care) โดยตั้งใจจะใช้ threaded screw กรณีที่บริเวณที่เตรียมกระดูกเกิด oversized และเหมาะสมมากบริเวณพื้นหลังซึ่งต้องการ greater stability และ resistance ต่อแรงบิดเคี้ยว รูปร่างเป็นแบบ straight of taper screw, trapezoidal cylinder, step cylinder, hybrid cylindric taper screw

Implant body ที่กว้างขึ้นจะเพิ่มพื้นที่สำหรับการเกิด integration และแรงต่อ bone-implant interface ลดลง, ลด load ที่ transfer ไปยัง neck of implant และ crest of ridge เท่ากับลดโอกาสการเกิด bone loss, wide platform เพิ่ม abutment stability โดยเป็นการลดแรงที่ลง occlusal table และ abutment screw และยังทำให้ได้ emergence profile ใกล้เคียงฟันธรรมชาติ

กรณีใส่ implant แทนที่ฟัน lateral incisors และ mandibular incisors ต้องการ narrow-diameter implant ขนาดเล็กที่สุดมีค่า 3.25 mm.(hex) และ 3.3 mm. (octagon) เมื่อขนาด platform ลดลง external male part จะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ lateral stability and strength ที่เพียงพอ แต่ Spline 3.25 mm เป็นข้อยกเว้น เนื่องจากมี keys สำหรับ internal engagement เป็นการยากที่จะทำเป็น narrow platform เนื่องจากมีความหนาของ wall thickness จำกัดและมีโอกาสเกิด fracture ได้ internal engagement ตัวที่แคบที่สุดในตอนปัจจุบันนี้ คือ 3.5 mm Astra implant

Thread Design

Original Branemark screw (1965) มีรูปร่าง v-shaped เพื่อให้ใส่ลงใน threaded osteotomy ที่เตรียมไว้ ต่อมาในปี 1983 ดัดแปลงเป็น self-tapping implant สำหรับ soft bone ที่ไม่ได้ pretapped ไว้ก่อน ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มจำนวนและมุมของ cutting threads, conical tip with 3 cutting edges, larger bone chip chamber บางบริษัทดัดแปลง basic v-shaped ให้ใส่ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพดีขึ้น บางบริษัทใช้ reverse buttress thread ที่มี thread pitch ต่างๆ กันและตื้นขึ้นเพื่อให้มีการกระจายแรงดีขึ้น, square thread มีมุมเอียง 3 องศา จะลด shear force ได้ 10 เท่า ขณะเดียวกันช่วยเพิ่ม compressive load (ซึ่งกระดูกจะตอบสนองต่อแรงชนิดนี้ได้ดี) เมื่อไม่นานมานี้มีผู้เสนอ rounded thread design เนื่องจากเหนียวน่าให้เกิด osteocompression สำหรับใช้ใน immediate loading อย่างไรก็ตามการลองใช้ในคลินิกเป็นสิ่งสำคัญก่อนที่จะมีการให้ข้อสรุปที่ definite ลงไป

ปัจจุบันนี้มี implant body ให้เลือกใช้มากกว่า 1300 ชนิด 1500 abutment แตกต่างกันไปทั้ง material, shape, size, diameter, length, surface และ interface geometry ทันตแพทย์จะเลือกใช้ชนิดใดควรจะต้องพิจารณาสีธรรมชาติ, จรรยาบรรณ, ข้อมูลความจริงในการโฆษณาาร่วมด้วย แต่ละชนิดมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน มีข้อจำกัดในการใช้งานต่างกัน ดังนั้นคณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า ก่อนเลือกใช้รากฟันเทียมระบบใด ควรพิจารณาถึงข้อควรคำนึง ดังนี้

1. predictable osseointegration
2. มี controlled clinical studies ที่ถูกต้องติดตามนาน 5 ปีหรือมากกว่าใน different bone quality, loading, restorative situations
3. มี surface interaction กับกระดูกดี
4. prosthetic flexibility and applications
5. cost-effectiveness ในแง่ คุณภาพและราคา
6. excellent tolerances
7. tissue friendly / interface seal
8. interface stability / screw stability
9. ผู้ใช้คุ้นเคย ทำศัลยกรรมง่าย, ทำ restorations ง่าย
10. optimal emergence profile and esthetics

2.2.2 ขนาดของรากฟันเทียมที่มีความเหมาะสมกับกายวิภาคและสรีระวิทยาของคนไทย

ถ้าพิจารณาถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของฟันธรรมชาติโดยเฉลี่ยของคนไทย^{3,4} เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ Dr. GV Black⁵ ได้ทำการวัดจากฟันของคนอเมริกัน, อเมริกันอินเดีย, คนแอสกีโม, คนมองโกเลีย และคนมาเลเซีย พบว่าค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของฟันจะใกล้เคียงกัน ตัวอย่างเช่น ในคนไทย ฟันหน้าบนซี่แรกและซี่ที่สอง จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวกว่าค่าของ Dr. Black อยู่ 0.16 ม.ม.³ ส่วนซี่เขี้ยวบนของคนไทยจะเล็กกว่าค่าของ Dr. Black เล็กน้อย³ แต่จากค่าเฉลี่ยจากการวิจัยของ ศาสตราจารย์ประพันธ์ ไบจาพลา⁴ ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของคนไทยจะใหญ่กว่าค่าของ Dr. Black อยู่ 0.48 ม.ม. ค่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของฟันกรามน้อยบนในคนไทย จะใหญ่กว่าค่าของ Dr. Black ประมาณ 0.4-0.5 ม.ม. ในฟันเขี้ยวล่าง ค่าของคนไทยจะใหญ่กว่า ค่าของ Dr. Black ประมาณ 0.26 ม.ม. ในฟันกรามน้อยล่าง ค่าของคนไทยจะใหญ่กว่าค่าของ Dr. Black ประมาณ 0.3-0.4 ม.ม. จึงไม่เป็นที่แปลกใจเลยว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากฟันเทียมที่ใช้ในปัจจุบันกับคนอเมริกันสามารถใช้กับคนไทยได้ดี ถ้าพิจารณาในกรณีที่น่ารากฟันเทียมมาฝังลงในขากรรไกรที่ไม่มีฟันธรรมชาติเหลืออยู่ ขนาดของรากฟันเทียมที่จะฝังลงในขากรรไกรผู้ป่วยจะขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของกระดูกของผู้ป่วยที่เหลืออยู่ สามารถเลือกใช้ได้ทั้งขนาดเล็ก ขนาดมาตรฐาน และขนาดใหญ่ รวมทั้งสามารถเลือกความยาวได้ตามต้องการ แล้วแต่ปริมาณและคุณภาพของกระดูก แต่ถ้าพิจารณาถึงการ

นำรากฟันเทียมมาฝังลงในตำแหน่งของฟันธรรมชาติที่หายไปบางซี่จะต้องคำนึงถึงเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของฟันธรรมชาติเดิมที่สูญเสียหายไป ในปัจจุบันถ้าพิจารณาเลือกใช้รากฟันเทียมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดมาตรฐาน 3.75 มม. จะต้องเว้นที่ห่างจากฟันธรรมชาติที่ประชิดกันข้างละ 1 มม. ดังนั้นจะต้องมีช่องว่างประมาณ 6 มม. จึงจะฝังรากฟันเทียมลงไปได้ แต่จากการประชุมนานาชาติในช่วงปี พ.ศ. 2543 ที่เพิ่งผ่านมา รศ.นพ.สิทธิชัย ทัดศรีซึ่งเป็นผู้หนึ่งที่ร่วมอยู่ในโครงการวิจัยนี้ได้เข้าร่วมประชุม เมื่อเดือน พฤษภาคม ที่เมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย งาน Team day ของบริษัท Nobel Biocare และ เมื่อเดือนตุลาคม ที่ประเทศเกาหลี งาน International Asian Oral-Maxillo Facial Surgery มีแนวโน้มที่คล้ายกันคือการเว้นระยะห่างจากฟันที่ประชิดกันมากขึ้นกว่าเดิม เป็นข้างละ 1.5 มม. เพื่อให้อัตราของความสำเร็จในการรักษาสูงขึ้น มี initial fixation สูง และในปี พ.ศ. 2543 ที่เพิ่งผ่านมา Tamow, Cho และ Wallace⁶ ได้ลงพิมพ์ในวารสาร J Periodontol 2000 Apr;71(4):546-9 กล่าวถึง ระยะห่างระหว่างรากฟันเทียมที่ประชิดกัน สรุปว่าควรอยู่ห่างกันประมาณ 3 มม. เพื่อลดอัตราการละลายตัวของ crestal bone ดังนั้นจึงพอจะสรุปออกมาว่าแนวโน้มของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากฟันเทียมในปัจจุบันควรเล็กลงกว่าขนาดมาตรฐานปัจจุบัน 3.75 มม. เป็น 3.5 มม. เพื่อต้องการเพิ่มปริมาณของกระดูกที่อยู่ระหว่างรากฟันเทียมและรากฟันธรรมชาติที่อยู่ประชิดกัน เพื่อเพิ่มอัตราของความสำเร็จ และ initial fixation จึงเป็นที่มาของการกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากเทียมต้นแบบที่จะผลิตขึ้นเป็น 3.5 มม. ส่วนความยาวของรากเทียมต้นแบบที่กำหนดขึ้นเป็นขนาดที่ได้จากการสอบถามทันตแพทย์ผู้ทำงานเกี่ยวกับรากฟันเทียมในปัจจุบันว่าถ้าจะเลือกผลิตรากฟันเทียมต้นแบบสัก 1 ขนาดความยาว จะเลือกขนาดที่สามารถใช้ได้หลายตำแหน่งในช่องปาก เพราะการที่จะผลิตรากเทียมต้นแบบขึ้นมาหลายขนาดในขณะนี้ทั้งที่ยังไม่ได้มีผลสำเร็จยืนยันความคุ้มค่า จะเป็นการสูญเปล่าทั้งงบประมาณและแรงงาน ดังนั้นจึงเลือกที่จะผลิตขึ้นมาที่ความยาว 10 มม. เพียงขนาดเดียวก่อน ซึ่งจะเป็นขนาดที่สามารถใช้ได้โนบริเวณฟันกรามน้อยและฟันหน้าบน รวมทั้งฟันเขี้ยว กรามน้อยและกรามในอยู่ล่างได้อีกด้วย

2.3 กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ

จากการประชุมผู้ร่วมทำการวิจัยทั้งหมด เพื่อกำหนด wish list ของระบบรากเทียมระบบใหม่ เพื่อให้การออกแบบเป็นไปตาม หรือใกล้เคียงกับมิติที่ประชุมหัวข้อขององค์ประกอบที่สำคัญคือ

2.3.1 Material

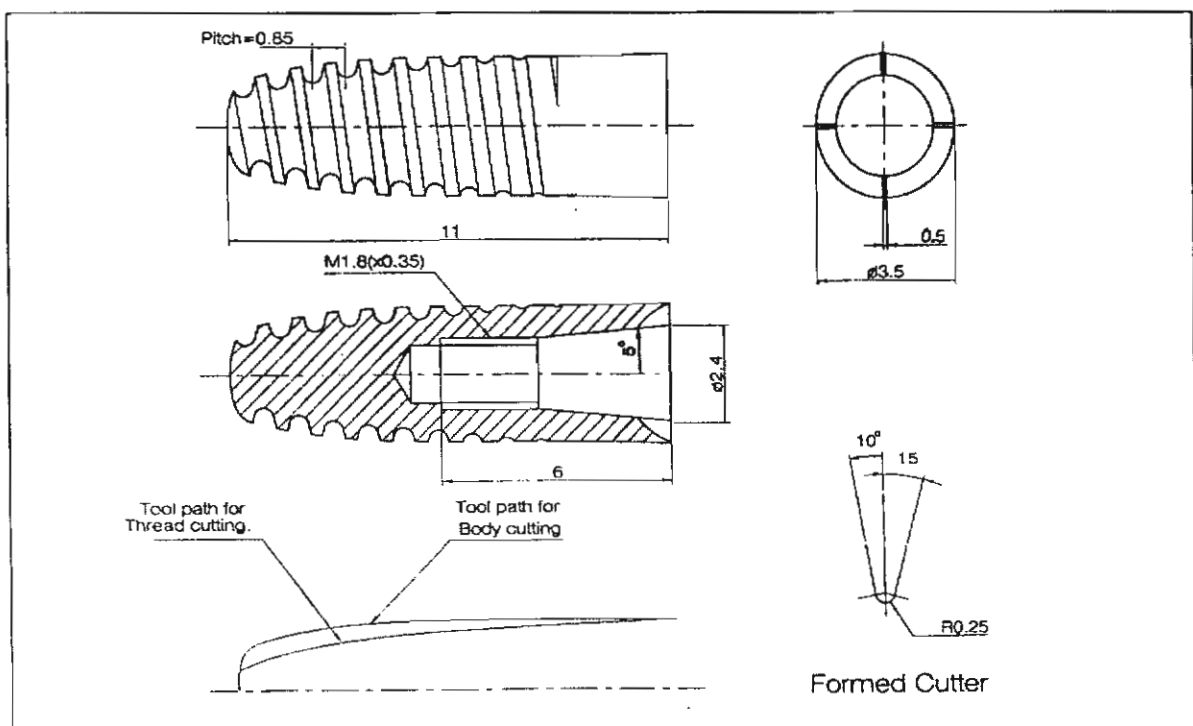
ใช้ Surgical grade titanium alloy Ti6Al4V ซึ่งเป็นวัสดุที่บริษัทที่ผลิตรากเทียมหลายบริษัทในตลาดใช้อยู่และประสบผลสำเร็จในปัจจุบัน เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติ biocompatibility กับเนื้อเยื่อได้ดี

2.3.2 Implant design

2.3.2.1 Fixture design

2.3.2.1.1 Thread design ดังรูปที่ 1

เป็นแบบที่ให้ stress distribution ไม่ที่ปลายรากมากกว่าบริเวณส่วนที่ใกล้ผิวกระดูก เพื่อลด หรือป้องกันมิให้เกิดการละลายของกระดูกบริเวณส่วนที่ใกล้ผิวกระดูก



รูปที่ 1 แสดงลายเส้นของการออกแบบเบื้องต้นของรากเทียม

2.3.2.1.2 Collar design ดังรูปที่ 1

2.3.2.1.2.1 dimension 3.5 มม.

ในขั้นแรกจะจัดทำรากฟันเทียมเฉพาะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มม. เท่านั้น เพื่อประหยัดงบประมาณ ทั้งนี้เพราะถ้าทำรากฟันเทียมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางหลายๆ ขนาดในปัจจุบันจะต้องผลิตอุปกรณ์เสริมเพื่อใช้กับรากฟันเทียมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันอีกเป็นจำนวนเท่าตัว จำเป็นต้องใช้งบประมาณมาก ต่อเมื่อรากฟันเทียมระบบใหม่นี้ได้รับความนิยมจนมีความต้องการใช้รากฟันเทียมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางหลายๆ ขนาดขึ้นในอนาคต จึงค่อยวางแผนการผลิตเพื่อสนองความต้องการเมื่อถึงเวลานั้น ทั้งนี้เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อการลงทุนสูญเสียเปล่าถ้าลงมือผลิตหลายๆ ขนาดในปัจจุบัน

รากฟันเทียมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มม สามารถนำมาใช้ได้หลายตำแหน่งในช่องปาก เช่น ฟันหน้าบน ฟันกรามน้อยบนและล่าง รวมทั้งฟันกรามใหญ่บนและล่างได้ด้วย

ปัจจัยสุดท้ายคือต้องการเพิ่มปริมาณของกระดูกส่วนที่อยู่ระหว่างฟันธรรมชาติข้างเคียงกับรากฟันเทียม เพื่อลดอัตราเสี่ยงของการกระดูกรากฟันธรรมชาติในขณะกรอกระดูกฝังรากฟันเทียม และเพิ่มความแข็งแรงให้แก่กระดูกที่อยู่ระหว่างรากฟันเทียมและฟันธรรมชาติ

2.3.2.1.2.2 type of finishing :-

polished surface ประมาณ 1 มม. เนื้อส่วนที่เป็น machined surface เพื่อให้ส่วน polished surface ฝังฟันกระดูกขึ้นมา 1 มม. เพื่อสะดวกต่อการทำงานของทันตแพทย์ที่ทำงานใส่ฟัน ทั้งนี้เพราะกระดูกจะเกาะติดกับผิวของรากฟันเทียมบริเวณที่ขรุขระซึ่งในที่นี้คือบริเวณที่เป็นส่วนของ machined surface เท่านั้น ส่วนที่เป็น polished surface จะไม่มีกระดูกมาเกาะติด ดังนั้นเมื่อทันตแพทย์ใส่ฟันมาทำงานต่อจากทันตแพทย์ผู้ฝังรากฟันเทียมจะทำงาน

ง่าย เพราะจะมีส่วนของหัวรากฟันเทียมโผล่พ้นแนวกระดูกขึ้นมา

การที่มี polished surface เพียงแค่ 1 มม. เป็นการเพิ่มพื้นที่ในแนวดิ่ง ในกรณีมี interocclusal space น้อย

2.3.2.1.2.3 no tissue collapse หลังจากการถอดส่วนต่อ

เพราะส่วนของbody ของรากเทียมอยู่เข้ามา

ข้างในจากขอบของรากเทียม ประมาณ 0.5

มม.โดยรอบ ดังนั้นเมื่อถอดส่วนที่ปิดส่วนหัวของราก

ฟันเทียมออกเพื่อทำการพิมพ์ปาก หรือสวมใส่

abutment อาจมีเหงือกบางส่วนมาปิดส่วนขอบๆของ

ส่วนหัวรากฟันเทียม แต่ส่วนที่ ทันตแพทย์ผู้ทำงานใส่

ฟันจะทำงาน จะไม่ มีส่วนของเหงือกมาปิด ทำให้การ

ทำงานเป็นไปอย่างราบรื่น

2.3.2.2 Abutment design

2.3.2.2.1 Abutment รูปร่างเป็นทรงสอบ ด้านข้างมีร่องเพื่อกันหมุน 3 ร่อง ส่วนฐานต่อกับส่วนที่จะไขเข้ายึดกับด้านในของรากฟันเทียม โดยจะโค้งลงและมีเกลียวที่ปลาย ดังรูปที่ 2

