

## งานพัฒนาคุณภาพ

# การพัฒนาวิธีการป้องกันปอดแฟบจากน้ำในขด ICD ถูกดูดย้อนทาง

พรศักดิ์ นิมวัฒนกุล พ.บ.\*  
เกล็ดดาว จันททีโร ว.ทม.\*

## Development in Prevention of Lung Collapse due to Subaqueous Drainage Technical Problems

Pornsak Nimvattanakul M.D.\*

Kleddao Chanthatero M.Sc\*

\* Department of Surgery, Prapokklao Hospital, Chanthaburi Province, Thailand.

*J Prapokklao Hosp Clin Med Educat Center 2008;25:390-399*

### คำนำ

การระบายลมหรือของเหลวออกจากช่องเยื่อหุ้มปอด (Intercostal drainage; ICD ) นับเป็นหัตถการที่จำเป็นเพื่อการรักษา ซึ่งได้ช่วยชีวิตผู้ป่วยไว้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี แต่ขณะเดียวกันก็เป็น

ปฏิบัติการที่ค่อนข้างซับซ้อน (complicatedly) และมีอันตรายแฝงที่จะต้องระวังอยู่หลายประการดังแสดงในตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 Complications related to ICD (tube thoracostomy)

1. Injuries to lung , heart, mediastinum, intercostal artery , diaphragm , intra-abdominal organs
2. Inadequate drainage leading to lung collapse, clot hemothorax, tension pneumothorax, empyema thoracis
3. Pain & uncomfotability due to improper position of tube (subcutaneous emphysema ไม่ใช่ปัญหา แต่เป็นสิ่งที่บอกเหตุว่า Tube อาจวางไม่ถูกที่ หรือกำลังจะเลื่อนหลุด)
4. Introduced infection leading to empyema thoracis (เกิดบ่อยที่สุด พบได้ประมาณ 1 % ของการใส่ ICD)

\* ภาควิชาศัลยศาสตร์ โรงพยาบาลพระปกเกล้าจังหวัดจันทบุรี

นอกจากนี้ในการดูแลผู้ป่วยที่มี ICD ใส่คาอยู่ ก็ยังมีอันตรายแฝงที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งมักจะถูกมองข้าม ทำให้ไม่ได้รับความระมัดระวังเท่าที่ควร ทั้งยังไม่ค่อยมีการรายงานในบันทึกการดูแลผู้ป่วย และในการศึกษาวิจัย อันตรายที่ว่านี้ก็คือการเกิด iatrogenic pneumothorax due to technical failure of subaqueous drainage ซึ่งทำให้มี delayed lung expansion หรือ recurrent pneumothorax เกิด

ขึ้นตามมา ทำให้ผู้ป่วยรายนั้นต้องรักษาอยู่ในโรงพยาบาลนานออกไปโดยไม่สมควร อีกประมาณ 1-3 สัปดาห์ หรือมากกว่านั้นในบางราย ต้องสูญเสียทรัพยากรเพิ่มขึ้น และบุคลากรก็ต้องทำงานเพิ่มขึ้นไปด้วยเช่นกัน ผู้ป่วยส่วนหนึ่งต้องกลับบ้านพร้อมกับปอดที่แฟบไปส่วนหนึ่ง บางรายต้องเข้ารับการผ่าตัดรักษา empyema thoracis และบางรายถึงกับเสียชีวิตไป ดังที่แสดงในตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 Morbidity of iatrogenic pneumothorax

1. Delayed lung expansion leading to atelectasis, pneumonia, respiratory failure, empyema thoracis
2. Hypoxia & V-Q disproportion may lead to death in uncompensatable patients (underlying COPD & Heart disease, senility, post shock, post head injury, during recovery from anesthesia, etc.)

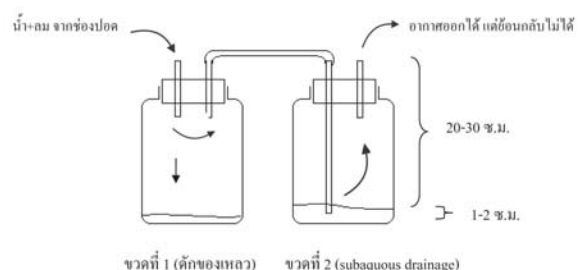
ผู้รายงานได้ตระหนักถึงปัญหานี้มานาน ทั้งจากประสบการณ์ตรงที่พบในผู้ป่วยที่รับผิดชอบเอง และจากการรับทราบโดยทางอื่น เช่นใน case conference หรือบังเอิญไปพบในผู้ป่วยของแพทย์ท่านอื่น ขณะกำลังเกิดปัญหาพอดี ซึ่งประเมินได้ว่ามีอุบัติการณ์ของ technical failure นี้ประมาณปีละ 1-3 รายในโรงพยาบาลพระปกเกล้า ตลอดช่วงหลายปีที่ผ่านมา และพบว่าส่วนใหญ่แพทย์ใช้ทุนที่ดูแลผู้ป่วย มักจะไม่ทราบว่าจะเกิดปัญหานี้ขึ้นแล้ว เป็นเหตุให้การแก้ไขล่าช้า การรักษาจึงยุ่งยากมากขึ้น มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้ป่วยมากขึ้น และบางรายถึงกับเสียชีวิตไปโดยไม่สมควร ดังนั้นผู้รายงานจึงพยายามหาวิธีแก้ไขปัญหานี้ โดยเน้นไปที่การป้องกัน และการวินิจฉัยให้ได้โดยเร็ว มากกว่าจะมารักษาเมื่อเกิดปัญหาแล้วจึงนำมารายงานเพื่อประโยชน์ของระบบบริการสุขภาพในวงกว้างต่อไป

