บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับลำพุ่งความเร็วสูง (High speed liquid jet) ของของไหลเพื่อประยุกต์ใช้กับทางวิศวกรรมสมัยใหม่มีอย่างกว้างขวาง เช่น การฉีดเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ การตัดโลหะ การขุดเจาะดินหรือ อุโมงค์ การทำความสะอาดชิ้นส่วน ในลักษณะต่างๆ และที่สำคัญ ลำพุ่งความเร็วสูงยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการแพทย์อีกด้วย ตัวอย่างเช่น การใช้ High speed liquid jet ในการผ่าตัด ใช้ในการทำลายก้อนเลือดที่อุดตันในเส้นเลือด และ การส่งถ่ายยา DNA หรือวัคซีน ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีอันมีประโยชน์ต่อสุขภาพและชีวิตของมนุษย์โดยตรง

เทคนิคการส่งถ่ายยาหรือวัคซีนในปัจจุบันมีหลากหลายวิธี เช่น การฉีดด้วยเข็มฉีดยากับกระบอกฉีดยา การติดแปะด้วยแผง Microneedle การพ่นละอองยาเพื่อสูดเข้าสู่ร่างกาย การกิน และ การฉีดด้วยลำพุ่งของเหลวความเร็วสูง จากวิธีดังกล่าว การฉีดยาด้วยเข็มฉีดยากับกระบอกฉีดยา เป็นวิธีที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อเสีย เช่น ความไม่ปลอดภัยกับผู้ฉีดที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากเข็ม ความเจ็บปวดจากการแทงของเข็ม ผู้ฉีดต้องมีความรู้และความชำนาญเป็นอย่างดี และผู้ถูกฉีดยังเสี่ยงต่อการที่เข็มจะแทงถูกเส้นประสาทที่มีอยู่ทั่วร่างกายอีกด้วย เนื่องด้วยจุดอ่อนเหล่านี้ จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเทคนิคการฉีดยา หรือ การส่งถ่ายยา เข้าสู่ร่างกาย โดยวิธีอื่นๆ ดังที่กล่าวไปแล้วในตอนต้น

เทคนิคการส่งถ่ายยาแบบไม่ใช้เข็ม (Needle free injection) โดยส่งถ่ายยาด้วยลำพุ่งความเร็วสูงถือเป็นเทคนิคทางเลือกที่มีความเป็นไปได้สูงที่จะมาแทนการใช้เข็มฉีดยากับกระบอกฉีดยาได้ดีที่สุด เพราะคุณลักษณะการให้ยามีความคล้ายกันแตกต่างกันเพียงไม่ใช้เข็มฉีดยา แต่ใช้ลำลำพุ่งความเร็วสูงนำตัวยาเข้าสู่ร่างกายแทน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ด้วยวิธีนี้ ยาสามารถออกฤทธิ์ได้เร็ว ผู้ที่ถูกฉีดจะรู้สึกเจ็บปวดน้อยกว่าเข็ม สามารถฉีดยาได้เร็วขึ้นและสามารถลดการเสี่ยงของการติดเชื้อจากเข็มได้ นอกจากนี้แล้ว ด้วยเทคนิคนี้เราสามารถประยุกต์เอาลำพุ่งความเร็วสูงมาใช้กับการให้วัคซีนโดยการเคลือบ DNA หรือ ยีน ไว้บนโลหะหนักขนาดเล็กระดับไมโครเมตร และใช้ลำพุ่งของแก๊สเพื่อเหนี่ยวนำเม็ดโลหะ DNA ไปยังเป้าหมายหรือผิวหนัง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีประสิทธิภาพการส่งถ่ายสูงกว่าวิธีอื่นๆ

การส่งถ่ายยาหรือวัคซีนด้วยลำพุ่งความเร็วสูง เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เพิ่งศึกษามาไม่นานนัก ยังต้องมีการศึกษาและวิจัยอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือเป็นเทคโนโลยีทางการแพทย์ ที่จำเป็นต้องมีองค์ความรู้จากหลากหลายสาขามาร่วมกัน ในที่นี้ จะยกตัวอย่างสองด้าน ได้แก่ 1) ทางด้านเทคนิควิศวกรรม เช่น การศึกษาคุณลักษณะของลำพุ่งของยาชนิดต่างๆ ในวัสดุชนิดต่างๆ อิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อการควบคุมลำพุ่งให้นำส่งยาให้ได้ตามจุดประสงค์มากที่สุด 2)

