

# การประยุกต์ใช้ CAD และ CAE ในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยล้างตา

## Application of CAD and CAE Integrations for Designing an Ocular Surface Irrigating Device

อัญชญา วงษ์โต<sup>1\*</sup> และ เขมจิรา โชติปภาณี<sup>2</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<sup>1</sup>

กลุ่มงานจักษุวิทยา โรงพยาบาลเชียงคำ<sup>2</sup>

Email: anchana.w@ku.th, p\_aricha@yahoo.com

\* ผู้ประพันธ์บรรณกิจ (corresponding author)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบอุปกรณ์ช่วยล้างตาสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าสู่ดวงตา อุปกรณ์ถูกออกแบบให้มีความจุสูงสุด 65 ml และสามารถต่อกับสายน้ำเกลือที่ด้านบนเพื่อให้ น้ำเกลือไหลเข้าสู่อุปกรณ์ผนังด้านล่างของอุปกรณ์บริเวณทางตาเจาะรูและทำท่อระบายของเหลวออก อุปกรณ์ถูกออกแบบสำหรับตาข้างซ้ายและข้างขวาแยกชิ้นกัน และใช้งานร่วมกับแผ่นซิลิโคนรองไว้ที่ด้านล่างของอุปกรณ์กันการรั่วซึมของของเหลว และลดแรงกดทับของอุปกรณ์บนใบหน้าผู้ป่วยขณะใช้งาน โปรแกรม Solidworks ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การไหลของของเหลวภายในอุปกรณ์ ที่อัตราการไหล 0.5, 1.0, 2.0 และ 2.74 cm<sup>3</sup>/s ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าของเหลวสามารถไหลผ่านเข้าออกจากอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่อง และที่อัตราการไหล 2.74 cm<sup>3</sup>/s (free flow) จะมีระดับของเหลวในอุปกรณ์สูงท่วมมิตดวงตาของผู้ป่วย ซึ่งจะช่วยให้ชำระล้างสารเคมี ออกจากดวงตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ช่วยล้างตาถูกขึ้นรูปโดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ขึ้นรูปสามมิติด้วยวัสดุ Phrozen Aqua Clay และนำไปทดสอบโดยจักษุแพทย์ซึ่งให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และช่วยให้จักษุแพทย์ทำงานได้สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** อุปกรณ์ช่วยล้างตา; การล้างตา; Solidworks; การพิมพ์ขึ้นรูปสามมิติ

### Abstract

The research is to design an ocular surface irrigating device which used to assist in patients with ocular trauma by chemicals or other hazardous substances. The device is designed to have a maximal capacity of 65 ml and the top of this can be connected to the IV fluid line. The normal saline (0.9% NaCl solution) is then allowed to flow to the

device and then drained out at the bottom hole. The device is separately designed for left and right eyes. The use of a silicone pad at the bottom of the device is necessary to prevent leakage and reduce the pressure that might cause any uncomfot to the patients while in use. Flow simulation within the device was analyzed by using Solidworks at flowrates of 0.5, 1.0, 2.0 and 2.74 cm<sup>3</sup>/s, respectively. The analytical results were found that the flowrate of 2.74 cm<sup>3</sup>/s (free flow) was the most proper flow rate for effective eye irrigation in these patients. The device was printed from Phrozen Aqua Clay 3D printing technology and clinically tested by an ophthalmologist. The experimental results showed good agreement with analytical results and greatly facilitated the ophthalmologist.

