

## เบื้องต้นเกี่ยวกับวิศวกรรมชีวการแพทย์ (Introduction to Biomedical Engineering)

วิศวกรรมชีวการแพทย์ ถือเป็นสาขาในลักษณะสหวิทยาการที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อชีวิต ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการและการพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์ โดยการออกแบบและพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ และเทคนิคต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานทางด้านการวินิจฉัยโรค การรักษาโรค และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกัน

### 1. วิศวกรรมชีวการแพทย์

วิศวกรรมชีวการแพทย์ เป็นการนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสุขภาพร่างกายของมนุษย์ เนื่องจากสุขภาพของมนุษย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน นั่นคือ ลักษณะทางด้านกายภาพของร่างกาย สิ่งที่มีปริมาตรหรือใส่เข้าไปภายในร่างกาย เช่น อาหาร ยา รักษาโรค และอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น รวมทั้งสิ่งที่ใช้ภายนอกในร่างกาย เช่น เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม คอนแทคเลนส์ ขาเทียม เป็นต้น เนื่องจากวิศวกรรมชีวการแพทย์ เป็นการนำหลักการ ความรู้ และวิธีการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ในหลากหลายสาขาวิชามาใช้ร่วมกัน อาทิเช่น วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมเคมี เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านสุขภาพที่มีความจำเพาะเจาะจงได้ ดังนั้นหน้าที่และลักษณะงานของวิศวกรที่ต้องกระทำร่วมกับแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญทางด้านทางการแพทย์ในวิชาชีพต่างๆ จึงมีความหลากหลายตามไปด้วย ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อนักวิศวกรรมชีวการแพทย์ ได้แก่ สรีรวิทยา และลักษณะทางกายวิภาคของมนุษย์ รวมทั้งการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ (mathematical analysis) แต่อย่างไรก็ตาม นักวิศวกรรมชีวการแพทย์บางสาขาสามารถศึกษาวิจัยการทำงานของระบบที่สนใจเพียงอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบนั้นๆ เช่น สัญญาณและวงจรไฟฟ้า กลศาสตร์ หรือคุณสมบัติทางเคมี เป็นต้น

### 2. สาขาย่อยของวิศวกรรมชีวการแพทย์

วิศวกรรมชีวการแพทย์ สามารถแบ่งออกเป็นสาขาย่อยเพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ และลักษณะของปัญหาทางด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นได้ โดยในการแบ่งสาขาย่อยนั้น ตำราแต่ละเล่มอาจมีการแบ่งสาขาย่อยที่แตกต่างกันไป ในที่นี้ได้นำเสนอสาขาที่กล่าวถึงโดยทั่วไปของวิศวกรรมชีวการแพทย์ และตัวอย่างการนำมาใช้ทางการแพทย์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สาขาย่อยของวิศวกรรมชีวการแพทย์และการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

สาขาย่อยของวิศวกรรมชีวการแพทย์	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์
การจำลองระบบทางสรีรวิทยา (Physiological modeling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไดนามิกส์ของระบบไหลเวียนโลหิต</li> <li>- แบบจำลองกลศาสตร์ของเซลล์ (cellular mechanics)</li> <li>- แบบจำลองทางจลศาสตร์ (Pharmacokinetic models) เกี่ยวกับยาเคมีบำบัด</li> </ul>
กลศาสตร์ชีวภาพ (Biomechanics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การวิเคราะห์การก้าวเดิน (Gait analysis)</li> <li>- แขนขาเทียมและข้อต่อเทียม (Prosthetic joints and limbs)</li> <li>- กลศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์ (Cellular mechanics)</li> </ul>
วัสดุชีวภาพ (Biomaterials)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การซ่อมแซมกระดูกและกล้ามเนื้อ</li> <li>- การสร้างเนื้อเยื่อใหม่</li> </ul>
การประมวลสัญญาณทางชีวการแพทย์ (Biomedical signal processing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG)</li> <li>- คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG)</li> <li>- คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)</li> </ul>
การสร้างภาพทางการแพทย์ (Medical imaging)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การสร้างภาพทางรังสี (Radiographic imaging)</li> <li>- การสร้างภาพอัลตราซาวนด์ (Ultrasound imaging)</li> <li>- การสร้างภาพด้วยMagnetic resonance imaging</li> <li>- การสร้างภาพจากการหักเหแสง (Optical imaging)</li> </ul>
อุปกรณ์ชีวการแพทย์ (Biomedical instrumentation and Biomedical sensors)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เครื่องกระตุ้นการเต้นของหัวใจ (Cardiac pacemaker)</li> <li>- เซนเซอร์ตรวจจับกลูโคสหรือออกซิเจนในเลือด</li> </ul>
วิศวกรรมชีวโมเลกุลและเทคโนโลยีชีวภาพ (Biomolecular engineering and Biotechnology)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบบการส่งยาเพื่อรักษามะเร็งในสมอง</li> <li>- การศึกษาเกี่ยวกับโปรตีน</li> <li>- การพัฒนาวัคซีน</li> </ul>