(รายงานนี้ไม่รวมถึงสาเหตุอื่น ๆ ของ subaqueous failure เช่นการต่อสายผิด, สายหลุด, ปิดฝาขวดไม่แน่น ฯลฯ ซึ่งพบได้เช่นกัน แต่ส่วนใหญ่ผู้ดูแลมักจะระวังได้ค่อนข้างดี จึงพบน้อย และพบได้เร็ว สามารถแก้ไขได้ทันการณ์ ก่อนจะเกิดปัญหาที่ร้ายแรงมากขึ้น)

## Mechanism of occurrence

ในผู้ป่วยที่มี hemothorax, pleural effusion หรือ hemopneumothorax นั้น เวลาใส่ ICD ในโรงพยาบาลพระปกเกล้า นิยมที่จะต่อสาย ICD ไปลงขวดดักเก็บของเหลวก่อน แล้วจึงต่อสายจากขวดที่ 1 นี้ไปยังขวด subaqueous drainage (ขวดที่ 2) เพื่อกันไม่ให้ของเหลวจากช่องปอดไปเพิ่มระดับน้ำจนสูงจากปลายหลอดแก้วมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ลมออกจากปอดได้ยากขึ้น (ต้องใช้แรงดันมากกว่า 2 ซม.น้ำ)

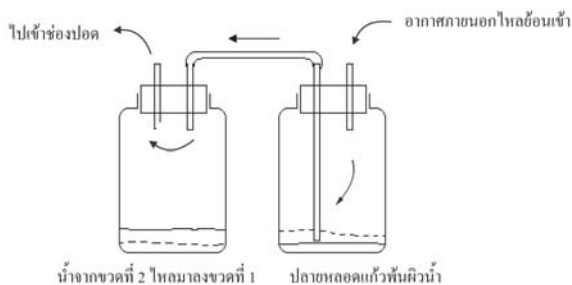
## รูปที่ 1 การต่อขวด ICD แบบ 2 ขวด



ปัญหาจะเกิดขึ้นเมื่อมีความดันลบ (negative pressure) ในช่องปอดมากกว่าระดับความสูงถึงโคนบนสุดของท่อเชื่อมระหว่างขวดทั้งสอง ซึ่งโดยทั่วไปจะสูงประมาณ 20-30 ซม. ซึ่งความดันลบนี้อาจจะเพิ่มได้อย่างมากในบางขณะ เช่นเวลาสูดหายใจ

แรงๆ, ขณะทำ Triflow incentive breathing exercise, ผู้ป่วยที่มี COPD อยู่ก่อน, ไอรุนแรง, หายใจหอบ, สะอึก หรือจังหวะการหายใจไม่เข้ากันกับเครื่องช่วยหายใจเป็นต้น เมื่อน้ำในขวดที่ 2 ถูกดูดไปลงขวดที่ 1 จนปลายหลอดแก้วของขวดที่ 2 ไม่จุ่มอยู่ในน้ำ อากาศจากภายนอกจึงสามารถไหลย้อนกลับผ่านขวดทั้ง 2 เข้าไปในช่องปอดได้ ทำให้เกิดปัญหาปอดแฟบตามมาดังกล่าวแล้วข้างต้น

**รูปที่ 2** อากาศไหลย้อนกลับเข้าสู่ช่องปอดได้



### ตัวอย่างผู้ป่วย

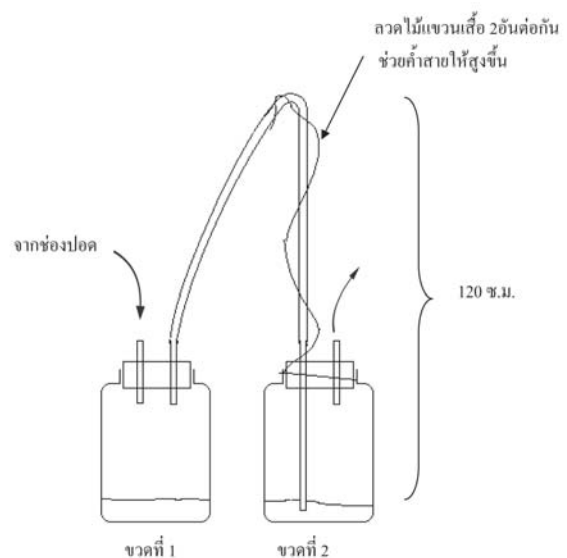
รายที่ 1 หญิงอายุ 35 ปี ได้รับอุบัติเหตุ ใส่ ICD ข้างขวาไว้ vital signs ดีตลอด ตอนค่ำวันก่อนเกิดเหตุ ยังพูดคุยกับญาติได้ ผู้รายงานผ่านไป ward ตอนเช้า เห็นแพทย์ใช้ทุนกำลังทำ CPR จึงเข้าไปช่วย ไม่ทราบ ว่า cardiac arrest ตั้งแต่เมื่อไร รายนี้ CPR ไม่ขึ้น หลัง ผู้ป่วยเสียชีวิตได้พบว่าระดับน้ำในขวด ICD ขวดที่ 2 อยู่ต่ำกว่าปลายหลอดแก้ว (รายนี้เกิดขึ้นเมื่อ 21 ปีที่แล้ว)

