

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองเพื่อเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติความสามารถต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไตทางช่องท้อง อาทิ ช่วงเวลาน้ำยาเข้า-ออก เกณฑ์กำหนดโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ เป็นต้น และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในการใช้งานต่าง ๆ ของเครื่องช่วยล้างไตทางช่องท้อง อาทิ การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานในส่วนซึ่งนำหน้าหน้าล่างไต และการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานในส่วนการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล่างไต

4.1 การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงระบบซึ่งนำหน้า

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนซึ่งนำหน้าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการประมวลค่าหน้าหน้าพร้อมแสดงผลบนหน้าจอแสดงค่าหน้าหน้า โดยการทดสอบนี้จะเป็นการสอบเทียบ ตั้งแต่พิกัด 10 กรัม จนถึง 4.5 กิโลกรัมดังรูปที่ 4.1 ซึ่งใช้ค่าน้ำหนักของลูกเหล็กถ่วงมาตรฐาน ระดับ F2 ที่ใช้ในการทดสอบเทียบของงานซึ่งต่าง ๆ อาทิ ร้านเพชร ร้านทอง ร้านยา เป็นต้น และขอตรวจน้ำอ้างอิงค่าน้ำหนักจากลูกเหล็กถ่วงมาตรฐาน เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนในระดับน้อยจึงนำมาทำการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องซึ่งนำหน้าหน้าล่างไตที่มีสามารถในซึ่งค่าน้ำหนักสูงสุด 4 กิโลกรัม และความละเอียด 10 กรัม*



ก.



ข.

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนซึ่งนำหน้า

ก. ลูกเหล็กถ่วงมาตรฐาน ระดับ F2

ข. ส่วนซึ่งนำหน้าของเครื่องช่วยล้างไต

4.1.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์ทดสอบตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนซึ่งนำหน้าดังรูปที่ 4.1 โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทดสอบขนาด 10 20 20 50 200 200 500 กรัม รวม 1,000 กรัม และขวดที่ใส่น้ำเทียบลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน ขนาด 500 1,500 1,500 กรัม รวม 3,500 กรัม

*หมายเหตุ: ไม่ควรนำวัตถุอื่นมาซึ่งนำหน้า และวัตถุไม่ควรหนักเกิน 4000 กรัม

- ทดสอบในค่าน้ำหนักที่ 10 30 50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 4,000 4,500 กรัม ตามลำดับ
- ทดสอบตรวจสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงของการชั่งน้ำหนัก จำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 ค่าน้ำหนักที่ใช้ในการชั่งน้ำหนัก
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.1

4.1.2 บันทึกผลการทดลอง จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพค่าน้ำหนักได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 ขนาด 10 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 10
 ขนาด 30 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 30
 ขนาด 50 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 50
 ขนาด 100 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 100

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ซึ่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 ขนาด 200 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 200
 ขนาด 300 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 300
 ขนาด 400 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 400
 ขนาด 500 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 500
 ขนาด 600 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 600

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ซ้ียงเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 <p>ขนาด 700 g</p>	✓	✓	✓	✓	✓	 <p>แสดง 700</p>
 <p>ขนาด 800 g</p>	✓	✓	✓	✓	✓	 <p>แสดง 800</p>
 <p>ขนาด 900 g</p>	✓	✓	✓	✓	✓	 <p>แสดง 900</p>
 <p>ขนาด 1,000 g</p>	✓	✓	✓	✓	✓	 <p>แสดง 1,000</p>
 <p>ขนาด 1,500 g</p>	✓	✓	✓	✓	✓	 <p>แสดง 1,500</p>

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ซึ่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 ขนาด 2,000 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 2,000
 ขนาด 2,500 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 2,500
 ขนาด 3,000 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 3,000
 ขนาด 3,500 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 3,500
 ขนาด 4,000 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง 4,000

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าน้ำหนักที่ชั่งเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐาน

ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก	ครั้งที่ทำการทดลอง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 ขนาด 4,500 g	✓	✓	✓	✓	✓	 แสดง ----