วิศวกรรมเนื้อเยื่อ (Tissue Engineering)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การเพาะเลี้ยงผิวหนังเทียม (Artificial skin)</li> <li>- การปลูกถ่ายไขกระดูก (Bone marrow transplantation)</li> </ul>
ชีววิทยาระบบและชีวสารสนเทศ (Systems biology and bioinformatics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การวิเคราะห์ลำดับการเรียงตัวของสารพันธุกรรม (DNA sequence analysis)</li> <li>- การวัดยีนหรือโปรตีนจำนวนมากภายในเซลล์ในเวลาเดียวกันโดยใช้เทคโนโลยีแบบอาร์เรย์ขนาดเล็ก (microarray technology)</li> </ul>
วิศวกรรมคลินิก (Clinical engineering)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การประเมินและตรวจสอบเครื่องมือทางการแพทย์ก่อนการจัดซื้อหรือติดตั้ง</li> </ul>
วิศวกรรมฟื้นฟู (Rehabilitation engineering)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เครื่องช่วยฟังแบบดิจิทัล (digital hearing aids)</li> <li>- อวัยวะเทียม (artificial organs)</li> <li>- อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับอวัยวะเทียม (prosthetic devices)</li> </ul>

## 2.1 การจำลองระบบทางสรีรวิทยา (Physiological modeling)

เป็นการสร้างหรือพัฒนาเทคนิควิธีการและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือทางกายภาพสำหรับจำลองการทำงานของระบบสรีรวิทยาของมนุษย์ การทำงานภายในสิ่งมีชีวิตตลอดจนแบคทีเรีย เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถทำนายพฤติกรรมของระบบได้ การจำลองการทำงานของระบบเชิงคำนวณนี้จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและนำมาใช้กับสมการทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายถึงระบบการทำงานนั้นๆ การจำลองการทำงานทางสรีรวิทยาของมนุษย์เป็นประโยชน์สำหรับกระบวนการวินิจฉัยโรค การวางแผนการรักษาและการตัดสินใจในการรักษาโรค ตัวอย่างเช่นการสร้างและการวิเคราะห์แบบจำลองการทำงานของข้อเข่า แบบจำลองของระบบไหลเวียนโลหิต การจำลองการไหลเวียนของอากาศภายในหลอดลมปอด (primary bronchus) เพื่อประเมินรูปแบบการหายใจของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับปอด เป็นต้น

## 2.2 กลศาสตร์ชีวภาพ (Biomechanics)

กลศาสตร์ชีวภาพเป็นการศึกษาพฤติกรรมที่เกี่ยวกับกลไกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ รวมทั้งค้นหาผลที่ได้จากการออกแรงในการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆ โดยนักชีววิศวกรรมมักศึกษาเกี่ยวกับ

บทบาทหน้าที่ของแรงที่มีต่อระบบทางสรีรวิทยาหรือพฤติกรรมเคลื่อนไหวของมนุษย์ในสถานการณ์ต่างๆ เช่น การออกกำลังกาย การทำงาน กิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น การศึกษาเกี่ยวกับผลของการบาดเจ็บทางด้านกลไกการเคลื่อนไหวและการคิดค้นวิธีป้องกันการบาดเจ็บเนื่องจากแรงทางกลศาสตร์โดยการคิดค้นออกแบบเข็มขัดนิรภัยหรือหมวกนิรภัย ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับโรคที่มีผลต่อประสิทธิภาพกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ หรือความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายที่เป็นผลจากการสูญเสียกลไกการทำงานของกระดูกหรือการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ นำไปสู่การออกแบบข้อต่อเทียม ลิ้นหัวใจเทียม อวัยวะเทียมต่างๆ นอกจากนี้การวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ชีวภาพถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษากลไกการทำงานของเซลล์ ตัวอย่างเช่น กลไกการเคลื่อนที่ของเซลล์ในระบบไหลเวียนโลหิตหรือภายในเนื้อเยื่อ