รายที่ 2 ผู้ป่วยศัลยกรรมอุบัติเหตุ ใส่ ICD มาหลายวันแล้ว แต่ปอดยังแฟบอยู่ตลอด ทำ postural drainage + ให้ยาขับเสมหะ และให้ทำ breathing exercise แล้วก็ได้ผล (มีผู้ป่วยแบบนี้หลายราย มีทั้งแบบบาดเจ็บทรวงอกอย่างเดียว และแบบ multiple injuries แม้ว่าจะให้ต่อ continuous suction แล้ว บางรายก็ได้ผล บางรายก็ไม่ได้ผล) พยาบาลผู้ดูแลได้คอยเติมน้ำในขวดที่ 2 ให้อยู่เป็นเวลาหลายวัน พร้อมกับ record ว่า ICD content ออกมากทุกวัน ก่อนที่ต้นเหตุของปัญหาจะได้รับการแก้ไข ซึ่งกรณีแบบนี้ถ้าไม่มี

โรคแทรกซ้อนอย่างอื่นร่วมด้วย พบว่าผู้ป่วยจะต้องอยู่โรงพยาบาลนานขึ้นอีก 3 วันถึง 2 สัปดาห์ บางรายต้องยอมรับสภาพ lung atelectasis ขณะกลับบ้าน บางรายไม่สามารถ off ET tube ได้ จนเกิดเป็น pneumonia ตามมา

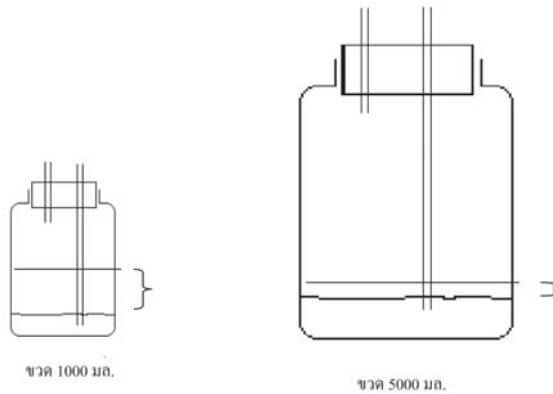
รายที่ 3 ผู้ป่วยชายอายุ 41 ปี ได้รับอุบัติเหตุ blunt chest injury ใส่ ICD ข้างขวาไว้ observe อาการ พบ clinical ดีตลอด จึงย้ายไปห้องพิเศษได้ ตอนเช้า ผู้ป่วยบ่นหายใจไม่เต็มอิม แต่ vital signs ดีตลอด ฟังปอดพบ decreased breath sound right lung ก็มาดูขวด ICD พบว่าน้ำอยู่ต่ำกว่าปลายหลอดแก้ว จึงให้เติมน้ำพร้อมทั้งยกส่วนโค้งของสายยางเชื่อม 2 ขวด ขึ้นมาติดพลาสติกไว้กับโครงเตียง สูงจากพื้นประมาณ 50 ซม. เข้าอีกวันหนึ่งก็ยังมีพบน้ำไหลย้อนไปขวดที่ 1 อีก วันนั้นหัวหน้าตึกได้กรุณาช่วยหาไม้แขวนเสื้อ มาให้จึงเอามาตัดทำลวดค้ำสายให้สูงขึ้นได้ประมาณระดับขอบเตียง (จากพื้นประมาณ 90 ซม.) แต่แล้วตอนบ่ายก็ยังพบว่าน้ำยังสามารถไหลย้อนกลับได้อีก จนต้องใช้ไม้แขวนเสื้อ 2 อันต่อกัน และต่อสายเชื่อม 2 ขวดให้ยาวขึ้นจนค้ำกลางสายให้สูงถึงระดับบนสุดของเหล็กกันเตียง (จากพื้นมากกว่า 120 ซม.) จึงจะป้องกันน้ำไม่ให้ไหลย้อนไปได้อีก หลังจากนั้นผู้ป่วยสบายขึ้น ฟังเสียงหายใจได้เท่ากันดี (x-ray พบปอดขยายดี จากนั้นอีก 3 วันจึง off ICD ให้กลับบ้านได้

**รูปที่ 3** การแก้ปัญหาผู้ป่วยรายที่ 3





**รูปที่ 5** เปรียบเทียบระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นในขวด 2 ขนาด เมื่อรองรับน้ำ 400 มล. เท่ากัน



พบว่า ถ้าผู้ป่วยมีของเหลวออกมาประมาณวันละ 100 ml ทุกวัน ถ้าไม่ต่อขวดที่ 1 ใช้เฉพาะขวดที่ 2 ขนาด 1000 ml ควรจะเทออกหรือเปลี่ยนขวดทุก ๆ 1-2 วัน แต่ถ้าใช้ขวดขนาด 5000 ml จะใช้ได้นานประมาณ 1 สัปดาห์ขึ้นไป