2.3.2.2.2 Abutment connection

2.3.2.2.1.1 air tight เพราะมีส่วนของabutment ส่วนที่ต่อ

กับ screw มีรูปร่างสอบ (taper)

2.3.2.2.1.2 tapered เพื่อความแน่นของการต่อเชื่อม และ

air tight เพื่อป้องกันมิให้เกิดการหมักหมมของเศษ

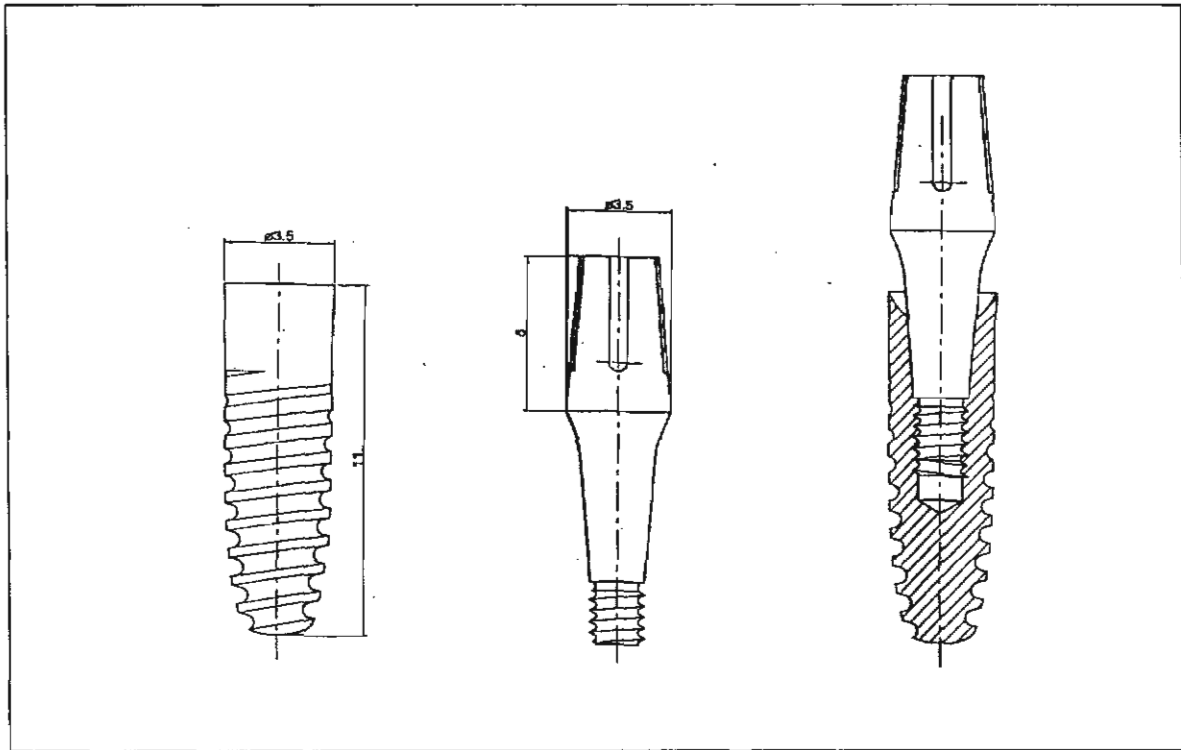
อาหาร และแบคทีเรีย อันอาจทำให้เกิดกลิ่น

2.3.2.2.1.3 big screw - no possible breakage เพราะ

ส่วนที่เป็น screw ใหญ่ทำให้ไม่แตกหักง่าย ซึ่ง

ถ้าแตกหักก็ง่ายต่อการแก้ไขกว่า screw ที่เป็น

ตัวเล็ก



รูปที่ 2 แสดงลายเส้นของการออกแบบเบื้องต้นของ abutment และการต่อเชื่อมระหว่าง รากเทียม และ abutment

2.4 ออกแบบเบื้องต้น

โดยเป็นผลงานร่วมกันระหว่าง คุณสมยศ ภูวกานต์ และ ผศ. สถาพร สุปรีชากร โดยจะนำบทสรุปขององค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ ที่ได้จากการประชุมร่วมกัน ของผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน นำมาออกแบบเสนอต่อที่ประชุมของผู้ร่วมทำการวิจัย เพื่อการตัดสินใจหาบทสรุปของการออกแบบ

ผลที่จะได้รับ

- การออกแบบเบื้องต้นของรากเทียมและ abutment เพื่อนำไปกะประมาณต้นทุนการผลิต ดังรูปที่ 1 และ 2

3. การศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย

เพื่อศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตรากเทียมทั้งระบบในประเทศไทย

วิธีการ ผู้วิจัยและคณะได้เดินทางไปยังหน่วยงานของรัฐและโรงงานของภาคเอกชนหลายแห่ง เพื่อศึกษาถึงขีดความสามารถของเครื่องจักรกลภายในประเทศของแต่ละหน่วยงานว่าจะสามารถผลิตรากเทียมตามการออกแบบเบื้องต้นที่กลุ่มนักวิจัยจะร่วมกันออกแบบได้หรือไม่

ผล หน่วยงานของรัฐที่กลุ่มนักวิจัยได้ทราบข่าวว่ามีเครื่องจักรกลที่มีแนวโน้มว่า
อาจจะผลิตรากเทียมขึ้นได้และได้เดินทางไปดูงาน ได้แก่

3.1 ภาครัฐ ได้แก่

- 3.1.1 ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบผลิตขั้นสูง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 3.1.2 AIT (Asian Institute of Technology)
- 3.1.3 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรม
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ภาคเอกชน ได้แก่

- 3.2.1 บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม
- 3.2.2 บริษัท A.L.K. Precision work Co., LTD.

รายละเอียดในการไปดูงานแต่ละแห่ง รวบรวมได้ดังนี้

3.1 ภาครัฐ

3.1.1 ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบผลิตขั้นสูง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 3.1.1.1 ผู้รับผิดชอบห้องปฏิบัติการ คือ รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ ภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล
- 3.1.1.2 สถานที่ตั้งห้องปฏิบัติการ
ตึกโคล้มโบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 3.1.1.3 ผลจากการสำรวจความสามารถของเครื่องจักรกลของห้องปฏิบัติการ
ห้องปฏิบัติการนี้จัดตั้งขึ้นเมื่อปี 2537 โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ได้รับบริจาค
จากรัฐบาลญี่ปุ่นภายใต้โครงการ JICA โดยมีจุดมุ่งหมายสองด้าน คือด้าน
หนึ่งเป็นศูนย์กลางเครื่องมือ CNC พื้นฐานสำหรับสนับสนุนงานวิจัยทาง

ด้านระบบ CAD/CAM (Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing) และการผลิตแม่พิมพ์ ส่วนอีกด้านหนึ่งคือเป็นหน่วยงานสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือภาคอุตสาหกรรมในเรื่องเกี่ยวกับการจัดตั้งระบบ CAD/CAM โดยอุปกรณ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตขั้นสูงจะประกอบด้วย

- a. CNC Turning Machine Center
- b. CNC Milling Machine Center
- c. CNC Milling Machine
- d. CNC Surface Grinder
- e. CNC EDM
- f. โปรแกรม CAD/CAM/CAE ได้แก่ CATIA, Machinist, Unigraphics, SolidWork และ SolidEdge.

อุปกรณ์เครื่องมือดังกล่าวของห้องปฏิบัติการระบบผลิตขั้นสูงนี้ จัดมาเพื่อสนับสนุนงานวิจัยทางด้านการผลิตชิ้นส่วนทางกล การผลิตแม่พิมพ์ที่มีพื้นผิวสลับซับซ้อน ที่ต้องอาศัยระบบ CAD/CAM เป็นตัวออกแบบและสร้าง และตัวจับชิ้นงานและจับมีดกัดจะเหมาะสำหรับงานที่มีขนาดใหญ่ในระดับหนึ่ง

สำหรับงานการทำชิ้นงานรากเทียมซึ่งมีขนาดเล็ก และส่วนใหญ่จะใช้งานกลึงเป็นหลัก นั้นหมายถึงจะต้องใช้เครื่อง CNC ที่มีตัวจับชิ้นงานจะต้องสามารถจับชิ้นงานขนาดเล็กได้ และขณะเดียวกันมีดกัดจะต้องมีขนาดเล็กเช่นเดียวกัน โดยทำงานที่ความเร็ว Spindle สูง แต่เครื่องมือ CNC ที่ทางห้องปฏิบัติการมีอยู่นั้นไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับงานเล็กขนาดเช่น ที่ใช้ผลิตรากเทียม ถ้าจะใช้เครื่องที่ทางห้องปฏิบัติการมีสำหรับผลิต จะต้องมีการดัดแปลงเครื่องอีกมากและไม่แน่ใจว่าความละเอียดจะยังคงได้หรือไม่

3.1.2 ห้องปฏิบัติการ Computer Integrated Manufacturing (CIM) ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย หรือ AIT (Asian Institute of Technology)

- 3.1.2.1 ผู้รับผิดชอบห้องปฏิบัติการ คือ Associate Prof. Dr. Erik L J Bohez
- 3.1.2.2 สถานที่ตั้งห้องปฏิบัติการ อยู่ที่ภาควิชา Mechanronic ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
- 3.1.2.3 ผลจากการสำรวจเครื่องจักรกลของห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ The Computer Integrated Manufacturing (CIM) Laboratory นี้ได้จัดตั้งขึ้นเป็นทางการเมื่อวันที่ 23 กันยายน ปี ค.ศ. 1991. จุดมุ่งหมายของห้องปฏิบัติการนี้คือเพื่อให้บริการทางด้าน Hardware และ Software ที่สนับสนุนในโครงการหลักสูตร Industrial System Engineering. นอกจากนั้นทางห้องปฏิบัติการยังให้การสนับสนุนทางด้านการเรียนการสอนและให้คำปรึกษาทางด้าน CAD, CAM, เครื่องจักร CNC, ระบบ MRP II และการจัดการโรงงาน อุปกรณ์เครื่องมือที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ CIM นี้ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้สำหรับการผลิตจริงและเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน ได้แก่

EMCO TURN242 Industrial

Production CNC Lathe

EMCO VMC200 CNC Vertical Machining Center for Universal Production

MAHO MH600E2 5-Axis Universal Milling & Boring Machine

EMCO Compact 5 CNC

EMCO F1 CNC

LVD CNC Press Brake

LVD CNC Waterjet Cutter

ZOLLER Tool Presetting System

Mondiale Gallic G-420 Industrial CNC Lathe

CNC CMM ZEISS

Mitsubhishi MoveMaster Micro Robot

EMCO CNC training system

CAD/CAM software including UNIGRAPHICS II, MasterCAM, AutoCAD,

EMCODRAFT CAD/CAM, CADMANB; MRP II software Micro-MAX

MRP, FOURTH SHIFT

DiCON DNC system, on PCs, workstations and mini-computer hardware platforms.

ห้องปฏิบัติการ CIM ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียก็มีลักษณะเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลกล่าวคือ เครื่องจักรอุปกรณ์ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับสนับสนุนงานวิจัยและการเรียนการสอน และไม่เหมาะสำหรับงานผลิตรากเทียมที่มีขนาดเล็ก เพราะอุปกรณ์เครื่องมือที่มีอยู่เหมาะสำหรับการผลิตชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า ถ้าจะนำมาผลิตรากเทียมคงต้องดัดแปลงกัน

อีกมาก กล่าวคือทั้งตัวจับชิ้นงานและตัวจับมีดกัด และคงจะเป็นไปไม่ได้ที่จะดัดแปลงเครื่องจักรดังกล่าว

3.1.3 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3.1 ผู้รับผิดชอบสถาบัน

คณะทำงานศูนย์ปฏิบัติการเทคโนโลยี CNC คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยวัฒน์ ชัยกุล เป็นประธานคณะทำงาน

3.1.3.2 สถานที่ตั้งสถาบัน

ถนน อิงศุวรรณ ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3.3 ซีดความสามารถของเครื่องจักรกลในห้องปฏิบัติการ

ผลงานการเดินทางไปสำรวจดูเครื่องจักรกลในสถาบัน

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมนี้มาจากหน่วยงานเดิมคือ โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งได้รับอนุมัติให้ดำเนินการตามมติคณะรัฐมนตรีตามหนังสือที่ ทม 0204/6785 ลงวันที่ 11 มีนาคม 2535 เพื่อเร่งแก้ปัญหาการขาดแคลนเทคโนโลยีและบุคลากรทางด้านเครื่องจักรกล CNC (Computerized Numerical Control) ระบบ CAD/CAM/CAE (computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineering) และเทคโนโลยีการผลิตสมัยใหม่ ทำให้ได้รับเงินกู้เพื่อพัฒนาการศึกษาในเบื้องต้นเป็นเงินงบประมาณสูงถึง 309.73 ล้านบาท ทำให้สถาบันสามารถจัดซื้อเครื่อง CNC, CIM (Computer Integrated Manufacturing) รวมทั้งโปรแกรม CAD/CAM/CAE ที่ทันสมัยได้หลายเครื่อง รวมทั้งมีบุคลากรผู้เชี่ยวชาญมาประจำเครื่องได้

ในปัจจุบันสถาบันประกอบด้วยแผนกปฏิบัติการหลัก 5 แผนก โดยแต่ละแผนกประกอบด้วยหน่วยปฏิบัติการต่าง ๆ ได้แก่

3.1.3.3.1. แผนกปฏิบัติการโพลีเมอร์

มุ่งเน้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องในระบบการใช้โพลีเมอร์ในการขึ้นรูป

3.1.3.3.2. แผนปฏิบัติการเครื่องจักรกลซีเอ็นซี และงานโลหะวัสดุ

แผนปฏิบัติการเครื่องจักรซีเอ็นซีและงานโลหะวัสดุ

ประกอบด้วยเครื่องจักรประเภทต่างๆ ที่หลากหลาย โดยเป็นเครื่องจักรใช้ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมชั้นนำซึ่งมีประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงแม่นยำสูง ในแผนปฏิบัติการเครื่องจักรซีเอ็นซีและงานโลหะวัสดุมีหน่วยปฏิบัติการต่าง ๆ ได้แก่ หน่วยปฏิบัติการงานกัดวัสดุ เป็นส่วนที่รับผิดชอบงานวัสดุในด้านการสร้างรูปทรงวัสดุ โดยการเอาเนื้อวัสดุออกโดยการใช้ คมตัดของมีดตัดที่หมุนกัดชิ้นงานที่ยึดติดอยู่กับแท่นเลื่อน งานที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ งาน ทำแม่พิมพ์ งานทำชิ้นส่วนเครื่องจักรทั้งที่เป็นโลหะ พลาสติกหรือไม้ ซึ่งเป็นงานที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิต โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักรที่สำคัญ ได้แก่

- เครื่องกัดซีเอ็นซี
- เครื่องจักรแบบยึดหมุน

3.1.3.3.2.1 หน่วยปฏิบัติการงานกลึงวัสดุ

หน่วยปฏิบัติการงานกลึงวัสดุ เป็นส่วนที่รับผิดชอบงานวัสดุในด้านการสร้างรูปทรงวัสดุโดยการเอาเนื้อวัสดุออกโดยให้คมตัดของมีดกลึงเคลื่อนที่ในขณะที่ชิ้นงานหมุนงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ งานทำผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนเครื่องจักรทั้งที่เป็นโลหะ พลาสติก หรือ ไม้ ซึ่งเป็นงานที่แพร่หลายอีกอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมผลิต โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักรที่สำคัญ ได้แก่

- เครื่องกลึงซีเอ็นซี

3.1.3.3.2.2 หน่วยปฏิบัติการงานโลหะแผ่น

หน่วยปฏิบัติการงานโลหะแผ่น เป็นส่วนที่รับผิดชอบงานแผ่นโลหะในด้านการเปลี่ยนรูปโลหะโดยการพับ ตัดให้เป็นรูปร่าง รวมถึงการบีมขึ้น รูปงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ งานทำบีมขึ้นรูป การทำชิ้นส่วนของงานพับ เช่น กล่อง ตู้ รวมถึงชิ้นงาน

แผ่นที่ต้องตัดเป็นรูปร่างต่าง ๆ โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักร ได้แก่

- เครื่องตัดโลหะแผ่น
- เครื่องพับโลหะแผ่น
- เครื่องปั๊มขึ้นรูปโลหะ

3.1.3.3.2.3 หน่วยปฏิบัติการงานกัดเซาะโลหะด้วยไฟฟ้า

หน่วยปฏิบัติการกัดเซาะโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นส่วนที่รับผิดชอบงานโลหะ ในด้านการสร้างรูปทรงโดยการกัดกร่อนโลหะออก ซึ่งอาศัยหลักการทำให้โลหะเกิดการหลอมละลายและหลุดออกจากเนื้อโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดหรืออิเล็กโทรด ซึ่งจะปล่อยกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการหลอมละลายของเนื้อโลหะหรือที่เราเรียกโดยทั่วไปว่า “การสปาร์ค” งานที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ งานตัดโลหะที่ต้องการความแม่นยำสูง งานทำแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปซึ่งเป็นส่วนของการทำตัวผู้ (Punch) และตัวเมีย (Die) และงานทำแม่พิมพ์พลาสติกในส่วนของตัวผู้ (Core) และตัวเมีย (Cavity) โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักร ที่เกี่ยวข้องคือ

- เครื่องตัดด้วยลวดไฟฟ้า
- เครื่องกัดเซาะด้วยไฟฟ้า

3.1.3.3.2.4. หน่วยปฏิบัติการงานเจียรไนโลหะ

หน่วยปฏิบัติการงานเจียรไนโลหะ เป็นส่วนที่รับผิดชอบงานโลหะในด้านการแต่งผิวเพื่อให้ได้ผิวที่มีคุณภาพดีเพื่อนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้แก่ งานชิ้นส่วนประกอบที่ต้องการความคลาดเคลื่อนต่ำ งานแต่งผิวหน้าเพื่อการประกบผิวของแม่พิมพ์ หรือขึ้นส่วนรูปทรงกลมที่มีการสวม เช่น การแต่งผิวภายในของกระบอกลูกสูบ เป็นต้น โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องได้แก่

- เครื่องเจียรในแนวราบซีเอ็นซี
- เครื่องเจียรในเพลากลมซีเอ็นซี
- เครื่องเจียรในคมตัด