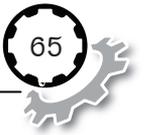

**Keywords:**

Ocular surface irrigating device; Eye irrigation; Solidworks; 3D Printing

## 1. บทนำ

ในการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าสู่ดวงตา จักษุแพทย์จะล้างตาผู้ป่วยโดยการปล่อยน้ำเกลือให้ไหลผ่านดวงตาเพื่อชำระล้างสารเคมี โดยทั่วไปจะใช้ น้ำเกลือประมาณ 1-2 ลิตร และมีการวัดค่า pH ใน ดวงตาในระหว่างกระบวนการ จนกว่าจะมีความเป็นกลาง [1-4] ซึ่งในการล้างดวงตาแต่ละครั้งจะต้องมีเจ้าหน้าที่ถือสายน้ำเกลือเพื่อล้างดวงตาตลอดเวลา และน้ำเกลือที่ปนเปื้อนสารเคมีจะไหลผ่านบริเวณใบหน้าของผู้ป่วย ซึ่งอาจทำให้เกิดการระคายเคืองขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบอุปกรณ์ช่วยล้างตาเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับจักษุแพทย์ และเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงาน และช่วยไม่ให้ผู้ป่วยต้องสัมผัสกับสารเคมีจากการชำระล้างด้วยน้ำเกลือที่ถูกปล่อยให้ไหลอิสระผ่านบริเวณใบหน้าของผู้ป่วย และทำการศึกษาหาอัตราการไหลของน้ำเกลือที่เหมาะสมในการล้างตาให้กับผู้ป่วย

โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าสู่ดวงตามีอยู่มากมาย [5] ได้ออกแบบอุปกรณ์ช่วยล้างดวงตาจากเศษวัสดุเหลือใช้ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นโลหะ 3 ชิ้นยึดเข้าด้วยกันเพื่อใช้รองรับสายน้ำเกลือ ซึ่งสามารถปรับตำแหน่งเพื่อให้สายน้ำเกลือมาอยู่ด้านบนของหัวตาผู้ป่วย และปล่อยให้น้ำเกลือไหลลงมาชำระล้างสารเคมีภายในดวงตาของผู้ป่วย โดยที่ไม่ต้องให้เจ้าหน้าที่คอยถือสายน้ำเกลืออยู่ตลอดเวลา [6] เป็นอุปกรณ์ช่วยในการล้างดวงตาซึ่งประกอบด้วยชุดท่อลำเลียง ของเหลวที่ใช้ในการล้างตา (Delivery set) และเลนส์ (Morgan lens) ซึ่งทำจากซิลิโคนมีรูปทรงคล้ายกรวย ในการใช้งานอุปกรณ์จะถูกใส่เข้าไปใต้เปลือกตาให้แนบสัมผัสเข้ากับดวงตาของผู้ป่วย จากนั้นของเหลวที่ใช้ในการล้างตาจะถูกปล่อยผ่านชุดท่อลำเลียงเข้าทางด้านบนของเลนส์และไหลล้นออกมาจากดวงตา [7] ได้



ศึกษาการใช้ Diphoterine ในการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าตา (chemical eye injury – CEI) ผู้ป่วยทุกคนจะได้รับการรักษาโดยใช้น้ำเกลือในการล้างตาครั้งแรก และใช้ Diphoterine ล้างตาซ้ำอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า Diphoterine สามารถลดความเป็นกรดหรือด่างของสารเคมีที่เข้าสู่ดวงตาได้ค่อนข้างรวดเร็ว อีกทั้งปริมาณของ Diphoterine ที่ต้องใช้ในการล้างตาก็น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการล้างตาด้วยน้ำเกลือ ดังนั้น Diphoterine จึงเหมาะสำหรับใช้ในการรักษาเบื้องต้นให้แก่ผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าตาทั้งเด็กและผู้ใหญ่ในคลินิก [8] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของของเหลวแต่ละชนิดที่ใช้ในการล้างตาผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างเข้าตา ได้แก่ น้ำ, น้ำเกลือ, Cederroth Eye Wash Solution, Diphoterine, Ringers lactate solution และสารละลายฟอสเฟส-บัฟเฟอร์ (phosphate buffer) ผลการทดสอบพบว่าไม่มีของเหลวชนิดใดสามารถทำให้ค่า pH ในตาลดลงกลับสู่สภาวะปกติได้ แต่ Cederroth Eye Solution และ Diphoterine ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ในขณะที่น้ำเกลือและสารละลายฟอสเฟส-บัฟเฟอร์มีประสิทธิภาพในการลด ค่า pH ในตาต่ำกว่าน้ำ [9] ได้ศึกษาผลที่เกิดจากการล้างตาในทันทีเมื่อสารเคมีเข้าตาและภายหลังจากได้รับสารเคมีเป็นเวลา 20, 40 และ 60 วินาทีตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่าเมื่อทำการล้างตาในทันทีจะช่วยลดการบาดเจ็บที่เกิดกับดวงตาและค่า pH ในดวงตากลับสู่สภาวะปกติได้เร็วที่สุด โดยน้ำสะอาดสามารถนำมาใช้ในการล้างตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