#### Trial for problem solving

คณะกรรมการพัฒนาหน่วยจ่ายกลางโรงพยาบาลพระปกเกล้า ได้พิจารณาเห็นชอบให้จัดหาขวด ICD ขนาดใหญ่ และให้ทดลองใช้งานที่ตึกศัลยกรรมอุบัติเหตุ และ อายุรกรรมหญิง 1 เมื่อปลายปีพ.ศ.2549 เพื่อประเมินข้อดี-ข้อเสียก่อน (เป็นการนำร่อง) ถ้าได้ผลดีจึงจะนำมาใช้ทั่วทั้งโรงพยาบาลต่อไป โครงการนี้ใช้เวลาจัดหาอุปกรณ์นานมาก เนื่องจากในช่วงแรกไม่สามารถหาซื้อขวดขนาดใหญ่แบบนี้ได้ เพราะไม่เคยจัดซื้อมาก่อน และไม่มีขายทั่วไป กว่าจะพร้อมทดลองใช้งานตามมติของคณะกรรมการพัฒนางานจ่ายกลาง ก็ล่วงเข้าปลายปีพ.ศ.2550 ได้ผลสรุปข้อดีข้อเสียของการใช้ขวด ICD ขนาดใหญ่ (5000ml) ดังต่อไปนี้

#### ข้อดี

1) รับประกันว่าจะไม่เกิดเหตุการณ์น้ำไหลย้อนจากขวดที่ 2 กลับไปลงขวดที่ 1 ได้อย่างแน่นอน ช่วยลดอันตรายและภาระงานในการเฝ้าระวังและการ

รักษาภาวะแทรกซ้อนที่จะตามมาได้ดี แต่ในช่วงแรกก็ยังมีคนเข้าใจผิดนำขวด fluid collection (ขวดที่ 1 เดิม) มาต่อเข้ากับขวดขนาดใหญ่นี้อีกจนได้

2) ลดความยุ่งยากซับซ้อนของการต่อสาย ICD เพราะไม่ต้องมีขวดที่ 1 ไม่ว่าจะมีการเลือด หรือ effusion หรือไม่ก็ตาม และโอกาสต่อสลับขวดหรือสลับสายกันก็จะหมดไปด้วย

3) จำนวนจุดเชื่อมต่อ ระหว่างหลอดแก้วกับสายยาง+ ฝากับตัวขวด ลดน้อยลงครึ่งหนึ่ง จึงน่าจะลดโอกาสการเลื่อนหลุด หรือรั่วซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของ lung collapse ลงได้ด้วย

4) เนื่องจากลดขวดเหลือขวดเดียว จึงน่าจะลดความลำบากในการจัดวาง และการเคลื่อนย้ายขวด ICD ที่เดิมต้องหิ้วไปที่ละ 2 ขวดพร้อมกัน ซึ่งต้องระวังขวดกระทบกันด้วย

#### ข้อเสีย

1) ขวดและอุปกรณ์หาซื้อยากในปัจจุบัน ซึ่งพบว่า มีขายอยู่เพียงเจ้าเดียว ถ้าผู้ขายหยุดขายกระทันหันก็อาจไม่มีของใช้ได้ อีกทั้งผู้ขายก็อาจโก่งราคาขายได้โดยง่าย

2) ขวดขนาดใหญ่มีราคาแพงกว่าขวดแบบเดิมมาก จากราคาชุดละประมาณ 400 บาท (ใช้ครั้งละ 2 ชุด ก็ประมาณ 800 บาท) ไปเป็นชุดละประมาณ 4000 บาท แพงกว่ากันประมาณ 5-10 เท่า

3) ขวดใหญ่ต้องมีเนื้อแก้วหนา ทำให้มีน้ำหนักมาก สร้างความลำบาก ยุ่งยากในการเคลื่อนย้าย และการทำความสะอาด (น้ำหนักขวดพร้อมอุปกรณ์รวมกับน้ำในขวดขณะใช้งานตกประมาณ 2.6 ก.ก. ขวดแบบเดิม 2 ขวดขณะใช้งานประมาณ 2.0 ก.ก.)

4) ผู้ใช้และผู้ดูแลรับผิดชอบ ประเมินว่าขวดหนักขึ้น ล้างยาก กลัวแตกตอนล้าง และห่วงว่าปากขวดกว้างกลัวจะแตกขณะปิดเปิดฝาขวด

5) อาจเกิดความยุ่งยากสับสน ในช่วงเวลาเปลี่ยนวิธีปฏิบัติ จากสิ่งที่เคยชินมาเป็นเวลานับสิบปี ไปสู่วิธีปฏิบัติใหม่ๆ กับอุปกรณ์ใหม่ ซึ่งในช่วงเวลา

ที่ทดลองใช้ใน 2 ward น่าร่อง ก็ได้พบปัญหาบ้างพอสมควร

### นวัตกรรมเพื่อการแก้ไข

หลังจากทราบผลการประเมินขวด ICD ขนาดใหญ่แล้วพบว่ายังมีจุดอ่อนอยู่หลายประการ แม้จะมีข้อดีอยู่มากก็ตาม แต่ก็ยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุด ผู้รายงานจึงลองคิดนอกรอบ เพื่อหาทางออกแบบอื่นบ้าง โดยลองทบทวนความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ด้านที่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ จนได้แนวคิดที่จะทำเป็น check valve มากั้นระหว่างขวดที่ 1 กับขวดที่ 2 ไม่ให้น้ำถูกดูดย้อนทางไปได้ แต่จะยอมให้อากาศผ่านไปได้อย่างสะดวก โดยยึดหลักความปลอดภัยของผู้ป่วยเป็นสำคัญ คือจะต้องทำ sterilization ได้, ไม่ซับซ้อนง่ายขณะใช้งาน , และไม่ก่ออันตรายในด้านอื่น ๆ แก่ผู้ป่วยและผู้เกี่ยวข้องทุกคน พร้อมทั้งหลักความปลอดภัย คือจัดหาได้ง่าย วัสดุที่ใช้ต้องราคาไม่แพงเกินไป และถ้าสามารถผลิตได้เองได้ก็จะดียิ่งขึ้น