3.1.3.3.2.5. หน่วยปฏิบัติการงานโลหะวัสดุ

หน่วยปฏิบัติการงานโลหะวัสดุ เป็นส่วนที่รับผิดชอบงานปรับปรุงคุณภาพของโลหะเพื่อให้มีความคงทนมากขึ้น การให้ความรู้ในด้านของคุณสมบัติวัสดุต่าง ๆ รวมไปถึงการ เลือกใช้อุปกรณ์ตัดที่เหมาะสมกับวัสดุที่ต้องการตัด นอกจากนี้ยังรับผิดชอบในเรื่องที่เกี่ยวกับอุปกรณ์การจับยึด หรืออุปกรณ์เสริมการจับยึด (Jig and Fixture) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเปลี่ยนงาน และจับงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการตัด การออกแบบตัวจับยึด การปรับปรุงโครงสร้างของเนื้อวัสดุ เป็นต้น โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องได้แก่

- เครื่องอบชุบแข็ง
- เครื่องอบอ่อน

3.1.3.3.3 แผนปฏิบัติการ CAD/CAM/ CAE

แผนปฏิบัติการ CAD/CAM/CAE เป็นแผนกที่มุ่งเน้นในการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในงานการออกแบบ การวิเคราะห์ การควบคุมการผลิตชิ้นงานและการสร้างชิ้นงานต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยีการขึ้นต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid Prototyping) รวมไปถึงการนำโปรแกรมไปช่วยในการผลิตแม่พิมพ์ของชิ้นงานจริง ๆ ออกมา ซึ่งประกอบด้วย

3.1.3.3.1 หน่วยปฏิบัติการ CAD/CAM/CAE I

หน่วยปฏิบัติการ CAD/CAM/CAE I เป็นหน่วยที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ทันสมัยและนิยมใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมชั้นนำ โดยมีโปรแกรมที่ใช้กับคอมพิวเตอร์พีซี (Personal Computer) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถและนิยมกันในอุตสาหกรรมขนาดเล็กไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดกลาง โปรแกรมที่ทางสถาบันฯ มีใช้ได้แก่

- AUTOCAD
- CADKEY
- CUTTING EDGE
- PERSONAL DESIGNER/ PERSONAL MACHANIST
- VERICUT
- MEGA CAD/CAM
- MSC/NASTRAN

3.1.3.3.2 หน่วยปฏิบัติการ CAD/CAM/CAE II

หน่วยปฏิบัติการ CAD/CAM/CAE II เป็นหน่วยที่ประกอบด้วยโปรแกรมที่ใช้กับคอมพิวเตอร์เวิร์คสเตชัน(Workstation Computer) เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถขั้นสูงมีความรวดเร็วและคล่องตัวในการออกแบบการแก้ไข และเป็นโปรแกรมที่มีใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่รวมไปถึงอุตสาหกรรมและอากาศยานโปรแกรมที่ใช้ประกอบด้วย

- Pro/ENGINEER
- UNIGRAPHIC
- I-DEAS
- CATIA

- STRIM 100
- MOLDFLOW
- MSC/PATRAN/NASTRAN/
- DYTRAN/MVISON
- CAMAX
- RASNA
- ANSYS/PRO FEA

3.1.3.3.3 หน่วยปฏิบัติการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็ว
หน่วยปฏิบัติการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็ว เป็นหน่วยปฏิบัติการที่ทำการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบที่ได้ทำการออกแบบจาก CAD เพื่อนำมาทำการทดสอบ หรือนำมาเป็นชิ้นงานตัวอย่าง โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- เครื่องขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วโดยใช้เส้นใยพลาสติก
- เครื่องขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วโดยใช้ความดันสูญญากาศ

3.1.3.3.4 แผนกปฏิบัติการงานวัดละเอียดและการควบคุมคุณภาพ
แผนกปฏิบัติการงานวัดละเอียดและการควบคุมคุณภาพ เป็นแผนกที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานรวมถึงความละเอียดของผิวงานและคุณภาพของงานที่ได้ทำการผลิตออกมา เพื่อให้ได้คุณภาพและมาตรฐานที่ต้องการ โดยมีหน่วยปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

3.1.3.3.4.1 หน่วยปฏิบัติการเครื่องมือวัดขนาดอย่างง่าย
หน่วยปฏิบัติการเครื่องมือวัดขนาดอย่างง่าย รับผิดชอบงานในส่วนที่เป็นการวัด ขนาดของชิ้นงานขึ้นพื้นฐาน หรือเป็นการตรวจสอบเบื้องต้นระหว่างกระบวนการผลิตงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ การตรวจสอบหน้างาน รวมถึงการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องมือและ

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- ไมโครมิเตอร์คาลิปเปอร์
- ไมโครมิเตอร์วัดรูใน
- เกจวัดความสูง
- ไดอัลเกจ

3.1.3.3.4.2 หน่วยปฏิบัติการเครื่องมือวัดขั้นสูง

หน่วยปฏิบัติการเครื่องมือวัดขั้นสูง รับผิดชอบงานในส่วนที่เป็นการตรวจสอบผิวชิ้นงาน เช่น ความเรียบผิว ความกลม และรูปทรง ของชิ้นรวม ถึงการวัดขนาดชิ้นงานที่ ซับซ้อน มีข้อมูลมาก และต้องการความละเอียดสูง งานที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ งานวัดรัศมีความโค้งของงานตรวจ ความหยাবผิว การวัดความกลมของชิ้นงาน การวัดขนาดพื้นเกลียวข้อต่อ การตรวจวัดขนาดชิ้นงานอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมาก ๆ งานตรวจวัดความบกพร่อง โครงสร้าง งานตรวจวัดพิสัยของชิ้นงาน

โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องมือและ

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- เครื่องวัดความกลม
- เครื่องวัดรูปทรง
- เครื่องวัดความหยาบ
- เครื่องวัดขนาดแบบสัมผัส
- เครื่องวัดขนาดแบบไม่สัมผัส

3.1.3.3.4.3 ทดสอบสมบัติวัสดุหน่วยปฏิบัติการเครื่องมือวัด

และทดสอบสมบัติวัสดุ รับผิดชอบ หน่วยปฏิบัติการเครื่องมือวัดและ ชอบงานในส่วนของการตรวจคุณสมบัติของวัสดุ ทั้งที่ผ่านและยังไม่มีผ่านกระบวนการผลิตเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กำหนด งานที่มี

ส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ งานตรวจสอบความ
แข็งของชิ้นงานที่ได้จากการชุบแข็งงานวัด
คุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานพลาสติก
เป็นต้น โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- เครื่องวัดความแข็ง
- เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของพลาสติก

- 3.1.3.3.4.4 หน่วยปฏิบัติการงานตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเพื่อให้ชิ้นงานที่ผลิตมีมาตรฐานและได้คุณภาพจึงต้องมีหน่วยปฏิบัติการงานตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเป็นส่วนรับผิดชอบในการตรวจสอบและหาจุดบกพร่องที่เกิดในชิ้นงาน หากไม่ได้คุณภาพผ่านออกไปรวมไปถึงการสอบเทียบเครื่องมือวัดและเครื่องจักรอีกด้วย โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้แก่
- เกจบล็อก(Gauge block)สำหรับสอบเทียบ
 - สเตปเกจ(Step gauge)สำหรับสอบเทียบ
 - เครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ(Dial gauge)
 - เครื่องวัดความเที่ยงตรงเครื่องจักรและอุปกรณ์

3.1.3.3.5 แผนกปฏิบัติการหุ่น

แผนกปฏิบัติการหุ่นยนต์และการควบคุมในระบบอุตสาหกรรม เป็นแผนกที่เป็นส่วนสำคัญและอบรมลักษณะองค์ประกอบโดยทั่วไปของหุ่นยนต์ที่ใช้กันในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่น่าเอาหุ่นยนต์มาช่วยเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน รวมไปถึงระบบและอุปกรณ์การควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง ในแผนกนี้ประกอบด้วย

- 3.1.3.3.3.5.1 หน่วยปฏิบัติการหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
หน่วยปฏิบัติการหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
รับผิดชอบงานด้านที่เกี่ยวข้องกับงานที่
ต้องใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาเกี่ยว
ข้องในระบบการผลิต เช่น การเขียน
โปรแกรมควบคุม การปรับเปลี่ยนหรือ
เพิ่มเติมอุปกรณ์เสริมที่ใช้ควบคู่กับตัว
หุ่นยนต์โดยในหน่วยปฏิบัติการนี้มี
เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องได้แก่
หุ่นยนต์เชื่อม
- 3.1.3.3.3.5.2 หน่วยปฏิบัติการระบบควบคุมเครื่องจักรกลซี
เอ็นซี
หน่วยปฏิบัติการระบบควบคุมเครื่องจักรกลซี
เอ็นซี รับผิดชอบงานอิเล็กทรอนิกส์ การ
วิเคราะห์ การตรวจสอบ ระบบควบคุมเครื่อง
จักรกลซีเอ็นซี การซ่อมแซมและรักษาวงจรไฟ
ฟ้าของระบบควบคุม รวมถึงใช้เป็นอุปกรณ์
สำคัญสำหรับงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ
การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องจักรอุปกรณ์
และเครื่องมือที่หน่วยมี ได้แก่
- ชุดควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี
 - ชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี
 - ชุดทดลองสเตปปีงมอเตอร์
 - ชุดทดลองเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง
 - ชุดเครื่องมือด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
 - ลอจิกอนาไลเซอร์
 - ออสซิลอสโคป
 - ดิจิตอลสโตเรจสโคป

3.1.3.4 ความสามารถในการผลิตรากเทียม

ด้วยขีดความสามารถของเครื่องจักรกลที่มีอยู่ในสถาบันในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตรากเทียมที่มีขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5-4 มม. ได้ และยังไม่มีแนวโน้มที่จะซื้อเครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตรากเทียมที่มีขนาดเล็กๆได้

3.1.3.4.1 ค่าใช้จ่ายในการทำ

ไม่สามารถคำนวณได้ เพราะไม่มีเครื่องมือที่จะผลิต

3.1.3.4.2 ความสะดวกในการติดต่อประสานงานระหว่างผู้ทำวิจัยและสถาบัน

3.1.3.4.2.1.1 ชื่อผู้ประสานงานติดต่อ

คุณเบญจมาศ จินตะเกษกรม หรือ
คุณศิริศักดิ์ สาลิกา

3.1.3.4.2.1.2 โทรศัพท์ 942-8566-71 ต่อ 105

โทรสาร 940-5414, 942-8568 ต่อ 105

E-mail : FENG. CNC @ NONTRI.KU.AC.TH

3.1.3.4.2.1.3 เวลาที่สะดวกในการติดต่อ

เวลาราชการ 8.30-16.00 น.

3.1.3.4.2.1.4 ความสะดวกที่ได้รับ ดี

3.2 ภาคเอกชน

3.2.1 บริษัท A.L.K. Precission work Co.,LTD.

3.2.1.1 ผู้รับผิดชอบ

ผู้จัดการโรงงาน คุณอนันต์ นาคชุม

ผู้จัดการสำนักงาน คุณณณกามาศ นาคชุม

3.2.1.2 สถานที่ตั้งโรงงาน

33/11 หมู่ 7 ถนนเพชรเกษม 73

แขวงหลักสอง เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

3.2.1.3 ประเภทของอุตสาหกรรม

บริการ ผลิตชิ้นส่วนที่มีความเที่ยงตรงสูง

3.2.1.4 ผลของการเดินทางไปสำรวจดูเครื่องจักรกลในโรงงาน

บริษัท เอ.แอล.เค. พร็ิซซัน เวิร์ค จำกัด เริ่มก่อตั้งเมื่อปี

พ.ศ. 2519 ภายใต้ชื่อเดิม "อนันต์โลหะกิจ"

ปี พ.ศ. 2533 ได้จดทะเบียนบริษัทกับการเปลี่ยนชื่อสถาน

ที่ประกอบเป็นการเป็น "บริษัท เอ.แอล.เค.พีริซัน เวอร์ค จำกัด"
สามารถผลิตงานคุณภาพที่มีความสลับซับซ้อนในแบบงานมีการ
ควบคุมคุณภาพการผลิตในทุกขั้นตอน เครื่องมือเครื่องจักรมีประสิทธิภาพ

ปี พ.ศ. 2535 ได้ย้ายสถานที่ประกอบกิจการมาอยู่ปัจจุบัน มีพื้นที่รองรับเครื่องมือเครื่องจักรทันสมัยมากขึ้น ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มากขึ้น ด้วยงบประมาณทั้งสิ้นกว่า 80 ล้านบาท ทำให้ได้เครื่องมือเครื่องจักรที่มีความเที่ยงตรงสูง เช่น เครื่องกลึง CNC-Lathe เพื่อทำการขึ้นรูปตัวมัด (MAZATROL T PLUS), CNC Milling (MAZATEC V-414), CNC TOOL Grinder 5 Axes, 6 Spindles, CNC – Wire Cut, เครื่องมือวัดและตรวจสอบคุณภาพด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง (TSK, Roundness Tester, ROND COM 30B), STARRETT SIGMA HB400 เป็นต้น แต่จุดเด่นของเครื่องมือกลของบริษัทที่เหมาะสมสำหรับการทำรากเทียมคือ

- 3.2.1.4.1 มีเครื่องกลึงที่สามารถทำงานขนาดเล็กที่มีความละเอียดสูง
- 3.2.1.4.2 มีเครื่อง Profile Projector ชนิดที่สามารถวัดความละเอียดเป็นระบบดิจิทัลทำให้สามารถทดสอบคุณภาพ ของชิ้นงานได้ละเอียดและสะดวก
- 3.2.1.4.3 เครื่อง Surface Texture สามารถตรวจสอบความละเอียดของผิวชิ้นงานที่ทำงานซึ่งมีประโยชน์มากในตรวจสอบ ผิวชิ้นงานขนาดเล็ก
- 3.2.1.4.4. มีอุปกรณ์ที่สามารถทำ Special Tool คือสามารถทำมีดกัดพิเศษที่มี Profile ของตามส่วนโค้งของตัวรากเทียมที่ออกแบบได้ ทำให้การผลิตชิ้นงานขนาดเล็กที่มีผิวสลับซับซ้อนเช่นตัวรากเทียมได้สะดวกและแม่นยำขึ้นมาก

3.2.1.5 ความสามารถในการผลิตรากเทียม

โรงงาน A.L.K มีศักยภาพในการผลิตรากเทียมได้ โดยมีเครื่องมือและบุคลากรที่สามารถดำเนินการผลิตรากเทียมได้ แต่ในทางปฏิบัติทางโรงงานยังไม่เคยทำรากเทียมมาก่อน เมื่อหัวหน้าวิศวกรประจำโรงงานได้เห็นถึงรากเทียมที่นำไปให้ดู สามารถบอกได้เลยทันทีว่าทำได้ ซึ่งทางกลุ่มนักวิจัยได้นำ Titanium rods มาให้ทางโรงงานลองทำดู จึงพบว่าทางโรงงานสามารถทำได้จริง

3.2.1.6 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

3.2.1.6.1 Low Volume Production

ไม่สามารถบอกราคาที่แน่นอนได้ ทั้งที่ได้พยายามติดต่อไปหลายครั้ง (ติดต่อ 4 ครั้งกว่าจะให้ลองกลงแท่งไทเทเนียมใช้เวลาประมาณเกือบ 2 เดือน พอได้รากฟันเทียมมา โทรไปขอราคาเกินกว่า 10 ครั้ง ทางโรงงานก็ไม่สามารถบอกราคาการผลิตได้)

3.2.1.6.2 High volume Production

ไม่สามารถบอกราคาที่แน่นอนได้

3.2.1.7 ความสะดวกในการติดต่อประสานงานระหว่างผู้ทำการวิจัยและแหล่งผลิต

3.2.1.7.1 ชื่อผู้ประสานงานติดต่อ

คุณชัยรัช ปิ่นสุวรรณ

บริษัท เอ.แอล.เค. พรินซ์เวิร์ค จำกัด

โทรศัพท์ (662) 444-1900-2

โทรสาร (662) 421-9799

E-mail alk 98 @ Ksc.th.com

3.2.1.7.2 เวลาที่สะดวกในการติดต่อ

เวลาราชการ

3.2.1.7.3. ความสะดวกที่ได้รับ

ปานกลาง

3.2.2 ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม

3.2.2.1 ผู้รับผิดชอบ

ผู้จัดการ คุณพ่ายพ เรืองแก้ว

3.2.2.2 สถานที่ตั้งโรงงาน

10 / 89 หมู่ 7 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม

เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

3.2.2.3 ประเภทของอุตสาหกรรม

บริการ ผลิตชิ้นส่วนที่มีความเที่ยงตรงสูง

3.2.2.4 ผลของการเดินทางไปสำรวจดูเครื่องจักรกลในโรงงาน

ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม เป็น ห.จ.ก. ที่ประสบความสำเร็จทางด้านผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ทางด้านทันตกรรมจำหน่ายอยู่แล้ว เช่น ป्लอกเข็มฉีดยาชา เหล็กงัดที่มีความแข็งแรงและมีความทนทานสูง เป็นต้น บริษัทนี้ถือว่ามีประสบการณ์ทางด้านการผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กที่มีความละเอียดสูง จุดเด่นของบริษัทนี้คือมีเครื่อง CNC Machine Center ที่สามารถทำงานได้ทั้งเป็นแบบ Turning Machine และแบบ Milling Machine นอกจากนั้นยังมีส่วนของการบ่อนวดดัดแบบเป็นแท่งซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานเล็ก ๆ จำนวนมาก ๆ ซึ่งมีอยู่ถึง 2 เครื่อง นอกจากนั้นยังมีบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านการผลิตชิ้นงานขนาดเล็กด้วย จึงนับว่ามีความเป็นไปได้ที่จะให้ทดสอบการผลิตด้วย

3.2.2.5 ความสามารถในการผลิตรากเทียม

บริษัทนี้มีศักยภาพในการผลิตรากเทียมได้ โดยมีเครื่องมือและบุคลากรที่สามารถดำเนินการผลิตรากเทียมได้ แต่ในทางปฏิบัติทางโรงงานยังไม่เคยทำรากเทียมมาก่อน เมื่อหัวหน้าวิศวกรประจำโรงงานได้เห็นถึงรากเทียมที่นำไปให้ดู สามารถบอกได้เลยทันทีว่าทำได้ ซึ่งทางกลุ่มนักวิจัยได้นำ Titanium rods มาให้ทางโรงงานลองทำดูจึงพบว่าทางโรงงานสามารถทำได้จริง และสามารถบอกราคาด้านทุนการผลิตได้