4.1.3 สรุปการทดลองการตรวจเช็คประสิทธิภาพความเที่ยงตรงส่วนชั่งน้ำหนัก

จากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพความเที่ยงตรงในส่วนชั่งน้ำหนักมีประสิทธิภาพเที่ยงตรง สามารถเชื่อถือได้ โดยมีค่าน้ำหนักสูงสุดที่รับได้ 4 กิโลกรัม ความละเอียด 10 กรัม และไม่ควรถ่วงน้ำหนักเกิน 4 กิโลกรัม เนื่องจากจะทำให้ส่วนชั่งน้ำหนักเสียหายได้ ซึ่งค่าน้ำหนักที่ใช้เทียบน้ำหนักตรงกับหน้าจอแสดงผล และไม่มีค่าความผิดพลาดในการชั่งน้ำหนัก

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาเวลาเข้า-ออกของน้ำยาล้างไต

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยา เพื่อตรวจสอบการเพิ่ม และลดของค่าน้ำหนักบนจอแสดงผลดังรูปที่ 4.2 โดยจากการทดลองที่ 1 สามารถนำมาใช้เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของส่วนชั่งน้ำหนัก และตรวจสอบเวลาเข้าออกของน้ำยาเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดมาตรฐานในช่วงขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำยาล้างไต

4.2.1 วิธีการทดลอง

- ตรวจสอบการใช้ถุงน้ำยาเปล่าบนที่ชั่งน้ำหนัก และเติมน้ำใส่ในถุงน้ำยา
- สังเกตการค่าน้ำหนักบนจอแสดงผล และจับเวลาประมาณการไหลเข้า



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์การทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยา

- บันทึกผลเวลาที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.2
- ตรวจสอบการใช้ถุงน้ำยาที่มีน้ำบนที่ซึ่งน้ำหนัก และนำน้ำออกจากถุงน้ำยา
- สังเกตการค่าน้ำหนักบนแสดงผล และจับเวลาประมาณการไหลออก
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.2

4.2.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถการศึกษาเวลาเข้า-ออกของน้ำยาล้างไตได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลาการไหลของน้ำยาล้างไตเมื่อทำการล้างไต

ตัวทดสอบ (รูปแบบ)	รอบการ ทดลอง	น้ำเข้าในถุง น้ำยา\ช่อง ท้อง	ค่าน้ำหนัก	น้ำออกจากถุง น้ำยา\ช่อง ท้อง	ค่าน้ำหนัก
หุ้่นจำลอง (วางถุงน้ำยา)	1	4.35 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.05 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	2	4.11 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.21 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	3	4.41 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.29 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	4	4.39 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.35 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	5	4.28 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.19 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
หุ้่นจำลอง (แขวนถุง น้ำยา)	1	3.51 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.28 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	2	4.02 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.21 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	3	3.49 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.34 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	4	3.55 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.19 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
	5	4.05 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	4.30 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
มนุษย์ (วางถุงน้ำยา)	1	- นาที**	ค่าคงที่ต่อเนื่อง	14.27 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง
มนุษย์ (แขวนถุง น้ำยา)	1	13.18 นาที	ค่าเพิ่มต่อเนื่อง	15.02 นาที	ค่าลดต่อเนื่อง