### หลักการทำงานของ Check valve

1) อากาศไหลผ่านจากขวดที่ 1 ไปขวดที่ 2 ได้สะดวกตลอดเวลาโดยอัตราการไหล (flow rate) ไม่ลดลงจากเดิม

2) เมื่อมีแรงดึงดูดกลับ (ความดันอากาศในขวดที่ 1 น้อยกว่าในขวดที่ 2) valve จะต้องเลื่อนไปอยู่ในตำแหน่งปิดโดยเร็ว เพื่อไม่ให้น้ำผ่านจากขวดที่ 2 ไปยังขวดที่ 1 ได้ หรือเมื่อน้ำจากขวดที่ 2 กำลังจะไหลย้อนผ่าน valve. Valve จะต้องเลื่อนปิดทันเวลา ไม่ให้น้ำไหลผ่านไปได้ แต่ถ้าจะไหลไปบ้างจริงๆ ก็ให้ผ่านไปน้อย จนน้ำในขวดที่ 2 ไม่ลดลงต่ำกว่าปลายหลอดแก้ว

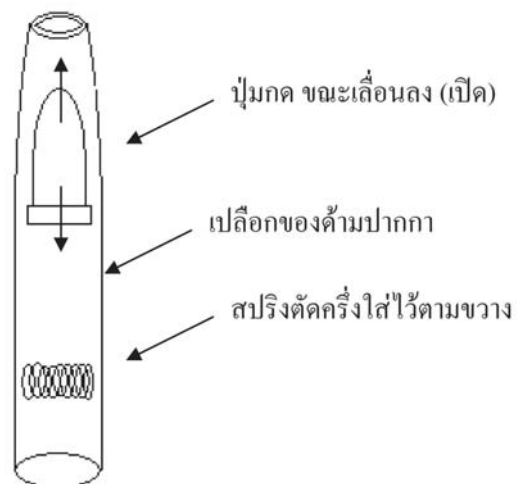
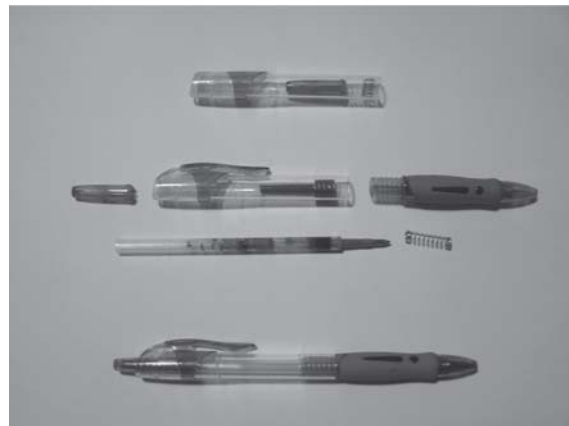
3) เมื่อความดันอากาศในขวดที่ 2 กลับมาอยู่ในภาวะปกติ (ในขวดที่ 1 มีความดันสูงกว่าในขวดที่ 2) Valve จะต้องกลับไปอยู่ในตำแหน่งเปิดได้เอง โดยไม่ต้องมีการปฏิบัติหรือปรับแต่งใดๆ ทั้งนี้เพื่อให้การระบายอากาศออกจากช่องปอดดำเนินต่อไปได้เหมือนเดิมโดยอัตโนมัติ

4) การทำงานในข้อ 2) และข้อ 3) จะต้องพร้อมที่จะเกิดซ้ำ ๆ สลับไปสลับมาได้โดยไม่จำกัดจำนวนครั้ง จนกว่าผู้ป่วยจะไม่ต้องใช้ ICD

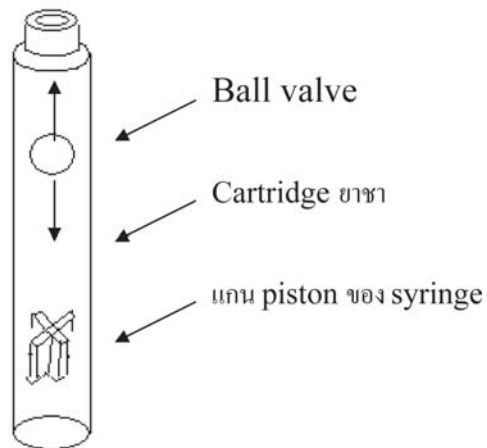
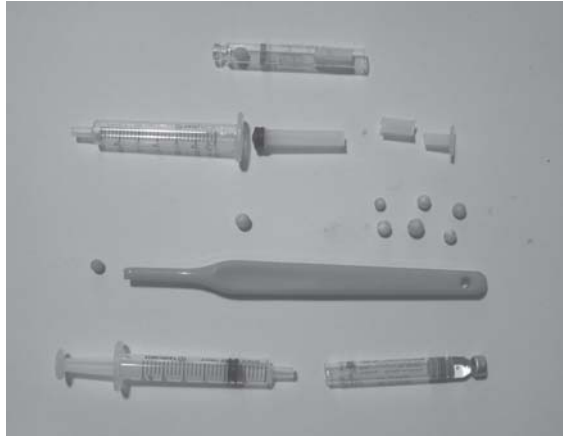
### อุปกรณ์ต้นแบบ