3.2.2.6 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

3.2.2.6.1 Low Volume Production

ราคาประมาณ 300 บาท ต่อการผลิต 500 ราก

3.2.2.6.2 High volume Production

ราคาใกล้เคียงกับ low volume production

3.2.2.7. ความสะดวกในการติดต่อประสานงานระหว่างผู้ทำการวิจัยและแหล่งผลิต

3.2.2.7.1 ชื่อผู้ประสานงานติดต่อ

คุณ พายัพ เรืองแก้ว (เจ้าของ)

ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์ (662) 416-8939

(662) 897-2921-2

โทรสาร (662) 897-2922

3.2.2.7.2 เวลาที่สะดวกในการติดต่อ
เวลาราชการ

3.2.2.7.3 ความสะดวกที่ได้รับ ดีมาก

3.3 สรุปผลจากการศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรกลในประเทศไทย

3.3.1 ทราบว่าเครื่องจักรกลในประเทศไทยสามารถผลิตรากเทียมได้หรือไม่

ผล เครื่องจักรกลของบริษัท ALK และ ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพันธุ์อุตสาหกรรม
สามารถผลิตรากเทียมได้ แต่ยังมีเครื่องจักรกลไม่ครบตามสายพานการผลิต

3.3.2 ทราบว่าต้องซื้ออุปกรณ์เสริมอย่างไร เพื่อจัดตั้งการผลิตรากเทียมภายในประเทศ

ผล โรงงาน ALK ต้องซื้ออุปกรณ์เสริมดังนี้

1. Sandblast
2. Passivate
3. Anodizing machine
4. Sterilization machine
5. Packaging

ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพันธุ์อุตสาหกรรมต้องซื้ออุปกรณ์เสริมดังนี้

1. Optical comparitor
2. Vibrator
3. Sandblast
4. Passivate
5. Anodizing machine
6. Sterilization machine
7. Packaging machine

3.3.3 ทราบราคาของเครื่องจักรและหรืออุปกรณ์เสริมของเครื่องจักรที่ต้องสั่งซื้อ

ผล ทราบราคาของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ต้องซื้อเพียงบางส่วน เช่น

Swiss automatic machine CNC	\$ 100,000
Tooling for CNC machine	\$ 30,000
Optical comparitor	\$ 12,000
Vernier caliper, micrometer	\$ 15
Vibrator	\$ 2,500
Sandblast	\$ 1,000
Debur wheel	\$ 3,000

ส่วนขั้นตอนอื่นๆ คือ Passivate, anodizing, Sterilizing และ Packaging ยังไม่ทราบ โดยคุณสมยศ ภูวกานต์ได้กล่าวว่าการทำทั้ง 4 ขั้นตอนควรทำในต่างประเทศ ทั้งนี้เพราะการลงทุนทำใน 4 ขั้นตอนหลังนี้ต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ห้องปราศจากเชื้อ (Clean room) เพื่อทำความสะอาด รวมทั้งฆ่าเชื้อโรคก่อนบรรจุภัณฑ์นั้นแพงมาก ซึ่งทางคุณสมยศเองไม่คิดที่จะทำขั้นตอนนี้ในประเทศไทย จึงไม่ได้สืบทราบราคามา แต่ทางคณะผู้วิจัยได้ขอให้คุณสมยศหาข้อมูลเกี่ยวกับราคามาเสนอต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาในภายหลัง ดังนั้นคณะผู้วิจัยทุกท่านเห็นพ้องกันว่ายังไม่ควรเสี่ยงลงทุนในขณะนี้ทั้งนี้เพราะยังไม่รู้การตอบสนองของตลาดจริงๆ ต้องรอจนกว่ามีการตอบสนองของตลาดเป็นที่น่าพอใจก่อนจึงค่อยลงทุนตั้งโรงงานผลิต

อย่างไรก็ดี คุณสมยศ ภูวกานต์ได้กะประมาณว่าถ้าจะลงทุนตั้งโรงงานเฉพาะผลิตรากเทียมอย่างเดียว (ไม่รวมถึง 4 ขั้นตอนที่กล่าวไปแล้ว) จะต้องลงทุนเครื่องมือประมาณ 10 ล้านบาท

4. การประเมินราคาค่าต้นทุนการผลิต

ประเมินราคาค่าต้นทุนการผลิตทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อเปรียบเทียบ

- ราคาค่าต้นทุนการผลิตในประเทศ จะศึกษาจากการจ้างหน่วยงานซึ่งอาจเป็นภาครัฐ หรือเอกชน ซึ่งได้ทำการศึกษาล่วงจากข้อ 3
- ราคาค่าต้นทุนการผลิตต่างประเทศ จะได้จากความรู้และประสบการณ์ของคุณสมยศ ภูวกานต์ โดยคุณสมยศได้กะประมาณราคา

ผลที่จะได้รับ

ราคาค่าต้นทุนการผลิตในต่างประเทศ (ประมาณ 320 บาท) และราคาค่าต้นทุนการผลิตในประเทศ (ประมาณ 300 บาท) มีความใกล้เคียงกันมาก การผลิตในประเทศสามารถทำรากฟันเทียมขึ้นมาได้ แต่ก็ต้องผ่านขบวนการอีกหลายอย่างซึ่งยังไม่มีเครื่องจักรในประเทศไทย ทำให้ต้องส่งไปยังต่างประเทศเพื่อให้ครบตามขั้นตอน ทำให้ต้องเสียค่าขนส่ง 2 เท่า กว่าที่จะมาถึงมือทันตแพทย์ อาจเป็นผลทำให้ราคาค่าต้นทุนการผลิตสูงขึ้นกว่า การสั่งทำ ณ ต่างประเทศทั้งขบวนการแล้วส่งกลับมามาประเทศไทย เสียค่าขนส่งเพียงครั้งเดียว และยังเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ทันตแพทย์ผู้นำไปใช้งานอีกทางหนึ่งด้วย

วิจารณ์

ในปัจจุบันการสาธารณสุขของประเทศได้พัฒนาและก้าวหน้าไปอย่างมาก ทั้งในด้านวิชาการ การวิจัย และการบริการ ด้วยนโยบายของรัฐบาลตามแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 มุ่งเน้นการพัฒนาและเพิ่มพูนประสิทธิภาพของบุคลากร ดังนั้นการพัฒนาเพิ่มพูนประสิทธิภาพและศักยภาพ ของบุคลากรสาธารณสุขจึงเป็นนโยบายหลักที่สำคัญ ในการยกระดับมาตรฐานการให้บริการด้านสาธารณสุข อันเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน และสอดคล้องกับแผนพัฒนาในด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย

ทันตกรรมรากเทียม (dental implant) เป็นวัตถุที่ถูกนำไปใส่ในหรือบนกระดูกขากรรไกร เพื่อพยุงสิ่งประดิษฐ์ชนิดติดแน่นหรือถอดได้ (GPT-7)⁷ การให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมยุคปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นและพัฒนามาเป็นระยะเวลานาน เพื่อแทนที่หรือเสริมการให้การบำบัดรักษาแบบประเพณีนิยมอันได้แก่ สะพานฟัน (bridge) ฟันปลอมถอดได้ชนิดบางส่วน (removable partial denture) ฟันปลอมทั้งปาก (complete denture) เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 1951 ทันตกรรมรากเทียมชนิดเชื่อมต่อกระดูก (osseointegration) ได้ถูกค้นพบโดย ศาสตราจารย์ Per-Invar Branemark จากการศึกษาค้นคว้าระยะยาวในช่วงปี ค.ศ. 1965 ถึง 1977 ผลงานของ Branemark ทำให้ สาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างมาก⁸ เนื่องจากมีแผนงานการทดลองระยะยาวที่ควบคุมอย่างรัดกุม มีระเบียบการในการบำบัดรักษาที่เข้มงวด ทั้งได้รับการสนับสนุนผลการรักษาที่ประสบความสำเร็จอย่างสูง โดย Adel และผู้ร่วมงาน (1981) ทำให้ระบบทันตกรรมรากเทียมชนิดเชื่อมต่อกระดูกแบบสลักเกลียว (osseointegrated screw) เป็นที่แพร่หลายจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ได้เริ่มมีการคิดค้นศึกษา และพัฒนาทันตกรรมรากเทียมออกมาสู่ท้องตลาดมากกว่า 30 ระบบ ความแตกต่างกันนั้นอาจจะขึ้นอยู่กับวัสดุการออกแบบรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ส่วนตรึงแน่น (fixture) หลักยึด (abutment) ส่วนครอบ (coping) เครื่องยึดเกาะ (attachment) เป็นต้น

ในปัจจุบันการให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมในประเทศไทยมีความจำเป็นต้องนำเข้าชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทันตกรรมรากเทียมต่างๆ จากต่างประเทศเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงทำให้การบำบัดรักษาโดยใช้รากเทียมจึงจำกัดอยู่เพียงผู้ที่มียาได้สูงพอที่จะรองรับราคาที่สูงของรากเทียมได้ ทำให้การบำบัดรักษาโดยใช้ทันตกรรมรากเทียมจึงไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายในหมู่ประชาชนโดยทั่วไปเท่าที่ควร ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาทันตกรรมรากเทียมเพื่อการผลิตขึ้นใช้เองในประเทศ จะเป็นความก้าวหน้าครั้งสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมเป็นที่นิยมแพร่หลายในประเทศไทย นอกจากนี้ยังช่วยยกระดับการให้การบำบัดรักษาทางด้านทันตแพทย์ให้มีมาตรฐานทัดเทียมสากล เอื้อประโยชน์สุขแก่ประชาชน และสอดคล้องนโยบายการสาธารณสุขของประเทศไทย

ในโครงการวิจัยพัฒนาและผลิิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียมในระยะที่ 1 นี้จะเน้นหนักไปที่ การศึกษาด้านการตลาด ความเป็นไปได้ของโครงการ การเลือกวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบรากเทียม กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ ทำการออกแบบเบื้องต้น ศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย และประเมินราคาต้นทุนการผลิตทั้งในและต่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อการหาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อพิจารณา ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะลงทุนทำการวิจัยต่อไปหรือไม่

การศึกษาด้านการตลาดและความเป็นไปได้ของโครงการพบว่า การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียมขึ้นใช้เองในประเทศมีแนวโน้มของตลาดอยู่ในเกณฑ์ดีและมีความเป็นไปได้สูง ควรค่าแก่การลงทุนในอนาคต แต่สำหรับในปัจจุบันเพื่อแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดตามมาจากการไม่แน่นอนของภาวะเศรษฐกิจในตลาดโลก และภาวะการขาดทุนอันอาจเกิดขึ้นถ้าได้รับลงทุนตั้งโรงงานผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์โดยไม่รอดูการตอบสนองของตลาดอย่างจริงจังก่อน ดังนั้นในระยะต่อไปของโครงการ จึงควรให้โรงงานในต่างประเทศเป็นผู้ผลิตรากฟันเทียมตลอดทั้งขบวนการก่อนแล้วจึงส่งกลับมามาทดสอบในประเทศไทย ทั้งในการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในระดับเซลล์ ในระดับสัตว์ทดลอง และในมนุษย์ แล้วจึงทำการสำรวจตลาดเพื่อนำรากฟันเทียมที่ผลิตได้ออกสู่ตลาดในประเทศต่อไป ซึ่งถ้าอัตราการตอบสนองของตลาดในประเทศเป็นไปได้ด้วยดี จึงค่อยมาพิจารณาว่าควรจะต้องตั้งโรงงานผลิตในประเทศไทยหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ของประชาชนคนไทยโดยรวม รวมทั้งนักวิจัยก็จะได้ทำการวิจัยพัฒนารากฟันเทียมขั้นต่อไป ได้สะดวกขึ้น

ในการกำหนดชนิดของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากฟันเทียม จะใช้วัสดุเดียวกันกับที่บริษัทรากฟันเทียมต่างๆ ใช้ อยู่ซึ่งคือ surgical grade Titanium alloy ซึ่งมีสูตรทางเคมีว่า Ti6Al4V วัสดุนี้เป็นวัสดุที่สามารถเข้ากับร่างกายได้ดี ไม่ค่อยมีรายงานว่ามีอาการแพ้ หรือถูกปฏิเสธจากร่างกายมนุษย์ ในปัจจุบัน Titanium alloy จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางที่จะนำมาใช้ทำอวัยวะเทียม โดยมีการปฏิเสธจากร่างกายน้อยมาก ดังนั้นการคาดหมายว่ารากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นจะสามารถคงทนอยู่ในร่างกายมนุษย์ได้เป็นอย่างดีมีสูงมาก นักวิจัยเพียงแค่ดัดแปลงการออกแบบให้เป็นไปตามที่นักวิจัยเห็นควรเท่านั้น ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปของโครงการอาจยื่นเรื่องต่อคณะกรรมการจริยธรรมว่า เมื่อได้รากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นและผ่านการฆ่าเชื้ออย่างดีมาแล้วสามารถจะดำเนินการวิจัยในมนุษย์ไป พร้อมกับทำการทดลองในระดับเซลล์ และระดับสัตว์ทดลองได้หรือไม่ เพื่อให้ได้การดำเนินงานวิจัยรวดเร็วขึ้น ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะการแข่งขันในตลาดมีค่อนข้างสูง การแข่งขันด้านราคาจึงเกิดขึ้น ถ้าระบบรากฟันเทียมที่วิจัยพัฒนาขึ้นออกสู่ตลาดในระยะเวลาอันใกล้ก็จะได้เปรียบต่อคู่แข่งซึ่งเป็นสินค้านำเข้าอย่างมาก เพราะราคาในขณะนี้ค่อนข้างสูง แต่ถ้าระยะเวลายาวนานออกไป สถานการณ์อาจเปลี่ยนแปลงไปทำให้การคาดเดาผิดพลาด ทำให้ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยโครงการนี้ด้อยไป แต่ถ้าจะมองในแง่ดีถ้ารากฟันเทียมระบบใหม่ออกสู่ตลาดจนทำให้ราคาของรากฟันเทียมนำเข้าในท้องตลาดลดลงไปเกินครึ่งของราคาในปัจจุบันหรือราคาปรับเข้าใกล้กับราคาที่รากฟันเทียมระบบใหม่ที่วิจัยพัฒนาขึ้นตั้งเป้าไว้ก็จะเป็นประโยชน์แก่ประชาชนคนไทยส่วนใหญ่ที่จะสามารถเลือกรากฟันเทียม (ไม่ว่าจะเป็นรากฟันเทียมระบบใด) ให้เป็นหนึ่งในการรักษาทางทันตกรรมที่สามารถเลือกได้

ในการเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากฟันเทียมที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัยในระยะที่ 1 นี้ ทางกลุ่มนักวิจัยได้กำหนดขนาดของรากฟันเทียม และขนาดของตัวหลักยึดที่เป็นมาตรฐาน เพื่อทำการออกแบบเบื้องต้น เพียงเพื่อเป็นต้นแบบในการทดสอบขีดความสามารถของเครื่องจักรในประเทศ ว่าสามารถผลิตชิ้นงานตามแบบได้หรือไม่และทำการเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตทั้งในประเทศและต่างประเทศเท่านั้น ส่วนการออกแบบทั้งระบบจะดำเนินการในระยะต่อไป

การกำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อกำหนดข้อพึงปรารถนา และข้อที่ควรหลีกเลี่ยงของรากฟันเทียมระบบใหม่ มาจากประสบการณ์การทำงานของผู้ร่วมวิจัยทั้งหมดรวมทั้งผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านรากฟันเทียมในประเทศไทยที่เชิญมาร่วมอภิปราย ซึ่งผู้ร่วมประชุมแต่ละท่านก็จะมีข้อดีจากการใช้งานรากฟัน

เทียมระบบที่คุ้นเคย และก็จะมีส่วนที่ไม่ชอบใจบ้างในการใช้งานระบบที่ใช้อยู่ ซึ่งก็ได้มาจากการวิเคราะห์แล้วนำไปสู่การสรุปข้อพึงปรารถนา และข้อควรหลีกเลี่ยง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วก็มีความเห็นคล้ายๆกัน ทำให้ได้บทสรุปขององค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบให้เหมาะสมกับสิ่งอันพึงปรารถนาที่ผู้ร่วมประชุมทุกท่านอยากได้ อาทิเช่น ตัวเกลียวด้านนอกของรากฟันเทียมควรจะมีความแข็งแรงของแรงไปทั่วบริเวณปลายของรากฟันเทียม ไม่ควรกระจายไปที่ส่วนคอของรากฟันเทียมมากนักเพื่อไม่ให้มีการละลายตัวของกระดูกบริเวณนั้นมาก⁹ อันอาจทำให้รากฟันเทียมนั้นไม่สามารถดำรงคงอยู่ในปากได้นานเท่าที่ควร ดังนั้นจึงต้องสำรวจการกระจายแรงของรากเทียมระบบต่างๆ ทั้งจากวารสารสิ่งพิมพ์ทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งจากแผ่นพับโฆษณาจากทางบริษัท เพื่อหาบทสรุปเพื่อทำการออกแบบเบื้องต้น แต่ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วนทั้งนี้เพราะบางบริษัทก็ไม่ได้แสดงการกระจายแรงของรากเทียมของบริษัท ดังนั้นที่ประชุมจึงได้เลือกการกระจายแรงที่ดีที่สุดเท่าที่จะหาข้อมูลได้ นำมาออกแบบเบื้องต้น ซึ่งก็อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบอีกที หรืออาจคงรูปแบบเดิม การตัดสินใจจะกระทำภายหลังการทดสอบในห้องปฏิบัติการว่าเกลียวแบบใดให้การกระจายแรงเป็นไปตามมติที่ประชุมมากที่สุด