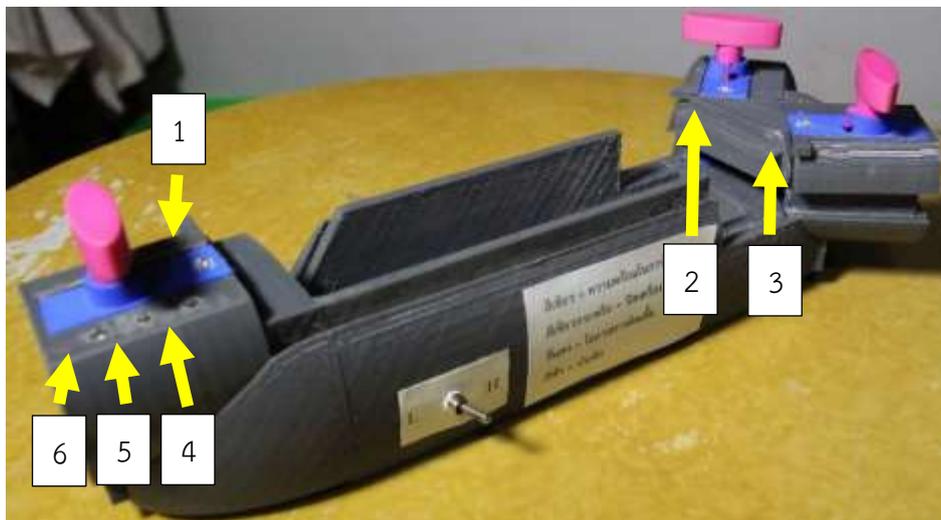
** น้ำยาไม่ไหลเข้าท้องผู้ป่วย

4.2.3 สรุปการทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนัก และเวลาเข้า-ออกน้ำยา

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพระบบชั่งน้ำหนักบนจอแสดงผลมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น-ลดลงอย่างต่อเนื่องในความละเอียดที่การเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนทุก ๆ 10 กรัม และเวลาการเข้า-ออกของน้ำยาโดยใช้เวลาเข้า หรือออกสูงสุดของน้ำยาประมาณ 4.41 นาทีสำหรับหุ้่นทดลอง และ 15.02 นาที สำหรับผู้ป่วย โดยเมื่อเปรียบเทียบแล้วช่วงเวลาของหุ้่นทดลองกับผู้ป่วยมีความแตกต่างกันอย่างมาก เนื่องจากระบบหมุนเวียนทางช่องท้องของหุ้่นทดลองกับผู้ป่วยมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งจะนำเวลาจากการทดลองสำหรับผู้ป่วยไปเป็นตัวกำหนดในการทำงานของเครื่องช่วยล้างไต

4.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออกเพื่อทดสอบการลำดับขั้นตอนในการใช้งานการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาที่ถูกต้องดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นจากการทดลองที่ 2 สามารถนำมาเป็นตัวกำหนดในช่วงเวลาการรอในขบวนการการแจ้งเตือนน้ำยาไหลออกและน้ำยาไหลเข้า



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก

- จากรูปที่ 4.3
- หมายเลข 1 แจ้งเตือนทางผู้ป่วย
 - หมายเลข 2 แจ้งเตือนทางน้ำยาเก่า (กรณีไฟกระพริบสามารถเลือกปฏิบัติได้)
 - หมายเลข 3 แจ้งเตือนทางน้ำยาใหม่
 - หมายเลข 4 แจ้งเตือนความพร้อมในการเปิด-ปิดข้อต่อ และหักถุงน้ำยา (ไฟค้าง)
แจ้งเตือนความพร้อมในการปิดเครื่อง (ไฟกระพริบ)
 - หมายเลข 5 แจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วย
 - หมายเลข 6 แจ้งเตือนการซังน้ำหนัก

4.3.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์การแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาดังรูปที่ 4.3
- ต่อข้อต่อของสายยางลงใหม่กับสายยางผู้ป่วยแล้วนำไปติดตั้งที่อุปกรณ์การแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา
- เริ่มใช้งานอุปกรณ์ตามสัญญาณไฟแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา
- ตรวจสอบขั้นตอน ลำดับการทำงานที่ถูกต้องของการล้างไตตามตารางที่ 4.3
- ทดสอบระบบขบวนการน้ำไหลออก ขบวนการทิ้งน้ำ และขบวนการน้ำไหลเข้า
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตามตารางที่ 4.3

4.3.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบลำดับขั้นตอนการล้างไตของผู้ป่วยล้างไตทางหน้าท้อง