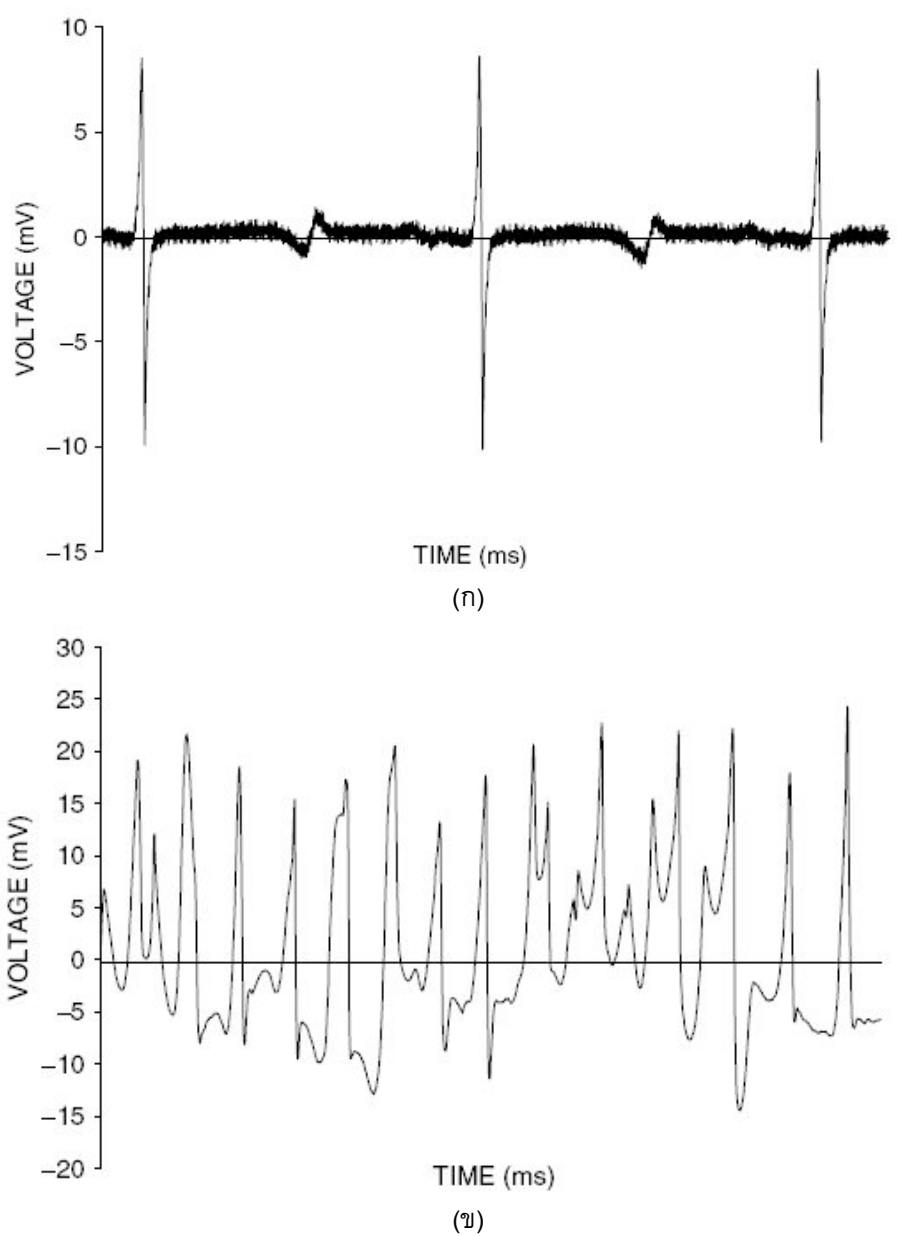
### 2.3 วัสดุชีวภาพ (Biomaterials)