ผู้นำรายงานได้คิดออกแบบทำอุปกรณ์ต้นแบบ ทดลองใช้แบบลองผิดลองถูกหลายครั้ง จนได้ออกมาเป็น check valve ที่คิดว่าเป็นตามวัตถุประสงค์และหลักการดังกล่าว 2 แบบ ดังนี้

รูปที่ 6 Check valve แบบที่ 1 (ทำจากปากกาใช้แล้ว)



รูปที่ 7 Check valve แบบที่ 2 (ทำจากหลอดยาชาใช้แล้ว)



รูปที่ 8 valves ที่อบแก๊สแล้ว



## แบบที่ 1

**วัสดุ** ทำจากปากกาถูกลิ้นกดปุ่ม ใช้เฉพาะส่วนท้ายกับตัวปุ่มกดและสปริง

**การใช้งาน** เปลือกปากกาจะเป็นส่วนหุ้ม valve และเป็นส่วนต่อเชื่อมระหว่างท่อจากขวดที่ 1 และ 2 ตัวปุ่มกดจะทำหน้าที่เป็น valve สปริงปากกานำมาตัดครึ่งใส่ไว้ตามขวางเพื่อรองรับ valve ไม่ให้เลื่อนหล่น เวลาปกติ valve (ปุ่มกด) จะวางอยู่บนสปริง มีช่องว่างให้อากาศจากขวดที่ 1 ผ่านไปขวดที่ 2 ได้ เมื่อมีแรงลมดูดหรือเมื่อน้ำเอ่อตามหลอดแก้วขึ้นมาถึง valve จะทำให้ valve ลอยขึ้นไปติดส่วนบนสุดของเปลือกปากกาเป็นการปิดไม่ให้อากาศและน้ำไหลผ่านต่อไปได้

## ข้อดีและข้อเสีย

- ใช้ของเหลือทิ้งทั้งหมด ดังนั้นต้นทุนก็ถือว่าฝีมือ และแรงงานเท่านั้น (ถ้าไม่ได้นำไปหาประโยชน์ส่วนตัว ก็ไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ครับ )
- Sterile ได้ด้วยวิธีอบแก๊สหรือแช่น้ำยา แต่ผ่าน Autoclave ไม่ได้
- เป็นพลาสติกสำหรับงานสำนักงาน ไม่ใช่ medical grade สำหรับอุปกรณ์การแพทย์ จึงอาจมีอันตรายจากสารเคมีในเนื้อวัสดุที่อาจจะเหยียดออกมาหรือทำปฏิกิริยากับสาร sterilizer ได้
- ปากกาแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน บางแบบอาจนำมาใช้ไม่ได้ และขนาดอาจไม่เท่ากัน ซึ่งอาจมีปัญหาในการเก็บคงคลัง ( Stock ) การซ่อมบำรุง และขณะใช้งานได้

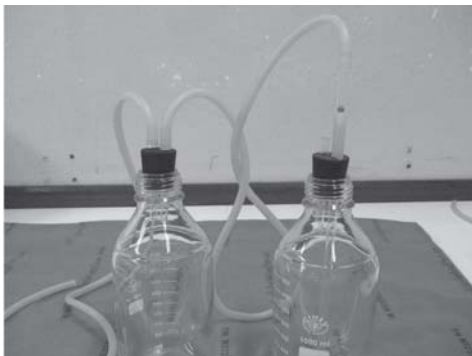
## แบบที่ 2

**วัสดุ** Cartridge ยาชาของทันตแพทย์ , แกน piston ของ syringe พลาสติกนำมาตัดแต่งให้ใส่ใน cartridge แล้วฟิตพอดี และ ball valve ทำมาจากเนื้อพลาสติกดำแปรงสีฟัน (นำมาดัดไปให้กลมใช้เวลาทำลูกประมาณ 45 นาที ) หรือจะใช้เม็ดกระสุนปืนลมเด็กเล่นของลูกชายก็มีขนาดพอดีใช้ได้ มิฉะนั้นจะใช้เม็ดโฟมกลมๆ ที่มีขายตามร้านเครื่องเขียนของ

ละ 5 บาท มีจำนวนเป็นร้อยเม็ด แต่ต้องมาคัดขนาด และรูปทรง ต้องเลือกเอาที่กลมจริง ๆ ดังนั้นจึงมีทางเลือกย่อยๆ ในแบบที่ 2 นี้ 3 ทาง

การใช้งาน Ball valve ปกติจะวางอยู่บนแกน piston ปลอ่ยให้อากาศจากขวดที่ 1 ไหลไปขวดที่ 2 ได้โดยสะดวก เมื่อมีลมหรือน้ำจากขวดที่ 2 กำลังจะไหลย้อนไปยังขวดที่ 1 ก็จะถูกหรือดันให้ ball valve ขึ้นไปติดอยู่ที่ส่วนแคบของ cartridge เป็นการปิดกั้นทั้งลมและน้ำไว้ไม่ให้ไหลต่อไปได้ เมื่อหมดแรงดูดแล้ว ball valve ก็จะถูกกลตามแรงโน้มถ่วงของโลก กลับลงสู่ตำแหน่งเปิดตามเดิม