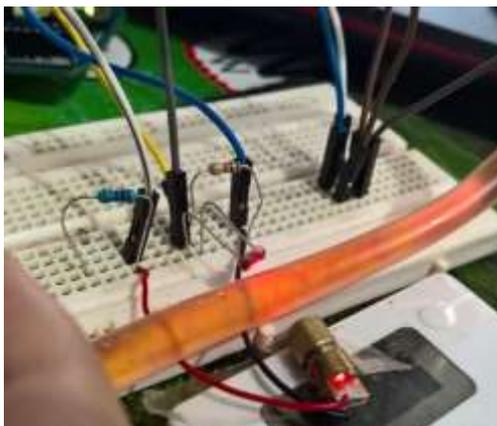
หมายเลขการแจ้งเตือน (หลอดไฟสว่าง)	ขบวนการ น้ำไหลออก	ขบวนการ ทิ้งน้ำ	ขบวนการ น้ำไหลเข้า
1	√		
3	√		
1	√		
4	√		
รอ 15 นาที	√		
1	√		
3		√	
2		√	
2 (ไฟกระพริบ) , 1 , 6		√	√
รอ 15 นาที			√
4			√
1			√
4 (ไฟกระพริบ) , 5 , 6			√

4.3.3 สรุปการทดลองการตรวจประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออก

จากตารางที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนในส่วนแจ้งเตือนถ่ายน้ำยาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้งานในขบวนการล้างไต เนื่องจากในการลำดับขั้นตอนการล้างไตสามารถนำน้ำยาเข้า และออกจากท้องผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง

4.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจสอบโอกาสการติดเชื้อในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยา

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อจากรูปที่ 4.4 ในส่วนแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเพื่อทดสอบคุณสมบัติการติดเชื้อใน แต่ละเชื้อของผู้ป่วยที่มีโอกาสเกิดสูง โดยตรวจสอบจากคุณลักษณะของน้ำยาล้างไตที่ถ่ายออกจากท้องของผู้ป่วย ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จาก ความขุ่น ตะกอนหรือสิ่งเจือปนภายในถุงน้ำยาล้างไต โดยตรวจสอบโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อได้จาก ความสว่างของน้ำยาล้างไต ซึ่งใช้วงจรรีเซ็นเซอร์รับแสงที่หลักการในการตรวจวัดความเข้มแสงในการดูตกเส้นแสงของความขุ่น ตะกอนหรือสิ่งเจือปนในการตรวจสอบ โดยนำมาทดสอบกับสายยางจากบริษัทชั้นนำ อาทิ บริษัท แบ็กซ์เตอร์ เฮลท์แคร์ จำกัด และบริษัท เฟรซีเนียส เมดิคอลแคร์ จำกัด



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อ

4.4.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมวงจรเซ็นเซอร์วัดแสงดังรูปที่ 4.4 โดยต่อวงจรดังรูปที่ 3.8
- เตรียมชุดจำลองโอกาสเสี่ยงในการเชื่อมต่อภาพในตารางที่ 4.4 มาทดสอบ 5 แบบ คือ น้ำใส น้ำขาวขุ่น น้ำชมพูใส น้ำเหลืองใส น้ำตะกอนเจือปนประเภทขุ่น อาทิ น้ำขาวขุ่น น้ำชมพูใส น้ำเหลืองใส ที่มีตะกอนขุ่นเจือปน
- ตรวจสอบค่าความต่างศักย์ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองเชื้อโรค ดังรูปที่ 4.4
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตารางที่ 4.4

4.4.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาเข้า-ออกได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	พีริซีนีเยส
 น้ำใส	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต <u>ปกติ</u> ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน	1	4.54 V.	4.51 V.
		2	4.53 V.	4.50 V.
		3	4.53 V.	4.53 V.
		4	4.52 V.	4.54 V.
		เฉลี่ย	4.53 V.	4.52 V.