วัสดุชีวภาพหรือวัสดุที่นำมาใช้ทางการแพทย์ หมายถึงวัสดุทางธรรมชาติและวัสดุสังเคราะห์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ฝังภายในร่างกายหรือที่ใช้กับภายนอกร่างกายของมนุษย์ ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมของวัสดุชีวภาพเหล่านี้มีความจำเป็นและสำคัญต่อการออกแบบวัสดุที่จะฝังหรือใส่เข้าไปในร่างกาย วัสดุที่จะฝังหรือใส่เข้าไปในร่างกาย เช่น อัลลอยด์ เซรามิค โพลีเมอร์ หรือวัสดุที่ปราศจากสารพิษ สารก่อมะเร็ง ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เสถียร และมีความแข็งแรงทนทาน อุปกรณ์ทางการแพทย์ที่สร้างจากวัสดุชีวภาพได้แก่ ข้อต่อสะโพก ข้อต่อหัวเข่า ข้อต่อหัวใจ วัสดุทางทันตกรรม อุปกรณ์ขยายหลอดเลือดหัวใจ โดยในปัจจุบันวัสดุชีวภาพถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์ต้นกำเนิด (stem cell) ในการสร้างเนื้อเยื่อใหม่จากเซลล์เดิมของเนื้อเยื่อ แทนเนื้อเยื่อส่วนที่ถูกทำลายหรือติดเชื้อโดยอาศัยความรู้ทางด้าน tissue engineering

### 2.4 การประมวลสัญญาณทางชีวการแพทย์ (Biomedical signal processing)

สัญญาณทางชีววิทยาเป็นข้อมูลที่บันทึกได้ในช่วงเวลาหนึ่งของกระบวนการทางชีววิทยาใดๆ ที่เราสนใจ เช่น การเต้นของหัวใจ การหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยกระบวนการทางชีววิทยาที่มีการกระทำเกี่ยวข้องกับไฟฟ้า เคมี หรือกลศาสตร์นี้จะก่อให้เกิดสัญญาณซึ่งสามารถตรวจวัดและวิเคราะห์ได้ ดังนั้นสัญญาณทางชีววิทยาที่วัดได้จึงเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการศึกษากลไกการทำงานของระบบสรีรวิทยา และเป็นประโยชน์ต่อการวินิจฉัยของแพทย์ วิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณได้แก่ การขยายสัญญาณ การกรองสัญญาณ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล การประมวลผล และการเก็บข้อมูล เป็นต้น โดยสัญญาณเหล่านี้จะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปตามกระบวนการทางสรีรวิทยา

ของอวัยวะต่างๆ เช่น ที่เซลล์ประสาทและกล้ามเนื้อจะสร้างสัญญาณไฟฟ้าทางชีววิทยาซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมีภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ โดยสามารถวัดสัญญาณเหล่านี้ได้โดยการใช้อิเล็กโทรดวัดที่พื้นผิวอวัยวะหรือร่างกาย ซึ่งได้แก่ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiogram) คลื่นไฟฟ้าสมอง (electroencephalogram) คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyogram) เป็นต้น ตัวอย่างคลื่นไฟฟ้าที่วัดได้แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 (ก) คลื่นไฟฟ้าหัวใจของหนูที่มีจังหวะการเต้นของหัวใจปกติ โดยวัดจากพื้นผิวภายนอกร่างกาย (ข) คลื่นไฟฟ้าหัวใจของหนูระหว่างที่เวนทริเคิลมีการหดตัวอย่างรวดเร็ว (สุ่มข้อมูลโดยใช้ 1000 ข้อมูลในหนึ่งวินาที) [2]

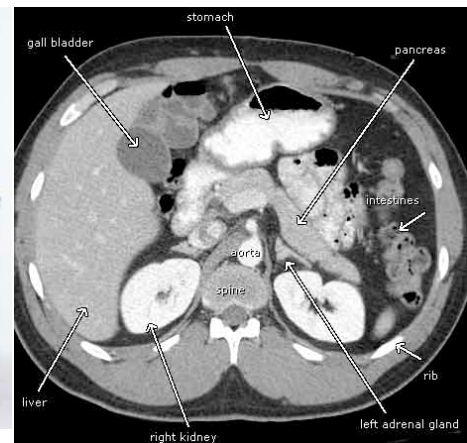
## 2.5 การสร้างภาพทางการแพทย์ (Medical imaging)

เทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างภาพของอวัยวะภายในร่างกายเพื่อวินิจฉัยโรค ได้แก่ การสร้างภาพทางรังสี (conventional radiographic imaging), การสร้างภาพตัดขวางด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography: CT) แสดงในรูปที่ 2, การสร้างภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging: MRI), การสร้างภาพอัลตราซาวด์ (ultrasound imaging), positron emission tomography (PET) รวมทั้งการผนวกการสร้างภาพด้วย CT และ PET ไว้ด้วยกันเรียกว่า PET/CT scan แสดงในรูปที่ 3 ทำให้เห็นอวัยวะภายในร่างกายในลักษณะภาพตัดขวางพร้อมทั้งเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นภายในอวัยวะต่างๆ