งานวิจัยนี้ได้ออกแบบอุปกรณ์ช่วยล้างตาสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าตา โดยทั่วไปจักษุแพทย์จะถือสายน้ำเกลือและปล่อยให้สายน้ำเกลือไหลผ่านดวงตาของผู้ป่วยเพื่อล้างสารเคมีให้ออกจากดวงตา โดยใช้น้ำเกลือประมาณ 1-2 ลิตร ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของสารเคมี อุปกรณ์นี้จะช่วยให้จักษุแพทย์ทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ไม่ต้องเสียเวลาในการถือสายน้ำเกลือเพื่อล้างสารเคมีออกจากดวงตาผู้ป่วย อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบให้มีรูปทรงคล้ายถ้วย มีความจุสูงสุด 65 มิลลิลิตร มีท่อเสียบสายน้ำเกลือ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกและด้านในเท่ากับ 4 mm และ 3 mm ตามลำดับ) ที่ด้านบนของอุปกรณ์บริเวณหัวตาเพื่อให้สายน้ำเกลือไหลเข้าสู่อุปกรณ์ลงมาที่บริเวณหัวตา ไหลผ่านดวงตาลงไปที่หางตา และไหลออกจากอุปกรณ์ โดยน้ำเกลือต้องไม่มีการไหลซึมออกมาจากอุปกรณ์และสัมผัสกับใบหน้าของผู้ป่วย เนื่องจากน้ำเกลือมีการปนเปื้อนสารเคมีที่ถูกล้างออกมาจากดวงตา และอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนังของผู้ป่วยได้ อุปกรณ์ถูกออกแบบสำหรับตาข้างซ้ายและตาข้างขวาแยกชิ้นกัน และจะถูกยึดให้ติดกับใบหน้าด้วยสายรัดบริเวณหัวตาและหางตา โปรแกรม Solidworks ถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ช่วยล้างตา และวิเคราะห์การไหลของของเหลวภายในอุปกรณ์ โดยใช้ Solidworks Flow Simulation ซึ่งอาศัยหลักการอนุรักษ์เชิงมวลและการอนุรักษ์เชิงโมเมนตัม ดังสมการที่ (1) ถึง (4) โดยการอนุรักษ์เชิงมวลนั้น



อัตราการเปลี่ยนแปลงของมวลภายในปริมาตรควบคุม จะเท่ากับผลต่างของการไหลของมวลที่ไหลเข้าและออกจากปริมาตรควบคุม ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ ดังนี้

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

เมื่อ  $\rho$  คือ ความหนาแน่น

$t$  คือ เวลา

$\vec{V}$  คือ ความเร็วของสนามการไหล

ในขณะที่การอนุรักษ์โมเมนตัม อัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของอนุภาคของเหลวจะต้องเท่ากับผลรวมของแรงกระทำต่ออนุภาคของเหลว ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u \vec{V}) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{Mx} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + S_{My} \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + S_{Mz} \quad (4)$$

เมื่อ  $\rho$  คือ ความหนาแน่น

$u, v, w$  คือ ความเร็วในแนวแกน

$x, y$  และ  $z$

$x, y, z$  คือ ระยะทางในแนวแกน

$x, y$  และ  $z$

$\sigma$  คือ ความเค้น

$\vec{V}$  คือ ความเคียด

$\tau$  คือ ความเร็วของสนามการไหล

$S_{Mz}$  คือ โมเมนตัมที่กระทำจากภายนอก

ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดในการวิเคราะห์การไหลของของเหลวภายในอุปกรณ์ช่วยล้างตา ตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ อัตราการไหล (Volume flow rate) โดยอัตราการไหลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ที่ได้จากการวัดปริมาตรน้ำเกลือที่ไหลออกมาในระยะเวลา 1 นาที โดยค่อย ๆ ปรับวาล์วที่สายน้ำเกลือให้เปิดกว้างขึ้นจนเปิดสุดให้น้ำเกลือไหลได้อย่างอิสระ (Free flow) แล้วทำการคำนวณอัตราการไหลเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ จากนั้นทำการขึ้นรูปชิ้นงานอุปกรณ์ล้างตาโดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology) ด้วยวัสดุ Phrozen Aqua Resin