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตรวจสอบแรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียร์
 น้ำขาวขุ่น	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต ที่ผ่านการใช้งาน มาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่ง บอกถึงที่อยู่ในช่อง ท้องหลายชั่วโมง อาจมีโอกาสดิต เชื้อ	1	4.28 V.	4.26 V.
		2	4.35 V.	4.33 V.
		3	4.31 V.	4.31 V.
		4	4.28 V.	4.34 V.
		เฉลี่ย	4.31 V.	4.31 V.
 น้ำขาวขุ่นเจือปน	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต ที่ผ่านการใช้งาน มาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่ง บอกถึงน้ำยาที่อยู่ใน ช่องท้องหลาย ชั่วโมงอาจมีโอกาสดิต เชื้อ 3. น้ำยาล้างไต อาจ ดิตเชื้อ	1	4.23 V.	4.17 V.
		2	4.21 V.	4.29 V.
		3	4.19 V.	4.28 V.
		4	4.21 V.	4.20 V.
		เฉลี่ย	4.21 V.	4.24 V.
 น้ำแดงชมพูใส	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต ที่ผ่านการใช้งาน มาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่ง บอกถึงผู้ป่วยยก ของหนักหรือมี ประจำเดือน อาจมี โอกาสดิตเชื้อ	1	4.27 V.	4.31 V.
		2	4.30 V.	4.33 V.
		3	4.29 V.	4.30 V.
		4	4.29 V.	4.32 V.
		เฉลี่ย	4.29 V.	4.32 V.

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตรวจสอบแรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

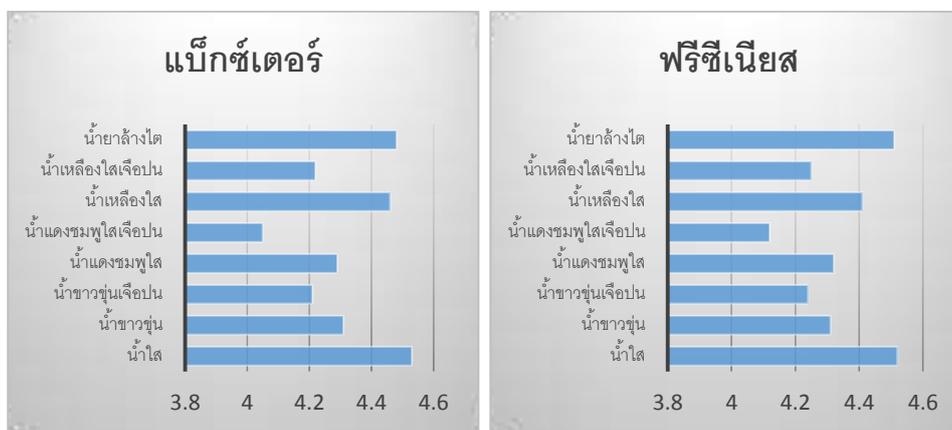
ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียส
 น้ำแดงชมพูใสเจี๊ยน	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต ที่ผ่านการใช้งาน มาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่ง บอกถึงผู้ป่วยยก ของหนักหรือมี ประจำเดือน 3. น้ำยาล้างไต <u>อาจ</u> <u>ติดเชื้อ</u>	1	3.89 V.	4.04 V.
		2	4.01 V.	4.18 V.
		3	4.17 V.	4.13 V.
		4	4.14 V.	4.11 V.
		เฉลี่ย	4.05 V.	4.12 V.
 น้ำเหลืองใส	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต ที่ผ่านการใช้งาน มาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่ง บอกถึง <u>น้ำปกติ</u> ที่ อยู่ในช่องท้องนาน หลายชั่วโมง	1	4.45 V.	4.44 V.
		2	4.49 V.	4.41 V.
		3	4.42 V.	4.39 V.
		4	4.48 V.	4.40 V.
		เฉลี่ย	4.46 V.	4.41 V.
 น้ำเหลืองใสเจี๊ยน	1. ใช้แทนน้ำยาล้างไต ที่ผ่านการใช้งาน มาแล้ว 2. น้ำยาล้างไตสีนี้บ่ง บอกถึง <u>น้ำปกติ</u> ที่ อยู่ในช่องท้องนาน หลายชั่วโมง 3. น้ำยาล้างไต <u>อาจ</u> <u>ติดเชื้อ</u>	1	4.24 V.	4.27 V.
		2	4.22 V.	4.28 V.
		3	4.21 V.	4.25 V.
		4	4.19 V.	4.21 V.
		เฉลี่ย	4.22 V.	4.25 V.