เทคโนโลยีการสร้างภาพดิจิทัลทางการแพทย์เหล่านี้ ทำให้ได้ข้อมูลทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อและอวัยวะภายในหรือการทำงานของอวัยวะภายใน โดยไม่มีการรुक้ำหรือมีการรुक้ำเข้าไปในร่างกายน้อยที่สุด ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บน้อยกว่าเทคนิคการตรวจประเภทอื่นๆ ในปัจจุบันนักวิศวกรรมชีวการแพทย์มีบทบาทในการออกแบบ คิดค้นและพัฒนาเครื่องที่ใช้ในการสร้างภาพ เทคนิคที่ใช้ในการสร้างภาพรวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่ได้จากผู้ป่วยด้วยซอฟต์แวร์ต่างๆ โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างภาพมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลการทำงานของเนื้อเยื่อภายในอวัยวะ ซึ่งจะนำไปสู่การติดตามความเป็นไปของโรค การวางแผนและพัฒนาวิธีการรักษาโรคที่เหมาะสมต่อไปได้



(ก)

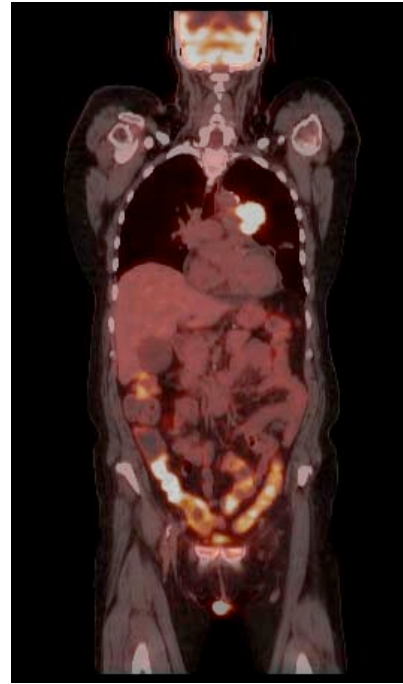


(ข)

รูปที่ 2 (ก) เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography scan) [8] (ข) ภาพตัดขวางของอวัยวะภายในที่ได้จากการสร้างภาพด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ [8]



(ก)



(ข)

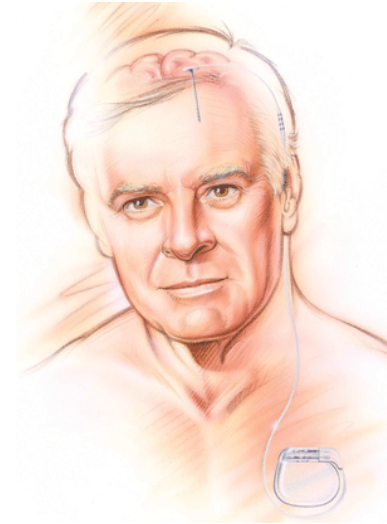
รูปที่ 3 (ก) เครื่อง PET/CT [7] (ข) ภาพ PET/CT แสดงการเติบโตของมะเร็งที่ปอดโดยจะเห็นว่าบางบริเวณของปอดสว่างมากกว่าปกติ [8]

## 2.6 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ (Biomedical instrumentation and biomedical sensors)

อุปกรณ์ชีวการแพทย์เป็นการนำหลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้และพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคและการรักษาโรค เครื่องมืออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องควบคุมการเต้นของหัวใจและความดันโลหิต ทำให้ทราบการทำงานของระบบภายในร่างกายของผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะวิกฤติอย่างต่อเนื่องและเชื่อถือได้ การออกแบบและการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น การพัฒนาเครื่องกระตุ้นการเต้นของหัวใจ เครื่องกระตุ้นสมองส่วนลึกด้วยสัญญาณไฟฟ้า (deep-brain stimulator) แสดงในรูปที่ 4 สำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) หรือความผิดปกติทางประสาทอื่นๆ เครื่องฟอกโลหิตด้วยเครื่องไตเทียม (hemodialysis) เป็นต้น ในกรณีของเซนเซอร์ทางชีวการแพทย์ใช้สำหรับตรวจจับและควบคุมติดตามผลิตภัณฑ์ (metabolite) ที่ได้จากขบวนการเมตาบอลิซึมและใช้ตรวจจับสารทางพันธุกรรมที่มีความจำเพาะเจาะจง เช่น การตรวจจับกลูโคสหรือออกซิเจนในเลือด