ส่วนการเชื่อมต่อของตัวหลักยึดกับรากฟันเทียม จะเป็นไปตามแนวความคิดที่ว่า ตัวเกลียวที่ใช้ยึดหลักยึดกับรากฟันเทียมควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่พอควรที่จะไม่ทำให้แตกหักง่าย^{10,11,12} หรือถ้าแตกหักก็สามารถแก้ไขได้ง่ายไม่ทำให้ผิวด้านในของรากฟันเทียมได้รับความเสียหายจนไม่สามารถนำตัวหลักยึดใหม่มาสวมลงไม่ได้ และเมื่อเชื่อมต่อแล้วก็ไม่ควรให้มีเศษอาหารหรือของเหลวไปสะสมจนทำให้เกิดกลิ่นได้ จึงเป็นที่มาของการต่อเชื่อมในรูปแบบของการสอบเข้า (taper) ทั้งนี้เพราะเมื่อสวมวัตถุ(ตัวผู้)ที่มีความสอบ ลงไปบนวัตถุ(ตัวเมีย)ที่มีความสอบเท่ากันจะสามารถปิดกันมิให้อากาศและแบคทีเรียไหลผ่านได้ซึ่งจะเป็นข้อดีในการทำให้ปราศจากกลิ่น¹³ การออกแบบที่มีตัวหลักยึดที่ยึดตรึงแน่นกับรากเทียม จะทำให้รากเทียมเกิดปัญหาแตกหักได้ถ้ามีการกระทบกระแทกต่อหลักยึดเกินกว่าที่ความแข็งแรงของรากเทียมจะทนทานได้ ไม่เหมือนกับรากเทียมบางระบบที่มีการต่อเชื่อมที่สามารถจะเกิดการหลวมของเกลียวได้(ให้เกลียวเป็นตัวรับภาระ)โดยไม่ไปทำอันตรายต่อรากเทียมโดยตรง^{6,7, 14,15} อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันยังไม่มีเอกสารทางวิชาการใดยืนยันได้แน่ชัดว่าการออกแบบชนิดใดดีกว่ากัน แต่จากประสบการณ์ของผู้ร่วมวิจัยทั้งหมดยังไม่เคยเห็นรากเทียมที่แตกหักเสียหาย ส่วนใหญ่เคยเห็นแต่ตัวเกลียวบิดงอ หรือหักคาอยู่ภายในรากเทียม ซึ่งยากมากที่จะเอาออกโดยผิวด้านในของรากเทียมไม่เสียหาย ดังนั้นด้วยเหตุผลต่างๆดังที่กล่าวมาแล้ว จึงเป็นที่มาของการออกแบบตัวเกลียวดังกล่าว

ในด้านการศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทยนั้น ทางคณะผู้ทำการวิจัยได้เดินทางไปยังหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่ได้ทราบข่าวว่ามีศักยภาพในการผลิตรากเทียม ผลปรากฏว่า ไม่มีหน่วยงานของรัฐแห่งใดเลยที่สามารถผลิตรากเทียมได้โดยอาศัยเครื่องมือที่มีอยู่ ถ้าจะให้ผลิตรากเทียมต้องลงทุนสั่งซื้อเครื่องจักรใหม่ทั้งหมดซึ่งลงทุนสูงมาก ส่วนทางด้านโรงงานเอกชน คณะผู้วิจัยพบว่ามี 2 โรงงานที่มีศักยภาพในการผลิตรากเทียมขึ้นได้เองโดยอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่อย่างไว้ก็ดี ถึงแม้ว่าโรงงานจะสามารถผลิตรากเทียมขึ้นได้ แต่รากเทียมที่ผลิตออกมานั้นก็ยังต้องผ่านขั้นตอนการอีกหลายขั้นตอนการจนกว่าจะมาถึงมือทันตแพทย์เพื่อใช้ในผู้ป่วย ซึ่งทางโรงงานเองก็ยังไม่มีความรู้เรื่องการใช้ครบทุกขั้นตอนการ จำเป็นต้องส่งรากเทียมที่ผลิตขึ้นได้นั้นไปต่างประเทศเพื่อผ่านบางขั้นตอนการที่ทางโรงงานในประเทศไทยไม่มี ดังนั้นถ้าจะให้โรงงานในประเทศผลิตรากเทียม แล้วส่งไป

ผ่านขบวนการบางขั้นตอน ณ ต่างประเทศ แล้วส่งกลับมาใช้ในประเทศ อาจหมายถึงต้องเพิ่มต้นทุนการผลิตขึ้นไปอีก ทั้งยังอาจสะดุดใจทันตแพทย์ไทยผู้นำไปใช้ในผู้ป่วยของตน ตรงคำว่า

"ผลิตในประเทศ" ซึ่งรากฟันเทียมจะไม่เหมือนกับการใส่ฟันชนิดอื่นๆ ซึ่งไม่จำเป็นต้องฝังอะไรลงไปในการศัลยกรรมกรโกร ทำให้ทันตแพทย์ผู้จะนำไปใช้มีความลังเลว่า รากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นในประเทศนี้ได้ผ่านขบวนการผลิต การทำความสะอาดที่ถูกต้องได้มาตรฐานสากลหรือไม่ สามารถฝังในขากรรไกรได้โดยทันตแพทย์ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียชื่อเสียงเพราะความไม่ปลอดภัยในสุขภาพของผู้ป่วยหรือไม่ และประการสุดท้ายทันตแพทย์บางท่านไม่ค่อยมีความเชื่อถืออะไรก็ตามที่ผลิตในประเทศ มักคิดว่าของที่ผลิตในประเทศมักไม่ค่อยได้มาตรฐาน และยังเป็นรากฟันเทียมที่ต้องฝังลงไปในการศัลยกรรมและยังต้องการการเชื่อมต่อขึ้นมาเป็นพื้นเพื่อการทำหน้าที่ต่างๆ แทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไปด้วยแล้ว ถ้าในระยะแรกไม่เกิดปัญหา ก็ไม่เป็นไร ต่อเมื่อเวลาผ่านไป 5-10 ปี ตัวฟันปลอมที่อยู่ในช่องปาก หรือตัวหลักยึด หรือแม้กระทั่งตัวรากฟันเทียมเกิดมีปัญหาขึ้น ต้องหาส่วนประกอบใหม่มาเปลี่ยนแปลงแก้ไข ต่อเชื่อม และพบว่าบริษัทที่ผลิตรากฟันเทียมในประเทศเกิดยกเลิกกิจการ ผลเสียส่วนใหญ่จะตกที่ตัวผู้ป่วย ทำให้ต้องผ่าตัดนำรากฟันเทียมนั้นออก แล้วฝังรากฟันเทียมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ผู้ป่วยเสียทั้งเงินและเวลา รวมทั้งตัวทันตแพทย์ก็เสียชื่อเสียงและเสียเวลาอีกด้วย ดังนั้นเพื่อป้องกันมิให้เกิดเหตุอันไม่พึงปรารถนาดังกล่าวขึ้นได้ ควรจะให้บริษัทผู้ผลิตรากฟันเทียม ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นผู้ผลิตรากฟันเทียมให้แก่บริษัทรากฟันเทียมที่อยู่ในตลาดเป็นประจำอยู่แล้วเป็นผู้ผลิตรากฟันเทียมทั้งระบบ เริ่มตั้งแต่สังเคราะห์โลหะผสมไททาเนียม ผ่านขบวนการผลิต การฆ่าเชื้อทำความสะอาด ใส่บรรจุภัณฑ์จนถึงมือทันตแพทย์ เพื่อเพิ่มความมั่นใจให้แก่ทันตแพทย์ผู้นำไปใช้ อีกประการหนึ่งไม่ควรกระทำเป็นอย่างยิ่งคือ ควรจะสามารถใช้ตัวหลักยึดของบริษัทรากฟันเทียมที่มีอยู่ในตลาดปัจจุบันต่อเชื่อมเข้ากับรากฟันเทียมระบบใหม่นี้ได้ ในกรณีเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้รากฟันเทียมระบบใหม่นี้มีอันเป็นที่ไม่สามารถอยู่รอดได้ในตลาด ผู้ป่วยจะได้ไม่ต้องเสียเงินซื้อรากฟันเทียมระบบที่ขายอยู่ในท้องตลาดมาใช้ใหม่ (เจ็บตัวใหม่ และเสียความรู้สึกมาก) ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับลิขสิทธิ์ที่ทางบริษัทรากฟันเทียมในตลาดจดไว้ ว่าคณะผู้วิจัยสามารถจะลอกเลียนแบบให้ใกล้เคียงจนสามารถใช้ส่วนประกอบต่างๆ ของบริษัทรากฟันเทียมนั้นๆ มาใช้ทดแทนได้โดยไม่ต้องนำรากฟันเทียมออกจากขากรรไกรผู้ป่วย โดยไม่ไปละเมิดลิขสิทธิ์ของบริษัทได้หรือไม่ ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องทำการค้นหาการจดลิขสิทธิ์ในรูปแบบต่างๆ ของรากฟันเทียมที่มีอยู่ในปัจจุบันมาศึกษาก่อนออกแบบรากฟันเทียมทั้งระบบอย่างจริงจัง จะได้ทำงานครั้งเดียว

ในด้านการประเมินราคาต้นทุนการผลิตทั้งในด้านต่างประเทศและในประเทศ พบว่าถ้าให้บริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตรากฟันเทียม ซึ่งต้องผลิตขั้นต่ำ 2,000 ตัว จะได้ต้นทุนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงใส่บรรจุภัณฑ์ประมาณรากฟันเทียมละ 20 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งรวมแล้วเป็นเงินประมาณ 40,000 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งนี่เป็นแค่ราคาต้นทุนการผลิตรากฟันเทียมโดยเฉพาะ ไม่รวมตัวหลักยึด และอุปกรณ์เสริมต่างๆ ซึ่งต้องมีให้ครบเพื่อทำการทดสอบในขั้นต่อไปของโครงการวิจัย ดังนั้นการออกแบบรากฟันเทียมทั้งระบบจึงจำเป็นต้องกระทำให้แล้วเสร็จสมบูรณ์ อย่างถูกต้องภายในครั้งเดียว มิฉะนั้นถ้าต้องทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ จะหมายถึงจำนวนเงินมหาศาลที่ต้องเสียไปในการทำแบบใหม่ ซึ่งอาจกระทบเพียงไม่กี่อุปกรณ์ หรืออาจต้องกระทบต่อการออกแบบทั้งระบบ

ราคาต้นทุนการผลิตในต่างประเทศ ราคาค่าทำเฉพาะรากฟันเทียมอย่างเดียวประมาณ US \$ 8 แต่ถ้ารวมทั้งขบวนการแล้วจะเป็นราคาประมาณ US \$ 20 ต่อ รากฟันเทียม 1 ตัว ซึ่งต้องสั่งทำขั้นต่ำ 2,000 ชิ้น

ราคาค่าต้นทุนการผลิตรากฟันเทียมในประเทศไทยมีความใกล้เคียงกับราคาการผลิต ณ ต่างประเทศ (ประมาณ 300 บาท) ซึ่งถ้าผลิตออกมาจริงๆแล้ว ทันตแพทย์ส่วนใหญ่จะมีความเชื่อถือรากฟันเทียมที่ผลิตจากต่างประเทศมากกว่าที่ผลิตในประเทศไทย ประกอบกับราคาก็ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในระยะแรกจึงควรผลิตที่ต่างประเทศแล้วผ่านขบวนการต่างๆจนได้เป็นบรรจุภัณฑ์พร้อมที่จะให้ทันตแพทย์เปิดออกใช้ได้ที่

สรุป

ผลจากการศึกษาทั้งหมด พอจะสรุปได้ดังนี้

1. ตลาดของรากฟันเทียมทั้งในปัจจุบันและอนาคตมีสิทธิเติบโตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำให้ราคาของการให้บริการการรักษาด้วยรากเทียมและอุปกรณ์สามารถลดลงได้ต่ำ จนเข้าใกล้ราคาของงานใส่ฟันติดแน่น 3 ยูนิต จะยิ่งทำให้การเติบโตของตลาดรากฟันเทียม อยู่ในเกณฑ์ดี
2. วัสดุที่จะใช้ทำรากฟันเทียมคือ Surgical grade titanium alloy (Ti6Al4V)
3. โรงงานในประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตรากเทียมมี 2 โรงงานคือ บริษัท A.L.K. Precision work Co.,LTD และห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม
4. ยังไม่ควรลงทุนตั้งโรงงานผลิตรากเทียมทั้งระบบในประเทศไทย ควรส่งไปผลิต ณ ต่างประเทศก่อน จวบจนมีการตอบสนองของตลาดอย่างต่อเนื่องมั่นคง จึงค่อยพิจารณาตัดสินใจตั้งโรงงานผลิตในประเทศ หรือซื้อเครื่องจักรเข้ามาเสริมโรงงานที่สามารถผลิตรากฟันเทียมได้

เอกสารอ้างอิง

- 1 Per-Olof Glantz. The choice of alloplastic materials for oral implants: Does it really matter? Int J Prosthodont 1998;11:402-407
- 2 Meijer GJ, Starmans FJM, de Putter C, et al. The influence of a flexible coating on the bone stress around dental implants. J Oral Rehabil 1995;22:105-111
- 3 Srisopark SS. A Study on the size of permanent teeth, shovel-shaped incisors and paramolar tubercle in Thai skulls. The Journal of the Dental Association of Thailand 1972; 22(5): 199-205
- 4 Bijaphala P. A Study of the sizes of permanent teeth of Thai people. J Dent Ass Thai 1974;24(2): 37-52
- 5 Black GV. Descriptive Anatomy of the Human Teeth: 5th ed, Philadelphia, Pa., pp 12-23, 1920
- 6 Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. Distance between adjacent implant. J Periodontol 2000 Apr;71(4):546-9
- 7 The Glossary of Prosthodontic Terms. 7 ed, J Prosthet Dent 1999 ; 81: 41-110
- 8 Ring ME. A thousand years of dental implants : A definitive history Part 1 and Part 2. Compendium 1995 : P 1060-69, P 1132-42
- 9 Weinberg LA. The biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. Int J Oral Maxillofac Implant 1993; 8: 19-31
- 10 Binon P, Sutter F, Beaty K, Brunki J, Gulbransen H, Weiner R. The Role of screws in implant systems. Int J Oral Maxillofac Implant 1994; 9(Supplement) : 48-63
- 11 Balshi TJ. An analysis and management of fractured implants: a clinical report. Int J Oral Maxillofac Implant 1996; 11:660-6
- 12 Wayne CJ. Biomechanical advantages of wide-diameter implants. Compendium 1997; 18: 687-694
- 13 The Ankylos[®] implant: Safe basis for the individual denture. Ankylos[®] Degussa Germany
- 14 Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and Preload Stress in Dental Implant Abutment screws. Int J Oral Maxillofac Implant 1995; 10 : 529-36
- 15 Sakaguchi RL, Borgersen SE. Non-linear contact analysis of preload in Dental implant screws. Int J Oral Maxillofac Implant 1995; 10: 195-302

ภาคผนวก

1. บทความสำหรับการเผยแพร่.....1
2. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์.....16
3. ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์กิจกรรมที่วางแผนไว้
และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ.....17

โครงการ: การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียม ระยะที่ 1: การศึกษา
ความเป็นไปได้ (Feasibility study), การศึกษาด้านการตลาด (Marketing
research) และการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary design)

โดย
สรรพชัย นามะโน และคณะ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

บทนำ

ในปัจจุบันการสาธารณสุขของประเทศได้พัฒนาและก้าวหน้าไปอย่างมาก ทั้งในด้านวิชาการ การวิจัย และการบริการ ด้วยนโยบายของรัฐบาลตามแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 มุ่งเน้นการพัฒนาและเพิ่มพูนประสิทธิภาพของบุคลากร ดังนั้นการพัฒนาเพิ่มพูนประสิทธิภาพและศักยภาพ ของบุคลากรสาธารณสุขจึงเป็นนโยบายหลักที่สำคัญ ในการยกระดับมาตรฐานการให้บริการด้านสาธารณสุข อันเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน และสอดคล้องกับแผนพัฒนาในด้าน เศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย

ทันตกรรมรากเทียม (dental implant) เป็นวัตถุที่ถูกนำไปใส่ในหรือบนกระดูกขากรรไกร เพื่อพยุงสิ่งประดิษฐ์ชนิดติดแน่นหรือถอดได้ (GPT-7)¹ การให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมยุคปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นและพัฒนามาเป็นระยะเวลานาน เพื่อแทนที่หรือเสริมการให้การบำบัดรักษาแบบประเพณีนิยมอันได้แก่ สะพานฟัน (bridge) ฟันปลอมถอดได้ชนิดบางส่วน (removable partial denture) ฟันปลอมทั้งปาก (complete denture) เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 1951 ทันตกรรมรากเทียมชนิดเชื่อมต่อดกระดูก (osseointegration) ได้ถูกค้นพบ โดย ศาสตราจารย์ Per-Invar Branemark จากการศึกษาค้นคว้าระยะยาวในช่วงปี ค.ศ. 1965 ถึง 1977 ผลงานของ Branemark ทำให้ สาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างมาก² เนื่องจากมีแผนงานการทดลองระยะยาวที่ควบคุมอย่างรัดกุม มีระเบียบการในการบำบัดรักษาที่เข้มงวด ทั้งได้รับการสนับสนุนผลการรักษาที่ประสบความสำเร็จอย่างสูง โดย Adel และผู้ร่วมงาน (1981) ทำให้ระบบทันตกรรมรากเทียมชนิดเชื่อมต่อดกระดูกแบบสลักเกลียว (osseointegrated screw) เป็นที่แพร่หลายจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ได้เริ่มมีการคิดค้นศึกษา และพัฒนาทันตกรรมรากเทียมออกมาสู่ท้องตลาดมากกว่า 30 ระบบ ความแตกต่างกันนั้นอาจจะขึ้นอยู่กับวัสดุการออกแบบ รูปร่างและขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ส่วนตรึงแน่น (fixture) หลักยึด (abutment) ส่วนครอบ (coping) เครื่องยึดเกาะ (attachment) เป็นต้น

ในปัจจุบันการให้การบำบัดรักษาสาขาวิชาทันตกรรมรากเทียมในประเทศไทยมีความจำเป็นต้องนำเข้าชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทันตกรรมรากเทียมต่างๆ จากต่างประเทศเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงทำให้การบำบัดรักษาโดยใช้รากเทียมจึงจำกัดอยู่เพียงผู้ที่มีรายได้สูงพอที่จะรองรับราคาที่สูงของรากเทียมได้ ทำให้การบำบัดรักษาโดยใช้ทันตกรรมรากเทียมจึงไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายในหมู่ประชาชนโดยทั่วไปเท่าที่ควร ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาทันตกรรมรากเทียมเพื่อการผลิตขึ้นใช้เองในประเทศ จะเป็นความก้าวหน้าครั้งสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้การบำบัดรักษาสาขาวิชา