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตรวจสอบแรงดันทางไฟฟ้าจากการส่องผ่านวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	รูปแบบ	แรงดันไฟฟ้า		
		ครั้ง	แบ็กซ์เตอร์	ฟรีซีเนียส
 น้ำยาล้างไต	1. น้ำยาล้างไตปกติที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน	1	4.45 V.	4.52 V.
		2	4.50 V.	4.54 V.
		3	4.47 V.	4.49 V.
		4	4.51 V.	4.50 V.
		เฉลี่ย	4.48 V.	4.51 V.

4.4.3 สรุปการทดลองการตรวจประสิทธิภาพแฉ่งเตอน ในส่วนแฉ่งเตอนเปลี่ยนน้ำยา

จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบโอกาสเสี่ยงการติดเชื้อในส่วนแฉ่งเตอนการถ่ายน้ำยามีความสามารถในการเปรียบเทียบแรงดันที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.4 โดยจากการทดสอบสายยางของทั้งสองบริษัทสามารถยืนยันได้ว่าแรงดันไฟฟ้าของน้ำที่ไม่ติดเชื้อสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของน้ำที่ติดเชื้อดังกราฟดังรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถกำหนดเกณฑ์การตั้งค่าของโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ



ก.

ข.

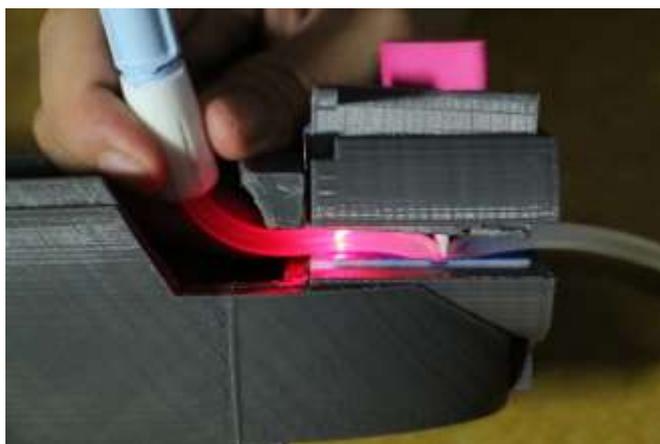
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเชื้อจำลอง

ก. กราฟของสายยาง บริษัท แบ็กซ์เตอร์ เฮลธ์แคร์ จำกัด

ข. กราฟของสายยาง บริษัท เฟรซีเนียส เมดิคอลแคร์ จำกัด

4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วยเพื่อตรวจสอบความเสียหายจากการกดหนีบสายยางทางผู้ป่วยเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสายยางทางผู้ป่วยโดยการนำสายยางไปหนีบกับเครื่องหนีบต้นแบบที่ใช้รูปแบบการกดหนีบดังรูปที่ 4.5 จำนวน 3,000 ครั้งจากการจำลองระยะเวลาการใช้งานตลอดช่วงเวลา 6 เดือน ซึ่งสามารถสังเกตความเสียหายที่เกิดขึ้นได้จากร่องรอยการขีดข่วนสายยางทางผู้ป่วย ซึ่งมาจากการผ่านการใช้งานอย่างหนักจำนวนหลายครั้ง เนื่องจากการใช้งานมีการหนีบสายยางหลายครั้งในแต่ละรอบต่อครั้ง และการสังเกตร่องรอยการรั่วซึมของสายยางทางผู้ป่วยจากการใส่น้ำในสายยาง