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) เครื่องกระตุ้นสมองส่วนลึก (deep-brain stimulator) พัฒนาโดยบริษัท Medtronic [6]

ซึ่งจะถูกฝังอยู่ภายในทรวงอกของผู้ป่วย และถูกควบคุมการทำงานจากภายนอกได้

(ข) เครื่องกระตุ้นที่ฝังอยู่ภายในทรวงอกของผู้ป่วยโดยมีการเชื่อมต่อไปยังอิเล็กโทรดที่อยู่ภายในสมอง [7]

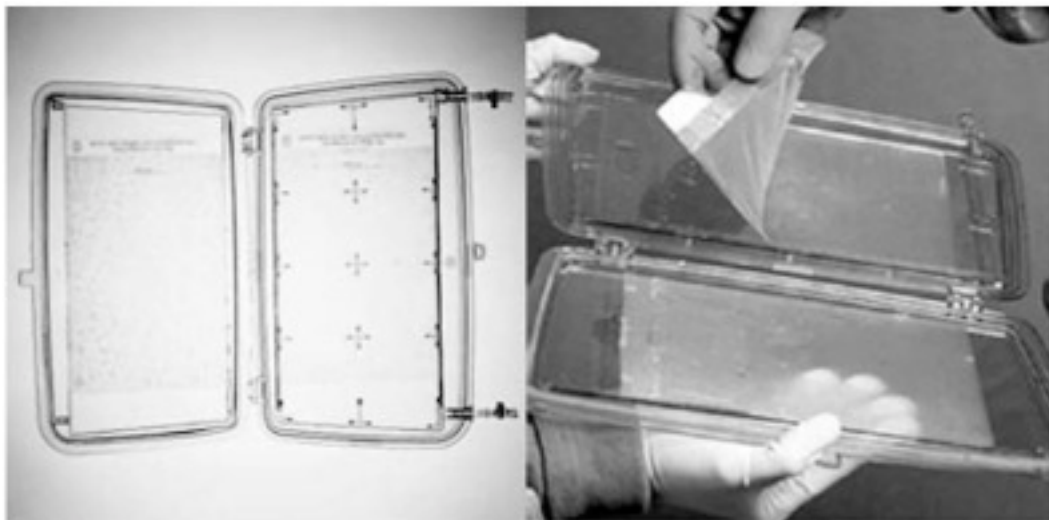
#### .7 วิศวกรรมชีวโมเลกุลและเทคโนโลยีชีวภาพ (Biomolecular engineering and biotechnology)

ผลิตภัณฑ์ยาเป็นสารทางเคมีที่ใช้ในการรักษาโรคหรือทำให้อาการของโรคทุเลาลง แต่อาจจะทำให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์หรือเป็นอันตรายถึงชีวิต ความก้าวหน้าและการพัฒนาเกี่ยวกับยารักษาโรคในศตวรรษที่ ผ่านมาเป็นการพัฒนาการวิเคราะห์จุลศาสตร์เกี่ยวกับสารเภสัช (pharmacokinetic analysis) ซึ่งจะคาดการณ์รูปแบบการดูดซึมยาและเมตาบอลิซึม มักวิเคราะห์โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทำให้ผู้ป่วยได้รับยาและการรักษาอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ วิศวกรรมชีวโมเลกุลหรือเทคโนโลยีชีวภาพเป็นการนำหลักการทางวิศวกรรมเคมีมาใช้ในการออกแบบและการวิเคราะห์ เช่นออกแบบระบบการส่งยาเพื่อรักษามะเร็งในสมอง ทำให้ศัลยแพทย์สามารถให้การรักษาด้วยเคมีบำบัดไปยังก้อนมะเร็งได้โดยตรงและปริมาณยาที่ให้คงอยู่ได้เป็นเวลานาน การประยุกต์ใช้ในงานภูมิคุ้มกันวิทยาเช่นการพัฒนาวัคซีน นอกจากนี้เทคโนโลยีชีวภาพยังหมายรวมถึงนาโนเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการและศึกษาอะตอมหรือโมเลกุลภายในวัสดุ การผลิตวัสดุในระดับนาโนด้วยความแม่นยำ ลักษณะทางชีวภาพที่มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเช่น ไวรัส ไรโบโซม (ribosome) ของเหลวระหว่างเซลล์ของเนื้อเยื่อ (extracellular matrix) เป็นต้น