ตารางที่ 1 เงื่อนไขขอบเขตในการวิเคราะห์การไหล

Boundary Conditions	
Analysis type	Internal
Fluids	Water (liquids)
Default wall thermal	Adiabatic wall
Pressure	101325 Pa
Temperature	293.2 K
Volume flow rate 1	0.5 cm <sup>3</sup> /s
Volume flow rate 2	1.0 cm <sup>3</sup> /s
Volume flow rate 3	2.0 cm <sup>3</sup> /s
Volume flow rate 4 (Free	2.74 cm <sup>3</sup> /s

### 3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

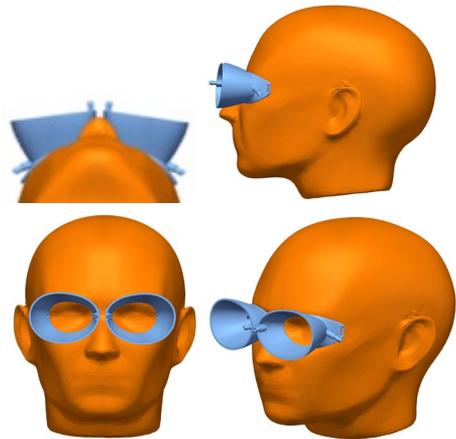


โปรแกรม Solidworks ถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองอุปกรณ์ช่วยล้างตาดังภาพที่ 1 จากนั้นนำไปวิเคราะห์การไหลของของเหลวภายในอุปกรณ์ที่อัตราการไหล 0.5, 1.0, 2.0 และ 2.74 cm<sup>3</sup>/s