รูปที่ 4.6 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย

4.5.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมสายยางทางผู้ป่วยที่ต้องมีการเปลี่ยนทุก 6 เดือน ดังรูปที่ 4.5
- เตรียมอุปกรณ์การหนีบให้อยู่ในสถานะพร้อมหนีบ ดังรูปที่ 4.5
- ทดสอบสายยางโดยการนำไปหนีบกับเครื่องหนีบต้นแบบ ดังรูปที่ 4.5
- หนีบสายยางทางผู้ป่วยจำนวน 3000 ครั้ง ซึ่งจะทำให้การบันทึกรอยหนีบที่เกิดขึ้นกับสายยางเมื่อผ่านการหนีบ 0 500 1,000 2,000 และ 3,000 ครั้ง
- สังเกตลักษณะความเสียหายของสายยาง
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตารางที่ 4.5

4.5.2 บันทึกผลการทดลอง จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางได้ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการหนีบสายยาง

สถานะ	จำนวนการหนีบ\ครั้ง	ผลการหนีบ	หมายเหตุ
ไม่ผ่านการหนีบ	0		- ยังไม่เกิดร่องรอยความเสียหายจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	500		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนเล็กน้อยจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	1,000		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนเล็กน้อยจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	2,000		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม
ผ่านการหนีบ	3,000		- เกิดร่องรอยการขีดข่วนจากการหนีบสายยางไม่รั่วซึม

4.5.3 สรุปการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วย

จากตารางที่ 4.5 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพการหนีบสายยางทางผู้ป่วยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสามารถในการหนีบด้วยตัวอุปกรณ์หนีบต้นแบบทำให้สายยางเกิดผลกระทบต่อความเสียหายน้อยที่สุด ซึ่งผลที่เกิดขึ้นสูงสุดต่อสายยางทางผู้ป่วยจะทำให้เกิดรอยขีดข่วนจากการใช้งาน และน้ำที่ไหลในสายยางไม่มีการรั่วซึมออกนอกสายยางทางผู้ป่วย

4.6 การทดลองที่ 6 การตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม เพื่อตรวจสอบคุณภาพการชั่งน้ำหนักของเครื่องชั่งน้ำหนักต้นแบบ จากการทดลองที่ 1 สามารถนำมาเป็นตัวตรวจสอบคุณภาพของการชั่งน้ำหนัก โดยใช้อุปกรณ์เสริมมาช่วยเป็นทางเลือกในการชั่งน้ำหนัก

4.6.1 วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์การตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.2
- วางถ่วงน้ำหนักลงในเครื่องชั่งน้ำหนักต้นแบบดังรูปจากตารางที่ 4.6
- ชั่งน้ำหนักโดยเปรียบเทียบระหว่างการชั่งแบบปกติ และแบบมีอุปกรณ์เสริม
- บันทึกผลที่ได้ลงในตารางเก็บผลตารางที่ 4.6

4.6.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริมผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเปรียบเทียบการชั่งน้ำหนัก

รูปแบบ	ครั้ง					ค่าน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	
 แบบปกติ	√	√	√	√	√	2,240
 แบบอุปกรณ์เสริม	√	√	√	√	√	2,240

4.6.3 สรุปการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม

จากตารางที่ 4.6 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักเมื่อใช้อุปกรณ์เสริมมีความสามารถในการชั่งน้ำหนักสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วระหว่างการชั่งน้ำหนักแบบไม่ใช้อุปกรณ์เสริมหรือใช้อุปกรณ์เสริม จะมีผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน

4.7 การทดลองที่ 7 การทดลองประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพข้อมูลความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ เป็นการทดสอบขั้นตอนการทำงานของเครื่องช่วยล้างไตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายในระบบการทำงาน ซึ่งเครื่องซึ่งน้ำยาล้างไตจะแสดงค่า น้ำหนักแบบเรียลไทม์ที่จะสามารถบันทึกค่าน้ำหนักได้ ซึ่งจะมีทั้งข้อมูลของค่าน้ำหนักของน้ำยาล้างไตก่อนเข้า และหลังจากออกช่องท้อง รวมถึงผลต่างกำไร หรือขาดทุน และผลรวมของน้ำยาล้างไต บันทึกไว้ในอุปกรณ์การเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 4.6