## .8 วิศวกรรมเนื้อเยื่อ (Tissue engineering)

วิศวกรรมเนื้อเยื่อเป็นการนำความรู้ทางชีววิทยาและวิศวกรรมมาใช้ร่วมกัน เพื่อสร้างเนื้อเยื่อหรือเซลล์จากภายนอกร่างกาย หรือใช้ในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อของอวัยวะภายในร่างกาย โดยวิศวกรรมเนื้อเยื่อต้องอาศัยความรู้ทางชีววิทยาที่หลากหลาย ได้แก่ ชีววิทยาเกี่ยวกับเซลล์และโมเลกุล สรีรวิทยา และระบบของร่างกาย การเพิ่มจำนวนและการแบ่งตัวของเซลล์ต้นกำเนิด คุณสมบัติทางเคมีและสารประกอบของของเหลวระหว่างเซลล์ของเนื้อเยื่อ การศึกษาเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน ความรู้ทางวิศวกรรมที่นำมาใช้ ได้แก่ วิศวกรรมชีวเคมี วิศวกรรมกลศาสตร์ การประยุกต์ใช้และการออกแบบภาชนะสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (bioreactor) แสดงในรูปที่ 4 การวิเคราะห์การถ่ายเทมวลของเมตาบอลิไทท์ที่เป็นก๊าซและของเหลว รวมทั้งวัสดุชีวภาพ

ในทางการแพทย์ วิศวกรรมเนื้อเยื่อถูกนำมาใช้เพื่อการรักษาเซลล์เพื่อซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหายโดยการฉีดเซลล์เข้าไปภายในร่างกาย และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสำหรับการปลูกถ่ายอวัยวะ ได้แก่ กระดูกอ่อน กระดูก ผิวหนัง เซลล์ประสาท เซลล์ตับ เส้นเลือด เป็นต้น



รูปที่ 4 ภาชนะสำหรับเพาะเลี้ยงผิวหนังพัฒนาโดย Trancyte<sup>®</sup> มีลักษณะเป็นบานพับและที่ด้านข้างทั้งสองมีการไหลของเลือดเข้ามาเลี้ยงเนื้อเยื่อ [2]

## 2.9 ชีววิทยาระบบและชีวสารสนเทศ (Systems biology and bioinformatics)

ชีววิทยาระบบเป็นการนำเทคนิคและเครื่องมือทางวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการศึกษาระบบการทำงานของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตเหล่านี้นับตั้งแต่แบคทีเรียไปจนกระทั่งร่างกายของมนุษย์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองและวิเคราะห์ระบบทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิต การพัฒนาแบบจำลองของหน้าที่และการทำงานทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตในระดับเซลล์และระดับโมเลกุลเป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งทำได้โดยการพัฒนาระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบฐานข้อมูลทางชีววิทยา เช่น ฐานข้อมูลของลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม (gene) หรือฐานข้อมูลโปรตีน เพื่อค้นหาหรือจัดลำดับข้อมูลทางชีววิทยาใหม่ รวมทั้งการคิดค้นวิธีการใหม่ที่จะนำมาใช้กับเซลล์โดยอาศัยวิศวกรรมพันธุกรรมและวิศวกรรมระดับเซลล์ (genetic and cellular engineering) โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างวิธีการใหม่สำหรับการตรวจวัดสถานะของการทำงานในแต่ละเซลล์ วิธีการเหล่านี้ได้แก่การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของโปรตีนภายในเซลล์ที่มีชีวิต (proteomics), วิธีการวัดยีนหรือโปรตีนจำนวนมากภายในเซลล์ในเวลาเดียวกันโดยใช้เทคโนโลยีแบบอาร์เรย์ขนาดเล็ก (microarray technology), การสร้างอาร์เรย์ (array) ของเซลล์หรือเนื้อเยื่อเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล และการออกแบบเครื่องมือที่สามารถเชื่อมต่อกับเซลล์หรือโปรตีนได้ (biomicroelectromechanical systems) เป็นต้น

เนื่องจากฐานข้อมูลทางชีววิทยาของเซลล์มีจำนวนมาก โดยเฉพาะข้อมูลทางด้านพันธุวิศวกรรมภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลจะต้องสามารถจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากมหาศาลที่เพิ่มขึ้นได้ เทคโนโลยีเหล่านี้เรียกว่าระบบสารสนเทศทางชีววิทยา (bioinformatics) ซึ่งอาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ สถิติและการวิเคราะห์เชิงคำนวณของข้อมูลทางพันธุวิศวกรรม