ทันตกรรมรากเทียมเป็นที่นิยมแพร่หลายในประเทศไทย นอกจากนี้ยังช่วยยกระดับการให้บริการบำบัดรักษาทางด้านทันตแพทย์ให้มีมาตรฐานทัดเทียมสากล เอื้อประโยชน์สุขแก่ประชาชน และสอดคล้องนโยบายการสาธารณสุขของประเทศไทย

ในโครงการวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียมในระยะที่ 1 นี้จะเน้นหนักไปที่ การศึกษาด้านการตลาด ความเป็นไปได้ของโครงการ การเลือกวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบรากเทียม กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ ทำการออกแบบเบื้องต้น ศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย และประเมินราคาต้นทุนการผลิตทั้งในและต่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อการหาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อพิจารณา ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะลงทุนทำการวิจัยต่อไปหรือไม่

วัสดุและวิธีการ

การศึกษาด้านการตลาด และ ความเป็นไปได้ของโครงการ

ระดมสมองจากทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญการทำงานด้านรากฟันเทียมและตัวแทนจำหน่ายสินค้าทันตกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษา SWOT Analysis, Business Concept และ Marketing Plan เพื่อทราบ ยอดขายที่คาดว่าจะทำได้ (Volume)

ประชุมกับผู้เชี่ยวชาญการผลิตรากเทียมจากประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและศึกษาภาพรวมของตลาด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบ SWOT ในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ ขนาดของการลงทุน (Investment) และโครงสร้างต้นทุน (Casting) ทำให้ได้ต้นทุนในการผลิต (cost) และ ระดับกำไรเบื้องต้น (Gross Margin)

สัมภาษณ์ลูกค้าเป้าหมาย พูดคุย ถามความเห็นจากกลุ่มทันตแพทย์ที่ใช้รากฟันเทียมมากในปัจจุบัน, กลุ่มทันตแพทย์ต่างจังหวัดที่มีความสนใจจะใช้รากฟันเทียมในอนาคตอันใกล้ และกลุ่มนักศึกษาปริญญาโทที่กำลังจะจบใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบ Consumer Behavior, Buying Criteria, Casting/Pricing และข้อดี ข้อเสีย ของรากฟันเทียมที่จำหน่ายในประเทศไทย

ส่งแบบสอบถามไปยังทันตแพทย์ผู้ที่มีความสนใจในงานทันตกรรมประดิษฐ์ เช่น ทันตแพทย์ที่เป็นสมาชิกสมาคมทันตกรรมประดิษฐ์ไทย ทันตแพทย์ที่เข้าร่วมประชุมด้านวิชาการเกี่ยวกับงานทันตกรรมประดิษฐ์ เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ของการยอมรับรากเทียมระบบใหม่ที่จะผลิตขึ้นขนาดของตลาด ส่วนแบ่งตลาดของรากเทียมระบบใหม่ ประเมินการจำนวนทันตแพทย์ที่คาดว่าจะนำจะใช้รากฟันเทียมในประเทศไทย และจำนวนรากฟันเทียมที่ใช้ต่อเดือนต่อคน

เลือกวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบรากเทียม, กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ และทำการออกแบบเบื้องต้น

ในการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากเทียมนั้น ได้มาจากการประชุมร่วมกันระหว่างผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้และประสบการณ์ในการทำงานของผู้เชี่ยวชาญการผลิตรากเทียมจากประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพิจารณาถึงข้อดี ข้อเสียของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อสรุปหาวัสดุที่ดีที่สุดที่จะนำมาใช้ รวมทั้งทราบองค์ประกอบของวัสดุ ราคา และบริษัทผู้ผลิต

การเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากเทียมที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัยในระยะที่ 1 ได้มาจากการประชุมร่วมกันของผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน เพื่อพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของรากเทียมที่มีในตลาดปัจจุบัน เพื่อกำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้นของรากเทียม และอุปกรณ์ของราก

กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ ได้มาจากการประชุมผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน เพื่อกำหนดข้อพึงปรารถนา (wish list) ของระบบรากเทียมระบบใหม่ เพื่อให้การออกแบบเป็นไปตามหรือใกล้เคียงกับมติที่ประชุม

การออกแบบเบื้องต้น เป็นผลจากการประชุมร่วมกันระหว่างผู้ร่วมทำการวิจัยทุกท่าน เพื่อหาบทสรุปขององค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบ จากนั้น นำบทสรุปที่ได้มาออกแบบเพื่อเสนอต่อที่ประชุมของผู้ร่วมทำการวิจัย เพื่อการตัดสินใจหาบทสรุปของการออกแบบเบื้องต้น

การศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย

ผู้วิจัยและคณะเดินทางไปยังหน่วยงานของรัฐและโรงงานของภาคเอกชนหลายแห่งที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการผลิตรากเทียมได้ เพื่อศึกษาถึงขีดความสามารถของเครื่องจักรกลภายในประเทศของแต่ละหน่วยงานว่าจะสามารถผลิตรากเทียมตามการออกแบบเบื้องต้นที่กลุ่มนักวิจัยจะร่วมกันออกแบบได้หรือไม่

การประเมินราคาต้นทุนการผลิต

นำแบบที่ได้จากการออกแบบเบื้องต้นไปให้โรงงานผลิตรากฟันเทียมทั้งในประเทศและต่างประเทศทำการประเมินราคาต้นทุนการผลิต เพื่อเปรียบเทียบและนำมาพิจารณาว่า สมควรลงทุนจัดตั้งเครื่องจักรเพื่อผลิตใช้เองในประเทศในขณะนี้หรือไม่

ผลการวิจัย

จากการศึกษาด้านการตลาดพบว่าการรักษาด้วยรากฟันเทียม จะเป็นสิ่งที่เข้ามาแทนที่สะพานฟัน 3 หน่วย และ adhesive technique ในอนาคต โดยเฉพาะถ้าภาวะเศรษฐกิจของประเทศโดยรวมดีขึ้น ประชาชนได้รับความรู้เกี่ยวกับการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมเพิ่มมากขึ้นและจากการวิจัยโครงการนี้จะสามารถทำให้ต้นทุนของการบำบัดรักษาลดลง(ทั้งในทางตรงหรือทางอ้อม) จะยังทำให้การใช้งานรากฟันเทียมเป็นไปได้อย่างแพร่หลายจนกลายเป็นทางเลือกทางหนึ่งของการบำบัดรักษาทางทันตกรรมสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศที่จะสามารถเลือกใช้งานได้ มิใช่จำกัดอยู่เพียงกลุ่มคนที่มีสถานะทางเศรษฐกิจที่ดีเท่านั้น

ในปัจจุบันประมาณการว่าประเทศไทยจะต้องเสียเงินประมาณปีละ 54 ล้านบาท เพื่อนำเข้ารากฟันเทียมจากต่างประเทศ ดังนั้นถ้าประเทศไทยสามารถผลิตรากฟันเทียมขึ้นใช้เองจะเป็นการประหยัดเงินตราให้ไหลเวียนอยู่ในประเทศ และยังสามารถทำให้เกิดการวิจัยเพื่อพัฒนารากฟันเทียมและอุปกรณ์ที่ดียิ่งขึ้นไปอีกในอนาคต ในราคาที่ถูกลงกว่าเมื่อเทียบกับสินค้านำเข้า ทันตแพทย์ที่สามารถทำการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมในประเทศไทยมีประมาณ 150 คน จากทันตแพทย์ปริญญาทั้งหมดประมาณ 6,000 คน ซึ่งพอจะแบ่งได้คร่าวๆ เป็นผู้ที่ทำงานด้านรากฟันเทียมมากประมาณ 20 ท่าน ปานกลางประมาณ 30 ท่าน และน้อยประมาณ 100 ท่าน ลูกค้ำกลุ่มเป้าหมายของรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นนี้ ในขั้นแรกส่วนใหญ่จะพุ่งไปที่ กลุ่มทันตแพทย์ที่มีได้ทำงานเฉพาะทางทั้งที่อยู่ในกรุงเทพและต่างจังหวัด ทั้งนี้เพราะทันตแพทย์ในกลุ่มนี้จะสนใจในเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่จะทำให้ตัวเองแลดูทันสมัย แต่ยังไม่ค่อยได้เริ่มทำ เนื่องจากยังขาดความมั่นใจ และไม่มีความรู้อย่างแท้จริงในตัวสินค้า ทำให้ยังไม่กล้าทดลอง ซึ่งถ้าได้รับการแนะนำและอบรมการปฏิบัติที่ถูกต้อง จะเป็นกลุ่มลูกค้ำเป้าหมายที่สำคัญ ที่รองลงมาจะเป็นกลุ่มทันตแพทย์เฉพาะทาง(จบต่างประเทศ)ที่อยู่ต่างจังหวัด และกลุ่มทันตแพทย์เฉพาะทาง(จบในประเทศ)ที่ทำงานอยู่ในกรุงเทพ ในกลุ่มนี้มีความมั่นใจในตัวเองสูงคล้ายพวกที่จบจากต่างประเทศและทำงานเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัย แต่ก็ยังมีใจเปิดกว้างที่จะรับข้อมูลใหม่ๆ แต่ก็ยังมองพวกที่จบจากต่างประเทศที่เป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเป็นตัวอย่างในการ

ทำตาม หัตถแพทย์ในกลุ่มในจะเป็นหัตถแพทย์เฉพาะทางใส่ฟันตามคลินิกเอกชน และโรงพยาบาลต่างๆในประเทศไทย ซึ่งถ้าของใหม่ดีจริง มีเอกสารทางวิชาการรองรับ อาจเปลี่ยนใจเป็นลูกค้ากลุ่มเป้าหมายที่ดีในอนาคตได้

ในด้านของราคาต้นทุนของการให้การรักษาด้วยรากฟันเทียมพบว่ายังสูงกว่าราคาต้นทุนของการทำสะพานฟัน 3 หน่วยอยู่มาก เพราะต้องเสียค่าผ่าตัด ค่ารากฟันเทียมและตัวหลักยึดเพิ่มจากค่าทำงานในห้องปฏิบัติการปกติทำให้ยอดกำไรสุทธิของการรักษาทั้งสองอย่างใกล้เคียงกัน แต่เวลาในการรักษานั้นต่างกันมากกล่าวคือในการรับการรักษาด้วยรากฟันเทียมผู้ป่วยอาจต้องใช้เวลาเป็นปี แต่งานสะพานฟัน 3 หน่วยใช้เวลาเพียง 1-2 อาทิตย์ก็เสร็จแล้ว ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัตถแพทย์บางท่านหันหลังให้กับการรักษาผู้ป่วยด้วยรากฟันเทียม

จากการที่ต้นทุนของรากฟันเทียมสูงมากประกอบกับต้องใช้เวลายาวนานกว่าจะสำเร็จทำให้หัตถแพทย์ต้องคิดราคาสูงเพื่อให้คุ้มกับการเสียเวลา ดังนั้นเมื่อรากฟันเทียมถูกผลิตขึ้นใช้เองได้แล้วควรมีการควบคุมราคาซึ่งผู้ป่วยจะต้องจ่าย และทำประชาสัมพันธ์ว่ามีคลินิก หรือโรงพยาบาลใดให้บริการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมซึ่งผลิตขึ้นโดยคนไทย และราคาอยู่ที่เท่าใด ซึ่งควรจะเป็นแค่ครึ่งหนึ่งของรากฟันเทียมที่นำเข้าจากต่างประเทศในราคาปัจจุบัน และควรจะอยู่ประมาณราคาของการทำสะพานฟัน 3 หน่วย โดยใช้โลหะ semi-precious หรืออาจสูงกว่าสะพานฟัน 3 หน่วยที่ใช้โลหะ non-precious เล็กน้อย

จากประมาณการการใช้รากฟันเทียมในภาวะปัจจุบันพบว่าใน 1 เดือนมีการใช้รากฟันเทียมประมาณ 450 ราก นั่นคือ 5,400 รากต่อปี ถ้าภาวะเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น ประกอบกับราคาของรากฟันเทียมจะค่อยๆลดลง ซึ่งอาจเป็นผลจากการแทรกแซงตลาดของรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นใช้เองในประเทศเป็นผลทำให้ราคาของรากฟันเทียมนำเข้าต้องลดราคาลงมาสู้ หรือประชาชนส่วนใหญ่สามารถรับบริการการบำบัดรักษาด้วยรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นซึ่งมีราคาถูกกว่าได้มากขึ้นก็ตาม จะทำให้อัตราการขยายตัวของการบริโภครากฟันเทียมของประชาชนมากขึ้นราว 30%ต่อปี(ซึ่งถ้าในปีแรกของการผลิต ส่วนแบ่งตลาดของรากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นขอเพียง 10% (45 รากต่อเดือน) ของปริมาณการบริโภครากฟันเทียมของตลาดโดยรวม จากนั้นเพิ่มขึ้น 10% ทุกปี จนถึงระดับ 50%เมื่อปี 2006 จะทำให้มีการบริโภครากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นนี้ประมาณ 835 รากต่อเดือนทั่วประเทศ ทำให้เกิดรายได้ประมาณ 2.08 ล้านบาทต่อเดือน หรือ 25 ล้านบาทต่อปี (โดยคิดราคาเฉพาะแค่ รากรากฟันเทียม 2,500 บาทต่อรากเท่านั้น ยังไม่ได้คิดรวมถึงอุปกรณ์เสริมที่ต้องใช้ต่อเนื่องจากการฝังรากฟันเทียม ซึ่งต้องเพิ่มขึ้นอีกมาก)

วัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากเทียม คือ Surgical grade Titanium alloy (Ti6Al4V) ซึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาบริษัทผู้ผลิตวัสดุนี้ออกจำหน่ายหลายบริษัท(ดังตารางที่ 1)

ในด้านราคาของวัสดุ พบว่า ทุกบริษัทต้องการ Letter of credit (LC) จากธนาคารเพื่อเปิดบัญชีทำการซื้อขายกับบริษัท ซึ่งจะได้ราคาที่ไม่แพงนัก แต่ถ้าเป็นลูกค้าใหม่ที่ยังไม่มี LC จากธนาคารแล้ว จะได้ราคาที่แพงมาก ดังเช่นตัวอย่างของ แท่งไททาเนียมที่ซื้อมาทดลอง ขนาด 0.250" x 36" ราคาถึง 72 เหรียญสหรัฐ และจะต้องบวกค่าส่ง 14.75 เหรียญ ค่าภาษี 5.94 เหรียญ รวมแล้วเป็น 92.69 เหรียญต่อแท่งไททาเนียม แค่ 1.5 ปอนด์ แต่ถ้ามี LC จากธนาคารราคาจะเป็น ปอนด์ละ 35-40 เหรียญ ซึ่งต้องซื้อขั้นต่ำ 100 ปอนด์ โดยแท่งไททาเนียม จะมาในรูปคล้ายเหล็กเส้นซึ่งมีน้ำหนัก 1.8 ปอนด์ต่อเส้น ยาวเส้นละ 12 ฟุต

การออกแบบเบื้องต้นเป็นไปตามมติที่ได้จากการประชุมร่วมกันของผู้ร่วมทำวิจัยทุกท่าน ได้บทสรุปของรากฟันเทียมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มม. ยาว 10 มม. (ดังรูปที่ 1)หลักยึด (abutment) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มม.(ดังรูปที่ 2) ในด้านการศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทย ซึ่งแบ่งออกได้เป็นภาครัฐและภาคเอกชน พบว่า ในภาครัฐมีสถาบันที่ทราบในเบื้องต้นว่ามีศักยภาพในการผลิตรากฟันเทียมได้โดยอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว ได้แก่ ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบผลิตขั้นสูง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบัน AIT (Asian Institute of Technology) และ สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งจากการไปเยี่ยมชมสถาบัน ปรากฏว่าแต่ละสถาบันไม่สามารถผลิตรากเทียมได้โดยอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ ต้องซื้อเพิ่มเติมใหม่เกือบทั้งหมด ส่วนในภาคเอกชนมี 2 โรงงานที่มีเครื่องมือเครื่องจักรที่สามารถผลิตรากฟันเทียมขึ้นได้ คือ บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม (10 / 89 หมู่ 7 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150) และบริษัท A.L.K. Precision work Co., LTD. (33/11 หมู่ 7 ถนนเพชรเกษม 73แขวงหลักสอง เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160)

ในด้านการประเมินราคาต้นทุนการผลิต ในด้านต่างประเทศ ถ้าให้บริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตรากเทียมขั้นต่ำ 2,000 ตัว จะได้ต้นทุนการผลิตเฉพาะรากเทียมประมาณตัวละ 8 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งถ้านับรวมกับขบวนการอื่นจนถึงใส่บรรจุภัณฑ์ ก็จะตกตัวละประมาณ 20 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ

ส่วนการประเมินราคาต้นทุนการผลิตในประเทศ ห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม โดยคุณพ่ายพ เรืองแก้ว กะประมาณราคาตามการออกแบบเบื้องต้นไว้ที่ รากละ 300 บาทต่อการส่ง

ทำชิ้นต่ำ 500 ราก ซึ่งทางโรงงานบอกว่าต้องขอรูปแบบที่แน่นอนอีกครั้งจึงบอกราคาที่แน่นอนได้ ส่วนบริษัท A.L.K. Precision work Co., LTD ไม่สามารถบอกราคาที่แน่นอนได้ ทั้งที่ได้พยายามติดต่อไปหลายครั้ง (ติดต่อ 4 ครั้งกว่าจะให้ลองกลึงแท่งไทเทเนียมใช้เวลาประมาณเกือบ 2 เดือน พอได้รากฟันเทียมมา โทรไปขอราคาเกินกว่า 10 ครั้ง ทางโรงงานก็ไม่สามารถบอกราคาการผลิตได้)