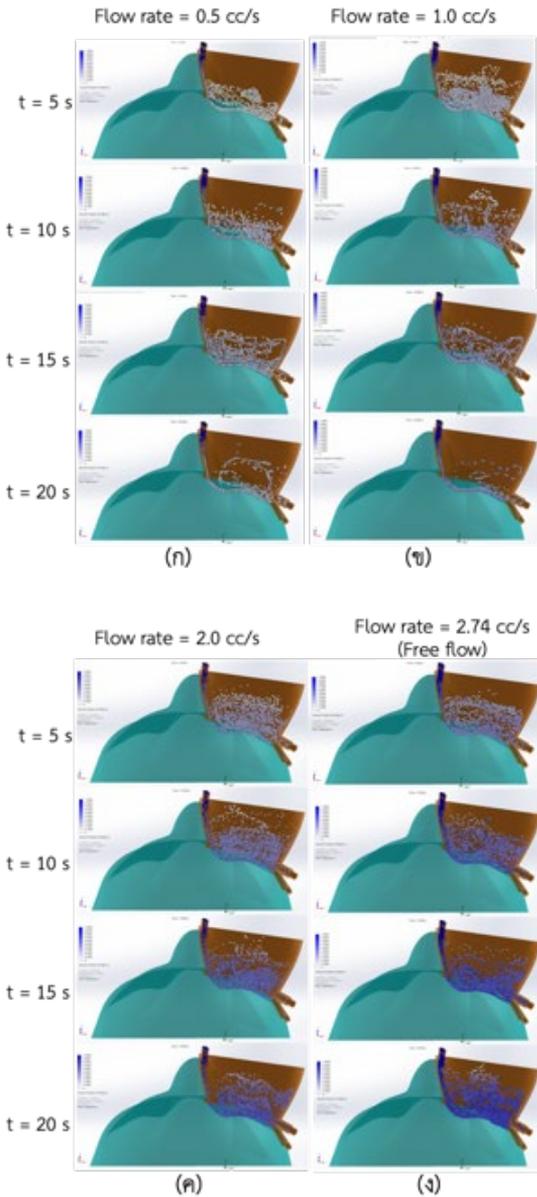
ตามลำดับ ภาพที่ 2 แสดงสัดส่วนโดยปริมาตรของของเหลว ภายในอุปกรณ์ที่เวลา 5, 10, 15 และ 20 วินาที ที่อัตราการไหลแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหล 0.5 และ 1.0 cm<sup>3</sup>/s ของเหลวค่อย ๆ ไหลเข้าสู่อุปกรณ์และไหลออกอย่างต่อเนื่อง เมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาทีพบว่าปริมาณของเหลวเหลือค้างอยู่ในอุปกรณ์เพียงเล็กน้อยไม่ท่วมบริเวณดวงตาของผู้ป่วยส่งผลให้ประสิทธิภาพในการชำระล้างสารเคมีออกจากดวงตาไม่ดีเท่าที่ควร เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของของเหลวเป็น 2.0 และ 2.74 cm<sup>3</sup>/s (Free flow) พบว่าของเหลวไหลเข้าและออกจากอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกันและเมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาทีจะยังคงมีของเหลวอยู่ภายในอุปกรณ์ท่วมบริเวณดวงตา ซึ่งจะทำให้สามารถชำระล้างสารเคมีออกจากดวงตาได้ดียิ่งขึ้น ค่าเฉลี่ยสัดส่วนโดยปริมาตรของของเหลวภายในอุปกรณ์ล้างตาที่อัตราการไหล 0.5, 1.0, 2.0 และ 2.74 cm<sup>3</sup>/s เมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาที มีค่าเท่ากับ 0.0735, 0.1538, 0.3212 และ 0.4394 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ล้างตาที่ได้ออกแบบไว้สามารถใช้งานได้ดี ของเหลวสามารถไหลเข้าและออกได้อย่างต่อเนื่อง และอัตราการไหลของของเหลวที่ 2.74 cm<sup>3</sup>/s เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ล้างสารเคมีออกจากดวงตาผู้ป่วย เนื่องจากมีปริมาณของเหลวค้างอยู่ภายในอุปกรณ์ท่วมบริเวณดวงตาและง่ายต่อจักษุแพทย์ในการปรับอัตราการไหลของของเหลว ดังนั้นในการทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์จะใช้อัตราการไหลของของเหลว 2.74 cm<sup>3</sup>/s

อุปกรณ์ช่วยล้างตาถูกขึ้นรูปโดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติด้วยวัสดุ Phrozen Aqua Clay ดังแสดงในภาพที่ 3 ในการใช้งานจะนำสายน้ำเกลือมาต่อเข้ากับท่อที่ด้านบนบริเวณหัวตาดังภาพที่ 4 เพื่อให้น้ำเกลือไหลเข้าสู่อุปกรณ์ผ่านบริเวณดวงตาเพื่อล้างสารเคมีและระบายออกบริเวณทางตา