ทางด้านการแพทย์ เช่น การออกฤทธิ์ของยาหรือวัคซีน ตำแหน่งหรือความลึกที่เหมาะสมของยาหรือวัคซีน ผลทางเคมีชีวภาพอื่นๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากการฉีด ถึงแม้ว่าประเด็นเหล่านี้ได้รับความสนใจศึกษากันอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ แต่กลับไม่พบว่าในประเทศไทยมีการศึกษาวิจัย หรือแม้แต่ทดลองนำอุปกรณ์เหล่านี้มาใช้ในการรักษาพยาบาล แต่กลับพบว่าในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาวิจัย

ในปัจจุบัน เทคนิคการสร้างลำพุ่งสำหรับส่งถ่ายยาผ่านผิวหนัง โดยส่วนใหญ่ ใช้แก๊สที่เก็บไว้ในถังความดันสูง จากนั้นจึงปล่อยก๊าซด้วยความเร็วอัดของเหลวให้เหนี่ยวนำยาไปยังเป้าหมาย (เซลล์หรือเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง) ซึ่งความเร็วของลำพุ่งที่ได้เป็นตัวแปรสำคัญที่เชื่อมโยงกับขนาดความลึก (Penetration length) ของรูเจาะบนผิวหนัง ดังนั้น หากอุปกรณ์ฉีดสามารถสร้างลำพุ่งให้มีความเร็วสูง รูเจาะจะลึกขึ้น นั้นหมายความว่า ช่วงการประยุกต์ใช้งานจะยิ่งกว้างขึ้น (สามารถควบคุมความเร็วได้ด้วยการกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด) ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ขนาดหัวฉีดที่เล็กเกินไป ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการผลิตในงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้แล้ว อาจเป็นไปได้ว่า การฉีดด้วยลำพุ่งจะช่วยลดปริมาณยาลงได้ โดยให้ผลเช่นเดียวกับการฉีดทั่วไป เพราะการเกิดละอองฝอยของตัวยาจะช่วยให้การกระจายของตัวยาทำได้ดี

สำหรับกรณีการส่งถ่ายวัคซีน DNA ด้วยการเหนี่ยวนำเม็ดโลหะก็เช่นเดียวกัน ความเร็วของลำพุ่งก็สำคัญมาก เพราะอุปสรรคสำคัญของเทคนิคนี้ คือความเร็วไม่เพียงพอในการเจาะทะลุผิวหนัง และความเร็วไม่สม่ำเสมอ เม็ดโลหะกระจายตัวไม่เป็นระเบียบ ซึ่งการออกแบบหัวฉีดที่ดีร่วมกับการเพิ่มความเร็วของลำพุ่งจะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้

จากการศึกษาของผู้วิจัย เกี่ยวกับลำพุ่งความเร็วสูงของเชื้อเพลิงเหลวที่ระดับความเร็วสูงกว่าเสียงมากๆ (Hypersonic) ที่สร้างด้วยหลักการการกระแทกของลูกปืนความเร็วสูง ความดันในการฉีดของเหลวอยู่ในระดับ GPa จากหลักการนี้ จึงเป็นไปได้ว่า เราสามารถสร้างลำพุ่งที่มีความเร็วสูงกว่าที่เครื่องฉีดยาแบบลำพุ่งในท้องตลาดต้องการสองถึงสามเท่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคการสร้างลำพุ่งด้วยการกระแทกของลูกปืน หรือ การกระแทก ด้วยคลื่นชอค์ก (Shock wave) เพื่อสร้างลำพุ่งความเร็วสูงมากๆ สำหรับการประยุกต์ใช้กับการส่งถ่ายยาหรือวัคซีน (สารละลายยา ยาผง หรือผงโลหะเคลือบ DNA) โดยจะศึกษาคุณลักษณะและออกแบบหัวฉีด เพื่อควบคุมคุณลักษณะของลำพุ่ง อันเป็นประโยชน์ต่อเทคโนโลยีส่งถ่ายยาหรือวัคซีนและสามารถนำมาประยุกต์ ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ โดยจะทำการศึกษาด้วยการคำนวณการไหลพลศาสตร์ (Computational Fluid Dynamics, CFD) และการทดลองควบคู่กัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการนำส่งยาด้วยลำพุ่งความเร็วสูงจากอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการทดลอง สำหรับทำการศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2.3 เพื่อจำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับการนำส่งยาด้วยลำพุ่งความเร็วสูงด้วย CFD สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น พร้อมเป็นเครื่องมือสำหรับการออกแบบรูปร่างบางส่วนของอุปกรณ์การทดลอง