วิจารณ์

การศึกษาด้านการตลาดและความเป็นไปได้ของโครงการพบว่า การวิจัยพัฒนาและผลิตวัสดุและอุปกรณ์ของรากฟันเทียมขึ้นใช้เองในประเทศมีแนวโน้มของตลาดอยู่ในเกณฑ์ดีและมีความเป็นไปได้สูง ควรค่าแก่การลงทุนในอนาคต แต่สำหรับในปัจจุบันเพื่อขจัดปัญหาที่อาจเกิดตามมาจากการไม่แน่นอนของภาวะเศรษฐกิจในตลาดโลก และภาวะการขาดทุนอันอาจเกิดขึ้นถ้ารีบร้อนลงทุนตั้งโรงงานผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์โดยไม่รอดูการตอบสนองของตลาดอย่างจริงจังก่อน ดังนั้นในระยะต่อไปของโครงการ จึงควรให้โรงงานในต่างประเทศเป็นผู้ผลิตรากฟันเทียมตลอดทั้งขบวนการก่อนแล้วจึงส่งกลับมาทดสอบในประเทศไทย ทั้งในการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในระดับเซลล์ ในระดับสัตว์ทดลอง และในมนุษย์ แล้วจึงทำการสำรวจตลาดเพื่อนำรากฟันเทียมที่ผลิตได้ออกสู่ตลาดในประเทศต่อไป ซึ่งถ้าอัตราการตอบสนองของตลาดในประเทศเป็นไปได้ด้วยดี จึงค่อยมาพิจารณาว่าควรจะต้องตั้งโรงงานผลิตในประเทศไทยหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ของประชาชนคนไทยโดยรวม รวมทั้งนักวิจัยก็จะได้ทำการวิจัยพัฒนารากฟันเทียมขั้นต่อไปได้สะดวกขึ้น

ในการกำหนดชนิดของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำรากฟันเทียม จะใช้วัสดุเดียวกันกับที่บริษัทรากฟันเทียมต่างๆ ใช้อยู่ซึ่งคือ surgical grade Titanium alloy ซึ่งมีสูตรทางเคมีว่า Ti6Al4V วัสดุนี้เป็นวัสดุที่สามารถเข้ากับร่างกายได้ดี ไม่ค่อยมีรายงานว่ามีการแพ้ หรือถูกปฏิเสธจากร่างกายมนุษย์ ในปัจจุบัน Titanium alloy จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางที่จะนำมาใช้ทำอวัยวะเทียม โดยมีการปฏิเสธจากร่างกายน้อยมาก ดังนั้นการคาดหวังว่ารากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นจะสามารถคงทนอยู่ในร่างกายมนุษย์ได้เป็นอย่างดีมีสูงมาก นักวิจัยเพียงแค่ดัดแปลงการออกแบบให้เป็นไปตามที่นักวิจัยเห็นควรเท่านั้น ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปของโครงการอาจยื่นเรื่องต่อคณะกรรมการจริยธรรมว่า เมื่อได้รากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นและผ่านการฆ่าเชื้ออย่างดีมาแล้วสามารถจะดำเนินการวิจัยในมนุษย์ไป พร้อมๆกับการทดลองในระดับเซลล์ และระดับสัตว์ทดลองได้หรือไม่ เพื่อให้ได้การดำเนินงานวิจัยรวดเร็วขึ้น ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะการแข่งขันในตลาดมีค่อนข้างสูง การแข่งขันด้านราคาจึงเกิดขึ้น ถ้าระบบรากฟันเทียมที่วิจัยพัฒนาขึ้นออกสู่ตลาดในระยะเวลาอันใกล้ก็จะได้เปรียบต่อคู่แข่งซึ่งเป็นสินค้านำ

เข้าอย่างมาก เพราะราคาในขณะนี้ค่อนข้างสูง แต่ถ้าระยะเวลายาวนานออกไป สถานการณ์อาจเปลี่ยนแปลงไปทำให้การคาดเดาผิดพลาด ทำให้ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยโครงการนี้ด้อยไป แต่ถ้าจะมองในแง่ดีถ้ารากฟันเทียมระบบใหม่ออกสู่ตลาดจนทำให้ราคาของรากฟันเทียมนำเข้าในท้องตลาดลดลงไปเกินครึ่งของราคาในปัจจุบันหรือราคาปรับเข้าใกล้กับราคาที่รากฟันเทียมระบบใหม่ที่วิจัยพัฒนาขึ้นตั้งเป้าไว้ก็จะเป็นประโยชน์แก่ประชาชนคนไทยส่วนใหญ่ที่จะสามารถเลือกรากฟันเทียม (ไม่ว่าจะเป็นรากฟันเทียมระบบใด) ให้เป็นหนึ่งในการรักษาทางทันตกรรมที่จะสามารถเลือกได้

ในการเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบรากฟันเทียมที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัยในระยะที่ 1 นี้ ทางกลุ่มนักวิจัยได้กำหนดขนาดของรากฟันเทียม และขนาดของตัวหลักยึดที่เป็นมาตรฐาน เพื่อทำการออกแบบเบื้องต้น เพียงเพื่อเป็นต้นแบบในการทดสอบขีดความสามารถของเครื่องจักรในประเทศว่าสามารถผลิตชิ้นงานตามแบบได้หรือไม่และทำการเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตทั้งในประเทศและต่างประเทศเท่านั้น ส่วนการออกแบบทั้งระบบจะดำเนินการในระยะต่อไป

การกำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อกำหนดข้อพึงปรารถนา และข้อที่ควรหลีกเลี่ยงของรากฟันเทียมระบบใหม่ มาจากประสบการณ์การทำงานของผู้ร่วมวิจัยทั้งหมดรวมทั้งผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านรากฟันเทียมในประเทศไทยที่เชิญมาร่วมอภิปราย ซึ่งผู้ร่วมประชุมแต่ละท่านก็จะมีข้อดีจากการใช้งานรากฟันเทียมระบบที่คุ้นเคย และก็จะมีส่วนที่ไม่ชอบใจบ้างในการใช้งานระบบที่ให้อยู่ ซึ่งก็ได้มาจากการวิเคราะห์แล้วนำไปสู่การสรุปข้อพึงปรารถนา และข้อควรหลีกเลี่ยง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วก็มีความเห็นคล้ายๆกัน ทำให้ได้บทสรุปขององค์ประกอบที่จำเป็นในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบให้เหมาะสมกับสิ่งอันพึงปรารถนาที่ผู้ร่วมประชุมทุกท่านอยากได้อาทิเช่น ตัวเกลียวด้านนอกของรากฟันเทียมควรมี การกระจายของแรงไปที่บริเวณปลายของรากฟันเทียม ไม่ควรกระจายไปที่ส่วนคอของรากฟันเทียมมากนักเพื่อไม่ให้เกิดการละลายตัวของกระดูกบริเวณนั้นมาก³ อันอาจทำให้รากฟันเทียมนั้นไม่สามารถดำรงคงอยู่ในปากได้นานเท่าที่ควร ดังนั้นจึงต้องสำรวจการกระจายแรงของรากฟันเทียมระบบต่างๆ ทั้งจากวารสารสิ่งพิมพ์ทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งจากแผ่นพับโฆษณาจากทางบริษัท เพื่อหาบทสรุปเพื่อทำการออกแบบเบื้องต้น แต่ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วนทั้งนี้เพราะบางบริษัทก็ไม่ได้แสดงการกระจายแรงของรากฟันเทียมของบริษัท ดังนั้นที่ประชุมจึงได้เลือกการกระจายแรงที่ดีที่สุดเท่าที่จะหาข้อมูลได้ นำมาออกแบบเบื้องต้น ซึ่งก็อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบอีกที หรืออาจคงรูปแบบเดิม การตัดสินใจจะกระทำภายหลังการทดสอบในห้องปฏิบัติการว่าเกลียวแบบใดให้การกระจายแรงเป็นไปตามมติที่ประชุมมากที่สุด

ส่วนการเชื่อมต่อของตัวหลักยึดกับรากฟันเทียม จะเป็นไปตามแนวความคิดที่ว่า ตัวเกลียวที่ใช้ยึดหลักยึดกับรากฟันเทียมควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่พอควรที่จะไม่ทำให้แตกหักง่าย⁴⁻⁶ หรือถ้า

แตกหักก็สามารถแก้ไขได้ง่ายไม่ทำให้ผิวหนังในของรากฟันเทียมได้รับความเสียหายจนไม่สามารถนำตัวหลักยึดใหม่มาสวมลงไม่ได้ และเมื่อเชื่อมต่อแล้วก็ไม่ควรให้มีเศษอาหารหรือของเหลวไปสะสมจนทำให้เกิดกลิ่นได้ จึงเป็นที่มาของการต่อเชื่อมในรูปแบบของการสอบเข้า (taper) ทั้งนี้เพราะเมื่อสวมวัตถุ(ตัวผู้)ที่มีความสอบ ลงไปบนวัตถุ(ตัวเมีย)ที่มีความสอบเท่ากันจะสามารถปิดกันมิให้อากาศและแบคทีเรียไหลผ่านได้ ซึ่งจะเป็นข้อดีในการทำให้ปราศจากกลิ่น การออกแบบที่มีตัวหลักยึดที่ยึดตตรึงแน่นกับรากเทียม จะทำให้รากเทียมเกิดปัญหาแตกหักได้ถ้ามีการกระทบกระแทกต่อหลักยึดเกินกว่าที่ความแข็งแรงของรากเทียมจะทนทานได้ ไม่เหมือนกับรากเทียมบางระบบที่มีการต่อเชื่อมที่สามารถจะเกิดการหลวมของเกลียวได้(ให้เกลียวเป็นตัวรับภาระ)โดยไม่ไปทำอันตรายต่อรากเทียมโดยตรง^{4,5,8,9} อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันยังไม่มีเอกสารทางวิชาการใดยืนยันได้แน่ชัดว่าการออกแบบชนิดใดดีกว่ากัน แต่จากประสบการณ์ของผู้ร่วมวิจัยทั้งหมดยังไม่เคยเห็นรากเทียมที่แตกหักเสียหาย ส่วนใหญ่เคยเห็นแต่ตัวเกลียวบิดงอ หรือหักคาอยู่ภายในรากเทียม ซึ่งยากมากที่จะเอาออกโดยผิวหนังในของรากเทียมไม่เสียหาย ดังนั้นด้วยเหตุผลต่างๆดังที่กล่าวมาแล้ว จึงเป็นที่มาของการออกแบบตัวเกลียวดังกล่าว

ในด้านการศึกษาขีดความสามารถของเครื่องจักรในเมืองไทยนั้น ทางคณะผู้ทำการวิจัยได้เดินทางไปยังหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่ได้ทราบข่าวว่ามีศักยภาพในการผลิตรากเทียม ผลปรากฏว่า ไม่มีหน่วยงานของรัฐแห่งใดเลยที่สามารถผลิตรากเทียมได้โดยอาศัยเครื่องมือที่มีอยู่ ถ้าจะให้ผลิตรากเทียมต้องลงทุนสั่งซื้อเครื่องจักรใหม่ทั้งหมดซึ่งลงทุนสูงมาก ส่วนทางด้านโรงงานเอกชน คณะผู้วิจัยพบว่ามี 2 โรงงานที่มีศักยภาพในการผลิตรากเทียมขึ้นได้เองโดยอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ อย่างไรก็ดี ถึงแม้ทางโรงงานจะสามารถผลิตรากเทียมขึ้นได้ แต่รากเทียมที่ผลิตออกมานั้นก็ยังต้องผ่านกระบวนการอีกหลายขั้นตอนจนกว่าจะมาถึงมือทันตแพทย์เพื่อใช้ในผู้ป่วย ซึ่งทางโรงงานเองก็ยังไม่มีความพร้อมที่จะครบทุกขั้นตอน จำเป็นต้องส่งรากเทียมที่ผลิตขึ้นได้นั้นไปต่างประเทศเพื่อผ่านบางขั้นตอนที่ทางโรงงานในประเทศไทยไม่มี ดังนั้นถ้าจะให้โรงงานในประเทศผลิตรากเทียมแล้วส่งไปผ่านขั้นตอนบางขั้นตอน ณ ต่างประเทศ แล้วส่งกลับมาใช้ในประเทศ อาจหมายถึงต้องเพิ่มต้นทุนการผลิตขึ้นไปอีก ทั้งยังอาจสะดุดใจทันตแพทย์ไทยผู้นำไปใช้ในผู้ป่วยของตน ตรงคำว่า "ผลิตในประเทศ" ซึ่งรากฟันเทียมจะไม่เหมือนกับการใส่ฟันชนิดอื่นๆ ซึ่งไม่จำเป็นต้องฝังอะไรลงไปในกระดูกขากรรไกร ทำให้ทันตแพทย์ผู้จะนำไปใช้มีความลังเลว่า รากฟันเทียมที่ผลิตขึ้นในประเทศนี้ได้ผ่านขั้นตอนการผลิต การทำความสะอาดที่ถูกต้องได้มาตรฐานสากลหรือไม่ สามารถฝังในขากรรไกรได้ โดยทันตแพทย์ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียชื่อเสียงเพราะความไม่ปลอดภัยในสุขภาพของผู้ป่วยหรือไม่ และประการสุดท้ายทันตแพทย์บางท่านไม่ค่อยมีความเชื่อถืออะไรก็ตามที่ผลิตในประเทศ มักคิดว่าของที่ผลิตในประเทศมักไม่ค่อยได้มาตรฐาน และยังเป็นรากเทียมที่ต้องฝังลงไป

กระดุกและยังต้องการการเชื่อมต่อขึ้นมาเป็นพันเพื่อการทำหน้าที่ต่างๆแทนพันธรรมชาติที่สูญเสียไปด้วยแล้ว ถ้าในระยะแรกไม่เกิดปัญหาก็คงไม่เป็นไร ต่อเมื่อเวลาผ่านไป 5-10 ปี ตัวพันปลอมที่อยู่ในช่องปาก หรือตัวหลักยึด หรือแม้กระทั่งตัวรากฟันเทียมเกิดมีปัญหาขึ้น ต้องหาส่วนประกอบใหม่มาเปลี่ยนแปลง แก้ไข ต่อเชื่อม และพบว่าบริษัทที่ผลิตรากเทียมในประเทศเกิดยกเลิกกิจการ ผลเสียส่วนใหญ่จะตกที่ตัวผู้ป่วย ทำให้ต้องผ่าตัดนำรากเทียมนั้นออก แล้วฝังรากเทียมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ผู้ป่วยเสียทั้งเงินและเวลา รวมทั้งตัวทันตแพทย์ก็เสียชื่อเสียงและเสียเวลาอีกด้วย ดังนั้นเพื่อป้องกันมิให้เกิดเหตุอันไม่พึงปรารถนาดังกล่าวขึ้นได้ ควรจะให้บริษัทผู้ผลิตรากเทียม ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นผู้ผลิตรากเทียมให้แก่บริษัทรากเทียมที่อยู่ในตลาดเป็นประจำอยู่แล้วเป็นผู้ผลิตรากเทียมทั้งระบบ เริ่มตั้งแต่ส่งข้อแท่งโลหะผสมไททาเนียม ผ่านขบวนการผลิต การฆ่าเชื้อทำความสะอาด ใส่บรรจุภัณฑ์จนถึงมือทันตแพทย์ เพื่อเพิ่มความมั่นใจให้แก่ทันตแพทย์ผู้นำไปใช้ อีกประการหนึ่งที่ต้องการกระทำเป็นอย่างยิ่งคือ ควรจะสามารถใช้ตัวหลักยึดของบริษัทรากเทียมที่มีอยู่ในตลาดปัจจุบันต่อเชื่อมเข้ากับรากเทียมระบบใหม่นี้ได้ ในกรณีเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้รากเทียมระบบใหม่นี้มีอันเป็นที่ไม่สามารถอยู่รอดได้ในตลาด ผู้ป่วยจะได้ไม่ต้องเสียเงินซื้อรากเทียมระบบที่ขายอยู่ในท้องตลาดมาใช้ใหม่ (เจ็บตัวใหม่ และเสียความรู้สึกมาก) ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับลิขสิทธิ์ที่ทางบริษัทรากเทียมในตลาดจดไว้ ว่าคณะผู้วิจัยสามารถจะลอกเลียนแบบให้ใกล้เคียงจนสามารถใช้ส่วนประกอบต่างๆ ของบริษัทรากเทียมนั้นๆ มาใช้ทดแทนได้โดยไม่ต้องนำรากเทียมออกจากขากรรไกรผู้ป่วย โดยไม่ไปละเมิดลิขสิทธิ์ของบริษัทได้หรือไม่ ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องทำการค้นหาการจดลิขสิทธิ์ในรูปแบบต่างๆ ของรากเทียมที่มีอยู่ในปัจจุบันมาศึกษาก่อนออกแบบรากเทียมทั้งระบบอย่างจริงจัง จะได้ทำงานครั้งเดียว

ในด้านการประเมินราคาต้นทุนการผลิตทั้งในด้านต่างประเทศและในประเทศ พบว่าถ้าให้บริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตรากเทียม ซึ่งต้องผลิตขั้นต่ำ 2,000 ตัว จะได้ต้นทุนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงใส่บรรจุภัณฑ์ ประมาณรากเทียมละ 20 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งรวมแล้วเป็นเงินประมาณ 40,000 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งนี่เป็นแค่ราคาต้นทุนการผลิตรากเทียมโดยเฉพาะ ไม่รวมตัวหลักยึด และอุปกรณ์เสริมต่างๆ ซึ่งต้องมีให้ครบเพื่อทำการทดสอบในขั้นต่อไปของโครงการวิจัย ดังนั้นการออกแบบรากเทียมทั้งระบบจึงจำเป็นต้องกระทำไปแล้วเสร็จสมบูรณ์ อย่างถูกต้องภายในครั้งเดียว มิฉะนั้นถ้าต้องทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ จะหมายถึงจำนวนเงินมหาศาลที่ต้องเสียไปในการทำแบบใหม่ ซึ่งอาจจะพบเพียงไม่กี่อุปกรณ์ หรืออาจต้องกระทบต่อการออกแบบทั้งระบบ

ราคาต้นทุนการผลิตในต่างประเทศ ราคาค่าทำเฉพาะรากฟันเทียมอย่างเดียวประมาณ US \$ 8 แต่ถ้ารวมทั้งขบวนการแล้วจะเป็นราคาประมาณ US \$ 20 ต่อ รากเทียม 1 ตัว ซึ่งต้องสั่งทำขั้นต่ำ 2,000 ชิ้น

ราคาค่าต้นทุนการผลิตรากฟันเทียมในประเทศไทยมีความใกล้เคียงกับราคาการผลิต ณ ต่างประเทศ (ประมาณ 300 บาท) ซึ่งถ้าผลิตออกมาจริงๆแล้ว ทันตแพทย์ส่วนใหญ่จะมีความเชื่อถือรากฟันเทียมที่ผลิตจากต่างประเทศมากกว่าที่ผลิตในประเทศ ประกอบกับราคาก็ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในระยะแรกจึงควรผลิตที่ต่างประเทศแล้วผ่านขบวนการต่างๆจนได้เป็นบรรจุภัณฑ์พร้อมที่จะให้ทันตแพทย์เปิดออกใช้ได้ทันที