### รูปที่ 9 ชุด valves ต่ออยู่บนขวดที่ 2



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางเชิงกล

	ดูดลม	เป่าลม	จุ่มน้ำ	ดูดน้ำ	ฉีดน้ำ
Valve ปากกา	++	++	+	++	++
Ball ต้มแปรงสีฟัน	++	++	++	++	++
Ball กระสุนปืนลม	+	++	-	++	++
Ball เม็ดโฟม	+++	+++	+++	+++	+++

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ทำงาน ,+++ หมายถึง ทำได้ดีมาก

### ข้อดีและข้อเสีย

- ข้อดีทั้งหมดของ valve แบบที่ 1
- Ball valve ทรงกลมสามารถเลื่อนปิดเปิดได้อย่างแม่นยำ จึงน่าจะปิดได้สนิทกว่าแบบที่ 1
- Cartridge และ piston เป็นอุปกรณ์การแพทย์อยู่แล้วจึงไม่มีปัญหาเรื่องสารเคมีในเนื้อวัสดุ และการทำ sterilization
- Cartridge มีขนาดพอเหมาะใช้สวมต่อกับท่ออย่างที่ใช้สำหรับขวด ICD เดิมได้พอดี (โรงพยาบาลพระปกเกล้าใช้ต่อกับสายยางต่างๆ มานานหลายสิบปี ปัจจุบันใช้น้อยลงแต่ก็ยังมิใช้อยู่)
- สามารถถอดล้างแล้วประกอบใหม่ได้สะดวก
- ผิวอุปกรณ์มีความเรียบลื่น และมีชอกหลืบน้อยจึงทำความสะอาดได้ง่าย ยกเว้น ball valve จากเม็ดโฟมอาจไม่แน่ใจเรื่องสารเคมี และการดูดซับสิ่งสกปรก แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนเม็ดโฟมหลังการใช้ (single use)
- Ball จากด้ามแปรงสีฟันเสียเวลาทำนานมาก และมักจะไม่ค่อยกลม

### การประเมินผล และทดลองประสิทธิภาพทางเชิงกล

1) การปิดเปิดของ valves ได้ทดสอบโดยทดลองดูดลม , เป่าลมย้อนทาง , จุ่มน้ำ , ดูดน้ำ และฉีดน้ำย้อนทาง ใน valve แต่ละแบบ พบว่าได้ผลดังตารางที่ 3

### ข้อสังเกต

เม็ดยาที่เปียกน้ำจะเกาะกับผิว cartridge หลังจากขึ้นไปปิด แต่เมื่ออากาศจะไหลกลับตามทิศทางปกติก็จะดันให้เม็ดยาตกลงมาโดยสะดวก ไม่เป็นปัญหาต่อการระบายอากาศจากขวดที่ 1 ไปขวดที่ 2 แต่อย่างใด

### วิจารณ์

Valve ทุกแบบสามารถเปิดปิดได้ดีเกือบทุกสถานการณ์ยกเว้น ball กระสุนปืนลมพบว่าความถี่จำเพาะสูงกว่าน้ำจึงจมน้ำ แต่ถ้ามืดการดูดน้ำย้อนจากขวดที่ 2 กระแสน้ำก็ยังสามารถพัดเม็ดกระสุนขึ้นไปปิดได้ ส่วนเม็ดยาที่นั้นเปิดปิดได้ดีมากในทุกสถานการณ์ จะมีจุดอ่อนก็คือเรื่องเนื้อวัสดุ ดังที่กล่าวไว้แล้ว ในเรื่องข้อดีข้อเสียเท่านั้น

#### 2) การทำให้ปราศจากเชื้อ

2.1 Valve แบบปลอกปากกาได้รับการประเมินจากข้อดีและข้อเสีย แล้วว่าดีกว่า valve แบบที่ 2 ก่อนข้างมาก จึงยุติการพัฒนาต่อ ดังนั้นจึงไม่ได้มาทดสอบการทำให้ปราศจากเชื้อ

2.2 Valve แบบที่ 2 ทั้ง 3 แบบย่อยได้นำไปอบแก๊ส ETO ที่อุณหภูมิ 45-60 องศา แล้วนำมาตรวจสอบด้วยสายตา และทดลองดูดลม ดูการทำงานหลัง sterilization แล้ว ไม่พบว่ามีรูรั่วหรือมีรอยร้าว หรือมีรอยแตกหักใดๆ ทั้งตัว cartridge, แกน piston, ball จากแรงสั่น, ลูกปืนลม, และเม็ดยา ในทุกตัวอย่างทดสอบ

#### 3) ผลจากการนำไปใช้จริง (Phase 2 และ Phase 3 clinical usage evaluation)

3.1 เนื่องจาก ball ด้ามแรงสั่นมีข้อเสียในเรื่องการจัดหา และรูปทรง ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญ จึงยุติการพัฒนาและไม่ได้นำมาทดสอบขั้นนี้