1.2.4 เพื่อสร้างอุปกรณ์นำส่งยาต้นแบบที่ใช้ลำพุ่งความเร็วสูง หรือ การกระแทก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ค้นคว้าศึกษาถึงงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการนำส่งยาด้วยลำพุ่งความเร็วสูง ที่เป็นการฉีดยาหรือวัคซีนเจาะทะลุผ่านผิวหนังด้วยลำพุ่งความเร็วสูง

1.3.2 จำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ CFD code ที่เหมาะสม เทียบเคียงกับงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการออกแบบอุปกรณ์การทดลอง และ อธิบายปรากฏการณ์

1.3.3 นำความรู้จากงานวิจัยและประสบการณ์ที่มีจากงานที่ผ่านมา ทำการออกแบบและจัดสร้างชุดอุปกรณ์ต้นแบบ ของการนำส่งยาผ่านผิวหนังด้วยลำพุ่งความเร็วสูงที่สามารถขับลำพุ่งด้วยวิธีการกดและกระแทกจาแหล่งกำลังงานจากก๊าซ

1.3.4 ศึกษา ตัวแปรต่างๆ ทดสอบคุณลักษณะของลำพุ่งน้ำที่เกี่ยวข้องกับการนำส่งยาผ่านผิวหนัง ได้แก่ ความเร็ว รูปร่าง ความดันกระแทก กำลังงานและการแพร่กระจายในเนื้อเยื่อของลำพุ่งที่ออกจากหัวฉีด โดยฉีดจากอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเองจากข้อ 1.3.3

1.3.5 ทดสอบและปรับปรุงอุปกรณ์การทดลอง

1.3.6 ทำการทดลองและเก็บข้อมูล วิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก CFD

1.3.7 ปรับปรุงแก้ไข เสนอแนวทางในการประยุกต์ใช้จริง

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 เน้น วิธีการส่งถ่ายยาเข้าส่งร่างกาย ผ่านผิวหนัง และ ผลที่เกิดจากวิธีการนั้นๆ

1.4.2 ตัวยาที่จะศึกษา เป็นยาที่เป็นของเหลวและใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน

1.4.3 สามารถสร้างอุปกรณ์ต้นแบบของการนำส่งยาด้วยลำพุ่งความเร็วสูงจากหลักการสร้างลำพุ่งด้วยการกระแทก สามารถเจาะทะลุผิวหนังและนำส่งยาที่ ความลึกของเนื้อเยื่อเป้าหมายได้

1.4.4 เน้นที่ ผลทางวิศวกรรม ของคุณลักษณะของลำพุ่ง และวิธีการ ส่งถ่าย ในเนื้อเยื่อ หรือวัสดุ อื่นที่ ใกล้เคียง ผลทางการรักษา ยังไม่อยู่ในขอบเขตการวิจัยนี้

1.4.5 ศึกษาลำพุ่งที่มีความเร็วของ อยู่ในช่วง 80 – 200 m/s หรืออยู่ในช่วงที่อุปกรณ์ในปัจจุบันทำได้

1.4.6 ใช้ CFD ร่วมในการศึกษา หรือ ร่วมตรวจสอบ ผลการศึกษา