สรุป

ผลจากการศึกษาทั้งหมด พอจะสรุปได้ดังนี้

1. ตลาดของรากฟันเทียมทั้งในปัจจุบันและอนาคตมีสิทธิเติบโตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำให้ราคาของการให้บริการการรักษาด้วยรากเทียมและอุปกรณ์สามารถลดลงได้ต่ำ จนเข้าใกล้ราคาของงานใส่ฟันติดแน่น 3 ยูนิต จะยิ่งทำให้การเติบโตของตลาดรากฟันเทียม อยู่ในเกณฑ์ดี
2. วัสดุที่จะใช้ทำรากฟันเทียมคือ Surgical grade titanium alloy (Ti6Al4V)
3. โรงงานในประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตรากเทียมมี 2 โรงงานคือ บริษัท A.L.K. Precision work Co.,LTD และห้างหุ้นส่วนจำกัดรัตนพัฒน์อุตสาหกรรม
4. ยังไม่ควรลงทุนตั้งโรงงานผลิตรากเทียมทั้งระบบในประเทศไทย ควรส่งไปผลิต ณ ต่างประเทศก่อน จวบจนมีการตอบสนองของตลาดอย่างต่อเนื่องมั่นคง จึงค่อยพิจารณาตัดสินใจตั้งโรงงานผลิตในประเทศ หรือซื้อเครื่องจักรเข้ามาเสริมโรงงานที่สามารถผลิตรากฟันเทียมได้

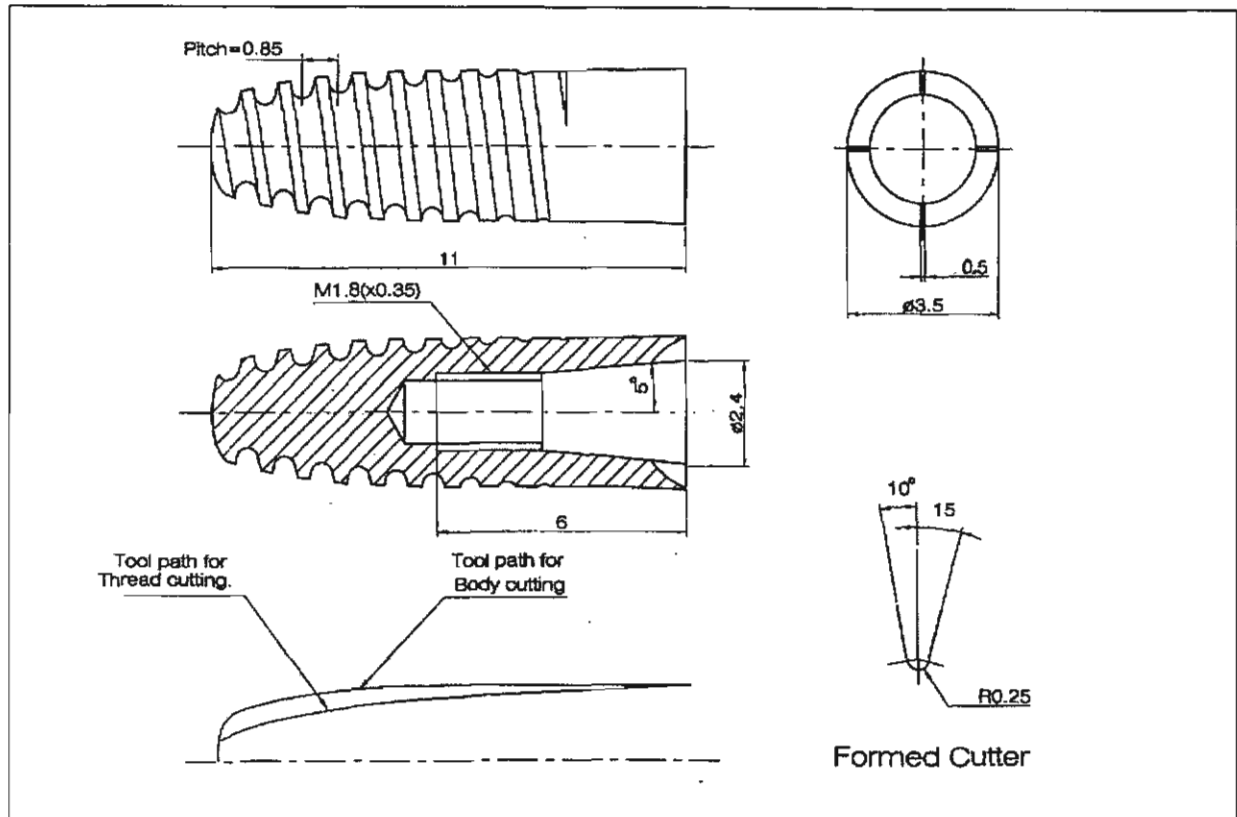
เอกสารอ้างอิง

1. The Glossary of Prosthodontic Terms. 7 ed, J Prosthet Dent 1999 ; 81: 41-110
2. Ring ME. A thousand years of dental implants : A definitive history Part 1 and Part 2. Compendium 1995 : P 1060-69, P 1132-42
3. Weinberg LA. The biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. Int J Oral Maxillofac Implant 1993; 8: 19-31
4. Binon P, Sutter F, Beaty K, Brunki J, Gulbransen H, Weiner R. The Role of screws in implant systems. Int J Oral Maxillofac Implant 1994; 9(Supplement) : 48-63
5. Balshi TJ. An analysis and management of fractured implants: a clinical report. Int J Oral Maxillofac Implant 1996; 11:660-6
6. Wayne CJ. Biomechanical advantages of wide-diameter implants. Compendium 1997; 18: 687-694
7. The Ankylos[®] implant: Safe basis for the individual denture. Ankylos[®] Degussa Germany
8. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and Preload Stress in Dental implant Abutment screws. Int J Oral Maxillofac Implant 1995; 10 : 529-36
9. Sakaguchi RL, Borgersen SE. Non-linear contact analysis of preload in Dental implant screws. Int J Oral Maxillofac Implant 1995; 10: 195-302

บริษัท	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร
Advanced Alloys, Inc	9852 Crescent Center Dr. Unit 802, Cucamonga CA 91730	Phone: 800-521-1661 Fax: 909-980-4806
Trans World Alloys	334-TE, Gardena Blvd Gardena, CA 90248	Phone: 888-208-8777 Fax: 310-217-0066
A-1 Alloys	1401 Cleveland Ave National City, CA 91750	Phone: 800-266-2569 Fax: 619-474-3276
Metal-Mart, Inc	12225 Coast Dr. Whittier, CA 90601	Phone: 800-888 7766 Fax: 562-699-6868

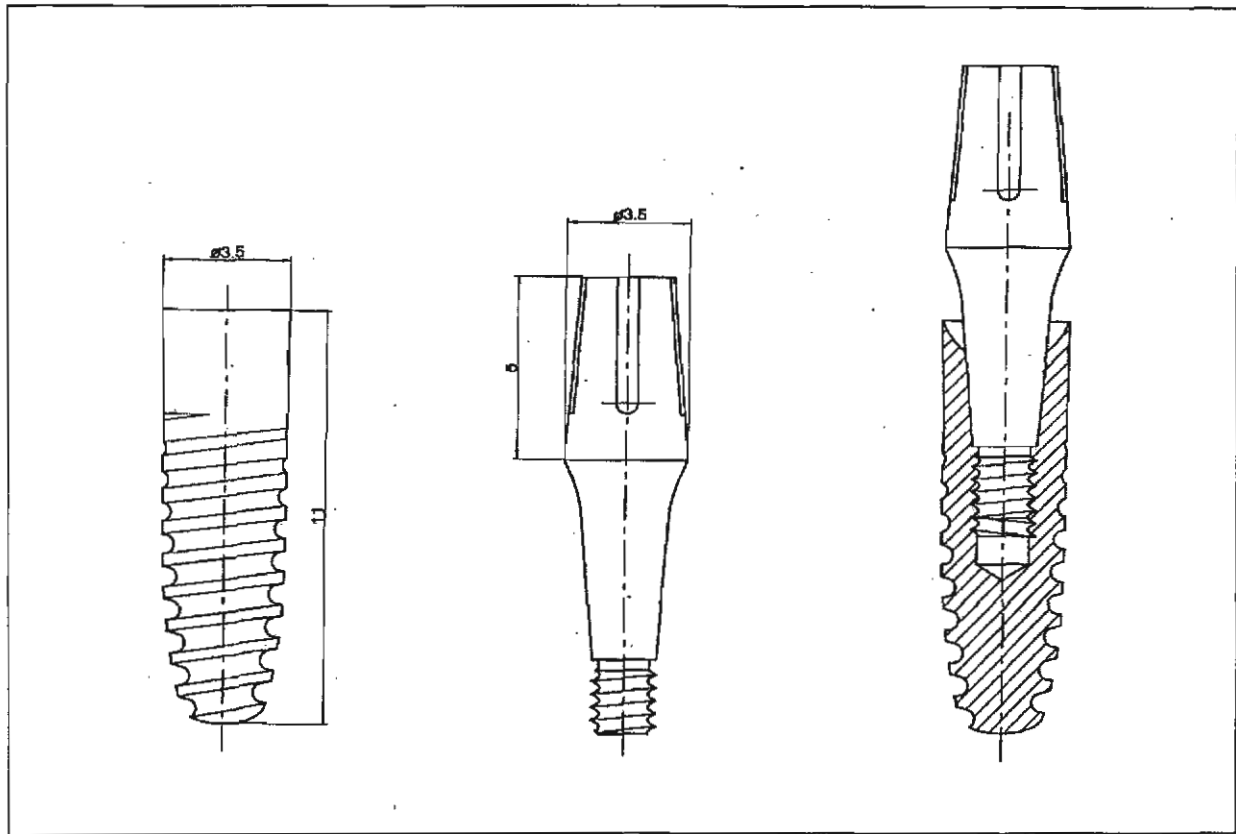
ตารางที่ 1 แสดงชื่อ ที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์บริษัทที่จำหน่าย surgical grade Ti-alloy rods

Table 1 Name, address, phone and fax of Dental implant companies supply surgical grade Ti alloy rods



รูปที่ 1 การออกแบบเบื้องต้นของรากฟันเทียม

Fig 1. Preliminary design of dental fixture



รูปที่ 2 การออกแบบเบื้องต้นของหลักยึดและการต่อเชื่อมระหว่าง รากเทียม และหลักยึด

Fig 2 Preliminary design of abutment and abutment connection

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาให้ทุนสนับสนุนการวิจัยระยะต่อไปของโครงการ
ผลการศึกษาด้านการตลาดและความเป็นไปได้ของโครงการมีความเป็นไปได้สูง เป็นประโยชน์ต่อประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศ ทำให้ผู้สนับสนุนสามารถตัดสินใจได้อย่างมีความเชื่อมั่นว่าจะให้ทุนสนับสนุนโครงการต่อไป เพราะเล็งเห็นว่าโครงการสามารถทำได้จริง และประสบความสำเร็จได้
2. การสัมมนาออกแบบระบบรากฟันเทียมทั้งระบบ
เมื่อคณะผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนให้ดำเนินโครงการวิจัยในระยะต่อไป คณะผู้วิจัยจะสามารถวางแผนออกแบบระบบรากฟันเทียมทั้งระบบ ซึ่งประกอบด้วย
 1. เครื่องมือและเข็มกรอที่จำเป็นในด้านศัลยกรรม
 2. ส่วนประกอบและเครื่องมือด้านทันตกรรมประดิษฐ์และห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้ระบบรากฟันเทียมที่สมบูรณ์
3. การค้นคว้าลิขสิทธิ์ เพื่อทดสอบแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้
หลังจากออกแบบรากฟันเทียมทั้งระบบแล้ว ต้องทำการค้นคว้าทบทวนลิขสิทธิ์ เพื่อดูว่าการออกแบบที่ได้จะต้องไม่ไปเหมือนกับของเดิมที่มีลิขสิทธิ์อยู่
4. การจดลิขสิทธิ์
ทำการจดลิขสิทธิ์ภายหลังจากที่ทำการทดสอบลิขสิทธิ์แล้วพบว่าไม่เหมือนกับสิ่งที่มีอยู่แล้ว
5. การสืบราคาการสั่งทำรากฟันเทียมทั้งระบบจากโรงงานต่างประเทศ
ทำการสืบราคาการสั่งทำรากฟันเทียมทั้งระบบจากโรงงานในต่างประเทศ เพื่อเป็นข้อมูลในการขอทุนสนับสนุนทำวิจัย
6. การเลือกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม
เลือกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานสากล ในด้านความปลอดภัยและความสะดวกขณะใช้งานในห้องผ่าตัด

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1 Marketing research หาแนวโน้มความเป็นไปได้ของการผลิตขึ้นใช้เองในประเทศ	ประชุมระดมสมองระหว่างทันตแพทย์และตัวแทนจำหน่ายสินค้าทันตกรรม	ประชุมระดมสมองระหว่างทันตแพทย์ และตัวแทนจำหน่ายสินค้าทันตกรรม	- SWOT analysis - Business concept - Marketing plan - ยอดขายที่คาดว่าจะทำได้
2 ศึกษาถึงแนวโน้มของตลาดรากเทียมในประเทศไทย ทั้งในปัจจุบันและอนาคต	Discuss with Mr. Somyos	ประชุมสัมมนาระหว่างคณะผู้วิจัยในประเทศและคุณสมยศ	- SWOT ในมุมมองของคุณสมยศ - ขนาดของการลงทุน - โครงสร้างต้นทุน - ระดับกำไรเบื้องต้น
	Focus group	สัมภาษณ์ลูกค้าเป้าหมาย เช่น กลุ่มทันตแพทย์ที่ใช้รากฟันเทียมมากในปัจจุบัน กลุ่มทันตแพทย์ต่างจังหวัดที่มีความสนใจจะใช้รากฟันเทียม กลุ่มนักศึกษาปริญญาโท	- Consumer behavior - Buying criteria - Costing and pricing - ข้อดีข้อเสียของรากฟันเทียมที่จำหน่ายในประเทศไทย
	Direct mail	ส่งแบบสอบถามไปให้ทันตแพทย์ที่คาดว่าจะเป็ลูกค้าเป้าหมาย เช่น ทันตแพทย์ที่เป็นสมาชิกสมาคมทันตกรรมประดิษฐ์ไทย และ ทันตแพทย์ผู้เข้าประชุมวิชาการด้านทันตกรรมประดิษฐ์	- ขนาดของตลาด - ส่วนแบ่งตลาดของรากฟันเทียมระบบใหม่ - ประมาณการจำนวนรากฟันเทียมที่ทันตแพทย์ใช้ต่อเดือนต่อคน

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
3 ศึกษาอุปกรณ์ของ รากฟันเทียมที่กำลังเป็น ที่นิยมในปัจจุบัน	ประชุมระดมสมอง ระหว่างทันตแพทย์ใน โครงการ ทันตแพทย์ที่ ใช้รากฟันเทียมมากใน ปัจจุบัน และคุณสมยศ ภู วกานต์	ประชุมระดมสมอง ระหว่าง ทันตแพทย์ในโครงการ ทันต แพทย์ที่ใช้รากฟันเทียมมาก ในปัจจุบัน และคุณสมยศ ภู วกานต์	- ทราบข้อดีและข้อเสีย ของวัสดุที่ใช้ทำราก เทียมในปัจจุบัน - ได้วัสดุที่จะนำมาใช้ทำ รากเทียม - ทราบองค์ประกอบ - ทราบบริษัทผู้ผลิต - ทราบข้อดีและข้อเสีย ของระบบที่นิยมใช้ใน ปัจจุบัน
4.ออกแบบรากฟันเทียม เบื้องต้นให้มีความเหมาะ สมกับกายวิภาคและ สรีระของคนไทย	ประชุมระดมสมอง ระหว่างทันตแพทย์ใน โครงการ ทันตแพทย์ที่ ใช้รากฟันเทียมมากใน ปัจจุบัน และคุณสมยศ ภู วกานต์	ประชุมระดมสมอง ระหว่าง ทันตแพทย์ในโครงการ ทันต แพทย์ที่ใช้รากฟันเทียมมาก ในปัจจุบัน และคุณสมยศ ภู วกานต์	- แบบเบื้องต้นของราก ฟันเทียม - แบบเบื้องต้นของหลัก ยึด
5. ศึกษาขีดความ สามารถของเครื่องจักร ในเมืองไทย	- เดินทางไปสำรวจ โรงงานในประเทศ ไทยที่มีศักยภาพ ในการผลิตรากฟัน เทียม - ประชุมร่วมกับคุณ สมยศว่าต้องใช้ เครื่องมืออะไรบ้าง ในโรงงานผลิตราก ฟันเทียม	- เดินทางไปสำรวจโรง งานในประเทศไทยที่มี ศักยภาพในการผลิตราก ฟันเทียม - ประชุมร่วมกับคุณสมยศ ว่าต้องใช้เครื่องมืออะไร บ้างในโรงงานผลิตราก ฟันเทียม	- ทราบว่ามี 2 โรงงานที่ สามารถผลิตรากเทียม ได้ - ทราบว่าต้องซื้ออุปกรณ์ เสริมอย่างไรบ้างเพื่อจัด ตั้งการผลิตรากฟัน เทียมในประเทศ - ทราบราคาของเครื่อง จักรที่จะต้องซื้อบาง ส่วน - ยังไม่ทราบราคาของ Clean room เพื่อการ ฆ่าเชื้อก่อนบรรจุภัณฑ์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
6. ประเมินราคาการผลิต prototype ในระดับ low และ high volume production	- สอบถามจากคุณสมยศถึงราคาผลิต ณ ต่างประเทศ ตามแบบเบื้องต้น - สอบถามจากโรงงานในประเทศถึงราคาผลิตตามแบบเบื้องต้น	- สอบถามจากคุณสมยศถึงราคาผลิต ณ ต่างประเทศตามแบบเบื้องต้น - สอบถามจากโรงงานในประเทศถึงราคาผลิตตามแบบเบื้องต้น	- ทราบราคาการผลิตจากพื้นที่มาจากต่างประเทศ - ทราบราคาการผลิตจากพื้นที่ในประเทศไทย