#### .10 วิศวกรรมคลินิก (Clinical engineering)

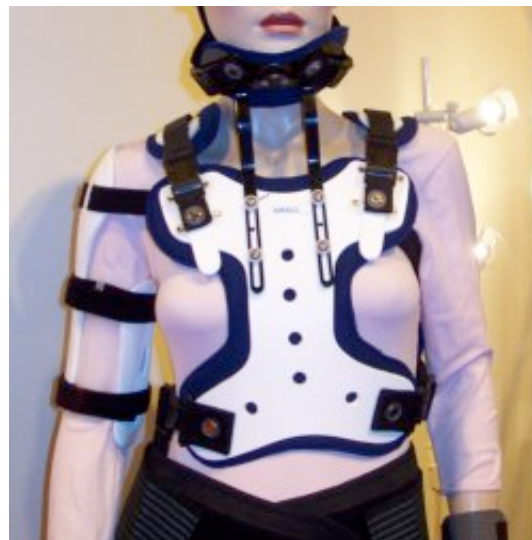
เป็นการนำความรู้ทางวิศวกรรมมาใช้ในโรงพยาบาลซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของแพทย์พยาบาล และเจ้าหน้าที่ภายในโรงพยาบาล โดยวิศวกรคลินิกทำหน้าที่ตรวจสอบ ซ่อมแซม บำรุงรักษา และดำเนินการด้านความปลอดภัยของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยและการรักษา ในบางครั้งวิศวกรคลินิกทำหน้าที่ในการตรวจสอบประเมินเทคโนโลยีและเครื่องมือใหม่ก่อนการจัดซื้อ ทำการศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับเครื่องมือสำหรับแพทย์ การให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์และการเจรจาข้อตกลงของการบริการจากบริษัท นอกจากนี้วิศวกรคลินิกรยังสามารถทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่พัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการในการปฏิบัติงานทางการแพทย์

## 2.11 วิศวกรรมฟื้นฟู (Rehabilitation engineering)

การฟื้นฟูมีความเกี่ยวข้องกับบุคคลที่พิการและผู้สูงอายุ โดยวิศวกรรมฟื้นฟูมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของบุคคลที่มีความบกพร่องทางกายภาพและกระบวนการรับรู้ เช่น ความบกพร่องเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว การสื่อสาร การได้ยิน การมองเห็น หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน การใช้ชีวิตประจำวัน การศึกษา และการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคม นักวิศวกรฟื้นฟูจึงมีหน้าที่ในการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอวัยวะเทียม ที่พักอาศัย สถานที่ทำงาน การปรับปรุงการคมนาคมขนส่ง ทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับผู้พิการหรือผู้สูงอายุ เช่น ระบบ add-on wheelchair, เครื่องช่วยฟังแบบดิจิทัล (digital hearing aids), อวัยวะเทียม เช่น หัวใจเทียม เครื่องฟอกไตเทียม (hemodialysis), แขนขาเทียม (prosthetic limbs), อุปกรณ์เสริมหรือประคองกระดูกหรือกล้ามเนื้อ (orthoses) ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 5 เป็นต้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 5 ตัวอย่างของอวัยวะเทียมและอุปกรณ์ประคองกระดูกและกล้ามเนื้อ (ก) ขาเทียม [9] (ข) อุปกรณ์ประคองกระดูกสันหลัง [10]

เอกสารอ้างอิง

- [1] W.M. Saltzman. *Biomedical Engineering: Bridging Medicine and Technology*. Cambridge University Press, New York, 2009.
- [2] J.D. Enderle, S.M. Blanchard, and J.D. Bronzino. *Introduction to Biomedical Engineering*. Elsevier Academic Press, 2<sup>nd</sup> edition, 2005.
- [3] S.V. Madhally. *Principles of Biomedical Engineering*. Artech house, 2010.
- [4] G.S. Sawhney. *Fundamentals of Biomedical Engineering*. New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi, 2007.
- [5] <http://www.medtronic.com>
- [6] <http://www.carolinaneurosurgery.com/newsletter/archive/2008%20spring/2008springdbs.html>
- [7] <http://www.radiology.mcg.edu/ImagingEquipment/CTMRIEquipment.php>
- [8] <http://www.radiologyinfo.org>
- [9] <http://www.ottobock.com>
- [10] <http://rehabtech.eng.monash.edu.au/matsci/>