บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อแผนงานวิจัย

(ไทย) การขึ้นรูปและปรับปรุงผิววัสดุฝังในชนิดโลหะเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงวิศวกรรมและการเข้ากันได้ทางชีวภาพ

(อังกฤษ) Fabrication and surface modification of metallic implant in improving engineering properties and biocompatibility

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้แผน

1. การศึกษาความเป็นไปได้ของการขึ้นรูปและการเคลือบผิวสกรูเพื่อใช้ในทันตกรรมจัดฟัน (Feasibility Study of Fabrication and Coating of Orthodontics Screw Mini-implant)
2. การศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวโลหะผสมไททาเนียมที่ใช้ในการผลิตวัสดุฝังในที่ใช้ในร่างกายมนุษย์ ด้วยวิธีการ Electropolishing
   (Study of Surface improvement of titanium-base alloy for human implant by electropolishing method)
3. การพัฒนาเทคโนโลยีทางไมโครฟลูอิดิกส์เพื่อวัดการอักเสบในระยะเริ่มแรกที่เกิดจากวัสดุฝังใน (Development of a Microfluidic Platform for Early Detection of Inflammation Caused by Implant Materials)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2554 จำนวนเงิน 1,341,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี เริ่มทำการวิจัยเมื่อ ตุลาคม พ.ศ. 2554

รายละเอียดแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้มีเป้าหมายจะพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตวัสดุฝังในให้มีคุณสมบัติที่ทัดเทียมกับต่างประเทศ ทั้งนี้งานวิจัยนี้จะมุ่งเป้าไปที่การผลิตวัสดุฝังในประเภทโลหะเป็นหลักเนื่องจากวัสดุฝังในเป็นหนึ่งในวัสดุทางการแพทย์ที่สำคัญที่นำไปรักษากับโรคได้หลายชนิด โดยโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะนำเทคนิคเชิงวิศวกรรมมาใช้เพื่อปรับปรุงลักษณะสมบัติของวัสดุฝังในให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้ยังทำการทดสอบวัสดุฝังในที่ได้จากการพัฒนาทั้งในด้านเชิงวิศวกรรมและการเข้ากันได้ทางชีวภาพ รวมทั้งการศึกษาผลกระทบที่อาจจะมีต่อร่างกายหลังการใช้งานไปแล้ว ภายใต้โครงการวิจัยนี้จะประกอบไปด้วยสามโครงการย่อยได้แก่

โครงการย่อยที่ 1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการขึ้นรูปและการเคลือบผิวสกรูเพื่อใช้ในทันตกรรมจัดฟัน

งานวิจัยนี้แก้ปัญหาด้วยการเคลือบผิวเพื่อปรับปรุงสมบัติของวัสดุชีวภาพ โดยการสร้างผิวเคลือบ Fluorinated diamond-like carbon (F-DLC) ที่ใช้เทคนิคการเคลือบผิวแบบ Plasma based ion implantation (PBII) สำหรับประยุกต์ใช้งานทางชีวการแพทย์ โดยกำหนดตัวแปรสองตัวในการเคลือบผิวคือความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ -5, -15 และ -20 กิโลโวลต์ และอัตราส่วนผสมแก๊สอะเซทิลีนต่อคาร์บอนเตะตระฟลูออไรด์ (C2H2:CF4) ที่อัตราส่วน 2:1, 1:1 และ 1:2 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผิวเคลือบที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า -5 กิโลโวลต์ ณ อัตราส่วนผสมแก๊ส C2H2:CF4 2:1 และ 1:1 มีแนวโน้มที่ดีจากเงื่อนไขทั้งหมด และแสดงให้เห็นว่าทั้งผิวเคลือบที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า -5 กิโลโวลต์ ณ อัตราส่วนผสมแก๊ส C2H2:CF4 2:1 และ 1:1 นั้นมีแนวโน้มของสมบัติทางชีวภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่ไม่ได้เคลือบ

โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวโลหะผสมไททาเนียมที่ใช้ในการผลิตวัสดุฝังในที่ใช้ในร่างกายมนุษย์ ด้วยวิธีการ Electropolishing

งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองกระบวนการยิงทรายด้วย Al_2O_3 ขนาด A16 และการขัดผิวชิ้นงานไทเทเนียม Ti-6Al-4V ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี สำหรับการปรับปรุงผิวชิ้นงานวัสดุฝังในเพื่อให้ได้ผิวเสมือนกับวัสดุฝังในที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ พบว่าวิธีการขัดผิวด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีสามารถนำไปปรับปรุงผิวของวัสดุฝังในไทเทเนียมในขั้นตอนการผลิตชิ้นงานจริงได้ ชิ้นงานที่ผ่านการขัดผิวด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี จะทนการกัดกร่อนได้ดีกว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการยิงทราย เนื่องจากการขัดผิวชิ้นงานด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี ผิวชิ้นงานจะมีความเรียบผิวมากขึ้น

โครงการย่อยที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีทางไมโครฟลูอิดิกส์เพื่อวัดการอักเสบในระยะเริ่มแรกที่เกิดจากวัสดุฝังใน

งานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาชุดตรวจวัดที่มีขนาดเล็กเพื่อใช้ในการตรวจวัด โปรตีนที่หลั่งออกมาเมื่อเกิดการอักเสบขึ้น ชุดตรวจนี้ใช้หลักการวัดด้วยวิธี immunoassay โดยการ ตรึง IL-18 capture antibody ลงบนกระจกสไลด์เป็นจุดขนาดเล็ก จากนั้นจึงทำการหยดสารตัวอย่าง ที่ต้องการจะวัดความเข้มข้นลง ทำปฏิกริยาแบบ immunoassay โดยใช้สารเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ เป็นตัวให้สัญญาณ ช่วงของการตรวจวัดด้วยชุดตรวจนี้คือ 25 – 1,000 pg/ml ค่าความคลาดเคลื่อน จากการวัดซ้ำมีค่าน้อยกว่า 10% ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าชุดตรวจนี้ใช้ได้กับ ตัวอย่างจริง ทางผู้วิจัยได้ใช้ตัวอย่างที่มาจากพลาสมาของผู้ป่วยไตวายซึ่งมีระดับโปรตีน IL-18 ที่ แตกต่างกันไป พบว่าชุดตรวจนี้ให้ผลได้ใกล้เคียงกับผลของชุดตรวจ ELISA มาก โดยที่ค่า $r^2 = 0.99$ บ่งบอกได้ว่าชุดตรวจนี้แม่นยำสามารถนำมาใช้ได้จริง

สรุปแผนงานวิจัย

จากการศึกษาผลของการทดสอบสมบัติทางกลของลวดโลหะผสมไทเทเนียมในเบื้องต้นในโครงการย่อยที่ 1 ทำให้คณะผู้ทำการวิจัยสามารถเลือกวัสดุที่จะนำมาขึ้นรูปสกรูได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาสมบัติทางกลอื่นๆที่จะดำเนินการวิจัยในขั้นต่อไป และจากการศึกษาผิวเคลือบพบว่าวัสดุทางการแพทย์สามารถปรับปรุงคุณสมบัติได้โดยจากงานวิจัยนี้สามารถทำให้พิจารณาเลือกตัวแปรในการเคลือบผิวได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาวิจัยในโครงการย่อยที่ 2 สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงผิวด้วยวิธีการทางกล คือการยิงทราย หรือยิงด้วยเม็ดเหล็ก ที่จะสามารถเพิ่มความเรียบผิว ให้สอดคล้องกับการเข้ากันได้ระหว่างวัสดุฝังในและเซลล์กระดูก (Osteointegration) และมีความแข็งของผิววัสดุโลหะฝังใน ที่ทำจากวัสดุไทเทเนียมผสมเกรด Ti-6Al-4V เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการขัดผิวชิ้นงานวัสดุฝังในที่ทำจากวัสดุไทเทเนียมผสมเกรด Ti-6Al-4V โดยการขัดผิวด้วยกระบวนการ Electropolishing ซึ่งสามารถลดการปนเปื้อน และเศษอลูมินาที่เกิดจากกระบวนการ Sand blasting และยังได้เครื่องมือต้นแบบที่ใช้ในกระบวนการขัดผิวละเอียดด้วยวิธีการทางเคมีไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับวัสดุฝังใน นอกจากนั้นยังพบว่าการปรับปรุงผิวด้วยวิธีการทางไฟฟ้าเคมีนั้นไม่ส่งผลต่อความแข็ง และค่า Tensile Strength ของชิ้นงานไทเทเนียมเกรด Ti-6Al-4V อีกทั้งยังสามารถลดรอยแตก และสิ่งปนเปื้อนบริเวณผิวชิ้นงานได้ดีอีกด้วย และชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีนั้นจะสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดีกว่าวิธีอื่นเนื่องจากความเรียบผิวที่ได้จะมีความเรียบผิวสูง ซึ่งผิวชิ้นงานที่เรียบจะทนการกัดกร่อนได้ดีกว่าชิ้นงานที่มีผิวหยาบ

โครงการวิจัยย่อยที่ 3 เป็นการสร้างชุดตรวจขนาดเล็กเพื่อใช้ในการวัดการอักเสบของวัสดุฝังใน โดยพิจารราจากโปรตีน IL-18 ซึ่งเป็นโปรตีนที่ตอบสนองต่อการอักเสบ ในการสร้างชุดตรวจนี้จึงทำการตรึง capture IL-18 antibody ลงใน Glass slide แล้วทำการหยดตัวอย่างเลือดที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างลงไป จากนั้นนำไปตรึงกับ Secondary antibody แล้วนำไปตรวจสอบค่า Fluorescence intensity โดยค่าดังกล่าวจะแปรผันตามกับปริมาณของโปรตีน IL-18 โดยเมื่อเปรียบเทียบผลงานวิจัยนี้กับวิธีการตรวจสอบทั่วไปแบบ ELISA พบว่าเครื่องมือดังกล่าวนั้นใช้ปริมาณของเลือดที่น้อยกว่าแต่มีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งถือเป็นแนวทางการตรวจสอบการอักเสบจากวัสดุฝั่งในรูปแบบใหม่ ที่เหมาะสำหรับการต่อยอดการนำไปใช้จริงได้ต่อไป