4.7.1 วิธีการทดลอง

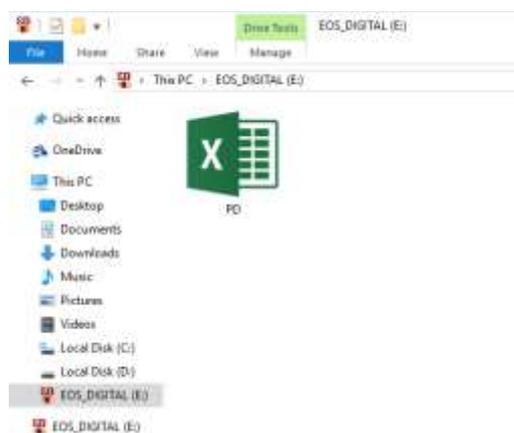
- นำอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดังรูปที่ 4.6 ไปตั้งไว้ในส่วนชั่งน้ำหนัก
- นำวัตถุไปทดสอบการบันทึกกับเครื่องช่วยล้างไต
- ตรวจสอบผลการบันทึก
- ผลการคำนวณจากข้อมูลที่เก็บค่าได้ดังรูปที่ 4.7 , 4.8

4.7.2 บันทึกผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล ซึ่งบันทึกไว้ในอุปกรณ์การเก็บข้อมูล(รูปที่ 4.7) ซึ่งมีการคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ควรจะบริโภคต่อวันเพื่อแสดงให้ผู้ป่วยทราบ ปริมาณน้ำที่ดื่มได้ในรอบวัน ผลจากการทดลองบันทึกข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.8-4.9



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์การทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4.8 ไฟล์บันทึกผลข้อมูลของผู้ป่วย

	A	B	C	D	E	F	G
1	DAY	ROUND	WATER-IN	WATER-OUT	GAIN/LOSS	TOTAL	WATER/DAY
2	13/5/2016	1	2200	2000	200	200	800
3	13/5/2016	2	1700	2000	-300	-100	800
4	13/5/2016	3	2000	1800	200	100	800
5	13/5/2016	4	1900	1300	600	700	1500
6	27/5/2016	1	0	2280	-2280	-2280	800
7	27/5/2016	2	2240	-2030	4270	1990	800
8	27/5/2016	3	90	170	-80	1910	800
9	27/5/2016	4	80	2360	-2280	-370	430
10	28/5/2016	1	2280	2360	-80	-80	800
11	28/5/2016	2	2280	2360	-80	-160	800

รูปที่ 4.9 ตารางบันทึกผลภายในไฟล์บันทึกผลข้อมูลของผู้ป่วย

4.7.3 สรุปการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูล

จากรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการตรวจสอบประสิทธิภาพการเก็บบันทึกข้อมูลมีความสามารถในการบันทึก และคำนวณค่าจากผลที่ได้รับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถทำให้ผู้ป่วย และแพทย์ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเที่ยงตรง

4.8 การทดลองที่ 8 การทดลองใช้งานระบบโดยผู้เกี่ยวข้องเบื้องต้น

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องช่วยล้างไตเพื่อตรวจสอบคุณภาพการทำงานในทุก ๆ ด้านของระบบ อาทิ การแจ้งเตือนการถ่ายน้ำยาล้างไต การชั่งน้ำหนักน้ำยาล้างไต การแสดงผลค่าน้ำหนักน้ำยาล้างไต และปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยควรบริโภค การแจ้งเตือนโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อ การบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วย โดยที่จากการทดลองที่ 1-7 สามารถนำมาเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของเครื่องช่วยล้างไตในระดับห้องปฏิบัติการ จากนั้นได้นำเครื่องช่วยล้างไตมาทดสอบการใช้งานจริงเบื้องต้น ณ ศูนย์โรคไต ณ โรงพยาบาลชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ และขอทำความร่วมมือต่อไปในอนาคต



รูปที่ 4.10 ชุดจำลองการล้างไตทางช่องท้องของผู้ป่วย



รูปที่ 4.11 ทดลองการใช้งานเครื่องช่วยล้างไตกับผู้ป่วย ณ ห้องล้างไต 2