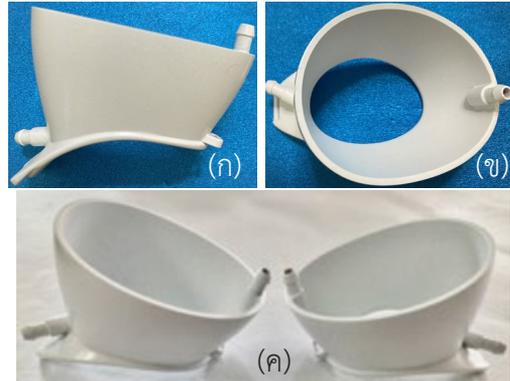


ภาพที่ 1 แบบจำลองสามมิติของอุปกรณ์ช่วยล้างตา

เมื่อนำอุปกรณ์ไปวางครอบบริเวณดวงตาบนใบหน้าของผู้ป่วยจะต้องนำแผ่นซิลิโคนรองไว้ที่ขอบด้านล่างของอุปกรณ์และใช้สายรัดผูกยึดอุปกรณ์เข้ากับศีรษะของผู้ป่วย ดังแสดงในภาพที่ 5 แผ่นซิลิโคนจะให้สัมผัสที่นุ่มช่วยลดแรงกดของอุปกรณ์บริเวณใบหน้าผู้ป่วยและช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำเกลือที่ใช้ชำระล้างสารเคมีในดวงตา ไม่ให้ไหลซึมออกมาสัมผัสกับผิวหนังของผู้ป่วย เนื่องจากซิลิโคนมีความยืดหยุ่นสูง สามารถแนบรับเข้ากับใบหน้าของผู้ป่วยได้



ภาพที่ 2 Flow trajectories แสดงสัดส่วนโดยปริมาตรของของเหลวภายในอุปกรณ์ช่วยล้างตาที่อัตราการไหลเข้า (ก)  $0.5 \text{ cm}^3/\text{s}$  (ข)  $1.0 \text{ cm}^3/\text{s}$  (ค)  $2.0 \text{ cm}^3/\text{s}$  และ (ง)  $2.74 \text{ cm}^3/\text{s}$



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ช่วยล้างตาที่ขึ้นรูปโดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติแสดงในมุมมอง (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านบน (ค) ข้างขวาและข้างซ้าย

จากผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ช่วยล้างตาโดยจักษุแพทย์ดังภาพที่ 5 พบว่าเมื่อน้ำเกลือไหลผ่านสายน้ำเกลืออย่างอิสระที่อัตราการไหล  $2.74 \text{ cm}^3/\text{s}$  น้ำเกลือสามารถไหลเข้าและออกจากอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่องและมีน้ำเกลืออยู่ภายในอุปกรณ์ในระดับที่ท่วมมิตดวงตาของผู้ป่วยสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์การไหลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้การนำอุปกรณ์ช่วยล้างตามาใช้ยังช่วยลดระยะเวลาการทำงานของผู้เจ้าหน้าที่ในการช่วยดูแลผู้ป่วย เนื่องจากการรักษาด้วยวิธีการล้างตาให้กับผู้ป่วย จะต้องมีเจ้าหน้าที่คอยอยู่ดูแลผู้ป่วยตลอดเวลา โดยต้องคอยถือสายน้ำเกลือให้อยู่ในตำแหน่งบริเวณหัวตาเพื่อให้ น้ำเกลือไหลผ่านดวงตาและชำระล้างสารเคมีออกไป โดยน้ำเกลือที่ปนเปื้อนสารเคมี จะไหลออกจากดวงตาสัมผัสกับใบหน้าของผู้ป่วย และไหลลงสู่ภาชนะรองรับที่เตรียมไว้บริเวณหางตาหรือด้านข้างของใบหน้า เจ้าหน้าที่จะไม่สามารถไปทำงานอื่น ๆ ได้ โดยจะใช้เวลาประมาณ 6 นาทีต่อ



น้ำเกลือ 1 ลิตร ซึ่งปกติจะทำการล้างตาผู้ป่วยด้วยน้ำเกลือประมาณ 1-2 ลิตร [5] หรือมากกว่านั้น จนกว่าค่า pH ในดวงตาของผู้ป่วยจะกลับสู่สภาวะเป็นกลาง (pH=7) ดังนั้นการใช้อุปกรณ์ช่วยล้างตาจะช่วยลดภาระให้กับเจ้าหน้าที่ในการเฝ้าดูแลผู้ป่วย และช่วยป้องกันไม่ไห้สารเคมีที่ปนเปื้อนมากับน้ำเกลือสัมผัสกับใบหน้าของผู้ป่วย ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองหรือมีอาการแสบร้อนขึ้นได้ เนื่องจากอุปกรณ์ช่วยล้างตามีรูปทรงคล้ายถ้วย ซึ่งน้ำเกลือที่ใช้ในการล้างตาจะมีช่องทางการไหลเข้าและออก และน้ำเกลือจะถูกจำกัดให้ไหลวนอยู่ภายในอุปกรณ์เท่านั้น และยังช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถดูแลทำความสะอาดให้กับผู้ป่วยได้สะดวกมากยิ่งขึ้น