3.2 ขณะนี้อยู่ระหว่างการทดสอบใช้กับผู้ป่วยจริง เฉพาะ ball valves แบบเม็ดยากับแบบกระสุนปืนลม ซึ่งคณะกรรมการพัฒนาหน่วยจ่ายกลางได้วางมาตรการในการนำไปใช้ และการเฝ้าระวังผลกระทบจากการใช้งานไว้แล้ว เมื่อใช้งานไปนานพอจะมีจำนวนการใช้งานมากพอจึงจะนำมา

ประเมินผล เพื่อรายงานต่อคณะกรรมการพัฒนางานจ่ายกลางอีกครั้ง ก่อนที่จะใช้งานแบบปกติต่อไป

อนึ่ง จนถึงขณะนี้ประโยชน์การใช้งานของ check valve นี้พอจะคาดการณ์ได้แล้วว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้ การประเมินในข้อ 3) นี้มีประโยชน์เพียงเพื่อจะค้นหาปัญหาข้อบกพร่องซึ่งอาจจะมียู่ ถ้าพบก็จะนำมาแก้ไขให้ปลอดภัยขึ้น และถ้าผ่านการประเมินนี้แล้วก็จะเป็นการประกันความปลอดภัยได้อย่างมั่นใจยิ่งขึ้น ทั้งนี้ check valves เป็นอุปกรณ์ใช้ภายนอกร่างกาย และไม่มีโอกาสสัมผัสกับเนื้อเยื่อของผู้ป่วยทั้งทางตรงและทางอ้อม

### สรุป

การใส่ ICD เป็นหัตถการที่จำเป็นในการระบายลม หรือของเหลวออกจากช่องเยื่อหุ้มปอด และมีการใช้ค่อนข้างบ่อยในทุก ๆ โรงพยาบาล แต่กลับมีอันตรายแอบแฝงที่สำคัญ คือน้ำจากขวดที่ 2 อาจถูกดูดให้ไหลย้อนทางไปอยู่ในขวดที่ 1 ทำให้ปอดไม่ขยายตัว หรือเกิด iatrogenic pneumothorax ขึ้นได้ ซึ่งบางครั้งก็ทำให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงต่อผู้ป่วยได้ วิธีป้องกันและแก้ไขปัญหานี้ใช้กันอยู่ในปัจจุบันยังมีจุดอ่อนอยู่ทุกมาตรการ คณะกรรมการพัฒนาหน่วยจ่ายกลางโรงพยาบาลพระปกเกล้า จึงได้คิดค้น check valve ขึ้นมาใช้ โดยผ่านการทดสอบทางกลศาสตร์ และการทำ sterilization ซึ่งพบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ขณะนี้ได้มีมติให้นำมาใช้กับผู้ป่วยได้ แต่ให้มีการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผลการใช้งานทางคลินิกในทำนองเดียวกันกับ phase 2 และ 3 clinical trial ทั้งนี้เพื่อค้นหาปัญหาข้อบกพร่องที่อาจจะมียู่ และเพื่อประกันความปลอดภัยในการใช้งานต่อไปในระยะยาว

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการพัฒนางานหน่วยจ่ายกลางโรงพยาบาลพระปกเกล้า ซึ่งได้ช่วยกันแสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และได้พิจารณาอนุมัติแผนการดำเนินงานทุกขั้นตอน ขอขอบคุณบุคลากรในหอผู้ป่วยที่เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุก

ท่านในหน่วยจ่ายกลาง และขอขอบคุณ คุณธันยพันธ์  
การเจริญดี ซึ่งกรุณารวบรวมหลอดยาชาใช้แล้วมาให้  
ด้วยความกระตือรือร้น

### บรรณานุกรม

1. รายงานการประชุมคณะกรรมการพัฒนางาน  
หน่วยจ่ายกลาง ครั้งที่ 41-2/2551 16  
พฤศจิกายน 2550
2. รายงานการประชุมคณะกรรมการพัฒนางาน  
หน่วยจ่ายกลาง ครั้งที่ 42-2 / 2551 11 มกราคม  
2551
3. สุขุม วัฒนวานิช . ( 2538 ). การบาดเจ็บทรวง  
อก . วรรณท์เอ็นเตอร์ไพรส์ : กรุงเทพฯ.
4. Richard W. Light & Y.C Gary Leo (ed).  
(2003). Text book of Pleural Diseases.  
Arnold publishers : London .
5. Millikan J, Moore E, Steiner E, Aragon G,  
Van Way C .(1980). Complication of tube  
thoracostomy for acute trauma. AMJ. Surg.  
140 ,738-741.
6. F Griffith Pearson et al . (1995). Thoracic  
Surgery . Churchill Livingstone: New York .
7. Demosthenes Bouros. (ed). (2004). Lung  
biology in health and disease Vol 186 Plural  
disease . Marcel Dekker : New York Base1
8. David D Y (ed). (2007). The Johns Hopkins  
Manual of Cardiothoracic Surgery, Mc Graw  
Hill Medical : New York
9. Baumann . (2001) . An American Collage of  
Chest Physicians Delphi concensus state-  
ment. Chest . 119, 590-602.
10. Light. E D. (2000). Textbook of Respiratory  
Midicine Vol 2 ( 3 rd ed). W Saunders .
11. Mason, Broaddus, Murray Nadel. (2005).  
Murray & Nadel' s Textbook of Respiratory  
Medicine (4 th ed). Elsevier Saunders :Phila-  
delphia .