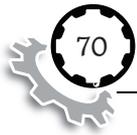
ภาพที่ 4 การต่ออุปกรณ์ช่วยล้างตาเข้ากับสายน้ำเกลือ



ภาพที่ 5 การทดสอบอุปกรณ์ช่วยล้างตา

#### 4. สรุปผลการทดลอง

อุปกรณ์ช่วยล้างตาได้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยจักษุแพทย์และเจ้าหน้าที่ให้ปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีเข้าสู่ดวงตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสัมผัสกับผู้ป่วย จากผลการทดสอบพบว่า อุปกรณ์สามารถใช้งานได้อย่างดี น้ำเกลือสามารถไหลผ่านเข้าออกได้อย่างต่อเนื่อง และที่อัตราการไหล  $2.74 \text{ cm}^3/\text{s}$  จะทำให้มีน้ำเกลืออยู่ภายในอุปกรณ์ช่วยล้างตาในระดับที่ท่วมมิตดวงตาของผู้ป่วย สามารถชำระล้างสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามในการทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์ได้ทำการทดสอบกับผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษาที่จักษุแพทย์ ซึ่งได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ที่อัตราการไหล  $2.74 \text{ cm}^3/\text{s}$  (Free flow) เท่านั้น และได้เพียงทำการบันทึกภาพเพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ ทำให้ไม่สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบในเชิงปริมาณได้ อีกทั้งพบว่ายังมีการรั่วซึมของน้ำเกลือออกมาจากอุปกรณ์ในบางจุด เนื่องจากการวางอุปกรณ์บนแผ่นซิลิโคนอาจมีการขยับ ไม่อยู่ในตำแหน่งที่พอดีกัน รวมไปถึงการรัดอุปกรณ์เข้ากับศีรษะผู้ป่วย อาจไม่แน่นพอทำให้อุปกรณ์ไม่แนบเข้ากับใบหน้าของผู้ป่วย ทำให้ของเหลวสามารถไหลซึมออกมาได้ แนวทางในการปรับปรุงคือปรับปรุงขนาดและรูปร่างของแผ่นซิลิโคนให้ถอดประกอบเข้ากับอุปกรณ์ช่วยล้างตาได้ง่ายและสามารถยึดติดแน่นกับอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดการขยับตำแหน่งในขณะจัดวางอุปกรณ์ ช่วยให้จักษุแพทย์และผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น



## 5. เอกสารอ้างอิง



[1] Burns F R and Paterson C A (1989). Prompt irrigation of chemical eye injuries may avert severe damage. *Occup Health Saf*, 58(4): 33-36.

[2] Rodrigues Z (2009). Irrigation of the eye after alkaline and acidic burns. *Emergency Nurse*, 17(8): 26-29.

[3] Scott W J, Schrage N, and Dohlman C (2015). Emergency eye rinse for chemical injuries: new considerations. *JAMA Ophthalmol*, 133(3): 245.

[4] Terzidou C and Georgiadis N (1997). A simple ocular irrigation system for alkaline burns of the eye. *Ophthalmic Surg Lasers*, 28(3): 255-257.

[5] เลอปรัชญ์ มังกรกนกพงศ์ (2559). อุปกรณ์ช่วยล้างดวงตา. วารสารศูนย์การศึกษา

แพทยศาสตร์คลินิก โรงพยาบาลพระปกเกล้า, 33(3): 256-262.

[6] Mortan I (2018). Ocular irrigation device and method.

[7] Nahaboo Solim M A, et al. (2021). Clinical outcomes and safety of Diphoterine® irrigation for chemical eye injury: A single-centre experience in the United Kingdom. *Therapeutic Advances in Ophthalmology*, 13: 1-8.

[8] Rihawi S, Frenzt M, and Schrage N F (2006). Emergency treatment of eye burns: which rinsing solution should we choose?. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 244: 845-854.

[9] Rihawi S, et al. (2007). The consequences of delayed intervention when treating chemical eye burns. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 245: 1507-1513.

